

300618

1
29



UNIVERSIDAD LA SALLE, A. C.

**ESCUELA DE QUIMICA
INCORPORADA A LA U. N. A. M.**

**“MANUFACTURA DE TINTA FUERTE PARA CALZADO,
A NIVEL INDUSTRIAL”**

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO**

P R E S E N T A

CARLOS FRANCISCO DIAZ CHAVEZ

MEXICO, D. F.

FALLA DE ORIGEN

1989



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

MANUFACTURA DE UNA TINTA FUERTE PARA CALZADO. A NIVEL INDUSTRIAL.

INDICE GENERAL.

	Pag.
INTRODUCCION.	1
CAPITULO I.- INTRODUCCION A LAS TINTAS.	
1.1. Reseña histórica.	3
1.2. Tipos de tintas.	5
1.2.1. Tintas naturales.	6
1.2.2. Tintas sintéticas.	8
1.2.2.1. Tintas Básicas.	8
1.2.2.2. Tintas Acidas.	9
1.2.2.3. Azotintas.	10
1.2.2.4. Tintas Directas.	11
1.2.2.5. Tintas Azóicas.	12
1.2.2.6. Tintas de Tina.	12
1.2.2.7. Tintas Dispersas.	13
1.2.2.8. Tintas de Metales Complejos	14
1.3. Propiedades y limitaciones de las tintas.	15
1.4. Tintas para calzado.	27
CAPITULO II.- PROCESO DE FABRICACION.	
2.1. Formulación.	26
2.2. Materias primas.	28
2.2.1. Metanol.	29
2.2.2. Anilina.	30
2.2.3. Nitrobenceno.	31
2.2.4. Nigrosina.	33
2.3. Mezclas por lotes.	33
2.4. Sugerencias para el trabajo experimental.	37
2.4.1. Densidad.	37
2.4.2. Viscosidad.	40
2.4.3. Tiempo de procesamiento.	42
2.5. Experimentación con la tinta.	43
2.5.1. Determinación de la densidad de la tinta.	43
2.5.2. Determinación de la viscosidad de la tinta.	44
2.5.3. Tiempo de procesamiento.	46
2.6. Cálculo de la composición en peso de la tinta.	47
CAPITULO III.- SISTEMAS LIQUIDO - SOLIDO.	
3.1. Operaciones unitarias en tanques agitados.	49
3.2. Contactos de fases.	50
3.2.1. Mezclado de líquidos miscibles.	51

3.2.2. Dispersión de líquidos inmiscibles.	51
3.2.3. Suspensión de sólidos.	52
3.2.4. Transferencia de calor.	52
3.2.5. Absorción de gases.	52
3.2.6. Transferencia de masa.	53
3. 3. Procesamiento líquido - sólido.	54
3. 4. Selección del tipo y equipo de agitación.	57
3. 5. Criterios de diseño para dispersiones líquido - sólido.	65
3. 6. Diseño del impulsor.	71
3. 7. Cálculo del Número de Reynolds.	74
3. 8. Cálculo de la velocidad de descarga del impulsor.	75
3. 9. Cálculo de la potencia para el agitador.	76
3.10. Mamparas para el tanque de agitación.	79
3.11. Relación del comportamiento del fluido con el rendimiento del proceso en recipientes mezcladores.	80
3.12. Diseño final del tanque de agitación.	82

CAPITULO IV.- INGENIERIA MECANICA.

4.1. Instalación de la planta.	85
4.2. Arreglo de equipos.	88
4.3. Selección de la bomba.	92
4.4. Selección de las válvulas y de la tubería.	95
4.5. Selección de la compresora de aire.	101
4.6. Selección de la llenadora para líquidos.	105

CAPITULO V.- CONTROL DE CALIDAD.

5.1. Importancia del Control de Calidad.	109
5.2. Especificaciones para el Control de Calidad.	112
5.3. Tratamiento de datos.	115
5.3.1. Generalidades.	115
5.3.2. Muestreo.	115
5.4. Políticas de calidad en la empresa.	117
5.4.1. Filosofía.	117
5.4.2. Principios.	117
5.4.3. Estrategias.	118

CAPITULO VI.- ANALISIS ECONOMICO.

6.1. Estimación del Mercado.	120
6.2. Detección de una demanda insatisfecha.	124
6.3. Disponibilidad de materias primas.	126
6.3.1. Metanol.	126
6.3.2. Anilina.	127
6.3.3. Nitrobenceno.	127

	Pag.
6.3.4. Colorante.	128
6.3.5. Envases.	128
6.4. Estimación de la Inversión Fija y Capital de Trabajo.	129
6.5. Estimación de costos y presupuestos de operación.	138
6.6. Punto de equilibrio en función de egresos e ingresos totales.	143
 CONCLUSIONES.	 146
 BIBLIOGRAFIA.	 148

INDICE DE TABLAS.

Tabla No.		Pag.
1.3.1.	Efecto de la absorción de la longitud de onda sobre el color observado.	10
1.3.2.	Grupos solubilizantes usados con varias clases de tintas.	19
1.3.3.	Tipos de grupos reaccionantes en las tintas.	22
1.4.1.	Propiedades físicas de la piel del ganado vacuno.	23
2.2.1.	Propiedades físicas del metanol.	29
2.2.2.	Valores de la tolerancia estimada para el metanol.	30
2.2.3.	Propiedades físicas de la anilina.	31
2.2.4.	Propiedades físicas del nitrobenzeno.	32
3.4.1.	Relación de la respuesta dinámica requerida con el grado de agitación para el mezclado y movimiento.	59
3.4.2.	Relación de la respuesta dinámica requerida con el grado de agitación para la suspensión de sólidos.	60
3.5.1.	Factor de corrección para la velocidad de asentamiento de sólidos en suspensión.	66
3.5.2.	Número de impulsores para la suspensión de sólidos.	66
3.5.3.	Factor de corrección de viscosidad para el diámetro del impulsor tipo turbina con hojas inclinadas a 45°.	68
4.5.1.	Especificaciones y dimensiones para la compresora marca Murguía - Kellogg modelos B-335-A y B-335-BD.	103
5.2.1.	Análisis de materiales.	113
6.1.1.	Proyección de la población para el área metropolitana de la Ciudad de México.	121
6.1.2.	Precios de venta de los productores de tinta según el canal de distribución.	123

Tabla No.		Pag.
6.1.3.	Precios de venta propuestos para la manufactura de la tinta para calzado de acuerdo a su canal de distribución.	124
6.4.1.	Factores para la estimación de la Inversión Fija.	130
6.4.2.	Equipos necesarios para la manufactura de la tinta para calzado.	131
6.4.3.	Estimación de costos por mantenimiento y reparación.	134
6.6.1.	Clasificación de los costos para la determinación del punto de equilibrio.	143

INDICE DE FIGURAS.

Fig. No.		Pag.
2.3.1.	Comparación típica del costo de producción de un proceso por lotes y un continuo.	35
2.4.1.	Areómetro de peso constante.	38
2.4.2.	Picnómetros.	39
2.4.3.	Viscosímetro de Ostwald.	41
3.3.1.	Diagrama de flujo para el diseño de un agitador.	56
3.4.1.	Impulsor para flujo axial tipo turbina con hojas inclinadas a 45°. El tanque no tiene mamparas.	62
3.4.2.	Impulsor para flujo axial tipo turbina con hojas inclinadas a 45°. El tanque tiene mamparas.	63
3.4.3.	Impulsor para flujo radial tipo turbina con hojas a 90° con respecto a la flecha del impulsor. El tanque tiene mamparas.	63
3.4.4.	Análisis del tanque y de la geometría del impulsor para un sistema de agitación.	64
3.5.1.	Determinación de la velocidad de asentamiento de sólidos en líquidos de baja viscosidad empleando el tamaño de la partícula.	65
3.5.2.	Relación de la velocidad del agitador, diámetro del impulsor, escala de agitación y velocidad de asentamiento de las partículas.	67
3.6.1.	Dimensiones y especificaciones del tanque para el procesamiento por lotes.	71
3.12.1.	Diseño y especificaciones del tanque de agitación.	83
4.2.1.	Diagrama de flujo para la manufactura de la tinta para calzado. Proceso por lotes.	89
4.2.2.	Instalación de la planta y arreglo de equipos.	90
4.3.1.	Bomba centrífuga marca MAMSA modelo MC 1 / 4.	93
4.3.2.	Correlación de la altura y el gasto volumétrico para la bomba centrífuga modelo MC 1 / 4.	94
4.4.1.	Gráfica de rangos de presión y temperatura para las válvulas marca Lunkenheimer.	96

Fig. No.		Pag.
4.4.2.	Características generales de las válvulas de globo marca Lunkenheimer.	97
4.4.3.	Descripción y especificaciones de partes para la válvula de globo clase 125 marca Lunkenheimer.	98
4.4.4.	Características generales de las válvulas de retención marca Lunkenheimer.	99
4.4.5.	Descripción y especificación de partes para la válvula de retención tipo columpio clase 125 marca Lunkenheimer.	100
4.5.1.	Especificaciones y dimensiones del motor neumático modelo 4 AM - NRV - 50 C.	101
4.5.2.	Relación de la potencia y las revoluciones por minuto para determinar la presión del aire requerida.	102
4.5.3.	Relación de la presión del aire y las revoluciones por minuto para determinar el consumo libre de aire.	102
4.6.1.	Especificaciones y dimensiones de la llenadora para líquidos marca De Vecchi modelo FL - 100 de 2 jeringas.	105
4.6.2.	Especificaciones y dimensiones de la apretadora para tapas roscadas marca De Vecchi modelo EASA - 50.	107
5.1.1.	Funciones del Departamento de Control de Calidad y su relación con otros Departamentos.	112
6.6.1.	Determinación del punto de equilibrio.	144

INTRODUCCION.

El descubrimiento, conquista y colonización del Nuevo Mundo ocasionó una serie de cambios entre Europa y América como fue el caso de la alimentación, cultura, comercialización y vestido. Este último aspecto se vio sumamente revolucionado debido a la introducción del ganado vacuno con el cual, además de ser utilizado para fines alimenticios, marcó en nuestro país, el inicio del arte de curtir sus pieles para la manufactura de calzado y de una gran diversidad de artículos.

En la actualidad, México es un gran productor de calzado de piel siendo León, Guadalajara y la Ciudad de México los lugares en donde se concentra la mayor parte de la industria del calzado, con una producción estimada para el año de 1988 en 40 millones de pares de zapatos de piel. (35).

Para mantener en buen estado el calzado existen diversos artículos como ceras líquidas y sólidas, betunes y tintas los cuales son ampliamente conocidos por el consumidor.

Sin embargo, ante la tremenda producción de calzado y las grandes concentraciones de habitantes como por ejemplo en la Ciudad de México, se podría dar el caso de que existiera una demanda insatisfecha en los productos empleados para lustrar el calzado.

Lo anterior constituye el propósito de esta tesis la cual tiene como objetivo, el realizar un estudio de factibilidad para instalar una empresa que sea capaz de manufacturar una tinta para calzado y comercializarla.

Refiriéndose a la manufactura, se estima que es factible formular una tinta a partir de materias primas de fácil adquisición y posteriormente, de acuerdo al tamaño de la planta y su nivel de producción, se propondrán los equipos y accesorios necesarios para la instalación de la planta.

Por otra parte, en estos tiempos, se piensa que el factor más decisivo para la adquisición de un bien ó servicio es su calidad, por lo que en una empresa resulta indispensable este Departamento.

Con el propósito de elaborar una tinta para calzado que reúna las características necesarias para satisfacer al consumidor más exigente, se propondrá un Control de Calidad tanto para las materias primas como para el producto terminado. Así mismo, deberá de proponerse una política de calidad en la empresa basada en los absolutos de la Calidad (cumplir con los requisitos establecidos).

Para llevar a cabo la comercialización de la tinta para calzado, se piensa que existe una demanda insatisfecha del producto, es decir, se estima que la demanda de la tinta es muy superior a la oferta, lo cual haría que este proyecto fuese en principio

económicamente factible.

Lo anterior se haría evidente al estimar las utilidades generadas en base a la diferencia entre los ingresos obtenibles y los egresos de la empresa.

Los ingresos corresponderán a las ventas anuales del producto las cuales serán establecidas de acuerdo a una estimación del mercado y a una determinada capacidad instalada de producción para la planta. Los egresos totales estarán integrados por los costos variables de operación, los cargos fijos de inversión, los cargos fijos de operación y los gastos generales, mismos que serán cuantificados mediante la estimación de costos y presupuestos de operación de la empresa.

Todo lo mencionado con anterioridad constituye el propósito de esta tesis para la manufactura de una tinta fuerte para calzado, a nivel industrial. En la siguiente tabla se especifican los objetivos de este proyecto.

Tabla de Objetivos:

Objetivo 1

Se estudiará la factibilidad de materias primas para formular una tinta para calzado.

Objetivo 2

Se propondrán los equipos y accesorios necesarios para la instalación de la planta que fabricará la tinta para calzado.

Objetivo 3

Se desarrollará una Política de Calidad para la empresa basada en los absolutos de la Calidad.

Objetivo 4

Se realizará una estimación de mercado para determinar la presencia de una demanda insatisfecha para este producto.

Objetivo 5

Se comprobará la factibilidad económica para la manufactura de la tinta para calzado al estimar las utilidades generadas provenientes de la diferencia entre los ingresos obtenibles y los egresos de la empresa.

MANUFACTURA DE UNA TINTA FUERTE PARA CALZADO, A NIVEL INDUSTRIAL

CAPITULO I.- INTRODUCCION A LAS TINTAS.

1.1. Reseña Histórica. (1).

Los antecedentes históricos del uso de tintas naturales se encuentran en todas las culturas antiguas ya sea Asiáticas, Africanas, Europeas ó Americanas, debido a que el hombre se ha valido desde siempre de los recursos que el medio ambiente le ha brindado, tomándolos silvestremente ó disciplinándolos a través del cultivo, para hacer más fácil y abundante la obtención de las materias primas requeridas por él.

Hace 30 siglos, Moisés fue instruido a aceptar un obsequio "azul, púrpura y escarlata y fino lino y pelo de cabra". El nombre de los colores probablemente se refiere a materiales teñidos con tintas conocidas como indigo, púrpura de Tiro y quermes.

La Biblia por lo tanto, ilustra el antiguo oficio del teñido y la variedad de los productos naturales utilizados en tiempos pasados así como el origen de los tintes, ya que el indigo era extraído de plantas de Indigofera Genus, el púrpura de Tiro de moluscos del genero Murex y Púrpura y el quermes de un insecto seco, Kermes Ilicis, parecido a la cochinilla y del cual se obtiene un color rojo.

Las fabricas de tintas descubiertas en las tumbas egipcias muestran que el teñido era practicado hace 25 siglos A.C.. Se cree que este oficio se originó en la India y fué extendiéndose hacia Persia, Polinesia y Egipto.

El arte de teñir prendas era conocido en China 3000 años A.C.. En base a la evidencia cultural y grabados religiosos, una tinta preparada con la raíz de una hierba llamada rubia (planta rubiácea tintórea) y una tinta azul obtenida de la planta del indigo, fueron usadas en la India 2500 años A.C..

Relativamente por la misma época, en Egipto era practicado el teñido de prendas en amarillo, rojo y verde en donde se encuentran los más antiguos conocimientos textiles debido al embalsamamiento de momias hace 2000 años A.C. y en donde se ha encontrado tinta azul con indigo ó glasto (planta crucifera de cuyas hojas se obtiene un color parecido al añil); esta tinta se prepara con las hojas de la planta de glasto, la cual contiene indigo como un constituyente esencial. El cártamo y la hierba del Viejo Mundo llamada también cardo ó abrojo de la tinta fué usada por los egipcios para obtener sombras de amarillo y rojo desde 2000 años A.C..

El arte del teñido púrpura tal vez no fué inventado por los Polinesios pero sí fué perfeccionado por ellos. La tinta que emplearon, el púrpura de Tiro, era excelente aunque la extraían a un gran costo del caracol púrpura encontrado en el mar Mediterráneo.

Fábricas establecidas en cuevas cerca del mar Muerto 135 años D.C. producían tintas con varias mezclas de cártamo amarillo, quermes e indigo azul. El método de producción de una gran variedad de tintas mediante el mezclado de tinta roja, azul y amarilla era ya conocido por los fabricantes de aquella época.

Europa fué un gran consumidor del añil, el cual era abastecido principalmente por la India antes del descubrimiento de América. Fué tan trascendental la utilización de este colorante que llegó a crear conflictos entre países europeos por su posesión.

Las tintas naturales tuvieron un gran desarrollo en América, particularmente en los pueblos prehispánicos. En el México Prehispánico hubo una gran variedad de tintas naturales pero sin duda alguna las más importantes son el tinte del añil, el tinte de la grana de cochinilla y el tinte púrpura del caracol púrpura. Panza de las costas de Oaxaca, ya que estas tintas aun se siguen empleando.

El descubrimiento del Nuevo Mundo y el establecimiento de rutas de comercio hacia América permitió la introducción en Europa de nuevos tintes ya que los españoles explotaron las tintas basándose en los conocimientos que de ellas tenían los nativos, los cuales sólo las empleaban para fines religiosos y de autoutilización.

En la Edad Media pocos grabados de las artes y oficios han sobrevivido. Tintas y fábricas de tintas fueron traídas a Europa de lugares como Pekín por la ruta de la seda. Fragmentos de seda sobrevivientes de aquella época, ricamente coloreadas, testifican la cantidad de colorantes naturales que tenían disponibles los tintoreros chinos y japoneses. El púrpura de Tiro desapareció misteriosamente en la mitad del siglo XV. (4).

La industria del vestido en Florencia era famosa por su excelente teñido y acabado. Pronto toda Europa hizo del teñido un arte ó un oficio, el cual se transmitía de generación en generación.

Hasta el siglo XIX todos los tintes eran elaborados a partir de productos naturales siendo la mayoría de origen vegetal debido a que se empleaban una gran variedad de plantas. De los vegetales tintóreos se usa toda la planta ó parte de ellas como raíces, troncos, cortezas, hojas, flores y frutos. En esos tiempos, el oficio ó el arte del teñido demandaba un alto grado de habilidad y los detalles de estas habilidades eran sumamente secretos.

En el año de 1856, William Henry Perkin, químico inglés, descubrió la tinta sintética mauveína (violeta de anilina) lo

cual marca el inicio de las tintas sintéticas provocando de esta manera el desplazamiento paulatino de las tintas naturales.

La industria de la manufactura de las tintas sintéticas fue establecida por Perkin en 1857, cuando inicio cerca de Londres un local comercial para la producción de mauveína y posteriormente la de otras tintas. Más tarde, otras fábricas para la producción de tinta aparecieron en Europa y en los Estados Unidos de América por lo que nuevas tintas comenzaron a aparecer en el mercado.

Las investigaciones de la naciente Química Orgánica en el centro de Europa, descubrieron en el año de 1862, unas nuevas clases de tintas sintéticas las cuales fueron perfeccionadas y producidas. Entre esas tintas estaban las tintas de amino-compuestos ($R-N=N-R'$), las cuales comprenden una gran cantidad de tintas sintéticas hasta nuestros días.

La investigación era directamente enfocada a determinar las estructuras de las más importantes tintas naturales y a partir de ellas sintetizar las tintas artificiales. El indigo fué el primer sintetizado en 1880 aunque el proceso de manufactura no fué accesiblemente económico hasta 20 años después. El cultivo de la rubia o granza (planta rubiácea tintórea) y el del indigo declinaron rápidamente a medida que los productos sintéticos comenzaron a ser aceptados por los teñidores.

Posteriormente se descubrió: el rojo congo, que fué la primera tinta en ser usada directamente sobre algodón sin que se requiriese el uso de mordientes ó fijadores (1884); las tintas azóicas, grupo de tintas orgánicas procedentes del azobenceno de colores rojos y amarillos (1911); tintas de acetato con un alto grado de dispersión para penetrar las fibras de acetato (1922-1923), etc..

En la actualidad existen más de 7000 colorantes orgánicos sintéticos para diversos usos comerciales y que son usados en la industria textil, en pieles, papel, alimentos, plásticos, cosméticos, etc..

1.2. Tipos de Tintas.

Las tintas de acuerdo a su origen, se clasifican en tintas naturales o sintéticas. En la actualidad las tintas sintéticas han desplazado a las naturales debido a factores como la facilidad de producirlas a gran escala en la industria, los costos de producción más bajos, etc.. sin embargo muchas tintas naturales son muy apreciadas por los teñidores debido a que algunas de sus propiedades como la firmeza y brillantez aún no han podido ser igualadas por las tintas sintéticas.

1.2.1. Tintas Naturales.

Las tintas naturales, como su nombre lo indica, provienen de la naturaleza ya sea por medio de plantas con propiedades tintóreas, de animales marinos (cierto tipo de caracol) y de insectos.

Algunas de las más importantes tintas naturales que han sido usadas hasta la actualidad son las siguientes: (1), (2).

* Amarillo	*

* Bayas Pérsicas	* La fruta de especies de Rhamnus *
*	* (arbusto).

* Gualda (hierba resedácea	* Los pétalos, semillas y
* de flores amarillas, tinte	* tallos de la planta Reseda
* color amarillo dorado).	* luteola.

* Fustete (arbusto terebin-	* Madera de Morus o Maclura
* taceo de flores verdosas	* tinctórea (Centro o Sud-
* y hojas aromáticas; su	* américa).
* corteza tinte de amarillo	*
* las pieles).	*

* Corteza del Quercitrón	* Quercus nigra ó tinctorea
* (roble negro americano)	* (Estados Unidos de América).

*	*
* Café.	*

* Cato (árbol leguminoso	* Acacia.
* del cual fluye la goma	*
* arábiga.)	*

*	*
* Rojos.	*

* Quermes.	* Insecto seco, kermes, ilicis
*	* (región del Mediterraneo).

* Tinta de laca.	* Laca producida por un insecto
*	* Coccus Lacca (Lejano Oriente).

* Cochinilla.	* Insecto hembra seco
*	* Coccus cacti (México).

* Urchilla (liquisen que vive	* Preparado por la fermentación
* en rocas bañadas por el	* de varios liquenes;
* agua de mar.)	* Roccella tinctoria.

* Rubia (planta rubiácea	* Raíz de Rubia tinctorum
* tinctórea).	* (Asia Menor).

* Cártamo.	* La cabeza seca de la flor del	*
*	* abrojo ó cardo;	*
*	* <i>Carthamus tinctorius.</i>	*

* Azul.		*

* Indigo.	* Preparado a partir de los péta-	*
*	* los de varias plantas de Indigo-	*
*	* fera y de <i>Isatis tinctoria.</i>	*

* Violeta		*

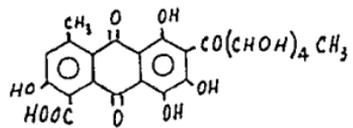
* Púrpura de Tiro.	* Preparada a partir de varios mo-	*
*	* luscos. <i>Murex brandaris.</i>	*

* Negro.		*

* Palo de Campeche.	* Preparada de la madera de los	*
*	* árboles de las Indias Occi-	*
*	* dentales.	*
*	* <i>Haematoxylon campechianum.</i>	*

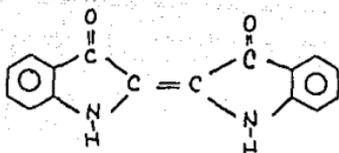
En México existen muchas tintas naturales, pero sin duda alguna las tres más importantes son el tinte de la Grana de Cochinilla, el tinte del Añil y el tinte Púrpura intenso del Caracol Púrpura Panza.

La cochinilla del nopal o grana, es un colorante de extraordinarias propiedades que se obtiene al moler las hembras secas de un insecto parásito del nopal y convertirlas en un polvo guinda llamado Carmin. Esta tinta se ha empleado en el teñido de fibras de origen animal, en la que dá los más brillantes tonos de rojos y morados.



Carmin (2)

El añil es una tinta natural de color azul obtenida de la maceración de una planta llamada Jiquilite, la cual se halla principalmente distribuida en la India, Egipto y México. Se utiliza en artesanías y en industrias de fibras textiles.

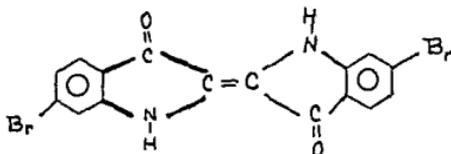


Añil (2)

El tinte de color púrpura intenso utilizado para teñir hilo de algodón ó seda, proviene de una glándula especial de un molusco gasterópodo de la especie púrpura panza. En la glándula se encuentra el tinte almacenado en estado químico de reducción y tiene un color blanco lechoso. (5).

Su fórmula química revela un compuesto con una estructura de 16 carbonos: C-16, H-8, Br-2, N-2, O-2 cuyo nombre es 6-bromo Indigo. Al recibir los rayos del sol y al contacto con el aire, esta sustancia cambia de color por oxidación pasando de blanco lechoso a amarillo, verde, azul y finalmente morado intenso.

Este tinte es tan poderoso que tinte tanto fibras vegetales como animales y no necesita ningún ácido ó mordiente para fijarse, pudiendo teñirse también piedras con la seguridad de obtener una excelente tinción.



Púrpura Murex (8)

1.2.2. Tintas Sintéticas.

Las tintas sintéticas han sido creadas y desarrolladas por el hombre con la finalidad de por una parte substituir a las tintas naturales y por otra, el poder teñir con mayor facilidad y aprovechar las fibras vegetales, animales y sintéticas que se usan en la actualidad a grandes escalas. (9).

Los principales grupos de tintas sintéticas son los siguientes:

1.2.2.1. Tintas Básicas. (3).

Las tintas básicas son moléculas coloreadas que tienen un grupo funcional catiónico (cargados eléctricamente positivos) por lo que son fácilmente aplicables a materiales como la lana, seda y nailon que contienen grupos aniónicos (grupos cargados eléctricamente negativos, como los grupos carboxílicos).

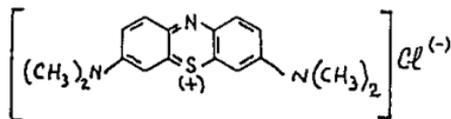
Las tintas básicas pueden ser empleadas para teñir materiales celulósicos, pero debido a que estos materiales contienen pocos grupos aniónicos, es necesario el empleo de mordientes.

Los mordientes son sustancias químicas seleccionadas para fijar los colorantes en las superficies, reaccionar con ellas y modificar sus propiedades. Sirven para los siguientes fines:

- 1.- Actúan como catalizadores de la oxidación para los colorantes.
- 2.- Forman compuestos de color con los colorantes.
- 3.- Se combinan con las moléculas del colorante para mejorar su resistencia a la luz, la oxidación y la humedad. (6).

Ordinariamente se aplica el mordiente a la superficie y se le deja secar antes de usar la tintura. Sin embargo, cuando el mordiente y el colorante son solubles en el vehículo de la tintura pueden algunas veces mezclarse antes de su aplicación. El alumbre, el fluoruro de cromo, el cloruro férrico, el acetato de plomo y el ácido tánico son mordientes característicos. El empleo del mordiente con las tinturas parece ir declinando, particularmente cuando hay que aplicarlo previamente. Las soluciones de mordientes contienen a menudo ácidos ó álcalis para ajustar el pH debido a que éste influirá enormemente en la cantidad de tinta absorbida. Los cationes serán absorbidos más lentamente en las soluciones ácidas y más rápidamente absorbidos en las soluciones alcalinas.

Otra clase de tintas básicas son las de magenta y la rosalina. Las tintas básicas se caracterizan por una pobre firmeza a la luz y son relativamente poco usadas, sin embargo, los modernos desarrollos han producido tintas básicas más firmes, las cuales son de gran importancia en el teñido de fibras acrílicas. Un ejemplo de estas tintas es el azul de metileno. (9).



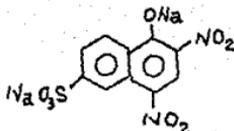
Azul de Metileno
(9)

1.2.2.2. Tintas Ácidas. (6).

En 1862 se observó que la fenil rosanilina podía ser tratada con ácido sulfúrico bajo ciertas condiciones para introducir el grupo ácido sulfónico. La tinta así formada era aniónica y por lo tanto es denominada tinta ácida.

Las tintas ácidas son solubles en agua y no tienen muchas de las

deficiencias de las tintas básicas. Son usadas en lana, seda y algunas fibras sintéticas. Un ejemplo de estas tintas es el amarillo naftol.



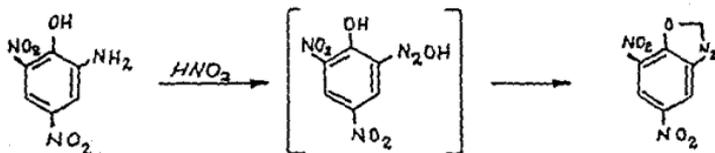
Amarillo Naftol
(2)

1.2.2.3. Azotintas. (7).

En 1858 un joven químico alemán, Peter Griess, descubrió el primer compuesto diazótico, descrito por él como "una nueva clase de compuestos orgánicos en que el hidrógeno está sustituido por nitrógeno", cuando observó que las aminas aromáticas ($R-NH_2$) podían ser fácilmente convertidas a compuestos de diazonio [$R-N=N(+)$] $Cl(-)$].

Semejante hallazgo fue resultado del estudio realizado sobre la conocida reacción que permite sustituir en un compuesto aromático un grupo de amina por un oxhidrilo, al tratarla con ácido nítrico caliente en solución acuosa.

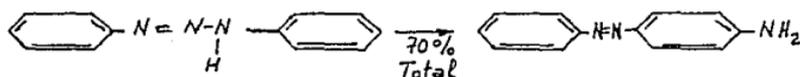
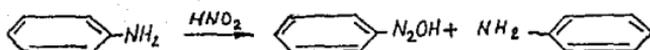
Griess aplicó la reacción al Ácido picramico, mas como esta amina es insoluble en agua, se vio obligado a utilizar alcohol como disolvente. Al hacerlo así, la reacción se desarrolló sin necesidad de calentar, pero las propiedades del producto no correspondían a las de un fenol. Posteriormente el análisis reveló que la sustancia tenía el mismo número de átomos de oxígeno y un átomo más de nitrógeno que el compuesto de partida.



Acido picramico

Anhidrido del
diazodinitrofenol

El avance más sensacional vino con la utilización de la diazo reacción dentro de la formación de tintas sintéticas en el año de 1870. Kekulé encontró que una copulación semejante a la anterior podía realizarse con los fenoles y otras moléculas aromáticas abriéndose la posibilidad de preparar un gran número de tintas y colorantes azoicos.

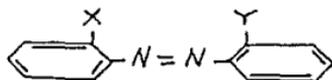


p-Aminoazobenceno ó
amarillo de anilina

Más de 2 millones de azotintas han sido preparadas desde su descubrimiento. Poseen excelentes propiedades para el tñido de la lana y la seda.

Algunas azotintas son usadas con mordientes. En este caso, metales quelantes son usados con las tintas para lograr mejor brillantez y firmeza al mojado. Sin el grupo quelante, el grupo azo está abierto a un ataque fotoquímico y el cromógeno puede ser destruido. Esta posibilidad puede ser considerablemente reducida incorporando un sistema quelante, generalmente el compuesto o-o'-dihidroxiazos sistema dentro de la molécula, al quelato de un átomo metálico.

La introducción de átomos de diazonitrógeno dentro del sistema quelante aporta una considerable estabilización contra la actividad química, fotoquímica y proporciona una buena brillantez y firmeza. Dentro del tñido de materiales celulósicos, el uso del cobre como un agente metalizante para el o-o' dihidroxiazos sistema desarrolla una buena brillantez y firmeza al lavado dado que fija el mordiente sobre la fibra al reducirse su solubilidad y además permite la reacción de sales metálicas sobre agrupamientos ó estructuras especiales de la molécula de colorante como las siguientes: (1).

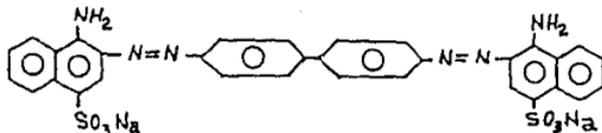


en donde X y Y representan -OH, -COOH, -OCH₂COOH, -OCH₃, etc..

1.2.2.4. Tintas Directas. (8).

Por el año de 1884 el científico alemán P. Bottinger había completado la investigación acerca de la relación entre la

estructura química de una tinta y su afinidad ó substantividad en el tejido de la celulosa, creando de esta manera las tintas directas, las cuales pueden ser aplicadas directamente a la celulosa sin que se requiera un pretratamiento de la fibra con un mordiente. El resultado de lo anterior fué el descubrimiento del rojo congo. Esta tinta se empleó ese mismo año para teñir directamente al algodón.

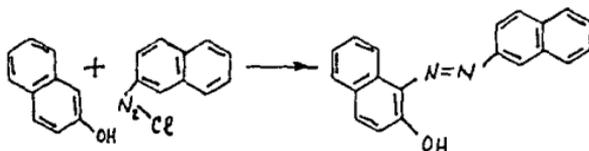


Rojo congo (9).

1.2.2.5. Tintas Azóicas. (9).

Por esos tiempos fueron hechos intentos por sintetizar un azopigmento insoluble directamente sobre la fibra. Este método se patentó en Inglaterra en el año de 1880 y consistió en impregnar el algodón con una solución alcalina de un fenol y sumergirlo después en otra solución, enfriada con hielo, de una sal de diazonio; de esta manera el azóico se desarrolla directamente sobre la fibra, en la cual se alojan dentro de sus intersticios los cristales del pigmento.

La primera vez que se tiñó por este procedimiento se utilizó el colorante rojo azulado conocido con el nombre de rojo de vancaceína.



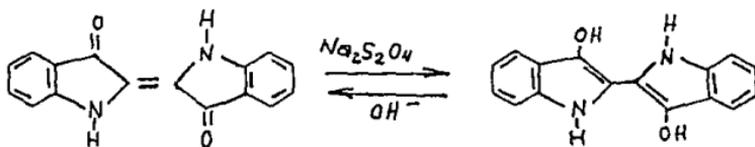
Rojo de vancaceína
(7)

1.2.2.6. Tintas de Tina. (9).

A partir de la preparación del indigo, derivados del mismo fueron preparados y una nueva clase de tintas de indigo fueron producidas. En 1901 el químico alemán René Bohn intentó hacer la antraquinona análoga al indigo aplicando la fusión de indigo-amida de sodio a la glicina derivada de la antraquinona. El resultado fué una nueva estructura quinónica de anillos

múltiples, la indantrona, la cual es una tinta con propiedades muy superiores de brillantez y firmeza.

El indigo es un ejemplo típico de las tintas de tina (compuesto azul muy insoluble conocido desde tiempos remotos). En la actualidad el indigo se produce en forma sintética y se reduce a forma leuco con hidrosulfito de sodio. Se puede oxidar exponiéndolo al aire o para hacerlo con mayor rapidez se puede usar un agente oxidante como el perborato de sodio. El pigmento azul insoluble producido de esta manera queda "encerrado" dentro de la fibra.



Indigo (añil)

Leucoindigo (blanco)
(7)

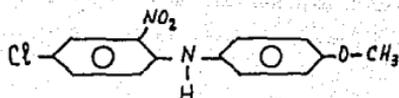
1.2.2.7. Tintas Dispersas. (9) .

Muchos problemas en el teñido surgieron con la aparición en la industria de las fibras sintéticas, en 1920. En ese tiempo un acetato de celulosa se manifestó como un provechoso material textil, pero su futuro comercial fué comprometido debido a que no era satisfactoriamente teñido con las tintas disponibles. Las más recientes fibras fabricadas, como el polipropileno ha presentado también esta dificultad.

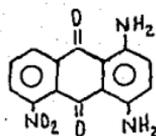
Se encontró que el acetato de celulosa podía ser teñido por simples compuestos de azoaminas con muy baja solubilidad en agua probando que podían ser satisfactoriamente dispersados en un baño acuoso de tinta. La producción de un matiz satisfactorio anaranjado y rojo fué fácilmente logrado, pero la solución completa al problema solo vino con el trabajo de los químicos ingleses Baddiley y Sheperdson, quienes prepararon convenientemente tintas dispersas azules de aminoantraquinona.

Las tintas dispersantes ó dispersas como fué llamada esta nueva clase de tinta, son escasamente solubles en agua y realmente tifen desde la solución.

Una de las consecuencias de usar una molécula de tinta débilmente polar es que la tinta no ionizada generalmente posee una presión de vapor significativa. Un ejemplo de estas tintas es la C.I. Anaranjado disperso 15 (a) y el violeta disperso (b).



(a) (3)

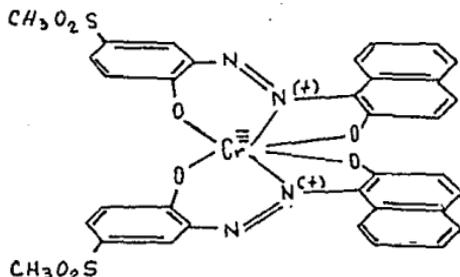


(b) (3)

Aunque lo anterior puede aumentar el problema de la resistencia a la sublimación en el cual la tinta tarda en secar. Ésta puede vaporizarse por tratamientos con calor, haciéndose posible con esto, el desarrollo de procesos de teñido secados con calor basándose en la volatilidad de la tinta.

1.2.2.8. Tintas de Metales Complejos. (9).

Un desarrollo muy significativo es el crecimiento en importancia de las tintas de complejos 1:2 de cromo, las cuales contienen dos moléculas de tinta combinadas con un átomo metálico.



Pardo violeta
Irgalán DL
(8)

Las tintas con colorantes al cromo se caracterizan por sus tonos intensos y oscuros por lo que su gran popularidad se debe más a su fijez y estabilidad que a la brillantez de sus tonos, ya que en términos generales son sumamente estables a la luz y al lavado.

Por el año de 1925, se encontró que ciertas tintas que contenían grupos quelantes en relación 1:1 formaban compuestos solubles con cromo, esto es, una molécula de tinta con un átomo metálico el cual actúa como mordiente. Estas tintas podían ser aplicadas bajo condiciones fuertemente ácidas para lograr buenos teñidos sobre la lana, ya que por su carga fuertemente negativa, los productos cromados no se pueden aplicar a la lana con un grado aceptable de uniformidad. Sin embargo, se consigue una solubilidad conveniente utilizando sustituyentes tales como grupos metilsulfonilo y

sulfonamida ($RSD_2NR'R''$), donde R es un radical orgánico y R' y R'' son hidrógeno ó radicales orgánicos) que proporcionan el necesario carácter hidrofílico sin contribuir sin ninguna carga aniónica. Estos complejos 1:1 se aplicaban en baños con fuerte reacción ácida (pH de 1.9-2.0) y fueron muy empleadas durante dos décadas.

Hubo un gran desarrollo en los trabajos sobre las tintas de complejos metálicos para emplearse en la lana por lo que en 1940 estas investigaciones se enfocaron en los complejos 1:2. Estas tintas tienen una gran sustentividad y para poder lograr un rango de tñido suficientemente controlable deberán de ser aplicadas en baños debilmente ácidos ó incluso neutros debido a que el pH influirá muchísimo en la cantidad absorbida.

Las soluciones ácidas ó debilmente ácidas que estén por debajo del punto isoelectrico del pelo (aproximadamente 4.8) producirán fibras positivamente cargadas. Esto dará lugar a una rápida absorción del cromo y otros aniones. Se encontró además, que la aplicación de las tintas de metales complejos 1:2 era simplificada por la adición de grupos debilmente polares tales como los grupos sulfonamida y metilsulfonil en lugar de los usuales grupos solubilizantes de ácido sulfónico.

1.3. Propiedades y limitaciones de las tintas. (1).

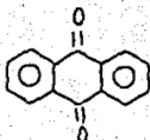
Las principales características que determinan la calidad de una tinta que va a usarse para el tñido de algún material, son las siguientes:

- 1.- Intenso color.- deben impartir un color uniforme.
- 2.- Firmeza.- resistencia a las fuerzas químicas y mecánicas que se encuentran en la manufactura o el uso del producto coloreado.
- 3.- Solubilidad.- la tinta debe de ser soluble en su medio de aplicación, el cual es generalmente agua (disolvente).
- 4.- Sustentividad.- capacidad de la tinta para ser adsorbida ó retenida por la fibra.
- 5.- Reactividad.- combinación química de la tinta con la fibra.

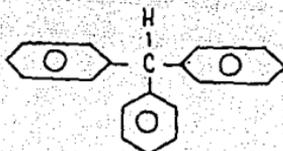
Color.

Las materias colorantes orgánicas son compuestos complejos insaturados, esto es, compuestos con múltiples enlaces entre los átomos y cada compuesto tiene una estructura molecular conteniendo uno de los cromóforos fundamentales. Tres de los más

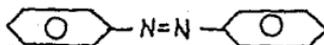
importantes cromóforos son el trifenilmetano, la antraquinona y el azobenceno.



Antraquinona



Trifenilmetano



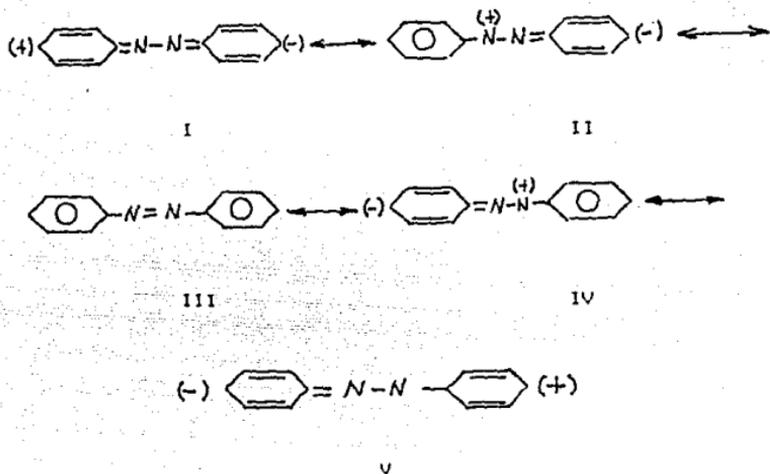
Azobenceno

Los compuestos cromofóricos generalmente tienen muy poco color debido a que la cadena de la molécula es relativamente corta. Si la cadena fuera alargada como en los pigmentos naturales de caróteno, el color oscurece. No es conveniente introducir cadenas largas en las tintas sintéticas por lo que en lugar de ellas se usan grupos sustituyentes llamados auxóchromos para intensificar el color.

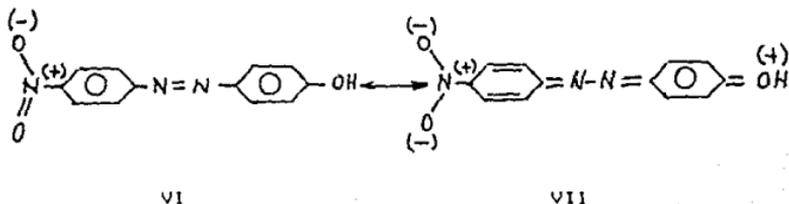
Los auxóchromos generalmente son sustituyentes polares (átomos ó grupos cargados eléctricamente) incluyendo sustituyentes tales como el cloro, nitro, hidroxilo, metoxi, amino, metil amino, dimetil amino y grupos trifluorometil.

En sistemas con dobles y simples enlaces de cromóforos, uno ó más de los electrones móviles llamados electrones π están disponibles para moverse a través de la molécula por lo que se pueden escribir formas de estructuras electrónicas de moléculas que se denominan como formas de resonancia.

Ninguna de estas estructuras describe a la molécula como si realmente este existiera, pero la molécula puede ser considerada como un híbrido, por ejemplo, se puede representar la estructura híbrida del azobenceno. De las siguientes estructuras la más estable es la III porque no requiere energía para separar las cargas, es decir, no presenta cargas eléctricas.



La función de los grupos auxóchromos es la de incrementar la estabilidad de las formas de resonancia originales. Estos grupos pueden hacer eso porque pueden retener cargas eléctricas más fácilmente que los átomos de carbono. Por ejemplo, cuando dos grupos auxóchromos son unidos a una molécula de azobenceno, la estructura resultante puede ser una forma híbrida.



En este caso la configuración electrónica VII es más estable que I, II, IV o V porque las cargas ahora retenidas en los átomos de oxígeno y nitrógeno los cuales, retienen las cargas más fácilmente que el carbono. El resultado es que este compuesto tiene un color más intenso que el del azobenceno. El incremento en la estabilidad de las estructuras electrónicas de una molécula provoca que los electrones se muevan más fácilmente a lo largo del cromóforo.

Los cromóforos descritos absorben más energía a longitudes de onda cortas, esto es, en la región ultravioleta del espectro aparecen descoloridos ó tienen sólo un débil color amarillo. Cuando un auxócromo está presente la longitud de onda de absorción se incrementa, se mueve a la región visible ocasionando que el color aparezca. Por ejemplo, la antraquinona es siempre débilmente coloreada pero la 1 metil amino antraquinona tiene un intenso color rojo.

La tabla 1.3.1. muestra los cambios de color que ocurren en un sistema cromofórico cuando la banda principal de absorción atraviesa el espectro desde una longitud de onda corta a una larga.

Tabla 1.3.1.- Efecto de la absorción de la longitud de onda sobre el color observado. (7).

Longitud de onda, (A).	Absorción de luz visible	
	Luz absorbida	Color observado (se incrementa la profundidad del matiz).
4000	Violeta	Amarillo verdoso.
4250	Añil (indigo)	Amarillo
4500	Azul	Anaranjado
4900	Verde azulado	Rojó
5100	Verde	Púrpura
5300	Amarillo verdoso	Violeta
5500	Amarillo	Añil (indigo)
5900	Anaranjado	Azul
6400	Rojó	Verde azulado
7300	Púrpura	Verde

Una sucesión de cambios puede ser producida por la substitución del cromóforo con una sucesión de auxócromos seleccionados, ya sea uno ó más a la vez, por lo que estos auxócromos incrementan la efectividad del cambio de color, realizando la movilidad de los electrones del sistema cromofórico. En el caso de las azotintas el matiz puede ser profundizado por la substitución de cualquiera de los núcleos aromáticos unidos al grupo azo; si ambos son substituidos el efecto es más profundo.

Firmeza.

La capacidad para resistir el lavado sin cambios en el color, es decir, la "resistencia al lavado" y la capacidad para resistir la exposición a la luz, es decir, la "resistencia a la luz", son dos de las propiedades más importantes para los usuarios de tejidos coloreados. El material colorante que es unido químicamente a la

fibra, como es el caso de las tintas reactivas ó el que está presente como partículas insolubles en agua, con baja solubilidad en soluciones jabonosas, como es el caso de las tintas de tina, son las que tienen la más alta resistencia al lavado.

Las tintas solubles en agua generalmente tienen una baja resistencia al lavado, pero la resistencia a ser removidas por jabón varía grandemente de una tinta a otra. La firmeza generalmente es favorecida por el alto peso molecular de la tinta y un número mínimo de grupos solubilizantes.

Todas las materias colorantes orgánicas se decoloran cuando son expuestas a la luz, mientras que los colorantes inorgánicos lo hacen escasamente. El decoloramiento por la luz es la más compleja de las reacciones que las tintas sufren durante su uso y se ha intensificado la investigación para tratar de descubrir la causa de esto, pero aún no ha podido ser completamente entendida.

La firmeza a la luz de cualquier material teñido depende no sólo de la naturaleza misma de la tinta, sino también de muchos factores, incluyendo el procedimiento de aplicación, profundidad del matiz, tipo de la fibra, el contenido de oxígeno en el aire y la naturaleza de la iluminación.

Solubilidad.

Debido a que el teñido se lleva a cabo en soluciones acuosas, las tintas deben de contener grupos substituyentes que les confieran solubilidad en agua. La siguiente tabla incluye los más importantes grupos solubilizantes usados en las moléculas de tinta.

Tabla 1.3.2.- Grupos solubilizantes usados con varias clases de tintas.

Nombre	Estructura*	Tipo de tinta
Permanentes. Sulfonato de sodio	$-SO_2Na$	Directa para algodón, Ácida para lana, mordiente de cromo; 1:1 tintas de complejos metálicos para lana.
Clorhidrato de amina	(+)(-) $-NH_3Cl$ (+)(-) $-NR_3Cl$	Tintas básicas para celulosa, lana, seda y fibras acrílicas.
Hidroxi, amino y grupos sulfonamidas	$-OH, -NH_2,$ $-SO_2NH_2$	Tintas dispersas para acetatos de celulosa, naillon, fibras de poliéster; 2:1 tintas de complejos metálicos para lana y naillon.

Temporales.

Fenolato de sodio (-)(+)
-O Na

Cierta clase de tintas para celulosa, por ejemplo: naftoles para la azoñión de la fibra; tintas de tina.

* R= grupo aril ó alquil.

La solubilidad en agua puede ser necesaria sólo temporalmente durante el teñido, la tinta deberá de ser tratada para que posteriormente sea insoluble al agua cuando ya está en la fibra. La solubilidad temporal puede ser obtenida con una insoluble molécula de tinta no iónica, conteniendo grupos quinónicos, por ejemplo, por reducción química (adición de electrones) en presencia de un álcali para producir una sal de la correspondiente hidroquinona; la quinona original es entonces regenerada sobre la fibra después del teñido por oxidación.

Este procedimiento de óxido-reducción es la base del proceso del teñido de la tinta. Usualmente el hidrosulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) es el reductor usado y el hidróxido de sodio (NaOH) es el álcali, con el resultado de que la sal de sodio de la reducción formada del teñido, origina el compuesto leuco. El compuesto leuco es generalmente inestable al aire por lo que es rápidamente oxidado para regresar a la tinta original. (7).

$\text{R}(\text{CO})_2$	----->	$\text{R}(\text{C}\cdot\text{ONa})_2$	-----	$\text{R}(\text{CO})_2$
Tinta de tina insoluble	+ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ +NaOH Reducción con solución de hidrosulfito de sodio	Sal de sodio del leucocompuesto	O_2 Oxidación con aire	Tinta original

Adhesión.

La adhesión de una molécula de tinta al material a ser teñido cuando se lleva acabo por medio de una atracción intermolecular, se conoce como sustantividad y cuando se produce mediante enlaces químicos entre el material y la molécula de tinta, se conoce como reactividad.

Sustantividad.

La presencia de uno ó más grupos específicos en una molécula de tinta determinan su sustantividad ó afinidad para cualquier tipo de fibra y su método de teñido. Estos grupos pueden ser los siguientes:

1.- Grupos aniónicos ó cationicos.

Estos grupos cargados negativa ó positivamente, confieren solubilidad a las tintas y afinidad para la fibra con propiedades iónicas.

2.- Grupos polares.

Aunque estos sustituyentes son eléctricamente neutros, contribuyen a la separación de cargas dentro de la molécula. Este efecto incrementa la afinidad de las tintas no iónicas (dispersas) por las fibras sintéticas e influye considerablemente en el color.

3.- Grupos que inducen en toda la molécula de tinta un esparcimiento uniforme lo que es esencial para producir una provechosa afinidad en tintas para acetatos de celulosa ó poliésteres.

4.- Largas cadenas conjugadas.

Si una molécula de tinta es lineal, su afinidad por las fibras de celulosa se incrementa regularmente con la longitud de la cadena alternando simples y dobles enlaces. Para tener una satisfactoria afinidad se deben de tener al menos 8 dobles enlaces conjugados.

5.- Grupos fenólicos.

Cuando las moléculas de tinta están adyacentes a otros ciertos grupos, los grupos fenólicos confieren facilidad para la combinación con el mordiente metálico.

6.- Grupos quinónicos.

En la ausencia de grupos iónicos permanentes, las quinonas permiten a la tinta ser usada para teñir fibras celulósicas por medio de una solubilización temporal.

7.- Grupos de aminas primarias.

Los grupos de aminas primarias usados en bases para tintas azóicas pueden ser diazotadas y acopladas con naftoles antes de ser adsorbidas sobre la fibra.

8.- Cadenas parafínicas.

Las cadenas de hidrocarburos saturadas (parafinas) son usadas en unas pocas clases de tintas. Por ejemplo, cuando se adhieren a una molécula ácida para el teñido de la lana, una cadena parafínica de moderada longitud (conteniendo de 4 a 12 carbonos) infiere firmeza al lavado y a otros tratamientos de mojado. Cuando son insertadas entre grupos polares y núcleos aromáticos de una molécula de tinta dispersante, una cadena corta de 2 a 3 carbonos, proporciona firmeza al secado por calor.

Cuando se insertan entre un grupo amino cuaternario y un núcleo aromático, proporcionan a la aplicación de tintas catiónicas una ligera firmeza en el teñido de fibras de poliacrilonitrilo.

Reactividad

Las tintas reaccionantes deben su retención sobre la fibra en base a un principio diferente de los que controlan el teñido de la mayoría de las otras clases de tintas, esto es, forman un

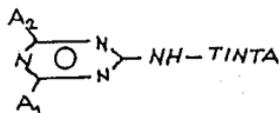
enlace químico covalente (no iónico) con las moléculas de la fibra. Tales enlaces están formados por una reacción entre un específico grupo químico substituyente de la molécula de tinta y una parte de la molécula de la fibra.

Los grupos reaccionantes asociados con algunas clases de tintas se muestran en la siguiente tabla. Otros grupos son continuamente adicionados a las moléculas de tintas haciendo que las tintas reaccionantes estén siempre en desarrollo.

Tabla 1.3.3.- Tipos de grupos reaccionantes en las tintas.

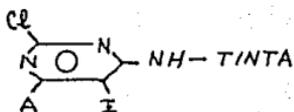
Clase
Tintas reactivas para la celulosa.
Triazina

Estructura química



A1= Aril ó Cl A2= Cl

Clase
Pirimidina



A= Cl E= H ó Cl

Clase
Derivados de vinilo

HO₃SOCH₂CH₂-X-tinta

X= -SO₂-, -CONH-, -SO₂NH-

Clase
Tintas reactivas para la lana.

Acrilamida

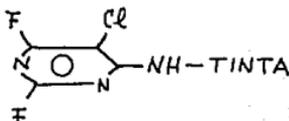
CH₂=CHCONH-(tinta-complejo
metalico)

CH₂=C(Br)CONH-tinta

Clase
Vinilsulfonil

NaO₃SOCH₂CH₂SO₂-tinta

Clase
Trihalopirimidina



1.4. Tintas para calzado. (6).

La piel tiene unas propiedades únicas que la hacen ser ideal para usarse en la manufactura de una variedad de productos siendo el mas notable el del calzado. Existen extremadas variaciones en las propiedades de la piel debido a las diferencias en los tipos de pieles usadas, variando desde la estructura blanda de una piel de oveja, hasta la dura capa de la piel del caballo empleada para proporcionar una larga duracion. Las variaciones en el procesamiento de la piel, inducen grandes cambios en sus propiedades físicas aun cuando la piel procede de un mismo animal, por ejemplo la del ganado vacuno.

Si la piel es destinada para un uso único como es el caso cuando se emplea para la parte superior del calzado (la inferior se refiere a la suela del calzado), una gran variación en sus propiedades es recomendable para todos los diferentes tipos de calzado que existen, por ejemplo: calzado casual, militar, de trabajo o de vestir. Las propiedades físicas de la piel de ganado para calzado son listadas en la siguiente tabla.

Tabla 1.4.1.- Propiedades físicas de la piel del ganado vacuno.

Propiedad	Rango	Valor Representativo
Fuerza de tensión, Mpa (A)	15.26-37.48	27.6
Elongación a la fractura, %	29.50-75.00	40
Resistencia a la rasgadura, N/cm(B)	1280-2275	1751
Resistencia a la rasgadura de uniones, N/cm(B)	226-961	525
Espesor, mm	1.5-2.4	1.8
Resistencia al resquebrajamiento, N/cm(B)	525-1489	1051
Temperatura de encojimiento, °C(C)	96-120	100
Densidad aparente, g/cm ³	0.6-0.9	0.75
Densidad real, g/cm ³	1.4-1.6	1.5
Flexibilidad (flexómetro)		
Longitud de flexión, cm	6-9	7
Modulo de flexión, MPa(A)	19.7-68.9	34.5
Modulo de compresion, MPa(A)		0.345
Resistencia al calor	Descomposición anhidra en	160-165°C
Factor de flexibilidad		400
Recubrimiento, %		57
Deformación, %		21

(A) Para convertir MPa a psi, multiplicar por 145.

(B) Para convertir N/cm a lb/ft, dividir por 14.6.

(C) Valores para pieles curtidas con cromo.

El tejido de la piel presenta algunas dificultades no encontradas en el tejido textil. A diferencia de los textiles, la piel no es un producto homogéneo de composición precisa, ya que sus propiedades químicas no pueden definirse con exactitud debido a que es un producto derivado de una proteína colágena (sustancia del cuero ó la piel) tratada con uno ó más curtientes. Aunque las características químicas y propiedades del colágeno han sido determinadas con exactitud, la diversidad de materiales que la transformarán en piel curtida cambian la composición química de la piel haciéndola extremadamente indefinida.

La piel procesada se ve afectada en sus propiedades de tejido debido a los compuestos usados para convertir el cuero en piel, las cantidades de estas sustancias, el método de aplicación y las condiciones físicas del cuero antes del curtido y/o el tejido. También la piel retiene muchas de las propiedades originalmente encontradas desde el comienzo del proceso de curtido, lo cual afecta profundamente en la mayoría de los casos, limitando las propiedades del tejido en el producto final, siendo estas propiedades principalmente, la sensibilidad a los extremos de pH, termolabilidad y la tendencia a combinarse con compuestos ácidos ó básicos.

Las cuatro principales clases de tintas empleadas en la coloración de la piel son las ácidas, ácidas/directas, directas y las básicas. En la piel curtida con cromo las tintas directas generalmente tienen mayor afinidad y producen completos ó profundos matices que los que logran las tintas ácidas ó crómicas.

Las tintas ácidas/directas pueden ser clasificadas como una de las principales tintas para la piel, que actualmente están en uso. El color de las tintas básicas es débil y desigual en las pieles curtidas con cromo a menos que la piel sea tratada con un mordiente ó recurtida con materiales apropiados tales como vegetales taninos, curtientes sintéticos ó una aplicación previa de una tinta ácida ó directa. Estas tintas pueden ser usadas directamente sobre pieles curtidas con vegetales taninos para producir matices profundos ó como se ha hecho frecuentemente, siguiendo una coloración preliminar con una tinta ácida ó ácida/directa. Finalmente las tintas básicas son usadas para impartir un completo matiz con un mínimo de colorante y costo.

Las tintas ácidas y directas varían considerablemente en sus propiedades penetrantes sobre la piel curtida con cromo. Aunque no es posible hacer una división precisa, se considera a las tintas directas, como tintas con gran superficie de tejido siendo en este aspecto superiores a las tintas ácidas.

Químicamente, existe una relación entre el número de grupos de ácido sulfónico por molécula de tinta, el peso total de la molécula y la habilidad para poder penetrar hacia el interior de las secciones de la piel. Así, tintas con un bajo peso molecular y una proporción relativamente grande de grupos de ácido sulfónico penetran más profundamente que aquellas con un alto

peso molecular ó con pocos grupos de ácido sulfónico por molécula. Dado que las tintas directas caen dentro de la segunda categoría, tienden a teñir sólo la superficie de las pieles curtidas con cromo.

Generalmente, en el teñido de la piel es necesario el empleo de dos ó más teñidos para producir el matiz deseado. Dado que el matiz es importante, la tinta seleccionada deberá tener aproximadamente el mismo rango de difusión; este es un factor importante en el ajuste de matices. El desarrollo de una serie de tintas para textiles no puede ser usado como una guía para su uso en pieles. Para la mayoría de las pieles sólo un teñido ó un colorante superficial es requerido, sin embargo, algunos zapatos y prendas de cuero requieren de un cierto grado de penetración lo cual puede ser obtenido por un simple incremento del grado de neutralización ó por la adición de un álcali.

Este procedimiento es usado para obtener alguna penetración para resistir ó minimizar subsecuentes raspados en la superficie de la piel. Si no es hecha una adecuada selección de la tinta en estas combinaciones y si una de las tintas tiende a difundir más rápidamente que la otra, el resultado es que se forman dos capas y se va perdiendo matiz en la piel.

El desarrollo de estas dos capas puede ocurrir durante el proceso de secado y debido a que la piel aún está húmeda por la aplicación de la tinta, esta variación no puede ser siempre observada.

En el caso de la mayoría de las pieles rugosas (excepto para las pieles especiales, tales como la piel de becerro satinada, cabrito satinado y todas las pieles de ante) la tinta usada es aplicada como color de "fondo" y el matiz final y acabado del producto es obtenido por la aplicación de revestimientos "superiores" con pigmentos apropiados. La gran opacidad de los pigmentos tiende a llenar y ocultar la mayoría de las imperfecciones (aquellas causadas por picaduras de insectos, rasguños con alambres de púas, etc.) que son las que están presentes generalmente en los cueros.

Es necesario tener presente que existen cuatro principales clases de tintas usadas para el teñido de la piel. Estas tintas como ya se había mencionado, son las siguientes: tintas ácidas, ácidas/directas, directas y básicas. Todas ellas pueden ser modificadas en su formulación, de tal manera que con pequeñas variaciones en su composición porcentual, se pueden lograr cambios en el matiz, en la penetración de la tinta, en el tiempo de secado, en el pH, etc., de donde se concluye que la selección de la tinta para calzado estará en función del tipo de piel ó cuero a teñir, de las materias primas para la formulación de la tinta, del proceso de manufactura y de los costos de producción.

CAPITULO II.- PROCESO DE FABRICACION.

2.1. Formulación. (6).

Se entiende por tintes ó tinturas las soluciones ó dispersiones de colorantes en un vehiculo preparadas para su aplicación en la superficie de objetos ó materiales, con el fin de comunicarles efectos de coloración más que de formar un revestimiento protector.

Los colorantes ó sustancias para teñir suelen ser compuestos orgánicos que sirven para dar color a diversos materiales u objetos, entre ellos los siguientes: fibras animales, vegetales ó sintéticas y productos similares tales como lana, seda, algodón, rayón, nailon, papel, cuero ó pieles. Conviene establecer la diferencia entre un colorante y un pigmento; los colorantes son solubles en el disolvente mientras que las materias colorantes insolubles se conocen con el nombre de pigmentos. Un compuesto orgánico se ve de color cuando absorbe la luz de una ó más frecuencias en la región visible de 4000 a 7500 Å de longitud de onda (Tabla 1.3.1.).

Las tinturas se aplican a una extensa variedad de materiales y aunque su función principal es cambiar el color de las superficies, frecuentemente se formulan para servir como limpiadores, vidriados, impregnantes, tintas, pulimentos, impermeabilizantes y para otros muchos fines.

No se puede esperar de ningún tipo simple de tintura que sea el apropiado para todas estas diversas aplicaciones y en la práctica, se formulan tinturas para usos específicos. Por consecuencia, las tinturas varían extensamente en su composición.

Para el teñido del cuero, las tinturas alcohólicas constituyen una buena tintura, debido a que se caracterizan por una rápida y profunda penetración en el cuero ó la piel, excelente firmeza (resistencia al lavado y a la exposición de la luz) y sustentividad (absorción del color por la piel) además, presentan un rápido secado; por éste último rasgo son difíciles de aplicar uniformemente en grandes áreas, excepto con máquinas.

Estas tinturas son generalmente soluciones de 0.5-12 % de colorantes en alcoholes (disolvente). Dos tipos de colorantes azínicos son solubles en alcohol: las indulinas solubles en alcohol y las nigrosinas solubles en alcohol, las cuales son muy útiles en tinturas para calzado y cuero y en tintas para marcas y estarcidos debido a que imparten una profusa coloración, es decir, un matiz profundo al material a teñir.

En base a lo anterior, una tintura alcohólica está compuesta por un colorante y uno ó más disolventes, que se usan para tener un mayor intervalo de temperaturas y velocidades de evaporación, y a veces para introducir en la fórmula sustancias solubles en distintos disolventes.

Los disolventes o como se les denomina en la industria "solventes" se pueden definir como fluidos volátiles o mezclas de los mismos capaces de disolver ó dispersar otras sustancias.

Aunque los disolventes, según algunos autores, no se consideran como parte integrante de una pintura ya que se evaporan con más ó menos rapidez: después de que ésta es aplicada, desempeñan sin embargo, un papel muy importante en la formulación de las mismas, ya que de ellos dependen gran parte de las propiedades físicas controlables como es la viscosidad, el contenido de sólidos, peso específico, fluidez, etc.. (20).

El metanol, alcohol etílico, alcohol isopropílico y el n-butanol se emplean como disolventes, auxiliares de mezclas, agentes antiespumosos, antienrojecedores, anticongelantes y preservativos. (9).

Los alcoholes son compuestos orgánicos que se caracterizan por la presencia del grupo oxhidrilo (OH^-) en la molécula, el cual les confiere una gran afinidad con el agua ($\text{H}+\text{OH}$). La estructura de la molécula unida al grupo OH^- tiene un efecto decisivo sobre todas las propiedades siendo la principal su alta polaridad, por lo que se constituye como un gran disolvente, el cual secará por evaporación.

En la formulación de diversas tinturas se emplean aminas alifáticas e hidroxiaminas (amino alcoholes): diamilamina y las etanol aminas e isopropanol aminas, que son particularmente útiles en emulsiones y como disolventes orgánicos, como es el caso de las aminas aromáticas, por ejemplo: la anilina, la cual se emplea en tintas y betunes para calzado en una proporción de 0.5 a 3 %, el n-(2-hidroxietil) anilina (2-anilino etanol) y de aminas diversas como 2-amino-2 etil-1-3 propanodiol. (9). (3).

Se usan también los hidrocarburos nitroaromáticos en proporción de 0.1 a 1 %, los cuales son buenos disolventes en las tinturas para calzado además de que, son muy solubles en la mayor parte de los disolventes orgánicos. Ejemplos de hidrocarburos nitrados son el 1-nitropropano, 2-nitropropano y nitrobenzeno el cual actúa como disolvente selectivo y es miscible en todas proporciones con éter, benceno y varios aceites, que lo hacen ser muy apropiado en la formulación de diversas tinturas. (5).

Dado que las tinturas alcohólicas son soluciones de 0.5-12 % de colorantes en alcoholes y considerando el profundo matiz que imparte la nigrosina en las pieles ó cueros, se sugiere que el porcentaje de este colorante sea del 3 %. Por otra parte, uno de los disolventes más empleados en la industria es el metanol por sus propiedades antiespumantes, anticongelantes, preservativas y por su rápida evaporación, lo que lo hace ser un buen vehículo para la nigrosina.

A fin de mejorar la disolución del colorante en el vehículo, se propone el uso de disolventes auxiliares como la anilina, la cual se incluye en formulaciones de tintas y betunes para calzado en

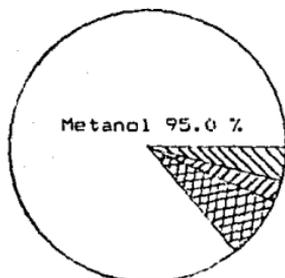
una proporción de 0.5-3 % y se caracteriza por ser útil en emulsiones y como un buen disolvente orgánico. Otro disolvente auxiliar muy empleado en la formulación de tinturas es el nitrobenzenceno en una proporción de 0.1-1 % ya que es muy soluble en la mayor parte de los disolventes orgánicos además de que actúa como un disolvente selectivo para colorantes.

Por lo tanto, dado que se requiere un buen vehículo para disolver el colorante y tomando en consideración los porcentajes en las formulaciones de tintas para calzado de la anilina, el nitrobenzenceno y el metanol como disolventes, se propone emplear a la anilina en una proporción de 1.5 % y al nitrobenzenceno en una de 0.5 %, las cuales corresponden aproximadamente a la mitad del rango de aplicación recomendable para estos disolventes.

Dado que la suma de los porcentajes a emplearse de la nigrosina (colorante), la anilina y el nitrobenzenceno (disolventes auxiliares) en la formulación de la tinta, es igual a un 5 %, se deduce que el metanol estará en una proporción del 95 % como disolvente principal.

En resumen, se propone la siguiente formulación de una tinta alcohólica para la manufactura de la tinta para calzado:

	(Principal	(Metanol,	95.0 %
Disolventes	(Auxiliares	(Anilina,	1.5 %
	((Nitrobenzenceno,	0.5 %
Colorante	((Nigrosina,	3.0 %
		Total	100.0 %



 Anilina, 1.5 %
 Nitrobenzenceno, 0.5 %
 Nigrosina, 3.0 %

Los aspectos económicos de las materias primas de ésta formulación, se evaluarán posteriormente en el capítulo VI.- Análisis Económico.

2.2. Materias primas.

En la manufactura de la tinta para calzado, las materias primas requeridas de acuerdo a la formulación propuesta son: metanol, anilina, nitrobenzenceno y nigrosina, las cuales se describen a continuación.

2.2.1. Metanol. (6), (39).

Nombre común: alcohol metílico.

Sinonimos: metanol, carbinol, alcohol de madera.

Fórmula: CH_3OH .

Peso molecular: 32.04 g/gmol.

Es un líquido incoloro, neutro a la temperatura ordinaria, con olor picante característico a temperatura ambiente. A partir de su descubrimiento a finales del siglo XVII, el metanol ha crecido en importancia hasta llegar a ser una de las sustancias químicas más empleadas a nivel mundial con una producción anual de 12×10^6 toneladas métricas. El metanol ha sido llamado alcohol de madera porque fué obtenido comercialmente por más de un siglo a partir de la destilación destructiva de la madera.

Las propiedades físicas del metanol están dadas en la siguiente tabla.

Tabla 2.2.1.- Propiedades físicas del metanol.

Propiedad	Valor
Punto de fusión, °C	-97.68
Punto de ebullición, °C	64.70
Calor de formación (líquido) a 25°C, kcal/mol	-39.86
Energía libre de formación (líquido) a 25°C, kcal/mol	-39.86
Calor de fusión, cal/g	24.61
Calor de vaporización al punto de ebullición, cal/mol	269.83
Calor de combustión a 25°C, cal/g	5416.34
Límite de inflamabilidad en el aire:	
inferior, % vol.	6.0
superior, % vol.	36
Temperatura de autoignición, °C	470
Punto de inflamación, copa cerrada, °C	12
Tensión superficial, mN/m	22.6
Calor específico:	
del vapor a 25°C, cal/(g°K)	0.3274
del líquido a 25°C, cal/(g°K)	0.6054
Solubilidad en agua, alcohol, éter	Miscible
Densidad a 25°C, g/cm ³	0.786683
Viscosidad del líquido a 25°C, g/(cm seg)	0.00541
Constante dieléctrica a 25°C	32.7
Evaporación del metanol a P = 760 mmHg.	
Tiempo (hrs.)	0.5 0.52 0.75 1.08 1.4
% Evaporación	24 40 60 80 100

Toxicidad.

El metanol es depresor del sistema nervioso central. Por oxidación en el cuerpo dá formaldehído y ácido fórmico produciendo embriaguez inicial, seguida de perturbaciones

visuales y coma. La muerte se produce por parálisis respiratoria y frecuentemente se evita administrando suficiente cantidad de bicarbonato sódico u otra base. En algunos casos la ingestión de 30 - 60 gramos ha causado la muerte.

Otras manifestaciones tóxicas son: calambres musculares, perturbaciones de la digestión, vahidos, estupor y coma, daños en el sistema óptico, ceguera. La concentración máxima tolerable en el aire es de 200 ppm por 40 horas de trabajo/semana. En la tabla 2.2.2. se dan las concentraciones permisibles de metanol.

Tabla 2.2.2.- Valores de la tolerancia estimada para el metanol.

Duración	Concentración, ppm
1 hr	1000
8 hr	500
24 hr	200
5 X 8 horas de trabajo/día	200
168 hr	50
30 días	10
60 días	5
90 días	3

Almacenaje.

El metanol se almacena en tanques de hierro ó de acero, soportados por hormigón armado, ladrillos ó acero. A causa de la inflamabilidad del producto, los tanques de almacenaje se sitúan normalmente a alguna distancia del núcleo de la instalación industrial y están rodeados por un dique. El producto se embarca en recipientes de metal de 3.785 lt a 208.175 lt ó en camiones tanques. Estos son cargados y descargados con bombas. Todo recipiente para embarque debe llevar la etiqueta con la leyenda "líquidos inflamables" y carteles que digan "peligro".

2.2.2. Anilina. (6).

Nombre común: anilina.

Sinónimos: aceite de anilina, fenilamina, aminobenceno.

Fórmula: $C_6H_5NH_2$.

Peso molecular: 93.12 g/gmol.

La anilina es el más simple de las aminas aromáticas primarias. Estos compuestos pueden ser preparados por reducción de los nitrocompuestos los cuales son obtenidos por la nitración directa del anillo de benceno. Es un líquido oleoso, incoloro, que se vuelve pardo cuando le dá el aire ó la luz. Tiene fuerte olor característico y es tóxica. La anilina es miscible con acetona, alcohol, benceno, éter y es soluble en la mayoría de los solventes orgánicos.

Las propiedades físicas de la anilina están dadas en la siguiente tabla.

Tabla 2.2.3.- Propiedades físicas de la anilina.

Propiedad	Valor
Punto de ebullición, °C (a 760 mmHg)	184.4
Punto de fusión, °C	-6.15
Densidad, g/cm ³	
a 20/4°C	1.02173
a 15/15°C	1.0268
a 20/20°C	1.022
Viscosidad a 20°C, g/(cm seg)	0.04423-0.04435
Calor específico, 20-25°C	0.518
Constante dieléctrica, kcal/mol	5.19
Calor de combustión, kcal/mol	810.55
Calor latente de vaporización, cal/g	113.9
Temperatura de inflamación en copa cerrada, °C	76
Temperatura de autoignición, °C	770
Concentración máxima permisible en el aire	5 ppm

Toxicidad.

Produce intoxicación crónica de los trabajadores que manejan anilina. Los síntomas son: anemia, erupciones cutáneas, nerviosismo y oscurecimiento de la vista. Los síntomas de intoxicación aguda son cefalalgia, vértigos, debilidad, náuseas, vómitos, pulso débil, rápido e irregular y coma. La intoxicación subaguda se acompaña de cianosis, micción dolorosa, orina con color obscuro, ictericia y diarrea.

2.2.3. Nitrobenzeno. (b).

Nombre común: nitrobenzeno.

Sinónimos: nitrobenzol, aceite de Mirbano.

Fórmula: $C_6H_5NO_2$.

Peso molecular: 123.11 g/gmol.

El nitrobenzeno fué sintetizado en 1834 tratando benceno con ácido nítrico fumante y fué producido comercialmente en Inglaterra en 1856. El nitrobenzeno es un líquido oleoso, de color amarillo pálido, amarillo oscuro ó pardo y de olor fuerte a esencia de almendras amargas. Es muy tóxico absorbido por la piel, inhalado ó ingerido. Es un buen disolvente, muy soluble en la mayor parte de los disolventes orgánicos, miscible en todas proporciones con éter, benceno y varios aceites.

Las propiedades físicas del nitrobenzeno están dadas en la siguiente tabla.

Tabla 2.2.4.- Propiedades físicas del nitrobenzeno.

Propiedad	Valor
Punto de ebullición, °C	210.9
Punto de fusión, °C	5.85
Densidad, g/cm ³	
a 25/4°C	1.199
a 10/4°C	1.213
Viscosidad (a 15°C), g/(cm seg)	0.000217
Tensión superficial (a 20°C), dina/cm	43.35
Constante dieléctrica, (a 25°C)	34.89
Calor específico (a 30°C), cal/g	0.339
Calor latente de vaporización, cal/g	79.11
Calor latente de fusión, cal/g	22.49
Calor de combustión	
(a volumen constante), Mcal/mol	0.7347
Temperatura de inflamación (copa cerrada), °C	87.8
Temperatura de autoignición, °C	495.6
Límite explosivo (a 93°C) en el aire,	
% en volumen	1.8
Concentración máxima tolerable en el aire	100 ppm

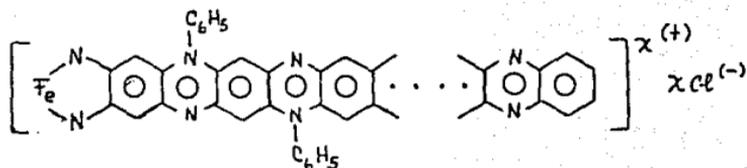
Toxicidad

El nitrobenzeno es muy tóxico. Es absorbido por contacto con la piel intacta, por inhalación del vapor ó por ingestión. La condensación máxima inofensiva del vapor en el aire es de 0.00002 %. Un síntoma de la intoxicación es la cianosis, tinte azulado en las uñas, en los labios, lóbulos de las orejas, mucosas y en la lengua. La cianosis es causada por la conversión de la hemoglobina en metahemoglobina, pigmento que no sirve para el transporte de oxígeno a los tejidos del cuerpo, de lo que resulta con mayor ó menor grado la anoxia de los tejidos ó asfixia interna. A medida que la concentración de metahemoglobina aumenta, el paciente se queja de dolor de cabeza, modorra y a veces náuseas y vómitos. Si el contenido de metahemoglobina continúa creciendo, el enfermo pierde el conocimiento. En este estado la enfermedad es grave y la muerte puede acaecer si no se aplica de inmediato el debido tratamiento.

Las ropas que han sido contaminadas con salpicaduras de nitrobenzeno deben ser retiradas inmediatamente. A esto debe seguir una ducha de agua tibia, usando en abundancia agua y jabón. Si se presenta la cianosis, el paciente debe ser puesto en cama bajo cuidado médico y con oxígeno. Pueden dársele líquidos que contengan carbohidratos, tales como jugo de naranja y limonada azucarada. El alcohol, en cualquier forma no debe administrarse a una víctima del envenenamiento por nitrobenzeno, y se le ha de prevenir que no tome ninguna bebida alcohólica.

2.2.4. Nigrosina. (6), (9).

Nombre común: nigrosina.
Sinónimo: base de nigrosina.
Fórmula:



Estructura propuesta

Peso molecular: 550 g/gmol.
Ultravioleta máximo: 565 - 570 nm.
Gravedad específica de los sólidos: 1.0866.
Tamaño de las partículas : 1000 micrones (μm) aprox.

Se conoce muy poco sobre su constitución química. La separación cromatográfica rinde gran variedad de productos de colores azulados, azules claros, amarillos, rojos y negros azulados. Las nigrosinas muy feniladas son más azules y verdes en los productos poco fenilados. Imparten un profundo matiz en los objetos teñidos.

Las nigrosinas se emplean en tinturas alcohólicas. En tintas de azul profundo, es muy oscura y cercana al negro. Son producidas como un polvo amorfo y son fácilmente disueltas en solventes tales como dimetilformamida, dimetilsulfóxido, cloroformo, alcohol y en mezclas de partes iguales de alcoholes de bajo peso molecular con compuestos aromáticos también de bajo peso como el benceno, tolueno y xileno, ya que la nigrosina no presenta solubilidad en estos tres compuestos sin la presencia de alcohol.

2.3. Mezclas por lotes. (40).

Un paso básico en la preparación de un diseño preliminar de una planta para la estimación del costo ó para establecer el diseño comercial detallado de dicha planta, es la selección del proceso de manufactura. La mayoría de las plantas químicas emplean procesos por medio de los cuales las materias primas sufren cambios químicos y/o físicos para obtener un producto que es más valorado económicamente.

Dentro del diseño de una nueva producción química ó cambios en las unidades existentes, una selección entre el proceso por lotes y el continuo deberá de ser hecha. Es deseable basar ésta decisión sobre una cuidadosa comparación de los beneficios de los

dos métodos de procesamiento y no sobre opiniones o creencias.

Considérese qué se entiende por un proceso continuo. Generalmente se considera como una alimentación continua de materia prima y descarga de productos, que es lo opuesto a una alimentación y descarga intermitente de un proceso por lotes. Un proceso continuo podría ser también un ininterrumpido flujo, en el cual las acumulaciones de materia no ocurren en ningún punto. La mayoría de los procesos continuos relacionados con líquidos o sólidos son de este tipo.

Considerando las bases económicas para la comparación por una parte del proceso continuo y por la otra del proceso por lotes, podemos establecer que una planta empleando un proceso continuo requerirá más componentes individuales en equipo que una planta usando un proceso por lotes para el mismo producto. Por otra parte, es casi invariable que un gran volumen de producción puede ser obtenido a partir de una planta continua teniendo la misma cantidad de equipo que el que podría lograr una planta por lotes.

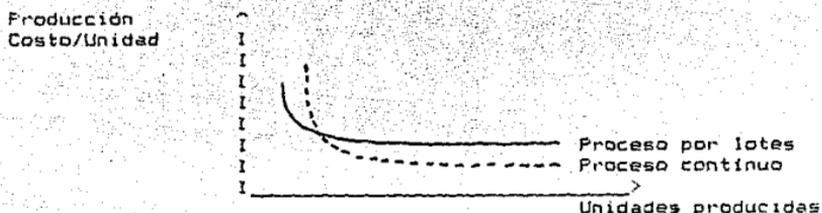
Para ilustrar lo anterior, consideremos una planta diseñada para producir clorofenol a partir de la reacción de gas cloro con fenol, seguida de la destilación fraccionada de la reacción. Si esta planta es operada por lotes será necesario tener solo un clorinador, una columna de destilación y un número apropiado de tanques receptores de la destilación. Sin embargo, si el proceso de operación es continuo, será indudablemente necesario tener dos tanques clorinadores en serie más una columna de destilación fraccionada para cada componente.

En este caso particular, un total de por lo menos cuatro columnas serán requeridas; una para el fenol sin reaccionar, una para el orto-clorofenol, una para el 2,4-diclorofenol y una para el para-clorofenol. Cada columna deberá tener, por supuesto, un rehervidor ó intercambiador de calor, una bomba, un condensador y todos los instrumentos necesarios.

Es evidente que una planta continua es considerablemente más cara y compleja que una planta por lotes, sin embargo, si idénticas cantidades de capital y equipo son proporcionados a cualquier planta, una unidad continua deberá de ser capaz de lograr una mayor producción que una planta por lotes.

Esta situación se origina debido a que una planta por lotes requiere de una cierta cantidad del valioso tiempo de procesamiento para cargar y descargar cada tanque. La conclusión general podría ser establecida considerando que el proceso por lotes es más atractivo económicamente a bajos rangos de producción, mientras que, para altos rangos de producción el proceso continuo es preferido. Esta situación es mostrada gráficamente en la figura 2.3.1.

Figura 2.3.1.- Comparación típica del costo de producción de un proceso por lotes y un continuo.



Para la evaluación de resultados, el retorno de la inversión es generalmente usado como un criterio importante más que el costo de producción. Un proceso continuo podría mostrar un menor costo de producción que un proceso por lotes, sin embargo, podría no redituar un gran retorno de la inversión debido al alto costo de la planta. No obstante, como la capacidad de la producción es incrementada, el proceso continuo alcanzará un punto muy favorable del retorno de la inversión en menos tiempo del que podría lograr un proceso por lotes.

Desafortunadamente, mucha gente tiene la falsa idea de que el proceso por lotes es ineficiente y anticuado. El proceso por lotes aún tiene su lugar dentro de la industria química y continuará teniéndolo en el futuro. Este proceso es generalmente el primer paso en el desarrollo de cualquier manufactura y frecuentemente se prefiere éste proceso si la demanda de producción no es demasiado alta.

Para lograr mayor economía a bajos rangos de producción, el proceso por lotes tiene las siguientes ventajas comparándolo con el proceso continuo:

- 1.- Cada operación es independiente y no es un eslabón dentro de una cadena como en el proceso continuo, consecuentemente, desperfectos ó interrupciones no son considerables.
- 2.- El equipo para el proceso por lotes es generalmente más versátil que el equipo continuo, por consiguiente, es más sencillo alterar ó introducir cambios en las condiciones del proceso ó si se desea un cambio completo del producto.
- 3.- El control preciso de una operación por lotes generalmente no es tan importante como el de las operaciones continuas. Si el proceso se desvía temporalmente de la temperatura deseada, presión, concentración, etc., puede ser corregido sin la necesidad de usar demasiadas herramientas ó instrumentos. Un proceso continuo podría producir grandes cantidades de

productos fuera de las normas de control de calidad bajo las mismas circunstancias.

- 4.- Las reacciones que son de un alto orden cinético ó que son relativamente lentas pueden ser transportadas fuera del tanque de reacción ó del reactor con un rendimiento y calidad satisfactorio en un proceso por lotes.
- 5.- El proceso por lotes es menos complejo por lo que es menor su costo de construcción.

Lo opuesto a los argumentos anteriores es que existen buenas razones para adoptar un proceso continuo aunque el equipo necesario podría ser complicado ó costoso. Algunas de estas justificaciones son:

- 1.- Las reacciones en las que un producto inestable ó intermitente existe, un proceso continuo generalmente proporciona gran rendimiento y calidad, acortando el tiempo de residencia cuando existen condiciones críticas. Por otra parte, las reacciones desfavorables son minimizadas.
- 2.- Un proceso continuo podría proporcionar un apreciable ahorro en equipo en el caso de una reacción rápida la cual desprende ó absorbe un calor considerable. Bajo estas circunstancias una reacción casi completa puede ser obtenida en uno ó dos pequeños reactores operados continuamente, adicionándoles intercambiadores de calor si son necesarios. La mayor relación de superficie a volumen puede ser obtenida dentro de pequeños tanques en comparación con un reactor de gran tamaño operado por lotes, por lo que se puede transferir una mayor cantidad de calor por unidad de volumen incrementando de ésta manera el nivel de producción.

Por otra parte, la cantidad de calor absorbido ó desprendido en un proceso por lotes es casi siempre mayor al comienzo de la reacción que a la finalización de ésta. Consecuentemente, los intercambiadores de calor por lotes deberán de ser de un tamaño tal, que permitan tener la máxima eficiencia.

- 3.- El control automático de un proceso continuo puede ser realizado con una simple instrumentación estándar, mientras que el control de un proceso por lotes es más sofisticado. El control automático reduce el costo de mano de obra y proporciona un producto más uniforme. La diferencia en la instrumentación se debe a que en cada tanque ó en cada punto de control dentro de un proceso continuo existe alguna variable del proceso tales como la temperatura, presión, nivel ó pH, los cuales pueden ser mantenidos todo el tiempo. Este es un trabajo que puede ser llevado a cabo por medio de una simple instrumentación.

Por otra parte, las condiciones en un proceso por lotes son diferentes minuto a minuto, lo cual es una situación difícil de predecir. Controles automáticos de ciclos son usados

generalmente para procesos por lotes, pero normalmente no tienen la capacidad para compensar las desviaciones que se producen de las condiciones deseadas.

- 4.- El proceso continuo hace usualmente más producto por unidad de equipo y en plantas grandes más producto por capital invertido.

Considerando la descripción de cada proceso, sus ventajas y desventajas, resulta evidente que el proceso por lotes es la mejor selección para la manufactura de la tinta para calzado a un bajo rango de producción.

Los aspectos económicos del procesamiento por lotes se evaluarán en el capítulo VI.- Análisis Económico.

2.4. Sugerencias para el trabajo experimental. (10).

Para la determinación de la potencia requerida por el agitador así como para establecer su diseño y el comportamiento del líquido dentro del tanque de procesamiento, es necesario conocer los datos de las propiedades físicas del fluido, que son de gran importancia, debido a que están directamente relacionadas con los cálculos requeridos para definir tanto la selección del equipo como el procesamiento por lotes de la tinta. Estas propiedades físicas son la densidad y la viscosidad. Como complemento a lo anterior, en base a experimentos a nivel laboratorio, podemos estimar el tiempo de procesamiento para la tinta.

A continuación se sugiere el empleo de métodos sencillos para la evaluación de estas propiedades físicas.

2.4.1. Densidad.

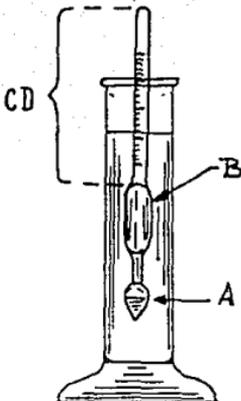
Para determinar la densidad de un líquido ha de medirse la masa de un volumen conocido de él. Pero si conocemos la densidad de un determinado líquido, por ejemplo, el agua, se podrá determinar la densidad de otro comparando la masa de éste con la del otro volumen igual del líquido patrón. (11).

Para la determinación de la densidad de la tinta se sugieren dos métodos mediante el empleo de un areómetro y de un picnómetro, los cuales serán explicados a continuación.

Si un cuerpo flotante se introduce sucesivamente en diferentes líquidos, el volumen de la parte sumergida depende de la densidad del líquido, porque en este caso el peso del sólido ha de ser igual al volumen sumergido multiplicado por la densidad del líquido, y por tanto, como el peso del cuerpo no varía, el volumen sumergido estará en razón inversa de la densidad del líquido. Se puede valer de este principio para determinar ó

Comparar las densidades de los líquidos, constituyendo entonces los areómetros de peso constante. La siguiente figura representa uno de éstos instrumentos.

Figura 2.4.1.- Areómetro de peso constante. (13).



Consta de una ampolla de vidrio B, que lleva debajo otra más pequeña A, con un poco de mercurio ó con algunos perdigones, y encima un vástago delgado de vidrio, CD. El vástago está graduado para ver en el enrase con el líquido hasta dónde se hunde el areómetro. Supongamos que donde enrasa cuando flota en el agua se señala con la división 100, y que el volumen de vástago comprendido entre dos divisiones consecutivas es igual a $1/100$ del volumen que del areómetro queda sumergido cuando flota en el agua.

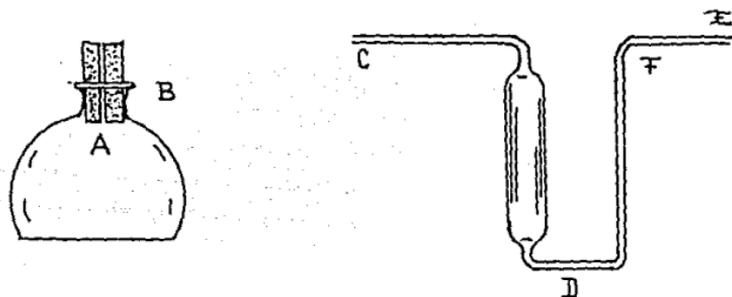
Siendo así, si el instrumento, puesto en un líquido, enrasa en la división 60, es que 60 unidades de volumen de este líquido pesan lo mismo que 100 unidades de volumen de agua. Luego el peso específico de este líquido será $100/60 = 1.67$. Del mismo modo si el instrumento enrasa en otro líquido en la división 120, el peso específico de este líquido es $100/120 = 0.833$. La longitud del vástago que tenga un volumen igual a $1/100$ del volumen del areómetro, varía en razón inversa del área de su sección, de manera que se aumenta la sensibilidad del instrumento haciendo el vástago muy delgado.

Para evitar el uso de un vástago demasiado largo, se dispone generalmente de una colección de areómetros, de modo que si en un líquido uno de ellos se sumerge casi del todo, otro lo hace solamente hasta el principio del vástago. Una de las graduaciones más empleadas es la del areómetro de Beaumé, en el cual se pone la división cero donde enrasa en el agua destilada a 15°C ; la 15

donde enrasa en una solución de 15 partes de sal común en 85 partes de agua destilada, a la misma temperatura; se divide este espacio en 15 partes iguales y se prolongan las divisiones hacia arriba.

El otro método para determinar la densidad de un líquido consiste en pesar un pequeño frasco, llamado frasco de densidades ó picnómetro, primero vacío, después lleno de agua y luego lleno del líquido. Las dos formas más comunes de picnómetros vienen indicadas en la siguiente figura.

Figura 2.4.2.- Picnómetros. (13).



Una consta de un pequeño frasco de vidrio A, con su correspondiente tapón de vidrio esmerilado y perfectamente rodeado para que ajuste bien en el cuello del frasco. Este tapón está agujereado a lo largo, siendo el agujero estrecho. Cuando el frasco está lleno del líquido, se aplica el tapón procurando no aprisionar burbujas de aire, y el líquido sobrante sale del agujero del tapón y luego se seca.

La otra forma consiste en un tubo de vidrio curvado, CDE, de la forma que la figura representa. El extremo C termina en un tubo capilar, y en el otro extremo, más ancho, hay en F una señal grabada. Para llenar el tubo se sumerge el extremo C en el líquido, y éste se hace entrar aspirando por E hasta que rebasa un poco la señal F.

Sea W_1 el peso del picnómetro vacío, W_2 el peso del mismo lleno del líquido y W_3 su peso lleno de agua. El peso del agua que lo llena será $W_3 - W_1$, y si Δ es la densidad del agua a la temperatura que tenga, su volumen es:

$$V = (W_3 - W_1) / \Delta$$

El peso del volumen V del líquido dado es $W_2 - W_1$. Luego la densidad de este líquido será:

$$\rho = \left(\frac{W_2 - W_1}{W_3 - W_1} \right) \Delta$$

2.4.2. Viscosidad.

Si una fuerza externa es aplicada a cualquier porción de un fluido confinado, el fluido se moverá y un gradiente de velocidad se creará en él, con una velocidad máxima en el punto donde la fuerza es aplicada. La viscosidad se define como el intervalo de esfuerzo cortante por unidad de área a cualquier punto del gradiente de velocidad. La viscosidad es una medida de la fricción interna del fluido, el cual tiende a oponerse a cualquier cambio dinámico del fluido. Si la fricción entre las capas del fluido es pequeña (baja viscosidad) un esfuerzo cortante aplicado resultará en un gran gradiente de velocidad, si la viscosidad se incrementa, cada capa de fluido ejerce una gran resistencia al movimiento de las capas adyacentes y el gradiente de velocidad decrece. (12).

Lo anterior está limitado a los fluidos newtonianos que son aquellos en los cuales la viscosidad es independiente de la magnitud de cualquiera de los esfuerzos cortantes ó del gradiente de velocidad (rango de corte). Los fluidos newtonianos incluyen a la mayoría de los líquidos puros, mezclas simples y gases. A continuación se presenta una clasificación de los líquidos y su comportamiento con relación a la viscosidad que exhiben.

Clasificación de líquidos. (15).

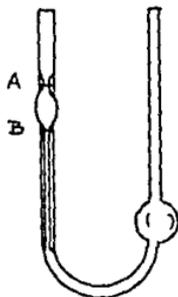
Líquido:	Comportamiento:
Newtoniano	Viscosidad constante así como su rango de corte y tiempo.
Pseudoplástico	La viscosidad aparente disminuye con el esfuerzo cortante.
Tixotrópico	La viscosidad aparente disminuye con el tiempo a un esfuerzo cortante constante.
Dilatante	La viscosidad aparente se incrementa con el esfuerzo cortante.
Reotrópico	La viscosidad aparente se incrementa con el tiempo a un esfuerzo cortante constante.
Bingham plástico	Una mínima fuerza deberá de ser aplicada para causar el flujo.

Dado que la viscosidad es definida como un esfuerzo cortante por unidad de área dividida por un gradiente de velocidad, deberá tener las dimensiones de Fuerza-Tiempo/(Longitud)² ó las dimensiones de Masa/(Longitud)(Tiempo). La mayoría de los trabajos científicos sobre viscosidad son expresados en términos de poises, centipoises, micropoises, etc.. Un poise denota una viscosidad de 1 dina-seg/cm² ó 1 g masa/(seg)(cm) y 1 centipoise es igual a 0.01 poise. Los siguientes factores de conversión se aplican para las diferentes maneras de expresar las unidades de viscosidad. (16).

$$\begin{aligned}
 1 \text{ poise} &= 1 \times 10^2 \text{ centipoises} \\
 &= 1 \text{ dina-seg/cm}^2 \\
 &= 1 \text{ g masa/}(\text{seg})(\text{cm}) \\
 &= 1 \times 10^6 \text{ micropoises} \\
 &= 6.72 \times 10^{-2} \text{ lb masa/}(\text{ft})(\text{seg}) \\
 &= 242 \text{ lb masa/}(\text{ft})(\text{hr}) \\
 &= 2.09 \times 10^{-3} \text{ lb fuerza-seg/ft}^2
 \end{aligned}$$

Las medidas de viscosidad se han de hacer en condiciones en las que el número de Reynolds sea pequeño, es decir, que sea menor a 2100, por lo que se clasificaría como laminar. Un aparato adecuado y de uso muy frecuente para muchos líquidos es el viscosímetro de Ostwald, que aparece en la siguiente figura.

Figura 2.4.3.- Viscosímetro de Ostwald. (12).



Su utilización requiere medir el tiempo necesario para que una cantidad de líquido pase entre dos enrase A y B, señalados en la figura, mientras que el líquido fluye por un tubo capilar. Esta medida sirve para conocer la velocidad del volumen que fluye a través del tubo capilar. (12).

La velocidad de volumen de flujo a lo largo del tubo cilíndrico se obtiene integrando el producto de la sección transversal del

cilindro por la velocidad de flujo en un segmento del mismo. Así se obtiene la ecuación de Poiseuille:

$$\text{Velocidad de volumen de flujo} = \int_0^r (2\pi r) v \, dr = \frac{\pi P R^4}{8 \eta l}$$

En esta ecuación que puede utilizarse para obtener el valor absoluto de η , todas las magnitudes que intervienen son susceptibles de medición directa. En la práctica, la mayor parte de las veces se determina la viscosidad por comparación con la de otro líquido de referencia. Para el viscosímetro de Ostwald, la ecuación de Poiseuille puede transformarse en:

$$\eta = \frac{\pi P R^4}{8 l} \times (\text{tiempo/unidad de volumen de flujo})$$

Al medir los tiempos necesarios para que un mismo volumen de líquido y de líquido de referencia pasen por el mismo tubo y recordando que la presión P es proporcional a la densidad del líquido se puede establecer que:

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\rho_1 t_1}{\rho_2 t_2}$$

Por consiguiente, las viscosidades pueden determinarse midiendo, de una forma u otra, la velocidad de flujo a través de un tubo cilíndrico. Debido a que la temperatura influye mucho en la viscosidad, la temperatura del viscosímetro debe de ser prácticamente constante, lo cual lo notaremos viendo si el tiempo que tarda en fluir el líquido no varía de una medición a la siguiente. Para ello se coloca el viscosímetro dentro de un baño de agua cuya temperatura puede regularse pudiéndose de este modo medir la temperatura en el baño, por lo que se pueden efectuar experimentos con el viscosímetro a diferentes intervalos de temperatura.

2.4.3. Tiempo de procesamiento. (10).

De acuerdo al procedimiento explicado en la sección 2.1, se procederá a preparar lotes de tinta de 1 litro, tomando el tiempo necesario para lograr la completa disolución de la nigrosina en el solvente, pudiéndose emplear (si es que hay disponibilidad) de un agitador para laboratorio de velocidad variable, para ajustar las revoluciones por minuto en el intervalo de 68 a 350 RPM ó si no es posible, mediante el empleo de una agitación manual.

2.5. Experimentación con la tinta.

2.5.1. Determinación de la densidad de la tinta.

Metodología.

- 1.- Lavar el picnómetro.
 - 2.- Secarlo con un poco de acetona.
 - 3.- Poner a peso constante el picnómetro.
 - a) Pesar el picnómetro.*
 - b) Colocarlo en la estufa de secado por 2 horas a 105°C.*
 - c) Enfriarlo en un desecador.*
 - d) Pesar el picnómetro.*
 - e) Volver a ponerlo en la estufa por 30 minutos.*
 - f) Enfriar y pesar el picnómetro.*
 - g) Repetir este paso hasta que la diferencia en peso no exceda de 1 mg.*
 - 4.- Llenar con la tinta el picnómetro* hasta el aforo y colocar el tapón. El líquido debe subir por el tapón hasta el borde del orificio. Si sale del orificio se debe secar cuidadosamente con un papel facial. No debe escurrir fuera de la zona esmerilada.
 - 5.- Pesar el picnómetro más la muestra (tinta).
 - 6.- Obtener el peso de la muestra (tinta) por diferencia de pesos.
 - 7.- Calcular la densidad de la tinta dividiendo la masa de la muestra entre el volumen del picnómetro. Para esta experimentación se utilizará un picnómetro con un volumen de 10 ml.
- * = Se debe detener con pinzas cada vez que se tenga que tomar el picnómetro.

Resultados.

Picnómetro.

Peso inicial: 18.9883 g.
Peso a 2:00 hr.: 18.9442 g.
Peso a 2:30 hr.: 18.9389 g.
Peso a 3:00 hr.: 18.9373 g.
Peso a 3:30 hr.: 18.9370 g.

Peso del picnómetro + la tinta: 26.9076 g.

Peso de la muestra (tinta) = (Peso del picnómetro + la Tinta)
- (Peso del picnómetro).

Peso de la muestra = 26.9076 g - 18.9370 g = 7.9706 g.

Densidad de la tinta = $\frac{\text{Peso de la muestra}}{\text{Volumen del picnómetro}}$

Volumen del picnómetro = 10 ml.

Densidad de la tinta = 7.9706 g / 10 ml = 0.79706 g/ml.

Por lo tanto la densidad de la tinta es de 0.79706 g/ml.

2.5.2. Determinación de la viscosidad de la tinta.

Metodología.

- 1.- Lavar el viscosímetro de Ostwald.
- 2.- Seleccionar una temperatura de referencia, ya sea ambiental ó por medio de un baño María para mantener constante la temperatura, debido a que la viscosidad varía sensiblemente a causa de ésta.
- 3.- Llenar al bulbo interior del viscosímetro ya sea con el líquido de referencia ó con el líquido problema.
- 4.- Cronometrar el tiempo necesario para que el líquido a experimentar pase entre los dos enrrases del viscosímetro (enrrase A y B).
- 5.- Repetir el paso 3 y 4 a temperatura constante hasta que la lectura del cronómetro sea aproximadamente constante.

Resultados.

Temperatura ambiente: 25°C.

Líquido de referencia: agua destilada a temperatura ambiente.

Líquido problema: tinta para calzado a temperatura ambiente.

En la siguiente hoja se listan los resultados experimentales.

Corrida	Agua destilada Tiempo (seg)	Tinta para calzado Tiempo (seg)
1	49.78	48.35
2	49.54	48.29
3	49.24	48.12
4	49.17	48.02
5	48.93	47.94
6	48.71	47.85
7	48.41	47.79
8	48.55	47.74
9	48.46	47.65
10	48.43	47.57
11	48.44	47.62
12	48.47	47.53
13	48.35	47.55
14	48.48	47.49
15	48.56	47.42
16	48.52	47.37
17	48.49	47.43
18	48.48	47.48
19	48.51	47.56
20	48.50	47.51
21	48.50	47.52
22	48.49	47.47
23	48.48	47.51
24	48.51	47.50
25	48.54	47.48
26	48.52	47.49
27	48.49	47.50
28	48.50	47.50
29	48.53	47.52
30	48.51	47.51
31		47.48
32		47.45
33		47.49
34		47.50
35		47.48
36		47.51
37		47.51
38		47.49
39		47.48
40		47.47
41		47.50
42		47.51
43		47.49
44		47.49
45		47.51

Se puede calcular la viscosidad de la tinta a partir de la ecuación de Pouseville de acuerdo a los resultados obtenidos al cronometrar el tiempo requerido para pasar entre los dos enrrases del viscosímetro del líquido de referencia (agua destilada) y del líquido problema (tinta para calzado). (12).

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\rho_1 t_1}{\rho_2 t_2}$$

de donde (1) = líquido problema
(tinta para calzado).
(2) = líquido de referencia
(agua destilada).

despejando η_1

$$\eta_1 = \left(\frac{\rho_1 t_1}{\rho_2 t_2} \right) \eta_2$$

t_1 = tiempo para la tinta (seg): 47.5

t_2 = tiempo para el agua destilada (seg): 48.5

ρ_1 = densidad de la tinta (g/ml): 0.79706

ρ_2 = densidad del agua destilada (g/ml): 1

η_2 = viscosidad del agua destilada (g/cm seg): 0.01

$$\eta_1 = \left[\frac{(0.79706 \text{ g/ml})(47.5 \text{ seg})}{(1 \text{ g/ml})(48.5 \text{ seg})} \right] (0.01 \text{ g/cm seg})$$

$$\eta_1 = 0.00780626 \text{ g/cm seg}$$

Por lo tanto la viscosidad de la tinta será de 0.00780626 g/cmseg la cual es menor a la del agua que es de 0.01 g/cm seg por lo que para fines prácticos se puede considerar a la viscosidad de la tinta similar a la del agua.

2.5.3. Tiempo de procesamiento.

Para estimar una aproximación al tiempo de procesamiento se preparará un litro de la tinta, la cual será agitada con un agitador mecánico para laboratorio de velocidad variable.

Debido a que es muy pequeña la cantidad de tinta a preparar, el metanol, la anilina y el nitrobenzeno se pueden expresar en peso mediante el empleo de una balanza granataria.

Preparación de la tinta.

Cantidad a preparar: 1 lt (1000 ml).

$$\rho = \frac{m}{v}$$

ρ = densidad de la tinta = 0.79706 g/ml.
 m = masa de la tinta, g.
 v = volumen de la tinta = 1 lt (1000 ml).

$$m = \rho v = (0.79706 \text{ g/ml})(1000 \text{ ml}) = 797.06 \text{ g.}$$

Metanol	=	0.95 (797.06 g)	=	757.2 g.
Nitrobenzeno	=	0.05 (797.06 g)	=	39.9 g.
Anilina	=	0.015 (797.06 g)	=	11.9 g.
Nigrosina	=	0.03 (797.06 g)	=	23.9 g.

Resultados.

El tiempo de procesamiento hasta el momento en que se disolvieron las últimas partículas de nigrosina fué de 1 hora y 5 minutos a 80 R.P.M.. En este caso la limitante al tiempo de procesamiento fué la velocidad del agitador ya que por ser de solo 1 litro el volumen agitado, a mayor velocidad se creaba un vórtice que producía vibración en el agitador. Sin embargo, lo anterior puede considerarse como una buena aproximación al tiempo de procesamiento de la tinta para calzado. Se observó también, que las partículas de nigrosina tienden a sedimentarse sin una velocidad de agitación adecuada.

2.6. Cálculo de la composición en peso de la tinta.

Para el procesamiento de la tinta para calzado se demostró en la sección 2.3 que la mejor selección es un proceso por lotes dado que el nivel de producción será a baja escala.

A nivel industrial existen tanques, tambores ó contenedores de línea ó estándar cuyas capacidades pueden ser desde 40 a 5000 litros, los cuales pueden ser empleados en un proceso por lotes para una baja ó pequeña producción. Debido a que tanto en el área de ventas y en la industria es muy común el empleo de tambores metálicos con una capacidad de 232.5 lt aprox., se sugiere que la manufactura de la tinta se realice en estos tambores los cuales son muy apropiados para un procesamiento por lotes.

Para seguridad del operario, generalmente el volumen de operación de un tanque agitado es de un 80 a un 85 % de la capacidad total, por lo tanto en un tambor de 232.5 lt, el volumen de operación máximo permisible será de 186 lt, el cual corresponde a un 80 % de la capacidad del tanque. De aquí se deduce que para un procesamiento por lotes, la producción por lote será de 186 lt. Si se redondea a 190 lt por lote, el volumen de operación será entonces de un 81.72 % el cual está dentro del rango permisible para la operación de un tanque agitado, tal y como se había mencionado anteriormente. (17).

Tomando como base 190 lt de tinta, se pueden calcular las cantidades requeridas de materia prima (de acuerdo a la formulación propuesta en 2.1) para el procesamiento de un lote de tinta. (18).

Base: 190 lt de tinta.

Densidad = masa/volumen.

Densidad de la tinta = 0.79706 kg/lt.

Masa = (densidad)(volumen).

Masa de tinta = (0.79706 kg/lt)(190 lt) = 151.44 kg.

Metanol = 0.95 (151.44 kg) = 143.87 kg

Anilina = 0.015 (151.44 kg) = 2.27 kg

Nitrobenceno = 0.005 (151.44 kg) = 0.76 kg

Nigrosina = 0.03 (151.44 kg) = 4.54 kg

Total = 151.44 kg

Se debe tener presente que al seleccionar la capacidad del tanque de procesamiento, el cual es en este caso el tambor de 232.5 lt, automáticamente se está fijando, por un lado, el diseño del impulsor del agitador ya que éste está en función de la geometría y capacidad del tanque, y por el otro lado, las consideraciones para el balance desde el punto de vista económico para la manufactura de la tinta.

CAPITULO III.- SISTEMAS LIQUIDO - SOLIDO.

3.1. Operaciones unitarias en tanques agitados. (10).

La mayoría de las operaciones de procesamiento en tanques agitados deben su éxito a una efectiva agitación y mezclado de los fluidos. Aunque generalmente confundidos, la agitación y mezclado no son sinónimos. La agitación se debe al movimiento inducido de un material en una dirección específica, usualmente en un patrón circular, dentro de alguna clase de contenedor. El mezclado es la distribución aleatoria dentro y a través de una, dos ó más fases separadas inicialmente. Un simple material homogéneo tal como un tanque lleno de agua fría, puede ser agitado pero no puede ser mezclado hasta que algún otro material (cierta cantidad de agua caliente ó algún sólido en polvo) es adicionado a él.

El término "mezclado" es aplicado a una gran variedad de operaciones, difiriendo ampliamente en el grado de homogeneidad del material mezclado, de acuerdo con los requerimientos del proceso ó del producto que se desea obtener. (19).

Dentro de los procesos químicos es frecuentemente necesario ó conveniente desempeñar una ó más operaciones unitarias en un tanque agitado mecánicamente. Algunas de éstas operaciones son las siguientes:

- 1.- El mezclado de dos ó más fluidos miscibles.
- 2.- La dispersión de una fase líquida dentro de otra, siendo las dos total ó parcialmente inmiscibles, para formar una emulsión ó suspensión de finas gotas.
- 3.- Fomento de la transferencia de calor entre el líquido agitado y una superficie de intercambio de calor.
- 4.- La dispersión de un gas a través del líquido por medio de pequeñas burbujas.
- 5.- Suspensión ó dispersión de partículas sólidas en un líquido para producir uniformidad, fomentar la transferencia de masas (como la disolución) ó iniciar una reacción química y estimularla.
- 6.- Reducir el tamaño de partículas aglomeradas.

Todas éstas operaciones dentro del tanque agitado, ya sean hechas en un proceso continuo ó por lotes, tienen algunos aspectos en común:

- 1.- Consumen una cierta cantidad de potencia. Dentro del proceso para mover una cierta cantidad de producto ó de materia prima, es necesario que una energía mecánica sea aplicada a

la masa del fluido. La maquinaria usada para éste propósito puede ser complicada, costosa y de gran importancia práctica, es decir, que sea capaz de proporcionar el resultado deseado ó esperado. Cualquier estudio de una operación dentro de un tanque agitado deberá de ser realizada con un conocimiento detallado del consumo de potencia y del diseño mecánico de la maquinaria del agitador.

- 2.- Existe casi siempre una geometría preferida para la combinación del tanque agitador para cualquier operación específica. A través de años de investigaciones y experiencias se ha demostrado que ciertos diseños son mejores que otros, de acuerdo a las características de cada proceso.
- 3.- Todas estas operaciones requieren un cierto procesamiento y toman una cantidad finita de tiempo para completarse. No existe un mezclado o transferencia de calor o disolución instantáneo, aunque ocasionalmente el tiempo de mezclado puede ser verdaderamente corto o también puede ser extremadamente largo. Para las operaciones continuas es necesario que una apropiada relación sea mantenida entre el tiempo de residencia en el tanque y el tiempo de procesamiento.

Con respecto al equipo de agitación empleado en las operaciones unitarias para el procesamiento de líquidos, podemos decir que éstos son generalmente agitados en algún tipo de tanque ó contenedor, usualmente de forma cilíndrica. La parte superior del tanque puede estar expuesta al aire ó puede ser cerrada.

Las dimensiones del tanque varían ampliamente, dependiendo de la naturaleza del proceso de agitación. El fondo del tanque es en la mayoría de los casos semiesférico y no plano, para eliminar la forma de las esquinas ó regiones dentro de las cuales las corrientes del fluido podrían no penetrar. Un impulsor es montado sobre una flecha de entrada superior, es decir, por la parte de arriba del tanque ó puede ser montada sobre un rodamiento en el fondo del tanque. (41).

La flecha es movida por un motor, a veces conectado directamente a ella ó en la mayoría de los casos es conectada al motor a través de un reductor de velocidad. El impulsor crea un patrón de flujo dentro del sistema, causando que el líquido circule a través del tanque y retorne eventualmente hacia el impulsor.

Todo lo relacionado al sistema de agitación para la manufactura de la tinta para calzado será especificado en detalle en este capítulo.

3.2. Contactos de fases. (16).

Dentro de los procesos de la industria química, una de las más importantes operaciones es la de mezclado, la cual de acuerdo a

los contactos de fases (fase líquida, sólida ó gaseosa) presentes en el tanque a mezclar, se puede dividir en procesos tales como: mezclado de líquidos miscibles, dispersión de líquidos inmiscibles, suspensión de sólidos, transferencia de calor, absorción de gas y transferencia de masa. Debido a que el mezclado sólido - sólido se realiza por medio de mezcladoras que difieren diametralmente con los agitadores empleados para todos los procesos anteriormente mencionados, no se describirán en éste proyecto.

A continuación se describirán los procesos que involucran a los tanques agitados y los diferentes tipos de contactos de fases.

3.2.1. Mezclado de líquidos miscibles. (42).

Los líquidos miscibles son mezclados simultáneamente por una ó más razones. Algunas de ellas son las siguientes:

- 1.- Para preparar un producto final a partir de dos ó más líquidos.
- 2.- Para preparar una buena mezcla de materia prima antes de una reacción química. Mediante el mezclado en otro tanque a una baja temperatura ó en ausencia de un catalizador, una mezcla homogénea de materia prima puede ser producida la cual proporcionará una mayor uniformidad a las condiciones de reacción y un mejor control sobre la distribución del producto.
- 3.- Para llevar hasta el fin una reacción química entre los líquidos. Aquí el mezclado ocurre simultáneamente con la reacción química. Estas operaciones de mezclado pueden ser hechas en un proceso por lotes ó en uno continuo. Si es efectuado en un proceso por lotes, todo el tanque deberá de estar sujeto a un tiempo constante en las condiciones del mezclado. Si es hecho continuamente, deberá tenerse presente el tiempo de residencia apropiado para que se lleve a cabo la reacción deseada. (43).

3.2.2. Dispersión de líquidos inmiscibles. (10).

Por la continua adición de energía mecánica a una mezcla de dos ó más líquidos inmiscibles es posible producir una dispersión macroscópicamente homogénea de un líquido dentro del otro. Esta dispersión es inestable y se separará dentro de las dos fases líquidas si el suministro de energía mecánica es suspendido ó si baja a un nivel crítico.

Las dispersiones de éste tipo son importantes para la extracción líquido - líquido y para reacciones químicas debido a la obvia necesidad de un buen contacto entre las fases de los líquidos inmiscibles. Estas dispersiones pueden ser producidas en tanques

agitados usando geometrias estándar del tanque - impulsor, ya sea en un proceso continuo ó por lotes y con una entrada relativamente baja de potencia.

3.2.3. Suspensión de sólidos.

La producción de una suspensión uniforme de pequeños sólidos en un líquido por medio de una agitación mecánica es un problema que ocurre frecuentemente en la industria química. Para solucionar éste problema se propone lo siguiente: (44).

- 1.- Los sólidos, primero deberán de ser levantados del fondo del tanque y mantenidos en suspensión. Esto, por supuesto, requerirá que una cierta cantidad de potencia sea suministrada a la suspensión por la rotación del impulsor. En el punto de la suspensión total (donde los sólidos están en su mayoría pero no totalmente sobre el punto de sedimentación) los sólidos no estarán dispersados por todo el volumen entero del líquido. Frecuentemente allí estará una capa de líquido claro por encima de la suspensión. Sin embargo, dentro del volumen ocupado por la dispersión, la concentración de sólidos será cercanamente uniforme. (45).
- 2.- Con el propósito de dispersar los sólidos más extensamente por todo el volumen del líquido una potencia adicional deberá de ser suministrada por el impulsor. La concentración de sólidos comenzará entonces a ser menor en el fondo del tanque y será uniforme en todo el volumen agitado.

3.2.4. Transferencia de calor. (46).

El flujo de calor dentro ó fuera del tanque agitado es una operación de gran importancia práctica. El calor puede fluir dentro de un tanque por conducción, convección ó radiación. Generalmente el método más popular para la transferencia de calor es por convección forzada.

En la industria química el calentamiento se hace por medio de un serpentín dentro del tanque ó por una chaqueta de calentamiento en el exterior del mismo. El sistema de agitación generalmente está montado en la parte superior del tanque.

3.2.5. Absorción de gases. (10).

Cuando gases químicamente activos tales como el hidrógeno, oxígeno, cloro ó etileno van a ser absorbidos dentro de la fase líquida con el propósito de tomar parte en una reacción química, es frecuentemente ventajoso conducir la absorción dentro de un

tanque agitado. Si se tiene un diseño adecuado del tanque y del impulsor del agitador, es posible llevar a cabo esta operación eficientemente y bajo un mejor control que en una torre de absorción. Un ejemplo de estos procesos es la clorinación de compuestos orgánicos en donde el cloro se burbujea en un tanque agitado el cual contiene a los compuestos orgánicos. Esta clase de operaciones tienen algunas características como las siguientes:

- 1.- La resistencia a la absorción está generalmente en la película del líquido en contacto con el gas y un intenso mezclado por medio de un impulsor de alto esfuerzo cortante, decreta esta resistencia. La cantidad de gas absorbido es fuertemente dependiente del consumo de potencia del impulsor, dado que a mayor potencia, es mayor la descarga del impulsor, incrementando de esta manera el esfuerzo cortante.
- 2.- Usualmente se presenta una generación de calor en el proceso de absorción, debido a una reacción química en el reactor, por lo que el diseño del mismo deberá de incluir un área de transferencia de calor para remover el calor generado y mejorar la absorción del gas.
- 3.- Frecuentemente una fase sólida, algún producto sólido ó un catalizador sólido está presente. Si este sólido es un catalizador, deberá de ser dispersado a través de la fase líquida y el rango de transferencia de masa para la superficie del catalizador deberá de ser considerada.

3.2.6. Transferencia de masa. (46).

Las partículas sólidas suspendidas en líquidos mediante agitación mecánica tienden a seguir el movimiento del líquido. Se ha demostrado que el decremento del tamaño de la partícula y el incremento de la velocidad del impulsor causa que el sólido siga al líquido más estrechamente.

Dos importantes situaciones de transferencia de masa de partículas sólidas en suspensión son:

- 1.- Las reacciones catalíticas dentro del fluido con reactantes moviéndose en él, con formación de productos. (47).
- 2.- La disolución de sólidos en los líquidos ó el crecimiento de cristales a partir del líquido. (48).

Para la selección de un equipo de agitación es muy importante tener presente el contacto de fases que existe dentro del tanque ya que de ello depende el que se obtengan los resultados esperados en el proceso de mezclado.

3.3. Procesamiento líquido - sólido.

La manufactura de la tinta para calzado involucra un procesamiento líquido - sólido, es decir, un contacto entre una fase líquida (solventes miscibles) y una fase sólida (colorante) dentro de un tanque agitado, y dado que también se requiere la disolución del sólido en el solvente, se tiene por lo tanto, un proceso de transferencia de masa. Para llevar a cabo todo este proceso es necesario el empleo de un agitador mecánico, el cual será diseñado en este capítulo.

El diseño de la mayoría de los equipos de proceso generalmente involucra la definición y un buen conocimiento del objetivo del mismo. En los equipos de agitación, no se ha establecido un procedimiento para la especificación y el diseño de dichos equipos. Las razones de lo anterior se deben al amplio rango de aplicaciones para las cuales los agitadores son usados, la falta de unificación de criterios para el desarrollo de los mismos y la relativa complejidad de las muchas aplicaciones de los agitadores dentro de los procesos en la industria química. Sin embargo el mejor camino para poder diseñar un agitador, es el de tratar de comprender y establecer el tipo de procesamiento del producto y el grado de agitación que debe proporcionar. (49).

En el caso de la tinta para calzado, la presencia de dos fases (sistema líquido - sólido) clasifica al problema de agitación como una suspensión de sólidos. En tales problemas, la suspensión de partículas sólidas que tienen una velocidad de asentamiento mayor que 15.24 cm/seg (0.5 ft/min) dentro de una fase líquida continua, constituyen el propósito de la agitación mecánica.

El nivel de la suspensión de sólidos es sólo uno de los muchos criterios de diseño. El control superficial, la transferencia de masa y el rango de esfuerzo cortante son también otros factores para los procesos que involucran la incorporación de sólidos secos, disolución de sólidos, reducción del tamaño de las partículas, lechadas y cristalización. Se deben tomar precauciones en los procesos en donde las partículas sólidas son fácilmente suspendidas en la fase líquida. Típicamente esto ocurre cuando el valor de asentamiento de los sólidos es menor que 15.24 cm/seg (0.5 ft/min). (44).

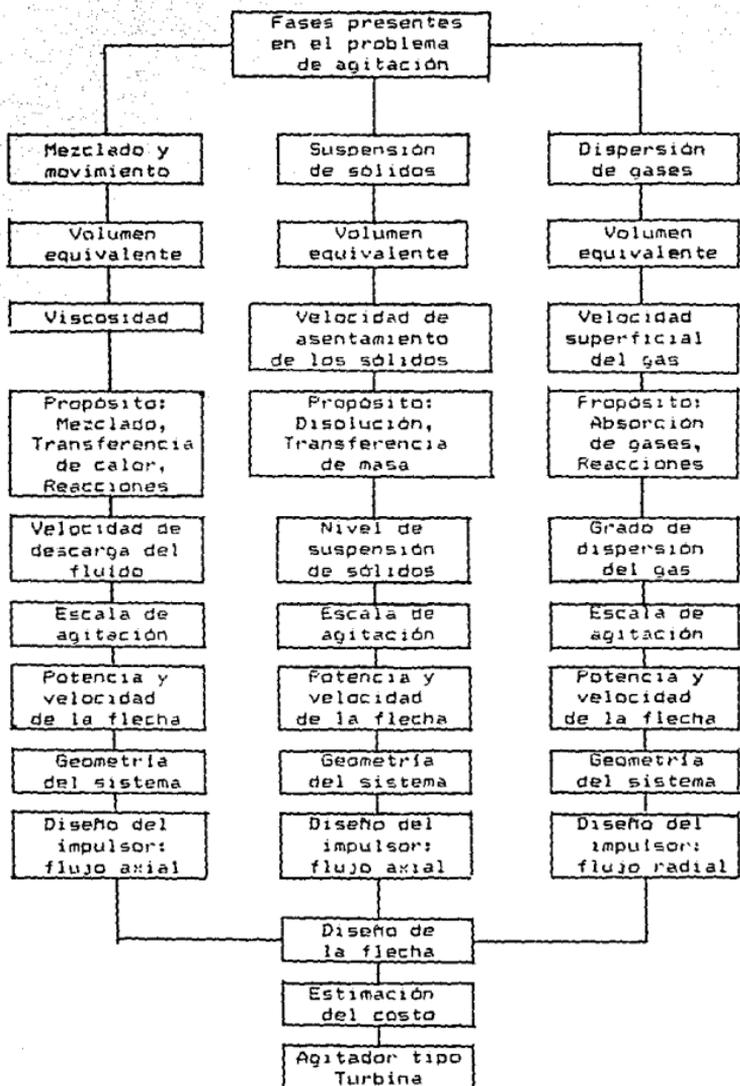
En base a lo anterior, se ha definido que la manufactura de la tinta corresponde a un proceso de suspensión de sólidos, acompañado por una disolución y por consiguiente una transferencia de masa, por lo tanto, se puede establecer un diagrama de flujo para la secuencia del diseño del agitador dado que ya se ha clasificado debidamente el problema de agitación.

Ver la figura 3.3.1.

De este diagrama de flujo, se puede apreciar fácilmente que la categoría de diseño para el mezclado y movimiento del fluido,

deberá de ser usada sólo si están presentes fases líquidas, la categoría de suspensión de sólidos, sólo si sólidos y líquidos están presentes y la categoría de dispersión de gases si sólo gases y líquidos están en el sistema. Aunque combinaciones de estas categorías pueden ser encontradas en muchos procesos, si separarlos adecuadamente, normalmente constituye una gran dificultad ya que de ello depende la selección del equipo.

Figura 3.3.1.- Diagrama de flujo para el diseño de un agitador.
(50).



3.4. Selección del tipo y equipo de agitación.

En la sección anterior se definió el problema de agitación estableciendo las fases en contacto presentes en la manufactura de la tinta. Como resultado de esta clasificación se obtuvo el diagrama de flujo (Fig. 3.3.1.) para el diseño del sistema de agitación. Cada una de las etapas de este diagrama se relacionan por una parte, con los requerimientos establecidos por el proceso como es la geometría del impulsor, potencia, etc., y por la otra parte con los resultados que esperamos dentro del proceso de manufactura, como es el caso de la disolución del soluto, el nivel de suspensión de los sólidos, la escala de agitación, etc..

Para lograr un mejor diseño y selección del equipo de agitación es necesario definir más profundamente cada una de las etapas de este diagrama de flujo.

Siguiendo el diseño lógico del diagrama de flujo de la sección anterior, el primer paso es la clasificación del problema. El procedimiento de diseño para el mezclado y movimiento se aplica a problemas de agitación donde los fluidos se comportan como una única fase y en donde un nivel predecible de movimiento del fluido puede ser establecido. Por ejemplo, un típico problema de mezclado podría ser el mezclar fluidos de diferente viscosidad, densidad ó concentración hasta lograr su uniformidad. Por otra parte, un problema de movimiento del fluido sería el promover el coeficiente de transferencia de calor por convección para el calentamiento homogéneo del fluido reaccionando en el tanque.

Otra clasificación del problema de agitación es la suspensión de sólidos que involucra a la transferencia de masa. El objetivo de este proceso es el de promover el contacto entre fases separadas y a diferentes concentraciones. La manufactura de la tinta se ubica dentro de esta clasificación.

Por último, el diseño para la dispersión de gases se aplica cuando se burbujea gas dentro de un líquido por lo que se tiene una interacción de fases.

Las siguientes seis etapas del diagrama de flujo, es decir, desde la suspensión de sólidos hasta la escala de agitación, se refieren a la magnitud del problema de agitación, el cual está en función de qué cantidad de material va a ser agitado, qué tan difícil es agitarlo y qué intensidad ó grado de agitación se requiere.

El volumen equivalente y la velocidad de asentamiento de los sólidos expresan el tamaño y la dificultad del proceso. La masa de las fases presentes es un importante indicador de la magnitud. Debido a que en los procesos de la industria química conviene establecer los problemas de agitación en términos de volumen, un volumen equivalente será definido por la siguiente ecuación como el producto de la gravedad específica de la suspensión, (g.e.)s, y el volumen actual de operación, V. (44).

Esta definición tiene la ventaja de retener las unidades de volumen pero también de ser proporcional a la masa de las fases presentes.

Las variables que son usadas para definir el grado de la dificultad de la agitación son: viscosidad en el mezclado y movimiento, velocidad de asentamiento de los sólidos en la suspensión de sólidos y velocidad del flujo de gas en la dispersión de gases. Estos términos serán referidos dentro del procedimiento de diseño como variables primarias.

El efecto de un incremento en el volumen equivalente ó en una variable primaria incrementará la magnitud del problema de agitación.

Después de definir la cantidad de material a ser agitado así como también las variables primarias, es necesario un examen de los resultados deseados del proceso.

El resultado de la agitación de fluidos en un proceso, puede ser descrito por un amplio rango de terminos muy significativos dentro de la Ingeniería Química tales como la cantidad de transferencia de calor, la cantidad de transferencia de masa, el tiempo de mezclado, la cantidad de reacción y la producción. Sería muy deseable diseñar el agitador de turbina para producir directamente estos resultados. Sin embargo, generalmente es imposible establecer con precisión el resultado deseado, por lo que se debe tratar de definir lo mejor posible el objetivo principal de nuestro proceso, para lograr óptimos resultados en el mezclado. Lo anterior constituye el propósito de la agitación, siguiendo la secuencia del diagrama de flujo anterior.

Si el resultado deseado del proceso no puede ser definido, entonces se puede referir al grado de agitación deseado. Para especificar el grado de agitación adoptaremos un nuevo término denominado respuesta dinámica requerida, la cual describe el resultado de la agitación basándose en consideraciones completamente físicas. La respuesta dinámica para el mezclado y movimiento, suspensión de sólidos y dispersión de gas de acuerdo a la secuencia del diagrama de flujo son respectivamente: la velocidad de descarga del fluido, el nivel de suspensión de los sólidos y el grado de dispersión del gas.

Para ilustrar éste concepto, un bajo nivel de respuesta dinámica para el mezclado y movimiento será una velocidad mínima en todo el fluido agitado, mientras que un alto nivel de respuesta dinámica será una velocidad muy alta.

En la suspensión de sólidos, un bajo nivel de respuesta dinámica corresponderá al movimiento mínimo de los sólidos sobre el fondo del tanque, mientras que un alto nivel será la dispersión

uniforme de los sólidos en todo el fluido.

Un nivel mínimo de respuesta dinámica en la dispersión de gases, serán burbujas de gas relativamente grandes ascendiendo rápidamente hacia la superficie del líquido y pobremente distribuidas a través de la fase líquida. Un alto nivel, serán las burbujas de gas finamente dispersadas y distribuidas en todo el tanque de procesamiento.

La respuesta dinámica se ha relacionado con una escala de agitación que varía de 1 a 10 para la mayoría de las aplicaciones prácticas de los agitadores de turbina. Esta escala sirve para indicar el nivel de la respuesta dinámica requerida y también relaciona a la velocidad de descarga del fluido como se puede apreciar en las siguientes tablas. (44), (51).

Tabla 3.4.1.- Relación de la respuesta dinámica requerida con el grado de agitación para el mezclado y movimiento.

Escala de agitación	Velocidad de descarga del fluido, cm/min (ft/min)	Descripción
1	183 (6)	<p>La agitación de los niveles 1 y 2 son característicos de aplicaciones que requieren una mínima velocidad del fluido para obtener el resultado del proceso.</p> <p>Los agitadores del nivel 2 serán capaces de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mezclar fluidos miscibles para homogenizarlos si las diferencias de gravedad específica son menores de 0.1. - Mezclar fluidos miscibles para homogenizarlos si la viscosidad del más viscoso no es más de 100 veces mayor que la de los otros fluidos. - Establecer un completo control del fluido en un proceso por lotes.
2	366 (12)	<p>La agitación de los niveles 3 a 6 son característicos para la velocidad del fluido en la mayoría de los procesos químicos industriales agitados por lotes.</p> <p>Los agitadores del nivel 6 serán capaces de:</p>
3	549 (18)	

4	732	(24)	<ul style="list-style-type: none"> - Mezclar fluidos miscibles para homogenizarlos si las diferencias de gravedad específica son menores a 0.6.
5	914	(30)	<ul style="list-style-type: none"> - Mezclar fluidos miscibles para homogenizarlos si la viscosidad del más viscoso no es más de 10 000 veces mayor que la de los otros fluidos. - Suspender sólidos (< 2 %) con velocidades de asentamiento de 61 a 122 cm/min (2 a 4 ft/min).
6	1098	(36)	<ul style="list-style-type: none"> - Producir una superficie agitada a bajas viscosidades. La agitación de los niveles 7 a 10 son característicos de aplicaciones que requieren una alta velocidad del fluido para el resultado del proceso, como es el caso de los reactores. Los agitadores del nivel 10 serán capaces de:
7	1280	(42)	
8	1463	(48)	<ul style="list-style-type: none"> - Mezclar fluidos miscibles para homogenizarlos si las diferencias de gravedad específica son menores de 1.
9	1646	(54)	<ul style="list-style-type: none"> - Mezclar fluidos miscibles para homogenizarlos si la viscosidad del más viscoso no es más de 100 000 veces mayor que la de los otros fluidos. - Suspender sólidos (< 2 %) con velocidades de asentamiento de 122 a 183 cm/seg (4 a 6 ft/min).
10	1829	(60)	<ul style="list-style-type: none"> - Producir una superficie violentamente agitada a bajas viscosidades.

Tabla 3.4.2.-- Relación de la respuesta dinámica requerida con el grado de agitación para la suspensión de sólidos. (44), (51).

Escala de agitación

Descripción

- La agitación de los niveles 1 - 2 caracteriza a las aplicaciones que requieren un nivel mínimo de suspensión de sólidos para obtener el resultado deseado.
- 1 - 2 Los agitadores del nivel 1 serán capaces de:

- Producir el movimiento cerca del fondo del tanque de los sólidos sedimentados los cuales serán periódicamente suspendidos.

La agitación de los niveles 3 - 5 caracteriza a la mayoría de los procesos químicos industriales en las aplicaciones para la suspensión de sólidos. Esta escala de aplicación es típicamente usada para la disolución de sólidos.

Los agitadores del nivel 3 serán capaces de:

3 - 5

- Suspender completamente a todos los sólidos fuera del fondo del tanque.

- Proporcionar una suspensión uniforme por lo menos a una tercera parte (1/3) de la altura del fondo del tanque.

- Promover la transferencia de masa de las partículas sólidas hacia la fase líquida.

La agitación de los niveles 6 - 8 caracteriza a las aplicaciones donde el nivel de suspensión de los sólidos se aproxima a la uniformidad.

6 - 8

Los agitadores del nivel 6 serán capaces de:

- Proporcionar una concentración uniforme de sólidos al 95 % con respecto a la altura del fluido dentro del tanque de operación.

La agitación de los niveles 9 - 10 caracteriza a las aplicaciones donde la uniformidad de la suspensión de sólidos es prácticamente la máxima.

9 - 10

Los agitadores del nivel 9 serán capaces de:

- Proporcionar una suspensión uniforme de los sólidos al 98 % con respecto a la altura del fluido dentro del tanque.

Siguiendo la secuencia del diagrama de flujo, se encuentra que después de la escala de agitación se tiene que definir la potencia y la velocidad de la flecha, la geometría del sistema, el diseño del impulsor para flujo axial y el diseño de la flecha. Todas estas etapas conforman la selección del equipo.

La especificación del reductor de velocidad para el agitador de turbina requiere que se definan los siguientes parámetros:

1.- Potencia del motor.

2.- Velocidad rotacional de la turbina (velocidad de la flecha).

3.- Número, tipo, tamaño y localización de la turbina.

Dado que la rotación de los impulsores dentro del fluido produce la respuesta dinámica, será lógico primero definir el diseño del impulsor y su velocidad de rotación. La potencia requerida para completar la rotación de los impulsores será entonces determinada.

Sin embargo, el diseño mecánico restringe (incluyendo el diseño de la flecha, la estandarización de la fuerza motriz, del

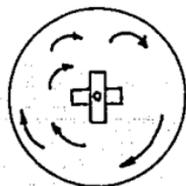
reductor de velocidad y las consideraciones económicas) el número de combinaciones de la potencia (fuerza motriz) y la velocidad (rotación del impulsor) disponibles.

El diseño del sistema del impulsor dentro del tanque de proceso requiere la especificación del tipo, número, localización y tamaño de la turbina ó turbinas. La aplicación establece el tipo de impulsor. (41).

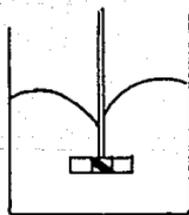
El tipo de impulsor se divide en dos clases: los impulsores de flujo axial, que son aquellos que generan corrientes paralelas a la flecha del agitador y los impulsores de flujo radial, que son aquellos que generan corrientes en dirección tangencial o radial con respecto a la flecha del agitador.

En el flujo axial se encuentran los impulsores del tipo propela marina y las turbinas con hojas inclinadas a 45° con respecto a la flecha; el flujo radial comprende a los agitadores del tipo ancla marina y a las turbinas con hojas paralelas a la flecha, es decir, a 90° . Para la suspensión de solidos es necesario el empleo de mamparas colocadas en la pared del tanque para evitar un excesivo movimiento circular del fluido, para promover la agitación y la prevención de la formación de un remolino. En las siguientes figuras, se ilustran los tipos de flujo que producen los impulsores ya sea radiales ó axiales y el cambio en el patrón de flujo que producen las mamparas. (6).

Figura 3.4.1.- Impulsor para flujo axial tipo turbina con hojas inclinadas a 45° . El tanque no tiene mamparas.



Vista superior



Vista frontal

Figura 3.4.2.- Impulsor para flujo axial tipo turbina con hojas inclinadas a 45° . El tanque tiene mamparas.

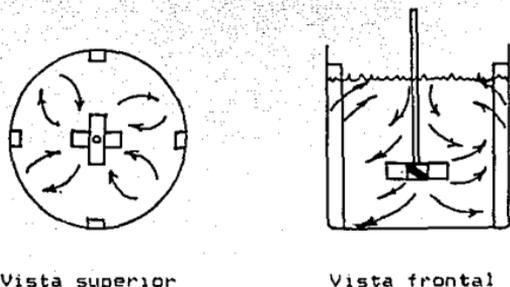
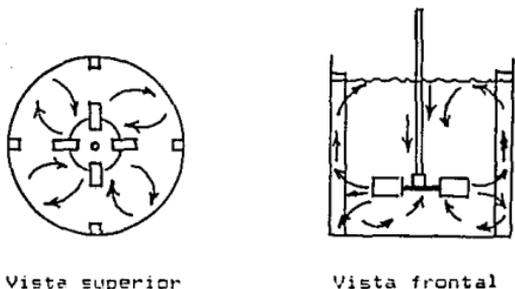


Figura 3.4.3.- Impulsor para flujo radial tipo turbina con hojas a 90° con respecto a la flecha del impulsor. El tanque tiene mamparas. (52).

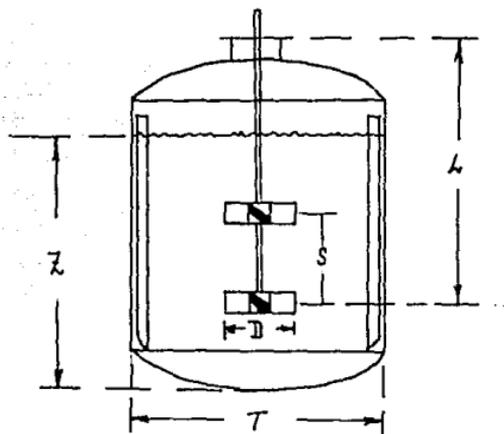


La selección del número y localización de las turbinas comienza con el cálculo de la relación Z/T donde Z es la profundidad del líquido y T es el diámetro del tanque. Posteriormente se determina el número de impulsores y su posición dentro del fluido con el propósito de controlar la geometría del tanque en relación al tamaño del impulsor.

El cálculo del diámetro del impulsor, D , para aprovechar la máxima capacidad de la fuerza motriz y del reductor, es tal vez el elemento de diseño más crítico del sistema del agitador.

Después de que la geometría del sistema ha sido analizada y el número y la localización de los impulsores ha sido fijada dentro del proceso, el cálculo de la longitud total de la flecha, L , y el espaciamiento de las turbinas, S , puede ser completado. La siguiente figura muestra esta distribución.

Figura 3.4.4.- Análisis del tanque y de la geometría del impulsor para un sistema de agitación. (50).



El diseño mecánico apropiado de la flecha de un agitador es extremadamente importante. Estructuralmente, la flecha deberá tener el suficiente tamaño para transmitir la carga de velocidad rotacional combinada con el mezclado del impulsor. También se debe de hacer un análisis de las frecuencias naturales de vibración de la flecha y los impulsores, para asegurar que éstas frecuencias están lo suficientemente alejadas de la frecuencia de operación, ya que de lo contrario se pueden crear fuerzas destructivas para el equipo. (53).

Por último, teniendo el diseño del agitador completo se puede hacer una estimación del costo para su construcción y en caso de que sea demasiado alto, existe la alternativa de seleccionar otro equipo de agitación ó de volver a diseñar un nuevo agitador, variando parámetros tales como la potencia del motor, variables primarias (volumen equivalente, viscosidad, velocidad de asentamiento de los sólidos ó velocidad del flujo de un gas), material de construcción, etc..

3.5. Criterios de diseño para dispersiones líquido - sólido.

De acuerdo a lo establecido en las secciones anteriores y siguiendo la secuencia del diagrama de flujo de la figura 3.3.1. es posible definir los criterios de diseño para las dispersiones líquido - sólido. (44).

El tamaño y la dificultad para una suspensión de sólidos son indicadas por el volumen equivalente, V_{eq} , y la velocidad de asentamiento de las partículas sólidas, u_d , respectivamente. El volumen equivalente es:

$$V_{eq} = (g.e.)_s (V) \quad \text{Ec. 3.5.1.}$$

en donde

V = volumen de la suspensión a ser agitado.
 $(g.e.)_s$ = gravedad específica de la suspensión.

Para estimar la velocidad de asentamiento de partículas sólidas en líquidos de baja viscosidad similares al agua, se tiene la siguiente ecuación:

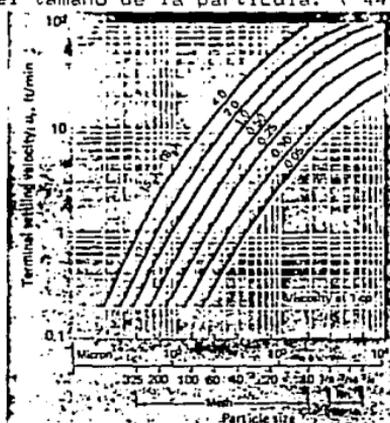
$$u_d = (u_t) (f_w) \quad \text{Ec. 3.5.2.}$$

en donde

u_d = velocidad de asentamiento.
 u_t = velocidad final de asentamiento.
 f_w = factor de corrección.

La velocidad final de las partículas se puede calcular mediante la gráfica de la figura 3.5.1. como una función del tamaño y diferencia de las gravedades específicas entre el sólido y el líquido [$(g.e.)_{sol.} - (g.e.)_l$] (Ec. 3.5.3.). Se define como la rapidez a la cual tienden a sedimentarse las partículas sólidas en un recipiente mezclador.

Figura 3.5.1.-- Determinación de la velocidad de asentamiento de sólidos en líquidos de baja viscosidad empleando el tamaño de la partícula. (44).



El factor de corrección f_w para la velocidad de asentamiento de los sólidos en suspensión se obtiene de la siguiente tabla.

Tabla 3.5.1.- Factor de corrección para la velocidad de asentamiento de sólidos en suspensión. (44).

% Sólidos	Factor. f_w
2	0.8
5	0.84
10	0.91
15	1.0
20	1.10
25	1.20
30	1.30
35	1.42
40	1.55
45	1.70
50	1.85

Es permisible la interpolación lineal de éstos valores sin que existan variaciones significativas en los resultados.

El siguiente paso es el de seleccionar el grado de agitación deseado para la suspensión de sólidos. De la tabla 3.4.2. de la sección anterior, en la escala de agitación que comprende a los niveles 3 - 5 se puede apreciar que corresponde a la aplicación típicamente usada para la disolución de sólidos, por lo tanto, se elegirá el nivel 5 para asegurar una completa disolución de los mismos.

El diámetro del impulsor para turbinas de flujo axial con hojas inclinadas a 45° varía con respecto al diámetro del tanque (D / T) en una relación de 0.2 a 0.6. En la práctica se ha encontrado que la relación que proporciona los mejores resultados en líquidos similares al agua y con porcentajes de sólidos menores a un 10 % es la de 0.3.. Por supuesto que para fines de selección de equipos, se pueden utilizar relaciones diferentes de D / T para optimizar el equipo de agitación.

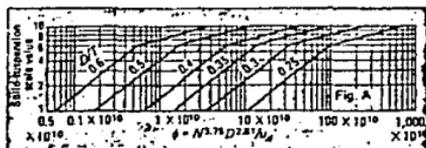
Para determinar el número de impulsores necesarios dentro del tanque se utiliza la relación Z / T en donde Z es la altura del líquido dentro del tanque y T es el diámetro del tanque. La siguiente tabla especifica lo anterior así como el espaciamiento entre los impulsores.

Tabla 3.5.2.- Número de impulsores para la suspensión de sólidos. (44).

No. de impulsores	Espaciamiento entre impulsores		Max. Valor
	Fondo	Superior	Z/T
1	$Z/4$	----	1.2
2	$T/4$	$(2/3)Z$	1.8

Una vez que se ha precisado el tamaño del impulsor, es decir, su diámetro (D), con el propósito de establecer la velocidad de la flecha se usará la relación de la figura 3.5.2. en la cual la escala de agitación es puesta como una función de la velocidad del agitador, del diámetro de la turbina y de la velocidad de asentamiento de las partículas.

Figura 3.5.2.- Relación de la velocidad del agitador, diámetro del impulsor, escala de agitación y velocidad de asentamiento de las partículas. (44).



De la figura anterior se obtiene la siguiente ecuación:

$$\phi = (N \sim 3.75) (D \sim 2.81) / u_d \quad \text{Ec. 3.5.4.}$$

en donde

ϕ = valor obtenido a partir de la correlación de la escala de agitación y la relación D / T.

D = diámetro del impulsor.

N = velocidad del agitador.

u_d = velocidad de asentamiento de las partículas.

Despejando de la ecuación anterior el valor de N se obtendrá la velocidad de la flecha para el agitador en revoluciones por minuto.

Una vez que se ha determinado la velocidad del agitador con el valor de N, se procederá a calcular el Número de Reynolds para el impulsor empleando para ello la siguiente ecuación: (51).

$$\text{No. Re.} = \frac{10.7 (g.e.)_s D^2 N}{\mu} \quad \text{Ec. 3.5.5.}$$

en donde

(g.e.)_s = gravedad específica de la suspensión.

D = diámetro del impulsor.

N = velocidad de la flecha.

μ = viscosidad de la suspensión.

Es necesario efectuar una corrección al diámetro del impulsor debido a los efectos de la viscosidad, mediante la siguiente ecuación: (51).

$$D = (C_f) (D_c) \quad \text{Ec. 3.5.6.}$$

en donde

D = diámetro del impulsor.
 Cf = factor de corrección.
 Dc = diámetro corregido del impulsor.

El factor de corrección debido a la viscosidad, Cf, está dado por la siguiente tabla en donde se relaciona con el Número de Reynolds para el impulsor.

Tabla 3.5.3.- Factor de corrección de viscosidad para el diámetro del impulsor tipo turbina con hojas inclinadas a 45° . (51).

Número de Reynolds, No. Re.	Factor, Cf
10 ⁶	1.00
10 ⁵	0.96
10 ⁴	0.93
10 ³	0.89
10 ²	0.85
10	0.80

La velocidad de descarga del impulsor expresa el control del mismo para mantener en estado de agitación a todo el fluido. Debido a que no deben de existir zonas muertas ó inmóviles dentro del tanque agitado, es necesario verificar que el flujo que crea el impulsor tanto en su parte superior como en la inferior, es el adecuado. Para ello, primero se debe calcular la altura equivalente del líquido según la siguiente ecuación: (54).

$$A_e = (g.e.) s (Z) \quad \text{Ec. 3.5.7.}$$

en donde

Ae = altura equivalente del líquido.
 (g.e.)s = gravedad específica de la suspensión.
 Z = altura del líquido en el tanque.

Una turbina proporciona una altura equivalente de dos veces su diámetro tanto para la parte superior como para la inferior del líquido. Esto verifica que no existan zonas muertas de agitación.

$$A_{et} = 2 (D_c) \quad \text{Ec. 3.5.8.}$$

en donde

Aet = altura equivalente proporcionada por la turbina.
 Dc = diámetro de la turbina corregido.

La velocidad de descarga típica para las turbinas con hojas inclinadas a 45° es de 15 240 a 36 576 cm/min (500 a 1 200 ft/min) y se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$U = 18\,288 \left(A_e / N_o \text{ turbinas} / 2 D_c \right)^{1/2}$$

Ec. 3.5.9.

en donde

U = velocidad de descarga del impulsor.
 Dc = diámetro corregido del impulsor.
 Ae = altura equivalente del líquido.

El número de turbinas se obtiene de la tabla 3.5.2. a partir de la relación de la altura del líquido entre el diámetro del tanque (Z / T).

Por medio de este cálculo se verifica que la velocidad de descarga se encuentre dentro del rango especificado anteriormente.

Para determinar la potencia requerida por el agitador para mantener la suspensión de los sólidos, se empleará la siguiente ecuación: (10).

$$\frac{h}{T} = 0.23 \ln \left[\frac{P \text{ gc}}{g n \rho_s V U_s} \right] [1 - \epsilon]^{-2/3} \left[\frac{D_c}{T} \right]^{1/2 + 0.1}$$

Ec. 3.5.10.

en donde

h = altura de la interfase suspensión - líquido por encima del impulsor superior (Ec. 3.9.6.).
 T = diámetro del tanque (Fig. 3.6.1.).
 P = potencia del agitador.
 n = número de impulsores (Sección 3.6.).
 s = densidad de la suspensión (Sección 2.5.1.).
 g = aceleración gravitacional.
 gc = factor de conversión de unidades.
 V = volumen de la suspensión (Sección 2.6.).
 Us = velocidad de asentamiento de las partículas sólidas calculada a partir de la ley de Stokes (Ec. 3.5.11.).
 ε = fracción del volumen del líquido dentro del volumen de la suspensión (Ec. 3.9.1.).
 Dc = diámetro del impulsor corregido (Sección 3.7.)

$$U_s = \frac{g \text{ dp}^2 (\rho_{\text{sol.}} - \rho_l)}{18 \mu_s} \quad \text{Ec. 3.5.11.} \quad (19)$$

en donde

dp = diámetro de las partículas sólidas (Sección 2.2.4.).
 ρl = densidad del líquido (Tabla 2.2.1.).

ρ_s = viscosidad de la suspensión (Sección 2.5.2.).

$\rho_{sol.}$ = densidad del sólido (Sección 2.2.4.).

En éste punto del diseño del agitador ya se conocen tanto la potencia como la velocidad de la flecha. Es seguro que se requerirá el empleo de un reductor de velocidad para proporcionar al impulsor la velocidad de salida en la flecha, según el resultado obtenido de la ecuación 3.5.4..

Sin embargo, es posible que los cálculos de la velocidad de salida del impulsor no sean comercialmente disponibles ó estándares, ya que según la Asociación Americana de Manufactura de Engranajes (AGMA por sus siglas en inglés) considera como velocidades de línea ó estándar, las siguientes : 230, 190, 155, 125, 100, 84, 68, 56, 45, 37 rpm, etc. para la fabricación de los reductores de velocidad y lo mismo puede suceder con el cálculo de la potencia requerida, ya que comercialmente están disponibles de 1/4, 1/3, 1/2, 1, 1.5, 2, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 hp, etc..

Por lo tanto, en el caso de que los resultados no sean comercialmente disponibles, deberán ser repetidos utilizando potencias y velocidades de salida estándares tomando como una buena aproximación los cálculos obtenidos para ajustar éstos valores. De ésta manera se obtendrá un diseño factible comercialmente.

Sin embargo, existe una alternativa para éste diseño. La manufactura de la tinta para calzado involucra solventes altamente inflamables por lo que se requiere que el motor eléctrico para el agitador sea a prueba de explosión. Al especificar el motor eléctrico se hace imprescindible el empleo del reductor de velocidad en el agitador como ya se había mencionado anteriormente.

La alternativa consiste en sustituir el motor eléctrico por un motor neumático el cual funciona mediante aire a presión suministrado por una compresora. Este equipo tiene la grandísima ventaja de que es a prueba de explosión dado que opera con aire y proporciona una velocidad variable en la flecha del agitador, ya que regulando el gasto de aire de la compresora por medio de una válvula, se puede lograr la variación de la velocidad y por consecuencia se tiene un equipo muy versátil debido a las alternativas que ofrece una velocidad variable.

Por otra parte, se evita el empleo de un reductor de velocidad mecánico, el cual es sumamente costoso y ocasionalmente de difícil mantenimiento.

De acuerdo a las ventajas que ofrece un agitador con un motor neumático, se sugiere el empleo de dicho equipo para la manufactura de la tinta para calzado.

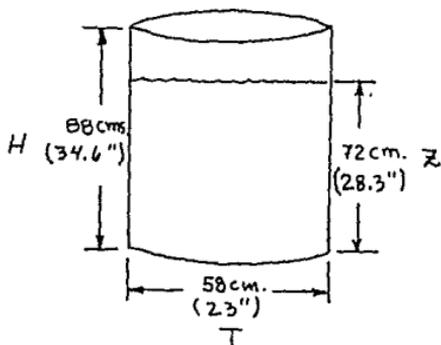
3.6. Diseño del impulsor.

En esta sección se diseñará el impulsor tipo turbina de paletas inclinadas a 45° , siguiendo la secuencia de cálculo especificada en la sección anterior.

En la sección 2.3., se estableció en base a un análisis, que la mejor selección para el proceso de manufactura de la tinta para calzado a una baja escala de producción, es un proceso por lotes. Para dicho proceso, en la sección 2.6. se propuso el empleo de tambores de 232.5 lt aprox., por lo tanto, en base a las medidas de éstos tambores se calculará el impulsor.

Debe tenerse presente que el volumen de operación máximo permisible en un tanque agitado es de un 80 - 85 % de su capacidad total. En la siguiente figura se especifican las dimensiones del tambor y su altura de operación.

Figura 3.6.1.-- Dimensiones y especificaciones del tanque para el procesamiento por lotes.



en donde

- T = diámetro del tanque.
- H = altura total del tanque.
- Z = altura de operación del tanque.

Sabiendo que el volumen de un cilindro es igual a:

$$V = 3.1416 \left(\frac{T}{2} \right)^2 (H) \quad \text{Ec. 3.6.1.}$$

en donde

$$V = \text{volumen total del tanque.}$$

se puede calcular el volumen total.

$$V = 3.1416 \left(\frac{58 \text{ cm}}{2} \right)^2 (88 \text{ cm}) \left(1 \text{ lt} / 1000 \text{ cm}^3 \right)$$

$$V = 232.5 \text{ lt} \left(61.38 \text{ gal} \right).$$

El volumen de operación será de 190 lt que corresponde a un 81.72 % del volumen total según como se especificó en la sección 2.6.. Por consecuencia, el volumen de operación corresponderá a un lote de producción.

En base a ese volumen se calculará la altura de operación despejando H de la ecuación 3.6.1..

$$H = \frac{V_{op.}}{3.1416 \left(\frac{T}{2} \right)^2} \quad \text{Ec. 3.6.2.}$$

en donde

V_{op} = volumen de operación.

$$H = \frac{(190 \text{ lt}) (1000 \text{ cm}^3 / 1 \text{ lt})}{3.1416 \left(\frac{58 \text{ cm}}{2} \right)^2}$$

$$H = 71.91 \text{ cm.}$$

Redondeando el valor de H se puede decir que la altura de operación será de 72 cm (28.3 in).

Siguiendo la secuencia de diseño establecida en la sección anterior, se procederá a calcular el volumen equivalente de la suspensión mediante la ecuación 3.5.1.. Para tal efecto la gravedad específica de la suspensión es de 0.79706 de acuerdo a los cálculos efectuados en la sección 2.5.1..

$$V_{eq} = (g.e.)_s (V)$$

$$V_{eq} = 0.79706 (190 \text{ lt})$$

$$V_{eq} = 151.44 \text{ lt} (39.98 \text{ gal}).$$

El siguiente paso es calcular la velocidad de asentamiento de las partículas sólidas según la ecuación 3.5.2.. Para ello primero se utilizará la gráfica de la figura 3.5.1. de la sección anterior.

El tamaño de las partículas sólidas (colorante) es de 1000 micrones aproximadamente y la gravedad específica de los sólidos es de 1.0866 (sección 2.2.4.). Para la gravedad específica del líquido, se utilizará el valor correspondiente al metanol (tabla 2.2.1.), ya que éste se encuentra presente en una proporción del 95 % en la formulación de la tinta. Por lo tanto, se puede calcular la diferencia de las gravedades específicas entre el líquido y el sólido (Ec. 3.5.3.).

$$(g.e.)_{sol.} - (g.e.)_l = 1.0866 - 0.7866 = 0.3$$

Con un tamaño de partícula de 1000 micrones y una diferencia de gravedades específicas de 0.3, se obtiene una velocidad de asentamiento, u_t , de 304.8 cm / min (10 ft / min) a partir de la figura 3.5.1..

De la tabla 3.5.1. se interpola el factor de corrección, fw, para la velocidad de asentamiento en un porcentaje de sólidos del 3 % de acuerdo a la formulación de la tinta (sección 2.1.).

$$fw = 0.8 + \frac{(0.84 - 0.8)}{(5 - 2)}$$

$$fw = 0.81$$

Sustituyendo estos valores en la ecuación 3.5.2. se obtiene la velocidad de asentamiento, ud, para las partículas sólidas.

$$ud = 0.81 (304.8 \text{ cm / min})$$

$$ud = 246.88 \text{ cm / min (8.1 ft / min)}$$

La escala de agitación corresponderá al nivel 5 de la tabla 3.4.2. la cual es empleada típicamente para la disolución de sólidos.

La relación del diámetro del tanque con respecto al diámetro del impulsor (D / T) será de 0.3 debido a que en la práctica se recomienda este factor para líquidos similares al agua con un porcentaje de sólidos menores a un 10 % de acuerdo a lo mencionado en la sección anterior.

De la tabla 3.5.2. se determinará el número de impulsores para la suspensión de sólidos utilizando la relación Z / T, en donde Z es la altura del líquido y T es el diámetro del tanque (Figura 3.6.1.).

$$\frac{Z}{T} = \frac{72 \text{ cm}}{58 \text{ cm}} = 1.24$$

De acuerdo a lo estipulado en esta tabla, se aprecia que se requerirán dos impulsores dentro del tanque para la manufactura de la tinta.

Por lo tanto, el diámetro de la turbina para el flujo axial será:

$$D = 0.3 (T)$$

Ec. 3.6.3.

$$D = 0.3 (58 \text{ cm }) = 17.4 \text{ cm}$$

Redondeando esta cifra se puede concluir que el diámetro del impulsor será de 17.5 cm (6.8 in).

Será necesario corregir este diámetro por medio de un factor de viscosidad el cual será obtenido a partir del cálculo del Número de Reynolds. Esta corrección se hará en la siguiente sección.

El siguiente paso es calcular la velocidad de rotación de la flecha mediante el empleo de la figura 3.5.2.. Debido a que esta figura está referida en unidades inglesas, se sustituirá el

diámetro del impulsor, D, en pulgadas y la velocidad de asentamiento de las partículas sólidas, u_d , en ft / min, para obtener la velocidad de rotación de la flecha, N, en revoluciones por minuto según la ecuación 3.5.4..

De la figura 3.5.2. a una escala de agitación de 5 y a una relación D / T de 0.3 se obtiene el valor de .

$$\phi = 27 \times 10^{-10}.$$

De la ecuación 3.5.4. se despeja N

$$N = \left[\frac{\phi (u_d)}{D^{2.81}} \right]^{0.2666} \quad \text{Ec. 3.6.4.}$$

Sustituyendo los valores de u_d , y D en la ecuación anterior:

$$N = \left[\frac{27 \times 10^{-10} (8.1 \text{ ft / min})}{(6.8 \text{ in})^{2.81}} \right]^{0.2666}$$

$$N = 463.5 \text{ RPM}$$

A partir del cálculo del Número de Reynolds se deberá corregir el diámetro del impulsor (como se había mencionado anteriormente) y dado que se tendrá un nuevo diámetro, se recalculará la velocidad de rotación de la flecha y un nuevo Número de Reynolds.

3.7. Cálculo del Número de Reynolds.

El cálculo del Número de Reynolds se efectuará mediante la ecuación 3.5.5. sustituyendo las variables en unidades inglesas, debido a que se utilizará la figura 3.5.2. la cual está referida en dichas unidades.

$$\text{No. Re.} = \frac{10.7 (g.e.)_s (D^2) (N)}{\mu} \quad \text{Ec. 3.5.5.}$$

en donde

D = diámetro del impulsor, in.

N = velocidad de la flecha, RPM.

μ = viscosidad del fluido, cp.

(g.e.)_s = gravedad específica de la suspensión.

La viscosidad del fluido se obtiene de la sección 2.5.2. y es igual a 0.007806 g / cm seg (0.7806 cp). La gravedad específica de la tinta para calzado es igual a 0.79706 (sección 2.5.1.).

Sustituyendo las variables en la ecuación anterior:

$$\text{No. Re.} = \frac{10.7 (0.79706) (6.8 \text{ in})^2 (463.5 \text{ RPM})}{0.7806 \text{ cp}}$$

$$\text{No. Re.} = 234160.59 = 2.3 \times 10^5$$

De la tabla 3.5.3. se obtendrá el factor de corrección de viscosidad, Cf, para el diámetro del impulsor:

$$C_f = 0.96$$

El diámetro corregido para el impulsor se calcula a partir de la ecuación 3.5.6.. Despejando se tiene:

$$D_c = \frac{D}{C_f} = \frac{17.4 \text{ cm}}{0.96} = 18.12 \text{ cm}$$

Redondeando este valor a un diámetro de impulsor corregido, Dc, igual a 18 cm (7 in) se puede recalcular la velocidad de la flecha con la ecuación 3.6.4. y el Número de Reynolds con la ecuación 3.5.5..

$$N = \left[\frac{27 \times 10^{10} (8.1 \text{ ft} / \text{min})}{(7 \text{ in})^2 \cdot 81} \right]^{0.2666}$$

$$N = 453.6 \text{ RPM}$$

$$\text{No. Re.} = \frac{10.7 (0.79706) (7 \text{ in})^2 (453.6 \text{ RPM})}{0.7806 \text{ cp}}$$

$$\text{No. Re.} = 242837.28 = 2.4 \times 10^5$$

Por lo tanto se concluye que el diámetro del impulsor será de 18 cm (7 in) con una velocidad de rotación en la flecha del agitador de 453.6 RPM. El Número de Reynolds para el impulsor será de 2.4×10^5 .

3.8. Cálculo de la velocidad de descarga del impulsor.

Tal y como se mencionó en la sección 3.5. la velocidad de descarga del impulsor expresa el control del mismo para mantener en estado de agitación a todo el fluido y evitar la presencia de zonas muertas o inmóviles dentro del tanque.

Para calcular esta velocidad se emplearán las ecuaciones 3.5.7. y 3.5.9..

en donde $A_e = (g.e.)_s (Z)$ Ec. 3.5.7.

A_e = altura equivalente, cm.
 Z = altura del líquido en el tanque, cm
(Figura 3.6.1.).
(g.e.)_s = gravedad específica de la suspensión.

$$U = 18\ 288 \left[(A_e / \text{No. turbinas}) / (2 D_c) \right]^{1/2}$$

Ec. 3.5.9.

en donde U = velocidad de descarga del impulsor, cm / seg.
 D_c = diámetro corregido del impulsor, cm.

El número de turbinas se obtiene de la sección 3.6. y es igual a 2.

$$A_e = 0.79706 (72 \text{ cm})$$

$$A_e = 57.38 \text{ cm}$$

$$U = 18\ 288 \left[(57.38 \text{ cm} / 2) / (2 (18 \text{ cm})) \right]^{1/2}$$

$$U = 16\ 326 \text{ cm} / \text{min} (535.6 \text{ ft} / \text{min})$$

Por lo tanto es correcta la velocidad de descarga del impulsor ya que se encuentra dentro del rango típico para turbinas, el cual es de 15 240 a 36 576 cm / min (500 a 1200 ft / min).

De la ecuación 3.5.8. se puede verificar que los impulsores para éste tanque no dejarán zonas sin agitación.

en donde $A_{et} = 2 D_c$ Ec. 3.5.8.

A_{et} = altura equivalente proporcionada por la turbina.

$$A_{et} = 2 (18 \text{ cm}) = 36 \text{ cm} (14 \text{ in})$$

Dado que son dos turbinas, la altura equivalente será de 72 cm (28 in) la cual corresponde a la altura total de operación del tanque, especificado en la figura 3.6.1., y por lo tanto queda demostrado que no existen zonas inmóviles ó sin agitación.

3.9. Cálculo de la potencia para el agitador.

La potencia del motor para el agitador se calculará a partir de las ecuaciones 3.5.10. y 3.5.11.. Las unidades de las variables se sustituirán en unidades inglesas para obtener el resultado de la potencia en caballos de fuerza, HP, debido a que comercialmente se maneja ésta unidad para la selección de motores.

De la ecuación 3.5.11. se calcula la velocidad de asentamiento de las partículas sólidas, U_s .

$$U_s = \frac{g (dp)^2 (\rho_{sol.} - \rho_l)}{18 \mu_s} \quad \text{Ec. 3.5.11.}$$

$$g = 32.2 \text{ ft / seg}^2$$

$$dp = 1000 \text{ micrones } (1 \times 10^{-6} \text{ m / 1 micron}) (1 \text{ ft / 0.3048 m})$$

$$dp = 3.28 \times 10^{-3} \text{ ft}$$

$$\rho_{sol.} = 1.0866 (62.4 \text{ lb / ft}^3) = 67.803 \text{ lb / ft}^3$$

$$\rho_l = 0.7866 (62.4 \text{ lb / ft}^3) = 49.083 \text{ lb / ft}^3$$

$$\mu_s = 0.0078 \text{ g / cm seg } (6.72 \times 10^{-2} \text{ lb / ft seg / g / cm seg})$$

$$\mu_s = 0.00052 \text{ lb / ft seg}$$

Sustituyendo en la ecuación anterior:

$$U_s = \frac{32.2 \text{ ft/seg}^2 (3.28 \times 10^{-3} \text{ ft})^2 (67.803 - 49.083) \text{ lb/ft}^3}{18 (0.00052 \text{ lb / ft seg})}$$

$$U_s = 0.6928 \text{ ft / seg}$$

Para la ecuación 3.5.10. la fracción del volumen del líquido dentro del volumen de la suspensión, ϵ , se calcula así:

$$\epsilon = \frac{\text{Volumen de líquido en suspensión}}{\text{Volumen de la suspensión}} = \frac{V_l}{V} \quad \text{Ec. 3.9.1.}$$

$$\text{en donde } V_l = V - V_s \quad \text{Ec. 3.9.2.}$$

V_s = volumen de los sólidos en suspensión.

$$V_s = \frac{M_s}{\rho_{sol.}} \quad \text{Ec. 3.9.3.}$$

en donde

M_s = masa de los sólidos en suspensión.

$\rho_{sol.}$ = densidad de los sólidos.

De la sección 2.6. se obtiene: el valor de M_s que es de 4.54 kg (10 lb) para 1 lote de producción y el volumen de la suspensión, V , que es de 190 lt (6.7 ft³).

Sustituyendo en las ecuaciones anteriores:

$$V_s = \frac{10 \text{ lb}}{67.803 \text{ lb / ft}^3} = 0.1474 \text{ ft}^3$$

$$V_1 = 6.7 \text{ ft}^3 - 0.1474 \text{ ft}^3 = 6.5526 \text{ ft}^3$$

$$\epsilon = \frac{6.5526 \text{ ft}^3}{6.7 \text{ ft}^3} = 0.978$$

El término h , que corresponde a la altura de la interfase suspensión - líquido por encima del impulsor superior, se calculará suponiendo (en base a la escala de agitación de la tabla 3.4.2.) que la altura de la suspensión, A_s , dentro del tanque será de un 80 % de la altura de operación, por lo tanto el nivel de la suspensión de los sólidos será:

$$A_s = 0.8 (Z) \quad \text{Ec. 3.9.4.}$$

$$A_s = 0.8 (28.3 \text{ in}) = 22.64 \text{ in}$$

La altura del impulsor superior, A_i , dentro del tanque se determina mediante la relación $(2/3) Z$, de la tabla 3.5.2..

$$A_i = (2/3) Z \quad \text{Ec. 3.9.5.}$$

$$A_i = (2/3) (28.3 \text{ in}) = 18.67 \text{ in}$$

Por lo tanto la altura de la interfase suspensión - líquido por encima del impulsor superior será la diferencia de la altura de la suspensión y de la altura del impulsor.

$$h = A_s - A_i \quad \text{Ec. 3.9.6.}$$

$$h = 22.64 \text{ in} - 18.67 \text{ in} = 3.97 \text{ in}$$

Despejando la potencia, P , de la ecuación 3.5.10. se obtiene:

$$P = \left[\frac{g_n \rho_s v U_s}{g_c} \right] e^{\left[\frac{[h / T] - 0.1}{0.23 [1 - \epsilon]^{-2/3} [D_c / T]^{1/2}} \right]} \quad \text{Ec. 3.9.7.}$$

Sustituyendo las variables se obtiene la potencia del motor para el agitador:

$$P = \left[\frac{(32.2 \text{ ft/seg}^2) (2) (49.73 \text{ lb/ft}^3) (6.7 \text{ ft}^3) (0.6928 \text{ ft/seg})}{32.2 \text{ lb ft} / \text{lb seg}^2} \right] e^{\left[\frac{[3.97 \text{ in} / 23 \text{ in}] - 0.1}{0.23 [1 - 0.978]^{-2/3} [7 \text{ in} / 23 \text{ in}]^{1/2}} \right]}$$

$P = 482.89 \text{ lb ft / seg (1 H.P. / 550 lb ft / seg)}$

$P = 0.87 \text{ H.P.}$

Por lo tanto la potencia del motor será de 0.87 H.P.. Sin embargo comercialmente no se fabrican motores de esa potencia por lo que se elegirá la potencia comercial inmediata superior que es de 1.5 H.P. tanto para motores eléctricos como neumáticos.

3.10. Mamparas para el tanque de agitación.

Para la suspensión y la disolución de sólidos en un líquido dentro de un tanque agitado es necesaria la presencia de mamparas para promover la agitación.

Por medio de las mamparas, parte del movimiento horizontal del fluido creado por el impulsor, es convertido a un movimiento vertical. La combinación de los componentes del flujo horizontal y vertical crean la desorganización aleatoria requerida para un buen mezclado y un uso eficiente de la potencia suministrada.

Cuando esta condición es alcanzada, la superficie del líquido estará relativamente tranquila. Esto puede ser representativo de que se está haciendo un buen mezclado. (20).

Algunas de las ventajas que se obtienen al emplear mamparas, son las siguientes:

- 1.- Intensifican la máxima agitación.
- 2.- Promueven el flujo requerido por el proceso.
- 3.- El flujo procedente del impulsor produce corrientes verticales.
- 4.- Cambia el sentido del flujo, de un flujo rotacional (estático) a un flujo de completo mezclado.
- 5.- Eliminan el excesivo movimiento circular, vórtices y la introducción de aire a la mezcla.
- 6.- Aumenta la capacidad del mezclado.

El patrón de flujo de un tanque agitado con y sin mamparas para flujo axial se muestra en las figuras 3.4.1. y 3.4.2. de la sección 3.4..

Para impulsores tipo turbinas, mamparas verticales a lo largo de la pared del tanque son las más comunes. En tanques pequeños (menores de 91.5 cm ó 3 ft de diámetro), se requieren solamente tres mamparas espaciadas a 120° . Para tanques mayores serán suficientes cuatro mamparas espaciadas a 90° . (55).

Para la manufactura de la tinta, el tanque será de 58 cm de diámetro, por lo tanto, solo se requerirán tres mamparas espaciadas a 120° .

Las mamparas se deberán colocar a lo largo de la pared del tanque (radialmente) para toda la altura del líquido. El ancho de cada mampara será de aproximadamente $1/12$ del diámetro del tanque, según la siguiente ecuación:

$$M = (1 / 12) T \quad \text{Ec. 3.10.1.}$$

en donde

M = ancho de la mampara.
T = diámetro del tanque.

Para prevenir acumulaciones de los sólidos detrás de las mamparas, éstas deberán de estar separadas de la pared del tanque $1/72$ del diámetro del mismo.

$$E = (1 / 72) T \quad \text{Ec. 3.10.2.}$$

en donde

E = espacio entre la pared del tanque y la mampara.

Esta separación asegurará el mezclado y la recirculación detrás de las mamparas.

Ya que se desea evitar la formación de un vórtice ó remolino, las mamparas deberán de sobresalir de la superficie del líquido, por lo tanto como la altura del líquido es de 72 cm y la altura total del tanque es de 88 cm, se tomará para la altura de las mamparas el valor intermedio entre ambas que corresponde a una longitud de 80 cm.

El ancho y la separación de la pared del tanque para las mamparas se calculan por medio de las ecuaciones anteriores.

$$M = (1 / 12) (58 \text{ cm})$$

$$M = 4.8 \text{ cm}$$

$$E = (1 / 72) (58 \text{ cm})$$

$$E = 0.8 \text{ cm}$$

El espesor ó calibre de las mamparas puede ser igual ó ligeramente menor al de la pared del tanque.

3.11. Relación del comportamiento del fluido con el rendimiento del proceso en recipientes mezcladores. (16).

El comportamiento de un fluido y el rendimiento de un proceso son fenómenos que ocurren durante el movimiento del líquido en agitación. Para poder relacionar éstos conceptos es necesario determinar si el fluido dentro del tanque corresponde a un flujo

turbulento, laminar ó de transición.

La presencia ó la ausencia de turbulencia dentro de un tanque agitado puede ser correlacionada con el Número de Reynolds para el impulsor, el cual fué definido en la sección 3.7, y es igual a 2.4×10^5 .

El flujo dentro del tanque se considera turbulento cuando el No. Re. $> 10\ 000$. La viscosidad no es un indicador válido del tipo de flujo esperado. Entre el No. Re. de $10\ 000$ y aproximadamente 10^5 está el rango de transición, en el cual el flujo es turbulento en el impulsor y laminar en las partes remotas del tanque y cuando el No. Re. es menor de 10 , entonces el flujo es solamente laminar.

Por lo tanto, de acuerdo a la clasificación anterior, el comportamiento del fluido dentro del tanque es turbulento lo cual es muy conveniente para el caso de la manufactura de la tinta, debido a que el colorante es un polvo seco que se va a adicionar a la mezcla de solventes para disolverlo. Esto no se lograría si el comportamiento del fluido careciese de turbulencia y por consecuencia de esfuerzo cortante para producir esta disolución.

Algunos otros fenómenos que ocurren dentro del tanque agitado y que de alguna manera repercuten en el rendimiento del proceso, son los siguientes:

1.- Se desarrollan esfuerzos cortantes en el fluido cuando una capa de él se desplaza con mayor ó menor rapidez que otra capa adyacente. Con flujo turbulento, el esfuerzo cortante se produce también debido al comportamiento de las corrientes aleatorias y transitorias, incluyendo los remolinos a gran escala, que se descomponen en ondas ó fluctuaciones pequeñas. La escala de los remolinos grandes depende del tamaño del equipo. Por otra parte, la de los remolinos pequeños, que disipan energía principalmente mediante el corte viscoso, es casi independiente del tamaño del agitador y el tanque.

El esfuerzo cortante en el fluido es mucho mayor cerca de la hélice que junto a la pared del tanque. La diferencia es más grande en los tanques de mayor tamaño que en los pequeños.

2.- Se desarrollan fuerzas de inercia cuando un fluido cambia de dirección ó de velocidad. Con flujo turbulento, las fuerzas de inercia son mayores que las de viscosidad. El fluido en movimiento tiende a seguir desplazándose, hasta que se encuentra con una superficie sólida ó algún otro fluido que se mueve en dirección diferente. Se desarrollan fuerzas durante la transferencia de cantidad de movimiento que tiene lugar. Las fuerzas que actúan sobre las aspas de las hélices fluctúan de manera aleatoria, en relación con la escala y la intensidad de la turbulencia en la hélice.

3.- El área interfacial entre el sólido y el líquido se puede ampliar ó reducir mediante esas fuerzas de viscosidad y de

inercia, cuando interactúan con fuerzas interfaciales, como la tensión superficial.

- 4.- Las diferencias de concentración y temperatura se reducen mediante el flujo masivo o circulación volumétrica dentro del recipiente. Las regiones de fluido de diferente composición o temperatura se reducen en espesor mediante el movimiento masivo, en el cual existen gradientes de velocidad. Este proceso se denomina difusión volumétrica o de Taylor.
- 5.- Las concentraciones de equilibrio que tienden a desarrollarse en las interfaces de sólido - líquido se desplazan o modifican debido a la difusión molecular y turbulenta entre el fluido volumétrico y el fluido adyacente a la interfase. El movimiento masivo (difusión volumétrica de Taylor) contribuye también a éste mecanismo de transferencia de masas.

3.12. Diseño final del tanque de agitación.

El diseño final del tanque de agitación comprende la ubicación de los impulsores dentro del mismo, la longitud de la flecha y el montaje del agitador. (42).

Para la construcción de los impulsores, los cuales son del tipo turbina con hojas inclinadas a 45° , es necesario determinar el ancho y largo de las paletas mediante las siguientes ecuaciones:

$$W = 1 / 8 (D_c) \quad \text{Ec. 3.12.1.}$$

en donde

W = ancho de la paleta.
Dc = diámetro corregido del impulsor.

$$L_p = 1 / 3 (D_c) \quad \text{Ec. 3.12.2.}$$

en donde

Lp = largo de la paleta.

Sustituyendo el diámetro del impulsor (18 cm) en las ecuaciones anteriores:

$$W = 1 / 8 (18 \text{ cm }) = 2.25 \text{ cm}$$

$$L_p = 1 / 3 (18 \text{ cm }) = 6 \text{ cm}$$

Por lo tanto, el ancho de las paletas será de 2.25 cm y el largo de 6 cm. El material de construcción será de acero inoxidable 304 para evitar contaminaciones por oxidación en la tinta a procesar.

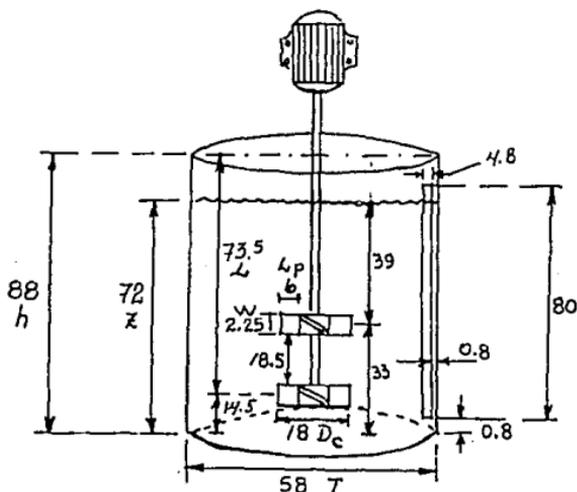
De acuerdo a la tabla 3.5.2. de la sección 3.5. el impulsor inferior deberá de estar a una distancia del fondo igual a $T / 4$ en donde T es el diámetro del tanque. Dado que éste diámetro es de 58 cm, el impulsor inferior estará a 14.5 cm del fondo del tanque.

El impulsor superior estará colocado a una altura de $(2/3)Z$ desde el fondo del tanque. en donde Z es la altura de operación del líquido agitado y es igual a 72 cm tal y como se definió en la sección 3.6.. Por lo tanto el impulsor superior estará localizado a 33 cm del fondo del tanque. (44).

La longitud de la flecha para el agitador será de 73.5 cm que corresponde a la diferencia de la altura total del tanque (88 cm) menos la distancia entre el impulsor inferior y el fondo del tanque (14.5 cm), la cual fue anteriormente definida. El diámetro de la flecha será el mismo que el de la flecha del motor para el agitador, ya que ambas flechas estarán unidas por medio de un cople. En el siguiente capítulo se especificará este diámetro, así como las características del motor. El material de construcción de la flecha del agitador deberá ser el mismo que el seleccionado para el impulsor.

Por último el montaje del agitador será sobre rieles ó canales soldados ó atornillados al motor, de tal forma que el impulsor se encuentre localizado en el centro del tanque. En la siguiente figura se muestra el diseño final del tanque de agitación. El material de construcción del tanque deberá ser de acero inoxidable 304 para evitar contaminaciones debidas a la oxidación del mismo.

Figura 3.12.1.-- Diseño y especificaciones del tanque de agitación.



Nota: todas las dimensiones están en centímetros (cm).

Las mamparas y en general todas las partes en contacto con el liquido deberán de ser especificadas en acero inoxidable 304.

CAPITULO IV.- INGENIERIA MECANICA.

4.1. Instalación de la planta.

Uno de los aspectos más importantes del diseño de los sistemas de producción es el arreglo de las instalaciones. Implica la determinación de la distribución de máquinas, materiales, personal, servicios, etc.. Esto constituye un aspecto un tanto complejo ya que abarca conceptos relacionados a campos tales como los de Ingeniería, Arquitectura, Economía y Administración de Empresas.

La ubicación de la planta comprende tres decisiones básicas. Primera, debe seleccionarse la región. Segunda, debe seleccionarse la comunidad. Tercera, debe seleccionarse el sitio en particular de la comunidad. Una vez tomadas estas decisiones sobre la ubicación, debe tomarse el siguiente grupo de decisiones relativas a la construcción de la planta y a la distribución ó arreglo de las instalaciones. (17).

El primer grupo de factores importantes en el planeamiento de las fabricas es el de las ventajas relativas de los tipos de construcción utilizados para las mismas, es decir, si la fábrica deberá ser de una sola planta o de dos ó más pisos.

Los factores favorables a la construcción de edificios de una sola planta y las ventajas de estos son: (22).

- 1.- Bajo costo del terreno.
- 2.- Disponibilidad de terreno para ampliaciones.
- 3.- Menor tiempo para construir.
- 4.- Menor terreno perdido en aceras y columnas y para elevadores, escaleras, accesos a ellas, etc..
- 5.- Cargas elevadas sobre el suelo debido a las máquinas o al producto fabricado.
- 6.- Mayor flexibilidad para acomodar los cambios en la instalación.
- 7.- Posibilidad de una mayor eficiencia en las rutas del trabajo y en los aparatos de manipulación (equipo de trabajo).
- 8.- La inspeccion es fácil y eficaz.
- 9.- Uso máximo de luz natural y posibilidad de emplear la ventilación natural.
- 10.- Facilidad para aislar los trabajos peligrosos y objetables.

11.- Costo global de funcionamiento más bajo.

Los factores que indican la conveniencia de construir edificios de varios pisos y las ventajas de estos son:

- 1.- Costo elevado del terreno.
- 2.- Area limitada del terreno para construir.
- 3.- La topografía natural del terreno puede permitir entradas a diferentes niveles.
- 4.- Facilidad para la ampliación si se prevé adecuadamente.
- 5.- Escasa posibilidad de tener que aplicar cargas elevadas a los pisos.
- 6.- La mayor parte de los productos y de las instalaciones son de bajo peso y de bajo volumen.
- 7.- Posibilidad de una mejor coordinación de los departamentos en un plano vertical; pueden reducirse las distancias y utilizar la circulación por gravedad.
- 8.- En algunas localidades, es posible tener menor suciedad y mejor alumbrado y ventilación en los pisos altos.

Resulta evidente que para una producción a baja escala como es el caso de la manufactura de la tinta para calzado, solo se requiere un edificio de una sola planta, el cual puede ser rentado, comprado o construido dependiendo de los recursos económicos disponibles o de la política planteada o sugerida por los dueños, accionistas o inversionistas.

Una vez seleccionado el lugar en donde se instalará la planta, se procede a determinar su arreglo, cuyo principal objetivo es optimizar la distribución de máquinas, hombre, materiales y servicios auxiliares, de manera que el valor creado por el sistema de producción sea elevado al máximo. Además de la maximización del valor creado en el sistema de producción, la distribución debe satisfacer las necesidades de los trabajadores, gerentes y demás personas asociadas con el sistema de producción. Otros factores que son incluidos en el desarrollo de una buena distribución son los siguientes: (23).

1.- Minimización del manejo de materiales.

Un buen arreglo de la planta debe minimizar tanto los costos como el tiempo requerido para mover los materiales a través de los procesos de producción. En algunas compañías, el uso de máquinas de transferencia sólo requiere que se alimente la materia prima por un extremo del sistema de producción y que los productos terminados sean retirados por el otro extremo. En muchas plantas para el procesamiento de productos químicos

y alimenticios, se han ideado sistemas para el manejo de materiales de manera que el producto no requiere ser manejado manualmente mientras pasa por el proceso de producción.

- 2.- Reducción de los peligros que afectan a los empleados.
El análisis de arreglos de plantas se esfuerza por reducir a un mínimo los peligros para la salud y la seguridad de los empleados. En términos de salud, esto puede comprender el suministro de adecuados ductos de escape para la eliminación del polvo, rocío de pintura u otras partículas del aire. En términos de peligros para la seguridad deben tomarse precauciones para los espacios entre los trabajadores y la maquinaria en movimiento, protecciones para las herramientas de corte y sierras, y decenas de otras previsiones que tengan que ver con los peligros implicados en los trabajos que se ejecutan.
- 3.- Equilibrio en el proceso de producción.
Distribuyendo el número de máquinas adecuado en la posición correcta en una planta, el analista del arreglo puede lograr el equilibrio en el proceso de producción, y evitar cuellos de botella. Esto es necesario para operar eficientemente un proceso de producción, para evitar la acumulación de inventarios excesivos de artículos en proceso, y para evitar pérdidas y malas colocaciones de los productos terminados.
- 4.- Minimización de interferencias de las máquinas.
Las interferencias de las máquinas asumen muchas formas en las operaciones de producción. Incluyen ruido excesivo, polvo, vibración, emanaciones y calor. Estas interferencias afectan adversamente al desempeño de los trabajadores. Por lo tanto, el analista del arreglo trata de minimizarlas; cuando esto no es posible, puede aislar a unas máquinas de otras y de los trabajadores de la planta.
- 5.- Incremento de la moral de los empleados.
Un buen arreglo de la planta debe crear un ambiente favorable para la formación de una moral elevada. En algunas ocasiones unos sencillos cambios en la distribución pueden lograrlo.
- 6.- Utilización del espacio disponible.
El edificio o edificios de la planta representan una gran inversión. Así pues, debe usarse en su totalidad el espacio disponible para elevar al máximo el rendimiento sobre esa inversión. Puesto que el espacio representa un gasto fijo, sea que se use o no, de todas maneras tienen que pagarse los costos del espacio. Los analistas del arreglo, por lo tanto, al diseñar los arreglos de la planta, intentan reducir al mínimo la cantidad del espacio de piso y de espacio superior que no se utilice.
- 7.- Utilización efectiva de la mano de obra.
Un buen arreglo de la planta debe proporcionar una efectiva utilización de la mano de obra. Los trabajadores no deberán

tener excesivo tiempo ocioso, ó tener que recorrer grandes distancias para obtener herramientas, suministros, etc.. El personal de mantenimiento debe tener fácil acceso a las máquinas para repararlas servirias y limpiarlas. Los supervisores deberán de estar situados en donde puedan mantenerse en contacto con las operaciones de producción. El personal de oficinas encargado de proporcionar herramientas, partes, suministros y documentación, debe colocarse de manera de reducir al mínimo el costo y el tiempo requerido para ejecutar sus funciones.

En base a lo anterior se sugerirá en la siguiente sección, un arreglo para la planta que producirá la tinta para calzado.

4.2. Arreglo de equipos.

En la sección anterior se definieron siete factores que se deben tener presentes en el planeamiento y desarrollo de un arreglo de equipos para la instalación de una planta. Este arreglo se especifica en base a la secuencia del proceso de manufactura del producto.

A partir del diagrama de flujo para la fabricación de la tinta para calzado mostrado en la siguiente figura, se sugerirá el arreglo de los equipos para dicho proceso. (17).

Ver la figura 4.2.1.

Figura 4.2.1.- Diagrama de flujo para la manufactura de la tinta para calzado. Proceso por lotes.

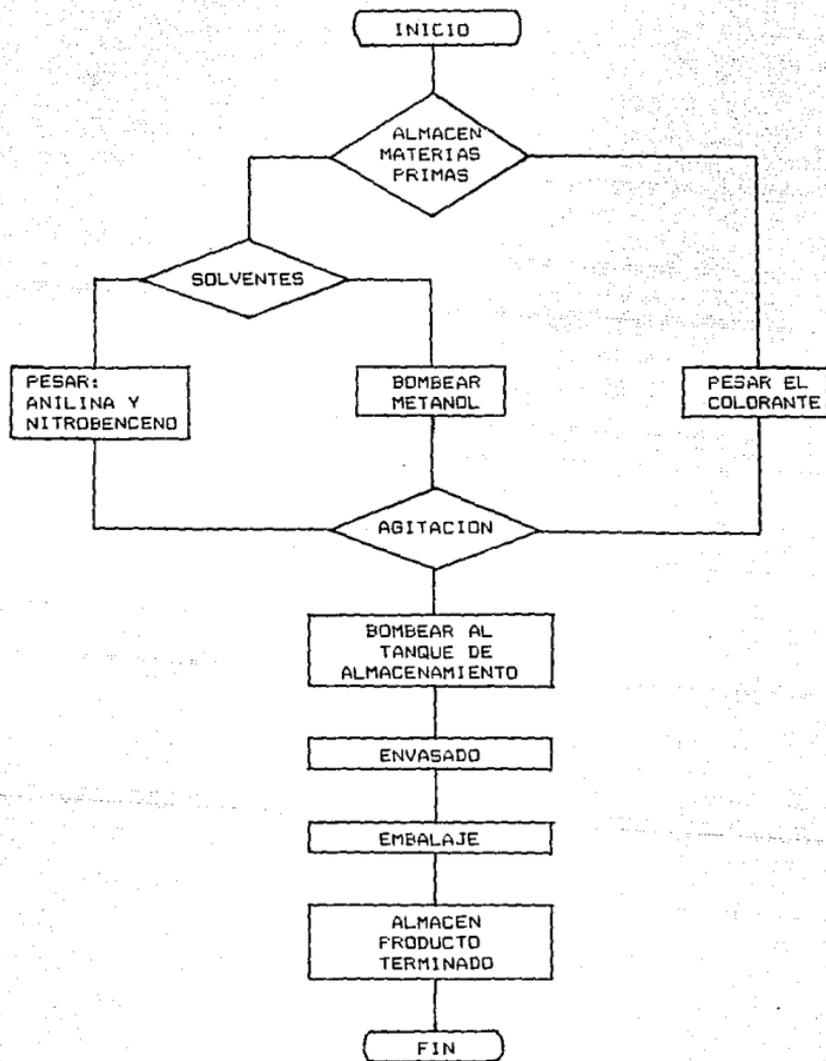
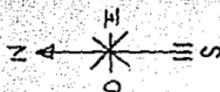
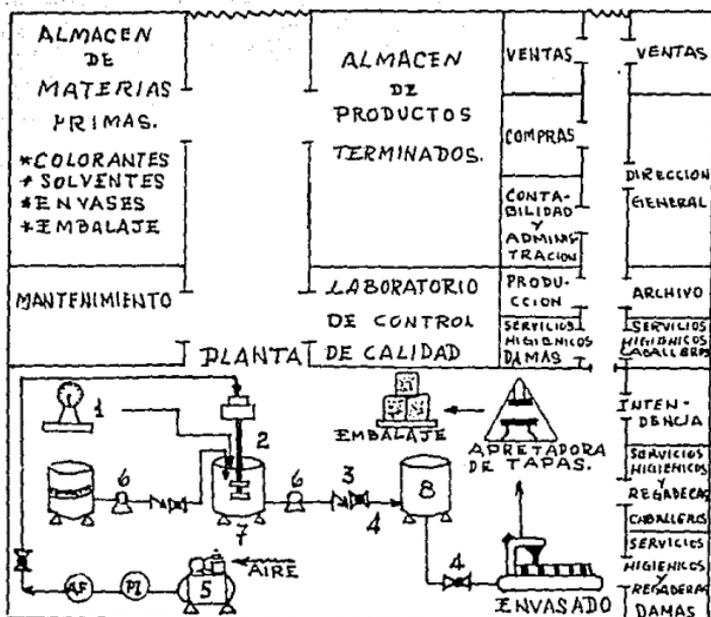


Figura 4.2.2.- Instalación de la planta y arreglo de equipos.



CALLE O AVENIDA



Descripción:

- (1) = Bascula para pesar anilina, nitrobenzono y colorante.
- (2) = Agitador neumático.
- (3) = Válvula de retención horizontal.
- (4) = Válvula de globo.
- (5) = Compresora de aire.
- (6) = Bomba centrífuga.
- (7) = Tanque de agitación.
- (8) = Tanque de almacenamiento.
- (AF) = Filtro de aire.
- (PI) = Indicador de presión.

La secuencia lógica para la manufactura de la tinta para calzado de acuerdo al arreglo de equipos sugerido, es la siguiente:

- 1.- Del almacén de materias primas, el colorante para la tinta, la anilina y el nitrobenzeno (solventes auxiliares) se trasladan para pesarse de acuerdo a las cantidades especificadas en la sección 2.6, para un lote de producción. La razón por la cual se pesarán tanto la anilina como el nitrobenzeno (los cuales se encuentran en estado líquido), se debe a que es más práctico y funcional que el medir volúmenes fraccionales de estas sustancias.

Por otra parte, el metanol (disolvente principal) se comprará en tambores de 200 lt, por lo tanto, en este caso, no es recomendable pesarlo, luego trasladarlo al tanque de agitación ya que la cantidad en peso de esta sustancia para un lote es de 143.87 kg los cuales no son fácilmente maniobrables por un operario, por lo que se acoplara al tambor de metanol una bomba centrífuga para bombearlo al tanque de procesamiento hasta un nivel predeterminado correspondiente a su equivalente en volumen.

- 2.- Una vez que se ha bombeado el metanol al tanque de agitación, se accionará el agitador mediante el flujo de aire que suministrará un compresor para mover el motor neumático del agitador antes mencionado. El tiempo de procesamiento será de 1 a 1:30 horas aproximadamente.
- 3.- Después de que se ha completado el proceso de agitación de la tinta, esta se bombea a un tanque de almacenamiento de 200 lt mínimo, es decir, de la misma capacidad que la del tanque de agitación. En este momento, se sugiere comenzar a preparar el nuevo lote de producción repitiendo las etapas 1 y 2.
- 4.- Del tanque de almacenamiento, la tinta se pasa a la llenadora para envasarla en frascos de 60 ml y después a la apretadora para tapas de rosca.
- 5.- Por último, se realiza el embalaje para enviar la tinta al almacén de producto terminado.

La instalación de la fábrica y el arreglo de los equipos propuesto en la figura 4.2.2, no necesariamente debe ser considerado como el ideal, ya que este arreglo dependerá de las dimensiones del local ó de la propiedad en donde se instalará la planta, las cuales pueden variar en un amplio rango.

Una dimensión adecuada para este propósito podría ser un local rentado, comprado ó construido con una superficie total aproximada de 150 m² a partir de los cuales se puede establecer una distribución adecuada tanto para las oficinas como para la planta, sin que exista un insuficiente ó un excesivo espacio disponible. Para tener una mejor visión de la superficie que representan 150 m², podemos tomar como referencia que esta magnitud correspondería aproximadamente al de la planta baja de

una casa de mediano tamaño.

Las especificaciones para el Control de Calidad que se llevará tanto para las materias primas como para el producto terminado, se definirán en el siguiente capítulo.

4.3. Selección de la bomba.

De acuerdo al arreglo de equipos sugerido en la sección anterior, se emplearán dos bombas centrífugas; una para bombear el metanol y otra para la tinta procesada.

Como se puede apreciar en la figura 4.2.2. de la sección anterior, todas las tuberías estarán al nivel del piso, es decir, serán tendidas horizontalmente. La elevación máxima del fluido bombeado será de aproximadamente 1 m y la distancia que recorrerá dicho fluido del tanque emisor al receptor, será de 2 a 3 m aproximadamente.

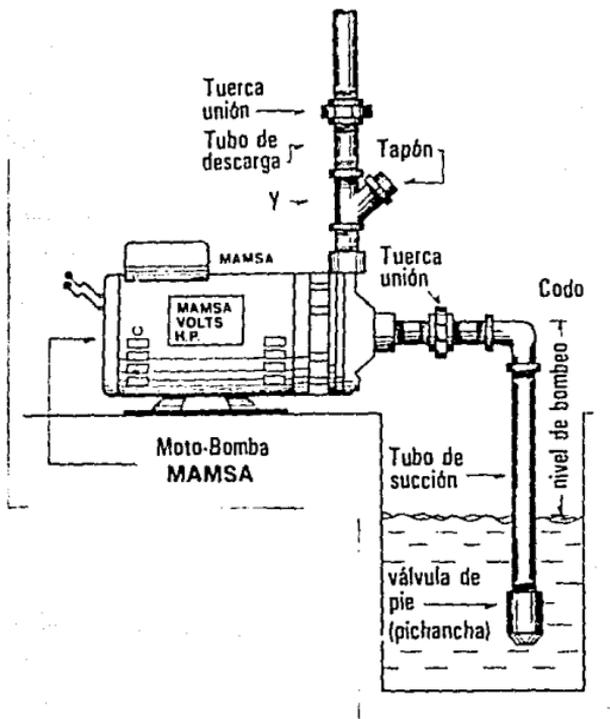
Resulta evidente, que para los valores anteriores, los cálculos relativos para la potencia requerida por la bomba y las pérdidas por fricción en la tubería son completamente despreciables, por lo tanto, la selección de la bomba se llevará a cabo en base a la bomba centrífuga de menor potencia disponible comercialmente, tomando en cuenta las especificaciones proporcionadas por el fabricante.

La bomba centrífuga que se recomienda para este proceso, es la modelo MC 1 / 4 marca MAMSA con motor de 1 / 4 H.P. marca General Electric, a prueba de explosión, monofásico (127 volts). El impulsor de la bomba es de bronce. El diámetro de la tubería para la succión es de 25.4 mm (1 in) y el de la descarga de 19 mm (3 / 4 in). En la figura 4.3.1. se muestra un esquema de esta bomba.

Figura 4.3.1.- Bomba centrífuga marca MAMSA modelo MC 1 / 4.

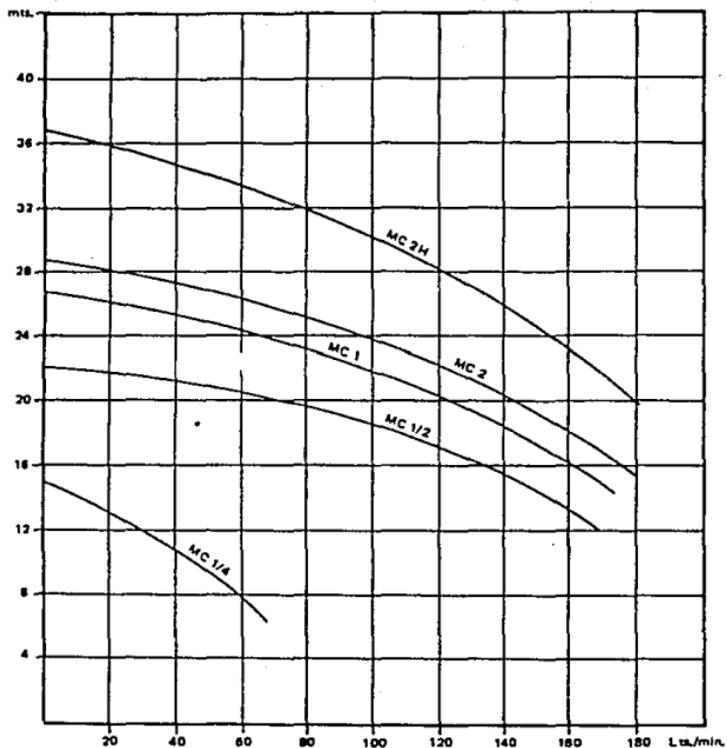


MANUAL DE
INSTALACION Y OPERACION



En la siguiente figura, se relaciona la altura que alcanza el fluido con el gasto volumétrico que proporciona la bomba, por lo que si se extrapola la curva que corresponde al modelo MC 1 / 4, se obtendrá un gasto de aproximadamente 90 lt / min al nivel del suelo. Con este dato se verifica que la bomba centrífuga seleccionada, a pesar de ser la más pequeña disponible comercialmente, proporcionará un gasto relativamente grande.

Figura 4.3.2.- Correlación de la altura y el gasto volumétrico para la bomba centrífuga modelo MC 1 / 4.



La presión del fluido en la tubería de descarga será de 1 a 1.2 kg / cm² (según los datos proporcionados por el fabricante).

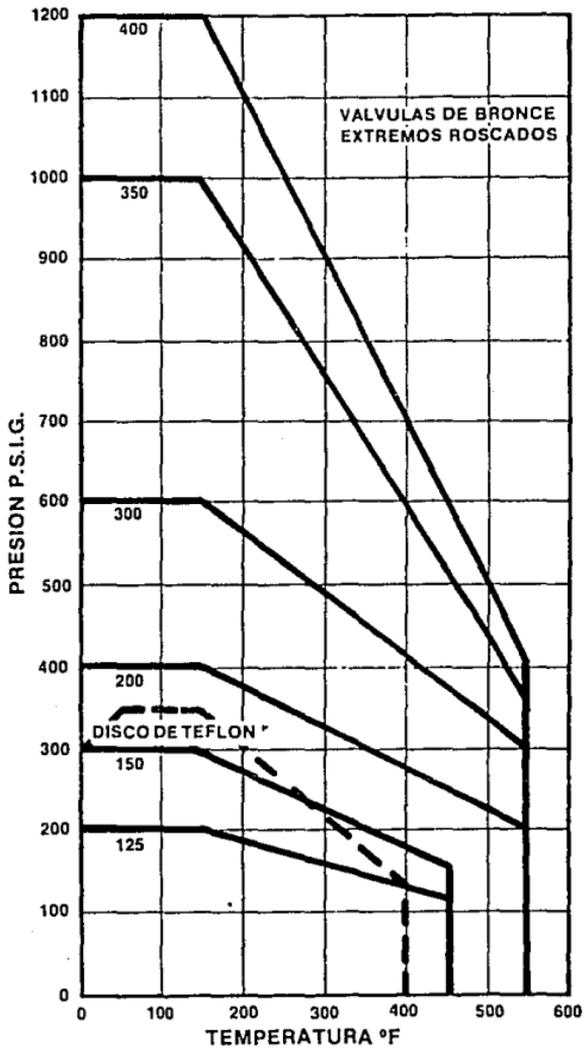
4.4. Selección de las válvulas y de la tubería.

La selección de la tubería ya ha sido definida de acuerdo a los diámetros para la succión y la descarga de la bomba, los cuales serán de 25.4 mm (1 in) y 19 mm (3 / 4 in) respectivamente. El material de construcción de la tubería será de acero galvanizado con los extremos roscados para acoplar y atornillar las válvulas, coples, nipples, codos y demás aditamentos necesarios. La tubería será cédula 40. Los diámetros especificados son disponibles comercialmente. (24).

La selección de las válvulas se define en este caso, por el diámetro de la tubería y por la temperatura y presión del fluido. El tipo de válvula que se empleará será la de globo debido a que éstas se recomiendan para controlar de una manera efectiva el flujo de los líquidos, ya que el asentamiento de su disco es plano y no cóncavo como el de las válvulas de compuerta, las cuales con el paso del tiempo van holigándose por lo que el asentamiento cónico del vástago va deformándose, provocando que existan fugas del fluido.

A partir de la presión de descarga de la bomba centrífuga que es de 1 a 1.2 kg / cm ² (14.28 a 17.13 lb / in ²) y de la temperatura de operación para el fluido que será la temperatura ambiente de aproximadamente 20 a 25 °C (68 a 77 °F), se determinará la clase de válvula de globo a utilizarse mediante la siguiente figura, proporcionada por el fabricante para las válvulas marca Lunkenheimer.

Figura 4.4.1.- Gráfica de rangos de presión y temperatura para las válvulas marca Lunkenheimer.



De la gráfica obtenemos que la clase de la válvula de globo será 125 con extremos roscados para acoplarla a la tubería. En las siguientes figuras se proporcionan las características generales, descripción y especificaciones para las válvulas de globo.

Figura 4.4.2.- Características generales de las válvulas de globo marca Lunkenheimer.

CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS VALVULAS DE GLOBO

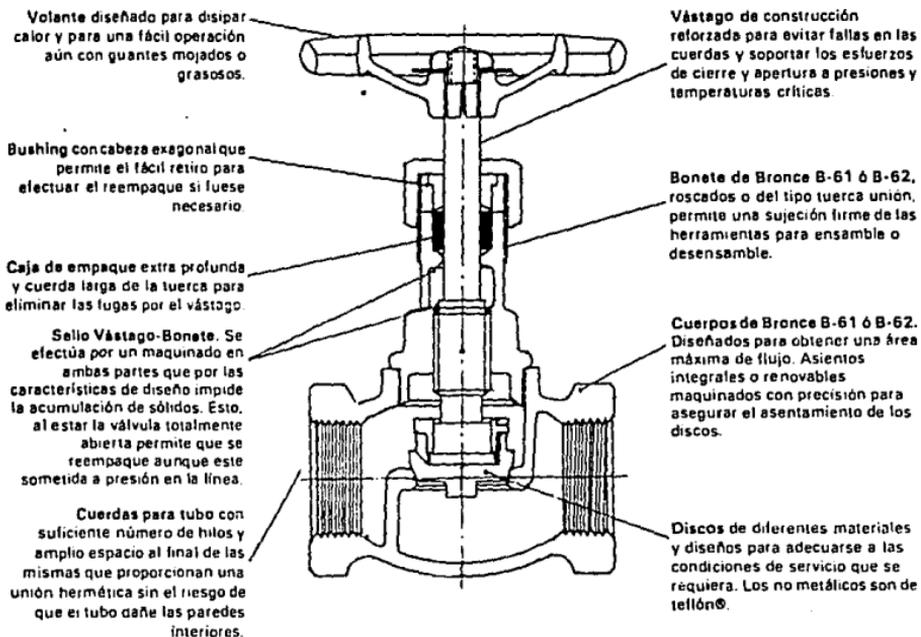
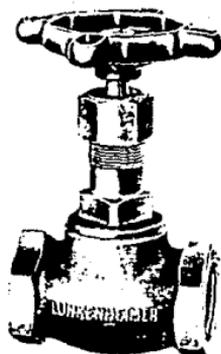


Figura 4.4.3.- Descripción y especificaciones de partes para la válvula de globo clase 125 marca Lunkenheimer.

FIG. 2140
EXTREMOS ROSCADOS

6 A 51 MM. 1/4 A 2 Pulg.

9 Kg.-125 lbs. SWP 14 Kg.-200 lbs. WOG

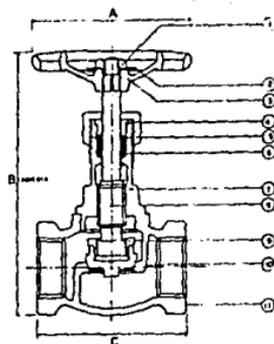


CARACTERÍSTICAS:

- Cabeza Roscada
- Vástago Ascendente
- Disco de Bronce
- Asientos Integrales
- 125 lbs/pulg² SWP 20°C
- 200 lbs/pulg² WOG 29°C a 60°C
- Para mayor información sobre rangos de Presión/Temperatura ver pág. 6

DESCRIPCION Y ESPECIFICACION DE PARTES:

- | | |
|----------------------------------|----------------------|
| 1.- Tuerca de Volante | Latón Rolado |
| 2.- Rondana Identificación | Aluminio |
| 3.- Volante | Zamac |
| 4.- Bushing | Latón Rolado |
| 5.- Estopera | Bronce A.S.T.M. B-62 |
| 6.- Empaque | Asbesto Grafitado |
| 7.- Cabeza | Bronce A.S.T.M. B-62 |
| 8.- Vástago | Bronce A.S.T.M. B-62 |
| 9.- Contra | Bronce A.S.T.M. B-62 |
| 10.- Disco | Bronce A.S.T.M. B-62 |
| 11.- Cuerpo | Bronce A.S.T.M. B-62 |

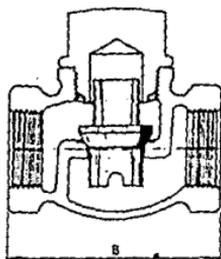


DIMENSIONES Y PESOS

	1/4	3/8	1/2	3/4	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
Pulg	1/4	3/8	1/2	3/4	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
Mm	6	10	12	19	25	32	38	51
Peso Kgs	269	313	445	725	1 028	1 501	2 134	3 500
A Pulg	2 1/4"	2 1/4"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4 1/3	4 5/8"	5 1/8"
Mm	57	57	64	76	89	105	118	130
B Pulg	3 3/8	3 3/8	3 7/8	4 13/16	5 1/16	5 3/4"	6 3/8"	7 9/16"
Mm	86	86	98	122	129	146	162	192
C Pulg	1 7/8"	2"	2 1/4"	2 3/4"	3 1/4"	3 3/4"	4 1/4"	5"
Mm	48	51	57	70	88	95	108	127

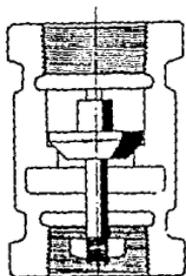
Por otra parte, para las bombas centrífugas se requiere el empleo de una válvula de retención, para evitar que el fluido circule en dirección contraria a la línea de descarga y ocasione daños al motor. Por lo tanto, considerando nuevamente la clase 125, se selecciona la válvula de retención tipo columpio con extremos roscados, para una tubería de 19 mm (3 / 4 in) de diámetro. Esta válvula se describe y especifica en las siguientes figuras.

Figura 4.4.4.- Características generales de las válvulas de retención marca Lunkenheimer.



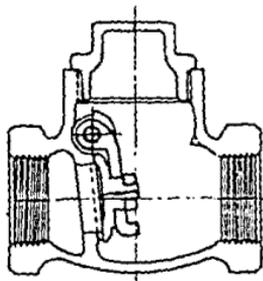
Tipo Horizontal

El diseño y construcción permiten su instalación en líneas con cambios frecuentes en el sentido del flujo a altas velocidades del fluido. Solo puede instalarse en líneas horizontales.



Tipo Vertical

Para servicio similar al tipo horizontal solo que esta válvula está diseñada para instalación en líneas verticales.



Tipo Columpio

Ofrece menor resistencia al flujo que los otros tipos ilustrados, se puede instalar en líneas horizontales o verticales se recomienda para velocidades y cambios de presión moderados.

Figura 4.4.5.- Descripción y especificación de partes para la válvula de retención tipo columpio clase 125 marca Lunkenheimer.

FIG. 2144

EXTREMOS ROSCADOS

10 A 51 MM. 3/8 A 2 Pulg.

9 Kg. - 125lbs.SWP 14 Kg.-200 lb. WOG

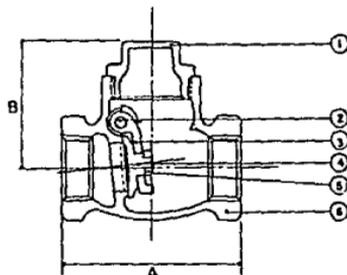


CARACTERÍSTICAS:

- Tapa Roscada
- Tapa Roscada
- Disco Renovable de Bronce
- Puede instalarse en posición horizontal o vertical
- 125 lbs/pulg² SWP 20°C
- 200 lbs/pulg² WOG 29°C a 66°C
- Para mayor información sobre rangos de Presión/Temperatura ver pág 6

DESCRIPCION Y ESPECIFICACION DE PARTES:

- 1 - Tapón Superior Bronce A.S.T.M. B-62
 2 - Perno y Tapón lateral Latón Rolado
 3 - Porta-Disco Bronce A.S.T.M. B-62
 4 - Disco Bronce A.S.T.M. B-62
 5 - Tuerca Latón Rolado
 6 - Cuerpo Bronce A.S.T.M. B-62



DIMENSIONES Y PESOS

Pulg	1.8	1 1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2
Mm	45	38	19	25	32	38	51
Peso Kgs	252	341	560	825	1270	1673	2994
A Pulg	2 1/8	2 5/16	2 1/2	3 1/4	3 7/8	4 1/4	5
Mm	56	59	71	87	98	108	127
B Pulg	1 1/2	1 5/8	1 3/16	2 1/16	2 5/8	2 7/8	3 7/16
Mm	38	41	50	60	67	73	87

Este motor, de acuerdo a las siguientes figuras, demanda una cierta presión y un cierto flujo de aire para operar a las revoluciones por minuto deseadas y a la potencia requerida por el proceso.

Figura 4.5.2.- Relación de la potencia y de las revoluciones por minuto para determinar la presión del aire requerida.

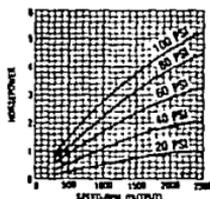
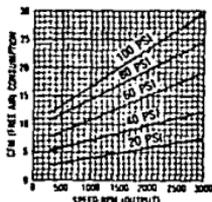


Figura 4.5.3.- Relación de la presión del aire y las revoluciones por minuto para determinar el consumo libre de aire.



Para fines prácticos se redondeará la potencia requerida por el motor a 1 H.P. y la velocidad de rotación del agitador de 453.6 rpm a 450 rpm.

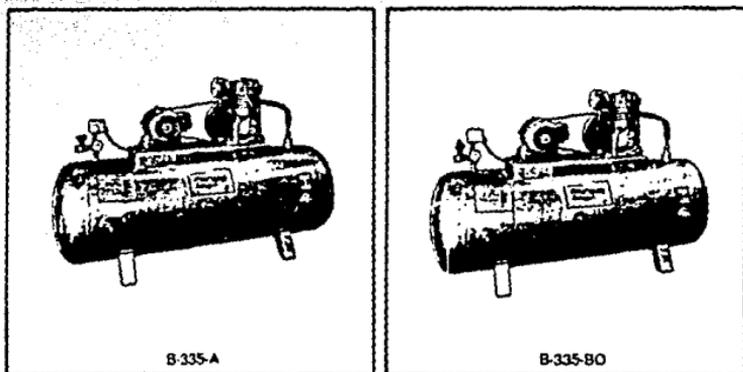
De la figura 4.5.2. a partir de 1 H.P. y 450 rpm obtenemos que la presión requerida del aire será de 80 psi (5.6 kg / cm ²).

De la figura 4.5.3. a partir de 450 rpm y a una presión de 80 psi se obtiene un consumo de aire libre de 11.5 CFM (19.5 m ³/hr).

Por lo tanto la compresora deberá de suministrar aire a una presión de 5.6 kg / cm^2 (80 psi) con un gasto de aire libre de $19.5 \text{ m}^3 / \text{hr}$ (11.5 CFM).

En la siguiente tabla de especificaciones y dimensiones del fabricante para una compresora de aire marca Murgía - Kellogg, se aprecia que el modelo que puede proporcionar los requerimientos anteriores es el B - 335 - 80 de 5 H.P. de potencia, ya que puede suministrar un máximo de $17.2 \text{ m}^3 / \text{hr}$ (17 CFM) de aire libre a una presión máxima de 12.3 kg / cm^2 (175 lb / in²). El modelo B - 335 - A de 3 H.P. de potencia se descarta debido a que el gasto de aire libre máximo que proporciona es de solamente $17.7 \text{ m}^3 / \text{hr}$ (10.1 CFM) el cual es inferior al de $19.5 \text{ m}^3 / \text{hr}$ (11.5 CFM) anteriormente especificado.

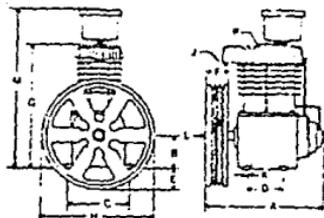
Tabla 4.5.1.- Especificaciones y dimensiones para la compresora marca Murgía - Kellogg modelos B - 335 - A y B - 335 - 80.



ESPECIFICACIONES Y DIMENSIONES

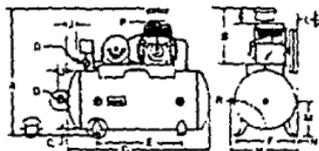
CABEZA MODELO	No. CILINDROS	DIAMETRO DEL PISTON CMS.	CARRERA CMS.	RANGO DE POTENCIA H.P.	RANGO DE VELOCIDAD R.P.M.	RANGO DE PRESION Kg/cm ² Lb/olg ²	RANGO DE DESPLAZAMIENTO M ³ /Hr. PCM
335-TV	2	12.7 y 6.4	7.62	3-5	420/930	4.2-14.0 60-200	21.7/48.6 12.8/28.6

A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	P	Peso
45.4	11	22.9	15.9	6.35	6.35	38	35	1.9	1.0	2.54	45	2.54	66



COMPRESORA MODELO	C DE P.	DESPLAZAMIENTO M ³ /Hr. PCM	AIRE LIBRE M ³ /Hr. PCM	R.P.M.	PRESION Kg/cm ² lb/pulg ²	TANQUE LTS GLS
B-335-A	3	19.5	13.5	440	12.3 175	302 80
B-335-BO	5	37	21.8	700	12.3 175	500 132

MODELO	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	R	Peso
B-335-A	110.5	45	38	1.9	71	44.5	162.6	58.5	10	7	15.3	29.2	2.4	2.54	.31	240
B-335-BO	120.7	45	7	1.9	104	51	175.3	66	10	7	15.3	37.5	3.8	2.54	.34	290



Por último, dado que ya se ha seleccionado el motor para el agitador, sólo resta definir que el diámetro para la flecha del mismo será de 15.87 mm (5 / 8 in), de acuerdo a lo establecido en la sección 3.12. del capítulo anterior.

4.6. Selección de la llenadora para líquidos.

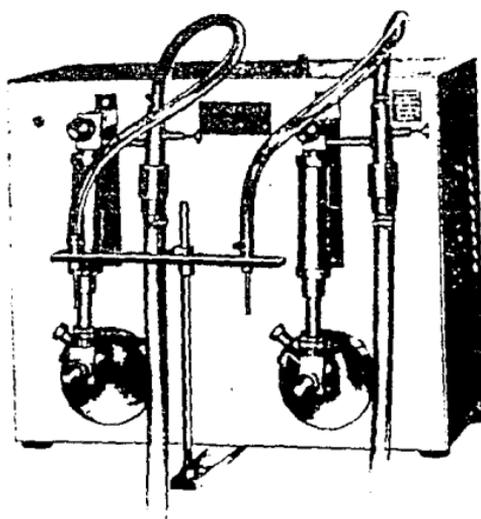
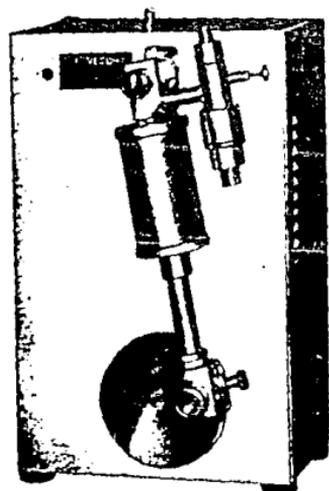
Una vez que la tinta para calzado ha sido bombeada al tanque de almacenamiento es necesario envasarla. Para tal efecto, se emplearán frascos con tapa roscada de una capacidad de 60 ml, por lo que se hace imprescindible el uso de una llenadora para líquidos y el de una apretadora para las tapas roscadas del frasco.

Tomando como base que un lote de producción será de 190 lt, se tendrán que envasar 3166 frascos de tinta de 60 ml cada uno en un lapso de 1 a 1:30 hr., por lo que para seleccionar adecuadamente la llenadora se deberán tener presentes éstos requerimientos.

La llenadora para líquidos que se sugiere considerando que envasa de 1000 a 2000 frascos de 100 ml por hora es capaz de satisfacer los requerimientos para el envasado de un lote de producción. Por lo tanto, se recomienda el modelo RL - 100 con 2 jeringas marca De Vecchi, el cual se muestra en la siguiente figura con sus especificaciones y datos técnicos proporcionados por el fabricante.

Figura 4.6.1.- Especificaciones y dimensiones de la llenadora para líquidos marca De Vecchi modelo RL - 100 de 2 jeringas.

Ver la siguiente página.



RL-100
RL-240
RL-500

DATOS TECNICOS

	Número de jeringas.	Capacidad de dosificación por jeringa, hasta.	Producción aproximada dependiendo de líquidos y volúmenes.	Motor.	Peso.	Frente.	Fondo.	Altura.
RL-100	1 2 4	100 ml. 100 ml. 100 ml.	500 a 1000 1000 a 2000 2000 a 4000	1/4 Hp. 1/2 Hp. 1/2 Hp.	41 Kg. 58 Kg. 73 Kg.	36 cm. 60 cm. 60 cm.	40 cm. 40 cm. 53 cm.	49 cm. 49 cm. 49 cm.
RL-500	1 2 4	500 ml. 500 ml. 500 ml.	400 a 800 800 a 1600 1600 a 3200	1/2 Hp. 1/2 Hp. 3/4 Hp.	46 Kg. 65 Kg. 81 Kg.	36 cm. 60 cm. 60 cm.	40 cm. 40 cm. 53 cm.	55 cm. 55 cm. 55 cm.

El funcionamiento de este equipo es completamente mecánico mediante un motor eléctrico de 1 / 2 H.P. el cual se encuentra acoplado a un reductor de velocidad. No se requiere el empleo de alguna válvula adicional para regular el flujo de la tinta que entra a la jeringa, debido a que se puede regular la dosificación mediante un tornillo que se encuentra perpendicular al vástago de la jeringa, como se puede apreciar en la figura anterior.

Las partes en contacto con el líquido son de acero inoxidable 304 para evitar contaminaciones por oxidación.

Para apretar las tapas de los frascos se sugiere una apretadora marca De Vecchi modelo EASA - 50, la cual es suficiente de acuerdo a las especificaciones proporcionadas por el fabricante, para la cantidad de frascos que se llenarán de tinta en la envasadora. Esto se demuestra fácilmente analizando las especificaciones y dimensiones de la apretadora en la siguiente figura.

Figura 4.6.2.- Especificaciones y dimensiones de la apretadora para tapas roscadas marca De Vecchi modelo EASA - 50.



DATOS TECNICOS

Producción de 1500 a 3000 frascos por hora
Consumo 1/2 hp
Peso Aproximado Kg. 60
Dimensiones 102 cm. Base 30 x 45 cm.

Finalmente, la última etapa dentro de la manufactura de la tinta para calzado es el embalaje en cajas de cartón, para lograr con ello un correcto almacenaje del producto y por consecuencia, una adecuada distribución del mismo.

CAPITULO V.- CONTROL DE CALIDAD.

5.1. Importancia del Control de Calidad. (25).

Por definición, "calidad" es la suma de todas las características que determinan la aceptación de un producto en relación al objetivo de su especificación, diseño y a lo esperado por el consumidor.

Esta característica, sea cual fuere el producto de que se trate, ha adquirido una mayor importancia en nuestros días y se ha colocado como el factor más significativo en las decisiones del cliente, sea éste una ama de casa ó una gran corporación industrial.

Dentro del concepto de calidad, existen a nivel práctico diferentes conceptos de la misma:

1.- Calidad en el mercado.

Es el grado al cual un producto específico satisface los requerimientos de un consumidor específico.

2.- Calidad de diseño.

Es el grado al cual un producto posee satisfacción potencial para todo consumidor.

3.- Calidad de desempeño.

Es la propiedad del producto de mantenerse dentro de las especificaciones que previamente hayan sido establecidas.

De todo lo anterior puede deducirse la importancia del Control de Calidad que exista dentro de una empresa.

El Control de Calidad puede explicarse como un sistema de inspección, análisis y acción aplicado a un proceso de manufactura, de manera que inspeccionando una pequeña porción del producto en cuestión, pueda efectuarse un análisis de su calidad y formar un criterio del estado general del producto, a fin de poder determinar qué acción ó corrección hay que efectuar en la operación de manufactura con el fin de lograr y mantener el nivel de calidad deseado.

En su más amplia aplicación, el Control de Calidad es un dispositivo empleado para reducir al mínimo los elementos descartados, a fin de que toda la producción esté dentro de los límites de calidad prescritos.

Dentro del concepto "Control de Calidad en la Manufactura" existen tres subetapas que son:

1.- Inspección de materias primas.

Del estado de la materia prima depende en gran parte que el producto terminado cumpla con las especificaciones

establecidas. Las materias primas seleccionadas para el proceso de manufactura se examinan en relación con su contribución a la calidad del producto y dicho proceso debe ajustarse a los resultados del análisis de materias primas.

Es recomendable tener más de un proveedor de cada materia prima para evitar pérdidas por paro debido a la falta de material de producción.

- 2.- Inspección de variables y parámetros del proceso de producción.
Reconocer los puntos críticos en los cuales pueden surgir problemas que se reflejen en la calidad del producto terminado para evitar pérdidas por la necesidad de reprocesar el producto.
- 3.- Inspección del producto terminado.
Verificar mediante el análisis de una parte de la producción total, que el lote cumpla con los estándares de calidad ofrecidos con el fin de dar satisfacción al consumidor y evitar pérdidas por rechazos.

Las funciones generales del Departamento de Control de Calidad en una empresa son las siguientes: (26).

- 1.- Establecimiento de normas de calidad.
Establecer especificaciones de acuerdo con las características del producto en comparación con normas reconocidas a nivel oficial. A partir de los criterios de especificación se tomarán las decisiones de aceptación ó rechazo.

Las normas de calidad deben darse por escrito con especificaciones técnicas detalladas y deben ser establecidas en conjunto con el Departamento de Producción y con el Departamento de Ventas, ya que son ellos quienes conocen la capacidad de la planta como las necesidades del cliente, respectivamente.

- 2.- Desarrollo de técnicas de inspección.
Los niveles de calidad y las variables de producción deben de ser medidos de algún modo. Por lo tanto, es obligación del Departamento de Control de Calidad desarrollar un método de medición de cada atributo de calidad y variables de producción desde la materia prima hasta el producto terminado.

Estas pruebas pueden ser desarrolladas en conjunto con el personal de Investigación y Desarrollo ó pueden tomarse estándares oficiales.

Del mismo modo, el Departamento de Control de Calidad es responsable de investigar las metodologías de análisis que serán aplicadas para el examen de los productos así como del buen estado del material y equipo que sea empleado para éste

fin.

3.- Desarrollo de métodos de muestreo.

Desde el momento en que es prácticamente imposible inspeccionar el 100 % de la producción, el Departamento de Control de Calidad debe establecer métodos eficientes para el manejo de muestras y determinar el número de unidades y frecuencia de muestreo para que la calidad sea evaluada con mayor veracidad al mínimo costo.

4.- Interpretación y manejo de resultados.

El Departamento de Control de Calidad es responsable de diseñar tablas de reportes de tal manera que los resultados puedan ser archivados fácilmente y estén disponibles para quien los requiera. Los registros de calidad ayudan a conocer las tendencias que pueden motivar medidas de corrección a la calidad del producto.

5.- Detección y eliminación de problemas.

Cuando se presenta una situación anormal, el personal de Control de Calidad debe vigilar que dicha situación sea corregida inmediatamente.

6.- Contacto con los consumidores.

El representante de Control de Calidad debe conservar un contacto íntimo con el personal de mercados para conocer los problemas relativos a la calidad (de acuerdo con las operaciones de inspección del consumidor) además, debe estudiar y hacer una interpretación de los estándares, las especificaciones, las demandas de calidad y de los planes de inspección de la parte compradora.

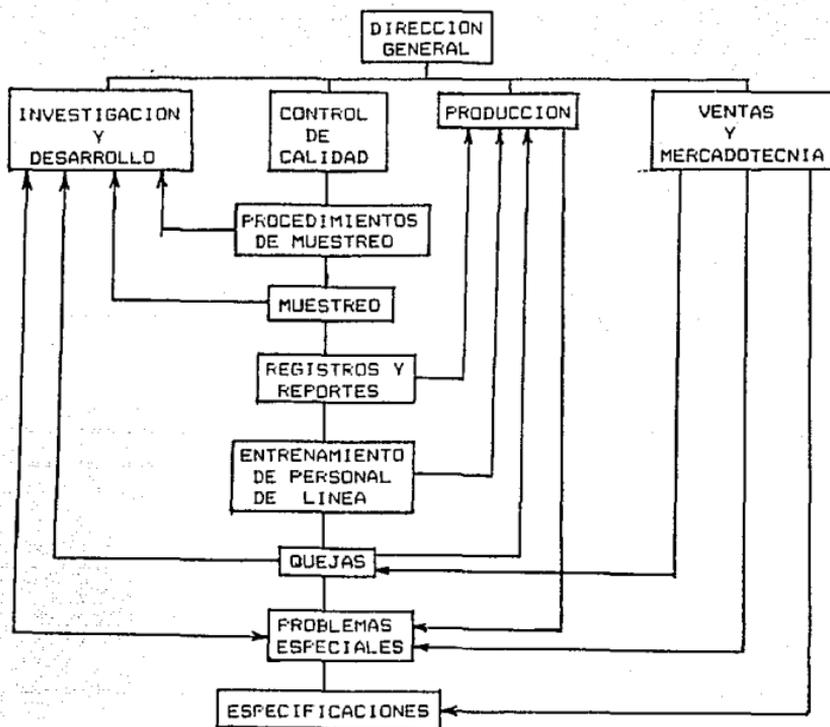
7.- Entrenamiento de personal.

El Departamento de Control de Calidad debe dar instrucciones al personal de línea que deberá seguir los procedimientos establecidos. Por otra parte, para cumplir todas sus funciones debe mantener relaciones con el resto del personal de la empresa.

En la figura 5.1.1. se muestran las relaciones del Departamento de Control de Calidad con otras áreas de una empresa. (25).

Una vez que se han establecido las políticas de Control de Calidad necesarias para el producto ó productos manufacturados por una empresa, se deberán definir los análisis requeridos por la materia prima, el proceso de manufactura (si este lo amerita) y el producto terminado. En las secciones siguientes se establecerán los análisis correspondientes.

Figura 5.1.1.- Funciones del Departamento de Control de Calidad y su relación con otros Departamentos. (25).



5.2. Especificaciones para el Control de Calidad.

La aplicación de Control de Calidad en la manufactura de la tinta para calzado implica una serie de análisis que se efectúan tanto a materias primas como a producto terminado. Las especificaciones con que deben cumplir cada uno de los materiales son detallados en base a la tabla 5.2.1..

Clave de la tabla:

A = Metanol.	D = Colorante.
B = Nitrobenzeno.	E = Envase.
C = Anilina.	F = Corrugado.

Tabla 5.2.1.- Análisis de materiales.

ANALISIS	M A T E R I A S P R I M A S						PROD. TERM.
	A	B	C	D	E	F	
Apariencia	5.2.1.	5.2.6.	5.2.10.	5.2.14.			5.2.22.
Densidad	5.2.2.	5.2.7.	5.2.11.				5.2.23.
pH	5.2.3.						
Pureza	5.2.4.	5.2.8.	5.2.12.				
Solub.	5.2.5.	5.2.9.	5.2.13.	5.2.15.			
Dimensiones	(Envase y Corrugado)				5.2.16.	5.2.19.	
Impresión	(Envase y Corrugado)				5.2.17.	5.2.20.	
Resistencia	(Envase y Corrugado)				5.2.18.	5.2.21.	

5.2.1. Apariencia del metanol.

Líquido incoloro de olor picante característico.

5.2.2. Densidad del metanol.

No debe ser mayor a 0.7962 g / ml.

5.2.3. pH del metanol.

No debe ser ácido para el indicador anaranjado de metilo (3.1 rojo - 4.4 amarillo) ni alcalino para la fenolftaleína (8.3 incoloro - 10 rojo).

5.2.4. Pureza del metanol.

Está basada en su temperatura de destilación; 64.5 °C a 64.7 °C (intervalo no mayor de 1 °C).

5.2.5. Solubilidad del metanol.

Miscible en alcohol, agua, éter.

5.2.6. Apariencia del nitrobenzeno.

Líquido oleoso de color amarillo pálido, oscuro o pardo, con olor fuerte a esencia de almendras amargas.

5.2.7. Densidad del nitrobenzeno.

1.199 g / ml a 25 / 4 °C.
1.213 g / ml a 25 / 10 °C.

5.2.8. Pureza del nitrobenzeno.

Está basada en su temperatura de destilación que es de 210 °C.

- 5.2.9. Solubilidad del nitrobenzeno.
Soluble en la mayor parte de los disolventes orgánicos: miscible en todas proporciones con éter, benceno y varios aceites.
- 5.2.10. Apariencia de la anilina.
Líquido incoloro, inestable a la luz y al aire, olor característico y fuerte.
- 5.2.11. Densidad de la anilina.
1.02173 g / ml a 20 / 4 °C.
1.0268 g / ml a 15 / 15 °C.
1.022 g / ml a 20 / 20 °C.
- 5.2.12. Pureza de la anilina.
No debe contener ácido sulfhídrico según el ensayo con acetato de plomo ya que el primero al combinarse con metales ó sales metálicas altera el color del producto.
- 5.2.13. Solubilidad de la anilina.
Debe ser 100 % soluble en agua, acetona, alcohol, benceno, éter y es soluble en la mayoría de los solventes orgánicos.
- 5.2.14. Apariencia del colorante.
Polvo amorfo con tamaño de partícula de 1,000 μ m, pasa malla 15 al 90 %.
- 5.2.15. Solubilidad del colorante.
Completamente soluble en alcohol y otros compuestos orgánicos.
- 5.2.16. Inspección física según diseño.
- 5.2.17. Inspección física según diseño.
- 5.2.18. Inspección física según diseño.
- 5.2.19. Inspección física según diseño.
- 5.2.20. Inspección física según diseño.
- 5.2.21. Inspección física según diseño.
- 5.2.22. Apariencia de la tinta para calzado.
Líquido con densidad similar al agua, con fuerte olor característico a betún para calzado, homogéneo, secado rápido, imparte una coloración muy firme, estable a la acción de la luz y a la del agua.
- 5.2.23. Densidad de la tinta para calzado.
0.79706 g / m l a 20 °C.

5.3. Tratamiento de datos. (27).

5.3.1. Generalidades.

Todos los materiales deben ser controlados, inspeccionados y aprobados de acuerdo a los requerimientos necesarios durante el proceso.

Las características y especificaciones son designados basándose en la función del material, proceso de manufactura y cualquier factor que pudiera causar falta de apego a las especificaciones.

En todos los procesos de manufactura existen patrones de variación que deben ser registrados en el historial del proceso, por lo que es recomendable llevar un seguimiento gráfico de datos de materiales y procesos. Dichos datos son la información que se obtiene acerca del comportamiento del proceso, y que se desean graficar con la finalidad de obtener información estadística para poder acumular experiencias, analizar tendencias y prevenir en lugar de corregir.

Es necesario distinguir los datos a tratar con la finalidad de seleccionar el tipo de gráfica a utilizar. Existen diferentes tipos de datos:

1.- Datos por variables.

Son medibles y expresados en unidades básicas. Para el llenado de la tinta se utilizará una carta de Medias y Desviaciones Estándar por ser representativa del estado del proceso y proporciona el potencial del mismo. También proporciona el límite superior de control (LSC) y el límite inferior de control (LIC) para especificaciones.

2.- Datos por atributos.

Se verifica si determinada característica está ó no presente. Se pueden resumir en:

Bueno - Malo.
Pasa - No Pasa.
Igual al patrón - Diferente.

Para el caso de la tinta para calzado se utilizará la Carta np la cual sirve para registrar y conocer la cantidad de piezas defectuosas en una muestra fija, tomando como base al LSC y al LIC. Este método se utilizará para los envases.

5.3.2. Muestreo. (27).

Para juzgar la calidad de todo un lote se puede tomar una muestra representativa y analizarla. Si se escoge en forma arbitraria el número de elementos de la muestra, se tiene el problema de que no se sabe qué probabilidades existen de que la muestra detecte los

defectos que puede tener el lote. Dicha probabilidad va a depender del número total de elementos de la población, del tamaño de la muestra y del número de defectuosos que se juzguen sea el máximo tolerable. Lo anterior no es fácil de estimar. En un universo muy grande, por ejemplo, 100,000 elementos, una muestra del 5 % ofrece una protección muy grande, en cambio si sólo se tienen 20 elementos en el lote y la muestra es del 5 %, se obtendrá sólo un elemento con una probabilidad de uno en veinte de poder localizar un posible problema, es decir, habrá un 95 % de probabilidades de que no se detecte ese defecto.

Para tener una protección adecuada ó dicho de otra manera, para tener una alta probabilidad de detectar un problema si lo hubiera, y al mismo tiempo tener una muestra lo más pequeña posible (disminuyendo el costo de análisis) se utilizan las tablas de muestreo. Uno de los puntos más importantes es determinar cuál es el porcentaje de defectuosos que se juzga tolerable, ya que esta cifra fijara el tamaño de la muestra requerida y por consecuencia tendrá importantes implicaciones económicas.

Las tablas de muestreo proporcionan el tamaño de la muestra conociendo el número de componentes del lote y el porcentaje límite de defectuosos que se considera aceptable en el lote.

Las más conocidas son las de Aseguramiento del Nivel de Calidad (AQL por sus siglas en inglés) aunque en la actualidad se recomienda tomar un plan de muestreo de acuerdo al tipo de dato que se esté tratando. Por lo tanto, las muestras se pueden determinar ya sea por medio del método por atributos ó por variables tal y como se muestra a continuación:

1.- Por atributos.

Tamaño del lote	Tamaño de la muestra
< 30	100 %
30 - 50	30 u.
51 - 150	50 u.
501 - 1500	70 u.
1501 - 5000	110 u.
5001 - 15000	220 u.
> 15000	280 u.

2.- Por variables.

Tamaño del lote	Tamaño de la muestra
< 30	100 %
30 - 50	35 u.
51 - 100	40 u.
> 100	50 u.

Para el caso de la tinta para calzado dado que la producción por lote será de 190 lt que equivalen a 3.166 botellitas de 60 ml cada una, si el muestreo se realiza por atributos el tamaño de la muestra será de 220 unidades a inspeccionar, y si se lleva a cabo por el método por variables, entonces la muestra deberá ser de 50 botellitas.

En ambos métodos se obtiene un correcto control de calidad para el producto terminado y su selección deberá hacerse en base a la puesta en marcha de la planta de producción y de acuerdo a la conveniencia de la empresa.

5.4. Políticas de calidad en la empresa. (28), (29).

5.4.1. Filosofía.

La filosofía de la empresa que fabricará la tinta para calzado deberá ser la siguiente:

- 1.- Seguir los cuatro absolutos de la Calidad.
 - 1.1.- Cumplir con los requisitos establecidos.
 - 1.2.- Prevenir en lugar de corregir.
 - 1.3.- Cero defectos.
 - 1.4.- Costo de Calidad.

5.4.2. Principios.

- 1.- Adquirir un compromiso de la Calidad como rol individual de cada trabajador al servicio de la empresa.
- 2.- Estructurar metas de mejoramiento alcanzables como un proceso de mejora continua, a corto y largo plazo con reportes de resultados.
- 3.- Eliminación de los problemas de raíz, utilizando el diagrama Causa - Efecto y el de Pareto.
- 4.- Establecimiento de círculos de calidad con todos aquellos departamentos de la empresa que estén vinculados con ella.
- 5.- Reconocimiento y motivación a los empleados.
- 6.- Relaciones humanas, buena comunicación en la empresa.
- 7.- Capacitación y educación continua a todos los niveles.
- 8.- Disminuir en lo más posible los costos de calidad de la empresa.

5.4.3. Estrategias.

1.- Clientes y consumidores.

- 1.1.- Realizar encuestas.
- 1.2.- Comité de satisfacción de clientes.
- 1.3.- Visitas para intercambio de información.
- 1.4.- Garantizar al cliente el aseguramiento de Calidad.
- 1.5.- Proporcionar al cliente asesoría técnica.
- 1.6.- Política de convenio de Calidad cliente - proveedor basada en el respeto, confianza y beneficio mutuos.

2.- Mercado.

- 2.1.- Estrategias aplicables a clientes y consumidores.
- 2.2.- Auditoría sobre colocación de pedidos.
- 2.3.- Visitas a distribuidores.
- 2.4.- Estimación del mercado vigente.

3.- Ingeniería de diseño.

- 3.1.- Evaluación de proveedores.
- 3.2.- Análisis de aplicación de prioridades.
- 3.3.- Análisis y estudios de capacidad de procesos.
- 3.4.- Control estadístico de procesos.
- 3.5.- Evaluación y seguimiento.

4.- Compras, recepción de materiales y proveedores.

- 4.1.- Evaluación de proveedores y proveedores alternos.
- 4.2.- Control de documentos de compra.
- 4.3.- Inspección de recibo.
- 4.4.- Respeto de las decisiones tomadas por Control de Calidad.
- 4.5.- Comunicación entre Control de Calidad de la empresa con el del proveedor.

5.- Administración.

- 5.1.- Implementación de Calidad en áreas administrativas.
- 5.2.- Comunicación.
- 5.3.- Acciones correctivas.
- 5.4.- Cálculo individual del costo de la Calidad y su concientización.

6.- Accionistas.

- 6.1.- Comunicación con todos los departamentos.
- 6.2.- Costo de la Calidad.
- 6.3.- Mejora de la Calidad.
- 6.4.- Disminuciones en los costos de fabricación, reprocesos, desperdicios, errores, rechazos.
- 6.5.- Mejor aprovechamiento de recursos, mano de obra, materias primas, maquinaria, instalaciones.
- 6.6.- Incremento de la productividad.

- 6.7.- Mayor captura de mercado.
- 6.8.- Supervivencia en el mercado.
- 6.9.- Crecimiento y desarrollo de la empresa.

7.- Inspeccion.

- 7.1.- Control estadístico de procesos.
- 7.2.- Plan de aseguramiento de la Calidad. Incluir costos de Calidad.
- 7.3.- Historiales de procesos.
- 7.4.- Aplicación de acciones correctivas a los problemas de Calidad.
- 7.5.- Control de materiales, equipos y servicios adquiridos para la operación.
- 7.6.- Conocimiento de disconformidades y quejas.
- 7.7.- Registros de calidad.
- 7.8.- Comunicación con todos los departamentos.

8.- Producción y manufactura.

- 8.1.- Control estadístico de procesos en conjunción con Control de Calidad.
- 8.2.- Costos de Calidad.
- 8.3.- Supervisión, seguridad, equipo y mano de obra.
- 8.4.- Comunicación.

9.- Ventas, comercialización, servicio y distribución.

- 9.1.- Convenio de Calidad cliente - proveedor.
- 9.2.- Aseguramiento de Calidad en ventas y distribución.
- 9.3.- Control de distribuidores.
- 9.4.- Visitas a almacenes de clientes.
- 9.5.- Encuestas e investigación de las necesidades en el mercado.
- 9.6.- Comunicación.

CAPITULO VI.- ANALISIS ECONOMICO.

6.1. Estimación del Mercado.

En la formulación de un proyecto industrial, el análisis del mercado es indispensable para estimar la cantidad de producto que es posible vender, las especificaciones que este debe exhibir y el precio que los consumidores potenciales están dispuestos a pagar. (30).

Algunos de los conceptos básicos que se emplean para efectuar la estimación del mercado de un producto son:

- 1.- Mercado.
Sitio de convergencia de la oferta y la demanda de productos en que se establece un precio único.
- 2.- Demanda.
Necesidad o deseo de adquirir un bien ó servicio unida a las posibilidades de adquirirlo.
- 3.- Consumo.
Demanda efectiva actual que equivale al volumen total de transacciones de un producto ó servicio a un precio determinado, dentro de un área, en un momento dado.
- 4.- Demanda potencial.
Volumen probable que alcanzaría la demanda real por el incremento normal a futuro ó bien si se modificaran ciertas condiciones del medio que la limitan.
- 5.- Oferta.
Cantidad de un bien que los productores están dispuestos a llevar al mercado de acuerdo a los precios que pueda alcanzar y teniendo en cuenta su capacidad real de producción.
- 6.- Precio.
Valor de intercambio de los bienes y servicios que se establece entre el comprador y el vendedor.

El siguiente paso después de haber establecido los conceptos anteriores, es el de seleccionar el área en donde se encontrarán los consumidores potenciales. Esta área se puede delimitar geográficamente y, por lo tanto, la estimación del mercado puede referirse a determinadas regiones, a todo el territorio de un país ó a cualquier región específica del mundo. Desde este enfoque, el mercado puede clasificarse como local, nacional, regional ó internacional. (31).

La estimación del mercado para la manufactura de la tinta para calzado, se referirá a toda el área metropolitana de la Ciudad de México, por lo que el mercado se clasificará como local.

Tomando como referencia el Censo Nacional de Población y Vivienda efectuado en el año de 1980, y considerando que el crecimiento demográfico será de un 2.7 % anual de acuerdo con las previsiones del Plan Global de Desarrollo hasta el año de 1990, se puede estimar la población de la zona metropolitana, misma que se presenta en la siguiente tabla. (32), (33).

Tabla 6.1.1.- Proyección de la población para el área metropolitana de la Ciudad de México. (34).

1980	1981	1982	1983
16,395,414	16,838,090	17,292,718	17,759,621
1984	1985	1986	1987
18,239,130	18,731,586	19,237,338	19,756,746
1988	1989	1990	
20,290,178	20,838,012	21,400,538	

De acuerdo a los datos proporcionados por la Cámara Nacional de la Industria del Calzado, se estima que el consumo per cápita de calzado varía de 3.6 a 1.9 pares al año. La media aritmética para estos valores es de 2.75 pares anuales, por lo que tomando como referencia a la población estimada para el año de 1988, se puede determinar el consumo aproximado de zapatos en el área metropolitana de la Ciudad de México. Para realizar estas determinaciones, se redondeará la población de 1988 a 20,300,000 habitantes. (35).

Consumo zapatos = 2.75 (20,300,000 hab.)
Consumo zapatos = 55,825,000 zap. / hab.

La segmentación del mercado de la industria del calzado indica que el 65 % es para el calzado de piel, 19 % para el textil y el 16 % para el plástico, por lo tanto, se tiene que la producción de calzado de piel es de: (35).

Zapatos piel = 0.65 (55,825,000) = 36,286,250 pares.

Se encontró que el promedio de boleadas es de una por semana, de donde:

Boleadas / año = (36,286,250 pares piel) (52 semanas/año)
Boleadas / año = 1,886,885,000

La Cámara del Calzado estima que el 25 % de las boleadas por año se realizan con tinta para calzado, teniendo un consumo per cápita de 20 ml.

Boleadas con tinta = 0.25 (1.886,885.000)

Boleadas con tinta = 471,721,250

Consumo de tinta = 0.02 lt / boleada (471,721,250 boleadas)

Consumo de tinta = 9,434,425 lt

El consumo de tinta representa el mercado potencial de este producto.

Mercado Potencial = 9,434,425 lt

La segmentación del mercado de los fabricantes de tinta, según la Asociación Nacional de Productores de Pinturas y Tintas en el área metropolitana, se encuentra distribuida de la siguiente manera:

El Oso, S.A.	40 %
Productos Flexo, S.A.	30 %
Prodomex, S.A.	20 %
Productores Varios	10 %
	<hr/>
	100 %

El mercado objetivo de la empresa propuesta, será el de obtener el 1.5 % del mercado potencial de tinta para calzado.

Mercado Objetivo = 0.015 (9,434,425 lt)

Mercado Objetivo = 141,516.3 lt

En base al mercado objetivo, se tiene que la producción anual deberá ser de 141,516 lt. Con este dato y teniendo en cuenta que un lote de producción será de 190 lt (Sección 2.6.), es posible determinar la producción diaria en lotes.

Producción anual tinta en lotes = 141,516 lt / 190 lt

Producción anual tinta en lotes = 744.8 lotes

Producción diaria = 744.8 lotes / 240 días laborables al año

Producción diaria = 3.1 lotes

Debido a que la producción diaria resultó ser de 3.1 lotes, es decir, fraccional, se redondeará esta cifra a 3 lotes, por lo que reajustando la producción anual, se tiene que será de:

Producción anual tinta en lotes = 3 lotes (240 días / año)

Producción anual tinta en lotes = 720

Producción anual tinta = 720 lotes (190 lt / lote)

Producción anual tinta = 136,800 lt

Por lo tanto, los 136,800 lt de producción anual de tinta, representan el 1.45 % del mercado potencial para este producto, y en base a dicho volumen de producción, se procederá a efectuar la estimación económica de este proyecto industrial.

En la sección 2.5.3. se estableció que el tiempo aproximado de proceso por lote varía de 1 - 1.5 horas, por lo tanto, el tiempo requerido para producir 3 lotes de tinta diarios será de 3 - 4.5 horas. Si se considera un turno de 8 horas diarias, el tiempo restante se empleará para el envasado de la tinta, mantenimiento de la planta, etc..

Una vez establecida la producción anual y diaria de la tinta para calzado, se deberá proponer el precio de venta del producto así como sus canales de distribución.

Actualmente, los productores de tinta venden sus productos a los mayoristas, minoristas, detallistas y finalmente al público, constituyendo de esta manera sus canales de distribución. El producto se ofrece al consumidor ya sea en botellas de vidrio o de plástico, con una capacidad de 60 ml.

Para proponer adecuadamente un precio de venta para la tinta para calzado, y que éste resulte atractivo al consumidor potencial, es necesario analizar los precios de venta de acuerdo al canal de distribución correspondiente.

La relación precio - canal de distribución se presenta en la siguiente tabla.

Es muy importante hacer notar que los precios y costos registrados para la estimación económica de este proyecto son ó eran los vigentes durante el ULTIMO TRIMESTRE DE 1987.

Tabla 6.1.2.- Precios de venta de los productores de tinta según el canal de distribución.

Artículo: envase de 60 ml de tinta para calzado

Venta al:	Rangos de Precios	Cantidad (unidades)
Mayorista	\$ 275 - \$ 350	2001 en adelante
Minorista	\$ 320 - \$ 360	1001 a 2000
Detallista	\$ 380 - \$ 410	12 a 1000
Público	\$ 700 - \$ 900	1 a 11

En base a lo anterior, en la tabla 6.1.2. se proponen los siguientes precios de venta para la tinta para calzado,

considerando los mismos canales de distribución pero ofreciendo precios más atractivos a los clientes potenciales y manteniendo la misma capacidad en el envase de la tinta.

Con los canales de distribución y los precios de venta establecidos, se realizará la estimación económica para la instalación de la planta que fabricará la tinta para calzado.

Tabla 6.1.3.- Precios de venta propuestos para la manufactura de la tinta para calzado de acuerdo a su canal de distribución.

Artículo: envase de 60 ml de tinta para calzado.

Venta al:	Precio	Cantidad (unidades)
Mayorista	\$ 250	2001 en adelante
Minorista	\$ 300	1001 a 2000
Detallista	\$ 350	12 a 1000
Público	\$ 600	1 a 11

6.2. Detección de una demanda insatisfecha.

En la sección anterior, se ha realizado la estimación del mercado para la manufactura de la tinta para calzado, definiendo tanto la producción anual como los precios de venta. Sin embargo, antes de proceder al análisis de la disponibilidad de materias primas, de la estimación de la inversión total y de los costos totales, es imprescindible comprobar que sí existe una demanda insatisfecha para este producto, ya que en caso contrario, sería prácticamente un hecho que la venta de este producto fuese un fracaso comercial.

Para la realización de esta nueva estimación, se tomará como referencia las cifras y datos publicados por la Secretaría de Programación y Presupuesto y por la Cámara Nacional de la Industria del Calzado en el año de 1984, debido a que éstas son las últimas cifras reales disponibles sobre la producción nacional. (35).

Referencia: año de 1986.

Producción anual de tinta = 25,971,000 lt
 Producción anual de calzado = 252,000,000 pares

Segmentación de la producción total de calzado:

Piel	65 %
Textil	19 %
Plástico	16 %

Producción anual calzado piel = 0.65 (252,000,000 pares)
Producción anual calzado piel = 163,800,000 pares

Se estima que el 25 % del calzado de piel se bolea con tinta.

Boleadas con tinta = 0.25 (163,800,000 pares)
Boleadas con tinta = 40,950,000 pares

Promedio de boleadas = 1 boleada / semana

Boleadas / año = (40,950,000 pares) (52 semanas / año)
Boleadas / año = 2,129,400,000 pares

En promedio, el consumo de tinta por boleada es de 20 ml.

Consumo tinta anual = 0.02 lt / par (2,129,400,000 pares)
Consumo tinta anual = 42,588,000 lt

Producción potencial de tinta = 42,588,000 lt

Oferta = Producción real anual de tinta = 21,971,000 lt

Demanda potencial = Producción potencial de tinta - Oferta
Demanda potencial = 42,588,000 lt - 21,971,000 lt
Demanda potencial = 20,617,000 lt anuales

En la sección anterior, se estimó que el mercado potencial en la zona metropolitana de la Ciudad de México es de 9,434,425 lt de tinta, por lo que dividiendo esa cantidad entre la producción anual, se obtiene el porcentaje de consumo para esta ciudad.

$$\% \text{ Consumo Cd. de México} = \frac{9,434,425 \text{ lt}}{21,971,000 \text{ lt}} \times 100$$

% Consumo Cd. de México = 42.94 %

Con este dato se puede estimar la demanda potencial para la zona metropolitana.

Producción potencial tinta = 0.4294 (42,588,000 lt)
Producción potencial tinta = 18,287,287 lt

Oferta de tinta = 9,434,425 lt

Demanda potencial = 18,287,287 lt - 9,434,425 lt
Demanda potencial = 8,852,862 lt

$$\% \text{ Oferta} = \frac{\text{Oferta tinta}}{\text{Producción potencial tinta}} \times 100$$

$$\% \text{ Oferta} = \frac{9,434,425 \text{ lt}}{18,287,287 \text{ lt}} \times 100$$

$$\% \text{ Oferta} = 51.59 \%$$

Por lo tanto, se demuestra que si existe una demanda insatisfecha para este producto, ya que para la zona metropolitana de la Ciudad de México sólo se produce el 51.59 % de la demanda potencial, habiendo un mercado potencial sin explotar de 8,852,862 lt de tinta, sin considerar los 9,434,425 lt que fabrican las diversas empresas dedicadas a este giro industrial.

6.3. Disponibilidad de materias primas.

El estudio de la disponibilidad de las materias primas es indispensable dentro de la formulación de un proyecto industrial, ya que es necesario conocer las características o especificaciones que deben exhibir las materias primas, para que el producto sea de calidad y el costo del mismo esté en armonía con su precio de venta. (30).

Las especificaciones tanto de las materias primas como las del producto terminado, ya han sido determinadas en el capítulo anterior, por lo que resta definir a los posibles proveedores, su ubicación, la disponibilidad de cada materia prima y sus precios de adquisición.

6.3.1.- Metanol.

El metanol es un producto nacional el cual es posible obtenerlo todo el año en volúmenes desde 1 lt hasta pipas de 52 000 lt.

En la zona metropolitana de la Ciudad de México, se encuentran más de 100 empresas dedicadas a la distribución del metanol y solventes, siendo algunas de ellas:

Alcoholes Desnaturalizados y Diluentes, S.A. de C.V.

Faviral, S.A.

Distribuidora Kelly Pous, S.A.

Egon Meyer, S.A.

Provequim, S.A.

Solventes, Resinas y Plastificantes, S.A.

Diquimen, S.A.

Alcoholes y Solventes, S.A.

Traquim, S.A. de C.V.

Alquimia Mexicana, S. de R.L.

Mardupol, S.A. de C.V.

Química Delta, S.A.

Todas las empresas anteriormente mencionadas venden el metanol en tambores de 200 lt a cambio y L.A.B. en su planta ó almacén.

Los precios de venta fluctúan entre \$ 370.00 y \$ 400.00 por litro más I.V.A. y se tiene de entrega inmediata.

6.3.2.- Anilina.

Esta sustancia es de fabricación nacional y de fácil adquisición, ya que se puede comprar en droguerías ó empresas dedicadas a éste giro.

Algunas empresas que venden este producto en la Ciudad de México son:

Bayer de México, S.A.
Pigmentos y Oxidos, S.A.
Química Nicols, S.A.
Técnica Química, S.A.
Petroquímicos Básicos de México, S.A. de C.V.
Química Nova, S.A.
Central de Colorantes, S.A.

No existe ningún impedimento para la disponibilidad de la anilina durante todo el año.

Su precio de venta se cotiza entre \$ 3,152.00 a \$ 3,800.00 más I.V.A. y es L.A.B. en el lugar de venta para este producto. La entrega es inmediata, pudiéndose comprar por tambores a cambio.

6.3.3.- Nitrobenzeno.

Su disponibilidad es igual que la de la anilina y se puede obtener sin restricciones durante todo el año.

Algunas empresas en donde se puede comprar esta sustancia son:

Novaquim, S.A.
Química Nova, S.A.
Petroquímicos Básicos de México, S.A. de C.V.
Acabados Newark Stahl, S.A. de C.V.
Alquimia Mexicana, S.A. de C.V.
Carboquímica Block, S.A. de C.V.

El precio de venta varía de \$ 6,706.00 a \$ 7,121.00 más I.V.A. por kilogramo. Su entrega es inmediata L.A.B. en el lugar de venta. Se puede comprar por tambores a cambio.

6.3.4.- Colorante.

Existe toda una gama de colores y tonos para las tintas para calzado. Por citar un ejemplo, existen 52 tonos diferentes para el color azul. Su disponibilidad es incuestionable.

Algunas empresas que venden estos colorantes son:

Pigmentos y Oxidos, S.A.
Colorantes Nacionales e Importados, S.A.
Anilinas Hageba, S.A.
Anyl - Mex, S.A.
Central de Colorantes, S.A.
Ciba - Geigy Mexicana, S.A.
Mardupol, S.A. de C.V.

El precio de los colorantes varía en un amplio margen de acuerdo al color y a la intensidad del tono. El precio va de \$ 8,300.00 a \$ 12,500.00 más I.V.A. por kilogramo. Su entrega es inmediata L.A.B. lugar de venta. este producto es de manufactura nacional.

6.3.5.- Envases.

Existe tal cantidad de productores de envases de plástico, que no es necesario cuestionar su disponibilidad.

Algunas empresas que manufacturan este insumo son:

Proenvasa, S.A.
Kem Commercial, S.A.
Rotomoldeo, S.A.
Industrias Cipsa, S.A.
Proveedora Nacional de Envases, S.A. de C.V.
Envases Nattel, S.A.

Los envases que se requieren para la tinta deberán de ser de plástico con una capacidad de 60 ml, con tapa roscada. El precio unitario es de \$ 70.00 a \$ 125.00 incluyendo el I.V.A.. Su entrega es L.A.B. lugar de venta y varía de 1 a 4 semanas según la capacidad de producción de cada empresa.

Resumiendo lo anterior, se tiene que las materias primas para la manufactura de la tinta son de procedencia nacional, no tienen ninguna dificultad para adquirirse y sus precios de venta pueden negociarse de acuerdo a los intereses tanto del proveedor como del comprador.

6.4. Estimación de la Inversión Fija y Capital de Trabajo.

Los recursos necesarios para la adquisición e instalación de la planta, constituyen la inversión fija del proyecto y los que requiere la operación de la planta, una vez que se realiza el proyecto, integran el capital de trabajo. (30).

La inversión fija comprende el conjunto de bienes que no son motivo de transacciones corrientes por parte de la empresa. Los rubros que integran la inversión fija se suelen clasificar en:

1.- Tangibles.

Maquinaria y equipo sujetos a depreciación y obsolescencia y el terreno.

2.- Intangibles.

Patentes, gastos de organización que se amortizan en plazos convencionales.

El capital de trabajo son los recursos económicos que utilizan las empresas para atender las operaciones de producción, distribución y venta de los productos elaborados. (36).

La suma de la inversión fija y capital de trabajo representa la inversión total (inversión que rendirá beneficios en periodos futuros relativamente lejanos del momento en el cual se hizo la inversión inicial) de un proyecto industrial.

Las estimaciones de inversión fija pueden tener diversos grados de aproximación, desde estimaciones de orden de magnitud, basadas en un mínimo de información (la cual debe incluir necesariamente el tamaño de la planta y la naturaleza del proceso de elaboración), hasta estimaciones precisas, basadas en planos y especificaciones detalladas.

Para la manufactura de la tinta se propone estimar la inversión fija mediante el uso de factores desglosados, teniendo esta estimación una aproximación de más menos 30 %.

En este método, se utiliza como base el costo total del equipo de proceso, el cual se multiplica por una serie de factores para estimar cada uno de los principales rubros de la inversión fija. El valor de estos factores depende del estado físico de las materias primas y productos que se manejan en la planta. Los siguientes factores pueden usarse como una guía para este propósito.

Ver la tabla 6.4.1.

Tabla 6.4.1.- Factores para la estimación de la inversión fija.
(30).

Concepto	Sólidos y Líquidos		Líquidos y Gases
	Sólidos	Líquidos	
1.- Costo total del equipo.	1.00	1.00	1.00
2.- Transportes, seguros, impuestos.	0.05	0.05	0.05
3.- Gastos de instalación.	0.35	0.3	0.35
4.- Tuberías.	0.1	0.3	0.6
5.- Instrumentación.	0.05	0.15	0.3
6.- Instalaciones eléctricas.	0.10	0.15	0.15
7.- Edificios y servicios.	0.10	0.15	0.15
8.- Servicios auxiliares e implementos planta.	0.35	0.30	0.20
Costo físico de la planta.	2.10	2.40	2.80
Ingeniería y supervisión de la construcción.	0.55	0.65	0.75
Imprevistos.	0.50	0.60	0.65
INVERSION FIJA	3.15	3.65	4.20

Dado que la manufactura de la tinta para calzado involucra sólidos (colorantes) y líquidos (solventes), se utilizará el factor 3.65 para la estimación de la inversión fija. Este factor se multiplicará al resultado de la suma de los costos del equipo de proceso.

De la figura 4.2.2. (Capítulo IV) se obtiene la siguiente lista de los equipos necesarios para el proceso de fabricación de la tinta.

Ver la tabla 6.4.2.

Tabla 6.4.2.- Equipos necesarios para la manufactura de la tinta para calzado.

Descripción del equipo	Cantidad	Costo unitario	Costo
Tambores de metanol	45 pzas.	27,000.00	1,215,000.00
Tambres almacenamiento	25 pzas.	27,000.00	675,000.00
Bomba centrífuga marca MAMSA modelo MC 1 / 4	2 pzas.	65,000.00	130,000.00
Motor neumático marca Gast Motor modelo 4 AM - NRV - 50 C	1 pza.	485,100.00	485,000.00
Báscula mecánica 2 kg.	1 pza.	79,500.00	79,500.00
Llenadora marca De Vecchi modelo RL - 100 de 2 jeringas	1 pza.	3,402,700.00	3,402,700.00
Tapadora marca De Vecchi modelo EASA - 50	1 pza.	2,205,100.00	2,205,100.00
Compresora marca Murguía - Fellog modelo B - 335 - 80 5 H.P.	1 pza.	3,450,700.00	3,450,700.00
Válvula de globo clase 125 marca Lunkenheimer de 19 mm (3 / 4 in)	3 pzas.	6,800.00	20,400.00
Válvula de retención tipo columpio clase 125 marca Lunkenheimer	2 pzas.	9,800.00	19,600.00
Tubería de acero galvanizado céd. 40 diámetro 19 mm	10 m.	2,350.00	23,350.00
COSTO TOTAL DEL EQUIPO			\$ 11,706,600.00

Por lo tanto, la inversión fija deberá ser de:

Inversión fija = 3.65 (\$ 11,706,600.00)

Inversión fija = \$ 42,729,090.00

Los principales renglones que es necesario considerar para estimar el capital de trabajo, son los siguientes:

1.- Inventario de materias primas.

El valor de este inventario es función del precio y el volumen de materia prima que es necesario tener en la planta para lograr una operación continua de la misma.

Cuando no se dispone de elementos para cuantificar este volumen de materia prima, se le suele considerar equivalente al consumo de la planta durante 8 días de operación. (30).

Consumos para 8 días de operación.

Producción diaria: 3 lotes de 190 lt cada uno.
Producción 8 días = 3 (190 lt) (8 días laborables)
Producción 8 días = 4,560 lt de tinta

Metanol requerido = 0.95 (4,560 lt) = 4,332 lt
Costo metanol = 4,332 lt (\$ 425.50 / lt)
Costo metanol = \$ 1,843,266.00

Densidad de la tinta = 0.79706 kg / lt

Colorante requerido = 0.03 (4,560 lt) (0.79706 kg / lt)
Colorante requerido = 109.0 kg
Costo colorante = 109.0 kg (\$ 9,545.00 / kg)
Costo colorante = \$ 1,040,405.00

Anilina requerida = 0.015 (4,560 lt) (0.79706 kg / lt)
Anilina requerida = 54.5 kg
Costo anilina = 54.5 kg (\$ 3,708.75 / kg)
Costo anilina = \$ 202,127.00

Nitrobenceno requerido = 0.005 (4560 lt) (0.79706 kg / lt)
Nitrobenceno requerido = 18.1 kg
Costo nitrobenceno = 18.1 kg (\$ 7,711.90 / kg)
Costo nitrobenceno = \$ 139,585.00

Envases requeridos de 60 ml = 4560 lt / 0.06 lt = 76,000
Costo envases = 76,000 (\$ 70.00 / envase)
Costo envases = \$ 5,320,000.00

Etiquetas requeridas = Envases requeridos = 76,000
Costo etiquetas = 76,000 (\$ 12.00 / etiqueta)
Costo etiquetas = \$ 912,000.00

Costo de las materias primas a 8 días

Metanol	\$ 1,843,266.00
Colorante	\$ 1,040,405.00
Anilina	\$ 202,127.00
Nitrobenceno	\$ 139,585.00
Envases	\$ 5,320,000.00
Etiquetas	\$ 912,000.00

Costos Mat. Prim. \$ 9,457,383.00

2.- Inventario de productos en proceso.

Este rubro tiene mayor significación en el caso de la manufactura de productos que requieren un tiempo de elaboración prolongado, y particularmente cuando los insumos son de alto costo, como sucede en la fabricación de bienes de capital.

Cuando no se dispone de elementos suficientes para efectuar la estimación del valor del inventario de producto en proceso, se puede obtener un orden de magnitud de este concepto, multiplicando la capacidad mensual de producción por el costo unitario del producto. (30).

Producción mensual = 136,800 lt anuales / 12 meses
Producción mensual = 11,400 lt

Costo producción diario = \$ 9,457,383.00 / 8 días
Costo producción diario = \$ 1,182,173.00

Costo de producción diario / lt = \$ 1,182,173.00 / 570 lt
Costo de producción diario / lt = \$ 2,074.00 / lt

Producto unitario = 60 ml (0.06 lt)

Costo producto unitario = 0.06 lt (\$ 2,074.00 / lt)
Costo producto unitario = \$ 125.00

Inventario producto en proceso = \$ 125.00 (11,400 lt)
Inventario producto en proceso = \$ 1,425,000.00

3.- Inventario de producto terminado.

La cantidad de producto almacenado debe estar en armonía con el ritmo de ventas.

En ausencia de datos específicos, el valor del inventario del producto puede considerarse igual a 15 días de producción valuado al costo de manufactura. (30).

Costos mat. prim. a 15 días = \$ 9,457,383 / 8 días (15 días)
Costos mat. prim. a 15 días = \$ 17,732,593.00

El costo de manufactura se deriva del pago de los siguientes rubros:

1.1.- Mano de obra de operación.

De acuerdo al arreglo de la planta propuesto en la figura 4.2.2., se sugiere que se empleen cuatro obreros con los siguientes cargos: dos obreros realizarán el proceso de pesado de las materias primas, mezclado y llenado de la tinta; un obrero trabajará en el almacén de materias primas y de producto terminado; un obrero se encargará de la limpieza tanto de la planta como de las oficinas.

El salario mínimo a fines de 1987 fué de \$ 5,101.95 diarios, por lo que el costo de la mano de obra será de: (39)

Mano de obra de operación = 4 (\$ 5,101.95) (365 días)
Mano de obra de operación anual = \$ 7,448,847.00 para 4 obreros.

1.2.- Personal de supervisión.

En adición a los técnicos de operación se requiere personal para la supervisión de la producción con un cierto grado de preparación.

Para la manufactura de la tinta y dado el bajo número de obreros (4), solo se requerirá una persona para la supervisión de los mismos, por lo que se propone que su salario sea de dos veces el salario mínimo vigente.

Costo supervisor anual = 2 (\$ 5,101.95) (365 días)

Costo supervisor anual = \$ 3,724,424.00

1.3.- Servicios auxiliares.

Los consumos de estos servicios se derivan de los balances de materia y energía realizados en el estudio de Ingeniería del proyecto.

Cuando no se dispone de información para hacer una estimación más precisa se considera que el costo de los servicios auxiliares (agua, energía eléctrica, combustible, vapor, refrigeración, etc.) es de aproximadamente el 10 % del costo anual de las materias primas. (30).

Costo servicios auxiliares = 0.1 (\$ 283,721,490.00)

Costo servicios auxiliares = \$ 28,372,149.00

1.4.- Mantenimiento y reparación.

Para que una planta industrial opere eficientemente, es necesario efectuar gastos de mantenimiento y reparación. Estos costos incluyen cargos por materiales, mano de obra y supervisión.

Cuando no se dispone de datos sobre plantas similares, los costos anuales de mantenimiento y reparación se pueden estimar como un porcentaje de la inversión fija (Sección 6.4.) de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 6.4.3.- Estimación de costos por mantenimiento y reparación. (30).

Costo anual de mantenimiento y reparación

Complejidad de la tecnología	Condiciones de operación	Costo (% de inversión fija
Baja	Ligeras	2 - 4
Media	Poco severas	4 - 6
Alta	Severas	8 - 12

Dado que la producción de la tinta será a baja escala, se tomará el 2 % de la inversión fija.

Costo anual mant. y rep. = 0.2 (\$ 42,729,090.00)

Costo anual mant. y rep. = \$ 8,545,818.00

1.5.- Suministros de operación.

Son aquellos productos misceláneos que se requieren para operar eficientemente las plantas y que no forman parte de las materias primas, ni de los materiales de mantenimiento.

Cuando no se dispone de información más precisa, el costo de los suministros de operación puede estimarse en alrededor del 15 % del costo total de mantenimiento y reparación. (30).

Costo suministros de op. = 0.15 (\$ 8,545,818.00)

Costo suministros de op. = \$ 1,281,873.00

Por lo tanto, los costos de manufactura tendrán un monto de:

Mano de obra de operación	\$ 7,448,847.00
Costo supervisor	\$ 3,724,424.00
Costo servicios auxiliares	\$ 28,372,149.00
Costo mantenimiento y rep.	\$ 8,545,818.00
Costo suministros de op.	\$ 1,281,873.00
Costo de manufactura anual	\$ 49,373,111.00

Costo manufactura diario = \$ 49,373,111.00 / 365 días

Costo manufactura diario = \$ 135,269.00

Costo manufactura a 15 días = \$ 135,269.00 (15 días)

Costo manufactura a 15 días = \$ 2,209,035.00

Costo mat. prim. a 15 días = \$ 17,732,593.00

Costo manufactura a 15 días = \$ 2,209,035.00

Inventario producto terminado = \$ 19,761,628.00

4.- Efectivo en caja.

Todas las empresas requieren para su operación de dinero en efectivo, en caja ó en cuenta corriente para el pago de sueldos y salarios y para cubrir gastos menores e imprevistos en servicios y materiales, pagos de insumos y proveedores.

En algunos casos el efectivo en caja se puede estimar de una manera preliminar considerando 15 días de producción, valuado al costo de manufactura. (30).

Efectivo en caja = Costo de manufactura a 15 días.
Efectivo en caja = \$ 19,761,628.00

5.- Cuentas por cobrar.

La dimensión de las cuentas por cobrar dependerá del nivel de ventas de la empresa, del precio de venta del producto y de los plazos de pago establecidos para el tipo de producto que se pretende elaborar.

Dadas las características de la tinta para calzado, no se pueden otorgar créditos mayores de 1 semana y las ventas serán L.A.E. en la planta de manufactura.

Los precios de venta de acuerdo al canal de distribución serán:

Mayorista	\$ 250.00 / botella 60 ml (2001 en adelante)
Minorista	\$ 300.00 / botella 60 ml (1001 a 2000 pzas.)
Detallista	\$ 350.00 / botella 60 ml (12 a 1000 pzas.)
Público	\$ 600.00 / botella 60 ml (1 a 11 pzas.)

De acuerdo con la Cámara Nacional de la Industria del Calzado, se estima que la distribución porcentual de las ventas para un productor de tinta es la siguiente:

Mayorista	30 %
Minorista	40 %
Detallista	25 %
Público	5 %

Ventas mensuales

Ventas mayorista = 0.3(11,400 lt)(\$ 250.00/60 ml)(1,000 ml)
Ventas mayorista = \$ 14,250,000.00

Ventas minorista = 0.4(11,400 lt)(\$ 300.00/60 ml)(1,000 ml)
Ventas minorista = \$ 22,800,000.00

Ventas detallista = 0.25(11,400 lt)(\$ 350.00/60ml)(1,000 ml)
Ventas detallista = \$ 16,625,000.00

Ventas público = 0.05(11,400 lt)(\$ 600.00/60ml)(1,000 ml)
Ventas público = \$ 5,700,000.00

Ventas mensuales

Mayorista	\$ 14,250,000.00
Minorista	\$ 22,800,000.00
Detallista	\$ 16,625,000.00
Público	\$ 5,700,000.00

Ventas mensuales \$ 59,375,000.00

Ventas / semana = \$ 59,375,000.00 / (4.26 semanas / mes)
Ventas / semana = \$ 13,872,664.00

Cuentas por cobrar = Ventas / semana = \$ 13,872,664.00

6.- Cuentas por pagar a proveedores.

La magnitud de estas cuentas por pagar depende principalmente de los volúmenes de producción, los plazos de pago que le otorguen los proveedores a la empresa y la diversidad y capacidad financiera de los proveedores de los insumos.

Teóricamente, al arranque de la planta es sumamente improbable que se otorguen créditos por parte de los proveedores, por lo que se considerará este rubro igual al costo de las materias primas para 8 días de operación. (30 %).

Cuentas por pagar a proveedores = \$ 23,774,646.00

En resumen, se deduce que el capital de trabajo de una planta industrial se determina sumando el valor de los inventarios en materias primas, productos en proceso, productos terminados, efectivo en caja y cuentas por cobrar, y restando a esta suma el monto de las cuentas por pagar.

Materias primas	\$ 9,457,385.00
Productos en proceso	\$ 1,425,000.00
Producto terminado	\$ 19,761,628.00
Efectivo en caja	\$ 19,761,628.00
Cuentas por cobrar	\$ 13,872,664.00
	<hr/>
	\$ 51,792,903.00

Capital de trabajo = \$ 51,792,903.00 - Cuentas por pagar

Capital de trabajo = \$ 51,792,903.00 - \$ 42,335,520.00

CAPITAL DE TRABAJO = \$ 42,335,520.00

La suma de la inversión fija y el capital de trabajo representa la inversión total que se habrá de requerir para llevar a cabo el proyecto industrial.

Inversión total = \$ 42,729,090.00 + \$ 42,335,520.00

INVERSION TOTAL = \$ 85,064,610.00

6.5. Estimación de costos y presupuestos de operación.

Para determinar la factibilidad de un proyecto industrial se requiere, por un lado, calcular los presupuestos de ingresos empleando para ello los volúmenes y precios de venta obtenidos de la estimación del mercado, y por otro, estimar los presupuestos de egresos utilizando las cifras de volúmenes y precios de los insumos necesarios para operar la planta a los niveles previstos.

Del estudio del mercado de consumo se obtienen proyecciones de los volúmenes de venta del producto o productos que elaboraría la planta y también se obtienen proyecciones de los precios probables para los mismos.

Con esta información se prepara un programa tentativo de producción para la planta, el cual permitirá estimar el presupuesto de ingresos, multiplicando los volúmenes anuales de la producción que se espera vender, por los precios de venta correspondientes.

La producción anual de tinta para calzado será de 136,800 lt (Sección 6.1.). La venta de la tinta se estimará de la misma forma y porcentaje que se propuso en la sección anterior, es decir, venta al mayorista, minorista, detallista y público, que juntos constituyen los canales de distribución.

Ventas anuales.

Ventas mayorista = 0.3 (136,800 lt) (\$250.00 /60 ml) (1000ml/1 lt)
Ventas mayorista = \$ 171,000,000.00

Ventas minorista = 0.4 (136,800 lt) (\$300.00 /60 ml) (1000ml/1 lt)
Ventas minorista = \$ 273,600,000.00

Ventas detallista = 0.25 (136,800 lt) (\$350.00 /60ml) (1000ml/1 lt)
Ventas detallista = \$ 199,500,000.00

Ventas publico = 0.05 (136,800 lt) (\$600.00 /60ml) (1000ml/1 lt)
Ventas publico = \$ 68,400,000.00

Ventas anuales

Mayorista	\$ 171,000,000.00
Minorista	\$ 273,600,000.00
Detallista	\$ 199,500,000.00
Público	\$ 68,400,000.00

Fresupuesto ingresos	\$ 712,500,000.00
----------------------	-------------------

Por lo tanto, el presupuesto estimado de ingresos anual será de \$ 712,500,000.00 .

Los volúmenes anuales de producto previstos en el programa

tentativo de producción, junto con los balances de materiales obtenidos en el estudio de Ingeniería, sirven de base para estimar los presupuestos de egresos para los primeros años de operación de la planta. Para ello, se multiplican los volúmenes anuales de producto por los consumos unitarios y luego por los costos unitarios y luego por los costos unitarios de los insumos que intervienen en la elaboración del producto, obteniéndose de esta manera los costos variables de operación. A estos costos se les agregan los cargos fijos de inversión y de operación para obtener los costos de fabricación. Al adicionar los gastos generales a los costos de fabricación se obtienen los egresos totales de operación de la planta, antes de impuestos.

Los diversos elementos de costo que integran los egresos totales de la planta son: (30).

- 1.- Costos variables de operación.
- 2.- Cargos fijos de inversión.
- 3.- Cargos fijos de operación.
- 4.- Gastos generales.

- 1.- Costos variables de operación.

Son aquellos que están directamente involucrados en la elaboración y venta del producto, y para ello, tienden a variar con el volumen de producción. Estos costos se derivan del pago de los siguientes rubros:

- 1.1.- Materias primas.

El costo de las materias primas se determina tomando en cuenta su precio de adquisición, su consumo por unidad de producto y el volumen total de producción previsto.

En la sección anterior, del inventario de materias primas se obtuvo el costo para el proceso de manufactura para 8 días, por lo que éste se puede expresar en forma anual, multiplicándolo por los días laborables al año. (30).

Costo materias primas anual = 240 días (\$ 9,457,383.00 / 8 días)
 Costo materias primas anual = \$ 283,721,490.00

Costo de manufactura anual (calculado en la sección 6.4.)

Mano de obra de operación	\$ 7,448,847.00
Costo supervisor	\$ 3,724,424.00
Costo servicios auxiliares	\$ 28,372,149.00
Costo mantenimiento y reparación	\$ 8,545,818.00
Costo suministros de operación	\$ 1,281,873.00
Costo manufactura anual	<u>\$ 49,373,111.00</u>
Costo materias primas anual	<u>\$ 283,721,490.00</u>
Costos variables de operación	<u>\$ 333,094,601.00</u>

2.- Cargos fijos de inversion.

Son una consecuencia de la inversión fija e independientes del volumen de producción y están dados por los siguientes rubros:

2.1.- Depreciaciones y amortizaciones.

La disminución en el valor de los activos fijos de la planta durante su vida útil se denomina depreciación y junto con las amortizaciones de los activos intangibles, representa un costo que debe ser incluido en la estimación de los egresos.

La tasa de depreciación anual para la maquinaria y equipo de proceso para la tinta será de un 10 % lineal del costo total del equipo calculado en la sección anterior. (37).

Depreciación anual = 0.1 (\$ 11,706,600.00)

Depreciación anual = \$ 1,170,660.00

2.2.- Seguros sobre la planta.

Este costo suele representar un egreso anual del orden del 1 % de la inversión fija. (30).

Seguros planta = 0.01 (\$ 42,729,909.00)

Seguros planta = \$ 4,272,909.00

2.3.- Rentas.

Este concepto se incluye dentro del renglón de egresos cuando no es posible ó conveniente comprar alguno de los activos tangibles que forman parte de la planta industrial. En el caso de terrenos y edificios, la renta anual suele ser del orden del 10 % del valor de la propiedad objeto de alquiler. (30).

En la sección 4.2. se propuso que el área del local para la instalación de la planta podría ser de 150 metros cuadrados. Los locales comerciales equipados con corriente monofásica y trifásica, teléfono y otros servicios, que son similares al área anteriormente especificada, se cotizan entre 1 a 2 millones de pesos mensuales de renta, por lo que se puede tomar el valor promedio de 1.5 millones de pesos para establecer el concepto por renta.

Renta anual = 12 meses (\$ 1,500,000.00 / mes) = \$ 18,000,000.00

Los cargos fijos de inversión suman:

Depreciación	\$ 1,170,660.00
Seguros planta	\$ 4,272,909.00
Renta local	\$ 18,000,000.00
Cargos fijos de inversión	<u>\$ 23,443,569.00</u>

3.- Cargos fijos de operación.

Son aquellos cargos necesarios para coordinar los servicios de la planta. Se incluyen en este rubro los gastos por concepto de laboratorios de control de calidad, servicios médicos, servicios de comedor, servicios de vigilancia, etc..

El egreso que estos cargos representan está íntimamente relacionado con el volumen de la mano de obra utilizada en la planta. Estos cargos suelen variar entre el 30 y 60 % del costo anual de la mano de obra de operación. (30).

Debido a que sólo se requerirán cuatro obreros para la operación de la planta, se considerará el 30 % del costo de la mano de obra para un año de producción.

Cargos fijos de operación = 0.30 (\$ 7,448,847.00)
Cargos fijos de operación = \$ 2,234,654.00

4.- Gastos Generales.

Son aquellos gastos necesarios para hacer llegar el producto al mercado, mantener la empresa en posición competitiva y lograr una operación rentable.

4.1.- Gastos administrativos.

Son los egresos por concepto de sueldos, gastos de asesorías legales, de servicios, técnicos, mantenimiento y suministros de oficinas, etc..

Cuando no se cuenta con datos para hacer una estimación más precisa se puede suponer que su monto es el orden de 5 a 10 % de los ingresos por ventas. (30).

Gastos administrativos = 0.05 (\$ 712,500,000.00)
Gastos administrativos = \$ 35,625,000.00

4.2.- Gastos de distribución y venta.

Son los gastos derivados de las actividades que tienen como propósito hacer llegar el producto hasta el consumidor, tales como el pago de sueldos, gastos de adquisición de materia prima, gastos de embarque y distribución del producto, publicidad, etc..

El orden de magnitud de estos gastos por lo general varía entre el 5 y el 25 % del costo total de la materia prima. (30).

Gastos distribución y venta = 0.05 (\$ 283,721,450.00)
Gastos distribución y venta = \$ 14,186,075.00

4.3.- Gastos financieros.

Son los créditos concedidos para complementar los recursos económicos aportados por los socios.

Dado que no es posible precisar tanto el número de socios como el capital que aportarán, se considerarán los gastos financieros como el 30 % del capital de trabajo. (30).

Gastos financieros = 0.30 (\$ 42,335,520.00)

Gastos financieros = \$ 12,700,656.00

Los gastos generales suman:

Gastos administrativos	\$ 35,625,000.00
Gastos de distribución y venta	\$ 14,186,075.00
Gastos financieros	\$ 12,700,656.00
Gastos generales	\$ 62,511,731.00

El presupuesto de egresos es igual a la suma de:

Costos variables de operación	\$ 333,094,601.00
Cargos fijos de inversión	\$ 23,443,569.00
Cargos fijos de operación	\$ 2,234,654.00
Gastos generales	\$ 62,511,731.00
Presupuesto egresos	\$ 421,284,555.00

Para obtener los presupuestos de utilidades de la planta industrial, se restan a los presupuestos de ingresos los presupuestos de egresos. Los resultados así obtenidos se denominan Utilidades antes de Impuestos a las cuales se les restan estos últimos para obtener las Utilidades Netas.

Utilidades antes de Impuestos = \$ 712,500,000.00 - \$ 421,284,555.

Utilidades antes de Impuestos = \$ 291,215,445.00

Para obtener las Utilidades Netas se tiene que descontar a las Utilidades antes de Impuestos un 42 % del impuesto sobre ventas y un 10 % del reparto de utilidades para los trabajadores.

Impuestos sobre ventas = 0.42 (\$ 291,215,445.00)

Impuestos sobre ventas = \$ 122,310,487.00

Participación de utilidades = 0.10 (\$ 291,215,445.00)

Participación de utilidades = \$ 29,121,545.00

Utilidades Netas = \$ 291,215,445.00 - \$ 122,310,487.00
- \$ 29,121,545.00

Utilidades Netas = \$ 139,783,413.00

6.6. Punto de equilibrio en función de egresos e ingresos totales.

En el estudio de un proyecto industrial es importante determinar el volumen de producción al que debe trabajar la planta para que sus ingresos sean iguales a sus egresos, es decir, el volumen de producción mínimo a partir del cual se obtienen utilidades.

Al punto en el cual los ingresos son iguales a los egresos se le denomina punto de equilibrio, y al nivel de producción en que se obtiene este equilibrio se le llama capacidad mínima económica de operación.

El punto de equilibrio se determinará mediante el método gráfico y para ello se agrupan los costos en variables y fijos tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6.6.1.- Clasificación de los costos para la determinación del punto de equilibrio. (30).

1.- Costos variables.

1.1.- Costos variables de operación.

2.- Costos fijos.

2.1.- Cargos fijos de inversión.

2.2.- Cargos fijos de operación.

2.3.- Gastos generales.

Basándose en las estimaciones realizadas en la sección anterior se obtiene:

Costos variables de operación	\$ 439,969,601.00
Costos variables	<u>\$ 439,969,601.00</u>
Cargos fijos de inversión	\$ 25,151,733.00
Cargos fijos de operación	\$ 2,234,854.00
Gastos generales	<u>\$ 62,511,731.00</u>
Costos fijos	\$ 89,899,118.00
Costos variables	\$ 439,969,601.00
Costos fijos	\$ 89,899,118.00
Costos totales (Egresos)	<u>\$ 529,868,719.00</u>

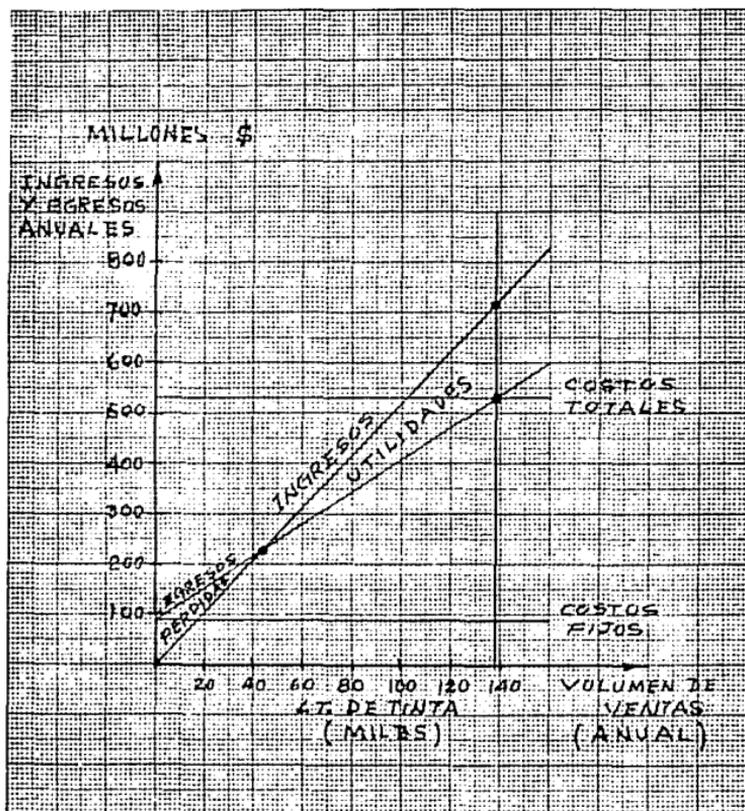
Se procede a graficar los egresos trazando una línea paralela al eje de las abscisas al nivel de los costos fijos y luego se une el punto donde esta línea corta al eje de las ordenadas con el punto

determinado por la suma de los costos variables y fijos.

Posteriormente, se grafican los ingresos trazando una línea recta que una al punto determinado por los ingresos obtenibles a capacidad cero con el punto determinado por los ingresos obtenibles al vender toda la producción anual. (30).

Figura 6.6.1.- Determinación del punto de equilibrio.

Volumen de ventas anual = 136,800 lt de tinta.



En el punto donde se intersectan la línea de egresos y la línea de ingresos se encuentra localizado el punto de equilibrio económico en el cual se obtiene la capacidad mínima económica de operación y el volumen mínimo de producción, es decir, se igualan los egresos y los ingresos. Por otra parte, a la izquierda de este punto se tendrían pérdidas y a la derecha utilidades.

Una vez determinadas las Utilidades Netas y la Inversión Total, se procederá a calcular la Tasa de Retorno sobre la Inversión (RSI) para establecer la rentabilidad esperada de la empresa al primer año de operación.

$$\text{Tasa de retorno sobre Capital invertido} = \frac{\text{Utilidades Netas}}{\text{Capital Invertido}} \times 100$$

$$\text{Tasa de retorno sobre Capital Invertido} = \frac{\$ 139,783,413}{\$ 85,064,610} \times 100$$

$$\text{Rentabilidad} = 164.32 \%$$

Por lo tanto, en base a la rentabilidad obtenida se demuestra que este proyecto industrial es económicamente factible.

CONCLUSIONES.

La manufactura de cualquier producto químico requiere, por consecuencia lógica, una formulación adecuada y una serie de materias primas.

La tinta para calzado no es la excepción a lo anterior, por lo que en el Capítulo II se demostró que sí es posible diseñar una fórmula adecuada para teñir el calzado y diversos artículos de piel. Esta formulación considera el hecho de que las materias primas que la constituyen, son de fácil adquisición, económicas y de procedencia nacional, tal y como se puede apreciar en la estimación realizada para el suministro de estos insumos.

Debido a las características físicas de las sustancias que están involucradas en la formulación de la tinta, como es el caso del metanol, anilina, nitrobenzeno y colorantes, se hace evidente que este producto es de calidad, ya que por ejemplo, la mayoría de los productores de tintas emplean como disolvente principal el thinner, el cual es por mucho, inferior al metanol en cuanto a calidad, es decir, el thinner es un solvente "barato".

Por lo tanto, se concluye que esta tinta para calzado es un producto de calidad, y que es posible manufacturarlo con suministros de procedencia nacional.

Los equipos y accesorios necesarios para llevar a cabo esta manufactura (especificados en la tabla 6.4.2.) están disponibles comercialmente para su adquisición, ya que todos ellos, son equipos de línea ó estándar.

Se diseñó un agitador para el mezclado de la tinta, basándose en la metodología propuesta por diversos autores (ver referencias 39 - 55). Este equipo es factible construirlo siguiendo las especificaciones proporcionadas en el Capítulo III.

El Control Total de Calidad planteado en el Capítulo V contempla una serie de políticas y especificaciones para la empresa, con el propósito de elaborar un producto competitivo en el mercado. Se piensa que este programa de Calidad es el adecuado para la empresa, aunque deberán de hacerse ajustes al mismo una vez que sea puesto en marcha el sistema de producción.

En base a las cifras y datos publicados por la Secretaría de Programación y Presupuesto y por la Cámara Nacional de la Industria del Calzado (25), se demostró que sí existe una demanda insatisfecha del producto, ya que se tiene que la oferta anual de tinta en la Ciudad de México es muy inferior a la producción potencial. La diferencia entre éstos conceptos se interpreta como una demanda potencial, es decir, existe un mercado potencial sin explotar de tinta para calzado.

Por último, se concluye y demuestra que este proyecto es económicamente factible, basándose en la estimación realizada en

el Capítulo VI, en donde se tiene que los ingresos obtenibles anuales son muy superiores a los egresos de la empresa. La diferencia de estos conceptos da lugar a las Utilidades antes de Impuesto.

Al descontar a las Utilidades antes de Impuesto el reparto de utilidades y el impuesto sobre ventas, se obtienen las Utilidades Netas de la empresa.

Si se considera que la Inversión Total para la creación de esta empresa es considerablemente inferior a las Utilidades Netas generadas al primer año de operación, se concluye que si es factible la apertura de la misma, debido a que en un año se recupera la Inversión Total y además se tendría disponible un remanente muy significativo.

Todo lo anterior manifiesta de una manera contundente la rentabilidad estimada para la Manufactura de una Tinta Fuerte para Calzado, a Nivel Industrial.

En la siguiente tabla se resumen las conclusiones de este proyecto.

Tabla de Conclusiones

Conclusión 1

Se encontró que es factible formular una tinta para calzado con insumos de fácil adquisición en el mercado nacional.

Conclusión 2

Los equipos y accesorios requeridos para este proceso son comercialmente disponibles o es factible construirlos de acuerdo a las especificaciones proporcionadas en los Capítulos III y IV.

Conclusión 3

Se estableció un Control Total de Calidad para la empresa y especificaciones técnicas para materias primas y producto terminado.

Conclusión 4

Se comprobó la existencia de una demanda insatisfecha de tinta para calzado en el área metropolitana de la Ciudad de México (Capítulo VI).

Conclusión 5

Se demostró que los ingresos obtenibles son muy superiores a los egresos, por lo que la rentabilidad para este proyecto industrial es significativa.

BIBLIOGRAFIA

LIBROS

- 1.- The New Encyclopedia Britannica. Macropaedia.
15a. Edición. Helen Hemingway Benton, Publisher. U.S.A.
1975.
- 2.- Dictionary of Organic Compounds.
5a. Edición. Chapman and Hall, New York. 1982.
- 3.- Química Orgánica.
Andrew Streitwieser, Jr. Clayton H. Heathcock
Nueva Editorial Interamericana S.A. de C.V. México. 1985.
- 4.- The Encyclopedia Americana. International Edition.
Americana Corporation. U.S.A.. 1979.
- 5.- El Perfil de la Jornada.
Marta Turó.
Museo de Culturas Populares. 31 de Mayo de 1985.
- 6.- Encyclopedia of Chemical Technology.
Kirk - Othmer.
3a. Edición. John Wiley & Sons. New York. 1974.
- 7.- Química Orgánica Superior.
Louis Fieser y Mary Fieser.
Ed. Grijalbo. Barcelona. 1966.
- 8.- Van Nostrand's Scientific Encyclopedia.
D. Van Nostrand Co. Inc.
4a. Edición. Princeton, New Jersey. 1968.
- 9.- The Chemistry of the Synthetic Dyes and Pigments.
K. Venkataraman. Academic Press inc., New York. 1971.
- 10.- Chemical Process Development.
Donald G. Jordan.
Robert E. Krieger Publishing Co.. Huntington, New York.
1979.
- 11.- Física. Parte I.
Robert Resnick y David Halliday.
10a. Impresión. México. 1986.
- 12.- Química Física.
Gordon M. Barrow.
2a. Edición. Ed. Reverté. S.A.. Barcelona. 1968.
- 13.- Física.
W. Watson.
3a. Edición. Editora Nacional. S. A.. México. 1950.

- 14.- Chemical and Process Technology Encyclopedia.
Douglas M. Considine, Consulting Engineer, Los Angeles
California.
Mc. Graw Hill Co., New York. 1974.
- 15.- Fluid Mixing Technology.
James Oldshue.
Mc. Graw Hill. New York. 1984.
- 16.- Chemical Engineers' Handbook.
Robert. H. Perry, Cecil H. Chilton.
5a. Edición. Mc. Graw Hill. Auckland. 1973.
- 17.- Manual de Ingeniería de la Producción Industrial.
H.B. Maynard.
Ed. Reverté, S.A., Barcelona. 1978.
- 18.- Principios y Cálculos Básicos de la Ingeniería Química.
David M. Himmelblau.
6a. Edición. CECSA. México. 1981.
- 19.- Operaciones Básicas de Ingeniería Química.
Warren L. Mc. Cabe, Julian C. Smith.
Ed. Reverté, S.A., Barcelona. 1973.
- 20.- Applied Process Design for Chemical and Petrochemical
Plants. Volume I.
A. Lewis.
2a. Edición. Gulf Publishing Co. Houston. Texas. 1978.
- 21.- Tecnología de Pinturas y Recubrimientos Orgánicos.
Alberto Blanco Matas, Luis Yves Villegas Ch. y
Colaboradores.
Editorial Química, S. A., México. 1966.
- 22.- Manual de la Producción.
L. P. Alford. John Bangs.
Editorial UTEHA, México. 1981.
- 23.- Producción, Conceptos, Análisis y Control.
Richard J. Hopeman.
6a. Impresión. CECSA., México. 1980.
- 24.- Manual de Fórmulas Técnicas.
Ruiz Mijares.
Editorial Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A.,
México. 1977.
- 25.- Quality Control Handbook.
Juran J. M., Gryna Frank M. Jr. and Binham R. S.
3a. Ed. Mc. Graw Hill. 1979.
- 26.- Total Quality Control.
A. V. Feigenbaum.
Mc. Graw Hill. New York. 1961.

- 27.- Muestreo por Aceptación. Módulo 8.
Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey.
Ing. Martín G. Alvarez.
- 28.- Guide to Quality Control.
Ishikawa Kaoru. Asian Productivity Organization. 2a. Ed.
1982.
- 29.- Quality, Productivity and Competitive Position.
Deming W. Edwards. Massachusetts Institute of Technology
Center for Advanced Engineering Study. 1982.
- 30.- La Formulación y Evaluación Técnico - Económica de Proyectos
Industriales.
Humberto Soto Rodriguez, Ernesto Espejel Zavala, Héctor F.
Martínez Frias.
Editorial Litograf, S.A., México. 1975.
- 31.- Geografía Económica de México.
Angel Bassols Batalla.
5a. Edición. Editorial Trillas. México. 1986.
- 32.- X Censo de Población y Vivienda 1980.
Vol. I Tomo 9. Secretaría de Programación y Presupuesto.
- 33.- Problemas Económicos de México.
José Silvestre Méndez Morales.
Nueva Editorial Interamericana S.A. de C.V., México. 1987.
- 34.- La Economía Mexicana en cifras.
NAFINSA. México. 1984. pp 26 - 30.
- 35.- La Industria del Calzado.
Secretaría de Programación y Presupuesto.
IX y X Censo Industrial. México. 1986.
- 36.- Contabilidad, 1er. Curso.
Marcos F. Sastrias.
Editorial Esfinge. México. 1983.
- 37.- 1er. Curso de Contabilidad.
Elias Lara Flores.
Editorial Trillas. México. 1983.
- 38.- Comisión Nacional de los Salarios Mínimos.
Boletín informativo. Septiembre 1987.

PUBLICACIONES

- 39.- J. Kudaba, E. Ciziunaite and D. Jonutiene.
Chem. Abstr. 73, 4982b (1970).
- 40.- J. R. Donovan.
Don't write off the batch process.
Chem. Eng. 1957: 241 - 244 (Nov.).
- 41.- W. Roy Penney.
Recent Trends in Mixing Equipment.
Chem. Eng. 78 (7). 86 (March 22, 1971).
- 42.- J. Y. Oldshue.
Fluid Mixing Technology and Practice.
Chem. Eng. 90 (12), 82 (June 13, 1983).
- 43.- V.V. Chavan. A. I. Ch. E. J. 29, 177 - 186 (March, 1983).
- 44.- L. E. Gates, J. R. Merton and P. L. Foundy.
Selecting agitator systems to suspend solids in liquids.
Chem. Eng. 1976 : 144 - 150 (May 24).
- 45.- Hirsekorn and Miller. Chem. Eng. Prog. 49: 459 (1953).
- 46.- D. S. Dickey and R. W. Hicks.
Fundamentals of agitation.
Chem. Eng. 83 (3): 93 - 100 (Feb. 2, 1976).
- 47.- Rushton. Chem. Eng. Prog. 55, 181 (1959).
- 48.- Boon - Long. Chem. Eng. Sci. 33, 816 (1978).
- 49.- Rushton. Chem. Eng. Prog. 49, 161, 267 (1953).
- 50.- L. E. Gates, T. L. Henley and J. G. Fenic.
How to select the optimum turbine agitator.
Chem. Eng. 82 (26): 110 - 114 (Dec. 8, 1975).
- 51.- R. W. Hicks and J. G. Fenic.
How to design agitators for the desired process response.
Chem. Eng. 1976: 102 - 110 (Apr. 26).
- 52.- J. H. Rushton.
Mixing: Present theory and practice.
Chem. Eng. Prog. 49: 161 (1953).
- 53.- J. R. Connelly and R. L. Winter.
Approaches to mixing operation scale - up.
Chem. Eng. Prog. 65 (8): 70 (1969).
- 54.- A. Weber, Chem. Eng. 71 (12), 169 (1964).

55.- March D., Kroll E.
Chem. Eng. Prog. 44 (3), 189 (March, 1948).