

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAISO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA



PROYECTO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL QUÍMICO

DISMINUCIÓN DE GENERACIÓN DE RILES EN PLANTA DE PINTURAS LÍQUIDAS

Carla Fontecilla Candolini

Profesor Guía:
Carlos Carlesi Jara

2010

Resumen

La empresa Tricolor S.A., requiere para su planta ubicada en la ciudad de Viña del Mar, Región de Valparaíso, Chile, un estudio a fin de determinar el porcentaje técnico posible de reducción de riles. Para esto, se determinó la factibilidad de la reutilización de riles como materia prima en la producción de pinturas líquidas.

Esta memoria de título postula la implementación de un proyecto de acumulación de agua y solvente, utilizado en el lavado en la etapa de producción de pinturas líquidas, para su posterior utilización en la siguiente producción.

Se realizó un proyecto destinado a disminuir la generación de riles, el cual se dividió en tres sub proyectos, cuya metodología incluyo tres subproyectos, siendo el primero la recuperación de ril acuoso proveniente de la producción de pinturas base agua, el segundo la recuperación de ril base solvente de colores provenientes de la producción de pinturas base solvente, y el tercero la recuperación de ril base solvente blanco proveniente de la misma producción, previniendo así la entrada de los riles a la planta de tratamiento de la empresa, mediante la reutilización de los riles ricos en materias primas.

El estudio se orientó en obtener la disminución de gastos en disposición de residuos, mediante una inversión con rápida recuperación, como asimismo la rebaja en gastos con motivo de la disminución de compra de materias primas. Con este fin el trabajo considera implementar los resultados de este proyecto en dos plantas de la empresa: un proyecto en la planta de pinturas líquidas base agua y dos proyectos la planta de pinturas líquidas base solvente y agua.

Se realizó un balance de masa que permitió determinar que en la producción de látex, se utilizarían 1.755 kg/día de ril base agua blanco; en el caso de los anticorrosivos se utilizarían 320 kg/día ril base solvente de colores; y para la producción de óleos 125 kg/día de ril base solvente blanco.

Con el proyecto se determinó un ahorro total de \$2.779.183 mensuales, una inversión de \$8.795.548 obteniéndose un payback de 4 meses, un TIR de 30%, y un VAN de \$ 4.097.327, en el plazo de 1 año.

Índice

Introducción.....	1
Objetivos.....	1
Metodología.....	2
1. Antecedentes Generales.....	5
1.1 Planta Tricolor S.A.....	5
1.2 Fundamentos Teóricos.....	7
1.2.1 Residuos Industriales Líquidos.....	7
1.2.2 Proceso de Tratamiento de Riles.....	9
2. Normativas aplicables a Residuos Industriales Líquidos.....	13
2.1 Leyes Chilenas sobre Residuos Industriales Líquidos.....	13
2.1.1 Ley N° 3.133.....	13
2.1.2 Ley N° 19.821.....	13
2.1.3 Ley N° 18.902.....	14
2.1.4 Ley N° 19.300.....	14
2.2 Normas Chilenas sobre Residuos Industriales Líquidos.....	15
2.2.1 Decreto Supremo 609.....	15
2.2.2 Decreto Supremo 601.....	15
3. Procesos en Plantas de Pinturas Líquidas.....	19
3.1 Materias primas de pinturas líquidas.....	19
3.2 Proceso en Planta de Pinturas Líquidas Tricolor S.A.....	22
4. Residuos Industriales Líquidos en Planta Tricolor S.A.....	26
4.1 Fuentes de origen de Residuos Industriales Líquidos Planta Tricolor S.A.....	26
4.1.1 Fuentes y destinos de Riles.....	26
4.1.2 Disposición de Desechos proveniente de Riles.....	30
4.2 Planta de tratamiento de Riles Planta Tricolor S.A.....	31
5. Disminución Generación de Riles en Planta Tricolor S.A.....	41
5.1 Plan postulado de disminución de generación de Riles.....	41
6. Caracterización de Riles.....	45

6.1	Caracterización de sólidos.....	45
6.2	Caracterización de líquidos	46
7.	Balance de Masa de Planta de Tratamiento de Riles.....	52
7.1	Datos para realización de Balance de Masa	52
7.2.1	Balance de Masa Actual	55
7.2.2	Balance de Masa Proyecto	64
8.	Implementación del proyecto	66
8.1	Implementación Planta 2	66
8.1.1.	Información general	66
8.1.2	Determinación de equipos	67
8.1.3.	Diseño de equipos	70
8.2	Implementación Planta 7 Solvente Blanco	72
8.2.1	Información general	72
8.2.2	Determinación de equipos	75
8.2.3	Diseño de equipos	76
8.3	Implementación Planta 7 Solvente Color.....	78
8.3.1	Información general	78
8.3.2	Determinación de equipos	78
8.3.3	Diseño de equipos	79
9.	Evaluación Económica de Proyecto.....	83
9.1	Evaluación Económica Planta 2	83
9.1.1	Flujo de Caja Planta 2.....	83
9.1.2	Análisis de Sensibilidad Planta 2	87
9.2	Análisis Económico Planta 7 Solvente Blanco	89
9.2.1	Flujo de Caja Planta 7 solvente blanco.....	89
9.2.2	Análisis de Sensibilidad Planta 7 solvente blanco	92
9.3	Análisis Económico Planta 7 Solvente Color.....	94
9.3.1	Flujo de Caja Planta 7 solvente color	94
9.3.2	Análisis de Sensibilidad Planta 7 solvente color.....	97
9.4	Análisis Económico Total del Proyecto.....	99
10.	Conclusiones.....	102
11.	Bibliografía	104
12.	Anexos	107
A.-	Anexo Balance de masa Actual.....	107

B.-	Anexo Balance de masa Proyecto.....	118
C.-	Anexo Diseño Bombas	123
C.1.-	Planta 2 Agua.....	123
C.2.-	Planta 7 Solvente Blanco	128
C.3.-	Planta 7 Solvente Color	131

Índice de tablas

Tabla 1.1:	Clasificación general de los riles según la naturaleza de sus constituyentes	8
Tabla 2.1:	Límites máximos permitidos para descargas de efluentes que se efectúen a redes de alcantarillado que cuenten con plantas de tratamiento de aguas servidas.	16
Tabla 3.1:	Factores de consumo de principales materias primas en la.....	19
	producción de pinturas.....	19
Tabla 4.1:	Medidas del estanque separador.....	31
Tabla 4.2:	Medidas de cámaras 2A y 2B	32
Tabla 4.3:	Medidas del sedimentador.....	33
Tabla 4.4:	Medidas del filtro prensa.....	33
Tabla 5.1:	Producción año 2008 de óleos opacos, anticorrosivos y látex en Pinturas Tricolor S.A.	42
Tabla 7.1:	Producción año 2008 Pinturas Tricolor S.A.	52
Tabla 7.2:	Producción año 2008 Pinturas Tricolor S.A. diferenciados según blancos y colores.....	52
Tabla 7.3:	Producción año 2008 Pinturas Tricolor S.A. diferenciados según tipo de solvente	53
Tabla 7.4:	Producción en estanques año 2008 Pinturas Tricolor S.A.	53
Tabla 7.5:	Corrientes y caracterización reales obtenidas para balance de masa	55
Tabla 7.6:	Flujos y composiciones del balance de masa.....	63
Tabla 7.7:	Flujos del balance de masa del proyecto.....	64
Tabla 8.1:	Equipos a utilizar en proyecto planta 2	68
Tabla 8.2:	Condiciones para el diseño de la bomba del proyecto planta 2	71
Tabla 8.4:	Condiciones utilizadas para diseño de bombas de proyecto planta 7 solvente blanco	76
Tabla 8.5:	Equipos a utilizar en proyecto planta 7 solvente color.....	79
Tabla 8.6:	Condiciones utilizadas para diseño de bomba de proyecto planta 7 solvente color	80
Tabla 9.1:	Valores de equipos de proyecto planta 2.....	83
Tabla 9.2:	Costos totales de proyecto planta 2.....	84
Tabla 9.3:	Indicadores de implementación proyecto planta 2	85
Tabla 9.4:	Flujo de caja de implementación proyecto planta 2.....	86
Tabla 9.5:	Análisis de sensibilidad de implementación proyecto planta 2.....	87
Tabla 9.6:	Valores de equipos de proyecto planta 7 solvente blanco	89
Tabla 9.7:	Costos totales de proyecto planta 7 solvente blanco	90
Tabla 9.8:	Indicadores de implementación planta 7 solvente blanco.	90
Tabla 9.9:	Flujo de caja de implementación proyecto planta 7 solvente blanco	91

Tabla 9.10: Análisis de sensibilidad de implementación proyecto planta 7 blanco	92
Tabla 9.11: Valores de equipos de proyecto planta 7 solvente color	94
Tabla 9.12: Costos totales de proyecto planta 7 solvente color	95
Tabla 9.13: Indicadores de implementación planta 7 solvente color.....	95
Tabla 9.14: Flujo de caja de implementación proyecto planta 7 solvente color	96
Tabla 9.15: Análisis de sensibilidad de implementación proyecto planta 7solvente color	97
Tabla 9.16: Indicadores de implementación total proyectos.....	99
Tabla 9.17: Flujo de caja de implementación total proyectos.....	100
Tabla A.1: Flujo Información sobre reactivos utilizados en Planta de Tratamiento de Riles.....	113
Tabla C.1: Tabla de fittings ocupados en implementación de proyecto planta 2	124
Tabla C.2: Tabla de datos utilizados para determinación de la bomba en planta 2.....	126
Tabla C.3: Tabla de fittings ocupados en implementación de proyecto planta 7 solvente blanco	129
Tabla C.4: Tabla de datos utilizados para determinación de la bomba en planta 7 blanco	130
Tabla C.5: Tabla de fittings ocupados en implementación de proyecto planta 7 solvente color.....	132
Tabla C.6: Tabla de datos utilizados para determinación de la bomba en planta 7 color	132

Índice de figuras

Figura 1.1: Diagrama plantas de Tricolor S.A.....	6
Figura 1.2: Grafico de principales receptores de riles	9
Figura 3.1: Esquema de proceso de fabricación de pinturas líquidas en estanques y en molinos	22
Figura 3.2: Esquema de colores en etapa de Ajuste de Color.	23
Figura 4.1: Diagrama de orígenes y destino de Riles.....	29
Figura 4.2: Disposición de desechos sólidos posterior al tratamiento de riles	30
Figura 4.3: Esquema uso estanque separador.....	32
Figura 4.4: Diagrama Planta de Tratamiento de Riles Tricolor S.A.....	35
Figura 4.5: Diagrama de planta de tratamientos con corrientes.....	37
Figura 5.1: Esquema de postulado de reutilización de Riles.....	43
Figura 7.1: Diagrama de orígenes y destino de Riles.....	58
Figura 8.1: Diagrama de Implementación de proyecto en planta 2	69
Figura 8.2: Diagrama de Implementación de proyecto en planta 2 detallado	70
Figura 8.3: Diagrama de Implementación de proyecto en planta 7 Solvente blanco y color.....	74
Figura 8.4: Diagrama de Implementación de proyecto en planta 7 solvente blanco y color detallado .	75
Figura 9.1: Análisis de sensibilidad TIR vs Ahorro de implementación proyecto planta 2	88
Figura 9.2: Análisis de sensibilidad VAN vs Ahorro de implementación proyecto planta 2.....	88
Figura 9.3: Análisis de sensibilidad TIR vs Ahorro de implementación proyecto planta 7 blanco.....	93
Figura 9.4: Análisis de sensibilidad VAN vs Ahorro de implementación proyecto planta 7 blanco.....	93
Figura 9.5: Análisis de sensibilidad TIR vs Ahorro de implementación proyecto planta 7 color	98
Figura 9.6: Análisis de sensibilidad VAN vs Ahorro de implementación proyecto planta 7 color.....	98

Figura C.1: Tabla de selección de bombas 128

Introducción

El cuidado del medio ambiente es un importante elemento a considerar en lo que respecta a los recursos económicos a emplear en un proceso, ya que comprende un gasto asociado a la producción, para el tratamiento de los desechos originados por ésta. En el caso de los riles (residuos industriales líquidos), las empresas precisan contar con un tratamiento de estos residuos para retornarlos sin alterar la naturaleza, lo que implica gastos en insumos, así como también desperdicio de materias primas aprovechables en la producción. En el caso de la planta de pinturas líquidas de la empresa Tricolor S.A., los riles producidos, además de obligar a gastos en insumos para su tratamiento, originan egresos económicos para su disposición.

Con el objeto de suprimir los gastos aludidos se realizaron tres sub proyectos destinados a disminuir la generación de riles en dos plantas en particular, previniendo su entrada a cada planta de tratamiento de la empresa, mediante la reutilización de los riles ricos en materias primas. Los tres sub proyectos se diferencian atendiendo a la planta en que se habrá de implementar y la naturaleza del ril, que puede ser base agua o base solvente.

El proyecto propone una solución al problema generado por los gastos con ocasión de la disposición de residuos peligrosos en las plantas de pinturas líquidas de la empresa Tricolor S.A., los cuales son \$2.781.786 mensuales en disposición de residuos peligrosos (base solvente) y residuos no peligrosos (base agua), asimismo contempla el uso de desechos como potenciales materias primas que pueden ser reutilizados en la producción de pinturas, generando ahorro.

Objetivos

El objetivo general de este trabajo es presentar una propuesta de disminución de generación de Riles de la planta Tricolor S.A. incluyendo un análisis de factibilidad económica. Para lograrlo previamente fue necesario abarcar los siguientes objetivos específicos:

1. Formular un plan de recuperación y posterior aprovechamiento de los riles, mediante la recopilación de información respecto de los procesos actuales para la fabricación de pintura y del tratamiento de riles, y además obtener los datos necesarios de producción de riles a fin de determinar las pérdidas de materia prima actual.
2. Caracterizar flujos actuales en la planta.
3. Efectuar un balance de masa de la planta, de sus condiciones actuales y las condiciones postuladas para el proyecto
4. Realizar un estudio de factibilidad económica de los cambios sugeridos para la recuperación de materia prima proveniente de los riles, y demostrar numéricamente la conveniencia de implementar los cambios sugeridos.

Metodología

En consideración a que este es un proyecto de implementación, se hace necesario conocer la realidad de funcionamiento de la planta. Esto es, en una primera etapa, desarrollar los tres primeros objetivos específicos detallados precedentemente: Recopilar información respecto de los procesos actuales para la fabricación de pintura y del tratamiento de riles; caracterización del ril actual y balances de masa.

En una segunda etapa, se procederá a seleccionar los equipos que se utilizarán, bombas, estanques, fittings y cañerías con sus respectivos circuitos, empleando información obtenida en la primera etapa; flujos, características de fluidos y composiciones.

En la tercera etapa, se estimaron los costos de los equipos diseñados y se determinan los ahorros en materias primas y disposición de riles, para efectuar el cuarto objetivo específico que consta en realizar el estudio de factibilidad económica del proyecto.

**Capítulo 1:
Antecedentes
Generales.**

1. Antecedentes Generales

1.1 Planta Tricolor S.A.

La planta se encuentra ubicada en Avenida Limache N° 3.600, sector El Salto, Viña del Mar, siendo esta la casa matriz.

Esta empresa se dedica a la fabricación de pinturas, para cuyos efectos contempla dos áreas de negocios:

- Pinturas para el mercado decorativo: que comprende pinturas para el hogar, de distribución en tiendas del rubro
- Pinturas industriales: Pinturas especiales de uso industrial y de venta en formatos mayores, la que se subdivide en 4 líneas de productos a saber:
 - Pinturas en polvo
 - Demarcación y seguridad vial
 - Mantenición industrial
 - Industria gráfica y del mueble.

Los distintos tipos de pinturas se originan con motivo de las diferentes materias primas utilizadas para su elaboración y varían según su calidad. Los tipos aludidos son:

- Látex
- Esmalte al agua
- Anticorrosivo
- Esmalte sintético
- Óleo brillante
- Óleo opaco
- Óleo sintético
- Sellador
- Acrílico
- Pinturas de techo
- Pasta muro
- Barniz
- Pinturas de piscina
- Spray

Por su parte, la empresa se divide en un área comercial y una de fabricación. Esta última tiene diversas plantas, en las cuales se elaboran y producen los diferentes tipos de pinturas ya mencionados. La figura 1.1 muestra un diagrama de la empresa, considerando las diferentes plantas y los procesos que ocurren en cada una.

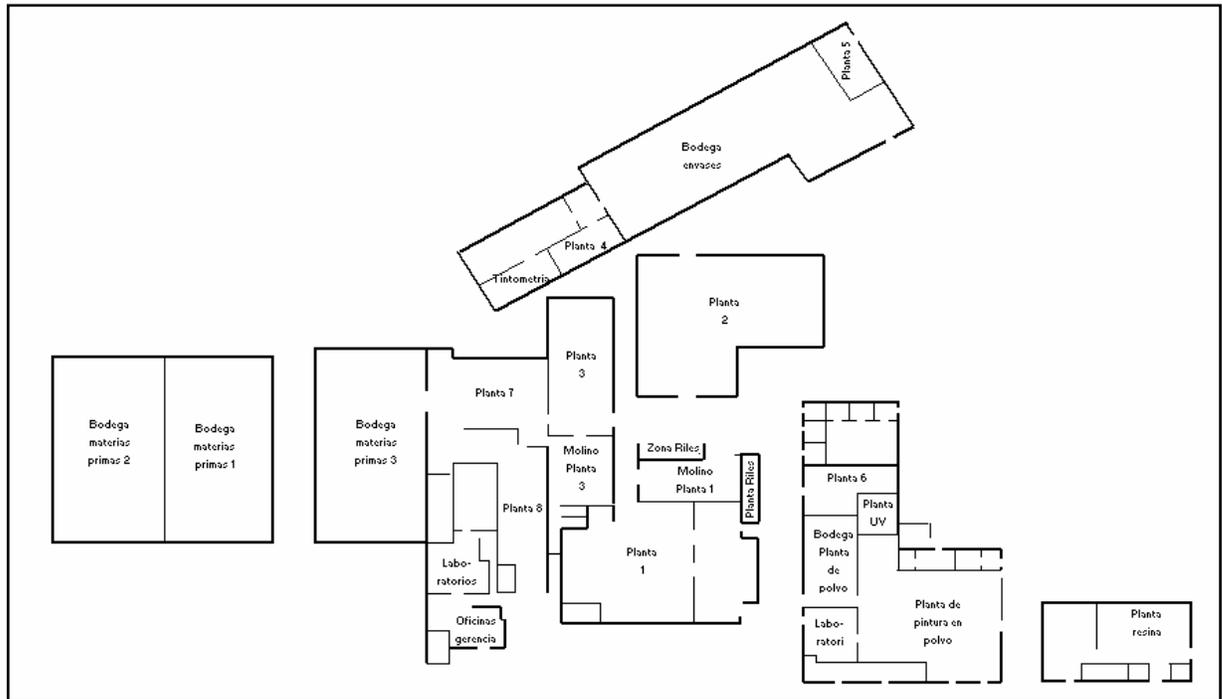


Figura 1.1: Diagrama plantas de Tricolor S.A.

Donde:

- Planta 1: Planta pinturas líquidas base agua y base solvente
- Planta 2: Planta de pinturas líquidas base agua
- Planta 3: Planta de pinturas líquidas base agua y base solvente
- Planta 4: Planta de productos especiales
- Planta 5: Planta pinturas en aerosol
- Planta 6: Planta de revestimiento
- Planta 7: Planta de pinturas líquidas base agua y solvente
- Planta 8: Planta envasadora y dispersión

1.2 Fundamentos Teóricos

1.2.1 Residuos Industriales Líquidos

Los Residuos Industriales Líquidos, bien conocidos como Riles, son aquellas descargas líquidas de un establecimiento que prepara algún material o artículo para el mercado, es decir, los riles son aguas de desecho generadas en establecimientos industriales como resultado de algún proceso, actividad o servicio.

Se considera que un ril es contaminante, cuando es un efluente industrial que contiene compuestos químicos o especies biológicas que producen, en los cursos receptores, condiciones inadecuadas para los usos definidos para el recurso hídrico, o en su defecto, que contenga materia orgánica que, al descomponerse en el trayecto, reduzca el contenido de oxígeno disuelto en el agua hasta un grado que afecte su equilibrio natural.

Dentro de la normativa para el control de los recursos hídricos de cada país, los organismos internacionales han definido el uso del agua, dependiendo del sector que se esté considerando.

Esta clasificación de los recursos hídricos es de una importancia capital, ya que, sobre la base de estos parámetros, se inicia la normativa legal y disposiciones reglamentarias para el tratamiento de los residuos industriales.

En Chile, la CONAMA o Comisión Nacional del Medio Ambiente, dentro del Proyecto de Norma de Calidad para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales (2000), clasifica las aguas en 4 grupos básicos:

- a. Clase Excepción: aguas de extraordinaria pureza y escasez que forman parte del patrimonio ambiental del país.
- b. Clase 1: aguas de muy buena calidad, aptas para la protección y conservación de las comunidades acuáticas, para el riego irrestricto y para los usos comprendidos en las clases 2 y 3.
- c. Clase 2: aguas de buena calidad, aptas para el desarrollo de la acuicultura, de la pesca deportiva y recreativa, además de los usos comprendidos en la clase 3.
- d. Clase 3: aguas de regular calidad, adecuadas para bebidas de animales y para riego restringido.

La tabla 1.1 indica la clasificación que obtienen los riles de acuerdo al origen de estos, que pueden ser de industrias de minería, alimentos, radioactivos y otros.

<i>Tipos de Riles</i>	<i>Actividades industriales responsables</i>
<p>Con constituyentes minerales: efluentes que contienen metales, complejos, compuesto halogenados y una serie de sustancias inorgánicas que presentan un elevado índice de toxicidad y peligrosidad</p>	<p>Industria metalúrgica y siderúrgica, minería, determinados procesos de la industria petroquímica y también los procesos galvano plásticos.</p>
<p>Con constituyentes orgánicos: la carga orgánica de un efluente puede ser muy variada dependiendo de la actividad industrial que lo haya generado. Existen determinadas sustancias orgánicas como la celulosa, los taninos, los compuestos azufrados y clorados, que resultan particularmente difíciles de biodegradar y por tanto se hace necesario un control estricto que asegure su correcto tratamiento antes de ser vertidos al receptor.</p>	<p>Industria farmacéutica y alimentaria, entre otras.</p>
<p>Con constituyentes minerales y orgánicos: combinación de las 2 anteriores. Requieren sistemas de tratamiento mixto</p>	
<p>Con constituyentes de naturaleza radiactiva: presentan problemas graves por una parte a causa de su elevada peligrosidad, tanto para el hombre como para las demás formas de vida, y por otra por su persistencia, pues la vida media de la mayoría de los compuestos radioactivos es muy elevada.</p>	<p>Procesos en los que se emplean materiales radiactivos tales como reactores nucleares, laboratorios de investigación, entre otras</p>
<p>Riles que producen contaminación térmica: vertidos que una vez incorporados al receptor provocan un cambio de temperatura en éste, con el consiguiente peligro para la flora y fauna acuática, a causa de la alteración de las condiciones térmicas del ecosistema</p>	<p>Amplio espectro. Cualquier emisión de vapor o de líquidos enfriados es suficiente para desencadenar efectos perniciosos.</p>

Tabla 1.1: Clasificación general de los riles según la naturaleza de sus constituyentes

La figura 1.2 indica los principales receptores que tienen los riles, según la Superintendencia de Servicios Sanitarios.

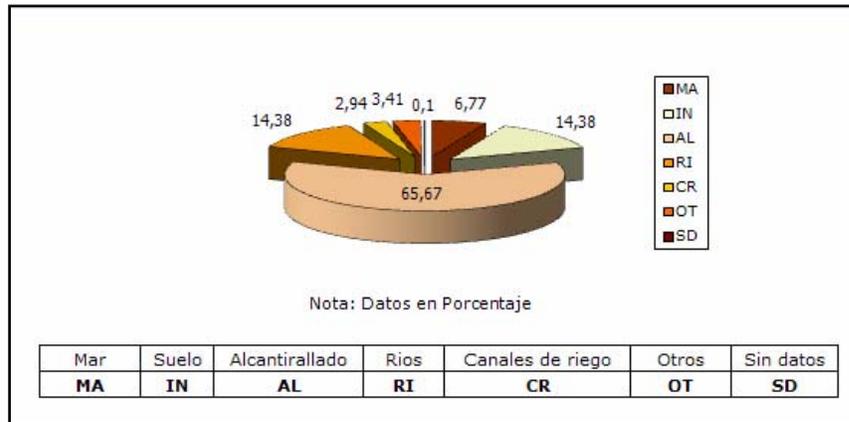


Figura 1.2: Grafico de principales receptores de riles

1.2.2 Proceso de Tratamiento de Riles

Por definición, el concepto de tratamiento de riles es la manera para reducir la carga orgánica o inorgánica y parámetros a fin que cuando sean depositados a los cursos de agua, no afecten las condiciones ambientales y biológicas en que se encuentren dichos cursos. (Lo mencionado es la base de la normativa acerca de estos residuos y se considerará en el capítulo dos).

Los procesos de tratamiento de riles se clasifican de la siguiente forma:

1.- Tratamientos primarios y/o pre-tratamientos

Estos procesos se denominan de la forma señalada en atención a que se realizan cuando el ril ingresa para su tratamiento. Entre las operaciones unitarias que se incluyen esta etapa están:

Tratamiento Mecánico: En esta zona se realizan operaciones de tamizado y de cribas no muy finas, que retiran la mayor parte de los sólidos flotantes, basura y restos orgánicos de mayor tamaño, que se encuentran en las descargas de riles.

Ecuilización: Se trata en este proceso de lograr homogeneizar el ril, en cuanto a concentraciones de descarga, temperatura y de flujo, ya que la mayoría de los procesos de tratamiento posteriores requieren de una configuración estable de flujo y de concentración para lograr los resultados deseados. Esto se logra a través de piscinas de almacenaje o de homogeneización.

Sedimentación: Es una operación que permite realizar la separación de los sólidos presentes en el ril de carácter sedimentable; lo anterior se consigue través de equipos sedimentadores donde el ril queda detenido por un lapso de tiempo o bien pasa con un flujo en el cual las partículas que poseen una velocidad de sedimentación mayor que la del flujo, caen en el fondo del equipo, de donde son retirados.

Floculación: La floculación es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, separándose del líquido que las contiene, facilitando el proceso de filtrado.

Filtración: Este procedimiento permite retirar los flóculos formados en las fases anteriores con partículas de tamaño medio. Además se utiliza para purificar el agua, extrayendo de ella partículas de tamaño pequeño (microfiltración) o coloidal y microscópico (nanofiltración).

Neutralización: En esta etapa se requiere la acción de una base o ácido fuerte para neutralizar el pH que contiene el ril. Este proceso se puede realizar de forma automática o manual.

Decantación: Se realiza en grandes piscinas, las cuales dejan el ril y permiten que las partículas floculadas caigan al fondo de la piscina. Luego, el ril es recogido por la parte superior, dejando los flóculos al fondo.

Coagulación: En este caso se produce por el ingreso de una sustancia química determinada que permite la formación de coágulos sólidos más grandes y más pesados, facilitando la decantación.

2.- Tratamientos secundarios:

En los tratamientos secundarios se realizan tratamientos bioquímicos al ril de manera de reducir la cantidad de sustancias tóxicas o de materia biodegradable presentes en el ril y que no fueron retiradas por los procesos anteriores (tratamientos primarios). Algunos de estas operaciones son:

Biofiltración: Es un proceso que consiste en depositar el ril en una piscina o en un estanque donde bacterias, hongos, levaduras o gusanos consumen las partículas orgánicas presentes en el ril y logran con ello desarrollarse y formar colonias, que viven de los residuos. Esta operación permite un descenso de la carga orgánica asociada al agua residual.

Acción de Lodos Activados: Las aguas residuales que provienen del tratamiento primario pasan a un tanque de aireación para favorecer el rápido crecimiento de las bacterias y otros microorganismos. Las bacterias utilizan el oxígeno para descomponer los desechos orgánicos de estas aguas. Los sólidos en suspensión y las bacterias forman una especie de lodo conocido como lodo activado, el cual se deja sedimentar y luego es llevado a un tanque digestor aeróbico para que sea degradado.

Lagunas Aireadas: Una laguna aireada es un estanque en el que se trata agua residual que atraviesa de forma continua. El oxígeno es suministrado generalmente por aireadores superficiales o unidades de aireación por difusión. La acción de los aireadores y la de las burbujas de aire que ascienden desde el difusor mantiene en suspensión el contenido del estanque.

Discos Rotatorios: Son similares a los biofiltros, pero son más efectivos, ya que sus discos, al girar, controlan la tasa de cultivos y los tipos que se desarrollan en éstos, para evitar que los microorganismos se multipliquen demasiado y que puedan aparecer en el ril final.

3.- Tratamientos terciarios:

Estos tratamientos corresponden a la parte final del proceso para aumentar la calidad del efluente al estándar requerido antes de que éste sea descargado al ambiente receptor.

Desinfección: El propósito de la desinfección en el tratamiento de las aguas residuales es reducir el número de organismos vivos en el agua que se descargará nuevamente dentro del ambiente, mediante la incorporación de desinfectante al ril. Los métodos comunes de desinfección incluyen el ozono, el cloro, o la luz UV.

Remoción de nutrientes: Las aguas residuales pueden contener altos niveles de nutrientes tales como nitrógeno y fósforo que puede crear condiciones insanas en el ambiente de recepción. La remoción del nitrógeno se efectúa con la oxidación biológica del nitrógeno del amoníaco y entonces mediante la reducción el nitrato es convertido al gas del nitrógeno que se envía a la atmósfera. Por otra parte, el retiro del fósforo se puede efectuar biológicamente en un proceso llamado retiro biológico realzado del fósforo. En este proceso específicamente bacteriano, llamadas Polyphosphate que acumula organismos, se enriquecen y acumulan selectivamente grandes cantidades de fósforo dentro de sus células.

Carbono Activado: Este material se utiliza para filtrar el ril para remover gran parte de los residuos de materia suspendida y adsorber las toxinas residuales.

Capítulo 2: Normativas.

2. Normativas aplicables a Residuos Industriales Líquidos

Existe un gran número de normativas ambientales aplicables a la industria de las pinturas, las que regulan especificaciones tales como la localización, emisiones atmosféricas, descargas líquidas y sólidas, entre otras. Dado que este trabajo trata sobre la disminución de residuos industriales líquidos, se considerarán aquellas normativas que estipulen características que deben presentar los riles para su posterior evacuación.

Gran parte de las leyes y normativas se originan con motivo de una exigencia legal contemplada en la Constitución Política del Estado.

En efecto, dispone el Artículo 19 N° 8: “El derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Es deber del Estado velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza. La ley podrá establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger el medio ambiente”

2.1 Leyes Chilenas sobre Residuos Industriales Líquidos

2.1.1 Ley N° 3.133

“Neutralización de los Residuos provenientes de Establecimientos Industriales”

Esta ley fue la primera en las normativas ambientales, publicada el 7 de septiembre de 1916, por el organismo Ministerio de Industrias. Esta ley, aunque fue derogada por la ley N°19.821 en el año 2002, estableció la base para las leyes postuladas posteriormente sobre Medio Ambiente. Se establece como norma general que los establecimientos industriales de distinta índole no pueden vaciar sus aguas en ningún medio acuífero, sin antes depurarlas o neutralizarlas, por medio de un sistema adecuado y permanente, y tampoco podrán arrojar a dichos cauces o depósitos de aguas las materias sólidas que puedan provenir de esos establecimientos ni las semillas perjudiciales a la agricultura.

2.1.2 Ley N° 19.821

“Deroga la Ley N° 3.133 y Modifica la Ley N° 18.902 en materia de Residuos Industriales”

Esta ley invalida la ley 3133 nombrada anteriormente. Indica en todo caso que “Sin embargo, subsistirán aquellos decretos que autorizaron sistemas de tratamiento al amparo

de dicha legislación”¹. También agrega nuevos antecedentes y especificaciones sobre las penalizaciones y los rubros amparados en esta ley.

2.1.3 Ley N° 18.902

“Creación Superintendencia Servicios Sanitarios”

Fue publicada en el diario oficial con fecha 27 de enero de 1990, por el organismo Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción y la Subsecretaría de Economía, Fomento y Reconstrucción, la cual fue modificada en el año 2002 por la ley 19.821. En esta ley se menciona que a partir de ese instante, los residuos industriales líquidos estarán regidos por la superintendencia de servicios sanitarios, así como también tendrán el derecho de sancionar a la empresa en caso de no estar cumpliendo las normas.

2.1.4 Ley N° 19.300

“Ley de Bases Generales del Medio Ambiente”

Esta ley fue publicada el 9 de marzo del año 1994, por el organismo Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Esta ley establece el sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, la cual tiene como objetivo asegurar que el desarrollo de sus actividades sea sustentable desde el punto de vista del medio ambiente.

¹ Ley N° 19.821, Artículo 2°

2.2 Normas Chilenas sobre Residuos Industriales Líquidos

2.2.1 Decreto Supremo 609

“Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado”

Establece los parámetros de condiciones de los riles. Fue publicado el 20 de julio de 1998, bajo el mandato del presidente Eduardo Frei Ruíz-Tagle, el cual fue modificado en el año 2004 por el Decreto 601.

2.2.2 Decreto Supremo 601

“Modifica decreto N° 609, de 1998, que establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado”

“Artículo primero

4.4 Las descargas de efluentes que se efectúan a redes de alcantarillado que cuenten con plantas de tratamiento de aguas servidas deberán cumplir con los límites máximos señalados en la Tabla 2.1

<i>Parámetros</i>	<i>Unidad</i>	<i>Expresión</i>	<i>Límite Máximo Permitido</i>
Aceites y grasas	mg/L	A y G	150
Aluminio	mg/L	Al	10(1)
Arsénico	mg/L	As	0,5
Boro	mg/L	B	4 (1)
Cadmio	mg/L	Cd	0,5
Cianuro	mg/L	CN-	1
Cobre	mg/L	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/L	Cr-6	0,5
Cromo total	mg/L	Cr	10
Hidrocarburos totales	mg/L	HC	20
Manganeso	mg/L	Mn	4
Mercurio	mg/L	Hg	0,02
Niquel	mg/L	Ni	4
pH	unidad	pH	5,5 - 9
Plomo	mg/L	Pb	1
Poder espumógeno	mm	PE	7
Sólidos sedimentables	ml/l 1 h	S.D.	20
Sulfatos	mg/L	SO4-2	1000 (2)
Sulfuros	mg/L	S-2	5
Temperatura	°C	T°	35
Zinc	mg/L	Zn	5
DBO5	mg/L	DBO5	300
Fósforo	mg/L	P	10 - 15(3)
Nitrógeno amoniacal	mg/L	NH4+	80
Sólidos suspendidos totales	mg/L	S.S.	300

Tabla 2.1: Límites máximos permitidos para descargas de efluentes que se efectúen a redes de alcantarillado que cuenten con plantas de tratamiento de aguas servidas.

(1) Si la concentración media del contaminante presente en la capitación de agua del establecimiento industrial (distribuida por el prestador de servicios sanitarios o fuente propia) fuere mayor al indicado en la tabla, el límite máximo del contaminante presente en la descarga será igual a la concentración presente en la captación.

(2) Se aceptarán concentraciones entre 1.000 y 1.500 mg/L (sulfatos), si se cumplen las siguientes condiciones:

- a) pH = 8 - 9;
- b) temperatura del residuo industrial líquido (°C) ≤ temperatura de las aguas receptoras (35°C).

(3) El elemento Fósforo tendrá límite máximo permitido de 15 mg/l. En aquellos riles descargados en sistemas de alcantarillado cuya disposición final se efectúa a un afluente de un lago, a un lago, laguna o embalse, naturales o artificiales, este parámetro tendrá límite máximo permitido de 10 mg/l.

4.5. Los establecimientos industriales que descarguen su efluente en una red de alcantarillado que cuente con planta de tratamiento de aguas servidas autorizada para aplicar cargo tarifario, podrán solicitar al prestador de servicios sanitarios de quien reciben el servicio de recolección de aguas servidas, autorización para descargar efluentes con una concentración media diaria superior a los valores máximos permitidos en la Tabla 2.1, respecto de los contaminantes DBO₅, fósforo, nitrógeno amoniacal y sólidos suspendidos totales. La excedencia convenida respecto de alguno, algunos o la totalidad de los contaminantes señalados, será una modalidad válida de cumplimiento de la Tabla, por parte del establecimiento autorizado.

Si el prestador accediere a esta solicitud, deberá celebrarse por escrito un convenio entre el establecimiento industrial y el prestador, que contendrá, sin perjuicio de lo que las partes libremente convengan, la expresa mención del límite máximo de concentración admisible para cada uno de los contaminantes sometidos a tolerancia. El precio a que haya lugar por la tolerancia a que alude el contrato será determinado conforme lo dispuesto en el inciso 2º artículo 21º del DFL MOP N° 70, sobre fijación de Tarifas de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado.

A objeto de que la Superintendencia de Servicios Sanitarios ejecute la función fiscalizadora que le compete, deberá remitírsele copia fiel e íntegra del convenio, de los resultados del autocontrol efectuado por el establecimiento industrial y de los resultados del control que la empresa sanitaria realice en la descarga, en los plazos y condiciones que dicha Superintendencia establezca, mediante instrucciones que serán de cumplimiento obligatorio por las concesionarias de servicios sanitarios, así como por los establecimientos industriales que den cumplimiento a este decreto a través del convenio a que se refiere esta disposición.”²

Cabe destacar que, no obstante que la normativa medio ambiental se encuentra en constantes modificaciones, debido al perfeccionamiento que se persigue continuamente en esta área, el trabajo no requiere alteraciones por cuanto su finalidad es evitar los riles.

² Decreto 601 Artículo Primero N °4 “Límites máximos permitidos para las descargas de residuos industriales líquidos a las redes de alcantarillado de los servicios públicos de recolección de aguas servidas”

Capítulo 3:
Procesos de Producción en
Plantas de Pinturas
Líquidas.

3. Procesos en Plantas de Pinturas Líquidas

3.1 Materias primas de pinturas líquidas

Las materias primas en las industrias de las pinturas se dividen básicamente en tres: solventes, pigmentos y resinas. En la tabla 3.1 se muestran los factores de consumo de estas tres materias primas, las más importantes en la fabricación de pinturas.

<i>Materia prima</i>	<i>Factor</i>	
Solventes	160	l/ton pintura
Pigmentos	43	kg/ton pintura
Resina	16	kg/ton pintura

Tabla 3.1: Factores de consumo de principales materias primas en la producción de pinturas.

Solventes

Los solventes son sustancias líquidas que dan a las pinturas el estado de fluidez necesario para su aplicación, evaporándose una vez aplicada la pintura. La variedad de solventes que ocupa este tipo de industria es muy amplia pero, a pesar de ello, su uso se ha visto disminuido en los últimos años, debido a restricciones de tipo ambiental, de salud y de costo, especialmente en el caso de los solventes clorados. En caso de pinturas base agua, se ocupa ésta como solvente, mientras que en las base solvente se ocupa varsol y otros.

El varsol (aguarrás) se utiliza de preferencia en las pinturas de tipo decorativas, en tanto que en las pinturas de tipo industrial se utilizan productos más específicos, como epóxicas, cetona y xilol, entre otras, para líneas de producción de pinturas de trabajos pesados y sprays.

Pigmentos

Son productos en polvo, insolubles por sí solos en el medio líquido de la pintura. Tienen como finalidad el suministrar color y poder cubridor, además de contribuir a las propiedades anticorrosivas del producto y darle estabilidad frente a diferentes condiciones ambientales y agentes químicos. Entre los pigmentos más utilizados en la fabricación de pinturas se encuentran variados compuestos a base de cromo y plomo, zinc en polvo,

dióxido de titanio, sulfato de bario, negro de humo, aluminio en polvo y óxido de hierro, como ejemplos.

Para la distribución del pigmento, dentro de la formulación de las pinturas, se requiere las llamadas "cargas", que cumplen además el objetivo de contribuir con un efecto de relleno. Entre estos materiales se encuentran sustancias de origen mineral como baritas, tizas, caolines, sílice, micas, talcos, etc., y de origen sintético como creta, caolines tratados y sulfato de bario precipitado.

Resinas

Para fijar los pigmentos en la superficie donde se aplicaron, se contemplan agentes aglutinantes, que pueden ser aceites secantes, resinas naturales y resinas sintéticas. Estos agentes aglutinantes son sustancias normalmente orgánicas, que crean una película protectora y plastificada, además de dar las características a la pintura, tales como densidad y viscosidad. Se pueden utilizar en forma sólida, disueltos o dispersos en solventes orgánicos volátiles, en solución acuosa o emulsionados en agua.

Las resinas naturales en su mayoría son de origen vegetal, con excepción de la goma laca; actualmente, su uso ha declinado considerablemente debido al desarrollo de un gran número de resinas sintéticas.

Estas últimas normalmente se utilizan en combinación con los aceites antes mencionados siendo más resistentes al agua y agentes químicos. Entre las resinas sintéticas más utilizadas se encuentran las resinas alquídicas, acrílicas, fenólicas, vinílicas, epóxicas, de caucho clorado, de poliuretano y de silicona. De todas éstas, la primera es la más utilizada.

Aditivos Menores

Son sustancias añadidas en dosis mínimas para desempeñar funciones específicas, que no cumplen los ingredientes principales. Entre los más utilizados se encuentran los materiales secantes, plastificantes y antisedimentables.

Las sustancias secantes permiten controlar la velocidad de secado. Normalmente se utilizan sales orgánicas de elementos metálicos (cobalto, manganeso, plomo, calcio, zinc, hierro, vanadio, cerio y zirconio).

Las sustancias plastificantes, por su parte, proporcionan flexibilidad y adherencia a los recubrimientos de superficie. Se clasifican en: aceites vegetales no secantes (derivados del aceite de ricino), monómeros de alto punto de ebullición (ftalatos) y polímeros resinosos de bajo peso molecular (poliéster).

Las sustancias antisedimentantes previenen o disminuyen la precipitación de los pigmentos, reduciendo la fuerza de atracción entre partículas o formando geles.

3.2 Proceso en Planta de Pinturas Líquidas Tricolor S.A.

En la figura 3.1 se observa un diagrama con las principales etapas de la producción de pintura líquida. También se describe cada etapa con el fin de entender el uso de cada una.

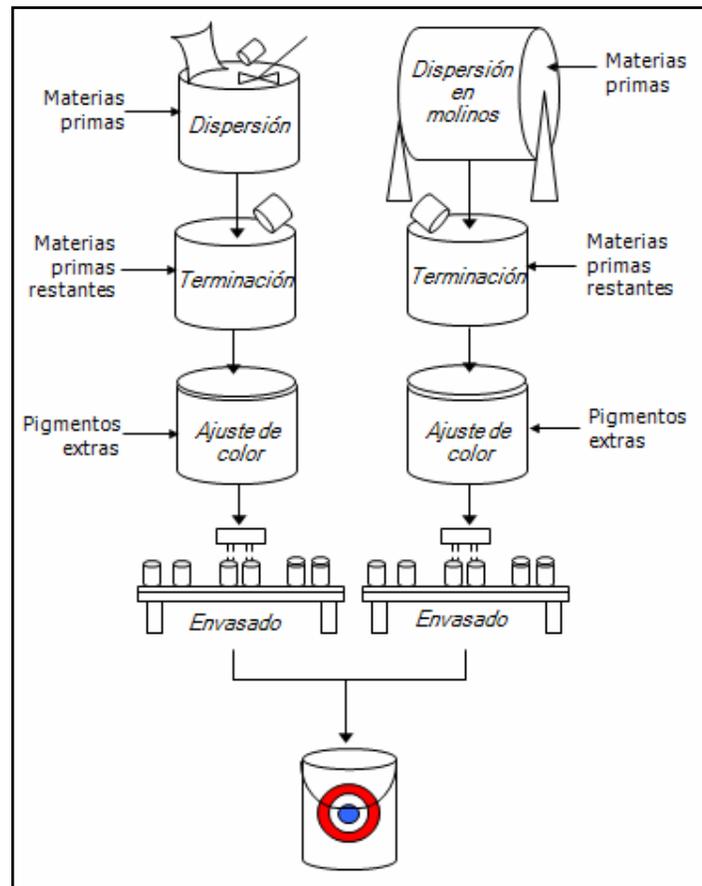


Figura 3.1: Esquema de proceso de fabricación de pinturas líquidas en estanques y en molinos

La etapa de dispersión es la parte inicial en cada producción de pinturas, la que consiste en agregar la resina, el solvente y parte de la “carga”. Se mezclan y se muelen los aditivos, utilizando pruebas que determinan si la molienda realizada es suficiente. Estas pruebas consisten en pintar un papel y observar si la superficie pintada queda perfectamente lisa, es decir que no presenta grumos, en cuyo caso se debe detener el proceso de molienda. Además, se agrega sólo una parte del solvente estipulado para luego ocupar la parte restante en el lavado del equipo y posteriormente agregar a la base, y así pasar a la etapa de terminación. En esta etapa del proceso de producción de pinturas, no se presenta producción de riles.

Los estanques utilizados en la etapa de dispersión pueden ser reemplazados por molinos de bolas, variando entre ellos, en el sentido que el estanque presenta un agitador, mientras que el molino presenta bolas que permiten la molienda. La utilización del molino en vez del estanque depende del volumen necesario producir, el tipo de pintura y los colores requeridos, además de la dureza de materias primas y pigmentos.

La etapa de terminación se realiza en otro estanque, al cual se dirige el producto de la etapa de dispersión y se le adicionan las materias primas restantes que no se agregaron en la dispersión, tales como: pigmentos, solvente y resinas. Estos aditivos no son agregados totalmente en la etapa anterior y se agregan en esta etapa ajustando los parámetros de viscosidad, molienda y densidad necesarios para que Control de Calidad apruebe la pintura.

La siguiente etapa es la de ajuste de color, en la cual es preciso obtener el color reglamentado, adicionando pigmentos necesarios, determinados por coloristas especializados, sobre la base de colores como el negro, blanco, amarillo y rojo. Esta etapa se realiza en el mismo estanque de terminación.

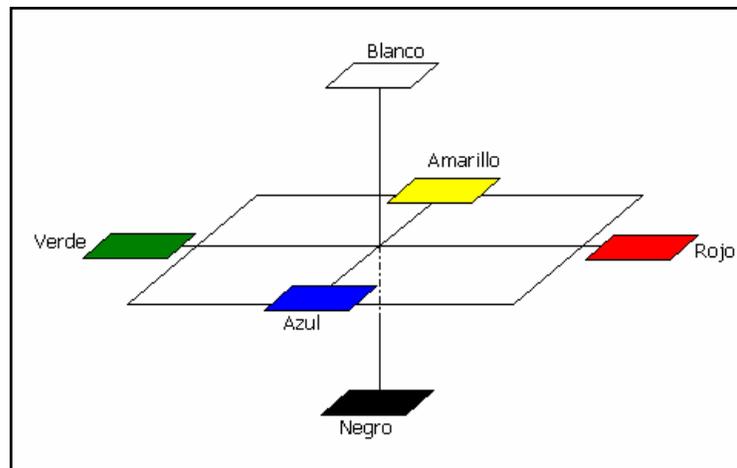


Figura 3.2: Esquema de colores en etapa de Ajuste de Color.

En esta etapa del proceso el colorista observa si la pintura se presenta con tonos verdosos, a fin de contrarrestarlo, agregando pigmentos rojizos, y viceversa. En la figura 3.2 se grafican los colores a agregar. En el caso del amarillo, al encontrarlo predominante en una pintura, debe contrarrestarlo con pigmentos azules, al igual que con los tonos oscuros (negros) y claros (blanco). Esto es de responsabilidad y pericia del colorista, cuya experiencia y experticia es fundamental, ya que el determinar el color necesario para ajustar la pintura lo exige.

En la etapa de envasado, las pinturas producidas se introducen en envases de los siguientes volúmenes: de 0.25 galón (0.9464 l); de 0.5 galón (1.8927 l); de 1 galón (3.7854 l)

y de 10 galones (37.8541 l); además de los industriales, los cuales se comercializan en formatos de 53 galones (200 l).

Capítulo 4:
Residuos Industriales
Líquidos en Planta Tricolor.

4. Residuos Industriales Líquidos en Planta Tricolor S.A.

En Tricolor S.A. existen varias fuentes de riles, entre las más comunes se encuentran los riles producidos por el uso de agua para el lavado de estanques fijos y estanques móviles denominadas pailas. Estos riles provienen de las plantas 1, 2, 3, 6 y 7, además de los generados en las plantas envasadoras de los productos elaborados de las plantas 2 y 7 (esporádicamente se utiliza la envasadora de la planta 3), y las envasadoras manuales de los productos de la planta 1. Las ubicaciones de estas plantas en particular se encuentran especificadas en la figura 1.1.

Los riles obtenidos de dichos lavados no son separados según color, lo que implica realizar aproximaciones para la cuantificación de riles según color, situación que es abordado en el anexo B.

4.1 Fuentes de origen de Residuos Industriales Líquidos Planta Tricolor S.A.

4.1.1 Fuentes y destinos de Riles

El proceso de tratamiento de riles es continuo en la planta, lo que significa que una vez que ingresa el ril a la planta de tratamiento termina el proceso sin interrupción. En el caso de la recuperación de aguas de lavado, estas son recuperadas por los trabajadores del área de riles en pailas, las cuales son trasladadas a las plantas donde se necesiten lavar nuevamente, lo que conlleva acumular ril de lavado de distintas composiciones en una misma paila hasta que se completen y finalizando en el área de lavado de pailas. Esta parte del proceso no es continuo, y la calidad del ril depende del lavado realizado por el trabajador.

La figura 4.1 muestra que existen 3 secuencias básicas del proceso de producción de pinturas líquidas, que son: la fabricación de pinturas, la destilación y la planta de tratamiento de riles. El resto de las secuencias de los procesos son básicamente separaciones de flujos o mezcladores. Además se observan los destinos que tienen los desechos, dependiendo de 5 fuentes de orígenes de riles.

Los riles obtenidos de la fabricación de pintura son provenientes mayoritariamente del lavado de estanques de terminación, lavado de pailas o de la línea de envasado. El solvente

utilizado en el lavado de estas líneas depende de la base de la pintura, ya que si es a base agua se lava con agua únicamente; en caso de lavado de estanque de terminación o paila que se haya producido pintura base solvente, se lava con agua con solvente a diferencia del caso línea de envasado en que se lava con solvente puro.

Las 5 fuentes de origen de riles mostradas en la figura 4.1, son:

- Ril base agua: Este ril se obtiene del lavado de líneas de las plantas de envasado, así como de envasado manual. La base de este ril es agua y restos de pinturas, ya que como es lavado de pinturas base agua no tiene otro solvente. Éste es dirigido a la planta de tratamiento sin ninguna separación previa de sólido, solvente o agua.
- Ril base agua/solvente pailas: Este ril se obtiene del lavado de pailas. Contiene agua o mezcla agua/solvente, dependiendo de la pintura que se produce en las pailas. Al igual que el ril base agua, el ril base agua/solvente pailas pasa, sin separación previa, directo a la planta de tratamiento.
- Borrás: Se le llama así al sobrante de pintura, que es tratado como residuo, aún cuando son pinturas no aprovechadas. Éstos se pueden obtener en la limpieza de las pailas o en el lavado de líneas. Estas borras son generalmente derivadas a la cámara de lavado, donde existen tambores que almacenan los residuos peligrosos, los que posteriormente son enviados a la bodega de residuos peligrosos acopiándolos hasta el momento de ser retirados como desecho, que puede llegar a 2 semanas.
- Ril base agua/solvente estanques: Éste se obtiene del lavado de estanque de fabricación de pinturas. Al igual que en el lavado de pailas, depende de la base de la pintura que se fabrique en el estanque a lavar, para determinar el uso de agua/solvente o solamente agua. Se realiza una separación previa de solvente y agua, dado que por la diferencia de densidades es factible separarlos, dejando rastros de solvente en el agua y viceversa. El solvente extraído es recopilado en tambores de recepción de solvente, los que finalmente son enviados a la Planta de Resinas, en la que se realiza la etapa de destilación. El agua extraída es enviada a la Planta de Tratamiento de Riles, en la cual se obtiene los restos de solvente que pueden haber quedado de la extracción previa.

- Ril solvente puro: Este ril se obtiene del lavado de las líneas de envasado de pinturas base solvente. El solvente puro, utilizado para lavar, se reutiliza hasta que esté saturado, lo que ocurre generalmente después de 3 lavados. Este solvente pasa directo a la Planta de Resinas para la posterior destilación.

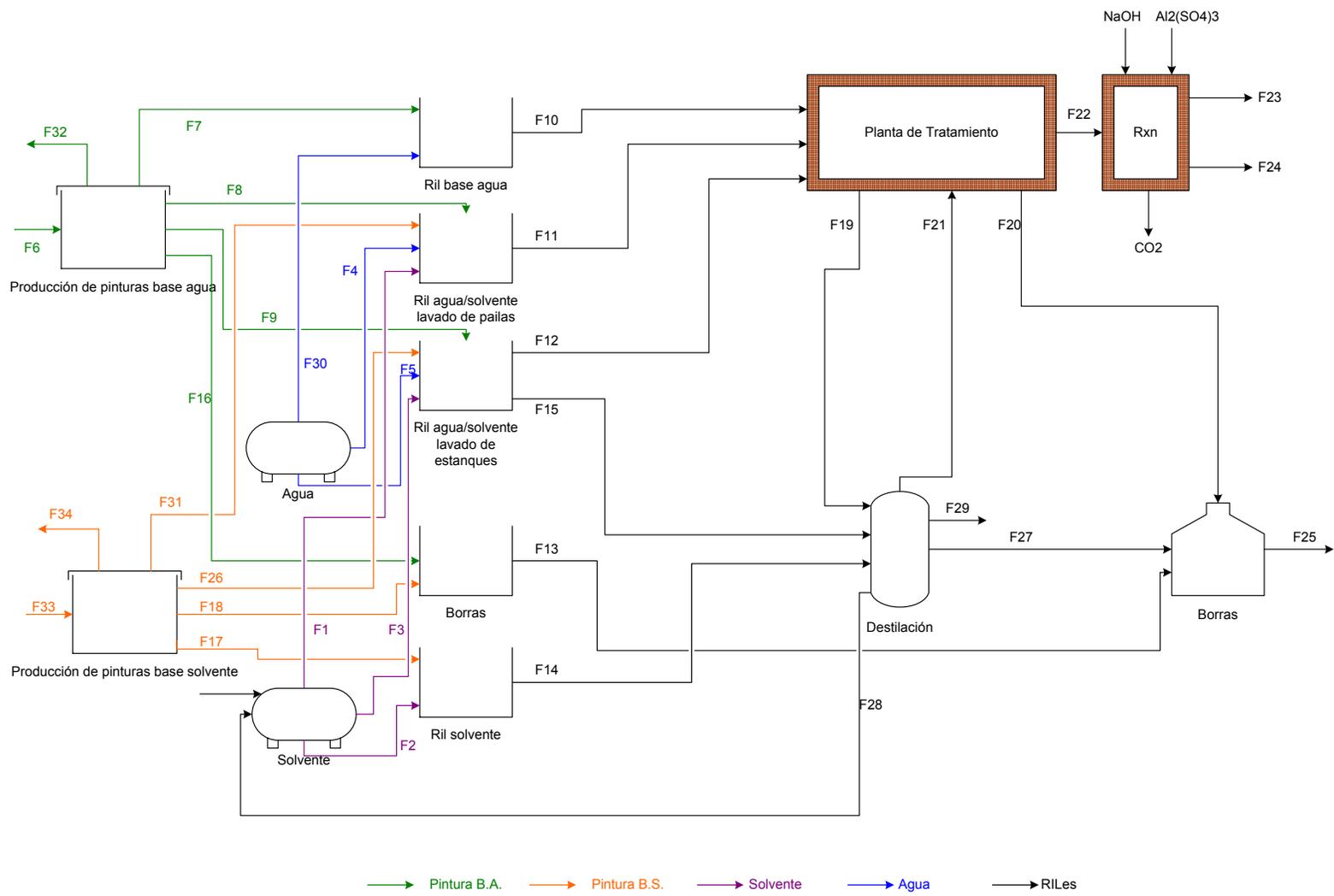


Figura 4.1: Diagrama de orígenes y destino de Riles.

4.1.2. Disposición de Desechos proveniente de Riles

Los residuos que se obtienen de los Riles, se dividen en: Residuos no peligrosos y Residuos peligrosos. La diferencia entre ambos radica en que el primero contiene cantidades imperceptibles o simplemente no contiene solvente, y el segundo si contiene. El valor de los servicios, por su retiro varia en atención a si son peligrosos o no. En este caso, por el retiro de los residuos no peligrosos se cobra un 15% más del valor que los peligrosos, debido a que la presencia de solvente hace que sean buenas materias primas para combustibles, mientras que los no peligrosos no pueden ser ocupados por empresas externas.

Los residuos no peligrosos provienen de los desechos del filtro prensa, del EcoGarbage (estanque que recibe lodos que salen directo del sedimentador que no se filtran por falta de capacidad del filtro prensa) y de pailas específicas para el retiro de estos residuos. Los residuos peligrosos provienen de los desechos de destilación, de los sobrantes de pinturas no envasadas y de las borras que se obtienen de la Planta de Tratamiento de Riles, previo a la separación del solvente restante.

En la figura 4.2 se observa un diagrama de los desechos de la empresa, así como también los orígenes de estos.

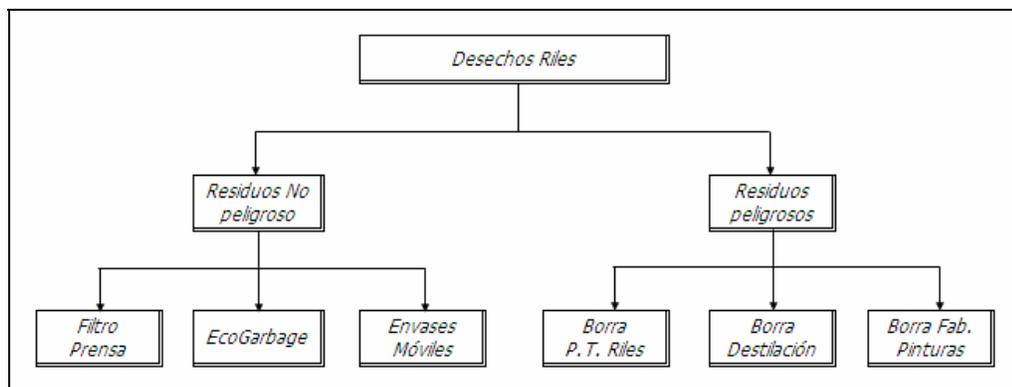


Figura 4.2: Disposición de desechos sólidos posterior al tratamiento de riles

4.2 Planta de tratamiento de Riles Planta Tricolor S.A.

El proceso de tratamiento de riles de Pinturas Tricolor se basa en separación por decantación de sólidos y líquidos, y posterior neutralización. En la figura 4.4 se muestra un diagrama de la planta, indicando el nombre de cada equipo utilizado en ésta, mientras que en la figura 4.5 se detallan las válvulas, controles, bombas y cañerías, así como el curso que sigue el ril en la planta de tratamiento.

Los equipos de la Planta de Tratamiento de Riles observados en la figura 4.4 son:

- a. Estanque Separador: A este estanque pasa el ril pre separado del solvente en una fase primaria, para luego decantar el ril, separándolo en 2 fases ricas, una en agua y otra en solvente. En la tabla 4.1 se indican las medidas del estanque, mientras que en la figura 4.5, esquema del separador, se muestra una entrada lateral derecha donde ingresa el ril mezcla agua solvente, determinando el tiempo de reposo según la cantidad observada de solvente y al finalizar separación de fases se abre la válvula de salida de solvente, ubicada al frente, y el agua se dirige a la siguiente etapa de la planta de tratamiento.

Medida [m]	
Alto	2,59
Largo	2,14
Ancho	0,74
alto 1° parte	0,34

Tabla 4.1: Medidas del estanque separador

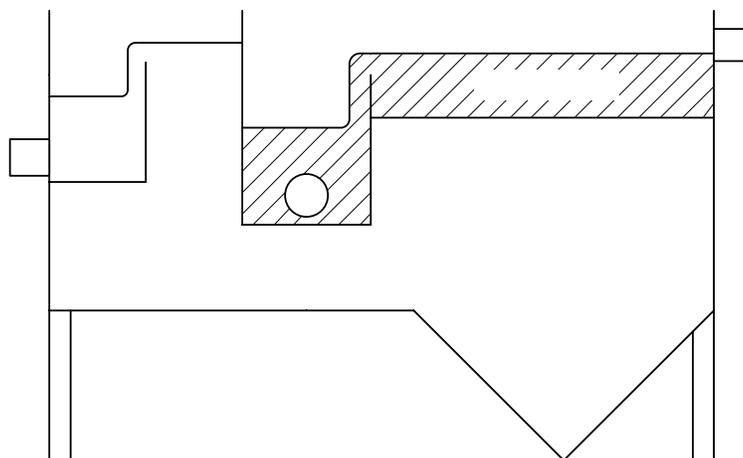


Figura 4.3: Esquema uso estanque separador

- b. Cámara 2A: En esta cámara pasa el ril para ser separado del solvente que pudo haber quedado de la separación anterior, además para retirar parte de los residuos sólidos (lodos), retirando la fase acuosa que se encuentra entre medio del solvente (parte superior) y del lodo (parte inferior), lo que ocurre por diferencia de densidades.
- c. Cámara 2B: Recibe el ril rico en agua retirado de la cámara 2A, para almacenarlo temporalmente y luego dirigirlo hacia el estanque de adición de NaOH. Al observar que comienza a bombearse solvente, se finaliza el bombeo del agua desde la cámara 2A. En la tabla 4.2 se indican las medidas de las cámaras.

Medida [m]	
Alto	0,6
Largo	4,4
Ancho	2,7

Tabla 4.2: Medidas de cámaras 2A y 2B

- d. Estanque de adición de NaOH (Hidróxido de Sodio): En él se adiciona este reactivo para basificar el ril (pH 12 app.), para la posterior adición de sulfato de aluminio, ya que este reactivo funciona a pH entre 7 y 8, cumpliendo además el rango permitido para descargas de efluentes a Esval.
- e. Estanque de almacenamiento de NaOH: Este estanque de 200 litros de capacidad, como el nombre lo indica, almacena la solución de hidróxido de sodio que se adiciona de concentración de 125 g/l.
- f. Estanque de adición de $Al_2(SO_4)_3$ (Sulfato de Aluminio): En este equipo se adiciona Sulfato de Aluminio como coagulante, formando partículas de mayor tamaño, lo que permite facilitar el proceso de floculación. El pH de este reactivo es de 2, por lo que es necesario agregar Hidróxido de Sodio por lo explicado en la letra d.
- g. Estanque de almacenamiento de $Al_2(SO_4)_3$: Este estanque, de 200 litros de capacidad, almacena el sulfato de aluminio que se agrega para la coagulación con una concentración de entre 45-50% en peso.

- h. Estanque de almacenamiento de polímeros: Almacena el polímero de clase Poliacilamida Aniónica, que sirve para la floculación del ril, dejando en el fondo los lodos que pasan luego al filtro.
- i. Sedimentador de placas: En este equipo se agrega el floculante a fin que las partículas más pesadas que el agua, que se encuentran en suspensión, decanten como pre-tratamiento antes de ingresarla al filtro. Por aplicación de la ley de Stokes y la ecuación de movimiento, se determina el tamaño de partícula necesario para su extracción del agua. Este sedimentador tiene un agitador para que el floculante actúe en todo el ril, aumentando así la capacidad de sedimentar los lodos. En la tabla 4.3 se indican las medidas del sedimentador.

	Medida [m]
Alto	3,3
Largo	2,6
Ancho	1,23
Alto 1° parte	0,95
Alto 2° parte	0,95

Tabla 4.3: Medidas del sedimentador

- j. Filtro prensa: Este filtro retira el agua de los sólidos que sedimentaron en el equipo anterior. El filtro utilizado es el U.S.Filter JWI modelo 470G25-30-4MYLW, con una presión máxima de entrada de 7 bar y volumen de 0.11 m³. Tiene 30 cámaras de 0.003 m³ cada una. El agua obtenida en esta etapa retorna a las cámaras 2A y 2B para reprocesarla, en caso que hayan quedado sólidos, mientras que el sólido se dispone, debiendo contratar una empresa externa para su retiro. En la tabla 4.4 se indican las medidas del filtro.

	Medida [m]
Alto	0,8
Largo	2,64
Ancho	1,15

Tabla 4.4: Medidas del filtro prensa

- A Separador
- B Camara 2A
- C Camara 2B
- D Estanque de adición de NaOH
- E Estanque de almacenamiento de NaOH
- F Estanque de adición de Sulfato de Aluminio
- G Estanque de almacenamiento de Sulfato de Aluminio
- H Estanque de almacenamiento de polímero
- I Decantador
- J Filtro Prensa

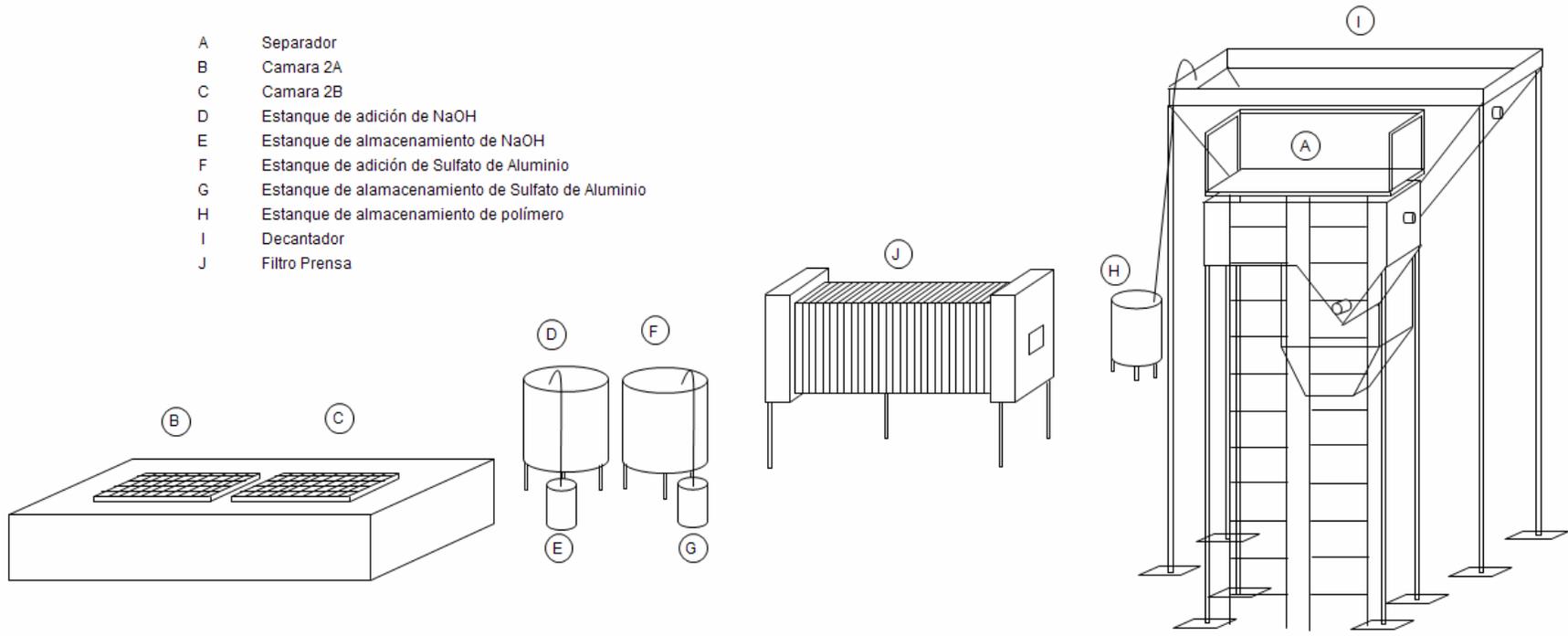


Figura 4.4: Diagrama Planta de Tratamiento de Riles Tricolor S.A.

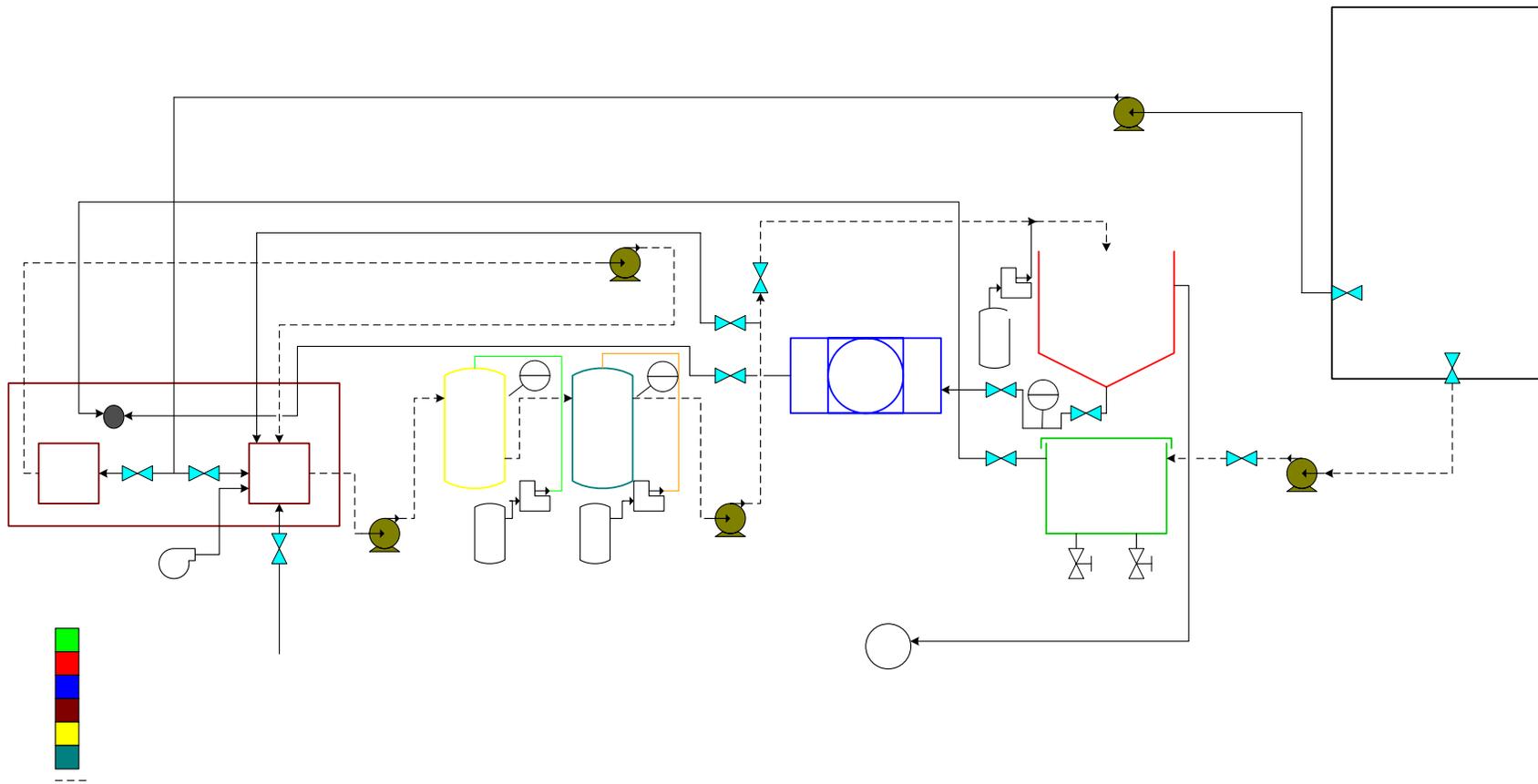


Figura 4.5: Diagrama de planta de tratamientos con corrientes.

B 2

ACI
04

ACI
05

NaOH

$A_2(SC_4)_3$

Entrada Cámara 2A

2 A

2 B

Se destaca en la figura 4.5 que el ril proveniente del área de lavado de pailas se dirige al separador por medio de la bomba B1. Por la válvula delantera del separador fluye el solvente y por la lateral se dirige el ril hacia la cámara 2A, la que a través de la bomba B2 se dirige hacia la cámara 2B. Con la bomba B8 se extrae el solvente de las cámaras mencionadas. Por su parte, de las cámaras, la bomba B3 dirige el ril al estanque de adición de hidróxido de sodio, y posteriormente al estanque de adición de sulfato de aluminio, aditivos que se agregan por medio de controladores de pH que van calculando la cantidad de aditivo necesario para llegar al pH deseado. Utilizando la bomba B6, el ril es derivado al sedimentador de placas, donde se adiciona el floculante empleando la bomba B7 con switch on-off, correspondiendo al trabajador determinar la cantidad de floculante a agregar. Finalmente, el agua libre de sólidos, proveniente del decantador, se dirige, por gravedad, a la cámara de la empresa sanitaria Esval, mientras que los lodos que se forman en el sedimentador son dirigidos, también por gravedad, al filtro prensa, que extrae el agua de los lodos, la que es dirigida a la cámara 2A y los lodos secos son dispuestos como residuos no peligrosos.

Capítulo 5:
Propuesta para la
Disminución de Generación
de Riles.

5. Disminución Generación de Riles en Planta Tricolor S.A.

5.1 Plan postulado de disminución de generación de Riles

Se pretende disminuir la generación de riles reutilizando éstos como materias primas en la producción de pinturas ingresándolos en la etapa de terminación del producto.

La figura 5.1 muestra el plan postulado para disminuir la generación de riles de planta Tricolor S.A.. Según lo explicado en el sub capítulo 4.1, la división básica de los riles es en: solvente, solvente/agua de pailas, solvente/agua de estanques, agua y borras. Como se indicara, hay un desperdicio de materias primas y un gasto innecesario por disposición, por lo que la solución que se postula, es la reutilización de estos desechos como material en la producción de pinturas. Las condiciones fundamentales para la aplicación del postulado son:

- ❑ Los riles se utilizarán en procesos de pinturas que no requieran productos de alta calidad como materias primas, sin alterar la calidad del producto final. Estos tipos de productos son los anticorrosivos, los óleos y los látex.
- ❑ En el caso de riles a base solvente, se utilizará únicamente riles de Varsol (Aguarrás) para la producción de pinturas, materia prima de los óleos y anticorrosivos.
- ❑ Separar en colores los riles, en riles base agua y base solvente y a su vez en riles de pinturas blancas y pinturas de color, para así determinar el tipo de pintura a emplear como materia prima.

Al igual que en capítulo 4, se dividirá en 5 los riles obtenidos, riles base agua, agua/solvente pailas, agua/solvente estanques, base solvente y borras.

- Ril base agua: Este ril proveniente del lavado de líneas o de estanques de las plantas será dividido según el color. En blancos perfectos (códigos 100 interno de Tricolor S.A.) bases blancas y en colores. Estos blancos retornarán a la producción de látex y los colores seguirán su rumbo hacia la planta de tratamiento.

- Ril base agua/solvente pailas: En este caso también se requiere una división entre los riles base agua y solvente. Los base agua se dividirán en blancos y colores, siendo los blancos reutilizados como materias primas y los colores base agua junto con los base solvente fluyen a la planta de tratamiento de riles.
- Borrás: Estas seguirán el rumbo inicial hacia la bodega de residuos peligrosos.
- Ril base agua/solvente estanques: Al igual que en el ril base agua/solvente se utilizará únicamente las bases agua blanca.
- Ril solvente puro: De este ril se ocupará tanto las bases blancas como las de colores, las cuales serán utilizadas como materias primas en la producción de anticorrosivos y óleos opacos. Sólo se recuperará el solvente por lavado de líneas de pinturas base varsol.

Las divisiones de colores y de clases de solventes, se realizarán al momento de descargar las líneas de lavado, y serán almacenados en estanques que, a través de cañerías, conducirán los riles, una vez que se haya almacenado suficiente cantidad, debiendo cumplir exactamente las condiciones recién mencionadas, a fin de no afectar el producto ni su calidad.

De acuerdo a la producción anual de la empresa, indicada en la tabla 5.1, se deberá realizar el primer sub proyecto sobre la base de agua blanca, por cuanto es la más producida, la que más solicita materia prima y la que más produce riles.

<i>Óleo opáco</i>	<i>Anticorrosivos</i>	<i>Látex</i>	
		<i>Blanco</i>	<i>Color</i>
342 gal/día	940 gal/día	1.679 gal/día	1.456 gal/día

Tabla 5.1: Producción año 2008 de óleos opacos, anticorrosivos y látex en Pinturas Tricolor S.A. ³

³ Datos obtenidos de base de datos Tricolor S.A.

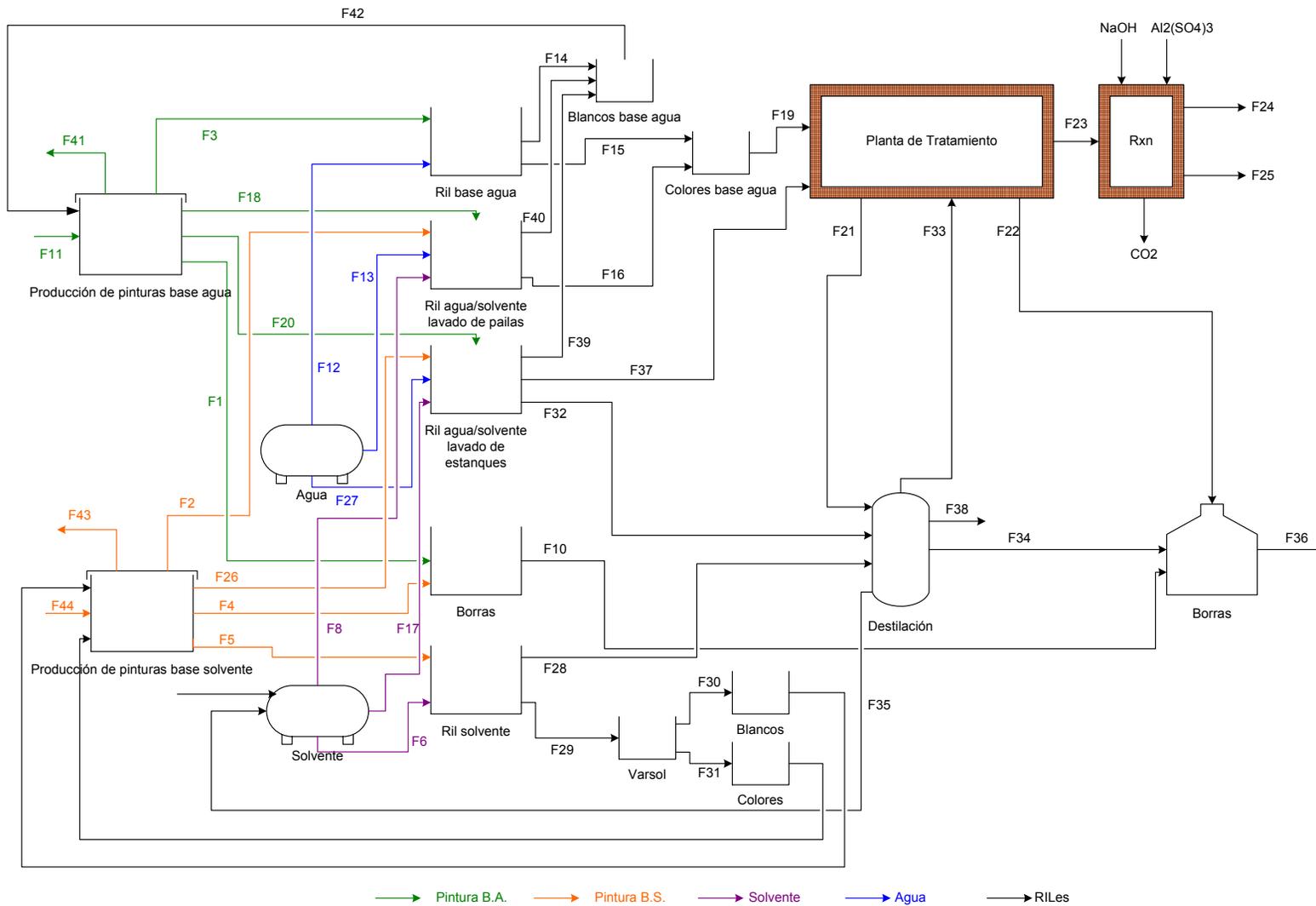


Figura 5.1: Esquema de postulado de reutilización de Riles

Capítulo 6: Caracterización de Riles.

6. Caracterización de Riles

Se determinó, mediante un breve análisis de grado de libertad, los datos necesarios para que el balance de masa actual quedara correctamente dimensionado. Mediante este método y los datos posibles de obtener tanto de planta como de base de datos de la empresa, se determinó que las composiciones de las corrientes necesarias para el balance eran las corrientes F4, F10, F13, F*, F19, F21, F22, F23, F24, F27, F28, F29, F32 y F34, indicadas en el esquema 5.1.

La corriente denominada F* corresponde a la suma de las corrientes F3, F5, F9 y F26. Se utilizó la corriente F* debido a que facilita la toma de muestras, ya que estas corrientes se reciben mezcladas.

El objetivo de realizar esta caracterización es determinar las composiciones y flujos de los residuos no peligrosos y peligrosos, para conocer en cuanto disminuyen estos flujos con las propuestas postuladas y determinar los ahorros implicados con esta disminución, a fin de realizar posteriormente el análisis económico.

6.1 Caracterización de sólidos

Para esta caracterización se procedió a separar los sólidos mediante filtración para lo cual se dejó filtrando, con doble papel filtro de 100 por 24 horas, la muestra pesada con anterioridad. Las muestras que en ese tiempo no había filtrado completamente, se dejó por otras 24 horas, hasta que el líquido descendiera hacia los envases receptores. Una vez terminada esta parte, se procedió a secar en estufa, a 80°C por 3 horas, los filtros con los sólidos, para eliminar rastros de líquido que hubieran quedado, pesando los papeles antes de introducir el líquido y después de secado. La diferencia de estas masas indica la cantidad de sólidos presente.

$$\% \text{ másculo sólido} = \frac{\text{MASA sólido seco}}{\text{MASA muestra}} \cdot 100$$

6.2 Caracterización de líquidos

Con esta finalidad, para las muestras que presentaron solvente y agua, se siguió el siguiente procedimiento:

1. Filtrar las muestras para recuperar los sólidos.
2. Calentar una masa conocida de muestra hasta observar la primera burbuja.
3. Se continúa calentando a esa temperatura constante, cuidando de no sobrepasar los 100°C, a fin de evitar evaporar agua pura, ya que debido a ser una mezcla inmiscible, el punto de ebullición de la mezcla será menor que los puntos de ebullición del varsol y el agua pura. Cuando sobrepasa los 100°C, significa que todo el varsol presente en la muestra se evaporó.
4. Enfriar mediante un equipo enfriador, el vapor hasta condensarlo. Se pesa la cantidad de líquido obtenido.

Con la temperatura a la que se observa la primera burbuja, se determina la presión de vapor del agua mediante la ecuación de Antoine.

$$\text{Log}(P^s) = A - \frac{B}{T + C}$$

Donde

Ps= Presión de saturación [mmHg]

Siendo las constantes del agua para temperaturas mayores de 60°C ⁴:

A=7,96681

B=1668,1

C=228

T=Temperatura de ebullición de la mezcla °C

Se utilizó la ley de presiones parciales

⁴ Datos obtenidos del libro Procesos Elementales de los procesos químicos, Segunda Edición, Richard M. Felder, Ronald W. Rousseau, 1991, Pagina 254

$$P_p = P \cdot Y_i$$

Donde

P_p = presión parcial del compuesto [mmHg]

P = presión total [mmHg]

Y_i = fracción de vapor

Por otra parte, la ecuación de Dalton sobre las presiones parciales postula que:

$$\sum_{i=1}^n P_{p_i} = P$$

A su vez, la ley de Raoult postula que

$$P_{p_i} = P \cdot Y_i = P^s_i \cdot X_i$$

Donde

X_i = fracción de líquido

Fusionando la ecuación de Dalton con la ley de Raoult, se obtiene:

$$\sum_{i=1}^n P^s_i \cdot X_i = P$$

Finalmente:

$$X_{\text{varsol}} \cdot P^s_{\text{varsol}} + X_{\text{agua}} \cdot P^s_{\text{agua}} = P$$

Siendo una mezcla inmisible, las composiciones del líquido en cada fase es 1, por lo que finalmente se llega a la siguiente ecuación.

$$P^s_{\text{varsol}} + P^s_{\text{agua}} = P$$

Así, con la presión de saturación del agua obtenida antes, se determina la presión de saturación efectiva del varsol, dado que la presión a la que se realizó la experiencia fue a condición ambiente, o sea, a presión de 1 atmósfera.

Posteriormente, con las presiones parciales, se igualan las presiones y se obtiene

$$\frac{P^v_{\text{agua}}}{P^v_{\text{varsol}}} = \frac{y_{\text{agua}}}{y_{\text{varsol}}} = \frac{n_{\text{agua}}}{n_{\text{varsol}}}$$

Donde:

n= moles

PM= peso molecular

M=masa

Además, se sabe que:

$$n = \frac{m}{PM}$$

Por lo que se deduce:

$$y_{\text{agua}*} = \frac{PM_{\text{agua}}}{PM_{\text{agua}} + \frac{P^v_{\text{varsol}}}{P^v_{\text{agua}}} \cdot PM_{\text{varsol}}}$$

$$y_{\text{varsol}*} = 1 - y_{\text{agua}*}$$

Una vez obtenida estas composiciones del vapor, se determinan las composiciones de la mezcla ya que todo el varsol presente se evaporó y se encuentra en el vapor recuperado.

$$x_{\text{varsol}} = \frac{\text{masa vapor recuperado} \cdot y_{\text{varsol}}}{\text{masa muestra inicial}}$$

Determinadas estas composiciones, se obtienen los porcentajes máxicos de la mezcla líquida, sin considerar el sólido antes extraído, por lo que es necesario hacer una relación entre esos porcentajes y el porcentaje real.

$$\frac{x_{\text{agua}*}}{1} = \frac{x_{\text{agua}}}{(1 - x_{\text{sólido}})}$$

$$\frac{X_{\text{organo}}}{1} = \frac{X_{\text{organo}}}{(1 - X_{\text{sólido}})}$$

Con esto se obtuvo la caracterización de los riles. En el caso de las muestras difíciles de filtrar, tal como las muestras muy sólidas, se realizó filtrados a vacío, para así facilitar la separación del sólido. El secado y determinación de la composición fue la misma que la especificada anteriormente.

Para las corrientes de pinturas base agua y base solvente, se determinaron las composiciones de agua o solvente con datos obtenidos de los laboratorios de Control de Calidad.

- ❑ Composición de agua en pinturas líquidas base agua = 60% (Porcentaje másico)
- ❑ Densidad promedio de pinturas base agua = 5 kg/gal
- ❑ Composición de solvente en pinturas líquidas base Solvente= 60% (Porcentaje másico)
- ❑ Densidad promedio de pinturas base solvente= 3.95 kg/gal

Capítulo 7: Balances.

7. Balance de Masa de Planta de Tratamiento de Riles

7.1 Datos para realización de Balance de Masa

Según la recopilación de datos de producción de Tricolor para el año 2008, indicados en la tabla 7.1, sobre la base de la producción total, el 63% de toda la producción son de pinturas base agua, mientras que de este porcentaje, el 69% son pinturas blancas. En el caso de las pinturas base solvente, el 24% son blancas. En conclusión, las pinturas blancas base agua son las que se fabrican mayoritariamente, por ende, son las que producen más riles.

Base	Colores	%	% según base
Pinturas base solvente	Blancas	9%	24%
	Colores	28%	76%
Pinturas base Agua	Blancas	43%	69%
	Colores	20%	31%

Tabla 7.1: Producción año 2008 Pinturas Tricolor S.A.⁵

Los datos utilizados en el balance de masa se obtuvieron de planillas existentes, de datos históricos y de datos obtenidos con la implementación de nuevas planillas especiales para este proyecto.

Para determinar los flujos de riles base agua del balance de masa del proyecto se emplearon los datos de la tabla 7.2. Se consideraron las producciones de pinturas y sus respectivos envasados, dado que los riles base agua provienen de estos dos orígenes.

En el caso de los flujos de riles del lavado de pailas, no existen datos precisos de las producciones de pinturas en paila, por lo que fue necesario asumir que se fabrican en razón a la producción anual estipulada en la tabla 7.2.

	Base Agua		Base Solvente	
	blancas	colores	blancas	colores
kg/día	36971	68734	16206	31460
% peso	24%	45%	11%	20%

Tabla 7.2: Producción año 2008 Pinturas Tricolor S.A. diferenciados según blancos y colores.⁶

⁵ Datos obtenidos de base de datos Tricolor S.A.

⁶ Datos obtenidos de base de datos Tricolor S.A.

Los datos de la tabla 7.3 se utilizaron para determinar la producción de riles solvente, tanto blanco como color, de base varsol y no varsol.

<i>Otros</i>		<i>Varsol</i>		<i>Unidades</i>
Blanco	Color	Blanco	Color	
22.547	316.525	404.690	1.031.651	gal/año
71	999	1.277	3.254	gal/día

Tabla 7.3: Producción año 2008 Pinturas Tricolor S.A. diferenciados según tipo de solvente⁷

Para determinar las corrientes de riles de lavado de estanques, se utilizó, únicamente, la producción en las plantas de fabricación de pinturas en que se efectúen lavados de estanques. Dichos flujos están contemplados en la tabla 7.4.

	<i>Base Agua</i>		<i>Base Solvente</i>	
	<i>blancas</i>	<i>colores</i>	<i>blancas</i>	<i>colores</i>
kg/día	17324	11087	7353	12912
%peso	36%	23%	15%	26%

Tabla 7.4: Producción en estanques año 2008 Pinturas Tricolor S.A.⁸

Se consideraron las siguientes densidades en caso de cambio de unidades de flujo volumétricos a másicos:

Agua	1 kg/l
Ril base agua	1 kg/l
Pintura base agua	1,32 kg/l
Pintura base solvente	1,04 kg/l
Ril base solvente	0,8 kg/l
Solución Al ₂ (SO ₄) ₃	1 kg/l
Solución NaOH	2,1 kg/l

⁷ Datos obtenidos de base de datos Tricolor S.A.

⁸ Datos obtenidos de base de datos Tricolor S.A.

7.2 Balance de Masa

7.2.1 Balance de Masa Actual

Para la realización del balance de masa actual de los riles de la empresa, se utilizaron los datos de las corrientes nombradas en el capítulo 6, a las cuales se le efectuó la caracterización de sólidos, solvente y agua, que serán recapituladas en la tabla 7.5.

	kg/día	agua	solido	solvente
F 2	403			
F 3	51			
F 4	4.245	99,30%	0,70%	0,00%
F 10	1.064	98,99%	1,01%	0,00%
F 13	9	27,57%	60,00%	12,43%
F 14	550			
F *	1.108	72,21%	22,45%	5,34%
F 19	113	7,86%	1,86%	90,28%
F 21	291	99,38%	0,00%	0,62%
F 22		94,15%	0,47%	5,38%
F 23		75,06%	22,88%	2,06%
F 24		98,92%	0,14%	0,94%
F 25	803			
F 27	242	7,00%	86,00%	7,00%
F 28	501	3,25%	0,07%	96,68%
F 29	263	33,33%	33,33%	33,33%
F 32	64.023	40,00%	60,00%	0,00%
F 34	27.747	0,00%	60,00%	40,00%

Tabla 7.5: Corrientes y caracterización reales obtenidas para balance de masa

Sobre la base de estos datos, se obtienen primeramente las corrientes y composiciones de sólidos, agua y solvente de las corrientes F11, F12, F15, F20 y F22. Posteriormente, se determinó el resto de las corrientes. Para obtener resultados concretos se consideraron los siguientes supuestos:

1. En el caso de la determinación de la composición del flujo F11, se consideró que el agua proveniente de las corrientes de pinturas y del solvente es despreciable en consideración al gran flujo de agua que se agrega de lavado.

2. Las pérdidas en la destilación se consideraron de igual porcentaje másico de los 3 compuestos, solvente, sólido y agua, ya que no es posible determinar las pérdidas de cada uno con los datos a esta fecha.
3. Dado que el contenido de sólidos, que se encuentran en el ril, es menor que la cantidad de agua, se consideró que la densidad no varía, por lo que se consideró que la densidad del ril acuoso es la misma que la del agua.

Las corrientes se observan en la figura 7.1.

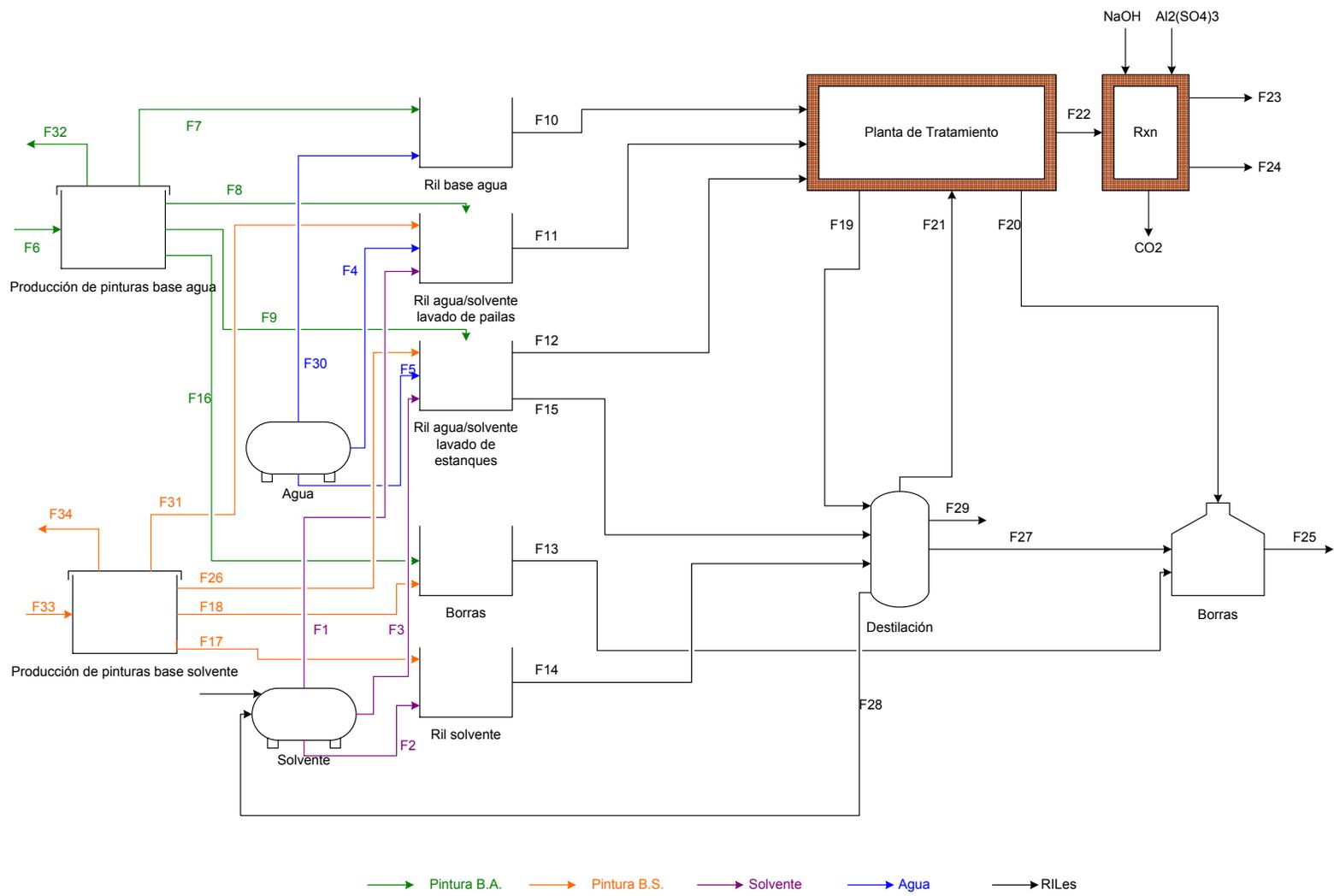


Figura 7.1: Diagrama de orígenes y destino de Riles.

Balance al recolector de borras

Balance Global

$$F_{20} = F_{25} - F_{27} - F_{13}$$

Balance al agua:

$$x_{a,25} \cdot F_{25} = x_{a,20} \cdot F_{20} + x_{a,27} \cdot F_{27} + x_{a,13} \cdot F_{13}$$

Balance a los sólidos:

$$x_{s,25} \cdot F_{25} = x_{s,20} \cdot F_{20} + x_{s,27} \cdot F_{27} + x_{s,13} \cdot F_{13}$$

Siendo:

Subíndice a: agua

Subíndice s: sólido

Subíndice x: solvente

Balance a ril base solvente

Balance al agua

$$F_{14} \cdot x_{a,14} = F_{17} \cdot x_{a,17} + F_2 \cdot x_{a,2}$$

Balance al sólido

$$F_{14} \cdot x_{s,14} = F_{17} \cdot x_{s,17} + F_2 \cdot x_{s,2}$$

Balance al destilador

Balance Global

$$F_{18} = F_{21} + F_{29} + F_{27} + F_{28} - F_{19} - F_{14}$$

Balance al agua:

$$x_{a,18} \cdot F_{18} = x_{a,21} \cdot F_{21} + x_{a,29} \cdot F_{29} + x_{a,27} \cdot F_{27} + x_{a,28} \cdot F_{28} - x_{a,19} \cdot F_{19} - x_{a,14} \cdot F_{14}$$

Balance a los sólidos:

$$x_{s,18} \cdot F_{18} = x_{s,21} \cdot F_{21} + x_{s,29} \cdot F_{29} + x_{s,27} \cdot F_{27} + x_{s,28} \cdot F_{28} - x_{s,19} \cdot F_{19} - x_{s,14} \cdot F_{14}$$

Balance a F^*

Balance Global

$$F_{12} = F^* - F_{18}$$

Balance al agua:

$$x_{a12} \cdot F_{12} = x_{a5} \cdot F^* - x_{a18} \cdot F_{18}$$

Balance a los sólidos:

$$x_{s12} \cdot F_{12} = x_{s5} \cdot F^* - x_{s18} \cdot F_{18}$$

Balance a Planta de Tratamiento previo a agregar Hidróxido de Sodio y Sulfato de Aluminio

Balance Global

$$F_{11} = F_{22} + F_{20} + F_{19} - F_{21} - F_{12} - F_{10}$$

Balance al agua:

$$x_{a11} \cdot F_{11} = x_{a22} \cdot F_{22} + x_{a20} \cdot F_{20} + x_{a19} \cdot F_{19} - x_{a21} \cdot F_{21} - x_{a12} \cdot F_{12} - x_{a10} \cdot F_{10}$$

Balance a los sólidos:

$$x_{s11} \cdot F_{11} = x_{s22} \cdot F_{22} + x_{s20} \cdot F_{20} + x_{s19} \cdot F_{19} - x_{s21} \cdot F_{21} - x_{s12} \cdot F_{12} - x_{s10} \cdot F_{10}$$

Balance a desechos de borras

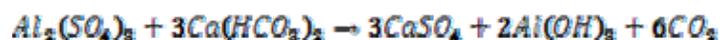
Balance Global

$$F_{16} + F_{18} = F_{19}$$

Balance al agua:

$$x_{a16} \cdot F_{16} + x_{a18} \cdot F_{18} = x_{a19} \cdot F_{19}$$

Se ha realizado, hasta esta etapa del trabajo, un balance de masa sin reacción, sin embargo, en la planta de tratamiento de riles, tal como fue explicado antes, se agrega sulfato de aluminio e hidróxido de sodio, provocando dos reacciones:





El sulfato de aluminio reacciona en el proceso de coagulación con la dureza temporal del agua ($Ca(HCO_3)_2$). Con estas reacciones y determinando la dureza temporal del agua, para así saber la composición de bicarbonato de calcio presente en la corriente, se determinó las cantidades de reactivos que reaccionan y que cantidad de éstos se transforman en dióxido de carbono, así como lo que no reacciona y queda como sólido. Con lo anterior se estableció F23 y F24. De acuerdo al fundamento teórico de la Ley de Conservación de la Materia, la masa, a la salida de la planta de tratamiento, es igual a la masa que ingresa, por lo tanto, al no existir cambio de estado en los compuestos de la reacción, la masa que ingresa de hidróxido de sodio en estado sólido más la que no reacciona de sulfato de aluminio, es la misma que sale en forma de productos. Esto mismo sucede en el caso del polímero.

$$x_{a22} \cdot F_{22} + \text{agua agregada} = x_{a23} \cdot F_{23} + x_{a24} \cdot F_{24}$$

$$F_{22} + \text{masa adicionada} - CO_2 \text{ producido} = F_{23} + F_{24}$$

Balance a ril base agua

Balance al sólido

$$F_{19} \cdot x_{s19} = F_7 \cdot x_{s7} + F_{39} \cdot x_{s39}$$

Balance al agua

$$F_{19} \cdot x_{a19} = F_7 \cdot x_{a7} + F_{39} \cdot x_{a39}$$

En el caso de las corrientes F6, F7, F8, F9, F16 y F32, las composiciones son iguales, ya que todas provienen de la producción de pinturas base agua. En el caso de F6 y F32, la primera es la cantidad que se ha producido de esta pintura, mientras que la segunda es la cantidad de pintura que realmente se envasa.

Con las corrientes F17, F18, F26, F31, F33 y F34 sucede lo mismo, ya que son todas corrientes provenientes de la producción de pinturas base solvente.

$$x_{a6} = x_{a32} = x_{a39}$$

Balance a ril agua/solvente lavado de pailas

Balance Global

$$F_{11} = F_1 + F_4 + F_8 + F_{31}$$

Balance Agua

$$F_{11} \cdot X_{a11} = F_1 \cdot X_{a1} + F_4 \cdot X_{a4} + F_8 \cdot X_{a8} + F_{31} \cdot X_{a31}$$

Balance solvente

$$F_{11} \cdot X_{s11} = F_1 \cdot X_{s1} + F_4 \cdot X_{s4} + F_8 \cdot X_{s8} + F_{31} \cdot X_{s31}$$

Balance a ril agua/solvente lavado de estanques

Balance Global

$$F_{12} + F_{13} = F_2 + F_3 + F_9 + F_{26}$$

Balance al agua

$$F_{12} \cdot X_{a12} + F_{13} \cdot X_{a13} = F_2 \cdot X_{a2} + F_3 \cdot X_{a3} + F_9 \cdot X_{a9} + F_{26} \cdot X_{a26}$$

Balance al solvente

$$F_{12} \cdot X_{s12} + F_{13} \cdot X_{s13} = F_2 \cdot X_{s2} + F_3 \cdot X_{s3} + F_9 \cdot X_{s9} + F_{26} \cdot X_{s26}$$

Finalmente, se determinan las entradas de las producciones de pinturas. En el caso de las pinturas base agua, se conoce el envasado final que se obtiene (F32), por lo que la corriente de entrada F6, se determina sumando las salidas

Balance a producción de pinturas base agua

Balance Global

$$F_6 = F_7 + F_8 + F_9 + F_{16} + F_{32}$$

Balance a producción de pinturas base solvente

Balance Global

$$F_{33} = F_{17} + F_{18} + F_{26} + F_{31} + F_{34}$$

En la tabla 7.6 se observan los flujos y composiciones obtenidas con el balance de masa realizado y la resolución de las ecuaciones utilizadas están descritas en el anexo A.

	kg/día	agua	solido	solvente
F 1	328	3,25%	0,07%	96,68%
F 2	403	3,25%	0,07%	96,68%
F 3	51	3,25%	0,07%	96,68%
F 4	4.245	99,30%	0,70%	0,00%
F 5	650	99,30%	0,70%	0,00%
F 6	64.466	40,00%	60,00%	0,00%
F 7	6	40,00%	60,00%	0,00%
F 8	48	40,00%	60,00%	0,00%
F 9	383	40,00%	60,00%	0,00%
F 10	1.064	98,99%	1,01%	0,00%
F 11	5.037	84,27%	6,13%	9,60%
F 12	474	86,97%	9,09%	3,94%
F 13	9	27,57%	60,00%	12,43%
F 14	550	2,38%	16,07%	81,55%
F 15	634	61,19%	32,43%	6,39%
F 16	6	40,00%	60,00%	0,00%
F 17	147	0,00%	60,00%	40,00%
F 18	3	0,00%	60,00%	40,00%
F *	1.108	72,21%	22,45%	5,34%
F 19	113	7,86%	1,86%	90,28%
F 20	552	27,57%	60,00%	12,43%
F 21	291	99,38%	0,00%	0,62%
F 22	6.201	94,15%	0,47%	5,38%
F 23	1.869	75,06%	22,88%	2,06%
F 24	4.798	98,92%	0,14%	0,94%
F 25	803	21,37%	67,84%	10,79%
F 26	24	0,00%	60,00%	40,00%
F 27	242	7,00%	86,00%	7,00%
F 28	501	3,25%	0,07%	96,68%
F 29	263	33,33%	33,33%	33,33%
F 30	1.059	99,30%	0,70%	0,00%
F 31	417	0,00%	60,00%	40,00%
F 32	64.023	40,00%	60,00%	0,00%
F 33	28.337	0,00%	60,00%	40,00%
F 34	27.747	0,00%	60,00%	40,00%

Tabla 7.6: Flujos y composiciones del balance de masa

7.2.2 Balance de Masa Proyecto

La finalidad de la realización de este balance es la determinación de capacidad de los equipos necesarios para la implementación del proyecto y, además, obtener resultados de las disminuciones de residuos peligrosos y no peligrosos, a fin de concluir los ahorros perseguidos por este proyecto y relevantes para la posterior evaluación económica.

Se determinaron los riles blancos y riles de colores de los flujos de lavado de las cinco fuentes de origen nombradas en el capítulo 4, utilizando los datos de producción indicados en este mismo capítulo, sin tener necesidad de evaluar las composiciones.

Los datos obtenidos de este balance de masa se observan en la tabla 7.7, mientras que las ecuaciones y razones utilizadas en la realización del balance de masa del proyecto postulado, se encuentran estipulas en el anexo B.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15
Flujo (kg/día)	6	417	6	3	147	403	28.337	328	27.747	9	62.771	1.059	4.245	372	692
	F16	F17	F18	F19	F20	F21	F22	F23	F24	F25	F26	F27	F28	F29	F30
Flujo (kg/día)	3.823	51	48	4.515	383	113	400	4.498	1.355	3.480	24	650	105	445	125
	F31	F32	F33	F34	F35	F36	F37	F38	F39	F40	F41	F42	F43	F44	
Flujo (kg/día)	320	634	191	159	329	568	305	173	169	1.214	64.023	1.755	27.747	27.892	

Tabla 7.7: Flujos del balance de masa del proyecto

Capítulo 8: Implementación.

8. Implementación del proyecto

Para la implementación de este proyecto es necesario establecer donde se debe ejecutar. Con esta finalidad se debe conocer las plantas en que se producen las pinturas a las cuales se les ingresará el ril como materia prima. En el caso de los látex, la planta que los produce mayoritariamente, es la planta 2, por lo que en ella se debe implementar la parte del proyecto correspondiente al ril base agua blanco.

La producción de óleos opacos se realiza mayoritariamente en la planta 7, por lo que la implementación del proyecto de reutilización del ril solvente blanco, se debe ejecutar en esta planta. A su vez, la producción de anticorrosivos se efectúa en esta misma planta, por lo que se recomienda implementar esta parte del proyecto en un sector específico de ésta.

Todos los sub proyectos obedecen al principio de succionar el ril desde una paila de recepción y almacenarlo hasta que se requiera como materia prima, siendo recirculado por una hora diaria. Este proceso de descarga hacia estanques de almacenamiento se realizará de forma esporádica, durante el día, de manera que el funcionamiento de la bomba no será continuo.

A continuación, para describir brevemente el proceso, se desarrolla el proyecto dependiendo de la planta en que será ejecutado.

8.1 Implementación Planta 2

8.1.1. Información general

En la figura 8.1 se observa un diagrama de la planta 2, en cuyo primer piso se encuentra la parte inferior de los estanques de terminación, con llaves de paso que permiten el retiro de la pintura producida para su posterior envasado. Por estas llaves también fluye el agua de lavado, que se obtiene de los estanques, posteriormente recibidos por pailas, las que una vez llenas de ril de lavado de estanque, de cualquier producción de pintura, son enviadas a la Planta de Tratamiento. En el proyecto se postula que estas pailas (ril lavado de estanque agua/solvente) se reciban según el tipo y color de pintura que se haya producido en ese estanque, separando en blancos base agua u otros, al igual que en el lavado de pailas. Estos blancos base agua serán almacenados por período de tiempo de un día en IBC

(estanques plásticos de 1 m³ de capacidad), para luego ser utilizados como materia prima en los estanques de terminación, ubicados en el segundo piso de la planta como se observa en el diagrama 8.1. Estos riles de lavado ingresarán a los IBC inmediatamente después de lavado el estanque, paila o líneas.

El ril será impulsado hacia los IBC, por una bomba diseñada para succionar un caudal de 350 litros en 5 minutos. En la figura 8.2 se observa un diagrama de los IBC, la bomba y cañerías con las medidas necesarias para el diseño.

La entrada a cada IBC se une por cañerías provenientes de la bomba con igual caudal para cada IBC. Estos deben estar unidos por medio de una cañería por el costado inferior, a fin que el proceso de llenado sea equitativo. Cada IBC está provisto de válvulas en la parte inferior, para el vaciado, además estarán unidos también en la salida, lo que permitirá que se vacíen al mismo tiempo. Por otra parte, éstos se encuentran en altura y con una inclinación de 5°, lo que permite prescindir del uso de bombas para el vaciado.

Se contempla una cañería que permite la recirculación del ril una vez al día por intervalo de una hora, evitando la decantación.

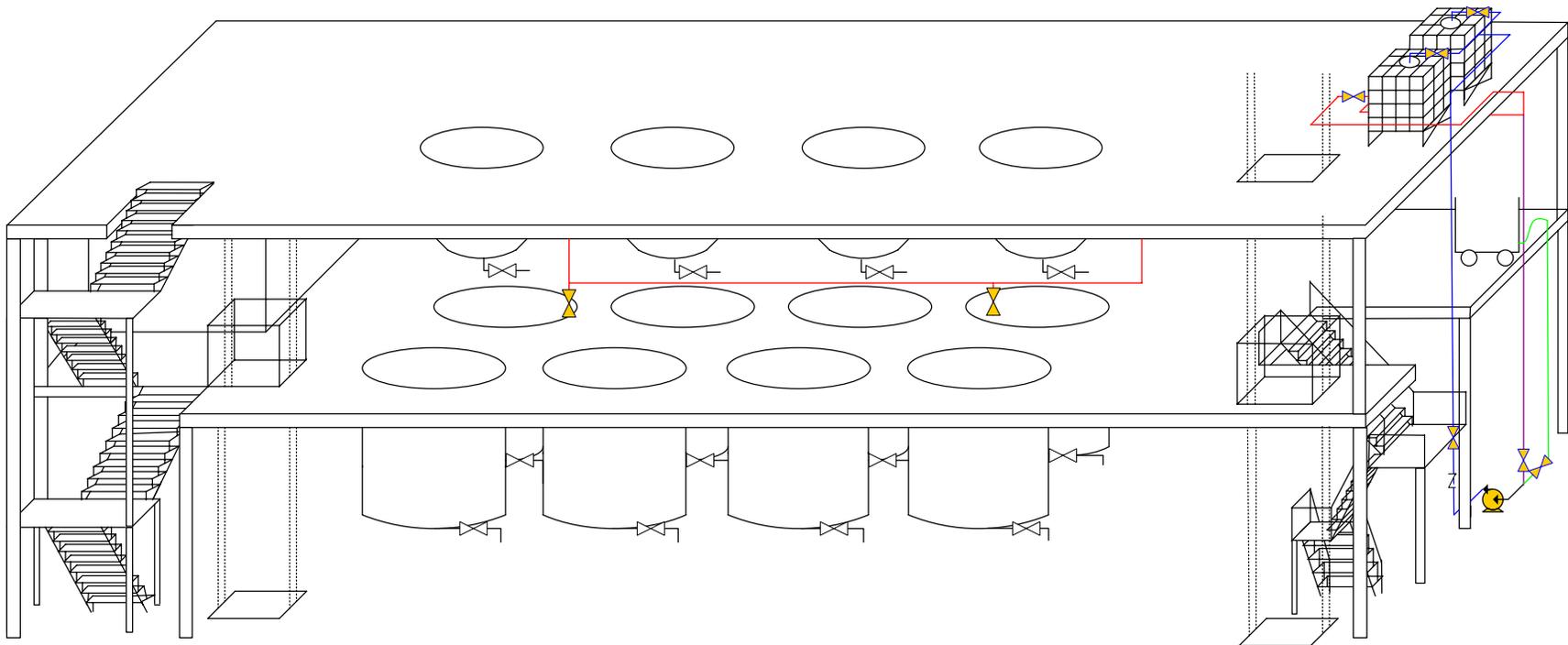
8.1.2 Determinación de equipos

Los equipos que se requieren para la implementación de este proyecto en la planta 2 son descritos en la tabla 8.1:

	Cantidad
IBC	2
Cañerías 1" Sch 40	33,15 m
Cañerías 1 1/2" Sch 80	18 m
Flexible de Øi = 1,5 "	2 m
Codos 90° 1"	17
Válvula de bola 1"	11
Te 1"	3
Unión 1"	1
Codos 90° 1 1/2"	3
Válvula de bola 1 1/2"	2
Te 1 1/2"x1"x1"	1
Te 1 1/2"	1
Unión 1 1/2"	1
Pailas 200 gal.	1
Bomba 1 HP	1

Válvula Check 1" | 1

Tabla 8.1: Equipos a utilizar en proyecto planta 2



..... Línea Montacarga

Figura 8.1: Diagrama de Implementación de proyecto en planta 2

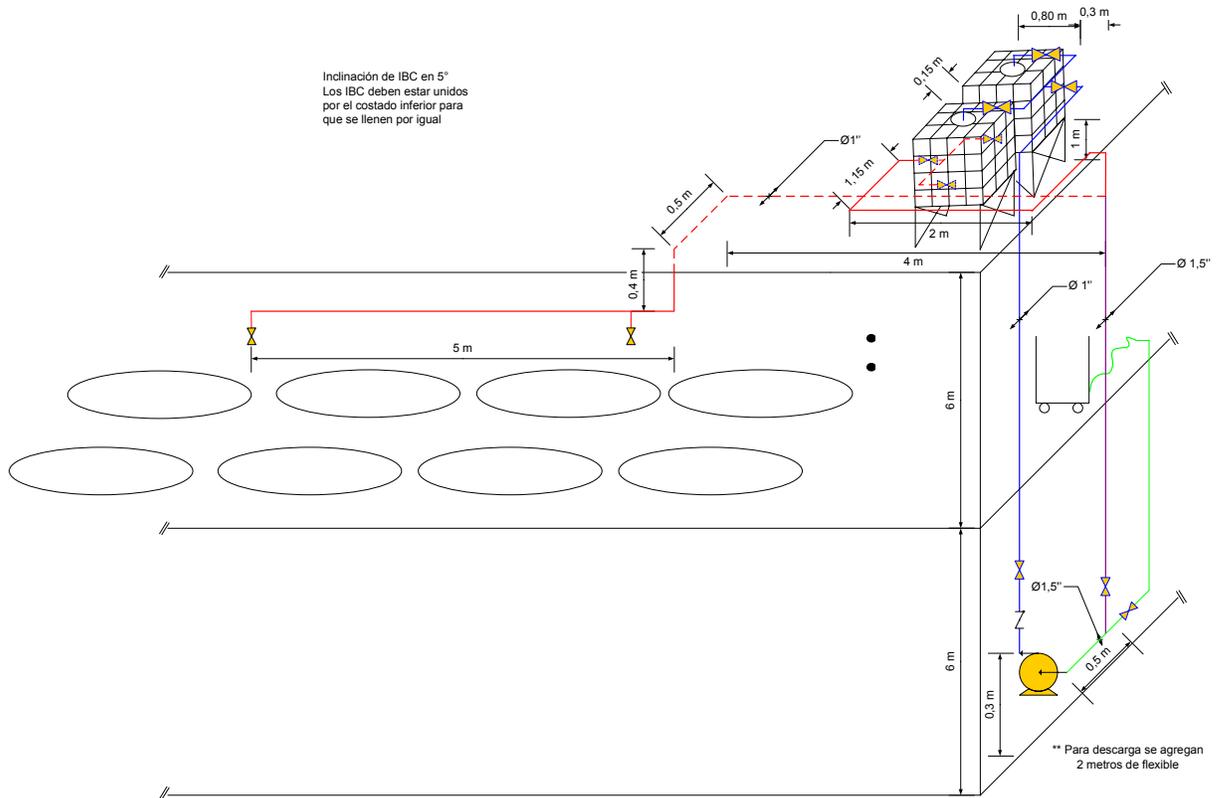


Figura 8.2: Diagrama de Implementación de proyecto en planta 2 detallado

8.1.3. Diseño de equipos

Mediante la determinación del balance de masa del proyecto, realizado en el capítulo 7, se obtiene la cantidad de 1.755 kg/día de ril recuperado de las pinturas base agua blancas, lo que dividido por la densidad, otorga un volumen de 1.755 l/día, por lo que, la recepción y acumulación de este ril, debe ser en un estanque mayor o igual a ese volumen. Por ello se consideró utilizar dos IBC unidos en la entrada y salida, con divisores de flujos de la cañería de descarga en iguales diámetros.

Ciñéndose a lo indicado en Gas Processors Suppliers Association, Engineering Data Book 2004, duodécima edición, página 12-4, figura 12-13, sobre la elección de las bombas, se debe emplear una bomba centrífuga de una etapa, la que está acorde al caudal y a la altura de líquido determinado en este proyecto.

Para el diseño de la bomba, se consideraron las condiciones descritas en la tabla 8.2:

	Caudal	18,52 GPM
	Material Cañerías	Acero Galvanizado
Succión	Densidad ril	62,4 lb/pie ³
	Viscosidad ril	0,0007 lb/pie-s
	Velocidad recomendada	3,5 pie/s
	Longitud Cañería	9 m
	Codos	2 m
Descarga	Válvula	1 de bola
	Unión	1
	Velocidad recomendada	6 pie/s
	Longitud Cañería	14,375 m
	Codos	6 de 90°
	Válvula	4 de bola
		1 check
	Te	1
	Unión	1

Tabla 8.2: Condiciones para el diseño de la bomba del proyecto planta 2

Para el diseño de las cañerías de succión y descarga, se determinó que las más adecuadas son:

Cañería descarga: 1" Sch 40

Diámetro interno: 1,049 pulg (0,0266 m)

Diámetro externo: 1,315 pulg (0,334 m)

Cañería succión: 1 1/2" Sch 80

Diámetro interno: 1,5 pulg. (0,0381 m)

Diámetro externo: 1,9 pulg (0,0482 m)

A fin de considerar el trabajo de la bomba, se estableció las pérdidas por fricción de acuerdo a los fittings determinados:

$$-w = 73,86 \text{ [pie]} \text{ (22,49 m)}$$

Para el cálculo del trabajo de la bomba, se consideró una eficiencia mecánica de la bomba de 0,65

Con esta información se determina la potencia de la bomba con corrección, en atención al cambio de rugosidad en el tiempo:

$$P = 0,627 \text{ [HP]}$$

De acuerdo a la estandarización del motor, se determina que la bomba seleccionada debe ser de 1 HP, con un NPSH de 41 [pie] (12,5 m)

El desarrollo de estos resultados se encuentra detallado en el anexo C.1.

8.2 Implementación Planta 7 Solvente Blanco

8.2.1 Información general

Para la implementación de esta planta, se utilizará un sólo estanque, ubicado en la parte lateral de la planta 7, junto a los estanques de terminación, el que estará conectado a una bomba instalada en la parte exterior de la planta 7, a fin de evitar que se transforme en zona clasificada (zona en la cual se trabaja con un producto peligroso, como es en este caso el varsol). Dicha ubicación se establece en un nivel de medio metro elevado del piso de la planta 7. Se almacenará en IBC el ril base solvente blanco, proveniente del lavado de líneas y que será recibido en pailas hasta el momento de succionarlo y almacenarlo. Posteriormente, este ril se trasladará por medio de pailas al estanque de terminación al que se desee ingresar.

En el diagrama 8.3 se observa la planta en mayor magnitud y la disposición de los estanques de terminación, mientras que en la figura 8.4 se muestra en detalle la implementación del proyecto, con las alturas y equipos necesarios. Además se observan las redes de cañerías, permitiendo determinar los fittings necesarios para la implementación del solvente blanco y del solvente con color descrito en el subcapítulo 8.3. Se representa para la implementación del solvente blanco cañerías en colores verde y amarillo.

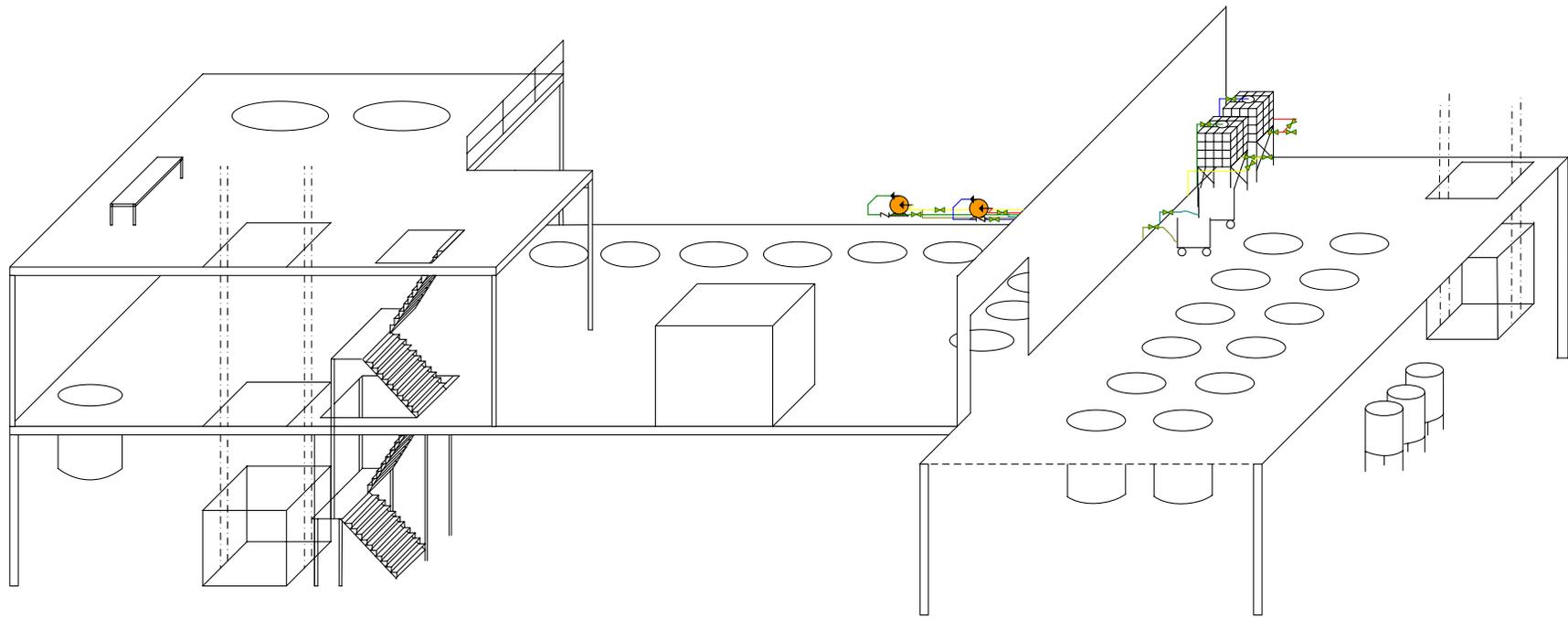


Figura 8.3: Diagrama de Implementación de proyecto en planta 7 Solvente blanco y color

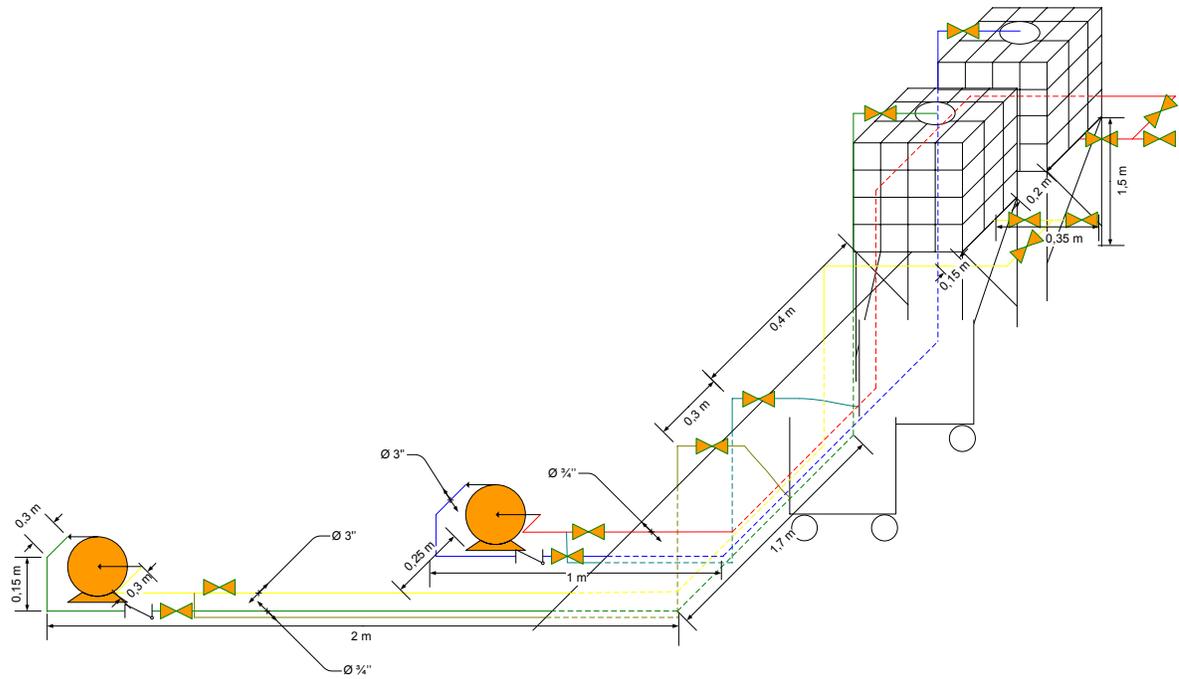


Figura 8.4: Diagrama de Implementación de proyecto en planta 7 solvente blanco y color detallado

8.2.2 Determinación de equipos

Los equipos a utilizar son los resumidos en la tabla 8.3:

	Cantidad
IBC	1
Cañerías 3" Sch 40	15,15 m
Cañerías 3/4" Sch 80	7,65 m
Flexible de $\varnothing i = 3$ "	2 m
Codos 90° 3"	9
Válvula de bola 3"	5
Unión 3"	2
Codos 90° 3/4"	5
Válvula de bola 3/4"	3
Te 3/4"	1
Unión 3/4"	2
Te 3/4"x 3"x 3"	1
Pailas 200 gal.	1
Bomba 0,5 HP	1

Tabla 8.3: Equipos a utilizar en proyecto planta 7 solvente blanco

El diseño de las cañerías será indicado en el punto 8.2.3.

8.2.3 Diseño de equipos

Para la determinación del flujo de ril se consideró el balance que arroja 125 kg/día, lo que dividido por la densidad, otorga un valor de 156 l/día. Por motivo de rapidez, se decidió considerar para el diseño del sistema un flujo de 40 l/min.

Para el diseño de los equipos se utilizaron los datos en la tabla 8.4:

	Caudal	10,57 GPM
	Material Cañerías	Acero Galvanizado
	Densidad ril	50 lb/pie ³
	Viscosidad ril	0,0007 lb/pie-s
Succión	Velocidad recomendada	3,5 pie/s
	Longitud Cañería	3,45 m
	Válvula	2 de bola
	Unión	1
	Codos	3
	Te	1
Descarga	Velocidad recomendada	6 pie/s
	Longitud Cañería	7,65 m
	Codos	5 de 90°
	Válvula	2 de bola
		1 Check
	Unión	1

Tabla 8.4: Condiciones utilizadas para diseño de bombas de proyecto planta 7 solvente blanco

Con la cañería de succión que se estima por medio de cálculos se obtiene una altura neta positiva de succión (NPSH) baja, por lo que se debió determinar una acción que aumentara este. Las acciones posibles a realizar son la de aumentar el nivel del líquido o del estanque de succión, pero es una opción impracticable dado que la succión se realizará desde la paila de acumulación, lo que implicaría el uso de rampas que la elevarían, pero que sería difícil para el operario utilizar. Otra acción es la de reubicar la bomba a inferior nivel, pero dado que se quiere evitar los gastos por zona clasificada (área cerrada en la que se trabaja con solvente), se requiere implementar la bomba en la parte externa de la planta, la que es imposible de bajar. La siguiente acción considerada es la de subenfriar el líquido, pero es inviable dado que la temperatura del líquido es ambiental, por lo que se necesitaría cantidad considerable de fluido de enfriamiento para disminuir su temperatura, fluido que además habría que disponer exclusivamente para esta implementación, lo que implicaría un gasto innecesario. Las acciones restantes son la de implementar una bomba BOOSTER o

reducir las pérdidas por fricción en la succión, desechando la primera por motivos de alto costo de estas bombas en comparación a la bombas tradicionales, por lo que se optó por aumentar el diámetro de succión, dado que se determinó que la cantidad de fittings postulados para la implementación era la menor posible.

Para el diseño de las cañerías de succión y descarga, se determinó que las más adecuadas son:

Cañería succión: 3" Sch 40
Diámetro interno: 2,9 pulg (0,0736 m)
Diámetro externo: 3,5 pulg (0,0889 m)

El diámetro de cañería se eligió debido a que por la poca diferencia de altura, entre la succión y la bomba, resulta una altura neta positiva de succión (NPSH) muy baja, por lo que mediante el aumento del diámetro de succión se logró revertir la situación.

Cañería descarga: 3/4" Sch 40
Diámetro interno: 0,824 pulg (0,021 m)
Diámetro externo: 1,05 pulg (0,027 m)

A fin de considerar el trabajo de la bomba, se estableció las pérdidas por fricción de acuerdo a los fittings determinados:

$$-w = 24,17 \text{ [pie]} (7,36 \text{ m}) \text{ con una eficiencia de } 0,65$$

Lo anterior permite determinar la potencia de la bomba con corrección, considerando al cambio de rugosidad en el tiempo:

$$\text{Potencia} = 0,094 \text{ [HP]}$$

De acuerdo a la estandarización del motor, se determina que la bomba seleccionada, para evitar una mayor inversión en el diseño de una bomba especial de menor potencia, debe ser de 0,5 HP, con un NPSH de 13,17 [pie] (4,02m).

El desarrollo de estos resultados se encuentra detallado en el anexo C.2.

8.3 Implementación Planta 7 Solvente Color

8.3.1 Información general

En la figura 8.4 se muestra el diseño de esta implementación en la planta 7, al lado del estanque de almacenamiento de solvente blanco, ubicando la bomba de succión al lado de la bomba contemplada en el sub proyecto de solvente blanco. Las cañerías para este sub proyecto se presentan en colores rojo y azul. Al igual que el solvente blanco, el ril será recibido en una paila, desde los lavados de líneas, la que al estar con suficiente ril será trasladada al segundo piso de la planta 7. En el área de terminación, este ril será impulsado por una bomba hasta su respectivo IBC, el cual almacenará el ril base solvente color hasta la futura producción de anticorrosivos.

En la etapa de terminación, la incorporación del ril a la producción de anticorrosivos se realizará por medio de una palia que trasladará el solvente de lavado, proceso que contará con un sistema de recirculación para evitar decantación, utilizando la misma bomba empleada para la recolección del ril.

8.3.2 Determinación de equipos

Los equipos a utilizar son básicamente los mismos que los nombrados para el solvente blanco, es decir, una bomba, cañerías, codos, te, uniones, paila y bomba centrífuga, señalados en detalle en la tabla 8.5.

El diseño de las cañerías y de la bomba se observa a continuación en la tabla 8.5.

	Cantidad
IBC	1
Cañerías 3" Sch 40	14,15 m
Cañerías 1" Sch 80	7,65 m
Flexible de Øi = 3 "	2 m
Codos 90° 3"	9
Válvula de bola 3"	5
Unión 3"	2
Codos 90° 3/4"	5
Válvula de bola 3/4"	3
Te 3/4"	1
Unión 3/4"	2
Te 3/4"x 3"x 3"	1
Pailas 200 gal.	1
Bomba 0,5 HP	1

Tabla 8.5: Equipos a utilizar en proyecto planta 7 solvente color

8.3.3 Diseño de equipos

De acuerdo con el balance de masa del proyecto, la cantidad de ril base solvente color que se postula para ser utilizado en la producción de anticorrosivos, es de 320 kg/día, lo que dividido por la densidad, otorga 400 l/día, lo que hace necesario un sólo IBC. Se consideró un máximo de flujo de 40 l/min.

Los datos utilizados son los de la tabla 8.6:

	Caudal	10,58	GPM
	Material Cañerías	Acero Galvanizado	
	Densidad ril	50	lb/pie ³
	Viscosidad ril	0,0007	lb/pie-s
Succión	Velocidad recomendada	3,5	pie/s
	Longitud Cañería	2,45	m
	Válvula	1	de bola
	Codos	3	de 90°
	Te	1	
Descarga	Velocidad recomendada	6	pie/s
	Longitud Cañería	7,6	m
	Codos	5	de 90°
	Válvula	2	de bola
		1	Check
	Unión	1	

Tabla 8.6: Condiciones utilizadas para diseño de bomba de proyecto planta 7 solvente color

Dado que el flujo determinado en los proyectos de la planta 7 solvente blanco y colores es el mismo, las cañerías y bombas establecidas son básicamente las mismas, cambiando únicamente en las pérdidas por fricción de la succión y descarga, debido a las diferencias en la longitud de cañerías utilizadas.

Para el diseño de las cañerías de succión y descarga, se determinó que las más adecuadas son:

Cañería descarga: 3" Sch 40

Diámetro interno: 2,9 pulg (0,0736 m)

Diámetro externo: 3,5 pulg (0,0889 m)

Este diámetro de cañería, se eligió por la misma razón nombrada en el solvente blanco, debido a que la poca diferencia de altura entre la succión y la bomba, otorgaba muy baja altura neta positiva de succión (NPSH).

Cañería descarga: 3/4" Sch 40

Diámetro interno: 0,824 pulg (0,021 m)

Diámetro externo: 1,05 pulg (0,027 m)

A fin de considerar el trabajo de la bomba, se estableció las pérdidas por fricción de acuerdo a los fittings determinados:

$-w = 24,08$ [pie] (7,33 m) con una eficiencia de 0,65

La potencia de la bomba con corrección se determina considerando el cambio de rugosidad en el tiempo:

$$HP = 0,093 \text{ [HP]}$$

De acuerdo a la estandarización del motor, se determina que la bomba seleccionada, para evitar una mayor inversión en el diseño de una bomba especial de menor potencia, debe ser de 0,5 HP, con un NPSH de 13,16 [pie] (4,01 m).

El desarrollo de estos resultados se encuentra detallado en el anexo C.3.

Para todos estos proyectos, se realizó un protocolo que indica las válvulas que se deben abrir y cerrar, además de las acciones necesarias para las diferentes situaciones:

- Recirculación de Ril
- Adición de Ril a estanques
- Adición a estanque de terminación
- Desacople de estanques IBC (en el caso que se encuentren unidos).

Capítulo 9: Análisis Económico.

9. Evaluación Económica de Proyecto

9.1 Evaluación Económica Planta 2

9.1.1 Flujo de Caja Planta 2

Lo primero que se realizó, para el análisis por cada planta, fue la cotización de los equipos considerados para la implementación del proyecto, sobre la base del diseño nombrado en el capítulo 8.

Los equipos postulados y sus valores están determinados en la tabla 9.1.

	Cantidad	Total \$
IBC	2	690.200
Cañerías 1" Sch 40	33,15 m	187.639
Cañerías 1 1/2" Sch 80	18 m	179.257
Flexible de $\varnothing_i = 1,5$ "	2 m	19.917
Codos 90° 1"	17	18.292
Válvula de bola 1"	11	56.210
Te 1"	3	27.000
Unión 1"	1	1.355
Codos 90° 1 1/2"	3	9.720
Válvula de bola 1 1/2"	2	24.838
Te 1 1/2"x1"x1"	1	10.000
Te 1 1/2"	1	9.796
Unión 1 1/2"	1	2.850
Pailas 200 gal.	1	150.000
Bomba 1 HP	1	320.000
Válvula Check 1"	1	14.292
Total		1.721.366

Tabla 9.1: Valores de equipos de proyecto planta 2

Obtenidos los valores, se procedió a cálculo el resto de los ítems necesarios para la realización del flujo de caja. Para tal efecto se utilizó el método de Lang Chilton, determinando valores a base del costo de los equipos. Se estimó un 30%, del costo total de

los equipos para la inversión en traslado e instalación de los mismos. Por otra parte, se estimó para las instalaciones eléctricas un 12%, para la instrumentación un 5% y para las terminaciones un 1,5% del valor de los equipos instalados. Con estos datos se calculó el capital fijo directo, empleado para la determinación de los imprevistos (5% de capital fijo directo), cuya suma concede los costos fijos totales. El costo implicado en la capacitación fue estimado en \$70.000 por grupo de 10 trabajadores a capacitar.

Posteriormente se estimó que los costos anuales, por motivos de mantención y reparación, corresponden al 5% de los costos fijos totales, y que el valor de los servicios generales representa un 2,5% de dichos costos. Los dineros considerados se detallan en la tabla 9.2.

Equipos	1.721.366
Traslado e instalación equipos	516.410
Instalaciones eléctricas	268.533
Terminaciones	33.567
Instrumentación	111.889
Capacitación	70.000
<i>Capital fijo directo</i>	<i>2.721.765</i>
<i>Imprevistos</i>	<i>136.088</i>
<i>Costos fijos totales</i>	<i>2.857.853</i>
Mantención y reparación	142.893
Servicios generales	71.446
<i>Costos directos de producción</i>	<i>214.339</i>
<i>Costo total producto</i>	<i>214.339</i>

Tabla 9.2: Costos totales de proyecto planta 2

Como este proyecto no requiere adecuación del terreno, no contempla pago por impuestos ni depreciación de los equipos, por lo que, para la determinación de los indicadores económicos, se considera sólo el ahorro que generará el proyecto.

El aludido ahorro se obtendrá de la disminución de disposición de residuos no peligrosos, lo que se determina por la diferencia entre el flujo F23 del balance de masa actual y el flujo F24 del balance de masa del proyecto. Actualmente, por la disposición de

residuos no peligrosos se paga 4,5 UF/ton. En consecuencia, el ahorro obtenido alcanza a \$1.016.200, calculado al valor de la Unidad de Fomento de \$20.952.

Como se utiliza agua de pozo y se continuará con ésta, no existe ahorro por concepto de materias primas en este sub proyecto.

Los indicadores empleados en este análisis económico, son la tasa interna de retorno, el valor actual neto y el payback, que se indican en la tabla 9.3. Se utilizó un 10% como tasa mínima actual de retorno. Para el flujo de caja se consideró el mes, como unidad de tiempo.

TIR (\$)	34%
VAN (\$)	3.585.926
Payback (mes)	3

Tabla 9.3: Indicadores de implementación proyecto planta 2

En la tabla 9.4 se observa el flujo de caja del proyecto, que permite obtener los indicadores de la tabla 9.3. Se analizó que el TIR es mayor que la tasa mínima actual de retorno postulada, y que la recuperación de la inversión, será en un tiempo de 3 meses, lo que significa que cumple con la necesidad de la empresa de recuperar la inversión rápidamente.

	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Inversión	-2.857.853												
Costo producción		-17.862	-17.862	-17.862	-17.862	-17.862	-17.862	-17.862	-17.862	-17.862	-17.862	-17.862	-17.862
Ahorro		1.016.200	1.016.200	1.016.200	1.016.200	1.016.200	1.016.200	1.016.200	1.016.200	1.016.200	1.016.200	1.016.200	1.016.200
Total	-2.857.853	998.339	998.339	998.339	998.339	998.339	998.339	998.339	998.339	998.339	998.339	998.339	998.339

Tabla 9.4: Flujo de caja de implementación proyecto planta 2

9.1.2 Análisis de Sensibilidad Planta 2

El análisis de sensibilidad se realizó sobre la base del ahorro estimado por disposición de residuos no peligrosos, ya que es el dato esencial para la determinación del flujo de caja. Se realizó una disminución y aumento de este ingreso de dinero y se determinó la tasa interna de retorno y el valor actual neto. Esto se encuentra en la tabla 9.5.

Ahorro (%)	Ahorro (\$)	TIR (%)	VAN (\$)
60	1.625.920	56%	7.362.694
50	1.524.300	52%	6.733.232
40	1.422.680	49%	6.103.771
30	1.321.060	45%	5.474.310
20	1.219.440	41%	4.844.848
10	1.117.820	38%	4.215.387
0	1.016.200	34%	3.585.926
-10	914.580	30%	2.956.464
-20	812.960	26%	2.327.003
-30	711.340	22%	1.697.542
-40	609.720	18%	1.068.080
-50	508.100	13%	438.619

Tabla 9.5: Análisis de sensibilidad de implementación proyecto planta 2

En las figuras 9.1 y 9.2 se observa que, a pesar de la disminución del ahorro postulado en el flujo de caja, el proyecto mantiene su rentabilidad, ya que se obtiene un TIR superior a la tasa mínima actual de retorno.

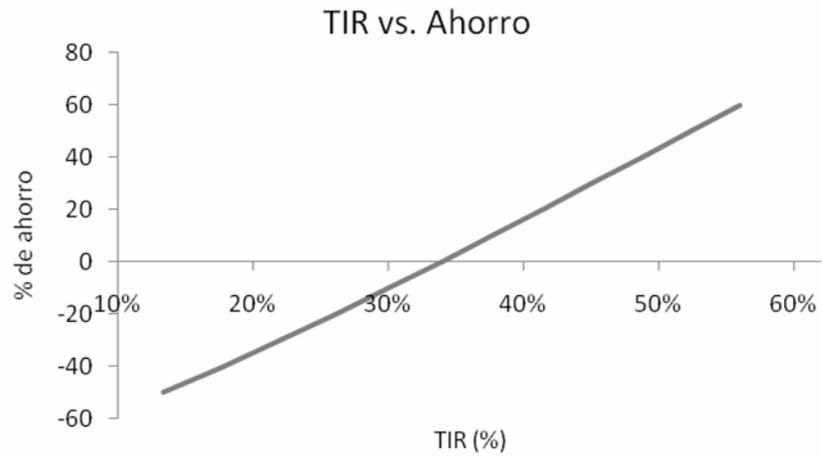


Figura 9.1: Análisis de sensibilidad TIR vs Ahorro de implementación proyecto planta 2

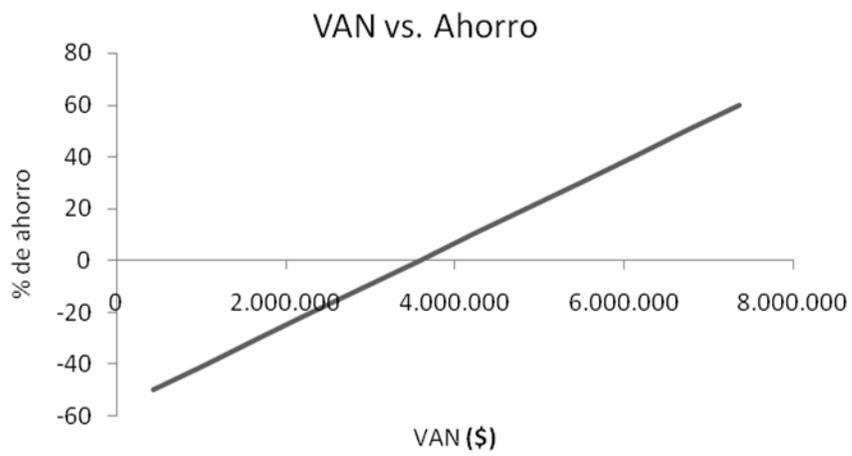


Figura 9.2: Análisis de sensibilidad VAN vs Ahorro de implementación proyecto planta 2

9.2 Análisis Económico Planta 7 Solvente Blanco

9.2.1 Flujo de Caja Planta 7 solvente blanco

Los equipos utilizados para la determinación de los costos del sub proyecto, son los descritos en la tabla 9.6:

	Cantidad	Total \$
IBC	1	345.100
Cañerías 3" Sch 40	15,15 m	493.090
Cañerías 3/4" Sch 80	7,65 m	71.461
Flexible de Øi = 3 "	2 m	11.910
Codos 90° 3"	9	41.310
Válvula de bola 3"	5	270.725
Unión 3"	2	2.700
Codos 90° 3/4"	5	8.950
Válvula de bola 3/4"	3	13.530
Te 3/4"	1	8.000
Unión 3/4"	2	2.710
Te 3/4"x 3"x 3"	1	20.500
Pailas 200 gal.	1	150.000
Bomba 0,5 HP	1	350.000
Total		1.789.986

Tabla 9.6: Valores de equipos de proyecto planta 7 solvente blanco

Mediante el método de Lang Chilton explicado anteriormente, se obtuvo los costos restantes, reflejados en la tabla 9.7. El costo total de inversión postulado para la implementación de este proyecto es de \$2.968.847.

Equipos	1.789.986
Traslado e instalación equipos	536.996
Instalaciones eléctricas	279.238
Terminaciones	34.905
Instrumentación	116.349
Capacitación	70.000
<i>Capital fijo directo</i>	2.827.474
<i>Imprevistos</i>	141.374
Costos fijos totales	2.968.847
Mantenimiento y reparación	148.442
Servicios generales	74.221
<i>Costos directos de producción</i>	222.664
Costo total producto	222.664

Tabla 9.7: Costos totales de proyecto planta 7 solvente blanco

Para la producción de látex, se necesita solvente como materia prima. En el caso de implementar este sub proyecto, parte de este solvente de fórmula será reemplazado por el ril base solvente blanco, lo que implica un ahorro por motivo de materias primas. Actualmente este ril se deriva a una etapa de destilación, obteniéndose solvente de baja calidad para el lavado de líneas. Considerando que el precio del solvente nuevo es de 500 \$/l, se determinó un ahorro de \$394.908, considerando comprar solvente de segunda mano, por un precio del 70% del solvente nuevo, con el fin de reemplazar el que actualmente se ocupa para el lavado de líneas.

El flujo de caja indicado en la tabla 9.9 permite obtener los indicadores de la tabla 9.8, que indican que la recuperación del proyecto es en 7 meses, lo que ocurre debido al mínimo flujo que se ahorra con este proyecto.

TIR	12%
VAN	262.802
Payback	7

Tabla 9.8: Indicadores de implementación planta 7 solvente blanco.

	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Inversión	-2.968.847												
Costo producción		-18.555	-18.555	-18.555	-18.555	-18.555	-18.555	-18.555	-18.555	-18.555	-18.555	-18.555	-18.555
Ahorro MP		394.908	394.908	394.908	394.908	394.908	394.908	394.908	394.908	394.908	394.908	394.908	394.908
Ahorro disposición		101.791	101.791	101.791	101.791	101.791	101.791	101.791	101.791	101.791	101.791	101.791	101.791
Total	-2.968.847	478.144	478.144	478.144	478.144	478.144	478.144	478.144	478.144	478.144	478.144	478.144	478.144

Tabla 9.9: Flujo de caja de implementación proyecto planta 7 solvente blanco

9.2.2 Análisis de Sensibilidad Planta 7 solvente blanco

Para realizar el análisis de sensibilidad se consideró el ahorro que se estima por disposición de residuos peligrosos, y también el ahorro en materia prima, ya que este último valor depende del ahorro por disposición. Se realizó nuevamente una disminución y aumento de estos ahorros, y se determinó la tasa interna de retorno y el valor actual neto.

Ahorro (%)	Ahorro (\$)	TIR (%)	VAN (\$)
60	794.720	24%	2.108.816
50	745.050	22%	1.801.147
40	695.380	20%	1.493.478
30	645.710	18%	1.185.809
20	596.040	16%	878.140
10	546.370	14%	570.471
0	496.700	12%	262.802

Tabla 9.10: Análisis de sensibilidad de implementación proyecto planta 7 blanco

En la tabla 9.10 se observa que el valor del indicador actual tiene una estrecha diferencia con la tasa mínima actual de retorno, por lo que cualquier modificación inferior al ahorro determinado para el flujo de caja, significa una no rentabilidad del proyecto.

En las figuras 9.3 y 9.4 se observa gráficamente lo anteriormente explicado, observándose un mínimo cercano a 0% de ahorro, para obtener una tasa interna de retorno aceptable.

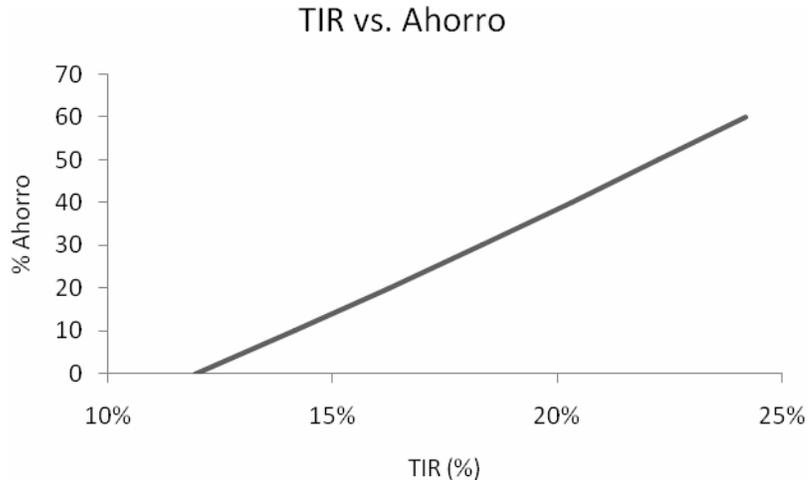


Figura 9.3: Análisis de sensibilidad TIR vs Ahorro de implementación proyecto planta 7 blanco

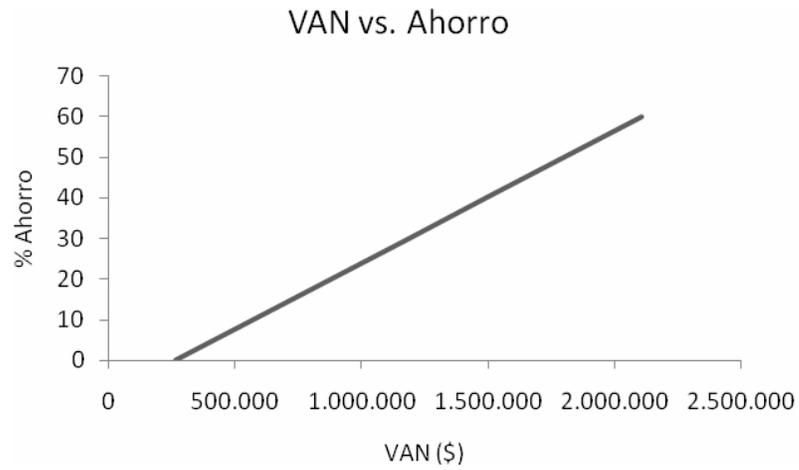


Figura 9.4: Análisis de sensibilidad VAN vs Ahorro de implementación proyecto planta 7 blanco.

9.3 Análisis Económico Planta 7 Solvente Color

9.3.1 Flujo de Caja Planta 7 solvente color

Los costos asociados a la implementación detallada en el capítulo 8, son los indicados en la tabla 9.11:

	Cantidad	Total \$
IBC	1	345.100
Cañerías 3" Sch 40	14,15 m	493.090
Cañerías 1" Sch 80	7,65 m	71.461
Flexible de Øi = 3 "	2 m	11.910
Codos 90° 3"	9	41.310
Válvula de bola 3"	5	270.725
Unión 3"	2	2.700
Codos 90° 3/4"	5	8.950
Válvula de bola 3/4"	3	13.530
Te 3/4"	1	8.000
Unión 3/4"	2	2.710
Te 3/4"x 3"x 3"	1	20.500
Pailas 200 gal.	1	150.000
Bomba 0,5 HP	1	350.000
Total		1.789.986

Tabla 9.11: Valores de equipos de proyecto planta 7 solvente color

Como las cañerías se adquieren en tiras de 6 metros, los costos asociados a este sub proyecto son iguales a los asociados al sub proyecto de la planta 7 solvente blanco.

De acuerdo al método nombrado anteriormente, se determinaron los costos restantes, entregados en la tabla 9.12:

Equipos	1.789.986
Traslado e instalación equipos	536.996
Instalaciones eléctricas	279.238
Terminaciones	34.905
Instrumentación	116.349
Capacitación	70.000
<i>Capital fijo directo</i>	2.827.474
<i>Imprevistos</i>	141.374
Costos fijos totales	2.968.847
Mantenimiento y reparación	148.442
Servicios generales	74.221
<i>Costos directos de producción</i>	222.664
Costo total producto	222.664

Tabla 9.12: Costos totales de proyecto planta 7 solvente color

Los indicadores utilizados en el flujo de caja de la figura 9.14, son los mismos indicados en los sub proyectos anteriores.

La tabla 9.14 otorga los indicadores de la tabla 9.13, obteniéndose un valor actual neto de \$5.029.806 y una recuperación de la inversión en 3 meses.

TIR	41%
VAN	5.029.806
Payback	3

Tabla 9.13: Indicadores de implementación planta 7 solvente color.

	mes 0	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	mes 7	mes 8	mes 9	mes 10	mes 11	mes 12
Inversión	-2.968.847												
Costo producción		-18.555	-18.555	-18.555	-18.555	-18.555	-18.555	-18.555	-18.555	-18.555	-18.555	-18.555	-18.555
Ahorro MP		1.006.715	1.006.715	1.006.715	1.006.715	1.006.715	1.006.715	1.006.715	1.006.715	1.006.715	1.006.715	1.006.715	1.006.715
Ahorro disposición		259.568	259.568	259.568	259.568	259.568	259.568	259.568	259.568	259.568	259.568	259.568	259.568
Total	-2.968.847	1.247.728	1.247.728	1.247.728	1.247.728	1.247.728	1.247.728	1.247.728	1.247.728	1.247.728	1.247.728	1.247.728	1.247.728

Tabla 9.14: Flujo de caja de implementación proyecto planta 7 solvente color

9.3.2 Análisis de Sensibilidad Planta 7 solvente color

En este análisis, al igual que en el análisis del proyecto de la planta 7 solvente blanco, se ha considerado un aumento y disminución del ahorro por disposición de residuos peligrosos, sumado al ahorro por materia prima, debido a que van ligados. Los resultados son entregados en la tabla 9.15.

Ahorro (%)	Ahorro (\$)	TIR (%)	VAN (\$)
60	2.026.053	67%	9.736.023
50	1.899.425	63%	8.951.654
40	1.772.797	59%	8.167.284
30	1.646.168	55%	7.382.915
20	1.519.540	50%	6.598.545
10	1.392.912	46%	5.814.176
0	1.266.283	41%	5.029.806
-10	1.139.655	37%	4.245.437
-20	1.013.027	32%	3.461.067
-30	886.398	28%	2.676.698
-40	759.770	23%	1.892.328
-50	633.142	18%	1.107.959

Tabla 9.15: Análisis de sensibilidad de implementación proyecto planta 7 solvente color

En la tabla 9.15 se observa que aún cuando se disminuye a un 50% el ahorro, el sub proyecto sigue siendo rentable.

En las figuras 9.5 y 9.6 se demuestra, en forma gráfica, la tabla 9.15, destacando que la curva ascendente que presenta la tasa interna de retorno aumenta a medida que el ahorro proyectado va también en aumento.

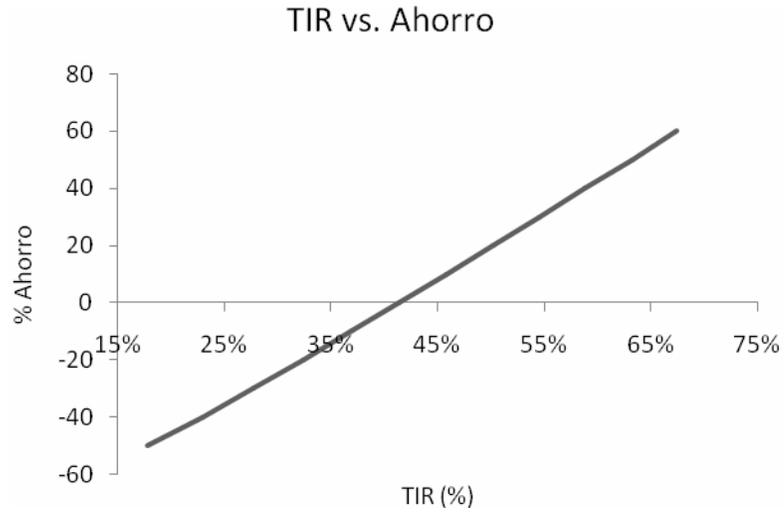


Figura 9.5: Análisis de sensibilidad TIR vs Ahorro de implementación proyecto planta 7 color

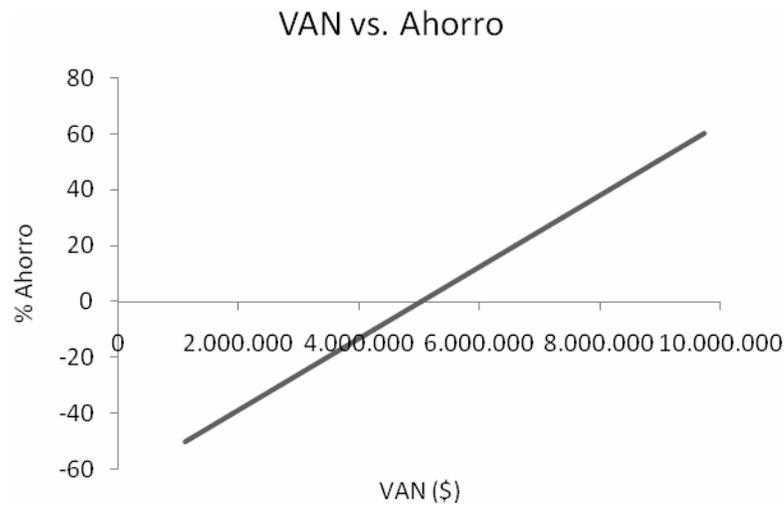


Figura 9.6: Análisis de sensibilidad VAN vs Ahorro de implementación proyecto planta 7 color

9.4 Análisis Económico Total del Proyecto

En este sub capítulo, se recopila información del análisis económico de las plantas 2, 7 solvente color y 7 solvente blanco, sumando los costos del producto y los ahorros involucrados en cada proyecto.

Este flujo de caja se utilizaría en caso de necesitar implementar los proyectos en forma simultánea.

La tabla 9.17, conduce a los indicadores de la tabla 9.16, que, a su vez, indican que la tasa interna de retorno es suficientemente mayor como para deducir que los proyectos implementados, en forma paralela, son rentables, y que la recuperación de la inversión inicial sería en un cuatrimestre.

TIR	30%
VAN	4.097.327
Payback	4

Tabla 9.16: Indicadores de implementación total proyectos.

	mes 0	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	mes 7	mes 8	mes 9	mes 10	mes 11	mes 12
Inversión	-8.795.548												
Costo producción		-54.972	-54.972	-54.972	-54.972	-54.972	-54.972	-54.972	-54.972	-54.972	-54.972	-54.972	-54.972
Ahorro MP		1.401.624	1.401.624	1.401.624	1.401.624	1.401.624	1.401.624	1.401.624	1.401.624	1.401.624	1.401.624	1.401.624	1.401.624
Ahorro		1.377.560	1.377.560	1.377.560	1.377.560	1.377.560	1.377.560	1.377.560	1.377.560	1.377.560	1.377.560	1.377.560	1.377.560
Total	-8.795.548	2.724.211	2.724.211	2.724.211	2.724.211	2.724.211	2.724.211	2.724.211	2.724.211	2.724.211	2.724.211	2.724.211	2.724.211

Tabla 9.17: Flujo de caja de implementación total proyectos.

Capítulo 10: Conclusiones.

10. Conclusiones

La memoria cumple con el objetivo planteado de disminuir la generación de riles y otorga, como se planteara, ahorro de recursos económicos en los gastos por disposición de desechos y por recuperación de materias primas. La disminución de generación de riles se refleja en la comparación del balance de masa actual con el del proyecto. En el caso de los riles base agua, la disminución es de 1.755 kg/día, y en el ril base solvente es de 445 kg/día.

Si bien el ahorro económico es considerable, también lo son los costos de implementación. El costo para la reducción de disposición de residuos peligrosos, aumenta por motivo de las bombas, ya que aún cuando son de baja potencia (0,5 [HP]), deben ser aptas para el solvente, lo que incrementa considerablemente su precio. En la disminución de disposición de los residuos no peligrosos, los estanques y la bomba, constituyen la inversión más considerable.

En los sub proyectos de solvente blanco y color, se instalaron las bombas en la parte externa de la planta, a fin de no aumentar los gastos de la bomba y de adaptación de ésta, al quedar en una zona clasificada. Como la ubicación planteada en el proyecto, no permite que la bomba tenga un NPSH alto, se aumentó de diámetro las cañerías de succión, lo que, si bien, aumentó el costo del proyecto total, dicho costo es menor al gasto de implementación de bomba en zona clasificada.

Por otra parte, aunque los flujos diarios de los proyectos de base solvente son menores que 40 l/min, se consideró este flujo para evitar que los trabajadores destinen excesivo tiempo en la succión de la bomba.

Los proyectos postulados son totalmente viables desde el punto de vista técnico y económico, ya que todos tienen recuperaciones en tiempos inferiores al año, con tasas internas de retorno que fluctúan entre el 12% y el 41%. En el caso de implementar los proyectos en conjunto, este indicador alcanza el 30%. En todos los casos la TIR fue mayor que la tasa mínima actual de retorno postulada del 10%.

Con el objeto que estos proyectos perduren en el tiempo, es preciso capacitar a los trabajadores involucrados en este proceso. En efecto, debido a que los solventes de lavado ingresarían a la producción de nuevas pinturas, es primordial crear conciencia en la

importancia de realizar los pasos postulados en los protocolos creados para cada uno de los sub proyectos, evitando futuras deficiencias en la calidad de las pinturas.

11. Bibliografía

- “Guía para el control y prevención de la contaminación industrial, Industria elaboradora de pinturas”, CONAMA, 1998
- “Operaciones Unitarias en Ingeniería Química”, W.L. McCabe, J. C. Smith, P. Harriot, Séptima edición, Editorial McGraw-Hill, año 2007, páginas 130 a 136 y 215 a 228.
- “Mecánica de fluidos” R. L. Mott, J. Enríquez Brito, sexta edición, Editorial Pearson Educación, año 2006, páginas 242 y 243.
- Engineering Data Book 2004, publicado por Gas Processors Suppliers Association, duodécima edición, páginas 12-1 a 12-23.
- Peters, Max S., Timmerhaus, Klaus D. y West, Ronald E. 2003. Plant Design and Economics for Chemical Engineers. Editorial McGraw Hill. Quinta edición, 226-278, 485-591,642-753.

Capítulo 12: Anexos.

12. Anexos

A.- Anexo Balance de masa Actual

De acuerdo a los datos mostrados en el capítulo 7, se conocen los flujos volumétricos de las corrientes F2, F3, F4, F10, F13, F14, F*, F19, F21, F25, F27, F28, F29, F32 y F34, y las composiciones de F4, F10, F13, F*, F19, F21, F22, F23, F24, F27, F28, F29, F32 y F34. Con estos datos, se obtienen los flujos restantes para el balance.

Se realizó un análisis de grados de libertad, determinando que es conveniente comenzar el balance por el mezclador de borras.

Se calculó la corriente F20

$$F_{20} = F_{25} - F_{27} - F_{13}$$

$$\therefore F_{20} = 552 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Luego, se determinaron las composiciones de la corriente F25, mediante balances a los compuestos:

Balance al agua:

$$x_{a,25} \cdot F_{25} = x_{a,20} \cdot F_{20} + x_{a,27} \cdot F_{27} + x_{a,13} \cdot F_{13}$$

$$x_{a,25} = 0,2137$$

Balance a los sólidos:

$$x_{s,25} \cdot F_{25} = x_{s,20} \cdot F_{20} + x_{s,27} \cdot F_{27} + x_{s,13} \cdot F_{13}$$

$$x_{s,25} = 0,6784$$

Y luego:

$$1 = x_{s,25} + x_{a,25} + x_{n,25}$$

$$x_{s28} = 0,1079$$

Siendo:

Subíndice a: agua

Subíndice s: sólido

Subíndice x: solvente

Para determinar F17, se empleó la siguiente ecuación:

$$F_{14} = F_{17} + F_2$$

$$F_{17} = 147 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Para determinar las composiciones de la corriente F14, se utilizaron las ecuaciones:

Balance al agua

$$F_{14} \cdot x_{a14} = F_{17} \cdot x_{a17} + F_2 \cdot x_{a2}$$

$$x_{a14} = 0,0238$$

Balance al sólido

$$F_{14} \cdot x_{s14} = F_{17} \cdot x_{s17} + F_2 \cdot x_{s2}$$

$$x_{s14} = 0,1607$$

$$1 = x_{s14} + x_{a14} + x_{x14}$$

$$x_{x14} = 0,8155$$

Posteriormente se realizó un balance a la etapa de destilación, para determinar la corriente F15:

$$F_{15} = F_{21} + F_{29} + F_{27} + F_{28} - F_{19} - F_{14}$$

$$F_{18} = 634 \frac{kg}{dia}$$

También se realizó un balance a los compuestos:

Balance al agua:

$$x_{a15} \cdot F_{15} = x_{a21} \cdot F_{21} + x_{a29} \cdot F_{29} + x_{a27} \cdot F_{27} + x_{a28} \cdot F_{28} - x_{a19} \cdot F_{19} - x_{a14} \cdot F_{14}$$

$$x_{a15} = 0,6119$$

Balance a los sólidos:

$$x_{s15} \cdot F_{15} = x_{s21} \cdot F_{21} + x_{s29} \cdot F_{29} + x_{s27} \cdot F_{27} + x_{s28} \cdot F_{28} - x_{s19} \cdot F_{19} - x_{s14} \cdot F_{14}$$

$$x_{s15} = 0,3243$$

$$1 = x_{s15} + x_{a15} + x_{x15}$$

$$x_{x15} = 0,0639$$

A continuación, se determinó la corriente F12:

$$F_{12} = F^o - F_{18}$$

$$F_{12} = 474 \frac{kg}{dia}$$

Balance al agua:

$$x_{a12} \cdot F_{12} = x_{a5} \cdot F^o - x_{a18} \cdot F_{18}$$

$$x_{a12} = 0,8697$$

Balance a los sólidos:

$$x_{s12} \cdot F_{12} = x_{s8} \cdot F^8 - x_{s18} \cdot F_{18}$$

$$x_{s12} = 0,0909$$

$$1 = x_{s12} + x_{a12} + x_{s12}$$

$$x_{s18} = 0,0394$$

La corriente F22 fue determinada con un balance de masa al agua, asumiendo que la cantidad de agua que entra en las corrientes F1 y F8 es despreciable, comparada con F4, quedando finalmente:

$$\frac{F_4 + F_{10} \cdot x_{a10} + F_{12} \cdot x_{a12} + F_{21} \cdot x_{a21} - F_{19} \cdot x_{a19} - F_{20} \cdot x_{a20}}{x_{a22}} = F_{22}$$

$$F_{22} = 6.202 \frac{kg}{dia}$$

Una vez determinadas estas corrientes, se procedió a realizar un balance de masa a la Planta de Tratamiento, para así determinar F11:

$$F_{11} = F_{22} + F_{20} + F_{19} - F_{21} - F_{12} - F_{10}$$

$$F_{11} = 5.037 \frac{kg}{dia}$$

Nuevamente, se realizó un balance por compuesto:

Balance al agua:

$$x_{a11} \cdot F_{11} = x_{a22} \cdot F_{22} + x_{a20} \cdot F_{20} + x_{a19} \cdot F_{19} - x_{a21} \cdot F_{21} - x_{a12} \cdot F_{12} - x_{a10} \cdot F_{10}$$

$$x_{a11} = 0,8427$$

Balance a los sólidos:

$$x_{s11} \cdot F_{11} = x_{s22} \cdot F_{22} + x_{s20} \cdot F_{20} + x_{s19} \cdot F_{19} - x_{s21} \cdot F_{21} - x_{s12} \cdot F_{12} - x_{s10} \cdot F_{10}$$

$$x_{s11} = 0,0613$$

$$1 = x_{s11} + x_{a11} + x_{n11}$$

$$x_{s11} = 0,0960$$

Para determinar las corrientes F16 y F18, se utilizó el siguiente balance:

$$F_{16} + F_{18} = F_{12}$$

Balance al agua:

$$x_{a16} \cdot F_{16} + x_{a18} \cdot F_{18} = x_{a12} \cdot F_{12}$$

$$F_{16} = 6 \frac{kg}{dia}$$

$$F_{18} = 3 \frac{kg}{dia}$$

Los flujos F23 y F24 se determinaron con los siguientes datos:



Utilizando la dureza temporal del agua, se determinó la cantidad de bicarbonato de calcio que reacciona, lo que permitió cuantificar la masa de sulfato de aluminio sin reaccionar, y cuanto sulfato de calcio, hidróxido de aluminio y dióxido de carbono se produce. Debido a que éste último se encuentra en estado gaseoso, fluye al aire, y los otros, por ser sólidos, se suman a las cantidades de sólidos que entraron en la corriente F22 y a lo que se agregó el hidróxido de sodio, además del polímero.

Conociendo la concentración del sulfato de aluminio, se calcula cuanto de éste se encuentra en la solución:

$$\frac{g(Al)}{l\ sol} = [sol] \cdot \rho\ sol$$

$$\frac{\text{mol (Al)}}{\text{l sol}} = \frac{\frac{\text{g (Al)}}{\text{l sol}}}{\text{PM (Al)}}$$

$$\frac{\text{mol (Al)}}{\text{día}} = \frac{\text{mol (Al)}}{\text{l sol}} \cdot \text{l sol}$$

Donde:

$$\rho_{\text{sol}} = \text{densidad} \left[\frac{\text{g}}{\text{l}} \right]$$

$$\text{PM (Al)} = \text{peso molecular} \left[\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right]$$

$$[\text{sol}] = \text{concentración de solución} \% \frac{\text{v}}{\text{v}}$$

Para determinar los líquidos, se sumó las cantidades de agua que no reaccionaron, las que se agregaron en la dilución de las soluciones de hidróxido de sodio y sulfato de aluminio.

Por lo tanto, se resume que:

- Sólidos agregados = Sólidos de sulfato de aluminio que se agregaron + sólidos de hidróxido de sodio agregado + sólidos de polímero agregado.
- Agua agregada = Agua de solución de sulfato de aluminio + agua de solución de hidróxido de sodio + Agua de solución del polímero.

El agua agregada, más el agua que ingresa al tratamiento como solución de los reactivos, es igual a la que egresa, y mediante un balance total se colige que lo ingresado en la corriente F22, más lo que se agrega de reactivos, menos lo que se produce de CO₂, es igual a lo que egresa en las corrientes F23 y F24.

En el caso la masa total y del agua adicionada, se utilizaron los volúmenes que se emplean diariamente:

Volumen	Concentración	Densidad
---------	---------------	----------

Al ₂ (SO ₄) ₃	46,4 l	50%	2,672 kg/l
NaOH	60,7 l	125 g/l	2,1 kg/l
Polímero	214,2 l	40%	1 kg/l

Tabla A.1: Flujo Información sobre reactivos utilizados en Planta de Tratamiento de Riles

$$x_{a22} \cdot F_{22} + \text{agua agregada} = x_{a22} \cdot F_{22} + x_{a24} \cdot F_{24}$$

$$\text{Agua Agregada} = 310 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$F_{22} + \text{masa reactivos adicionada} - \text{CO}_2 \text{ producido} = F_{22} + F_{24}$$

$$\text{Masa adicionada} = 466 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$\therefore F_{24} = 4.798 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$F_{22} = 1.869 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Para determinar F30, se utilizó el balance de masa por compuesto:

Balance al agua

$$F_{10} \cdot x_{a10} = F_7 \cdot x_{a7} + F_{30} \cdot x_{a30}$$

Balance al solvente

$$F_{10} \cdot x_{s10} = F_7 \cdot x_{s7} + F_{30} \cdot x_{s30}$$

$$F_{30} = 1.059 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Para establecer F7, se utilizó el balance global, ya que se tienen dos de las tres corrientes implicadas:

$$F_{10} = F_7 + F_{30}$$

$$F_7 = 6 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Para las corrientes F16 y F18, se utilizó la razón con que son producidas las pinturas base agua y base solvente, y se multiplicó con la borra total recuperada (F13). Para las composiciones de F13, también se aplicó este criterio de la razón de producción.

En las corrientes F6, F7, F8, F9, F16 y F32, las composiciones son iguales, ya que todas provienen de la producción de pinturas base agua. En el caso de F6 y F32, la primera es la cantidad que se ha producido de esta pintura, mientras que la segunda es la cantidad de pintura que realmente se envasa.

$$X_{a6} = X_{a7} = X_{a8} = X_{a9} = X_{a16} = X_{a32}$$

$$X_{s6} = X_{s7} = X_{s8} = X_{s9} = X_{s16} = X_{s32}$$

$$X_{x6} = X_{x7} = X_{x8} = X_{x9} = X_{x16} = X_{x32} = 0$$

Con las corrientes F17, F18, F26, F31, F33 y F34 sucede lo ya señalado, ya que al igual que el caso anterior, son todas corrientes provenientes de una misma producción de pinturas, siendo esta base solvente.

$$X_{x17} = X_{x18} = X_{x26} = X_{x31} = X_{x33} = X_{x34}$$

$$X_{s17} = X_{s18} = X_{s26} = X_{s31} = X_{s33} = X_{s34}$$

$$X_{a17} = X_{a18} = X_{a26} = X_{a31} = X_{a33} = X_{a34} = 0$$

Con las corrientes F1, F2, F3, F28 todas provienen de solvente recuperado

$$X_{x1} = X_{x2} = X_{x3} = X_{x28}$$

$$X_{s1} = X_{s2} = X_{s3} = X_{s28}$$

$$x_{a1} = x_{a2} = x_{a8} = x_{a28}$$

Siendo F4, F5 y F30 provenientes de la misma fuente de agua, sus composiciones son idénticas.

$$x_{a4} = x_{a5} = x_{a30}$$

$$x_{s4} = x_{s5} = x_{s30}$$

Con estas composiciones, se pudo determinar las corrientes 1, 8 y 31, mediante el siguiente balance de masa:

$$F_{11} = F_1 + F_4 + F_8 + F_{31}$$

Siendo los flujos F11 y F4 conocidos, se calcularon las corrientes mediante el balance de masa al agua y al solvente

$$F_{11} \cdot x_{a11} = F_1 \cdot x_{a1} + F_4 \cdot x_{a4} + F_8 \cdot x_{a8} + F_{31} \cdot x_{a31}$$

$$F_{11} \cdot x_{s11} = F_1 \cdot x_{s1} + F_4 \cdot x_{s4} + F_8 \cdot x_{s8} + F_{31} \cdot x_{s31}$$

El desarrollo de las ecuaciones planteadas es el siguiente:

No hay solvente en las corrientes F4 ni F8, ni agua en F31:

$$F_{31} = \frac{F_{11} \cdot x_{s11} - F_1 \cdot x_{s1}}{x_{s31}}$$

$$F_8 = \frac{F_{11} \cdot x_{a11} - F_4 \cdot x_{a4} - F_1 \cdot x_{a1}}{x_{a8}}$$

Reemplazando estas ecuaciones en el balance general, queda:

$$F_1 = \frac{F_4 - F_{11} + \left(\frac{X_{a11} \cdot F_{11} - X_{a4} \cdot F_4}{X_{a8}} + \frac{X_{x11} \cdot F_{11}}{X_{x21}} \right)}{\left(\frac{X_{a1}}{X_{a8}} + \frac{X_{x1}}{X_{x21}} - 1 \right)}$$

$$\therefore F_1 = 328 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$F_8 = 48 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$F_{21} = 417 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Las corrientes F5, F9 y F26, se determinaron mediante el siguiente balance de masa:

$$F_{12} + F_{15} = F_3 + F_5 + F_9 + F_{26}$$

Al ser conocidos F3, F12 y F15, y todas sus composiciones, se obtiene F26 mediante el balance de masa al solvente. A su vez, con el balance al agua, se obtiene una segunda ecuación, la que unida con el balance global, otorgan F5, para posteriormente obtener F9.

$$F_{12} \cdot X_{a12} + F_{15} \cdot X_{a15} = F_3 \cdot X_{a3} + F_5 \cdot X_{a5} + F_9 \cdot X_{a9} + F_{26} \cdot X_{a26}$$

$$F_{12} \cdot X_{x12} + F_{15} \cdot X_{x15} = F_3 \cdot X_{x3} + F_5 \cdot X_{x5} + F_9 \cdot X_{x9} + F_{26} \cdot X_{x26}$$

Para determinar estas corrientes, los pasos utilizados fueron:

En la corriente F26, no hay agua, mientras que en las corrientes F9 y F5 no hay solvente.

$$F_{26} = \frac{F_{12} \cdot X_{x12} + F_{15} \cdot X_{x15} - F_3 \cdot X_{x3}}{X_{x26}}$$

$$F_9 = \frac{F_{12} \cdot X_{a12} + F_{15} \cdot X_{a15} - F_3 \cdot X_{a3} - F_5 \cdot X_{a5}}{X_{a9}}$$

Se obtiene inmediatamente el resultado de la corriente F26, mientras que las otras se obtienen reemplazando las ecuaciones del balance a los compuestos en el balance global:

$$F_6 = \frac{F_{12} + F_{13} - F_7 - F_{26} - \left(\frac{X_{215} \cdot F_{12} - X_{215} \cdot F_{13} - X_{215} \cdot F_8}{X_{215}} \right)}{\left(1 - \frac{X_{215}}{X_{215}} \right)}$$

$$\Delta F_{16} = 24 \frac{kg}{dia}$$

$$F_8 = 650 \frac{kg}{dia}$$

$$F_9 = 383 \frac{kg}{dia}$$

Finalmente, se determinan las entradas de las pinturas. En el caso de las pinturas base agua, se conoce el envasado final que se obtiene (F32), por lo que la corriente de entrada F6, se determina sumando las salidas

$$F_6 = F_7 + F_8 + F_9 + F_{16} + F_{32}$$

En el caso de las pinturas base solvente, sucede lo mismo:

$$F_{26} = F_{17} + F_{18} + F_{26} + F_{31} + F_{34}$$

$$F_6 = 64.466 \frac{kg}{dia}$$

$$F_{32} = \frac{27.337 kg}{dia}$$

B.- Anexo Balance de masa Proyecto

Dado que en el proyecto no existen separaciones de fases ni reacciones, es suficiente para desarrollar el balance, ocupar relaciones entre la producción de pinturas, la de riles y las corrientes actuales nombradas en el anexo anterior.

Para la determinación de F14 del proyecto, se realizó una razón entre los blancos producidos en todas las plantas y los totales de producción de agua de todas las plantas, ya que ese ril es de producción netamente de pinturas base agua.

$$F_{14P} = \frac{PPBBAP(1, 3, 7, 2, 6, E6, EM, E7, E2)}{PTBA(1, 3, 7, 2, 6, E6, EM, E7, E2)} \times F_{10}$$

Siendo

PPBBAP: producción de pinturas líquidas base agua plantas

PTBA: producción total base agua plantas

Subíndice p: balance masa proyecto

$$F_{16P} = F_{10} - F_{14P}$$

En la corriente F40, se utiliza la misma relación utilizada anteriormente:

$$F_{40P} = \frac{PPBBAP(1, 3, 7, 2, 6, E6, EM, E7, E2)}{PTBA(1, 3, 7, 2, 6, E6, EM, E7, E2)} \times F_{11}$$

$$F_{16P} = F_{11} - F_{40P}$$

Para la determinación de F39, se utilizó la razón entre las producciones totales de pinturas base blanca y la producción total de pinturas de las plantas 1, 2, 3 y 7, ya que el agua de esta corriente, proviene del lavado de estanques de las producciones de pinturas base solvente y base agua.

$$F_{39P} = \frac{PPBBAP(1, 3, 7, 2)}{PTBA(1, 3, 7, 2)} \times F_{12}$$

$$F_{37P} = F_{12} - F_{39P}$$

$$F_{32P} = F_{13}$$

La corriente F10 del proyecto, es la misma que la corriente F13 actual:

$$F_{10P} = F_{13}$$

Para la determinación de la corriente F28, se ocupó la razón de la producción de pinturas base solvente que no sea varsol con la producción total de pinturas base solvente, ya que ingresa solvente del lavado de líneas únicamente de las pinturas base solvente.

$$F_{28P} = \frac{PPBSO(\text{total})}{PTBS(\text{total})} \cdot F_{14}$$

Siendo

PPBSO: producción de pinturas base solvente otros (otros solventes que no sean varsol).

PTBS: producción total base solvente.

$$F_{29P} = F_{14} - F_{28P}$$

F30 del proyecto se determina con la producción de blancos base varsol:

$$F_{30P} = \frac{PPBBSV(\text{total})}{PTBSV(\text{total})} \cdot F_{29P}$$

Siendo:

PPBBSV: producción pinturas blancas base solvente varsol.

PTBSV: Producción total base solvente varsol.

$$F_{31P} = F_{29P} - F_{30P}$$

La corriente F42, es la suma de los blancos base agua recuperados de los riles:

$$F_{42P} = F_{14P} + F_{29P} + F_{40P}$$

$$F_{19P} = F_{13P} + F_{16P}$$

La corriente F21 se considera igual a la del balance actual, ya que la cantidad de solvente que entra a la planta de tratamiento es la misma porque hay recuperación de solvente en esta etapa.

$$F_{21P} = F_{18}$$

Después se determinó las corrientes de salida de la columna de destilación, mediante una razón entre las salidas del balance actual y las entradas:

$$F_{33P} = \frac{F_{24}}{(F_{14} + F_{13} + F_{19})} \cdot (F_{21P} + F_{28P} + F_{32P})$$

$$F_{35P} = \frac{F_{29}}{(F_{14} + F_{13} + F_{19})} \cdot (F_{21P} + F_{28P} + F_{32P})$$

$$F_{34P} = \frac{F_{27}}{(F_{14} + F_{13} + F_{19})} \cdot (F_{21P} + F_{28P} + F_{32P})$$

$$F_{38P} = \frac{F_{26}}{(F_{14} + F_{13} + F_{19})} \cdot (F_{21P} + F_{28P} + F_{32P})$$

Para la determinación de F22 y F23, se empleó una razón entre las corrientes F19, F37, F33 y F21 del proyecto en relación con las corrientes originales, F10, F11, F12, F21 y F19.

$$F_{22P} = \frac{F_{37}}{(F_{10} + F_{11} + F_{12} + F_{21} - F_{19})} \cdot (F_{19P} + F_{33P} + F_{37P} - F_{21P})$$

$$F_{23P} = \frac{F_{32}}{(F_{10} + F_{11} + F_{12} + F_{21} - F_{19})} \cdot (F_{19P} + F_{33P} + F_{37P} - F_{21P})$$

La corriente de salida del mezclador de borras se obtiene de la suma de sus corrientes de entrada:

$$F_{30P} = F_{22P} + F_{34P} + F_{35P}$$

Las corrientes restantes se mantuvieron iguales a las corrientes actuales, nombradas en el anexo A.

$$F_{1P} = F_{16}$$

$$F_{2P} = F_{31}$$

$$F_{3P} = F_7$$

$$F_{4P} = F_{18}$$

$$F_{5P} = F_{17}$$

$$F_{6P} = F_2$$

$$F_{8P} = F_1$$

$$F_{10P} = F_{13}$$

$$F_{12P} = F_{30}$$

$$F_{13P} = F_6$$

$$F_{17P} = F_3$$

$$F_{18P} = F_8$$

$$F_{20P} = F_9$$

$$F_{26P} = F_{26}$$

$$F_{27R} = F_7$$

$$F_{21R} = F_{17}$$

Las corrientes F11 y F44 del proyecto fueron determinadas mediante el siguiente balance de materia:

$$F_{11R} = F_{1R} + F_{2R} + F_{18R} + F_{20R} + F_{41R}$$

$$F_{44R} = F_{2R} + F_{4R} + F_{8R} + F_{26R} + F_{43R}$$

C.- Anexo Diseño Bombas

C.1.- Planta 2 Agua

Para determinar el caudal deseado, se consideró 350 litros, por ser el mayor volumen de ril recibido del lavado de estanques. Para que el proceso sea rápido, se determinó succionarlo en 5 minutos, con lo que se concluyó el caudal.

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{t}$$

Siendo Q = Caudal

t = tiempo

Luego, con las velocidades recomendadas para descarga de bombas con caudales de entre 0 y 250 GPM, que son de entre 6 y 8 pie/s, se determinó la velocidad de descarga preliminar, y en el caso de la succión, que se considera de entre 1/3 a 2/3 de la velocidad de descarga, se determinó la velocidad de succión preliminar:

Velocidad de descarga preliminar 6 [pie/s] (1,83 [m/s])

Velocidad de succión preliminar 3 [pie/s] (1,06 [m/s])

Con estas velocidades se determinó la razón entre caudal y velocidad (Capacidad para la velocidad de 1 pie/s), para posteriormente utilizar la razón más cercana de las tablas de tuberías estándar de acero⁹, obteniendo las cañerías elegidas:

Cañería descarga: 1" Sch 40

Diámetro interno: 1,049 pulg.

Diámetro externo: 1,315 pulg

Cañería succión: 1 1/2" Sch 80

Diámetro interno: 1,5 pulg.

Diámetro externo: 1,9 pulg

⁹ Apéndice 3 "Operaciones Unitarias en Ingeniería Química", W.L. McCabe, J. C. Smith, P. Harriot, Séptima edición, Editorial McGraw-Hill.

$$\text{Capacidad para 1 } \frac{\text{pie}}{\text{s}} = \frac{\text{Caudal}}{\text{velocidad}}$$

La velocidad efectiva de operación al caudal planteado fue:

Velocidad de descarga: 6,884 [pie/s] (2,1 [m/s])

Velocidad de succión: 3,37 [pie/s] (1,28 [m/s])

Debido a que se encuentra una cañería dispuesta para la recirculación del líquido, se tienen dos tipos de succión, una que es regular, que extrae el líquido de la paila para almacenarlo en los IBC, y otra que es de recirculación. En atención a que el metro de altura de succión de la recirculación es menor que la altura de succión para el almacenamiento, se utilizarán los fittings empleados para éste último caso.

Posteriormente se determinaron los fittings nombrados en el capítulo 8, que son:

	Succión		Descarga	
Largo Cañería	9	m	14,375	m
	29,53	pie	47,16	pie
Codos 90°	2		6	
	8	pie c/u	5,5	pie c/u
Válvulas de bola	1		4	
			0,55	pie c/u
Tes			1	
			5	pie c/u
Válvula Check			1	
			6	pie c/u
Unión	1		1	
	2,5	pie c/u	1,5	pie c/u
Le Total	32,03	pie	94,86	pie
	9,76	m	28,91	m

Tabla C.1: Tabla de fittings ocupados en implementación de proyecto planta 2

En la parte de descarga, donde se divide el flujo, se consideró para efectos de cálculo como si el líquido se dirigiera sólo a un IBC sin división de flujo. Para el cálculo de largos equivalentes, se consideró los fittings de esta parte omitida, debido a que estas aumentan este largo equivalente.

Considerando cañerías de acero carbono, se calculó la rugosidad relativa:

$$\frac{\varepsilon}{D_{i\text{descarga}}} = 0,00572$$

$$\frac{\varepsilon}{D_{i\text{succión}}} = 0,004$$

Siendo ε = rugosidad absoluta

Di = Diámetro interno

Además del número de Reynolds:

$$Re = \frac{D_i \cdot v \cdot \rho_{\text{fluido}}}{\mu_{\text{fluido}}}$$

Siendo v = velocidad

Di = Diámetro interno

ρ_{fluido} = densidad

μ_{fluido} = viscosidad

Para el número de Reynolds de descarga, se utilizó el diámetro interno de descarga y la velocidad de descarga, mientras que para la succión, se emplearon sus datos.

Con estos valores, se determinó el factor de fricción mediante la siguiente ecuación¹⁰, basada en el gráfico de Moody:

$$f = \frac{0,25}{\left(\log \left(\frac{1}{3,7 \cdot \frac{D_i}{\varepsilon}} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right)^2}$$

Posteriormente se empleó la ecuación de Darcy, determinando las pérdidas de carga por motivo de la fricción, utilizando el factor de fricción.

$$hf = f \left(\frac{L \cdot v^2}{D_i \cdot 2 \cdot g_c} \right)$$

¹⁰ Ecuación 8-7, "Mecánica de fluidos" R. L. Mott, J. Enríquez Brito, sexta edición, Editorial Pearson Educación.

Siendo L= largo

v = velocidad

Di = diámetro interno

f = factor de fricción

Para calcular las pérdidas por fricción de la cañería de descarga (hfd), se utilizó el largo de cañería de descarga, la velocidad de descarga, el diámetro interno de descarga y el factor de fricción de descarga, mientras que para las perdidas por fricción en la cañería de succión (hfs), se utilizó los mismos datos nombrados, pero de la cañería de succión.

Con la ecuación inmediatamente anterior, se determinaron las perdidas por fricción en la descarga y succión:

hfd: 26,74 [pie] (8,13 [m])

hfs: 2,17 [pie] (0,66 [m])

Utilizando un balance de Bernoulli:

$$B1 = B2 + hfs + hfd + W$$

Como la paila y el estanque están abiertos al ambiente, las presiones son 1 [atm], por lo que $\Delta P = 0$. Además, las velocidades son despreciables, por lo que no existe diferencias de energía cinética ($\Delta V^2 = 0$).

La ecuación utilizada es:

$$\Delta H = -W = \Delta z + hfs + hfd$$

Los resultados entregados por las formulas anteriores se muestran en la tabla C.2.

Re		f		H (pie)
s	d	s	d	
39152	55881	0,031	0,034	73,86

Tabla C.2: Tabla de datos utilizados para determinación de la bomba en planta 2

Con este trabajo se determinó la potencia de la bomba, la que con una eficiencia de 65% y una corrección por cambios de rugosidad en el tiempo, responde a:

$$P = \frac{W \cdot Q \cdot \rho}{\text{eficiencia}}$$

Donde

Q= caudal

ρ =densidad

Potencia bomba: 0,5312 HP

Considerando un factor de seguridad de 1,18, la eficiencia es:

Potencia bomba: 0,627 HP

El motor con la potencia estandarizada es el postulado en el capítulo 8.

Por otra parte, para el cálculo del NPSH disponible, se utilizó la siguiente fórmula:

$$NPSH \text{ disponible} = \frac{(P - P_v)}{\rho} + z + \frac{v^2}{2g} - h_{fs}$$

La presión de vapor utilizada fue la del agua a 20°C, que es de 0,001807 [atm] y se despreció nuevamente la velocidad, por lo que el resultado fue de 41 [pie] (12,5 m).

Para el sistema de control se realizará un control de alto y de bajo nivel, mediante el uso de sensor de nivel tipo flotador. Para el control de nivel de alta, mediante el uso de un switch off, el cual detendrá el motor de la bomba cuando se cumpla esta condición, y cuando el nivel no cumpla la condición por bajo nivel, la bomba no funcionará. Para que la recirculación no resulte afectada por el sistema de control, el control de bajo nivel, deberá tener un mínimo del volumen de cañería de recirculación de subida y bajada de 20,1 litros.

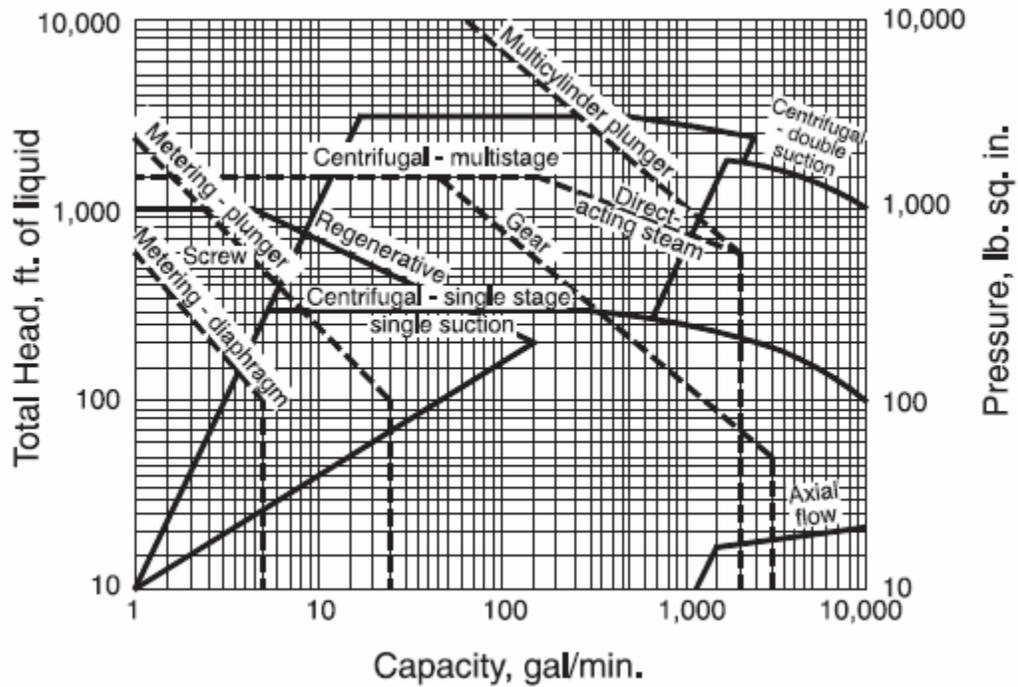


Figura C.1: Tabla de selección de bombas

C.2.- Planta 7 Solvente Blanco

El caudal deseado en este caso es de 40 l/min.

Se utilizaron las mismas razones para los cálculos de descargas que se explicaron en el anexo de planta 2 Agua, y también para el cálculo de fittings. También se emplearon las fórmulas anteriores para todos los cálculos.

Velocidad de descarga preliminar 6 [pie/s] (1,83 [m/s])

Velocidad de succión preliminar 3 [pie/s] (1,06 [m/s])

Las cañerías elegidas:

Cañería succión: 3" Sch 40

Diámetro interno: 2,9 pulg (0,0736 m)

Diámetro externo: 3,5 pulg (0,0889 m)

Este diámetro de cañería de succión, tal como se explicó en el capítulo 8, se eligió debido a que por la poca diferencia de altura entre la succión y la bomba, otorgaba una altura neta positiva de succión (NPSH) muy baja, por lo que mediante el aumento del diámetro de succión se logró incrementar ésta.

Cañería descarga: 3/4" Sch 80
 Diámetro interno: 0,824 pulg (0,021 m)
 Diámetro externo: 1,05 pulg (0,027 m)

$$Caudal = \frac{Q}{v} = \frac{Caudal}{velocidad}$$

Con ello se ha determinado la velocidad efectiva mínima de operación al caudal planteado:

Velocidad de descarga: 6,347 [pie/s] (1,935 [m/s])
 Velocidad de succión: 0,459 [pie/s] (0,140 [m/s])

Los fittings utilizados en este caso son:

	Succión	Descarga
Largo Cañería	3,45 m 11,32 pie	7,65 m 25,10 pie
Codos 90°	3 3 pie c/u	5 3 pie c/u
Válvulas de bola	2 0,35	2 0,35 pie c/u
Te	1 3	0 0,3 pie c/u
Válvula Check		1 2,5 pie c/u
Unión	1 0,9 pie c/u	1 0,9 pie c/u
Le Total	24,92 pie 7,60 m	41,70 pie 12,71 m

Tabla C.3: Tabla de fittings ocupados en implementación de proyecto planta 7 solvente blanco

Posteriormente, se calculó la rugosidad relativa:

$$\frac{\epsilon}{D_{descarga}} = 0,0072$$

$$\frac{\epsilon}{D_{succión}} = 0,0021$$

Las pérdidas por fricción en la descarga y succión, al caudal de operación postulado, son:

$$h_{fd}: 14,81 \text{ [pie]} \quad (4,5 \text{ [m]})$$

$$h_{fs}: 0,01 \text{ [pie]} \quad (0,004 \text{ [m]})$$

Los resultados entregados por las formulas nombradas en el anexo de la planta 2 se muestran en la tabla C.4.

Re		f		H
s	d	s	d	(pie)
8253	32393	0,036	0,037	24,17

Tabla C.4: Tabla de datos utilizados para determinación de la bomba en planta 7 blanco

La potencia calculada con las formulas nombradas anteriormente fue de

$$\text{Potencia hidráulica: } 0,0793 \text{ HP}$$

Considerando un factor de seguridad de 1,18, tenemos:

$$\text{Potencia bomba: } 0,094 \text{ HP}$$

El motor estandarizado es el postulado en el capítulo 8.

Por otra parte, para el cálculo del NPSH disponible, se utilizó la siguiente fórmula:

$$NPSH \text{ disponible} = \frac{(P - P_v)}{\rho} + z + \frac{v^2}{2g}$$

La presión de vapor empleada fue la del agua a 20°C, que es de 1,6 [mmHg] y se despreció nuevamente la velocidad, por lo que el resultado es de 13,17 [pie] (4,02 m).

C.3.- Planta 7 Solvente Color

Utilizando las formulas ya empleadas en la planta 2 Agua y en la planta 7 solvente blanco, y las mismas velocidades preliminares, se determinaron los diámetros de cañerías, con un caudal de 40 l/min.

Cañería succión: 3" Sch 40

Diámetro interno: 2,9 pulg (0,0736 m)

Diámetro externo: 3,5 pulg (0,0889 m)

Cañería descarga: 3/4" Sch 40

Diámetro interno: 0,824 pulg (0,021 m)

Diámetro externo: 1,05 pulg (0,027 m)


$$\text{Caudal} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) = \frac{\text{Capacidad para l.} \left(\text{m}^3 \right)}{\text{velocidad} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)}$$

Con ello, se determinó la velocidad efectiva mínima de operación al caudal planteado:

Velocidad de descarga: 6,347 [pie/s] (1,935 [m/s])

Velocidad de succión: 0,460 [pie/s] (0,140 [m/s])

Posteriormente se determinaron los fittings nombrados en el capítulo 8, los cuales se reiteran en la tabla C.5:

	Succión	Descarga
Largo Cañería	2,45 m 8,04 pie	7,6 m 24,93 pie
Codos 90°	3 4 pie c/u	5 3 pie c/u
Válvulas de bola	2 0,45	2 0,3 pie c/u
Te	1 3	0 0,3 pie c/u
Válvula Check		1 2,5 pie c/u
Unión	1 0,9 pie c/u	1 0,9 pie c/u
Le Total	24,84 pie 7,57 m	43,93 pie 13,39 m

Tabla C.5: Tabla de fittings ocupados en implementación de proyecto planta 7 solvente color

Se calculó la rugosidad relativa:

$$\frac{\epsilon}{D_{succión}} = 0,0072$$

$$\frac{\epsilon}{D_{succión}} = 0,0021$$

Se determinó las pérdidas por fricción en la descarga y succión, al caudal de operación postulado, siendo estas:

$$h_{fd}: 14,72 \text{ [pie]} \quad (4,47 \text{ [m]})$$

$$h_{fs}: 0,01 \text{ [pie]} \quad (0,0033 \text{ [m]})$$

Los resultados entregados por las formulas nombradas en el anexo de la planta 2 se muestran en la tabla C.6.

Re		f		H
s	d	s	d	(pie)
8253	32393	0,036	0,037	24,17

Tabla C.6: Tabla de datos utilizados para determinación de la bomba en planta 7 color

Utilizando la formula nombrada anteriormente en la planta 2 Agua, se determina la potencia de la bomba:

Potencia: 0,0791 HP

Considerando un factor de seguridad de 1,18:

Potencia: 0,093 BHP

El motor estandarizado es el postulado en el capítulo 8.

La presión de vapor utilizada fue la del solvente a 20°C, para el cálculo de NPSH, que es de 1,6 [mmHg] y se despreció nuevamente la velocidad, por lo que el resultado es de 13,16 [pie] (4,01 m), utilizando la misma fórmula anterior.