

*UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS "CARLOS RAFAEL RODRÍGUEZ".
FACULTAD DE INGENIERÍA.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA*

**TRABAJO DE DIPLOMA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO
QUÍMICO**

*Título: Propuesta del diseño tecnológico de una
planta para la producción de productos de
limpieza, desde la perspectiva del ecodiseño, en
la Empresa Química de Cienfuegos.*

Autor: Jorge Castro Rodríguez

Tutor/es: Ing. Manuel López de la Cruz

Ing. Yoan Capote Trujillo

Colaborador: Ing. Laritza Martínez Pérez

Cienfuegos, 2020

UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS “CARLOS RAFAEL RODRÍGUEZ”.
FACULTAD DE INGENIERÍA.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**UNIVERSIDAD
DE CIENFUEGOS**

TRABAJO DE DIPLOMA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO

Título: Propuesta del diseño tecnológico de una planta para la producción de productos de limpieza, desde la perspectiva del ecodiseño, en la Empresa Química de Cienfuegos.

Autor: Jorge Castro Rodríguez

Tutor/es: Ing. Manuel López de la Cruz

Ing. Yoan Capote Trujillo

Colaborador: Ing. Laritza Martínez Pérez

Cienfuegos, 2020

Pensamiento



*“No necesito saberlo todo, tan solo necesito saber
dónde encontrar aquello que me hace falta, cuando
lo necesite.”*

Albert Einstein

Dedicatoria



DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a toda mi familia que ha sido un pilar fundamental para hoy cumplir una de mis metas personales que era ser ingeniero. Quiero darles las gracias por todo el apoyo que me han dado, en especial a mi hijo que desde que llegó a este mundo ha sido mi mayor inspiración, el cual me cambió la vida y espero que este logro sea un ejemplo de superación para él en el futuro.

Agradecimientos:



AGRADECIMIENTOS

A mis padres: Les doy las gracias por ser los mejores padres del mundo, por haberme dado educación, un hogar lleno de amor donde crecer, aprender y adquirir los valores que hoy definen mi vida, por ser ejemplos de superación y por haberme apoyado en este largo trayecto de sacrificio y dedicación, sin ustedes este resultado no hubiera sido posible **“LOS AMO”**.

A mi mujer y mi niño: Les agradezco todo el apoyo que me han brindado, gracias por ser pacientes y esperarme cada noche q no vine a dormir por estar estudiando y lejos de ustedes, era la unica forma de cumplir una de las metas que me propuse en la vida q era ser ingeniero,**los quiero mucho**.

A mis abuelos: En especial a Mitra y Papa yegua por brindarme su amor y cariño sin nunca esperar nada a cambio, los quiero mucho.

A mi socio el Ferna: gracias hermano por todo el apoyo y por todos los momentos que compartimos juntos en la Universidad, por todo lo que jodimos y por siempre poder contar contigo.

A mis Amigos del cuarto y de la beca: la gente de la vieja escuela El Albe, Jaime, el Guajiro, los jimaguas, el pepo, Eduardo, Rey, Alvaro, gracias por todos los momentos compartidos, por estar siempre ahy para lo que fuera, un abrazo.

A mis amigos: les doy las gracias a Joaquín, Gustavo, Luisito, Carlos, Kelvin, por estar unidos en todo momento, por ser un gran apoyo en esta trayectoria de estudio, sacrificio, dedicación, de diversión y convivencia. También quiero agradecer a todos mis compañeros de aula por prestarme su ayuda en determinados momentos, a todos y cada uno muchas gracias.

A mis tutores: Capote y Manuel que han contribuido a mi formación profesional y me han regalado gran parte de su tiempo apoyando y aportando elementos que sin duda fueron decisivos en la confección de este trabajo, muchas gracias.

MUCHAS GRACIAS A TODOS

Resumen



Resumen

La investigación se desarrolló en la Empresa Química de Cienfuegos EQUIFA como continuidad de un estudio anterior donde se proyectó una planta para productos de limpieza aprovechando las instalaciones existentes. En la discusión de los resultados del informe final de dicha investigación quedaron evidenciadas las limitaciones que este proceder tenía y se acordó resolverlas mediante el presente trabajo que consiste en el diseño de una planta para la elaboración de productos de limpieza siguiendo las pautas de capacidad productiva que sirvieron de base a la investigación anterior pero partiendo de un área no edificada disponible dentro de los límites de la propia Empresa y con equipamiento nuevo. De esta forma la macro localización quedó definida y la micro localización se hizo al lado de la planta ya existente por disponer del espacio necesario y permitir el empleo de los sistemas auxiliares que ya tiene la planta en operación. Para dar cumplimiento a la tarea planteada, se utilizaron métodos propios del diseño de plantas y sus cálculos fundamentales, tal es el caso del método de McCabe para el diseño de los agitadores, el de Rosabal para el sistema de bombeo y el de Peters para el estudio de factibilidad económica. Como principal resultado se logró el diseño de una nueva planta para productos de limpieza que cumple con lo solicitado por la Empresa EQUIFA y se dan las recomendaciones necesarias para que cumpla con el ecodiseño.

Palabras claves: diseño de planta; factibilidad económica; productos de limpieza; ecodiseño.

Abstract



Abstract

The research was carried out at the EQUIFA Chemical Company of Cienfuegos as a continuation of a previous study where a plant for cleaning products was designed taking advantage of the existing facilities. In the discussion of the results of the final report of said investigation, the limitations that this procedure had were evidenced and it was agreed to solve them through the present work that consists of the design of a plant for the production of cleaning products following the guidelines of productive capacity that They served as the basis for the previous investigation, but starting from a non-built area available within the limits of the Company itself and with new equipment. In this way, the macro location was defined and the micro location was made next to the existing plant to have the necessary space and allow the use of auxiliary systems that the plant already has in operation. To fulfill the proposed task, plant design methods and their fundamental calculations were used, such as the McCabe method for the design of the agitators, the Rosabal method for the pumping system and the Peters method for the economic feasibility study. The main result was the design of a new plant for cleaning products that meets the requirements of the EQUIFA Company and the necessary recommendations are given to comply with the eco-design.

Keywords: plant design; economic feasibility; cleaning products; eco-design.

Índice



Índice

Introducción	1
CAPÍTULO I: Fundamentos científico-técnicos que sustentan la investigación.	3
1.1 El diseño de plantas químicas para productos de limpieza, desafíos actuales y perspectivas desde la sostenibilidad de sus tecnologías.....	3
1.2. La fabricación de productos químicos con destino a la limpieza doméstica y la contaminación ambiental generada por los mismos	5
1.2.1. Principales componentes que intervienen en la formulación de detergentes y otros productos de limpieza.....	8
1.2.2. Productos de limpieza más utilizados.....	16
1.3. Metodologías para el diseño de plantas químicas con destino a la fabricación de productos de limpieza	17
1.4. El diseño de procesos industriales sostenibles y su contribución en la prevención de problemas ambientales.....	22
1.5. El ecodiseño como alternativa vital para el diseño de plantas químicas	24
1.5.1. Herramientas para el Ecodiseño	25
Conclusiones Parciales del Capítulo I:	27
CAPÍTULO II. Metodología experimental.....	28
2.1 Antecedentes de la empresa	28
2.1.1 Localización geográfica de la empresa.....	29
2.1.2 Misión y Visión de la empresa	29
2.1.3 Actividades que realiza la empresa.....	29
2.1.4 Estructura organizativa	33
2.2. Descripción del proceso productivo	34
2.2.1. Etapas del proceso	34
2.3. Diseño de la planta	35
2.3.1. Metodología para el diseño de la planta	36

2.3.2. Metodología para el diseño del sistema de agitación y mezclado	39
2.3.3. Metodología para el cálculo del sistema de bombeo	44
2.4. Selección de los indicadores económicos	47
Conclusiones Parciales del Capítulo II:.....	54
CAPÍTULO III. Análisis de los resultados	55
3.1 Localización de la planta.....	55
3.2 Proyecto Técnico.....	55
3.3 Proyecto Tecnológico.....	58
3.3.1 Dimensionamiento tecnológico del sistema de agitación y mezclado	58
3.3.2 Cálculo del sistema de bombeo	64
3.4 Distribución de la planta.....	72
3.5 Cálculo económico	75
3.6 Destino de los residuales de productos Vijusa	82
Conclusiones Parciales del Capítulo III:	82
Conclusiones	83
Recomendaciones	84
Bibliografía	85
Anexos	89

Introducción



Introducción

Según León et al. (2012), el diseño de plantas es un trabajo de gestión que involucra todas las ramas de la ingeniería en el que se aplican los códigos de diseño que se basan no solo en la experiencia sino también en el conocimiento de los expertos y los especialistas, el cual solo es adquirido a través del tiempo y luego de haber ensayado y comprobado reiterativamente los diferentes planes.

De acuerdo con León et al. (2012), es una actividad que implica un trabajo conjunto entre quienes están encargados directamente de planear todo el proceso ya sea para una planta nueva o para la expansión de una ya existente; para el reordenamiento de una planta o para hacer pequeños reajustes, y quienes estarán en contacto directo con el diseño que se plantee.

En la industria, el objetivo del diseño de plantas de proceso, es conseguir la distribución óptima de todas las actividades, manejo del personal, equipamientos, almacenes, sistemas de manutención de materiales y todos los servicios que sean necesarios. Este ordenamiento óptimo se centrará en la distribución de las áreas de trabajo y del equipo, procurando la mayor economía para llevar a cabo el proceso productivo, al mismo tiempo, que sea la más segura y satisfactoria para el personal y para su entorno (Fructuoso, 2002).

La Empresa Química de Cienfuegos (EQUIFA) surge a finales del pasado siglo a raíz de la detención del proceso productivo en la Empresa de Fertilizantes de Cienfuegos, la cual atravesaba por una situación compleja debido a la existencia de un Periodo Especial que trajo como consecuencia que sus producciones fueran descontinuadas por falta de materia prima (nafta) y piezas de repuesto por lo que fue obligada a cambiar su línea de producción por la falta de recursos, creando así una nueva industria destinada a la producción de detergentes, lavavajillas, insecticidas, aromatizantes, colonias, jabón, entre otros. Estos cambios tecnológicos y de producto, fueron hechos sobre la base de utilizar lo existente, la falta de recursos y la incursión en nuevos destinos, muchas veces sin la experiencia y los referentes necesarios, lo que explica que aún existan diseños que no se corresponden con los estándares que refiere la literatura consultada (Tápanes, 2019).

Recientemente se realizó un proyecto de tesis el cual estuvo encaminado a dar una respuesta inmediata a la solicitud de la empresa, donde se diseñó una planta para la producción de productos de limpieza pero aprovechando la infraestructura existente, lo cual limitó considerablemente tener en cuenta una serie de factores primordiales para lograr diseñar una planta química que sea sostenible económica,

social y ambientalmente. Dicho esto, se origina la formulación de la presente investigación, para la cual se consideró como problema de investigación, el siguiente:

Problema de investigación

Es necesario un nuevo diseño tecnológico para la planta de producción de productos de limpieza en EQUIFA, que proporcione un aumento en la calidad del proceso productivo y a su vez genere el menor impacto ambiental posible.

Hipótesis

Si se elabora una propuesta de diseño tecnológico para una planta destinada a la producción de productos de limpieza en EQUIFA, desde la perspectiva del ecodiseño, se logrará un mejor desempeño de la misma, al aumentar la calidad del proceso productivo, teniendo un mejor comportamiento económico, ambiental y social.

Objetivo/s general/es

Elaborar una propuesta de diseño tecnológico para una planta destinada a la producción de productos de limpieza, desde la perspectiva del ecodiseño, en la Empresa Química de Cienfuegos.

Objetivos específicos

1. Fundamentar teóricamente los elementos que sustentan la investigación.
2. Analizar las condiciones requeridas, tecnológica y ambientalmente, para el diseño de la planta, fundamentando los procedimientos tecnológicos según la realidad existente.
3. Diseñar el flujo tecnológico con las capacidades necesarias para la correcta elaboración de los productos de limpieza.
4. Evaluar técnica y económicamente la propuesta de diseño tecnológico formulada para la nueva planta de productos para la limpieza.

Capítulo I



CAPÍTULO I: Fundamentos científico-técnicos que sustentan la investigación.

1.1 El diseño de plantas químicas para productos de limpieza, desafíos actuales y perspectivas desde la sostenibilidad de sus tecnologías.

El diseño es una actividad creativa, y como tal puede ser una de las actividades más gratificantes y satisfactorias realizadas por un ingeniero. El diseño no existe al principio del proyecto. El diseñador empieza con un objetivo específico o una necesidad del cliente en mente, y mediante el desarrollo y evaluación de diseños posibles, consigue la mejor manera de alcanzar aquel objetivo (Sinnott & Towler, 1997).

El diseño de plantas es un área muy extensa que se ha utilizado a lo largo del desarrollo de la humanidad, mejorando cada vez sus métodos y técnicas. El diseño a elaborar y sus características dependen del producto que se quiera producir y las áreas de trabajo involucradas, para lo cual es necesario contar con datos básicos de diseño, equipo, distribuciones y demanda en el mercado para emplearse en el estudio técnico, así como, datos financieros que ayuden a efectuar el estudio económico para determinar la viabilidad de la empresa (Tápanes, 2019).

Son muchos los proyectos de diseño de plantas para la elaboración de productos de limpieza, como es el caso de la fabricación de jabón sólido en Málaga, en el Polígono Industrial El Viso, por su proximidad a puertos, aeropuertos, nudos ferroviarios y conexiones con la red viaria nacional. Esta situación privilegiada tendrá un efecto positivo en los costes de transporte tanto de aprovisionamiento de materias primas como de distribución de los productos terminados (Rodríguez, 2017).

En México, es importante la demanda de productos de limpieza para casa o negocio, sin embargo, los costos de los productos comerciales son altos y por ello han aparecido distintas opciones de productos genéricos “a granel”. Existen casos de éxito como el de OrangeGlo, quien pasó de crear, probar y refinar productos manufacturados de limpieza caseros en la cochera de una casa, usando una lavadora como mezclador, a ser uno de los proveedores más grandes del mundo de productos de limpieza de marcas reconocidas como

OxyClean, KaBoom y otras. Sus fundadores atribuían su éxito al esfuerzo y determinación en probar todos los canales posibles de ventas, así como en su relación con sus distribuidores y clientes (Soderquist, 2005).

Con el continuo aumento de las consecuencias relacionadas al calentamiento global en las últimas décadas, la comunidad mundial se ha percatado poco a poco de la necesidad de crear un sistema o metodología donde la Industria en todos sus ámbitos y especialidades, integre las diferentes vertientes del desarrollo: la ambiental, la social y la económica, como verdadera expresión de sostenibilidad (Tápanes, 2019).

El logro de la sostenibilidad ambiental, solo es posible, si se emplean las tecnologías ambientales creadas para evitar que los productos identificados como potencialmente nocivos, lleguen al medio en concentraciones consideradas excesivas, o recurriendo al empleo de tecnologías más limpias. Por ello, un objetivo fundamental de las actuales industrias químicas es la fabricación de productos mediante procedimientos seguros y solo productos cuya aplicación y eliminación se pueda garantizar desde los actuales conocimientos científicos disponibles (Tápanes, 2019).

Este interés por la protección ambiental se ha traducido en el desarrollo y utilización de tecnologías destinadas a controlar la contaminación al final del proceso, limitando vertidos y emisiones de contaminantes. Con la aplicación de estas tecnologías se logra mejorar la calidad del aire y del agua, limitando la liberación de sustancias tóxicas al medio natural (Tápanes, 2019).

Romero (2009), agrega que una tecnología de prevención será aquella que evita o reduce los problemas ambientales a lo largo de todo el ciclo de vida del producto, integrando los procesos y los productos y cuyo fin será el de conseguir:

- Reducir al mínimo el volumen y los peligros de los residuos gaseosos, líquidos y sólidos.
- Reducir el riesgo de accidentes en todas las operaciones en que intervienen los productos químicos.
- Reducir al mínimo el consumo de materias primas, agua y energía.

- Utilizar los productos y procesos que cumplan el fin perseguido pero que supongan el menor peligro para la salud humana y el ambiente.

1.2. La fabricación de productos químicos con destino a la limpieza doméstica y la contaminación ambiental generada por los mismos

Los productos destinados a la limpieza fueron inventados hace más de 5 000 años por los egipcios combinando grasas vegetales con grasas animales y sustancias alcalinas. Berthollet descubrió en el año de 1 785 el hipoclorito sódico o llamado comúnmente lejía, el cual es un compuesto que sirve para desinfectar, limpiar y blanquear, capaz de eliminar el 99,9% de las bacterias; su fórmula química es NaClO y su poder desinfectante fue reconocido a finales del siglo XIX debido a Louis Pasteur quien descubrió que los microorganismos son los causantes de la proliferación de muchas enfermedades (Dufer, 2018).

Desde principios del siglo XX existieron varios científicos que descubrieron unas sustancias a las que denominaron como tensioactivos. Los tensioactivos o surfactantes son compuestos químicos que tienen un grupo hidrofílico (afín al agua) y otro hidrofóbico (repele el agua), lo cual le confiere diferentes propiedades a una misma molécula y se encuentran relacionados con fenómenos Intersuperficiales tan importantes como la emulsificación, solubilización, dispersión, detergencia, adherencia y absorción (Álvarez, 2004).

Es por esta razón que los tensioactivos o surfactantes son utilizados en la industria de detergentes, jabones, limpieza, cuidado personal, farmacéuticos, plástico, etc. Razón por la cual la industria de los tensioactivos ha crecido exponencialmente, debido a las preferencias de los consumidores que buscan adquirir productos de alta calidad y bajo impacto ambiental (Dufer, 2018).

Según Dufer (2018), el primer detergente se formuló a finales de los años cuarenta del siglo XX, el cual contenía una sustancia tensioactiva llamado tripolifosfato sódico el cual se utilizaba para reducir la dureza del agua y carboximetil celulosa que evitaba la exposición de la suciedad, este se convirtió en un detergente con resultados muy favorables debido que brindaba una excelente blancura a las prendas de vestir pero ocasionaba una persistente espuma que era de muy lenta biodegradabilidad lo que ocasionaba una proliferación de algas.

De acuerdo con este autor a finales de 1930 aparecen en el mercado los alcoholes sulfatados y los alquil aril sulfonatos, después de la segunda guerra mundial los alcoholes sulfatados eran utilizados en una diversidad de productos de limpieza y los alquil aril sulfonatos en la elaboración de champús en una gran proporción, aunque por temas de costos de producción, disponibilidad y acceso, los usos de estos tensioactivos eran muy escasos.

A su vez agrega que el desarrollo de la industria petroquímica permitió el desarrollo de la industria de los tensioactivos, en la década de 1950 y 1960 existió un desarrollo sustancial de nuevos tensioactivos o surfactantes como es el caso de los alquifenoles etoxilados, las amidas, los compuestos cuaternarios de amonio y las aminas oxidadas, etc., utilizados en la producción de productos de cuidado personal, detergentes y limpiadores.

Según Dufer (2018), en los últimos veinte años los tensioactivos han sido obtenidos a través de la petroquímica de una forma sintética, hoy en día se opta por obtenerlos de grasas animales o vegetales debido a:

1. Existir una gran cantidad de grasas animales o vegetales actualmente.
2. El surgimiento de tendencias de conservación del medio ambiente.
3. La disminución de las reservas petroleras del mundo.
4. Cambio en los costos de la materia prima.

Este autor señala que los tensioactivos o surfactantes se dividen en cuatro clases, estos son: Aniónicos, catiónicos, no iónicos y anfotéricos.

a. Aniónicos

Los surfactantes aniónicos son los más utilizados en la composición de detergentes poseen un grupo hidrófilo cargado negativamente, son los de mayor producción industrial por su tensioactividad y precio. “Suelen distinguirse las siguientes familias: ABS, AS, AES, APES, AOS, alquil sulfonatos, α -sulfonatos de ácidos grasos (iónicos y ésteres de alquilo), mono- y di-alquil sulfosuccinatos y sulfonatos derivados del petróleo” (Beneito, 2011).

Los tensioactivos aniónicos son el ingrediente base de muchos detergentes y limpiadores, debido a que favorecen la disolución de sustancias poco solubles en agua. Ejemplo: Jabón natural (Dufer, 2018).

b. Catiónicos.

Los tensioactivos catiónicos tienen el grupo hidrófilo de carácter básico, su elaboración es más costosa y por lo cual se utiliza en aplicaciones especiales. La mayoría de estos compuestos son nitrogenados de tipo de sal de amina grasa o de sal de amonio cuaternario, debido a ello son de poca utilidad en productos de limpieza porque las superficies poseen una carga negativa y los cationes se absorben en lugar de solubilizar la suciedad adherida (Dufer, 2018).

Los tensioactivos catiónicos presentan propiedades bactericidas, antisépticas y alguicidas (inhibe el crecimiento de bacterias y algas), también son agentes suavizantes, inhibidores de corrosión y antiestáticos. Se utilizan como desinfectantes, mientras que por su agente suavizante se utiliza en productos suavizantes y acondicionadores de tejidos y cabellos (Dufer, 2018).

c. No iónicos

Los tensioactivos o surfactantes no iónicos están formados por una cadena alquílica larga y un grupo sin carga, pero muy polar. Los tensioactivos no iónicos se suelen mezclar con tensioactivos aniónicos (Dufer, 2018).

Los tensioactivos no iónicos son excelentes como detergentes, emulsionantes y humectantes (Dufer, 2018).

d. Anfotéricos

Los tensioactivos anfóteros tienen dos grupos funcionales, uno catiónico y otro aniónico; y es el pH quien determina el carácter dominante. Estos tensioactivos son utilizados en la formulación de productos de limpieza como es el caso de los champuses y de productos para la limpieza de platos (Dufer, 2018).

En el escenario actual de la industria química, para la fabricación de productos de limpieza y cuidado personal, se toma muy en cuenta la innovación y la mejora continua de productos y procesos, que coadyuven a la competitividad de la empresa a través del aumento en el nivel de servicio, reducción de costos y confiabilidad de sus sistemas de gestión de producción e inventarios (Reyes, 2016).

La industria química utiliza muchas materias primas naturales, algunas de ellas escasas, y genera productos residuales que pueden ser tóxicos o peligrosos o dar lugar a problemas de contaminación importantes en la atmósfera, aguas o suelos (Sotelo, 2003).

Según Delgadillo López et al. (2011), la contaminación del ambiente se produce por la incorporación de cualquier tipo de energía, organismo o sustancia, que afecta las características de los ecosistemas, modificando negativamente sus propiedades y su capacidad para asimilarlas o degradarlas. Su efecto aparece como consecuencia de las actividades antropogénicas, aunque también se puede producir de forma natural.

De acuerdo con Sancho et al. (2003), en el caso específico de productos químicos destinados a la limpieza doméstica, estos contienen sustancias tóxicas que son muy dañinas si se tragan, inhalan, inyectan o son absorbidas por la piel, y pueden causar suficiente daño (a través de acción química) para destruir la vida o provocar resultados nocivos.

El propio autor añade que los productos de limpieza, son considerados la segunda causa de intoxicación en las personas adultas, anteceditos en primer lugar por drogas y medicamentos, lo que se revierte en el caso de menores de edad, convirtiéndose entonces ésta en la principal fuente, que se da principalmente de manera accidental. Cientos de nuevos productos de limpieza son introducidos cada año en el mercado siendo habitual que las fórmulas de los productos sean cambiantes, por lo tanto es importante conocer el producto de compra para poder identificar el agente tóxico.

1.2.1. Principales componentes que intervienen en la formulación de detergentes y otros productos de limpieza

Para que un detergente y otros productos de limpieza cumplan su rol de limpiador, estos deben de producir numerosos fenómenos, dependiendo del tipo de sustrato con los cuales

hayan sido formulados, la suciedad que estos combaten y de las condiciones ambientales; para lo cual se han diseñados fórmulas generales y fórmulas específicas. Es debido a esto que “en estas formulaciones entran un gran número de componentes cuyos papeles se complementan uno a otro, a menudo con un efecto de sinergia, es decir un resultado mejor que la suma de los efectos independientes de cada uno de los componentes” (Louis, 1988).

a. Tensioactivos o surfactantes

Los tensioactivos aniónicos y no iónicos actúan como ingrediente de mojabilidad del sustrato, cambian el potencial superficial y mezclan la suciedad líquida para luego ser dispersados (Dufer, 2018).

b. Agentes secuestrantes mejoradores (Builders)

Según Dufer (2018), el propósito que tienen estos agentes es mejorar la acción limpiadora que presentan los surfactantes a través de varios efectos. La acción que estos agentes presentan es la de secuestrar a los cationes divalentes del agua dura (calcio, magnesio) para evitar la interacción con los surfactantes. Otra acción de los agentes secuestrantes mejoradores es la de mantener el pH en un nivel alcalino, neutralizando los ácidos grasos libres y formando jabones, así también aumenta el potencial de superficie evitando la reposición de la suciedad.

Este propio autor añade que existen dos tipos de agentes secuestrantes mejoradores: Orgánicos e inorgánicos. Los más utilizados son los agentes inorgánicos como los fosfatos y en menor proporción los silicatos y carbonatos de sodio.

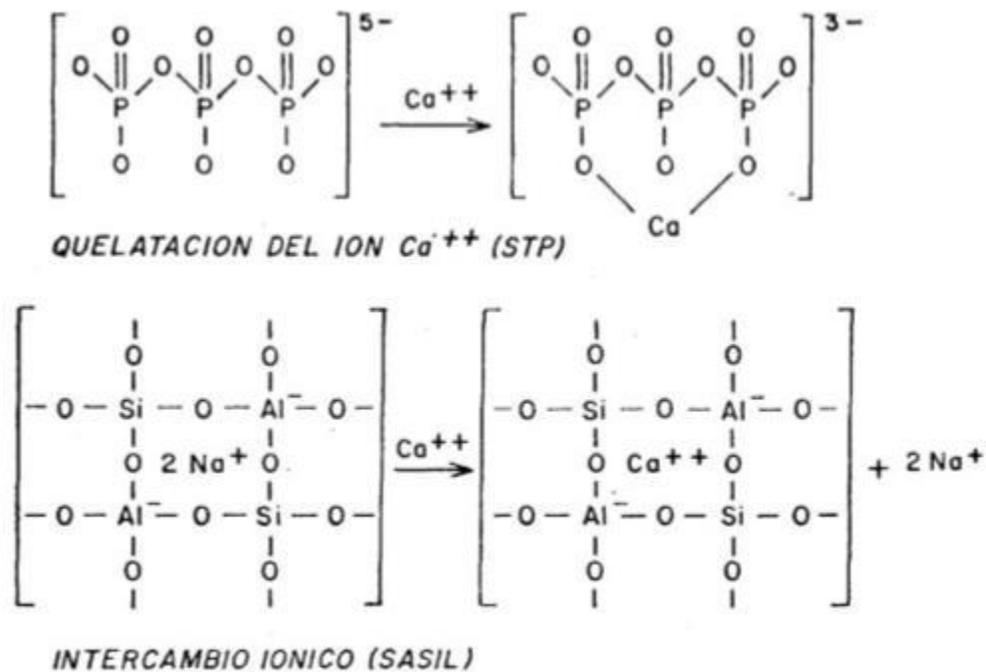


Figura 1.1 Acción secuestrante de los mejoradores inorgánicos. Sodio Tri (poli) Fosfato STP y Sodio Aluminosilicatos SASIL (Zeolita). **Fuente:** Beneito (2011)

c. Agentes dispersantes de jabones de calcio (LSDA)

Muchas formulaciones de detergentes contienen sales alcalinas de ácidos grasos cuyo papel es la de reducir la espuma, entre los agentes dispersantes de jabones de calcio se pueden mencionar a los alfa-sulfo-esteres de ácidos grasos y a los alquil-gliceril ester sulfonatos (Dufer, 2018).

d. Agentes anti (re)deposición

La anti-redeposición es el fenómeno por el cual se busca que la suciedad no se vuelva a adherir, existen muchos factores que pueden influir entre remoción y redeposición “el propio surfactante, los mejoradores o secuestradores de iones polivalentes en caso de agua dura, el tipo de sustrato, el tipo de suciedad, la agitación del sistema, y la presencia de agentes anti-redeposición” (Louis, 1988).

Un agente anti-redeposición muy utilizado es la carboximetilcelulosa o CMC, aunque “comercialmente también se utiliza polímeros sintéticos como PVP, PVA y algunos copolímeros de estos” (Beneito, 2011).

e. Agentes espumantes y no espumantes

La generación de espuma es un factor deseable para lavado y fregado a mano y no es deseable para lavado y fregado a máquina, un ejemplo de esto son las máquinas lavaplatos o las máquinas para lavar ropa; en donde se busca que exista poca producción de espuma porque una producción importante resultaría en un inconveniente, debido a esto se desarrollaron las formulaciones baja-espuma. Para mantener la espuma se utilizan “agentes espumantes como el lauril sulfato (aniónico), y los surfactantes no iónicos nitrogenados como óxido de aminos, alcohol amidas, aminos y amidas etoxilados; también se usan compuestos complejos como alcanolamidas o monoglicéridos sulfatados”. Así también en los detergentes de baja espuma se utilizan ésteres de etilen glicol o de glicerol, sulfanatos de parafinas y glicoles acetilénicos etoxilados (Louis, 1988).

f. Agentes suavizadores

Con la aparición de detergentes y jabones sintéticos, al ser estos utilizados el textil seco en contacto con la piel, hacía que ese contacto no fuera agradable; debido a que el surfactante tiende a aumentar la carga eléctrica de la fibra y la ausencia de sustancias con acción lubricante vuelve al textil relativamente rígido. La función de los agentes suavizantes es neutralizar esta acción, mediante la reducción de la carga estática y la colocación de una capa lubricante (Dufer, 2018).

g. Agentes blanqueadores

De acuerdo con Dufer (2018), la blancura es la propiedad más sobreestimada por parte del consumidor de productos de limpieza, debido al pensamiento que una prenda de vestir u otro artículo se encuentra limpio por la blancura que esté presente. Existen dos tipos de blanqueadores en el mercado: Los hipohaluros y las sales inorgánicas.

1. Los hipohaluros como el hipoclorito de sodio.
2. Sales inorgánicas como el perborato de sodio y el percarbonato de sodio.

Según Dufer (2018), los agentes blanqueadores fueron descubiertos al final del siglo XVIII, el primero de ellos fue el cloro inventado en el año de 1774 por el químico sueco Carl Wilhelm Scheele, desde aquella época el cloro ha pasado por diferentes etapas de producción hasta lo que hoy conocemos, el cual corresponde al método diseñado por Faraday en 1833 en donde formulo las leyes que dirige la electrolisis de soluciones acuosas de sal y debido a esto se emitió una patente inglesa en el año de 1851 en donde se da el derecho de producir electrolíticamente el cloro a partir de la salmuera (mezcla de agua y sal). En el año de 1910 el químico Sir Humphrey Davy identificó al cloro como elemento químico y recibió su denominación proveniente del griego chloros debido a su característico color.

Mientras tanto el perborato de sodio es un compuesto químico blanco, que es utilizado para la elaboración de detergentes en polvo, blanqueadores, fabricación de algunos tipos de vidrios y plásticos.

A su vez el autor agrega que las propiedades de los blanqueadores son:

1. Un aumento de temperatura hace que aumente la velocidad de descomposición.
2. Ciertos metales pesados a nivel de traza catalizan la descomposición.
3. La actividad blanqueadora aumenta con la concentración, pero no linealmente.
4. El pH tiene un efecto importante; un pH ácido acelera la descomposición del hipoclorito, mientras que se requiere un pH alcalino para acelerar la descomposición de las sales inorgánicas peroxigenadas.

h. Mejoradores ópticos fluorescentes

El grado de blancura obtenido mediante los agentes blanqueadores se puede realzar a través de los mejoradores ópticos fluorescentes o blanqueamientos ópticos, los cuales consisten en colorantes orgánicos poliaromáticos que a la luz del sol se impregna un tono azulado que compensa el tono amarillento de los tejidos debido a que absorbe la luz ultravioleta, por lo que mejora la blancura de los colores. Actualmente se desarrollan mejoradores ópticos solubles en agua que resisten al hipoclorito y a otros blanqueadores (Dufer, 2018).

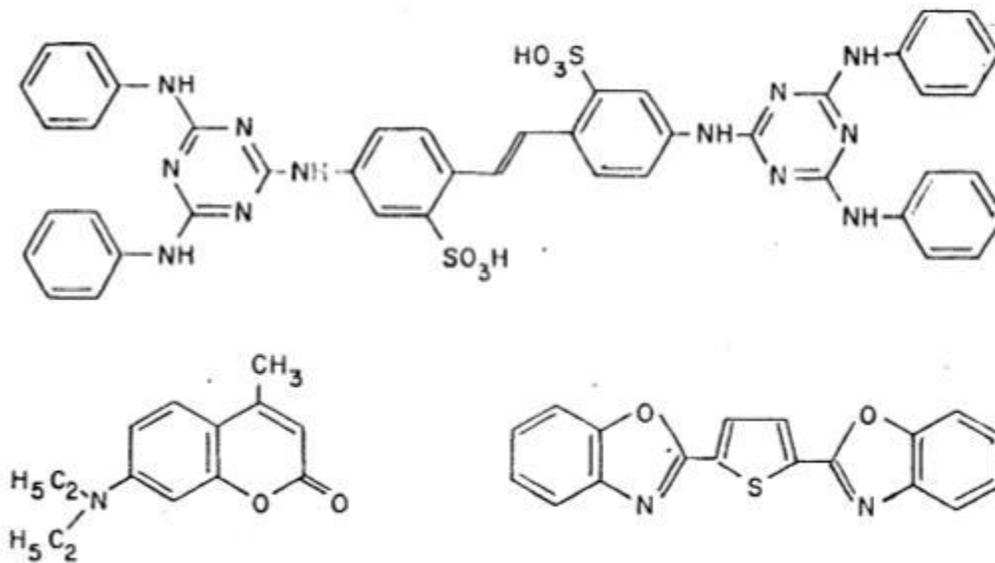


Figura 1.2. Algunos mejoradores ópticos fluorescentes. **Fuente:** Louis (1988)

i. Enzimas

Las enzimas son parte de las formulaciones de detergentes porque permiten la eliminación de manchas debido a su rotura catalítica. Las más comunes son las proteasas porque permiten la degradación de las proteínas y son las más utilizadas en la mayoría de los detergentes, pero también se emplean otras enzimas como: Las amilasas debido a que permiten la degradación del almidón, las lipasas permiten la degradación de lípidos y las celulasas que permiten la degradación de la celulosa. Estas enzimas actúan hasta una temperatura de 60°C y en medio de un pH alcalino, donde van a degradar rápidamente las manchas y son muy utilizadas en detergentes líquidos (Dufer, 2018).

j. Perfumes

Los perfumes en los productos de limpieza y en específico en detergentes son añadidos como un factor no técnico en su formulación, sino que son añadidos para despertar en el consumidor una serie de sensaciones; porque el olfato representa en nuestra memoria el 35% de todo lo que percibimos (Dufer, 2018).

Según este autor es por esta razón que se añaden diferentes tipos de perfumes en la formulación de detergentes y productos de limpieza, los más utilizados son los siguientes:

- Hidroxicitronelal (olor de lirio)
- Geraniol (olor de geranio)
- Citronelal (olor de limón)
- Citronelol (olor de rosa)
- Linalol (olor de lavanda)
- Mentol (olor de menta fuerte)

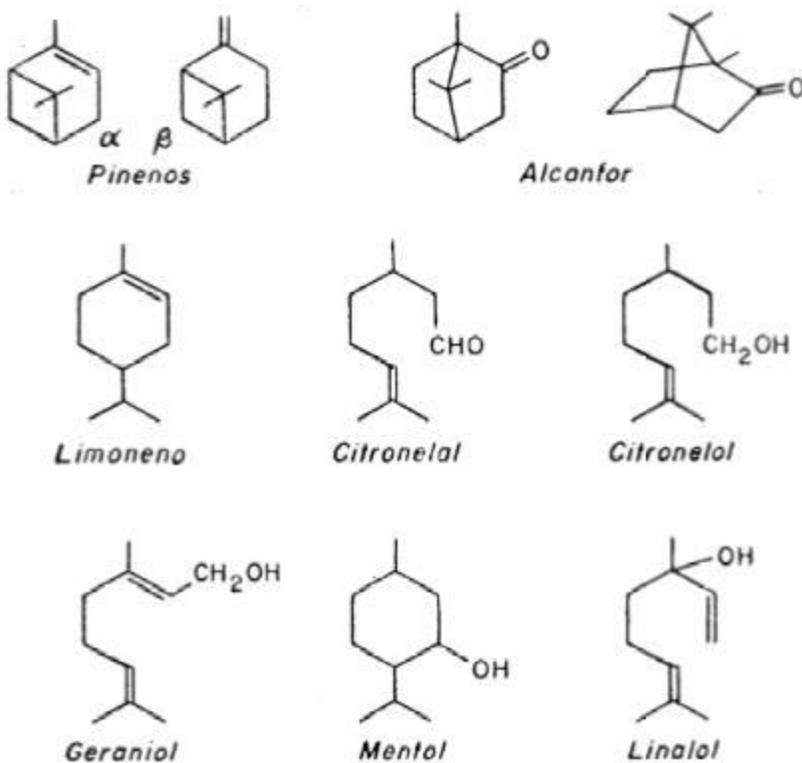


Figura 1.3. Algunos perfumes utilizados en la composición de detergentes y productos de limpieza en general. **Fuente:** Louis (1988)

Hasta los años 60 estas esencias eran obtenidas de la resina del pino o del pulpado de la madera y desde esa época en adelante se obtiene estas esencias a través de la síntesis del petróleo como son el etileno, isobutileno y el isopreno, debido a que estas síntesis son menos costosas que la obtención, purificación y conversión de los productos naturales (Dufer, 2018).

Este autor agrega que los perfumes para detergentes y productos de limpieza son una compleja mezcla de esencias, estas pueden variar en su formulación desde 30 a 100 esencias que van a interactuar con el resto de los componentes y que pueden afectar a todas las sustancias activas en la composición de los productos de limpieza.

k. Polímeros

Los polímeros son macromoléculas que se encuentran compuestas por uno o varios monómeros que se van a repetir a lo largo de la cadena. En los últimos años el uso de los polímeros se ha ido incrementando a medida que los detergentes han evolucionado, los polímeros han sustituido a los fosfatos debido a su gran impacto ambiental; para evitar esto se han utilizado polímeros poliacrilato para reemplazar a los agentes secuestrantes como el tripolifosfato de sodio (Dufer, 2018).

l. Espesantes

Los espesantes permiten modificar la reología de la formulación de los productos de limpieza, un ejemplo son los lavavajillas, los cuales contienen espesantes para mantener en suspensión el fosfato y otras sustancias que de otra forma quedarían separadas de la fase líquida. Existen variados electrolitos inorgánicos capaces de espesar la formulación como lo son: El NaCl, la carboximetilcelulosa, la laponita, las gomas de guar o xantana y el carbopol o lubrizol (Dufer, 2018).

m. Disolventes

El disolvente más utilizado en la formulación de productos de limpieza tanto domésticos como industriales es el agua, aunque existen sustancias activas que presentan poca solubilidad al agua, para lo cual se adiciona un co-solvente como es el etanol o un hidrótopo como el cumeno sulfonato (Dufer, 2018).

n. Hidrótopos

La función de los hidrótopos en formulaciones líquidas es aumentar la solubilidad de los surfactantes, los hidrótopos más utilizados son: Los sulfonatos de tolueno, etilbenceno y xileno (Dufer, 2018).

o. Bactericidas

Tanto los detergentes líquidos como los desinfectantes contienen en su formulación un agente antibacteriano como puede ser un bacteriostático, con la finalidad de producir la muerte de las bacterias y alargar la vida del producto (Dufer, 2018).

p. Agentes anticorrosión

Son utilizados en la formulación para proteger las partes metálicas de máquinas o sistemas de lavado en ciertos productos destinados a la limpieza, para lo cual el compuesto más utilizado es el silicato de sodio (Dufer, 2018).

1.2.2. Productos de limpieza más utilizados

Según Dufer (2018), los productos destinados a limpieza doméstica más utilizados son:

a. Hipoclorito de sodio

Es un producto formulado como blanqueador, germicida, desodorizante, desinfectante de ropa y como potabilizador de agua.

b. Jabón líquido

Producto elaborado que se emplea para el lavado de las manos con la finalidad de eliminar impurezas, bacterias, entre otros.

c. Desinfectante de uso doméstico

El desinfectante es un producto que tiene las propiedades de limpiar y desinfectar las superficies de pisos, inodoros, lavabos y botes de basura, permitiendo además dejar un agradable olor y una perdurable fragancia.

d. Creolina

Producto constituido por creso, es un fuerte germicida y bactericida capaz de eliminar bacterias y microorganismos, por lo cual es utilizado en hospitales, escuelas e instituciones, etc.

e. Desodorante ambiental en aerosol

Producto formulado para la eliminación de malos olores que se encuentran suspendidos en el ambiente, además también permite tener un ambiente agradable y desinfectado.

f. Suavizante para ropa

Producto elaborado para brindar suavidad a las prendas, como también un fácil planchado y un aroma que perdura durante varios días. Es un producto que por su composición no altera el color de las prendas.

1.3. Metodologías para el diseño de plantas químicas con destino a la fabricación de productos de limpieza

El desarrollo de nuevas plantas industriales, así como la expansión o re-dimensionamiento de las ya existentes, exige el empleo de leyes, principios y teorías de la Ingeniería Química, adecuadamente combinadas con una valoración práctica de los límites que imponen las condiciones industriales (Rivera, 2004).

En este sentido el diseño es un proceso esencialmente creativo. El desarrollo de una planta o de un proceso nuevo a partir de la idea inicial hasta lograr su materialización económicamente factible, es un problema frecuentemente complejo. Sin embargo esta tarea se puede facilitar en cierta medida si el proyecto de diseño se desarrolla de manera sistemática. Rivera (2004), recomienda la siguiente secuencia:

1. Concepción del proyecto.

2. Valoración preliminar económica y de mercado.
3. Obtención y desarrollo de la información para el diseño final.
4. Evaluación Económica.
5. Desarrollo de la Ingeniería de detalle.
6. Gestión de compras de materiales y equipos.
7. Construcción y montaje.
8. Puesta en marcha y ensayos iniciales.
9. Producción.

Lo anterior nos muestra que la realización de un proyecto de diseño de una planta, exige una variedad de conocimientos tales como:

- Investigación.
- Estudio de mercado.
- Diseño de equipos.
- Estimación de costos.
- Diseño asistido por computadora.

Según Rivera (2004), el trabajo de diseño requerido en la ingeniería de un proceso químico, puede ser dividido en dos grandes fases:

Fase 1: Diseño del proceso, abarcando las etapas desde la selección inicial del proceso hasta la confección del diagrama de flujo del proceso, incluyendo la selección, especificación y diseño del equipo. En una organización de diseño, esta fase es responsabilidad del grupo de diseño de procesos, y el trabajo debe ser realizado principalmente por Ingenieros Químicos. El grupo de diseño de procesos puede también ser responsable de la preparación de los diagramas de tubería e instrumentación.

Fase 2: El diseño mecánico detallado del equipo; las estructuras del diseño civil y eléctrico y el diseño y especificación de los servicios auxiliares. Estas actividades serán de responsabilidad de grupos especiales de diseño, teniendo expertos en las diversas disciplinas de ingeniería. Otro grupo especialista será responsable de la estimación de costos, y la compra y obtención de equipos y materiales.

Rivera (2004), muestra una metodología general que se puede resumir en 7 fases principales:

1. Concepción y definición.
2. Desarrollo del diagrama de flujo del proceso.
3. Diseño y selección de equipos.
4. Análisis Económico.
5. Optimización.
6. Implantación de la planta.
7. Organización de la planta.

1- Concepción y definición del proyecto

Este primer paso con frecuencia es realizado por el diseñador, un cliente, o alguna de las personas a quienes concierne el proyecto, diciendo: “Lo que se necesita es...”. Típicamente este enunciado será breve y carente de detalle y quedará muy lejos de proporcionarle un enunciado de problema estructurado (Rivera, 2004).

2- Desarrollo del diagrama

Una vez que sea identificada la necesidad, la solución del problema de diseño tendrá posiblemente una serie de posibilidades de solución, un consejo muy acertado es partir con la generación del diagrama de flujo del proceso, el cual reducirá la complejidad del problema (Rivera, 2004).

Este autor afirma que el diagrama de flujo indica la secuencia de equipos y operaciones unitarias en el proceso completo, para facilitar la visualización de los procedimientos de producción y para indicar transferencia de masa y de energía. Existen diagramas de flujos cualitativos y cuantitativos, los cuales muestran información necesaria en un proceso determinado.

A su vez agrega que los diagramas de flujo deben contener además de símbolos normalizados que representan a los equipos, líneas de flujo de las corrientes del proceso, número de equipos, condiciones a las que se lleva a cabo los procesos (temperatura, presiones, flujos, etc.). Estos datos podrán ser datos de entrada del proceso o ser calculados con las formulaciones de balances de masa y de energía.

3- Diseño del equipo

Según Rivera (2004), el Costo del equipo es un elemento importante en el proceso económico. El diseño parcial es necesario antes que puedan establecerse los costos del mismo.

Para los estimados del pre-diseño, el equipo debe ser especificado rápidamente y sin gran detalle.

Este autor señala que una vez que se ha decidido positivamente por el equipo, se procede al diseño detallado del proyecto (Ingeniería de detalle). Las técnicas de precisión necesarias para esta tarea son similares a las empleadas en operaciones unitarias y/o cinética, pero teniendo en cuenta todos los detalles tales como:

- la disposición de los tubos.
- el espesor de las paredes de los recipientes.
- los materiales de construcción.
- los planos.

4- Análisis económico

Se debe realizar un análisis económico, es decir, los costos del proceso deben combinarse con los de materia prima, mano de obra, equipos y otros costos para proporcionar un estimado económico exacto para el prospecto de la operación de manufactura. El valor del dinero en el tiempo, la inflación, los impuestos y otros factores influyen en las ganancias (Rivera, 2004).

5- Optimización

La optimización, en el ámbito de la ingeniería, es un término técnico que tiene una connotación de medición cuantitativa y análisis matemático, lo que implica encontrar el mejor método para llevar a cabo un proceso, es decir alcanzar un punto óptimo, en este contexto la optimización del diseño se entenderá por la acción de elegir la mejor manera de realizar cualquier proceso u operación de entre las diversas alternativas existentes (Rivera, 2004).

De acuerdo con este autor el ingeniero químico es el responsable de esta tarea para ello debe incorporar a su diseño los métodos y equipos que permitan obtener resultados óptimos.

A su vez destaca que el término diseño óptimo debe ser entendido en un contexto técnico y económico, así:

- Diseño económicamente óptimo.

- Diseño operativo óptimo.

Diseño económicamente óptimo

Consiste en seleccionar un proceso, operación o equipo de tal modo que el costo total sea mínimo. Cuando existen varias opciones técnicamente económicas (Rivera, 2004).

Según el mismo autor los gastos variables anuales totales incluyen: los gastos de operación variables anuales y los gastos variables anuales relacionados con el capital (costo fijo).

Diseño operativo óptimo

La gran mayoría de los procesos químicos requieren condiciones definidas para sus variables de proceso con miras a la optimización de resultados óptimos. (Temperatura, presión, tiempo, etc.) (Rivera, 2004).

El mismo autor añade que en muchos casos es posible separar parcialmente estas condiciones óptimas del proceso de consideraciones económicas. En este caso la optimización se denomina diseño operativo óptimo. Sin embargo es bueno recordar que las decisiones cuantitativas, en su gran mayoría, están determinadas con consideraciones económicas. Por ello el diseño operativo óptimo es tan solo un paso en el desarrollo de un diseño óptimo económico.

6- Implantación de plantas – distribución en planta

Es el proceso de ordenación física de los elementos industriales de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible. Esta ordenación ya practicada o en proyecto, incluye tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, como el equipo de trabajo. Es decir conseguir un movimiento seguro y económico del material y los operarios involucrados en la planta de producción (Rivera, 2004).

7- Organización de la planta

La organización es el proceso donde se determina la estructura orgánica, los procedimientos, los sistemas de trabajo y la distribución apropiada de los recursos humanos de la planta (Rivera, 2004).

1.4. El diseño de procesos industriales sostenibles y su contribución en la prevención de problemas ambientales

Los problemas ambientales relacionados con las actividades de la industria en general, y de la industria química en particular pueden ser prevenidos si es que los procesos productivos que utilizan las empresas, cumplen con una serie de requisitos y tienen como base para su diseño un conjunto de principios que deben ser tomados en cuenta por los ingenieros de procesos. Para ello es necesario introducir un nuevo paradigma, el proceso industrial sostenible, que hará posible que las empresas sean responsables (por sus actividades “limpias”, seguras y sin generar problemas ambientales) y competitivas (puedan interactuar en mercados nacionales e internacionales, en las mismas condiciones con otras empresas del sector) (Loayza Pérez & Silva Meza, 2013).

Un proceso químico industrial es el conjunto de etapas que hacen posible la transformación de la materia prima e insumos en productos, subproductos, residuos y desechos; usando racionalmente la energía, y teniendo en cuenta en cada etapa las condiciones de operación que hagan posible procesos eficientes. Las etapas son actividades unitarias que pueden ser operaciones unitarias o procesos unitarios, aunque entre algunas de ellas la diferencia es muy sutil y en otras se complementan (Loayza Pérez & Silva Meza, 2013).

De acuerdo con este autor los procesos químicos industriales sostenibles o procesos industriales sostenibles, son procesos también constituidos por etapas que son actividades unitarias, pero que potencian el aprovechamiento de los materiales y la energía para la producción de bienes (o productos útiles) y minimizan o eliminan la presencia de residuos y desechos –o males– (ya que dependiendo del tipo de residuo, estos pueden contribuir a la contaminación ambiental y a sus efectos).

Los procesos industriales tienen que contribuir al desarrollo sostenible, entendido como el tipo de desarrollo orientado a garantizar la satisfacción de las necesidades fundamentales de la población y elevar su calidad de vida, a través del manejo racional de los recursos naturales, propiciando su conservación, recuperación, mejoramiento y uso adecuado, de tal manera que esta generación y las futuras tengan posibilidad de utilizarlos y disfrutarlos,

sobre bases éticas y de equidad, garantizando la vida en todas sus manifestaciones (Loayza Pérez & Silva Meza, 2013).

Los principios del diseño de procesos industriales sostenibles, tienen que conjugar aspectos inherentes al diseño de procesos, minimizando el impacto ambiental y mejorando la sostenibilidad del diseño final (García, Pérez, & Cocero, 2007).

El diseño sostenible en ingeniería de procesos se basa necesariamente en el diseño tradicional de ingeniería química, apoyándose además en las disciplinas como la Química Verde, la Ingeniería Verde, el diseño integrado de la cuna a la cuna, la ecología industrial y la biomimética. La integración de estas disciplinas en el panorama actual del diseño permitirá crear un marco de referencia para el desarrollo de productos, procesos y sistemas de producción, cuyos componentes no sean peligrosos, generen un estado de bienestar, consideren y respeten cada uno de los ciclos de vida de los productos que intervienen e imiten en lo posible a los sistemas naturales (García, Pérez, & Cocero, 2007).

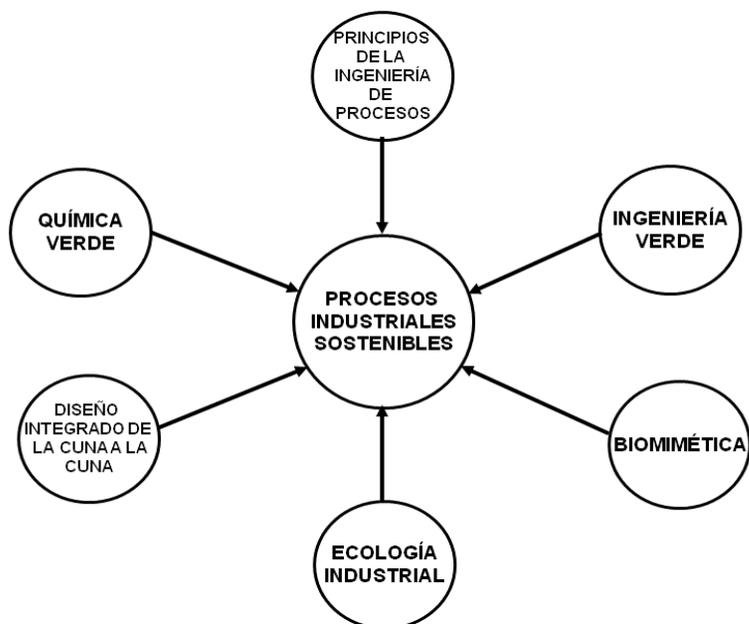


Figura 1.4. Fundamentos para el diseño de procesos industriales sostenibles. **Fuente:** Loayza Pérez & Silva Meza (2013)

1.5. El ecodiseño como alternativa vital para el diseño de plantas químicas

La consideración de los criterios ambientales en las diferentes actividades de la sociedad se considera hoy un hecho, al igual que sucede en el ámbito de la ingeniería del diseño (Sierra Pérez, Domínguez, & Espinosa, 2014).

La actividad que incorpora este tipo de criterios en el proceso de diseño es el ecodiseño, cuyo principal objetivo es el aumento de la eficiencia de los productos o servicios, generando a su vez el menor impacto ambiental posible a lo largo de su ciclo de vida (Sierra Pérez, Domínguez, & Espinosa, 2014).

De acuerdo con Fiksel (1998), la utilización del Ecodiseño, como herramienta para el desarrollo de productos más respetuosos con el medioambiente sin cambios excesivamente costosos en la tecnología, posee tanto, matices de bienestar ambiental como económicos. Mediante un diseño de instalaciones, procesos y productos que tienen en cuenta el coste del ciclo de vida y las aplicaciones ambientales, se están descubriendo grandes oportunidades para mejorar la productividad y la rentabilidad de las empresas.

El nivel de competitividad de una industria depende de un conjunto, cada vez más complejo y variado, de factores que se interrelacionan y dependen unos de otros, entre los cuales se encuentra la gestión ambiental, este aspecto ha estado adquiriendo cada vez más relevancia, gracias a los importantes beneficios, tanto económicos, como ambientales que se han comenzado a obtener, en términos de competitividad (Rondón Sulbarán & Bastante , 2011).

Rondón Sulbarán & Bastante (2011), aportan una serie de beneficios en este sentido, tales como:

- Al reducir el consumo de recursos energéticos se mejora la gestión ambiental y se reducen los costos de producción.
- Al minimizar la cantidad de material utilizado por producto, se reducen los costos de materia prima y se reduce el consumo de recursos; así como es posible utilizar materiales renovables, con un contenido energético menor o más fáciles de reciclar lo cual mejora la imagen de la empresa, al mismo tiempo que se es proactivo con respecto a las tendencias de desarrollo.

- Al optimizar las técnicas de producción, es posible mejorar la capacidad innovadora de la empresa, reducir los pasos de producción, mejorar el tiempo de entrega y minimizar el impacto ambiental de los procesos.
- Al optimizar el uso del espacio en los medios de transporte, se reducen gastos por transporte, por gasolina, consumiéndose menos combustibles fósiles y generando menor cantidad de gases de la combustión al ambiente.
- Finalmente, cumpliendo con las regulaciones ambientales aplicables y exigidas por el estado o Administración central, se mejora el desempeño ambiental de la industria y fortalece la imagen de esta con los clientes y la comunidad.

1.5.1. Herramientas para el Ecodiseño

En el campo del ecodiseño hay una gran variedad de herramientas, con diferentes objetivos y sectores de aplicación, como las que fueron desarrolladas de manera específica por empresas concretas, como en el caso de Philips, que ha estado a la vanguardia en el desarrollo de metodologías de ecodiseño y otras herramientas de apoyo, como una serie de directrices específicas de ecodiseño para productos electrónicos (Finnveden & Moberg, 2005).

Las clasificaciones que se encuentran para estas herramientas en el campo científico son muy diversas Finnveden & Moberg (2005), distinguen:

- 1) Si la herramienta describe el procedimiento o, en cambio, se trata de una herramienta más analítica.
- 2) El tipo de impacto que consideran.
- 3) Según el campo de estudio de la herramienta.
- 4) Según si la herramienta se aplica a un estudio descriptivo u orientado al cambio respecto a la situación actual.

Por otro lado Byggeth & Hochschorner (2006), agrupa las herramientas de ecodiseño en tres tipos: herramientas analíticas, comparativas y prescriptoras.

En el presente trabajo se han seleccionado las herramientas más citadas en los artículos referenciados Robèrt (2001), Finnveden & Moberg (2005), Byggeth & Hochschorner (2006), Luttrupp & Lagerstedt (2006), Lofthouse (2006) y se han distribuido en tres grupos.

Esta agrupación de las herramientas de ecodiseño se realiza según el objetivo de su utilización y en las fases en que se aplican.

Un primer grupo de herramientas se utilizan como análisis preliminar al diseño, con el fin de establecer los diferentes requerimientos de diseño. Un segundo grupo de herramientas se utilizan en fases intermedias de diseño en las que ayudan en la valoración y elección entre las distintas alternativas o conceptos de diseño. Por último, existe una serie de herramientas que sirven para comunicar las cualidades ambientales de los productos una vez lanzados al mercado.

–Herramientas de análisis preliminar: Este grupo de herramientas se aplica en fases iniciales del proceso de diseño, ayudando al establecimiento de los requerimientos, especificaciones y concretando las estrategias que se van a aplicar. Estas herramientas inciden en las características estructurales del producto, tomando parte en la definición de los requerimientos para desarrollar su función. Entre las herramientas existentes en este grupo se han citado la más representativa y de distinta naturaleza entre las que se encuentran: Lista de verificación de ecodiseño; Diez reglas de oro (Ten Golden Rules); Normativa, directiva y legislación.

–Herramientas de diseño detallado: Las herramientas utilizadas en fases más avanzadas de diseño son empleadas, entre otros cometidos, para valorar las distintas alternativas de producto en la elección del concepto final. Este tipo de herramientas se centran en los impactos ambientales de productos con unos requerimientos ya fijados e intentan minimizar estos manteniendo las especificaciones establecidas, en este grupo se encuentran herramientas como: Matriz de ciclo del material, uso de energía y emisiones tóxicas; Análisis del ciclo de vida (ACV); Valoración Estratégica Ambiental (VEA).

–Herramientas de información y comunicación del producto ecodiseñado:

Una vez que el producto es lanzado al mercado, existen una serie de herramientas que ayudan a presentarlo a los consumidores destacando su carácter ambiental y utilizando información objetiva a través del cumplimiento de las normas específicas, entre las

herramientas más destacadas de este grupo se encuentran: Declaración ambiental de producto (DAP); Etiquetas ecológicas.

Conclusiones Parciales del Capítulo I:

- El diseño de plantas es un área muy extensa que se ha utilizado a lo largo del desarrollo de la humanidad, mejorando cada vez sus métodos y técnicas.
- Los tensioactivos o surfactantes son utilizados en la industria de detergentes, jabones, limpieza, cuidado personal, farmacéuticos, plástico, etc.
- De los diseños específicos para plantas de fabricación de productos de limpieza recogidos en la literatura consultada la información más completa la brinda Dufer (2018).
- El ecodiseño constituye una herramienta vital para el diseño de plantas químicas que contribuyan al desarrollo sostenible de nuestro país.

Capítulo II



CAPÍTULO II. Metodología experimental.

Una vez descritos en el capítulo I los fundamentos científico-técnicos que sustentan esta investigación, y hecho el análisis de la bibliografía disponible sobre el tema, analizando la pertinencia de la misma, se hace la selección de los métodos a emplear para cada uno de los diferentes cálculos que deben realizarse. Para la mejor comprensión de la situación actual de la Empresa y la necesidad de la presente investigación se hace un breve análisis de sus antecedentes.

2.1 Antecedentes de la empresa

La Empresa Química de Cienfuegos EQUIFA surge a finales del pasado siglo a raíz de la detención del proceso productivo en la Empresa de Fertilizantes de Cienfuegos, la cual atravesaba por una situación compleja debido a la existencia de un Periodo Especial que trajo como consecuencia que sus producciones fueran discontinuadas por falta de materia prima (nafta) y piezas de repuesto por lo que fue obligada a cambiar su línea de producción por la falta de recursos, creando así una nueva industria destinada a la producción de detergentes, lavavajillas, insecticidas, aromatizantes, colonias, jabón, entre otros. El inicio de la década de los 90 fue una etapa dura para el sostenimiento de sus industrias, derivado de la desaparición del Campo Socialista en los países de Europa Oriental y de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), con los que el país realizaba más del 80 % de sus relaciones económicas con el exterior (no existía la inserción de Cuba en el Mercado Mundial) , poniéndose en crisis el desempeño de dichas industrias, ya fuera por la falta de equipos, piezas y/o repuestos, o por las limitaciones en cantidad, variedad y tipo de la materia prima a emplear, imponiéndose nuevamente el ingenio, algo similar a la primera década una vez producido el triunfo de la Revolución donde uno de los ministerios más afectados fue el Ministerio de la Agricultura (MINAG), ya que, con el paro de la Empresa Química de Fertilizantes, se ven muy reducidas las potencialidades productivas de este sector (EQUIFA, 2020).

Recientemente se realizó un proyecto de tesis el cual estuvo encaminado a dar una respuesta inmediata a la solicitud de la empresa, donde se diseñó una planta para la producción de productos de limpieza, pero aprovechando la infraestructura existente, lo cual limitó considerablemente tener en cuenta una serie de factores primordiales para lograr diseñar una planta química que sea sostenible económica, social y ambientalmente.

2.1.1 Localización geográfica de la empresa

La Empresa Química de Cienfuegos (EQUIFA) se ubica en la Zona Industrial #2, O’Burke, Cienfuegos donde anteriormente se encontraba la Empresa de Fertilizantes Nitrogenados de Cienfuegos (EFNC). La instalación tiene aproximadamente 367066,50 m² de superficie y limita al Este con Talleres de Reparaciones Automotor de la ECOI-6 y la Empresa de Petrocasas, al oeste el Río Salado, al Norte con el Hospital Psiquiátrico y al Sur con la Bahía de Cienfuegos. El medio ambiente donde se encuentra localizada la industria posee un alto grado de transformación antrópica, debido a las acciones constructivas anteriores, hay que destacar que la presencia de este tipo de establecimientos genera bienes a la comunidad y al estado, de acuerdo a las necesidades y a la política actual de contribuir con el desarrollo socioeconómico del país (EQUIFA, 2020).

2.1.2 Misión y Visión de la empresa

Misión

Satisfacer de manera sustentable las necesidades de crecimiento en el sector agrícola del país con la producción de fertilizantes granulados del tipo NPK para mejorar el rendimiento de la tierra y su rentabilidad. Minimizar los impactos ambientales negativos a través del manejo y disposición final de los desechos peligrosos. Proporcionar al sector de la Salud Pública reactivos químicos y dispensariales de acuerdo a requerimientos y especificaciones de comercialización. Proveer al Comercio Mayorista productos de aseo, higiene y limpieza.

Visión

Alcanzar el liderazgo nacional en la realización de nuestras producciones, así como lograr la competitividad nacionalmente, mediante la formación integral y continua de sus especialistas, el desarrollo de la actividad científico-técnica, la experiencia acumulada en un clima laboral participativo y de mutuo compromiso, donde la mejora empresarial concilie tanto los objetivos económicos como la realización de las personas.

2.1.3 Actividades que realiza la empresa

Una de sus actividades económicas fundamentales es la fabricación y comercialización de los siguientes tipos de productos de limpieza:

- Lavasuelos: líquido utilizado para la limpieza de los suelos con especificaciones físico químicas y organolépticas que definen su tipo.
- Gel de manos: líquido semiviscoso que se emplea para la limpieza e higiene de las manos con especificaciones físico-químicas y organolépticas que definen su tipo.
- Gel de mecánico: líquido semiviscoso utilizado para la limpieza de las suciedades grasas con especificaciones físico-químicas y organolépticas que definen su tipo.

Estos surtidos tienen su destino en el mercado nacional y son comercializados por la Empresa Almacenes Universales S.A.

Nuevos productos a realizar:

Tabla 2.1. Productos a realizar en la nueva planta.

Productos	pH sin diluir	ρ (g/cm ³)	Punto de inflamación (°C)
Ambientadores			
Antitabaco	8,5	0,92	53
Master	8,5	0,92	53
Opera	8,5	0,93	53
Servolor 2	7,5	1,01	> 61
Tratamientos de suelos			
Xerona	8	0,96	> 61
Amoniacal Landys	10,5	1,02	> 61
Higiene			
Tensogel	6	1,02	-
Tensogel hidroalcohólico	8	1,02	-
Limpiadores			
Scalite desincrustante	< 2,5	1,07	> 61
Samba Window	6	0,97	47
Limpiador Findex	0,98	8	> 61
Desengrasantes			
Tresynol	11,5	1,04	> 61

Tresynol de planchas	> 13 al 10%		> 61
Tresyplus	> 13 al 10%	1,10	> 61
Lavavajillas			
Solten	7	1,02	> 61

Fuente: EQUIFA (2020)

Tabla 2.2. Composición de los productos.

Producto	Material	Composición (kg)
Ambientadores		
Ambientador Antitabaco	Agua	0,476
	esencia antitabaco	0,024
	alcohol isopropílico	0,5
	colorante whisky	0,000015
Ambientador Master	Agua	0,4875
	esencia master	0,0125
	alcohol isopropílico	0,5
Ambientador opera	Agua	0,4875
	esencia opera	0,0125
	alcohol isopropílico	0,5
Servolor 2	Agua	0,854990
	Concentrado	0,095
	Esencia	0,05
	colorante rojo	0,00001
Tratamiento de suelos		
Xerona	Agua	0,94019
	Concentrado	0,0443
	Esencia	0,01
	Colorante	0,00001
	Espesante	0,0055

Amoniacal Landys	Agua	0,765
	Concentrado	0,22
	aceite de pino	0,005
	Amoníaco	0,003
	Opacificante	0,002 U
	colorante verde	0,000013 U
	colorante amarillo	0,000005 U
	Sal	0,005 U
Tensogel	Agua	0,785
	concentrado gel	0,2
	Opacificante	0,007
	esencia Dove	0,003
	Sal	0,005 U
Tensogel hidroalcohólico	Agua	0,4465
	aditivo 1	0,0025
	alcohol etílico	0,55
	aditivo 2	0,001
Limpiadores		
Scalite desincrustante	Agua	0,62928
	Concentrado	0,0207
	colorante rojo vivo	0,00002
	Ácido clorhídrico (35%)	0,35
Samba Window	Agua	0,819992
	Concentrado	0,18
	colorante azul carmín	0,000008
Limpiador Findex	Agua	0,8718
	Concentrado	0,0447
	Alcohol isopropílico	0,08
	Esencia	0,0035

Desengrasantes		
Tresynol	Agua	0,689497
	concentrado 1	0,1179
	concentrado 2	0,1926
	Fluoresceína	0,000003
Tresynol de planchas	Agua	0,515
	Concentrado	0,125
	Hidróxido sódico (50%)	0,36
Tresyplus	Agua	0,745
	Concentrado	0,055
	Potasa cáustica (50%)	0,2
Lavavajillas		
Solten	Agua	0,814730
	Concentrado	0,18
	Esencia	0,00025
	colorante verde menta	0,00002
	Sal	0,005 U

Fuente: EQUIFA (2020)

2.1.4 Estructura organizativa

Tabla 2.3. Cantidad de trabajadores según categorías ocupacionales.

Categoría ocupacional	Cantidad de trabajadores	% que representa
Dirigentes	8	4,7
Administrativos	0	0
Técnicos	41	23,8
Obreros	78	45,3
Servicios	45	26,2

Total	172	100
--------------	------------	------------

Fuente: EQUIFA (2020)

El 4,7 % se refiere a cargo directivo, lo que está en correspondencia con la política de organización salarial vigente en nuestro país, dando cumplimiento a su objeto social implantado y aprobado por su organismo superior. El 23,8 % ocupa la categoría de técnico, cuya misión es brindar servicios técnicos especializados y ejecutar las actividades técnicas propias del sistema. El 45,3 % de la fuerza laboral se refiere a la categoría de obrero, que son los encargados de ejecutar los procesos productivos. El 26,2 % se refiere a la categoría de servicios donde se encuentra el personal encargado de realizar una serie de actividades como mantenimiento, transporte, entre otros.

2.2. Descripción del proceso productivo

El proceso productivo comienza con un control de la calidad de las materias primas a emplear para la fabricación de cada producto y del agua potable utilizada. Posteriormente se pasa a la etapa de agitación y mezclado, que consta de un tanque de acero inoxidable con agitación mecánica donde se adicionan las materias primas y el agua, cuyas cantidades serán cuantificadas según la norma de elaboración de dicho producto. En este tanque de mezclado se llevará a cabo una agitación durante el tiempo establecido para cada uno de los productos que se desea fabricar. Una vez terminado el periodo de agitación se procede a la inspección de la mezcla obtenida para comprobar que cumpla con los parámetros de calidad establecidos. Al concluir el proceso de fabricación se procede al envasado, tapado y etiquetado del producto obtenido en los recipientes establecidos (1 L, 5 L, etc.), los cuales se embalarán en cajas para su posterior almacenamiento.

2.2.1. Etapas del proceso

El proceso de fabricación de productos de limpieza en la entidad cuenta con las siguientes etapas:

1. Control de las materias primas.
2. Agitación y mezclado de las materias primas.
3. Envasado, tapado y etiquetado.
4. Embalado.

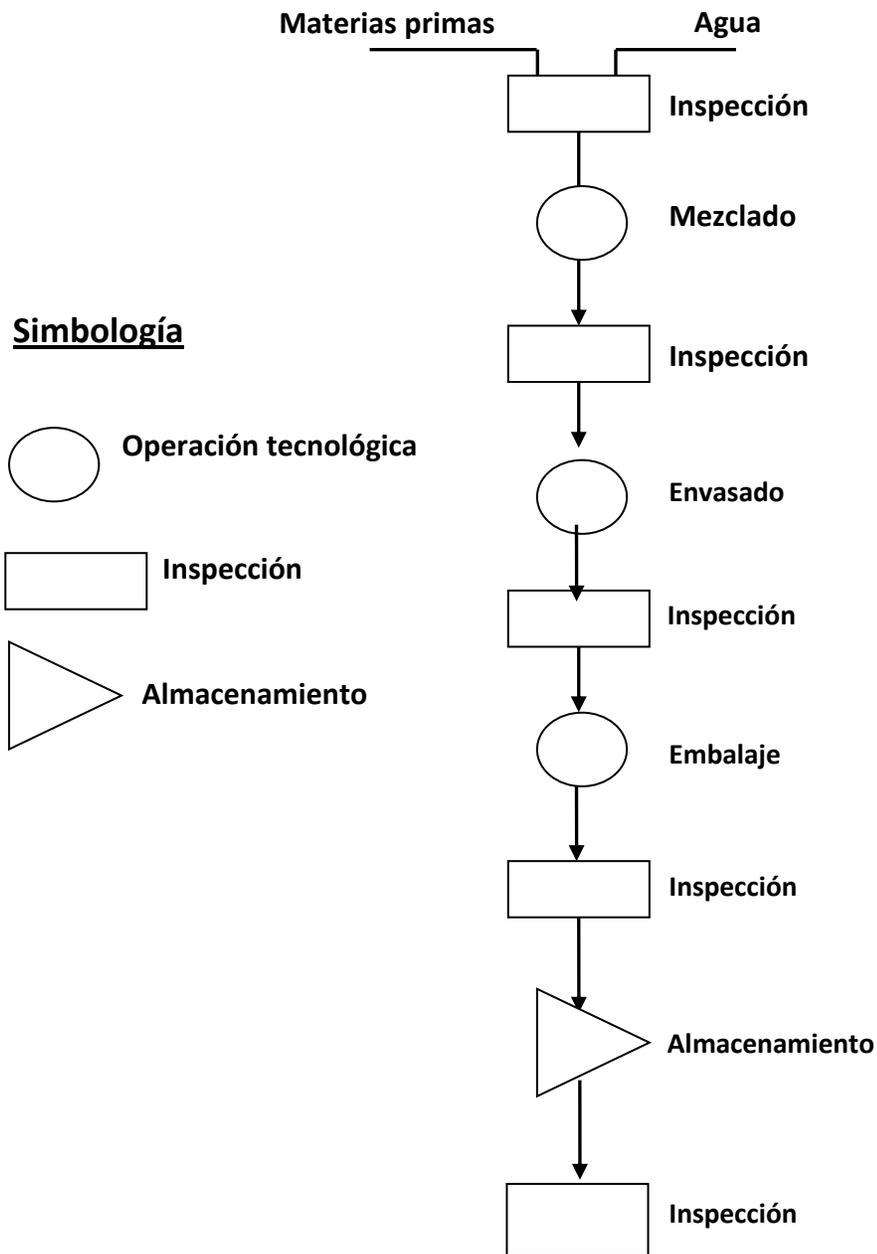


Figura 2.1. Diagrama de operación. **Fuente:** Elaboración propia

2.3. Diseño de la planta

El diseño es un proceso esencialmente creativo. El desarrollo de una planta o de un proceso nuevo a partir de la idea inicial hasta lograr su materialización económicamente factible, es un problema frecuentemente complejo. Sin embargo esta tarea se puede facilitar en cierta medida si el proyecto de diseño se desarrolla de manera sistemática. Rivera (2004), recomienda la siguiente secuencia:

1. Concepción del proyecto.
2. Valoración preliminar económica y de mercado.
3. Obtención y desarrollo de la información para el diseño final.
4. Evaluación Económica.
5. Gestión de compras de materiales y equipos.
6. Construcción y montaje.
7. Puesta en marcha y ensayos iniciales.
8. Producción.

2.3.1. Metodología para el diseño de la planta

La presente investigación constituye una propuesta de diseño para una planta destinada a la fabricación de productos de limpieza, para el diseño de esta se parte primeramente de la localización de la planta la cual posee dos fases fundamentales en la localización como son la macrolocalización y la microlocalización.

La macrolocalización concibe la definición preliminar del lugar en una región del país, es decir, de su ubicación física aproximada en un territorio geográfico dado (González, 2008).

Según este autor para definir la macrolocalización se toman en cuenta los siguientes aspectos o grupos de factores:

1. Materias primas: En este caso se analiza la cercanía a las fuentes de materias primas, fundamentalmente cuando el proceso exige del movimiento de grandes volúmenes. Por tanto, en este aspecto deben considerarse:

- Volúmenes y reservas (disponibilidad).
- Cercanía a las fuentes.
- Costos de adquisición.
- Calidad de la materia prima.
- Tipo de almacenaje.

2. Mercado: Garantizar que el lugar seleccionado facilite la distribución y venta del producto y depende de los Volúmenes a transportar, características propias del producto y el desarrollo de la red utilizable.

- Lugares y centros de distribución.
- Tiempo de embarque.
- Volúmenes de los mercados.

3. Acceso a fuentes de energía y H₂O: Es un factor de gran importancia ya que de ello dependen nuevas inversiones a la adquisición de estos servicios. Por ejemplo si la energía eléctrica es de la red nacional, generada por la fábrica o adquirida de otras fábricas, así como para el caso del agua, la calidad, reservas y suministros. Por tanto, se debe realizar:

- Almacenamiento.
- Fuentes de suministro H₂O.
- Reservas y calidad.

4. Disposición de los residuos y contaminación ambiental: Buscando vías y soluciones de proteger la naturaleza y el hombre, teniendo en cuenta el tipo de residual, su tratamiento, almacenamiento.

De acuerdo con González (2008), la microlocalización es una segunda etapa donde se da la ubicación específica de la planta dentro de la región ya definida y se toman en cuenta una serie de factores que están en concordancia y relación con los anteriores (Macro), como por ejemplo:

- La contaminación ambiental.
- Las materias primas.

No obstante deben analizarse:

- Interrelación técnica con otras industrias.
- Distancia a vías diferentes de abastecimiento y distancia a carreteras.
- Condiciones del requerimiento energético.
- Condiciones del requerimiento de materias primas (transporte).

Una vez definida la localización de la planta, se comienza la confección del proyecto técnico.

González (2008), añade que este no es más que un conjunto de trabajos resumidos en forma de memorias descriptivas, esquemas, planos y listas, en los que se establecen de una forma inicial o preliminar las soluciones de ingeniería de la nueva planta.

Por tanto, este proyecto técnico o anteproyecto define las soluciones tecnológicas del proyecto y constituye la solución de 1er. grado de tipo técnico-económico y arquitectónico de toda la obra.

Concluida la confección del proyecto técnico se procede a la elaboración del proyecto tecnológico; el cual está constituido por el conjunto de cálculos de ingeniería química, esquemas, planos y memorias descriptivas a través de los cuales se definen las soluciones tecnológicas de una planta industrial (González, 2008).

Por tanto, es la parte tecnológica de un documento de inversión y constituye el núcleo central del trabajo

y la base o fundamentos de los proyectos de ingeniería.

Para la elaboración de este proyecto González (2008), recomienda fundamentalmente las siguientes etapas:

1. La determinación del Esquema Tecnológico a utilizar y su descripción completa, parámetros de diseño y diagramas de flujos.
2. Determinación de los Balances de Materiales y Energía.
3. Dimensionamiento tecnológico (diseño) de los equipos.

Una vez que se hayan completado los sistemas establecidos, y como parte del proyecto tecnológico, se procede a resolver unos de los problemas de mayor incidencia en los futuros trabajos de ingeniería, los cuales están relacionados con la confección de la documentación en la cual se precisan las posiciones que físicamente ocuparán los distintos equipos y elementos de la planta industrial, es decir, de la ubicación y distribución de los equipos y accesorios de la planta en las áreas designadas (González, 2008).

Este autor añade que unas de las tareas más complejas en el trabajo de proyecto lo constituye la estructuración espacial de la Planta, que tiene como objetivo central la disposición de las instalaciones de la fábrica, que consiste en la colocación de todos sus componentes en un espacio disponible y la determinación de los recorridos geométricos de los acoplamientos desde los lugares de fijación hasta los equipos

El autor señala que para resolver los problemas de disposición deben quedar establecidos los planos generales del proyecto, los cuales son planos a escala de la planta industrial, donde quedan ubicados los distintos equipos y elementos del proceso.

Estos planos están representados en dos fases o componentes, ellas son :

1. Plan Maestro.
2. Plan Unitario.

El Plan Maestro: es la disposición de las áreas fundamentales de la planta (edificio), de las calles entre plantas, de las vías de acceso de las instalaciones auxiliares, sin profundizar en los contenidos de cada una de las áreas. González (2008), ofrece una visión amplia de la planta en su conjunto, por lo tanto este plan considera:

1. La localización en bloque de las secciones de la planta.
2. Las carreteras, líneas férreas y vías de acceso de los diferentes bloques.
3. No detalla los equipos dentro del bloque.
4. Análisis de las características del terreno para la ubicación de los bloques.

5. Analiza el tipo de proceso y su secuencia.

El Plan Unitario: considera la disposición detallada de cada componente en el área de la planta en cuestión, es decir, de la disposición física del equipamiento, en las áreas designadas (González, 2008).

A su vez agrega que este plan parte de las decisiones tomadas en el Plan Maestro, donde se hace necesario la distribución de cada componente en el área, teniendo en cuenta los problemas de la distribución del flujo y las interrelaciones de los diferentes componentes. Por lo tanto, en el Plan Unitario se consideran:

1. Las secuencias de las operaciones unitarias (posición de los equipos tecnológicos).
2. Necesidades de almacenamiento dentro y entre bloques.
3. Expansiones futuras (áreas libres).
4. Tamaño de los equipos.
5. Condición de elevación de los equipos.

2.3.2. Metodología para el diseño del sistema de agitación y mezclado

Debido a las características de los productos a fabricar (variabilidad y heterogeneidad de sustancias que lo componen), así como de las facilidades económicas de la empresa en cuestión, es conveniente en esta investigación para la selección y diseño del sistema de agitación y mezclado consultar distintas referencias bibliográficas como: Geankoplis(1998), McCabe, Smith, & Harriott (1998), Perry (1988), Rosabal Vega & Garcell Puyans (2010).

Los líquidos se agitan con más frecuencia en tanques o recipientes, generalmente de formas cilíndricas y provistas de un eje vertical. La parte superior del recipiente puede estar abierta al aire o cerrada (McCabe, Smith, & Harriott, 1998).

En nuestro caso la variante que más se ajusta a nuestro proceso es un tanque abierto puesto que facilita la alimentación de las materias primas y la adición del agua así como un fácil acceso para la limpieza del mismo.

McCabe, Smith, & Harriott (1998), señala que el fondo del tanque es redondeado y no plano, con el fin de eliminar los rincones escarpados o regiones en las que no penetrarían las corrientes de fluido.

Considerando que en esta zona el medio ambiente es altamente corrosivo por su cercanía al mar y el medio húmedo al cual estará expuesto el agitador y su conjunto, se define utilizar acero inoxidable del tipo 314 o 316 L, por sus capacidades de resistencia a la corrosión y los ambientes húmedos (McCabe, Smith, & Harriott, 1998).

Este propio autor señala que generalmente lleva incorporados accesorios tales como tubuladuras de entrada y salida, serpentines, encamisados y vainas para termómetros u otros instrumentos de medida de la temperatura.

Para el dimensionamiento del tanque las proporciones de este varían bastante dependiendo de la naturaleza del problema de agitación y la capacidad requerida, es importante destacar que antes de aplicar los métodos de dimensionamiento y en coordinación con los balances de materiales y energía se deben definir las formas operacionales y el tiempo de operación, es decir, realizar una adecuada selección del proceso, donde en una primera definición será establecer si el proceso es continuo o discontinuo, lo cual es importante y puede influir en el número de líneas, tamaño de equipos, etc. (González, 2008).

En nuestro proceso se cumple que una misma línea de producción formada por un conjunto de equipos será usada para la fabricación de diferentes productos y dado que los volúmenes de producción de cada uno de ellos son relativamente pequeños la literatura aconseja un proceso discontinuo.

Para el cálculo de la capacidad de la línea de producción se usarán los siguientes criterios:

- Definir el producto de mayor producción y su cantidad estimada mensual.
- Definir cantidad de días laborables mensualmente.
- Definir el régimen de trabajo de la planta (8hrs/d; 12hrs/d o 24hrs/d).
- Definir el tiempo de agitación, tiempo de carga de las materias primas y descarga del producto final.
- Definir el número de batch necesarios para la producción.

Una vez definida la capacidad requerida se procede al cálculo del diámetro y la altura del tanque en donde hay que tener en cuenta que la altura del líquido debe ser aproximadamente igual al diámetro del tanque entre otros parámetros dimensionales.

Otro de los componentes que conforman el sistema de agitación y mezclado son los agitadores y el diseño de estos es vital para el funcionamiento del sistema de agitación, según las bibliografías consultadas y las características de los productos se seleccionó el agitador de turbinas como el más adecuado. Para diseñar un sistema de agitación ordinario, generalmente se usa este tipo de agitador en el diseño inicial y cuando se procesan líquidos con amplia diversidad de viscosidades. Alcanzan velocidades de 30 a 500 rpm, las paletas pueden ser rectas, curvas, inclinadas o verticales. El número de palas del agitador varía entre 4 y 16, pero generalmente es de 6 u 8. Las corrientes principales son radiales y tangenciales (McCabe, Smith, & Harriott, 1998).

Se planteará la metodología para un agitador de turbina de seis palas planas ya que el comportamiento del fluido que mueve es el más predecible de los agitadores, siendo el de hojas curvas para materiales fibrosos y el de hojas inclinadas para sólidos en suspensión. En este tipo de agitadores predominan los flujos radiales y tangenciales los cuales inducen a la formación de vórtices y remolinos, que deben ser destruidos por placas deflectoras o por un anillo difusor, por lo que se instalarán cuatro placas deflectoras para evitar la formación de los mismos (McCabe, Smith, & Harriott, 1998).

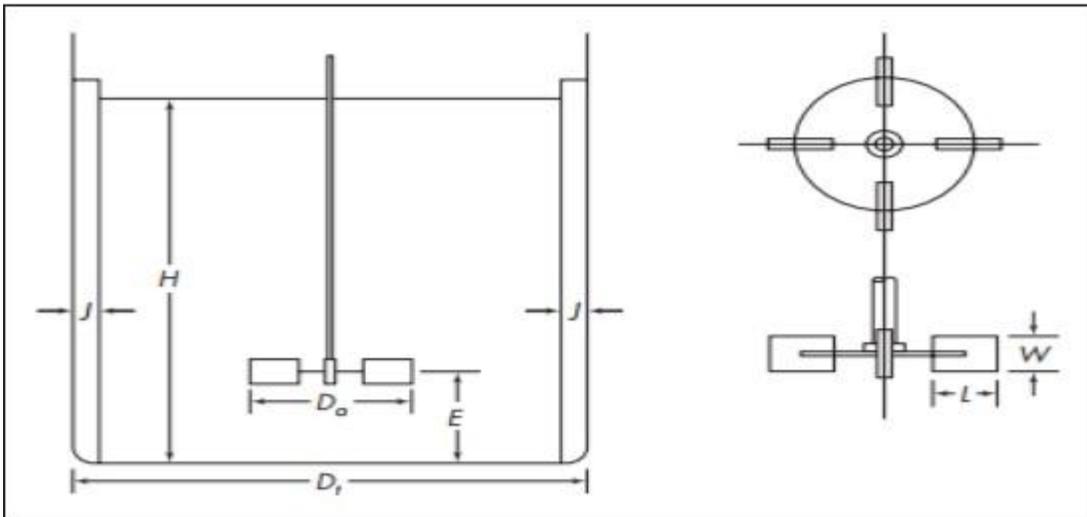


Figura 2.2. Medidas de un agitador de turbinas. **Fuente:** McCabe, Smith, & Harriott (1988)

1- Cálculo de las dimensiones de las palas del agitador.

$$\frac{D_a}{D_t} = \frac{1}{3} \qquad \frac{E}{D_a} = 1 \qquad \frac{W}{D_a} = \frac{1}{5} \qquad \text{página 251 McCabe}$$

$$\frac{L}{D_a} = \frac{1}{4} \qquad \frac{H}{D_t} = 1 \qquad \frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}$$

Donde:

- D_a = Diámetro de agitador
- D_t = Diámetro del tanque de mezclado
- E = Distancia del eje del agitador al fondo del tanque
- W = Altura de palas
- L = Ancho de palas

- J = Ancho de las placas deflectoras
- H = Altura del líquido dentro del tanque

2- Eje agitador.

Para hallar la potencia del eje agitador, se debe conocer la velocidad del agitador, el número de Reynolds (N_{Re}), número de potencia (N_p) y el número de Froude (N_{Fr}).

1. Velocidad del eje agitador: Para hallar la velocidad del eje agitador se toman las ecuaciones de conceptos aplicados de agitación.

$$Vm = \frac{Qp}{\frac{\pi}{4} * Dt^2}$$

$$Vf = \frac{Qp}{\frac{\pi}{4} * Da^2}$$

Donde:

- V_m = velocidad media del fluido
- Q_p = caudal propio del fluido
- D_t = diámetro del tanque mezclador
- V_f = velocidad de flujo
- D_a = diámetro del agitador

Para efectos de diseño se toma la velocidad media de 1 m/s, y según la figura 9.12 página 256 del McCabe, Smith, & Harriott (1998), se toma un factor de velocidad que se multiplica a la velocidad media, este factor es una constante tomada del diagrama de velocidades para un agitador tipo turbina.

Se establece la velocidad angular mediante la ecuación:

$$Vf = w * \left(\frac{Da}{2}\right)$$

Donde:

- V_f = velocidad del fluido
- w = velocidad angular
- D_a = diámetro del eje agitador

Entonces:

$$w = \frac{Vf}{\left(\frac{Da}{2}\right)}$$

2. Número de Reynolds: Permite caracterizar el movimiento del fluido.

$$NRe = \frac{w * Da^2 * \rho}{\mu} \quad \text{Ecuación 9.14 McCabe}$$

El valor del número de Reynolds define si el carácter del fluido es turbulento o laminar. Además, se considera que el paso entre el régimen laminar y el turbulento no es inmediato, pasando por una zona de transición. Se define de la siguiente manera:

Régimen laminar: $Re < 10$

Régimen transitorio: $300 < Re < 10000$

Régimen turbulento: $Re > 10000$

3. Número de Froude: Relaciona el efecto de las fuerzas de inercia con las fuerzas de gravedad las cuales actúan sobre un fluido.

$$NFr = \frac{w^2 * Da}{g} \quad \text{Ecuación 9.14 McCabe}$$

4. Número de potencia: El número de Potencia es proporcional a la relación entre la fuerza de rozamiento que actúa sobre una unidad de área del impulsor y la fuerza de inercia.

$$Np = \frac{P}{w^3 * Da^5 * \rho} \quad \text{Ecuación 9.14 McCabe}$$

Se puede hallar interceptando el número de Reynolds con las curvas de las gráficas de la figura 9.13 o 9.14 del McCabe, Smith, & Harriott (1998), en dependencia de la cantidad de palas que tenga el agitador y si cuenta o no con placas deflectoras.

5. Potencia del eje agitador

$$P = Np * w^3 * Da^5 * \rho \quad \text{Ecuación 9.18 McCabe}$$

Consumo de potencia para $Re < 300$ con o sin placas deflectoras.

Para este caso con $Re < 300$, las líneas de N_p v/s Re coinciden para un estanque con o sin placas deflectoras. En este intervalo el flujo es laminar y la densidad no influye. La ecuación de potencia queda de la siguiente manera:

$$P = K_l * w^2 * Da^3 * \mu \quad \text{Ecuación 9.20 McCabe}$$

Consumo de potencia para $Re > 10.000$ con placas deflectoras.

En este caso el N_p es independiente del Re y la viscosidad no influye. En este intervalo el flujo es turbulento. La potencia puede estimarse a partir del producto del flujo generado por el impulsor y la energía cinética por unidad de volumen del fluido.

$$P = K_t * w^3 * Da^5 * \rho \quad \text{Ecuación 9.22 McCabe}$$

Los valores de K_L y K_T se pueden encontrar en la Tabla 9.2 página 262 del (McCabe, Smith, & Harriott, 1998).

- Potencia de arranque: La potencia al arranque que se consume está entre 2 y 3 veces la del agitador en su trabajo normal. Es por ello que al valor de P obtenido anteriormente hay que multiplicarlo por este factor.

$$P_a = (2 - 3)P$$

- Potencia a instalar: Para calcular la potencia del motor hay que tener en cuenta la eficiencia del motor-transmisión cuyos valores están, en muchos casos, entre 90-95%, además hay que dejar una reserva de potencia de alrededor de un 20% para evitar situaciones anormales en la operación.

$$P_i = \frac{1,2}{(0,9 - 0,95)} P_a$$

2.3.3. Metodología para el cálculo del sistema de bombeo

La metodología a seguir para el cálculo del sistema de bombeo se tomará del Rosabal Vega & Garcell Puyans, (2010).

- Cálculo del diámetro de la tubería y velocidad del fluido

Succión

1- Definir un valor de velocidad establecido para la tubería de succión basándose en el texto del Mott (2006), pág. 164.

2- Calcular el área:

$$v = \frac{Q}{A} \quad \text{Ecuación 2.3}$$

3- En la tabla F.1 del Mott (2006), se buscará el área más próxima a la calculada y se determinará el diámetro que le corresponde.

4- Con el área real estandarizada calcular la velocidad real por la Ecuación 2.3.

5- Verificar que la velocidad real del fluido se encuentre dentro del rango permisible para el tramo de succión.

Descarga

Seguir el mismo procedimiento que el descrito para la tubería de succión y verificar que la velocidad real del fluido se encuentre cerca del valor permisible para el tramo de descarga.

2. Balance de energía mecánica

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 + H_{\text{sist.}} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 + \sum_1^2 hf \text{ total}$$

1- Determinar v_1 , v_2 , P_1 y P_2 , y/o ver cuáles de estos factores se pueden simplificar para hacer más fáciles los cálculos.

2- Buscar datos de densidad y viscosidad del fluido a trasegar, en función de la temperatura y la presión, en las tablas o nomogramas.

$\sum_1^2 hf \text{ total}$: son las pérdidas totales en todo el sistema, estas pérdidas se calculan para la succión y para la descarga y a su vez se dividen en pérdidas en tramos rectos y pérdidas en accesorios. El diámetro de la tubería tiene gran influencia en las pérdidas del sistema, aunque en los tramos rectos también influye la longitud de la tubería, mientras más larga sea la tubería mayor serán las pérdidas en esa sección. Los accesorios son muy importantes en los sistemas de tuberías y prescindir de ellos haría el diseño de instalaciones muy difícil, si bien son necesarios, los accesorios no se deben colocar de forma aleatoria o sin ninguna función ya que cada uno por separado genera pérdidas que luego se suman para obtener el

total de pérdidas en los accesorios. Una buena elección del material de las tuberías además de su diámetro y la correcta colocación de los accesorios evita pérdidas innecesarias.

3. Cálculo del número de Reynolds

El número de Reynolds (Re) es un valor adimensional que depende de la densidad, la velocidad y la viscosidad del fluido además del diámetro de la tubería. Este valor define el régimen del flujo en tuberías, laminar o turbulento.

$$Re = \frac{Vd}{\nu} = \frac{\rho Vd}{\mu}$$

Se determina el número de Reynolds para la succión y para la descarga, así como el régimen de flujo correspondiente en cada caso, comparándolos con los rangos establecidos en Rosabal Vega & Garcell Puyans, (2010).

4. Pérdidas del sistema para la succión y la descarga

1- Calcular las pérdidas del depósito a la bomba (succión):

$$\sum hf = \sum hf \text{ tramo recto} + \sum hf \text{ accesorios}$$

Tramo recto:

$$\sum hf \text{ tramo recto} = \frac{fLV^2}{2dg} \quad \text{Ecuación 3.19}$$

Donde f es el coeficiente de fricción de la tubería que depende de la rugosidad relativa, la cual es función del material con el que esta se haya fabricado y del número de Reynolds. Con estos dos valores el valor de f se puede obtener del diagrama de Moody.

Accesorios:

$$\sum hf \text{ accesorios} = \sum K \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ecuación 3.35}$$

Donde K es el coeficiente de fricción local y depende del accesorio que se instalen en el sistema de tuberías.

2- Calcular las pérdidas de la bomba al depósito (descarga), para esto se sigue el mismo proceder que para la tubería de succión.

5-Cálculo del NPSH

$$\text{NPSH}_{\text{Disp}} = S + (P_s - P_v) - (h_{fs} + h_i)$$

S = Carga estática en la succión (m)

P_s = Presión en la superficie del líquido

h_{fs} = Pérdidas en la tubería de succión

h_i = Pérdida a la salida del tanque

Determinación de la velocidad específica

$$n_s = \frac{n\sqrt{Q}}{H_b^{\frac{3}{4}}}$$

En dependencia del valor n_s calculado consultar figura 17.31 pág. 242 del Karassik & Carter (1968) y ver tipos de bombas que se recomiendan utilizar.

6-Cálculo de la potencia al freno de la bomba Según Karassik & Carter (1968).

Eficiencia=70% según criterios de Karassik & Carter (1968).

$$P(\text{kW}) = \frac{Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) * H(\text{m})}{\text{Eficiencia}(\%)}$$

2.4. Selección de los indicadores económicos

Una vez diseñada la planta, se efectuara el análisis económico de la misma, sobre la base del cálculo del costo de inversión, el costo de producción, la ganancia y los indicadores de rentabilidad.

Para el estimado del costo total de inversión, primeramente se debe determinar el costo actual de los equipos:

$$\text{CA} = \text{CO} * \left(\frac{IA}{IO} \right)$$

Donde:

CA: Costo Actual de los equipos.

CO: Costo Original de los equipos

IA: Índice Actual de los equipos

IO: Índice Original de los equipos (Peter 109,1) IO IA COCA *

Para la determinación del costo de equipamiento se confeccionara una tabla con los siguientes parámetros:

Tabla 2.4.1 Tabla de costos.

Equipos	Costo (CUC)	Año	No de equipos	Costo actual (CUC)	Material
Agitador					
Tanque de mezclado					
Bomba					
Total					

Fuente: Elaboración propia

Costo total de inversión

Se utiliza la Tabla 17 del libro de texto Peters & Timmershaus (1991), donde con el Costo total actual de equipamiento se obtendrán los costos directos, costos indirectos y la inversión de trabajo.

Se procede a calcular el costo total de inversión:

$$\text{Costo total de Inv} = \text{Inversión Fija} + \text{Inversión de Trabajo}$$

$$\text{Inversión Fija} = \text{Costos directos} + \text{Costos indirectos}$$

Costo total de producción

Para la estimación del costo total de producción se utilizaran los factores de proporción y las ecuaciones correspondientes que se encuentran en la tabla 27 del Peters & Timmershaus (1991);Ulrich (1985).

$$\text{Costo total de Producción} = \text{Costo de fabricación (CF)} + \text{Gastos generales (GG)}$$

$CF = \text{Costos directos} + \text{Cargos fijos} + \text{Costos Indirectos}$

$GG = \text{Distribución y venta} + \text{Admón} + \text{Investigación y desarrollo}$

$$\text{Depreciación} = \frac{CFI - Vr}{Vd}$$

Para determinar los costos totales de la materia prima se utilizara la siguiente tabla:

Tabla 2.4.2 Precios de la materia prima neta para cada producto a elaborar.

Productos	Cantidad estimada mensual de productos terminados (L)	Precio de materia prima neta (CUC/L)	Importe mensual (CUC)	Importe anual (CUC)
Antitabaco	6260	2,21	13834,6	166015,2
Master	1640	2,03	3329,2	39950,4
Opera	5240	2,16	11318,4	135820,8
Servolor 2	2080	2,05	4264	51168
Xerona	3260	1,66	5411,6	64939,2
Amoniacal Landys	4500	1,83	8235	98820
Tensogel	2430	1,56	3790,8	45489,6
Tensogel Hidroalcohólico	770	1,98	1524,6	18295,2
Scalite desincrustante	3536	1,87	6612,32	79347,84
Samba Window	1356	1,61	2183,16	26197,92
Limpiador Findex	2810	1,56	4383,6	52603,2
Tresynol	5100	1,45	7395	88740

Tresynol de planchas	2020	1,81	3656,2	43874,4
Tresyplus	1020	1,60	1632	19584
Solten	4390	1,57	6892,3	82707,6
				1013553,4

Fuente: EQUIFA (2020)

La estimación de los costos de producción se efectúa con la utilización de la siguiente tabla:

Tabla 2.4.3. Estimación de los costos de producción.

Costo total de Producción		
Estimación de los Costos Directos		
Componentes	%	Costo (CUC)
Materia prima	----	
Mano de obra	10 % CTP	----
Supervisión	1 % CTP	----
Requerimientos	1 % CTP	----
Mantenimiento y reparación	2 % CFI	
Suministro	0,5 % CFI	
CD = # + # CTP		
Estimación de Cargos Fijos		
Componentes	%	Costo (CUC)
Depreciación		
Impuestos	1 % CFI	

Seguros	0,4 % CFI	
Cf = #		
Estimación de los Costos Indirectos		
Costos indirectos	5% CTP	----
CI = # CTP		
Gastos Generales		
Componentes	%	
Administrativos	0,5 % CTP	
Distribución y ventas	1 % CTP	
Investigación y desarrollo	0,5 % CTP	
GG = # CTP		

Fuente: Peters & Timmershaus (1991)

Teniendo en cuenta la ecuación expuesta anteriormente del CF y con las ecuaciones resultantes de la tabla anterior se obtiene una ecuación de CF en función de CTP

Cálculo de la ganancia

Tabla 2.4.4. Precios salida de fábrica de los productos profesionales para higiene y limpieza.

Productos	Cantidad mensual (L)	estimada	Precio CUC/L
Ambientador antitabaco	6260		3,29
Ambientador master	1640		3,05
Ambientador opera	5240		3,14
Ambientador higienizador servolor 2	2080		3,05
Xerona	3260		1,68
Limpiador amoniacal landys	4500		1,56

Gel lavamanos tensogel	2430	4,50
Tensogel hidroalcohólico	770	1,70
Limpiador scalite desincrunstante	3536	1,65
Limpiacristales samba	1356	1,62
Limpiador findex	2810	2,11
Desengrasante general en frio tresynol	5100	1,89
Desengrasante en caliente tresynol planchas	2020	1,60
Desengrasante para hornos y planchas tresyplus	1020	1,85
Lavavajilla concentrado solten	4390	1,74

Fuente: EQUIFA (2020)

Mediante la tabla anterior se estima el ingreso total de la planta por lo que podemos proceder al cálculo de la ganancia por la siguiente ecuación

$$G = \text{Ingreso total} - \text{CTP}$$

Una vez concluido el análisis económico se procede a la determinación de los indicadores dinámicos de rentabilidad.

Los criterios de evaluación que se aplican con más frecuencia por los analistas de proyectos consisten en comparar precisamente los flujos de ingresos con los flujos de costos y los mismos se clasifican en dos categorías generales que son las técnicas para el análisis de la rentabilidad de la inversión (con y sin financiamiento) y las técnicas para el análisis financiero. A la primera categoría pertenecen los métodos actualizados como el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR) y a la segunda los análisis de liquidez.

El VAN se define como el valor actualizado del flujo de ingresos netos obtenidos durante la vida útil económica del proyecto a partir de la determinación por año de las entradas y salidas de divisas en efectivo, desde que se incurre en el primer gasto de inversión durante el proceso inversionista hasta que concluyen los años de operación o funcionamiento de la inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto.

Tabla 2.4.5 Interpretación del valor del VAN.

Valor	Significado	Decisión a tomar
$VAN > 0$	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto puede aceptarse
$VAN < 0$	La inversión produciría ganancias por debajo de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto debería rechazarse
$VAN = 0$	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas	Dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida (r), la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores.

Fuente: Peters & Timmershaus (1991)

Otro de los indicadores utilizados es la (TIR) tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad de una inversión, representa la rentabilidad general del proyecto y expresa por tanto la tasa de rendimiento de la Inversión a realizar. Diversos autores la conceptualizan como la tasa de interés (o la tasa de descuento) con la cual el valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN) es igual a cero.

La (TIR) mide el número de años que transcurrirán desde la puesta en explotación de la inversión, para recuperar el capital invertido en el proyecto mediante las utilidades netas del mismo, considerando además la depreciación y los gastos financieros. En otros términos, se dice que es el período que media entre el inicio de la explotación hasta que se obtiene el primer saldo positivo o período de tiempo de recuperación de una inversión. Es un indicador que muestra la rentabilidad de un proyecto: a mayor TIR, mayor rentabilidad, el criterio general para saber si es conveniente realizar un proyecto es el siguiente:

- Si $TIR > R$: Se aceptará el proyecto. La razón es que el proyecto da una rentabilidad mayor que la rentabilidad mínima requerida (el costo de oportunidad).
- Si $TIR < R$: Se rechazará el proyecto. La razón es que el proyecto da una rentabilidad menor que la rentabilidad mínima requerida.

R: costo de oportunidad.

Algunos autores recomiendan calcular la relación entre el valor neto actualizado (VAN) y el costo de la inversión actualizado que representa la tasa de rendimiento actualizado del proyecto y se identifica con las siglas RVAN.

Entre las diversas variantes posibles, conviene escoger la que ofrezca la RVAN más alta, o sea una relación mayor entre los ingresos netos actualizados y la inversión requerida para obtenerlos, el RVAN o Índice de rentabilidad o Razón Beneficio - Costo es la relación del VAN/ Valor de la inversión, expresa cuanto se obtiene por cada peso invertido en el período analizado, y es una de los principales indicadores para la toma de decisiones inversionistas.

Se puede concluir que generalmente en criterios de diseño y específicamente para los objetivos de este trabajo, conviene calcular el VAN, la RVAN, la TIR, y el resto sólo como información adicional cuando se requiera.

Conclusiones Parciales del Capítulo II:

- Para la base de los cálculos se tomó la relación de productos a fabricar y las cantidades mensuales de cada uno; información que nos fue suministrada por EQUIFA (2020).
- Por las características del proceso se decide trabajar a batch, o sea un proceso de operación discontinua, empleando los mismos equipos para la fabricación de todos los productos; operando, separadamente, las diferentes producciones. Debe fabricarse el pedido mensual de cada producto de una vez y seguidamente limpiar el sistema, preparándolo para la fabricación del siguiente producto que se vaya a producir.
- Se seguirán las siguientes metodologías para el cálculo:
 - Criterios generales de diseño según González (2008).
 - Cálculo del sistema de bombeo según Rosabal Vega & Garcell Puyans (2010).
 - Cálculo del $NPSH_{disponible}$ según Karassik & Carter (1968).
 - Cálculo del $NPSH_{requerido}$ según criterio del Perry (1988).
 - Cálculos económicos y de factibilidad según Peters & Timmershaus (1991).

Capítulo III



CAPÍTULO III. Análisis de los resultados

Una vez realizada la fundamentación teórica y descritos los métodos a asumir para dar respuesta a los objetivos trazados, corresponde el análisis y discusión de los resultados logrados, buscando una alternativa que satisfaga la necesidad de la empresa solicitante del estudio.

3.1 Localización de la planta

La presente investigación constituye una propuesta de diseño para una planta destinada a la fabricación de productos de limpieza, para el diseño de esta se parte primeramente de la localización de la planta la cual posee dos fases fundamentales: la macrolocalización y la microlocalización.

Para ambas fases se tomarán en cuenta una serie de aspectos o grupos de factores tales como:

- 1-Materias primas: se emplearán las mismas fuentes de materias primas de la planta actual.
- 2-Mercado: se empleará la misma estructura de mercado de la planta actual.
- 3-Acceso a fuentes de energía y H₂O: la nueva planta se microlocalizará al lado de la planta ya existente para aprovechar sus facilidades auxiliares.
- 4-Disposición de los residuos y contaminación ambiental: los residuos de esta planta serán enviados a una planta de tratamiento de residuales cuyo diseño será objeto de estudio en una investigación posterior.

Teniendo en cuenta esta serie de aspectos la nueva planta estará macrolocalizada dentro del área de la Empresa Química de Cienfuegos (EQUIFA), y se microlocalizará aprovechando un terreno disponible al lado de la planta de productos de limpieza existente, cuyas dimensiones son 14m x 12m.

La nueva planta utilizará los sistemas auxiliares de la planta existente (agua y electricidad).

3.2 Proyecto Técnico

Una vez definida la localización de la planta, se comienza la confección del proyecto técnico.

Para el diseño de las instalaciones de la nueva planta deben considerarse factores muy importantes como el material del piso, la iluminación y la ventilación con el objetivo de que los espacios sean distribuidos de forma óptima, que las condiciones en que las personas realizan las actividades sean apropiadas y puedan desempeñar sus labores de una manera eficiente.

-Piso

Esta planta constará de 2 niveles de operación, en el primer nivel se encontrará la línea de envasado y el segundo nivel será la plataforma de operación donde se ubicarán los equipos y se efectuará toda la operación de la planta.

1er nivel:

Para el primer nivel se propone como material el cemento para la construcción de la losa que conformará el piso, el cual es apropiado para evitar algún tipo de accidente, es antideslizante y fácil de lavar.

Para desempeñar las actividades que se realizarán en la línea de envasado este material es el adecuado según las siguientes características:

-Resistente

-Antideslizante

-Fácil de lavar

Este nivel constará con las respectivas instalaciones de desagües, ubicadas en las partes laterales con la suficiente inclinación para drenar el agua hacia los costados y evitar de esta manera agua empozada dentro las instalaciones.

2do nivel:

Estará constituido por una plataforma de operación construida de vigas de acero y chapas antirresbalante de dicho material. Estará a una elevación de 4 metros con respecto al primer nivel. A esta plataforma se le incluyen tanto los espacios de operación como un área de recepción de las materias primas en la cual se van a depositar los recipientes de los diferentes materiales que se vayan a utilizar en cada una de las formulaciones.

-Ventilación

Considerada como uno de los factores más importantes para el buen desempeño de las actividades, es de gran ayuda para las renovaciones periódicas de aire dentro de las instalaciones, en el diseño del edificio se situarán ventanales en la parte frontal que serán apropiados para las personas que se encuentren realizando actividades dentro de la planta en la elaboración de los productos, debido a que mejorará la circulación de aire dentro de la instalación proporcionando un ambiente apropiado y agradable para el trabajador.

El uso del recurso natural minimiza gastos de energía eléctrica, evitando el uso de algún dispositivo que tenga que extraer el aire que se encuentra dentro de las instalaciones, renovándolo por aire fresco del exterior.

-Iluminación

La importancia de una buena iluminación para cualquier actividad que se realiza es evitar el cansancio físico aunque las actividades no sean tan minuciosas o delicadas como otras lo ameritan, el esfuerzo que se realiza sin la iluminación apropiada es desgastante y puede provocar que se vuelva ineficiente o imprecisa, es un factor clave para implementar una planta que brinde la comodidad para desempeñar las actividades en la elaboración de los productos de limpieza, por la ubicación de la planta se tendrá la ventaja de obtener la mayor cantidad de iluminación natural por medio de los ventanales frontales que tendrá el edificio.

El beneficio de la iluminación natural se aprovecha para las bodegas de producto terminado, materia prima y control de calidad, obteniendo la iluminación por medio de ventanas, debido a que la mayoría de las actividades se realiza en jornada diurna, queda como medida de precaución la instalación de luminarias conformadas por leds para eventos especiales y que se pueda iluminar apropiadamente cuando la iluminación natural no sea suficiente.

En el esquema general de la planta la zona de producción debe situarse en un extremo de la planta y de ser posible debe tener una entrada de materias primas a un lado. En otro lado debería estar el almacenamiento de esas materias primas. Una vez se fabrique el producto debería de pasar a una zona de almacenado que debería tener una zona de expedición (salida de producto terminado).

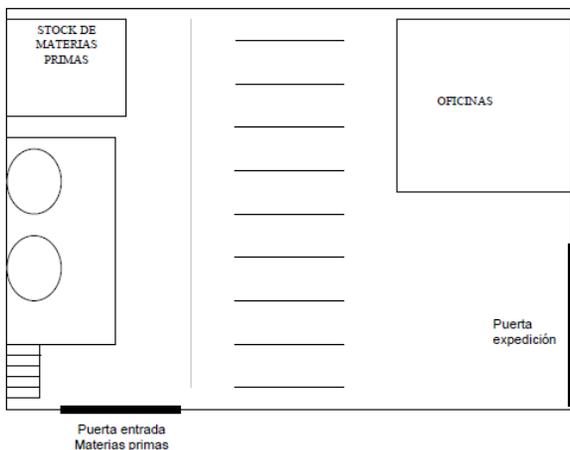


Figura 3.1. Esquema general de la planta. **Fuente:** EQUIFA (2020)

3.3 Proyecto Tecnológico

Concluida la confección del proyecto técnico se procede a la elaboración del proyecto tecnológico.

Equipamiento:

- Tanque de almacenamiento de agua
- Tanques de agitación
- Campanas de extracción de vapores
- Agitadores
- Bomba de agua

3.3.1 Dimensionamiento tecnológico del sistema de agitación y mezclado

-Tanque de almacenamiento de agua

Se propone 1 tanque con una capacidad de 8 000L de acero al carbono para el almacenamiento del agua, el cual será llenado 1 vez por semana, proporcionando la cantidad de agua suficiente que requiere nuestro proceso, ver detalles en el [Anexo 3](#).

-Tanques de agitación

Se proponen 2 tanques de acero inoxidable del tipo 314 o 316 por sus capacidades de resistencia a la corrosión y los ambientes húmedos según criterios de diseño del McCabe, Smith, & Harriott (1998), la parte superior de estos estará abierta puesto que facilitará la alimentación de las materias primas y la adición del agua así como un fácil acceso para la limpieza de los mismos.

Datos técnicos:

- Capacidad total aproximada..... ,3 000 litros.
- Diámetro....., 1,50 metros.
- Altura del cilindro....., 1,50metros.
- Altura total aproximada....., 2,40metros.
- Fondo cónico con 20° de inclinación.

Para el diseño de estos tanques se tuvo en cuenta la propuesta planteada por Vijusa para el dimensionamiento de los mismos se tuvieron criterios de diseño del McCabe, Smith, & Harriott (1998) y se realizó un análisis del ciclo de fabricación del Antitabaco, siendo este el producto que más demanda tiene para la planta.

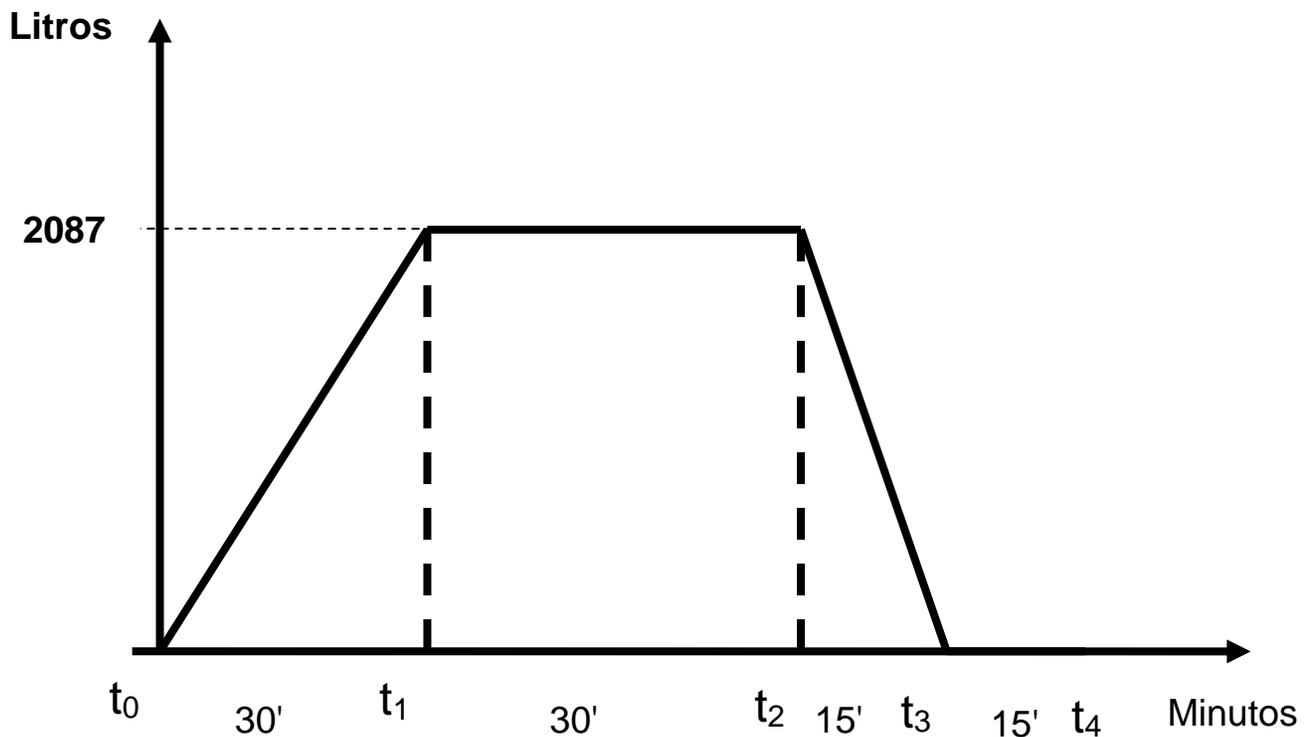


Figura 3.2. Ciclo propuesto para la fabricación del Antitabaco. **Fuente:** Elaboración propia

Tiempos del ciclo:

$t_0 - t_1$ = Tiempo de carga de los productos (30 minutos)

$t_1 - t_2$ = Tiempo de agitación (30 minutos)

$t_2 - t_3$ = Tiempo de descarga (15 minutos)

$t_3 - t_4$ = Tiempo de espera (15 minutos)

TOTAL = 90 minutos

-Campanas de extracción de vapores

Se proponen 2 campanas de extracción de vapores, cada campana constará de una boca de extracción la cual será un cuadrado de 2,5 m de lado para cubrir completamente la salida de vapores de los tanques

de mezclado. El resto de las dimensiones de la campana serán ajustadas por la empresa que las proyectará.



Figura 3.3. Campana de extracción de vapores instalada a un tanque de mezclado. **Fuente:** EQUIFA (2020)

-Agitadores

Palas de agitación

Según las dimensiones del tanque de agitación se realizaron los cálculos de las palas del agitador que va a realizar el mezclado.

Dimensiones tanque de agitación

- diámetro: 1,5 m
- altura: 2,4 m

Ecuaciones de diseño de palas tipo turbina:

$$\frac{Da}{Dt} = \frac{1}{3}$$

$$Da = 0,5 \text{ m}$$

$$\frac{H}{Dt} = 1$$

$$H = 1,5 \text{ m}$$

$$\frac{E}{Da} = 1$$

$$E = 0,5 \text{ m}$$

$$\frac{W}{Da} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{L}{Da} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{J}{Dt} = \frac{1}{12}$$

$$W=0,1 \text{ m}$$

$$L=0,125 \text{ m}$$

$$J=0,125 \text{ m}$$

Considerando el medio húmedo al cual estará expuesto el agitador y su conjunto, se define utilizar acero inoxidable del tipo 314 o 316 L, para todos los componentes del agitador que se encuentren en el interior del tanque, por sus capacidades de resistencia a la corrosión y los ambientes húmedos.

Eje agitador

Para hallar la potencia del eje agitador, se debe conocer la velocidad del agitador, el número de Reynolds (N_{Re}), número de Froude (N_{Fr}) y el número de potencia (N_p).

Velocidad del eje agitador:

Para hallar la velocidad del eje agitador se toman las ecuaciones de conceptos aplicados de agitación.

$$Vm = \frac{Qp}{\frac{\pi}{4} * Dt^2}$$

$$Vf = \frac{Qp}{\frac{\pi}{4} * Da^2}$$

Para efectos de diseño se toma la velocidad media de 1 m/s, y según la figura 9.12 página 256 del McCabe, Smith, & Harriott (1998), se toma un factor de 0,7 ya que la velocidad media se produce en la esquina inferior de las palas de agitación, dicho esto se procede hallar el Qp.

Entonces:

$$Qp = \frac{\pi}{4} * Vm * Dt^2$$

$$Vf = \frac{Qp}{\frac{\pi}{4} * Da^2}$$

$$Qp = \frac{\pi}{4} * \frac{0,7 \text{ m}}{\text{s}} * (1,5 \text{ m})^2$$

$$Vf = \frac{1,236 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{\pi}{4} * (0,5 \text{ m})^2}$$

$$Qp = 1,236 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Vf = 6,298 \text{ m/s}$$

Se establece la velocidad angular mediante la ecuación:

$$Vf = w * \left(\frac{Da}{2}\right)$$

Entonces:

$$w = \frac{6,298m/s}{0,25 m}$$

$$w = 25,192 \frac{rad}{s} * \frac{60}{2\pi}$$

$$w = 240,688 rpm = 4 rps$$

El valor de velocidad obtenido corresponde con el establecido para este tipo de agitadores según McCabe, Smith, & Harriott (1998).

Número de Reynolds

$$NRe = \frac{w * Da^2 * \rho}{\mu}$$

$$NRe = \frac{4 rps * (0,5 m)^2 * \rho(kg/m^3)}{\mu (kg/ms)}$$

Tabla 3.1. NRe en dependencia de densidad y viscosidad.

<i>Producto</i>	ρ	μ	<i>NRe</i>
Solten	1020	0,9	1133,33
Tensogel	1020	5	204
	1020	15	68
Tensogel hidroalcohólico	1020	4	255
	1020	10	102

Fuente: Elaboración propia

Potencia del eje agitador

Para $Re < 300$ y tanque con placas deflectoras la potencia está dada por la ecuación:

$$P = Kl * w^2 * Da^3 * \mu$$

Tabla 3.2. Constantes K_L y K_T para el cálculo de potencia.

Tipo de impulsor	K_L	K_T
Hélice paso cuadrado, tres palas	41,0	0,32
Hélice paso de 2, tres palas	43,5	1,00
Turbina, seis palas planas	71,0	6,30
Turbina, seis palas curvas	70,0	4,80
Turbina de ventilador, seis palas	70,0	1,65
Turbina dos palas planas	36,5	1,70
Turbina cerrada, seis palas curvas	97,2	1,08

Fuente: McCabe, Smith, & Harriott (1998)

$$P = 71 * (4 \text{ rps})^2 * (0,5 \text{ m})^3 * \mu \text{ (kg/ms)}$$

En el caso del Solten la potencia se halla mediante la ecuación:

$$P = N_p * w^3 * D a^5 * \rho$$

Para hallar el N_p utilizamos el gráfico de la figura 9.13 página 259 McCabe, Smith, & Harriott (1998), [Anexo 2](#), para eje tipo turbina de 6 palas, interceptando el NRe con la curva C perteneciente a 4 placas deflectoras, obtenemos: $N_p=1,4$

Entonces:

$$P = 1,4 * (4 \text{ rps})^3 * (0,5 \text{ m})^5 * 1020 \text{ kg/m}^3$$

Tabla 3.3. Potencia en dependencia de la viscosidad.

Producto	μ	P (W)	P_a (W)	P_i (W)
Solten	-	2856	7140	9212,9

Tensogel	5	710	1775	2290,32
	15	2130	5325	6870,97
Tensogel hidroalcohólico	4	568	1420	1832,26
	10	1420	3550	4580,64

Fuente: Elaboración propia

Debe tenerse en cuenta a la hora de instalarse los agitadores, que la rotación de estos debe ser en sentido contrario a las manecillas del reloj, para lograr un alto grado de dispersión entre los componentes de la mezcla, ya que en el Hemisferio Norte las líneas de inducción del campo magnético giran en el mismo sentido de las manecillas del reloj y de hacerse de modo contrario se generaría un acomodo de los fluidos logrando reducir los procesos de dispersión y por ende se mezclada.

Para la correcta medición de las materias primas a la hora de ser añadidas a los tanques mezcladores, se elaboró una tabla aforada, que se colocará por fuera del recipiente para evitar el deterioro de la escala mediante la operación de los procesos, y así poder controlar los volúmenes de mezcla, aprovechando la ley de los vasos comunicantes, esto simplificará el proceso y reducirá los costos por la no necesidad de mecanismos de alto valor comercial y además de susceptible desperfecto mecánico o roturas.

Tabla 3.4. Tabla aforada.

V (m ³)	h (m)
0,37	0,3
0,75	0,6
1,12	0,9
1,5	1,2
1,87	1,5
2,25	1,8
2,62	2,1
3	2,4

Fuente: Elaboración propia

Se proponen 2 agitadores de turbina de seis palas planas con todos los parámetros y características técnicas antes calculadas.

3.3.2 Cálculo del sistema de bombeo

En la siguiente figura se muestra el esquema preliminar del sistema de tuberías, donde se aprecian los accesorios utilizados, así como las distancias entre el tanque de agua y los tanques mezcladores. Se

asumió la alimentación a dichos tanques, por encima, para aprovechar la caída de los líquidos en el proceso de mezclado y evitar que una alimentación por debajo generara interfaces por la diferencia de densidad de dichos productos.

ESQUEMA DE INSTALACIÓN DEL AGUA

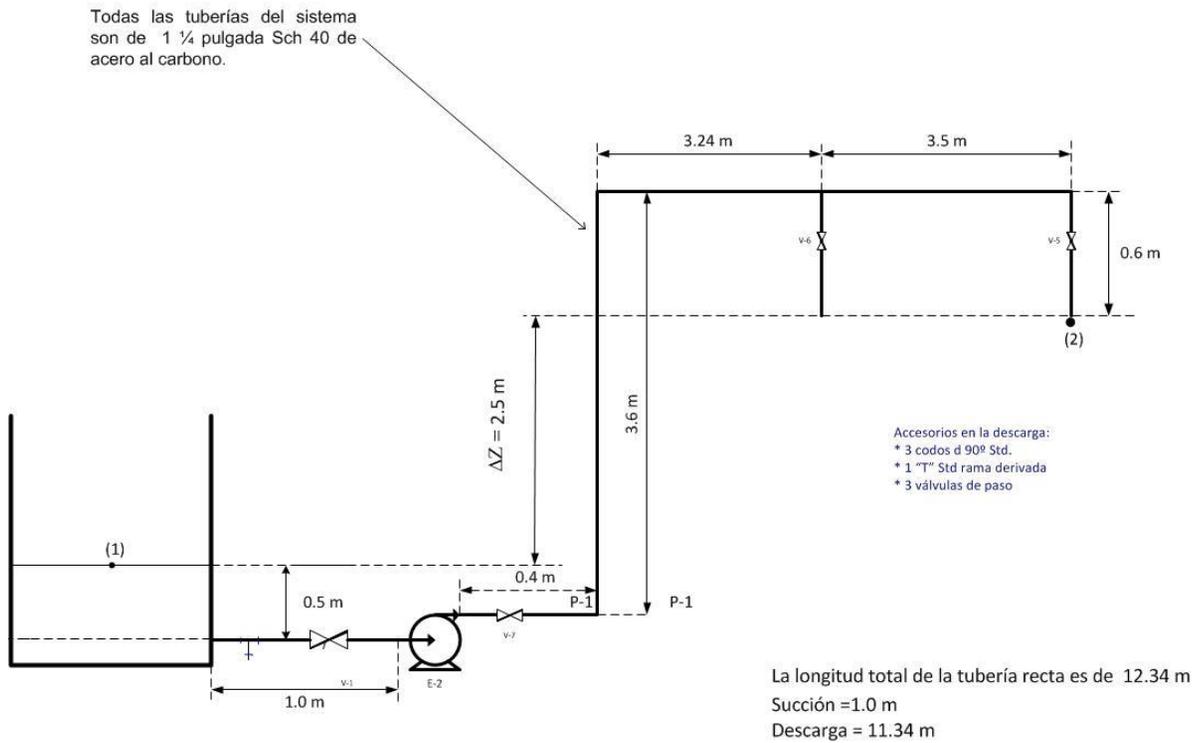


Figura 3.4. Esquema del sistema de bombeo. **Fuente:** Elaboración propia

En la siguiente tabla, se presentan los datos del fluido a trasegar:

Tabla 3.5. Propiedades del agua a 25 °C.

Propiedades	Agua (25 °C)
Peso específico (γ) kN/m ³	9,78
Densidad (ρ) kg/m ³	997
Viscosidad dinámica (μ) Pa*s ó N*s/m ²	8,91*10 ⁻⁴
Viscosidad cinemática (ν) m ² /s	8,94*10 ⁻⁷

pH	Neutro
Masa molar (g/mol)	18,01528
Punto de fusión (°C)	0
Punto de ebullición(°C)	100
Temperatura crítica (°C)	374
Presión crítica(atm)	217,7

Fuente: Mott (2006)

Cálculo del diámetro de la tubería y la velocidad del fluido

Para el cálculo se consideró el máximo flujo de agua que se necesita para la producción, cuyo valor es de 6,2343 m³/h, el cual se calculó como se muestra en el [Anexo 3](#).

Se busca en del texto Mott (2006), pág. 164 las velocidades recomendadas para agua:

- a. Succión: 2,0 m/s
- b. Descarga: 2,0 m/s

Succión:

Con $Q = 6,2343 \text{ m}^3/\text{h} = 1,73 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ y con la velocidad seleccionada ($v=2,0 \text{ m/s}$) se despeja A de la fórmula $A = \frac{Q}{v} = \frac{0,0017}{2} = 0,00085 \text{ m}^2 = (8,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2)$.

En la tabla F.1 del Mott (2006), se busca el área más próxima por exceso, que es $9,653 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ y corresponde al diámetro estándar de 1 ¼” cuyo diámetro interior es de 35,1 mm, ver [Anexo 4](#).

Calculo la velocidad real del fluido:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{1,73 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{0,0009653 \text{ m}^2} = 1,79 \text{ m/s}$$

La velocidad real del fluido se encuentra dentro del rango permisible para el tramo de succión.

Descarga:

Se selecciona para la descarga la misma velocidad y como el flujo es el mismo el resultado final es idéntico al de la succión: diámetro estándar de 1 ¼” y la velocidad real 1,79 m/s

Balance de energía mecánica

$$P_1 / \rho g + v_1^2 / 2g + Z_1 + H_{\text{sist.}} = P_2 / \rho g + \alpha v_2^2 / 2g + Z_2 + h_p$$

Consideraciones:

➤ $V_1 = 0$

Por ser el punto 1 la superficie de un fluido que se encuentra en un tanque de gran área por lo que la velocidad de ese puntos puede despreciarse.

➤ $V_2 = \alpha v_2^2 / 2g$ ya que es la descarga de una tubería de 1 1/4" que descarga en los mezcladores desde arriba sin tener contacto con el líquido en el tanque.

➤ $Z_1 = 0$ por ser plano de referencia; $Z_2 = 2,5 \text{ m}$ $\Delta Z = 2,5 \text{ m}$

➤ $P_1 = P_2 = P_{\text{atm}}$

La variación de presiones va a ser cero ya que las presiones son iguales a la atmosférica.

$$\frac{\Delta P}{\rho g} = 0$$

Eliminando de la ecuación de Bernoulli los términos que se hacen cero y despejando:

$$H_{\text{sist.}} = Z_2 + \alpha \frac{v_2^2}{2g} + \sum_1^2 hf \text{ total}$$

Cálculo del número de Reynolds

$$Re = \frac{Vd}{\nu} = \frac{\rho Vd}{\mu}$$

Número de Reynolds para la succión:

$$Re = \frac{Vd}{\nu} = \frac{(1,79 \text{ m/s})(0,0351 \text{ m})}{8,94 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}} = 70278,52 = 7,0 \times 10^4$$

Como $Re > 2000$ El flujo es turbulento en el tramo de succión (Rosabal Vega & Garcell Puyans, 2010).

Número de Reynolds para la descarga:

$$Re = \frac{Vd}{\nu} = \frac{(1,79 \text{ m/s})(0,0351 \text{ m})}{8,94 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}} = 70278,52$$

Como $Re > 2000$ El flujo es turbulento en el tramo de descarga (Rosabal Vega & Garcell Puyans, 2010) .

Pérdidas del sistema para la succión y la descarga

Pérdidas del depósito a la bomba (succión):

$$\sum hf = \sum hf \text{ tramo recto} + \sum hf \text{ accesorios}$$

Tramo recto:

$$\sum hf \text{ tramo recto} = \frac{fLV^2}{2dg}$$

f = Factor de Fanning (0,033)

L = Longitud de la tubería (m) (1 m)

v = velocidad (m/s) (v= 1,79 m/s)

d = diámetro interior de la tubería (m) (0,0351 m)

g = aceleración de la gravedad (m/s²) (9,81 m/s²)

El valor de f se busca en la literatura donde aparece tabulado vs Reynolds para diferentes rugosidades relativas (ϵ / D). Utilizamos la figura 125, página 149 del texto Brown (1965), para encontrar el factor de Fanning (f) en la figura 125 se debe calcular la rugosidad relativa ϵ / D , la rugosidad “ ϵ ” aparece tabulado en el Rosabal Vega & Garcell Puyans (2010), para tuberías de acero en la pág. 281 y su valor es $\epsilon = 0,2 \text{ mm}$, el diámetro es 35,1 mm y da que $\epsilon / D = 0,2/35,1 = 0,0057 \approx 0,006$. Conocido el Reynolds y ϵ / D se busca f en la figura 125; f = 0,033, ver [Anexo 5](#).

$$\sum hf \text{ tramo recto} = \frac{fLV^2}{2dg} = \frac{(0,033)(1 \text{ m})(1,79 \text{ m/s})^2}{2 \left(\frac{9,81 \text{ m}}{\text{s}^2} \right) (0,0351 \text{ m})} = 0,1535 \text{ m}$$

$$hf \text{ tramo recto} = 0,1535 \text{ m}$$

Accesorios

$$\sum hf \text{ accesorios} = \sum K \frac{V^2}{2g}$$

- Entrada en un tubo desde un depósito de gran volumen (con bordes agudos) $K=0,5$
- 1 "T" estándar de flujo a lo largo de 1 ¼ " $K = 0,4$
- 1 válvula de paso 100% abierta 1 ¼ " $K= 0,17$

$$\sum K = 0,4 + 0,17 + 0,5 = 1,07$$

$$\sum hf \text{ accesorios} = \sum K \frac{V^2}{2g} = \sum K \frac{Q^2}{2gA^2} = 1,07 \frac{(1,73 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)(0,000967 \text{ m}^2)^2} = 0,163 \text{ m}$$

$$\sum hf \text{ accesorios} = 0,163 \text{ m}$$

$$\Sigma Hf \text{ total} = hf \text{ accesorios} + hf \text{ tramo recto} = 0,163 + 0,1535$$

$$\Sigma Hf \text{ total} = 0,3165 \text{ m}$$

Perdidas en la succión.

Pérdidas de la bomba al punto (2) (descarga):

$$\sum hf = \sum hf \text{ tramo recto} + \sum hf \text{ accesorios}$$

Tramo recto:

$$\sum hf \text{ tramo recto} = \frac{fLV^2}{2dg}$$

f = Factor de Fanning (0,033)

L = Longitud de la tubería (m) (11,34 m)

v = velocidad (m/s) (v= 1,79 m/s)

d = diámetro interior de la tubería (m) (0,0351 m)

g = aceleración de la gravedad (m/s²) (9,81 m/s²)

$$\sum hf \text{ tramo recto} = \frac{fLV^2}{2dg} = \frac{(0,033)(11,34 \text{ m})(1,79 \times 10^{-3} \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)(0,0351 \text{ m})} = 1,741 \text{ m}$$

$$\sum hf \text{ tramo recto} = 1,741 \text{ m}$$

Accesorios

$$\sum hf \text{ accesorios} = \sum K \frac{V^2}{2g}$$

Tabla de accesorios de la descarga: (todos de Dstd.) = 1 ¼"

- 3 codos de 90° $K = 0,75$
- 3 válvula de paso $K = 0,17$
- T estándar flujo a lo largo $k=0,4$

$$\sum K = 3,16$$

$$\sum hf \text{ accesorios} = \sum K \frac{V^2}{2g} = \sum K \frac{Q^2}{2gA^2} = 3,16 \frac{(1,73 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)(0,000967 \text{ m}^2)^2} = 0,5180 \text{ m}$$

$$\sum hf \text{ accesorios} = 0,5180 \text{ m}$$

$$\sum hf \text{ descarga} = \sum hf \text{ tramo recto} + \sum hf \text{ accesorios}$$

$$\sum hf \text{ descarga} = 1,741 + 0,518 = 2,259 \text{ m}$$

$$\sum hf \text{ descarga} = 2,259 \text{ m}$$

$$\sum Hf \text{ totales} = \sum hf \text{ succión} + \sum hf \text{ descarga} = 0,3165 \text{ m} + 2,259 \text{ m} = 2,5755 \text{ m}$$

Cálculo de la carga del sistema

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\alpha v_1^2}{2g} + H_B = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\alpha v_2^2}{2g} + h_p$$

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\alpha v_1^2}{2g} + H_B = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\alpha v_2^2}{2g} + h_p$$

$$H_{\text{sistema}} = 2,5 \text{ m} + \frac{\alpha v_2^2}{2g} + 2,5755 \text{ m}; \quad \text{Hay que calcular } \frac{\alpha v_2^2}{2g};$$

Nota: $\alpha \approx 1$ por ser régimen turbulento (pág. 76 del Rosabal) por lo cual no se pone.

Aplicando la ecuación de continuidad: $Q_1 = Q_2 \therefore Q_2 = A_2 v_2 \quad v_2 = Q_2 / A_2 = 1,79 \text{ m/s}$

$$V_2 = 1,79 \text{ m/s} \therefore v_2^2 = 3,212 \text{ m}^2/\text{s}^2 \text{ y } 2g = 19,62 \text{ m/s}^2 \Rightarrow \frac{v_2^2}{2g} = \frac{3,212}{19,62} = 0,1636 \text{ m}$$

El valor de $\frac{v_2^2}{2g} = 0,1636 \text{ m}$

$$H_{\text{sistema}} = 2,5 \text{ m} + 0,1636 \text{ m} + 2,5755 \text{ m} = 5,239 \text{ m}$$

$$H_{\text{sistema}} = 5,239 \text{ m}$$

Cálculo NPSH disponible según Karassik & Carter (1968).

$$\text{NPSH}_{\text{Disp}} = S + (P_s - P_v) - (h_{fs} + h_i)$$

$$S = \text{Carga estática en la succión (m)} = 0,5 \text{ m}$$

$$P_s = \text{Presión en la superficie del líquido} = 1 \text{ atm (abs)} = 10,33 \text{ m (abs)}$$

$$P_{v \text{ H}_2\text{O}} = 0,325 \text{ m (abs)}$$

$$h_{fs} = \text{Pérdidas en la tubería de succión} = 0,2724 \text{ m}$$

$$h_i = \text{Pérdida a la salida del tanque} = 0,0929 \text{ m}$$

$$\text{NPSH}_{\text{Disp.}} = 0,5 + (10,33 - 0,325) - (0,2724 + 0,0928)$$

$$\text{NPSH}_{\text{Disp.}} = 10,13 \text{ m}$$

Cálculo del NPSH requerido (de la bomba):

Perry (1988), página 10-28 plantea que:

$\text{NPSHA} = 1,35 (\text{NPSHR})$; como nuestro $\text{NPSHA} = 10,13 \text{ m}$ por lo que el NPSHR debe ser de $7,5 \text{ m}$ o inferior.

Cálculo velocidad específica (n_s) Según Karassik & Carter (1968).

$$N = \text{rpm} = 1750$$

$$Q = \text{gal / min} (6,2343 \text{ m}^3/\text{h} = 27,45 \text{ gal/min})$$

$$H = \text{pies de agua} (H = 5 \text{ m} = 16,40 \text{ pies})$$

$$n_s = \frac{N \sqrt{Q}}{H_B^{\frac{4}{3}}}$$

$$n_s = \frac{1750 \sqrt{27.4}}{(16.4)^{0.75}} = 1125$$

$$n_s = 1125$$

Para valores de n_s entre 500 y 1500, en la figura 17.31 pág. 242 del Karassik & Carter (1968), se recomienda bombas centrífugas, ver [Anexo 6](#).

Cálculo potencia al freno de la bomba Según Karassik & Carter (1968).

Eficiencia=70% según criterios de Karassik & Carter (1968).

$$P(\text{kW}) = \frac{Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) * H(\text{m})}{\text{Eficiencia}(\%)} = \frac{6.23 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) * 5,23(\text{m})}{70\%}$$

$$P(\text{kW}) = 0,47\text{kW}$$

3.4 Distribución de la planta

González (2008), destaca que una de las tareas más complejas en el trabajo de proyecto lo constituye la estructuración espacial de la Planta, que tiene como objetivo central la disposición de las instalaciones de la fábrica y consiste en la colocación de todos sus componentes en un espacio disponible y la determinación de los recorridos geométricos de los acoplamientos desde los lugares de fijación hasta los equipos, además, incluye la disposición de:

- Grande grupos de equipos.
- De las instalaciones auxiliares.
- Edificios administrativos.
- Todos los sistemas de abastecimiento dentro de los límites del terreno dispuesto para la localización de la instalación.

Plan Maestro:

El Plan Maestro es la disposición de las áreas fundamentales de la planta (edificios), de las calles entre plantas, de las vías de acceso de las instalaciones auxiliares, sin profundizar en los contenidos de cada una de las áreas.

En nuestro caso, el plan maestro toma como referencia la ubicación de la planta existente y la carretera frente a la misma, que sirve además de acceso para los suministros necesarios (ver diagrama).

Plan Unitario:

El Plan Unitario considera la disposición detallada de cada componente en el área de la planta en cuestión, es decir, la disposición física del equipamiento, en las áreas designadas. Este plan parte de las

decisiones tomadas en el Plan Maestro pero añadiendo los detalles de la distribución de cada componente en el área y teniendo en cuenta los problemas de la distribución del flujo y las interrelaciones de los diferentes componentes.

En la planta que se propone el equipamiento está distribuido en dos niveles:

- **Primer nivel:** En esta área se ubican los siguientes equipos y espacios:
 - * Área de llenado, en la cual se ubica la mesa de llenado y las válvulas y tuberías que permiten esta operación.
 - * Área de almacén de materias primas y materiales.
 - * Área para el baño.
 - * Tanque para el almacenamiento de agua.
 - * Bomba centrífuga para el suministro de agua a los mezcladores.
- **Segundo nivel:** En esta área se ubican los siguientes equipos y espacios:
 - * Plataforma de operación y plataforma de carga de materias primas.
 - * Tanques mezcladores con sus agitadores y accesorios.
 - * Tuberías y válvulas para alimentación de agua a los mezcladores.

PLAN MAESTRO

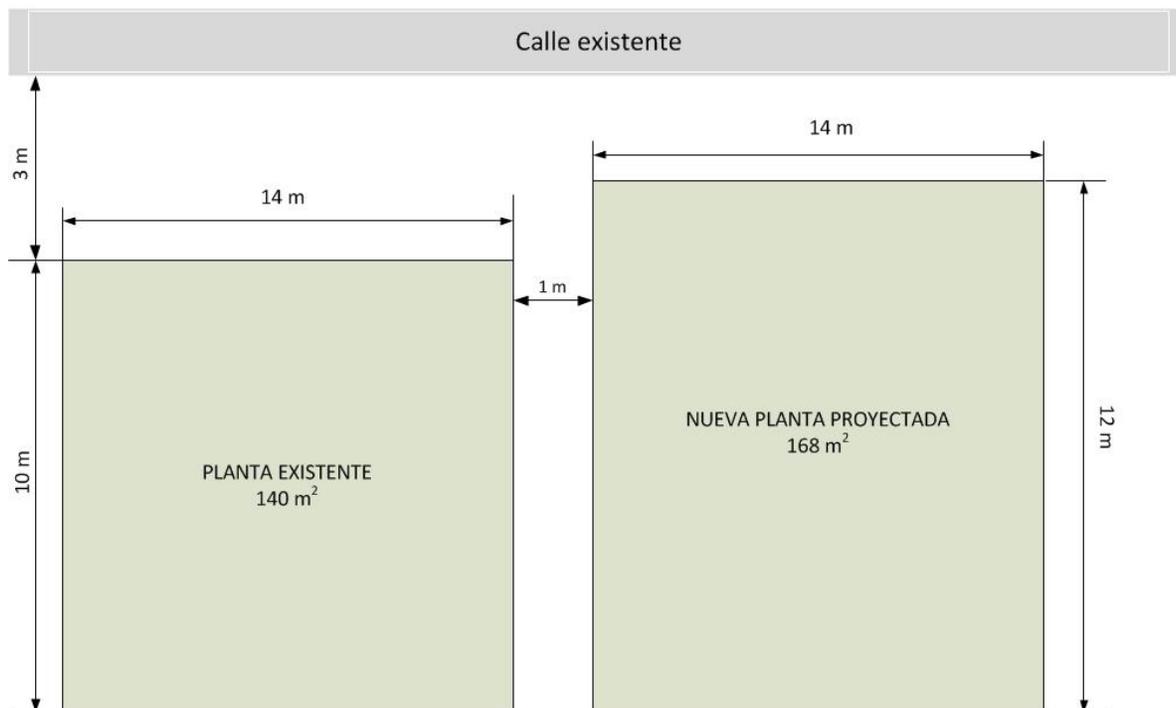


Figura 3.5. Plan Maestro. Fuente: Elaboración propia

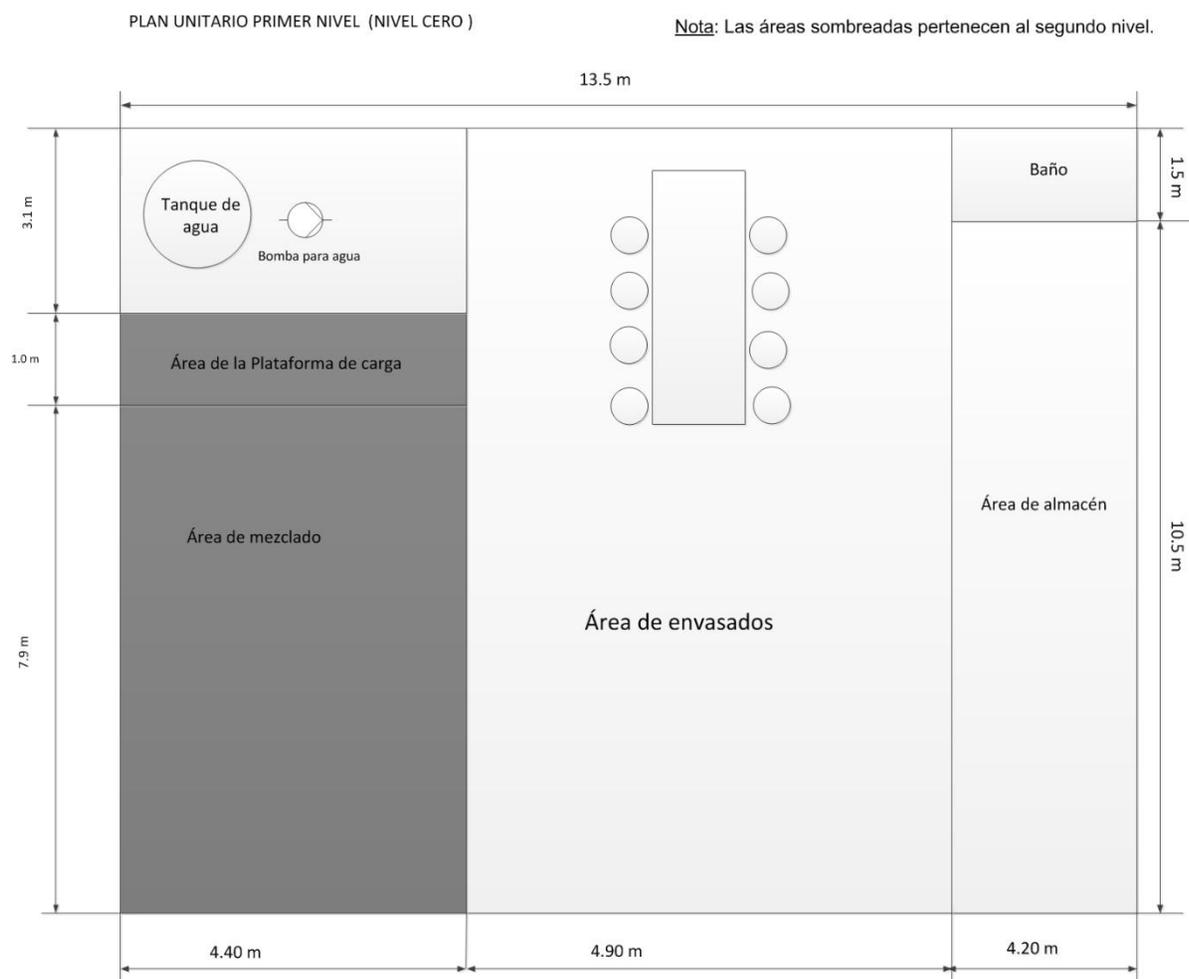


Figura 3.6. Plan unitario 1er nivel. Fuente: Elaboración propia

PLAN UNITARIO SEGUNDO NIVEL

Nota: Las áreas sombreadas pertenecen al primer nivel. El segundo nivel lo constituyen las plataformas de carga y de trabajo que aparecen en color blanco donde se ubican los tanques mezcladores y las tuberías y accesorios de alimentación del agua para la dilución de los productos de las mezclas.

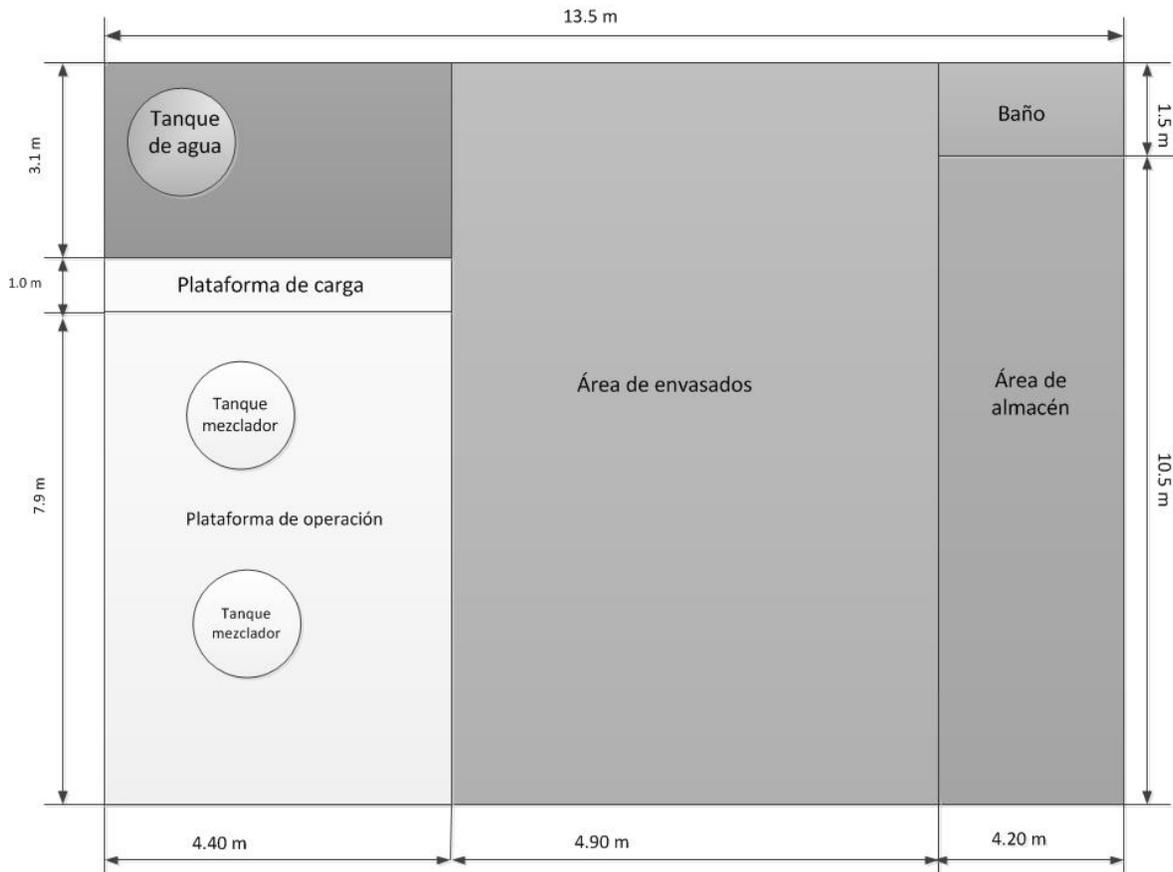


Figura 3.7. Plan unitario 2er nivel. **Fuente:** Elaboración propia

3.5 Cálculo económico

Una vez diseñada la planta, se efectuara el análisis económico de la misma, sobre la base del cálculo del costo de inversión, el costo de producción, la ganancia y los indicadores de rentabilidad.

Para el estimado del costo total de inversión, primeramente se debe determinar el costo actual de los equipos:

Costo de equipamiento

$$\text{Costo actual} = \text{Costo original} * \left(\frac{\text{Índice actual}}{\text{Índice original}} \right)$$

$$\text{Índice de costo actual} = 104,18$$

$$\text{Índice de costo original} = 103,904$$

Tabla 3.6. Costo del Equipamiento.

Equipos	Costo (CUC)	No de equipos	Costo actual (CUC)	Material
Agitador de turbina	6973,47	2	6991,99	acero inoxidable-314
Bomba	2581,2	1	1552,84	acero al carbono
Tanque de agitación	6639,72	2	6657,36	acero inoxidable-314
Total			28851,54	

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas técnicas de Vijusa

Costo total de inversión

Los % se obtuvieron de la Tabla 17 del libro de texto Peters & Timmershaus (1991).

$$\text{Costo total de Inv} = \text{Inversión Fija} + \text{Inversión de Trabajo}$$

$$\text{Inversión Fija} = \text{Costos directos} + \text{Costos indirectos}$$

Tabla 3.7. Costos de inversión.

Costo de Inversión actual		
Elementos	Planta procesadora de fluidos	
Costo Directo		
Costo total actual de equipamiento	100 %	28851,54
Costo de instalación del equipamiento	15 %	4327,73
Instrumentación y Controles (instalados)	1 %	288,51

Tuberías (instaladas)	10 %	2885,15
Electricidad (instalada)	1 %	288,51
Construcciones (incluyendo servicios)	5 %	1442,58
Facilidades de Servicios Auxiliares (Instaladas)	1 %	288,51
Costo Total directo de la Planta	133 %	38372,55
Costo Indirecto		
Ingeniería y supervisión	10 %	2885,15
Gasto de construcción	5 %	1442,58
Contingencia	3 %	865,55
Costo Total indirecto de la Planta	18 %	5193,28
Capital fijo invertido (CFI)	151%	43565,82
Capital laboral	10 % CFI	4356,58
Capital total actual invertido (CUC)		47922,4

Fuente: Elaboración propia a partir del Peters & Timmershaus (1991)

Costo total de producción

Para la estimación del costo total de producción se utilizaron los factores de proporción y las ecuaciones correspondientes que se encuentran en la tabla 27 del Peters & Timmershaus (1991); Ulrich (1985).

$$\text{Costo total de Producción} = \text{Costo de fabricación (CF)} + \text{Gastos generales (GG)}$$

$$CF = \text{Costos directos} + \text{Cargos fijos} + \text{Costos Indirectos}$$

$$GG = \text{Distribución y venta} + \text{Admón} + \text{Investigación y desarrollo}$$

$$\text{Depreciación} = \frac{CFI - Vr}{Vd} = \frac{43565,82 \text{ CUC} - 0}{20} = 2178,29 \text{ CUC/año}$$

Donde: $Valor\ residual\ (Vr) = 0$ $Vida\ útil\ (Vd) = 20\ años$

Tabla 3.8. Precios de la materia prima neta para cada producto a elaborar.

Productos	Cantidad estimada mensual de productos terminados (L)	Precio de materia prima neta (CUC/L)	Importe mensual (CUC)	Importe anual (CUC)
Antitabaco	6260	2,21	13834,6	166015,2
Master	1640	2,03	3329,2	39950,4
Opera	5240	2,16	11318,4	135820,8
Servolor 2	2080	2,05	4264	51168
Xerona	3260	1,66	5411,6	64939,2
Amoniacal Landys	4500	1,83	8235	98820
Tensogel	2430	1,56	3790,8	45489,6
Tensogel Hidroalcohólico	770	1,98	1524,6	18295,2
Scalite desincrustante	3536	1,87	6612,32	79347,84
Samba Window	1356	1,61	2183,16	26197,92
Limpiador Findex	2810	1,56	4383,6	52603,2
Tresynol	5100	1,45	7395	88740
Tresynol de planchas	2020	1,81	3656,2	43874,4
Tresyplus	1020	1,60	1632	19584
Solten	4390	1,57	6892,3	82707,6

Fuente: EQUIFA (2020).

Tabla 3.9. Estimación de los costos de producción.

Costo total de Producción		
Estimación de los Costos Directos		
Componentes	%	Costo (CUC)
Materia prima	----	1013553,4
Mano de obra	10 % CTP	----
Supervisión	1 % CTP	----
Requerimientos	1 % CTP	----
Mantenimiento y reparación	2 % CFI	871,32
Suministro	0.5 % CFI	217,83
CD = 1014642,51,81 + 0.12 CTP		
Estimación de Cargos Fijos		
Componentes	%	Costo (CUC)
Depreciación		2178,29
Impuestos	1 % CFI	435,66
Seguros	0.4 % CFI	174,26
Cf = 2788,21		
Estimación de los Costos Indirectos		
Costos indirectos	5% CTP	----

CI = 0.05 CTP	
Gastos Generales	
Componentes	%
Administrativos	0,5 % CTP
Distribución y ventas	1 % CTP
Investigación y desarrollo	0,5 % CTP
GG = 0.02 CTP	

Fuente: Elaboración propia a partir del Peters & Timmershaus (1991)

Teniendo en cuenta la ecuación expuesta anteriormente del CF y con las ecuaciones resultantes de la tabla anterior se obtiene la siguiente ecuación:

$$CF = 1017430,72 + 0,17CTP$$

$$GG = 0,02CTP$$

Como $CTP = CF + GG$, sustituyendo las ecuaciones obtenidas en las tablas anteriores tenemos que:

$$CTP = 1017430,72 + 0,17CTP + 0,02CTP$$

$$CTP = 1017430,72 + 0,19CTP$$

$$CTP = 1256087,31CUC/año$$

Cálculo de la ganancia

Tabla 3.10. Precios salida de fábrica de los productos profesionales para higiene y limpieza.

Productos	Cantidad mensual (L)	estimada Precio CUC/L
Ambientador antitabaco	6260	3,29
Ambientador master	1640	3,05
Ambientador opera	5240	3,14
Ambientador higienizador servolor 2	2080	3,05
Xerona	3260	1,68

Limpiador amoniacal landys	4500	1,56
Gel lavamanos tensogel	2430	4,50
Tensogel hidroalcohólico	770	1,70
Limpiador scalite desincrunstante	3536	1,65
Limpiacristales samba	1356	1,62
Limpiador findex	2810	2,11
Desengrasante general en frio tresynol	5100	1,89
Desengrasante en caliente tresynol planchas	2020	1,60
Desengrasante para hornos y planchas tresyplus	1020	1,85
Lavavajilla concentrado solten	4390	1,74

Fuente: EQUIFA (2020)

Ingreso total = 1313911,44 CUC/año

$G = \text{Ingreso total} - \text{CTP}$

$G = 1313911,44 \text{ CUC/año} - 1256087,31 \text{ CUC/año}$

$G = 57824,13 \text{ CUC/año}$

Indicadores dinámicos de rentabilidad

La determinación de los indicadores dinámicos de rentabilidad: VAN (Valor Actual Neto), TIR (Tasa de Rendimiento Interna) y PRD (Plazo de Recuperación al Descontado) se realiza para valorar la factibilidad de la inversión de la planta. El cálculo de estos indicadores se puede desarrollar con la ayuda de Microsoft Excel, en el cual se programan los datos previos para calcular el VAN y la TIR, determinándose estos con la ayuda de funciones financieras. Se toma una tasa de interés de un 10 %.

Los resultados obtenidos son:

Tabla 3.11. Resultados de los indicadores económicos.

VAN	304520 CUC
TIR	79%
PRD	1,27 años

Fuente: Elaboración propia

El comportamiento del perfil del VAN se muestra en el [anexo 7](#).

El proyecto realizado es factible ya que la inversión se recupera en 1,27 años obteniéndose un valor elevado del VAN. La TIR es factible por su alto valor ya que según la literatura esta debe ser mayor de un 20 %. Los resultados obtenidos demuestran que el proyecto es implementable.

3.6 Destino de los residuales de productos Vijusa

Los residuales a producirse en la planta diseñada para lograr estas producciones, serán de tres tipos: sólidos, líquidos, gaseosos.

Sólidos: están representados por los diferentes embalajes, a los cuales no se les realiza una propuesta de manejo por desconocerse el tipo en particular para cada materia prima, los que deben ser tratados y dispuestos según sus características y recomendaciones de sus fabricantes y cumpliendo la legislación vigente sobre este tema en nuestro país.

Líquidos: son los efluentes derivados del lavado de los mezcladores, deberán ser enviados a una planta de tratamiento de residuales que será objeto de una investigación posterior.

Gaseosos: son generados por las emanaciones de las materias primas y de los productos elaborados, estos vapores serán colectados y emitidos al medio por el sistema de campanas propuesto para los tanques mezcladores, garantizando así que no se afecte la salud de los trabajadores.

Conclusiones Parciales del Capítulo III:

- Se realizaron los cálculos según las metodologías descritas en el capítulo II y los resultados fueron los siguientes:
 - La factibilidad económica es adecuada.
 - Se aplicarán los criterios del ecodiseño una vez obtenidos los datos necesarios que aún están pendientes.
 - Debe implementarse un sistema de tratamiento de efluentes. Este diseño será objeto de una investigación posterior.

Conclusiones



Conclusiones

1. Existen suficientes elementos científico que fundamentan la investigación planteada.
2. No se tomaron en cuenta los aspectos bioclimáticos (sentido de los vientos) por falta de información. Esto debe ser considerado en el diseño final para hacer las correcciones necesarias en la distribución espacial para lograr un ambiente de trabajo lo más favorable posible.
3. El análisis de los parámetros de diseño dio como resultado lo siguiente:
 - El tipo de agitador (turbina de 6 palas planas) propuesto para ambos tanques agitados es adecuado para el tipo de producto que se va a fabricar así como las rpm de los mismos, todo lo cual está acorde con la bibliografía utilizada.
 - Ambos tanques mezcladores se proponen de acero inoxidable y cumpliendo los parámetros descritos por la empresa Vijusa.
 - Para el sistema de agua se proponen:
 - Tuberías y accesorios de acero al carbono.
 - Bomba centrífuga de acero al carbono con impelente cerrado.
 - Para el sistema de tuberías y accesorios de la descarga de los tanques mezcladores hasta el sistema de llenado del producto y las salidas para el tratamiento de los efluentes se proponen tuberías y accesorios de acero inoxidable dado la variada composición química de los diferentes productos a fabricar.
4. Se propone la colocación de campanas de extracción de gases en ambos tanques mezcladores. Las dimensiones finales de las mismas, sus características y materiales de construcción serán acordados con la entidad encargada de su fabricación.
5. El análisis económico arrojó valores del VAN y el TIR que ratifican la factibilidad de la inversión. El período de recuperación de la inversión es de 1.27 años lo que ratifica que la inversión es factible.

Recomendaciones



Recomendaciones

1. Poner a disposición de la Empresa Química de Cienfuegos, los resultados de esta investigación.
2. Socializar los resultados obtenidos en diferentes espacios académicos para difundir el conocimiento logrado en la dirección de trabajo que se asume en la presente investigación.
3. Estudiar la generación, caracterización y manejo de los posibles residuales sólidos, líquidos y gaseosos realizando una investigación que pueda servir de base al diseño de una planta de tratamiento de residuales.
4. Una vez puesta en marcha la nueva planta recomendamos analizar la conveniencia del montaje de la máquina de envasado semiautomática propuesta por Vijusa, siempre que los requerimientos de productividad así lo aconsejen.
5. Recomendaciones de Ecodiseño:
 - a. Una vez obtenida la dirección de los vientos, ajustar el diseño arquitectónico orientando las ventanas del edificio para optimizar la circulación del aire dentro del edificio obteniendo así mejores condiciones de trabajo.
 - b. Utilizar tejas traslucidas en el techo de la nave para minimizar el uso de energía eléctrica en el alumbrado.
 - c. Diseñar el sistema de alumbrado preferentemente por áreas de trabajo para emplear lámparas de bajo consumo LED para minimizar el consumo energético.

Bibliografía



Bibliografía

- Álvarez, M. (2004). *La industria de los surfactantes: Tendencias mundiales y perspectivas para Colombia*. Colombia.
- Beneito, M. (2011). *Desarrollo de métodos analíticos para el control de la calidad de surfactantes y aditivos en productos de limpieza y de higiene personal*. España: Valencia.
- Brown, G. G. (1965). *Operaciones Básicas de la Ingeniería Química*. traducción de la primera edición.
- Byggeth, S., & Hochschorner, E. (2006). *Handling tradeoffs in ecodesign tools for sustainable product development and procurement*. *JournalofCleanerProduction*.
- Delgadillo López, A. E., González Ramírez, C. A., Prieto García, F., Villagómez Ibarra, J. R., & Acevedo Sandoval, O. (Mayo de 2011). *Una alternativa para eliminar la contaminación*. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-04622011000200002&script=sci_arttext
- Dufer, C. C. (2018). *Diseño de un plan de producción de productos de limpieza elaborados a través de la empresa pública*. (Tesis de grado) Facultad de ingeniería química. Ecuador.
- Equifa. (2020). *Productos Vijusa*. Cienfuegos.
- Fiksel, J. (1998). *Diseño para el Medio Ambiente DFE*. Barcelona: Mc Graw Hill.
- Finnveden, G., & Moberg, A. (2005). *Environmental systems analysis tools—an overview*. *JournalofCleanerProduction*.
- Fructuoso, M. L. (2002). *Diseño de plantas de procesados de alimentos*.
- García, J., Pérez, L., & Cocero, J. M. (2007). *Nuevas bases para el diseño de procesos industriales sostenibles*.
- Geankoplis, J. C. (1998). *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias (Tercera ed.)*. México.
- González, R. V. (2008). *El analisis inversionista. Ingeniería de procesos*. Villa Clara, Cuba: Editorial Félix Varela.
- Karassik, J., & Carter, R. (1968). *“Bombas Centrifugas, selección operación y Mantenimiento “*. La Habana: Edición Revolucionaria.
- León, R., Prada, E., Castillo, H. D., Mejías, J. T., & Hortua, U. (2012). *Diseño de plantas industriales*.
- Loayza Pérez, J., & Silva Meza, V. (2013). *Los procesos industriales sostenibles y su contribución en la prevención de problemas ambientales*. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

- Lofthouse. (2006). *Ecodesign tools for designers: defining the requirements*. Journal of Cleaner Production.
- Louis, J. (1988). *Detergentes. Componentes, fabricación, fórmulas*. L. FIRP, & E. I. Química, Edits.).
- Luttrupp, C., & Lagerstedt, J. (2006). *Ecodesign and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development*. Journal of Cleaner Production.
- McCabe, L. W., Smith, C. J., & Harriott, P. (1998). *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. España.
- Mott, L. R. (2006). *Mecánica de los fluidos*. México: Pearson Educación.
- Perry, R. (1988). *Manual del Ingeniero Químico. Tomo I (Sexta Edición ed.)*.
- Peters, & Timmershaus. (1991). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*.
- Reyes, Y. S. (2016). “*Un modelo para la planeación y control de la producción en una empresa de productos de limpieza y cuidado personal*”. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Rivera, E. T. (2004). *Diseño de plantas químicas introducción al diseño de plantas de proceso*. (Tesis de grado) Universidad de las Villas. Villa Clara.
- Robèrt. (2001). *Tools and concepts for sustainable development, how do they relate to a general framework for sustainable development, and to each other?* Journal of cleaner production.
- Rodríguez, M. F. (2017). *Ingeniería Básica de una Planta de Producción de Jabón Sólido*. Sevilla. España.
- Romero, A. S. (2009). *Evolución de los productos químicos y de los procedimientos de fabricación*. Madrid, España: Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Rondón Sulbarán, M., & Bastante, M. J. (2011). La Ecoeficiencia y el Ecodiseño en la Industria de Celulosa y Papel en América Latina y su proyección a Venezuela. (Revista *Ecodiseño y Sostenibilidad*), 173p.
- Rosabal Vega, M. J., & Garcell Puyans, L. (2010). *Hidrodinámica y Separaciones Mecánicas Tomo I*. La Habana, Cuba.
- Sancho, M. J., Loro, N., Sancho, M. T., & Peiró, M. (Mayo de 2003). *Atención y cuidados de enfermería en las intoxicaciones por productos domésticos*. Obtenido de www.um.es/eglobal/
- Sierra Pérez, J., Domínguez, M., & Espinosa, M. (2014). *El ecodiseño en el ámbito de la ingeniería del diseño*. Técnica Industrial, avance online.
- Sinnott, R., & Towler, G. (1997). *Diseño en Ingeniería Química*.
- Soderquist, D. (2005). *El Estilo Wal-Mart*. Nashville.

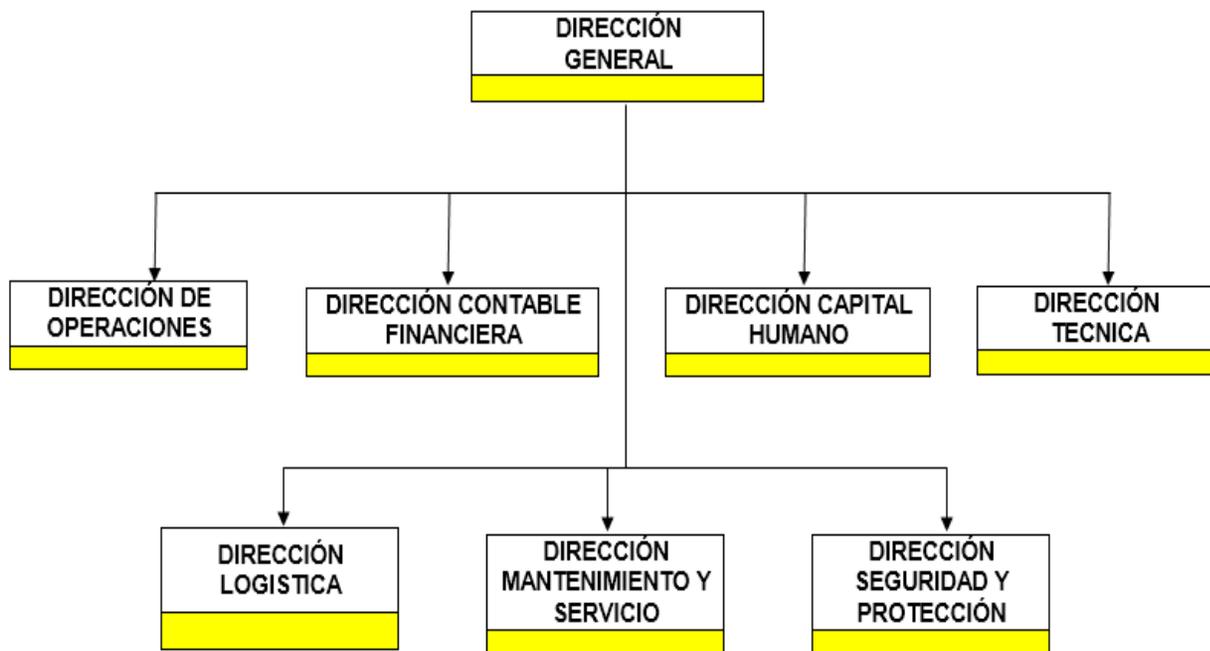
- Sotelo, L. S. (2003). *Tecnologías para un desarrollo sostenible* . Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Tápanes, G. M. (2019). *Propuesta del diseño de una planta para la producción de productos de limpieza en la Empresa Química de Cienfuegos*. Cienfuegos.
- Ulrich. (1985). *Diseño y Economía de Procesos de Ingeniería Química*.

Anexos



Anexos

Anexo 1. Estructura organizativa de la fábrica



Anexo 2. Determinación gráfica de N_p a partir de Figura 9.13 McCabe

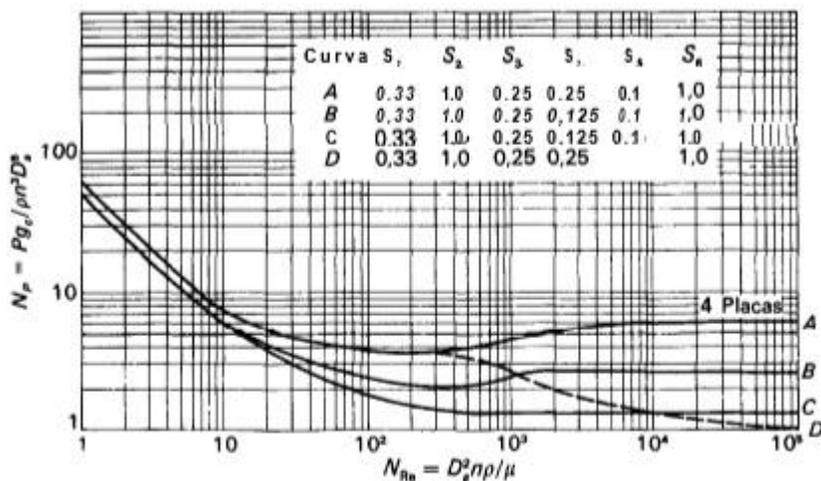


Figura 9.13. Número de potencia N_p frente a N_{Re} para turbinas de seis palas. (Según Bates et al.; Rushton et al.³².) Para la porción de trazos de la curva D, el valor de N_p que se obtiene de la figura hay que multiplicarlo por N_{Fr}^m .

Anexo 3. Tabla de la cantidad de agua estimada mensualmente para cada producto a realizar

No.	Productos	U.M.	Cantidad estimada mensual	Días fab.	Redondeado	Agua
1	Solten	L	4390	2,26	2	3555,9
2	Tresynol		5100	2,62	3	3519,0
3	Landys	L	4500	2,31	2	3442,5
4	Xerona	Litros (L)	3260	1,68	2	3064,4
5	Antitabaco	L	6260	3,22	3	2979,8
6	Ópera	L	5240	2,70	3	2554,5
7	Findex	L	2810	1,45	2	2444,7
8	Scalite	L	3536	1,82	2	1530,9
9	Tensogel	L	2430	1,25	1	1907,6
10	Servolor 2	L	2080	1,07	1	1778,4
11	Samba	L	1356	0,70	1	1111,9
12	Tresynol de planchas		2020	1,04	1	1010,0

13	Máster	L	1640	0,84	1	799,5
14	Tresyplus	L	1020	0,52	0,5	765,0
15	Tensogel Hidroalcohólico	L	770	0,40	0,5	343,4
X	TOTAL	L	46652	24,00	25	30807,5

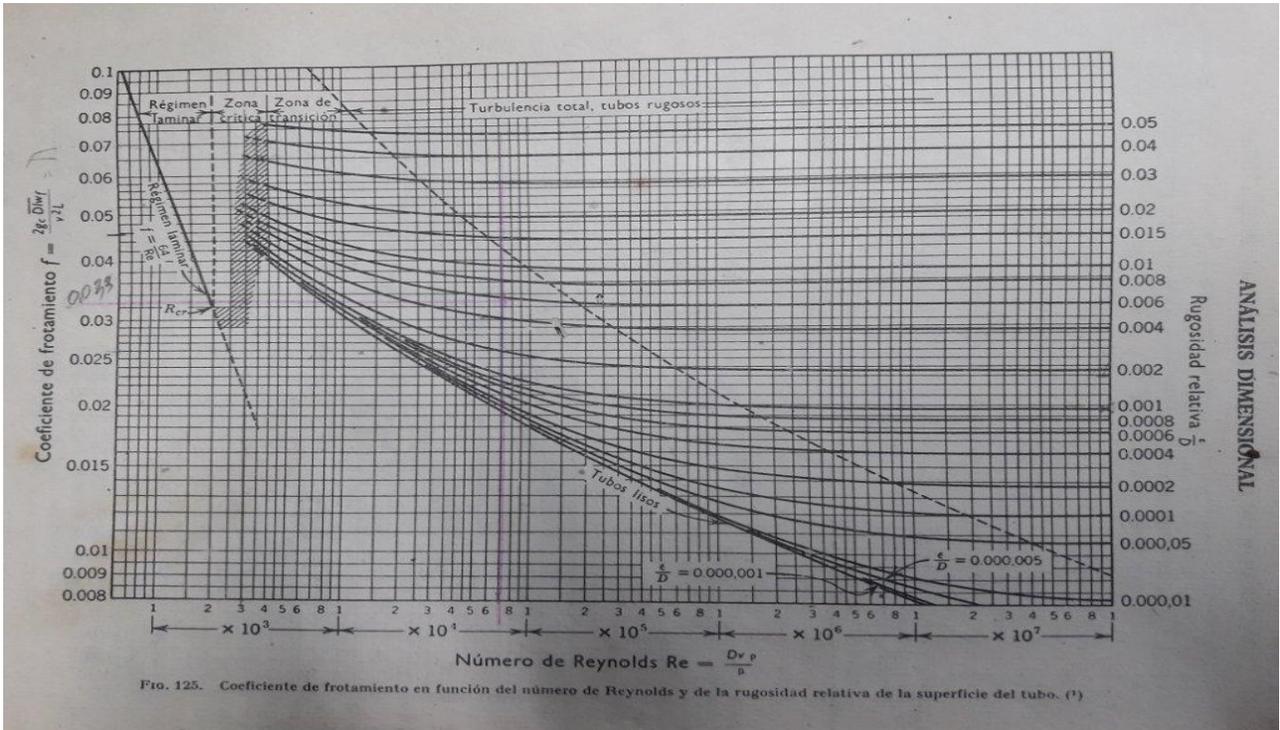
Anexo 4. Determinación del área real por exceso mediante la Tabla F.1 del Mott



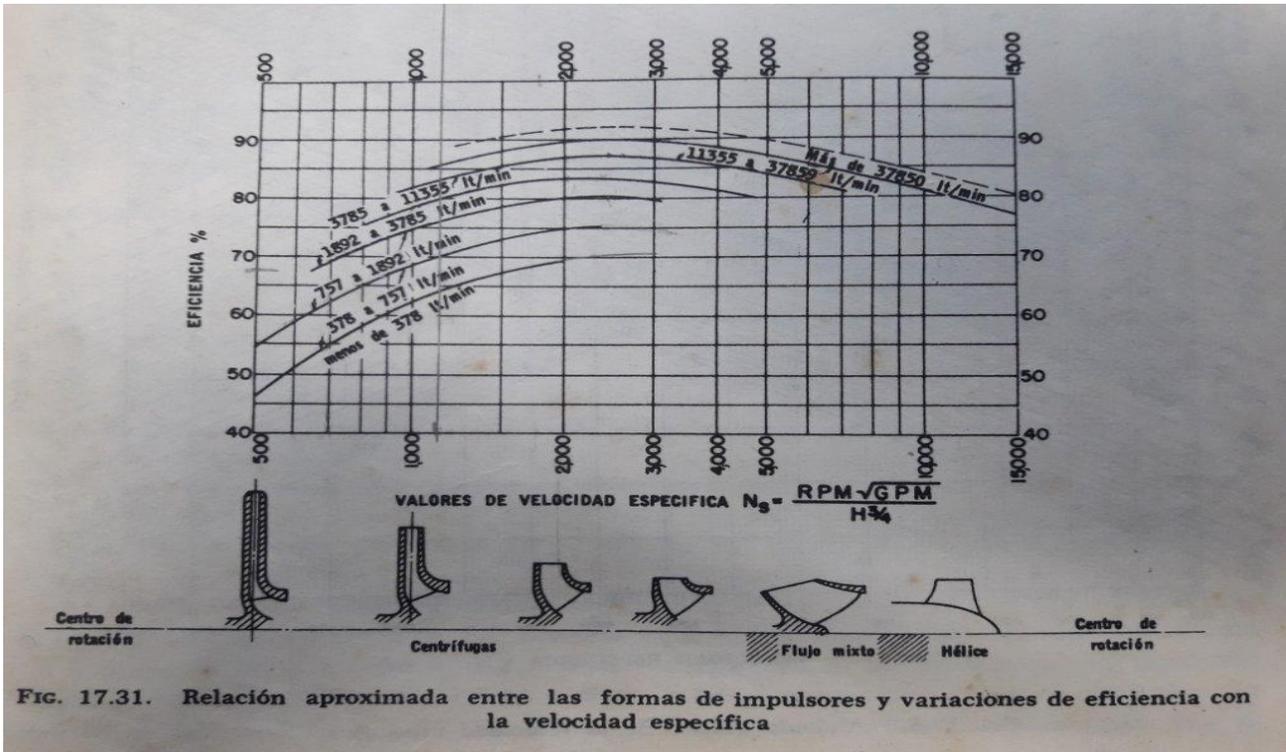
F Dimensiones de tuberías de acero

TABLA F.1 Cédula 40.

Tamaño nom. de tubería (pulg)	Diámetro exterior		Espesor de pared		Diámetro interior			Flujo de área	
	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(pies)	(mm)	(pies ²)	(m ²)
1/8	0.405	10.3	0.068	1.73	0.269	0.0224	6.8	0.000 394	3.660 × 10 ⁻⁵
1/4	0.540	13.7	0.088	2.24	0.364	0.0303	9.2	0.000 723	6.717 × 10 ⁻⁵
3/8	0.675	17.1	0.091	2.31	0.493	0.0411	12.5	0.001 33	1.236 × 10 ⁻⁴
1/2	0.840	21.3	0.109	2.77	0.622	0.0518	15.8	0.002 11	1.960 × 10 ⁻⁴
3/4	1.050	26.7	0.113	2.87	0.824	0.0687	20.9	0.003 70	3.437 × 10 ⁻⁴
1	1.315	33.4	0.133	3.38	1.049	0.0874	26.6	0.006 00	5.574 × 10 ⁻⁴
1 1/4	1.660	42.2	0.140	3.56	1.380	0.1150	35.1	0.010 39	9.653 × 10 ⁻⁴
1 1/2	1.900	48.3	0.145	3.68	1.610	0.1342	40.9	0.014 14	1.314 × 10 ⁻³
2	2.375	60.3	0.154	3.91	2.067	0.1723	52.5	0.023 33	2.168 × 10 ⁻³
2 1/2	2.875	73.0	0.203	5.16	2.469	0.2058	62.7	0.033 26	3.090 × 10 ⁻³
3	3.500	88.9	0.216	5.49	3.068	0.2557	77.9	0.051 32	4.768 × 10 ⁻³
3 1/2	4.000	101.6	0.226	5.74	3.548	0.2957	90.1	0.068 68	6.381 × 10 ⁻³
4	4.500	114.3	0.237	6.02	4.026	0.3355	102.3	0.088 40	8.213 × 10 ⁻³
5	5.563	141.3	0.258	6.55	5.047	0.4206	128.2	0.139 0	1.291 × 10 ⁻²
6	6.625	168.3	0.280	7.11	6.065	0.5054	154.1	0.200 6	1.864 × 10 ⁻²
8	8.625	219.1	0.322	8.18	7.981	0.6651	202.7	0.347 2	3.226 × 10 ⁻²
10	10.750	273.1	0.365	9.27	10.020	0.8350	254.5	0.547 9	5.090 × 10 ⁻²
12	12.750	323.9	0.406	10.31	11.938	0.9948	303.2	0.777 1	7.219 × 10 ⁻²
14	14.000	355.6	0.437	11.10	13.126	1.094	333.4	0.939 6	8.729 × 10 ⁻²
16	16.000	406.4	0.500	12.70	15.000	1.250	381.0	1.227	0.1140
18	18.000	457.2	0.562	14.27	16.876	1.406	428.7	1.553	0.1443
20	20.000	508.0	0.593	15.06	18.814	1.568	477.9	1.931	0.1794
24	24.000	609.6	0.687	17.45	22.626	1.886	574.7	2.792	0.2594



Anexo 6. Determinación del tipo de bomba a utilizar mediante la figura 17.31 del Karassik



Anexo 7. Comportamiento del VAN

