



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

**“REUTILIZACIÓN DEL EFLUENTE GENERADO EN EL  
PROCESO DE LAVADO DE TANQUES ESTACIONARIOS EN LA  
FORMULACIÓN DE PINTURAS BASE AGUA (LÁTEX) TIPO 2”**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar el grado académico de:

**INGENIERA QUÍMICA**

**AUTOR: KAREN LISETH CÁRDENAS ORTEGA**

**DIRECTOR: Ing. CÉSAR ARTURO PUENTE GUIJARRO PhD.**

Riobamba – Ecuador

2021

**© 2021, Karen Liseth Cárdenas Ortega**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, Karen Liseth Cárdenas Ortega, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 11 de febrero del 2022



**Karen Liseth Cárdenas Ortega**

**040184937-7**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

El Tribunal del trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto Técnico, “**REUTILIZACIÓN DEL EFLUENTE GENERADO EN EL PROCESO DE LAVADO DE TANQUES ESTACIONARIOS EN LA FORMULACIÓN DE PINTURAS BASE AGUA (LÁTEX) TIPO 2**”, realizado por la señorita: **KAREN LISETH CÁRDENAS ORTEGA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Mónica Lilián Andrade Ávalos  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



2022-02-11

Ing. César Arturo Puente Guijarro PhD.  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**



2022-02-11

Ing. Mayra Paola Zambrano Vinueza Mgs.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



2022-02-11

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación lo dedico a Dios y en especial a mis padres: Guadalupe Ortega y Hugo Cárdenas y, a mis hermanos: Anita y Hugo, quienes me han apoyado sin condición alguna, en toda mi vida.

También lo dedico a mis abuelitos maternos Julio Ortega y Georgina Morales, que, aunque ya no están presentes, siempre guiaron mi camino para salir adelante, y a mi abuelita paterna, Martha Cárdenas, quien, con la bendición de Dios, aún la tengo presente, quienes a diario me motivaban para salir adelante.

**Karen**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco a Dios, por seguir bendiciéndome y protegiéndome, en mi diario vivir. Así mismo, a mis padres y hermanos, que siempre me han brindado el apoyo incondicional y se han constituido en el pilar fundamental, para la culminación de esta etapa de mi vida; también a mis abuelitos que siempre iluminaron mi camino, para poder lograr esta nueva meta.

Un agradecimiento especial a la empresa WESCO PINTURAS, ZATOTEK, en la persona de su Director Técnico y de Operaciones, Milton Fabián Aguilar y, todo el personal técnico y operativo de la misma, quienes me ayudaron y auspiciaron en esta investigación.

De igual manera, agradezco a mi Director: ING. PHD CÉSAR ARTURO PUENTE GUIJARRO y, mi tutora, ING. MSC. MAYRA PAOLA ZAMBRANO VINUEZA, quienes, destinando parte de su tiempo, me brindaron sus consejos, enseñanzas y experiencias, lo que significó un aporte importante para el desarrollo y conclusión de éste trabajo de investigación.

**Karen**

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS .....	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY .....	xv

### CAPÍTULO I

<b>1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Identificación del Problema.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Justificación del Proyecto .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3. Objetivos .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3.1. General.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3.2. Específicos.....</b>	<b>3</b>

### CAPÍTULO II

<b>2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1. Generalidades sobre el agua .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2. Aguas Residuales.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2.1. Clasificación según su fuente de descarga.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2.2. Características.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2.3. Tratamiento de las Aguas Residuales .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.3.1. Proceso Físico.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.3.2. Proceso Físico- Químico.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.3.3. Proceso Biológicos.....</b>	<b>9</b>
<b>2.3. Medición de Caudales.....</b>	<b>9</b>
<b>2.4. Agua Residual Industrial .....</b>	<b>10</b>
<b>2.4.1. Composición .....</b>	<b>10</b>
<b>2.5. Reutilización.....</b>	<b>10</b>
<b>2.5.1. Reutilización de aguas industriales.....</b>	<b>10</b>
<b>2.5.2. Planificación para la reutilización y recuperación.....</b>	<b>10</b>
<b>2.6. Pintura .....</b>	<b>11</b>
<b>2.6.1. Definición.....</b>	<b>11</b>

<b>2.6.2. Clasificación .....</b>	<b>12</b>
2.6.2.1. <i>Pinturas en Base Agua .....</i>	13
2.6.2.2. <i>Pinturas en Base Solvente .....</i>	13
<b>2.6.3. Tipos de pinturas.....</b>	<b>14</b>
2.6.3.1. <i>Tipos 1.....</i>	14
2.6.3.2. <i>Tipos 2.....</i>	14
2.6.3.3. <i>Tipos 3.....</i>	14
<b>2.6.4. Componente.....</b>	<b>14</b>
2.6.4.1. <i>Pigmentos.....</i>	14
2.6.4.2. <i>Cargas.....</i>	15
2.6.4.3. <i>Resina.....</i>	15
2.6.4.4. <i>Disolvente .....</i>	16
2.6.4.5. <i>Aditivos .....</i>	16
<b>2.7. Procesos de producción de pinturas.....</b>	<b>16</b>
2.7.1. <i>Pesaje.....</i>	17
2.7.2. <i>Dispersión.....</i>	17
2.7.3. <i>Mezclado.....</i>	17
2.7.4. <i>Control de Calidad.....</i>	17
2.7.5. <i>Filtración .....</i>	17
2.7.6. <i>Envasado .....</i>	18
2.7.7. <i>Limpieza .....</i>	18
<b>2.8. Parámetros de control para las pinturas en emulsión base agua látex).....</b>	<b>19</b>

### CAPÍTULO III

<b>3. PARTE EXPERIMENTAL.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1. Localización del proyecto .....</b>	<b>20</b>
<b>3.2. Ingeniería del proyecto .....</b>	<b>22</b>
3.2.1. <i>Ubicación de la parte experimental del proyecto .....</i>	22
3.2.2. <i>Determinación del caudal .....</i>	23
3.2.2.1. <i>Determinación del flujo volumétrico del agua residual.....</i>	23
3.2.3. <i>Muestreo del agua residual del lavado de tanques estacionarios .....</i>	24
<b>3.3. Fases de tratamiento del agua residual.....</b>	<b>25</b>
3.3.1. <i>Primera fase .....</i>	25
3.3.1.1. <i>Caracterización del agua residual .....</i>	25
3.3.1.2. <i>Medición del pH.....</i>	25

3.3.1.3. <i>Determinación de DQO</i> .....	26
3.3.1.4. <i>Determinación de DBO</i> .....	26
3.3.1.5. <i>Determinación de Sólidos Totales</i> .....	27
<b>3.3.2. Segunda fase</b> .....	28
3.3.2.1. <i>Balance de masa en el tanque de lavado</i> .....	28
3.3.2.2. <i>Balance de masa para los residuos (Usando agua de lavado para el tanque)</i> .....	29
3.3.2.3. <i>Pretratamiento del agua residual</i> .....	29
<b>3.3.3. Tercera fase</b> .....	30
3.3.3.1. <i>Elaboración de la nueva fórmula de pintura con el efluente pre-tratado</i> .....	30
3.3.3.2. <i>Materiales utilizados</i> .....	30
3.3.3.3. <i>Determinación de las especificaciones técnicas del control de calidad de la pintura</i> ...	33
3.3.3.4. <i>Determinación del brillo</i> .....	34
3.3.3.5. <i>Determinación de la finura</i> .....	34
3.3.3.6. <i>Determinación del tiempo de secado</i> .....	35
3.3.3.7. <i>Determinación de la viscosidad</i> .....	35
3.3.3.8. <i>Determinación de sólidos totales</i> .....	36
3.3.3.9. <i>Determinación de sólidos por volumen</i> .....	36
3.3.3.10. <i>Determinación de Restregado</i> .....	37
3.3.3.11. <i>Determinación de Lavabilidad</i> .....	38
3.3.3.12. <i>Determinación de Plomo en base seca</i> .....	39

## CAPÍTULO IV

<b>4. RESULTADOS</b> .....	40
<b>4.1. Cálculo del caudal del agua residual</b> .....	40
4.1.1. <i>Resultado</i> .....	40
<b>4.2. Caracterización del agua residual</b> .....	40
<b>4.3. Balance de masa en el tanque de lavado</b> .....	42
4.3.1. <i>Balance de masa para residuos</i> .....	43
4.3.2. <i>Resultado</i> .....	44
<b>4.4. Pre-tratamiento</b> .....	44
<b>4.5. Elaboración de la pintura con diferentes porcentajes del efluente pre-tratado</b> ....	45
4.5.1. <i>Resultado</i> .....	46
<b>4.6. Cumplimiento del control de calidad con la Normativa NTE INEN 1544 para pintura en base agua (látex)</b> .....	47
4.6.1. <i>Resultado</i> .....	49

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>51</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>53</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Características físicas .....	5
<b>Tabla 2-2:</b> Características químicas.....	6
<b>Tabla 3-2:</b> Características biológicas.....	7
<b>Tabla 4-2:</b> Parámetros de pintura en emulsión en base agua (látex).....	19
<b>Tabla 1-3:</b> Coordenada de Planta de Pinturas WESCO .....	21
<b>Tabla 2-3:</b> Descripción de las medidas del tanque de almacenamiento del agua residual .....	22
<b>Tabla 3-3:</b> Volumen del efluente .....	23
<b>Tabla 4-3:</b> Porcentaje del efluente.....	23
<b>Tabla 5-3:</b> Litros de agua residual mensual .....	24
<b>Tabla 6-3:</b> Pintura tipo 1 con agua residual pre-tratada .....	31
<b>Tabla 7-3:</b> Pintura tipo 2 con agua residual pre-tratada .....	32
<b>Tabla 8-3:</b> Pintura tipo 3 con agua residual pre-tratada .....	32
<b>Tabla 1-4:</b> Agua residual producida mensualmente .....	40
<b>Tabla 2-4:</b> Caracterización físico-química.....	40
<b>Tabla 3-4:</b> Caracterización microbiológica.....	41
<b>Tabla 4-4:</b> Pintura tipo 1 con agua residual pre-tratada .....	45
<b>Tabla 5-4:</b> Pintura tipo 2 con agua residual pre-tratada .....	45
<b>Tabla 6-4:</b> Pintura tipo 3 con agua residual pre-tratada .....	46
<b>Tabla 7-4:</b> Parámetros de Calidad NTE INEN 1544 Pintura tipo 1 .....	47
<b>Tabla 8-4:</b> Parámetros de Calidad NTE INEN 1544 Pintura tipo 2 .....	47
<b>Tabla 9-4:</b> Parámetros de Calidad NTE INEN 1544 Pintura tipo 3 .....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b> Clasificación de pinturas .....	12
<b>Figura 2-2:</b> Diagrama de proceso de fabricación de pinturas .....	18
<b>Figura 1-3:</b> Localización de la planta de pinturas WESCO .....	21
<b>Figura 2-3:</b> Tanque de almacenamiento del efluente.....	22
<b>Figura 3-3:</b> Balance de masa producción de pinturas en base agua (látex).....	28
<b>Figura 4-3:</b> Balance de masa residuos de agua de pinturas en base agua (látex).....	29
<b>Figura 5-3:</b> Materiales utilizados para la reutilización del efluente .....	30
<b>Figura 6-3:</b> Diagrama de producción de pinturas en base agua (látex) .....	33
<b>Figura 7-3:</b> Balance de masa producción de pinturas en base agua (látex).....	42
<b>Figura 8-3:</b> Balance de masa residuos de agua de pinturas en base agua (látex).....	43
<b>Figura 9-3:</b> Proceso de Producción y Tratamiento del efluente .....	50

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL AGUA RESIDUAL

**ANEXO B:** NORMATIVA INEN NTE-INEN 1544 – PINTURAS EN EMULSIÓN BASE  
AGUA (LÁTEX) REQUISITOS

**ANEXO C:** TOMA DE MUESTRAS PINTURA LÁTEX Y ENSAYOS DE LABORATORIO.

**ANEXO D:** CUMPLIMIENTO CON LOS OBJETIVOS DE LA EMPRESA WESCO  
PINTURAS.

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>A</b>	Área
<b>°C</b>	Grado Centígrados
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Carbono
<b>d</b>	Día
<b>DBO</b>	Demanda Bioquímica de Oxígeno
<b>DQO</b>	Demanda Química de Oxígeno
<b>g</b>	Gramo
<b>H<sub>2</sub>O</b>	Agua
<b>H<sub>2</sub>S</b>	Ácido Sulfhídrico
<b>h</b>	Hora
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b>L</b>	Litro
<b>m</b>	Metro
<b>ml</b>	Mililitro
<b>mm</b>	Milímetro
<b>min</b>	Minutos
<b>m/s</b>	Metro por Segundo
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro Cúbico
<b>m<sup>3</sup>/ d</b>	Metro Cúbico por día
<b>NTE</b>	Norma Técnica Ecuatoriana
<b>O<sub>2</sub></b>	Oxígeno
<b>Pa.s</b>	Pascales
<b>pH</b>	Potencial de Hidrógeno
<b>Q</b>	Caudal
<b>RPM</b>	Revoluciones por Minuto
<b>s</b>	Segundo
<b>t</b>	Tiempo
<b>UV</b>	Ultra Violeta
<b>µm</b>	Micrómetro
<b>V</b>	volumen
<b>v</b>	velocidad

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación estudió la reutilización del efluente generado en el proceso de lavado de tanques estacionarios de la industria Wesco Pinturas, ubicada en la ciudad de Quito, con el objetivo de reutilizar el agua residual en la formulación de pinturas a base agua. Su metodología inició con un análisis de calidad de agua, determinando los parámetros como: DBO 60,33, pH 8,65, sólidos totales 81,22 y turbiedad: alta; por lo cual, se realizó un balance de masa, donde se comprobó que el efluente contiene pintura 88% y agua 22%. En base a las necesidades de la empresa se realizó un pre-tratamiento, el cual consta de un filtro, previo a almacenar el efluente, adicionando un biosida (0,2%), con ello se realiza el proceso de sedimentación y por último antes de verter el efluente pre-tratado, se realizó una filtración. Se ejecutó pruebas para la adición del efluente en la formulación de pintura base agua T1 (alta calidad), T2 (media calidad), y T3 (baja calidad), llevándolo a cabo a nivel de laboratorio; donde después del proceso de dispersión por aproximadamente 1 hora, a 1300 RPM y, cuando la mezcla presentó su correcta finura, se realizaron dos formulaciones: a) Se reutilizó el 100% del agua residual, dando como resultado una masa corrida; y, b) Utilizándose el 50 % de agua residual, con el 50% de agua potable; obteniendo como resultados su validación con la segunda formulación en los tres tipos, comparándolos y aprobándolos con la norma NTE INEN 1544 para pinturas en base agua (látex); concluyendo que la reutilización del efluente mejora algunos parámetros de calidad y recircula en su totalidad, ayudando a la empresa a reducir tiempo y dinero; recomendando utilizar la formulación a) como nuevo producto.

**Palabras clave:** <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <RECIRCULACIÓN>, <EFLUENTE>, <PINTURA>, <CALIDAD DEL AGUA>, <TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES>.

LEONARDO  
FABIO  
MEDINA  
NUSTE

Firmado digitalmente  
por LEONARDO  
FABIO MEDINA  
NUSTE  
Fecha: 2021.11.18  
09:26:19 -05'00'



2114-DBRA-UTP-2021

## ABSTRACT

This research work studied the reuse of the effluent generated in the process of washing stationary tanks of the Wesco Paints industry, located in the city of Quito, with the objective of reusing the waste water in the formulation of water-based paints. The methodology began with an analysis of water quality, determining parameters such as: BOD 60.33, pH 8.65, total solids 81.22 and turbidity: high; then, a mass balance was performed, where it was found that the effluent contains 88% paint and 22% water. Based on the company needs, a pretreatment was carried out, which consists of a filter before storing the effluent, adding a biocide (0.2%), which is used to carry out the sedimentation process, and finally, before discharging the pretreated effluent, a filtration was carried out. Tests were performed for the addition of the effluent in the water-based paint formulation T1 (high quality), T2 (medium quality), and T3 (low quality), at laboratory level; where after the dispersion process for approximately 1 hour, at 1300 RPM and when the mixture presented its correct fineness, two formulations were made: (a) 100% of the residual water was reused, resulting in a run mass; and, (b) using 50% of residual water, with 50% of potable water; obtaining as results its validation with the second formulation in the three types, comparing and approving them with the NTE INEN 1544 standard for water-based paints (latex); concluding that the reuse of the effluent improves some quality parameters and recirculates in its totality, helping the company to reduce time and money; recommending to use the formulation a) as a new product.

**Keywords:** <CHEMICAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY>, <RECIRCULATION>, <EFFLUENT>, <PAINT>, <WATER QUALITY>, <WASTE WATER TREATMENT>.



Firmado electrónicamente por:  
**ANA GABRIELA  
REINOSO  
ESPINOSA**

Dirección: Panamericana Sur km 1 ½  
[www.espoch.edu.ec](http://www.espoch.edu.ec)

Teléfono: 593 (03) 2 998200  
Código Postal: EC060155

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

#### 1.1. Identificación del Problema

La industria de pinturas para la cual está encaminado este trabajo, tiene una capacidad de producción importante, la que ha venido aumentando desde el año 2013, sus productos principales son: esmaltes, anticorrosivos, pulimentos, removedores, lacas, pintura electrostática en polvo, pintura para señalamiento de tráfico, etc. y se encuentra ubicada en la Panamericana Norte Oe1-51 y Juaquín Mancheno, de la ciudad de Quito, Ecuador. Adicionalmente, el área productiva de la planta se encuentra dividida en las siguientes secciones: planificación de su producción, pesaje, dispersión de cargas, complementación de la materia prima, trituración y control de calidad.

Debido al crecimiento en su producción en pinturas color blanco en base agua y, tomando en cuenta su mayor producción que es pinturas en látex en un 70 - 80%, en los cuales intervienen pinturas en base agua, de color blanco y de diferentes colores, y un 30% de solventes, los residuos líquidos resultantes del lavado de tanques estacionarios tienen un aproximado de 5 739 L mensuales que dependerá de la producción, por lo cual, la gran demanda de estos desechos contienen un alto porcentaje de contaminantes que impide un tratamiento de forma convencional, para ello, la empresa ha visto la necesidad de realizar un estudio que determine la posibilidad de reutilizar estos desechos en una nueva producción de pinturas en base agua.

A pesar que la industria actualmente mantiene medidas de descarga, con un tratamiento para minimizar la presencia de contaminantes en los desechos líquidos generados, la propia naturaleza de sus procesos de producción hace necesario establecer lineamientos para realizar un aporte y disminuir los contaminantes provenientes de este tipo de desechos; como solución a esta problemática y en concientización del medio ambiente la empresa se propone, una reducción a este tipo de residuos líquidos, reutilizándolo en el proceso de formulación de la pintura en base agua, y con ello, evitar el desperdicio del efluente y contribuir a reducir los contaminantes generados por este tipo de residuos líquidos; el resultado de esta reutilización del efluente se verá en la formulación de una pintura en base agua (látex).

## **1.2. Justificación del Proyecto**

La contaminación de residuos industriales sin tratar en especial del proceso de fabricación de pinturas presenta elevados niveles de contaminantes, siendo el caso de la Empresa de pinturas Wesco una de las principales problemáticas que enfrenta. Por ello, la empresa se ve en la necesidad de implementar un proceso de reutilización de los desechos de efluentes generados, con el fin de reducir estos efluentes de manera que la empresa obtenga beneficios tanto económicos como aporte al medio ambiente.

En este proyecto, se van a considerar varios aspectos como: a) La demanda de producción en pinturas color blanco en base agua, ya que mantiene un porcentaje del 70-80%; la orientación en el tratamiento del efluente se lo realizará con el enfoque a una reutilización de éste, el cual proveniente del lavado de tanques del proceso de complementación de pinturas color blanco base agua. Por lo cual, este proyecto tiene como meta aportar de manera significativa a la empresa Wesco mediante la reutilización de los desechos generados en el proceso de lavado de tanques de complementación, logrando así que la empresa reduzca costos y mantenga un rendimiento eficiente con este tipo de desechos, mediante el mejoramiento de la reformulación para que sea posible el uso del residuo sin alterar la calidad del producto que inicialmente se fabrica.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. General**

- ✓ Reutilizar el efluente generado del lavado de tanques estacionarios, para la formulación de pinturas en emulsión base agua (látex).

#### **1.3.2. Específicos**

- ✓ Realizar la caracterización físico-química y microbiológica del efluente, proveniente del lavado de los tanques de complementación de la producción de pinturas de color blanco en base agua de la industria Wesco.
- ✓ Establecer un pre-tratamiento del efluente, para la determinación del proceso adecuado de reutilización.
- ✓ Elaborar una nueva formulación de pintura incluyendo el uso del efluente pre-tratado.
- ✓ Efectuar el control de calidad y verificación del producto final con base en la normativa NTE-INEN 1544.

## CAPÍTULO II

### 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1. Generalidades sobre el agua

El agua es parte de los cuatro recursos naturales más importantes y fundamentales para el ser humano en conjunto con la tierra, aire y energía. En la actualidad es fundamental mantener un buen control en la calidad del agua, independientemente del uso que se tenga; en la historia a finales del siglo XIX no se tomaba en cuenta la calidad y cantidad del agua, hasta que con el desarrollo se fueron notando muchas infecciones a causa de no mantener una limpieza y control de este recurso. (Gómez, 1995: pp. 3-6).

El agua ocupa las tres cuartas partes de la tierra, es decir, es uno de los elementos más abundantes e importantes. Sin embargo, no todos los sectores de donde habita el ser humano tiene disponibilidad de este recurso; la mayor parte del agua en más del 97% se lo encuentra en masas salinas y en océanos, lo cual hace imposible su consumo y utilidad para otros propósitos. El porcentaje restante lo podemos encontrar en sólidos como es en hielo de lo cual también se encuentra en baja proporciones de consumo. Es decir que, para el consumo humano y para la realización de todas sus actividades con este recurso, solo se encuentra disponible el 0,62% que en forma general son lagos, ríos y aguas subterráneas; donde a este tipo de agua se la conoce como agua dulce. (Gómez, 1995: pp. 3-6).

#### 2.2. Aguas Residuales

Se dice que las aguas residuales son un complemento de sólidos y líquidos, cuya calidad se ha dañado por la presencia de agentes contaminantes ya sean por alteraciones o de forma natural. Toda industria crea residuos, de ellos existe una apremiante contaminación hacia el ambiente, ya que poseen altos índices de contaminantes como sólidos suspendidos, aceites y grasas, sustancias orgánicas e inorgánicas disueltas, etc.; por lo cual es importante dar un adecuado tratamiento con la finalidad de ayudar al medio ambiente. (Vaca, 1996).

##### 2.2.1. Clasificación según su fuente de descarga

**a. Doméstica:** también conocidas como aguas servidas, se originan de los desechos humanos, baños, o residuos similares que se los desecha por el sistema de alcantarillado junto con otras

actividades tanto comerciales, industriales o de servicios. Contiene sólidos inferiores al 1%. (Eddy, 1995: pp. 50-60).

**b. Urbanas:** este tipo de aguas se originan en los núcleos de poblaciones urbanas, mantienen similitud en su composición y carga contaminante. (Eddy, 1995: pp. 50-60).

Existen dos aportes que este tipo de aguas generan:

- *Aguas negras o aguas sanitarias*, este tipo de aguas se encuentran contaminadas con materia fecal u orina procedentes de animales y humanos; habitualmente este tipo de aguas residuales provienen de inodoros de domicilios, establos o todo lugar de servicio público. (Gómez, 1995: pp. 3-6).
- *Aguas de lavado doméstico*, se producen por las actividades cotidianas de los seres humanos como la utilización de baño, lavado de ropa, limpieza, preparación de alimentos, etc., éstas aguas contienen altas cantidades de materia orgánica y diversos materiales con presencia de coliformes fecales y DBO. (Gómez, 1995: pp. 3-6).

**c. Industriales:** éste tipo de agua proviene de procesos industriales donde su composición dependerá de la industria u operación que realice y también de la calidad de materia prima que la industria utilice, tecnología empleada, entre otras. Por lo cual, este tipo de aguas pueden variar en sus contenidos como en materia orgánica y compuestos químicos provenientes de industrias alimenticias, curtiembres, mataderos de animales e industrias de celulosa, y finalmente con sustancias orgánicas no degradables e inorgánicas provenientes de industrias textiles, mineras, química y metalúrgicas. (Eddy, 1995: pp. 50-60).

### 2.2.2. Características de las Aguas Residuales

Las caracterizaciones de las aguas residuales pueden clasificarse en físicas, químicas y biológicas.

**Tabla 1-2:** Características Físicas

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Conductividad	Son indicadores de concentración de sólidos disueltos.
Sólidos Disueltos	Son los miligramos de residuos que pasan por el filtro con un tamaño de partícula de $\geq 2 \mu\text{m}$ para que después se evapore y sequen

	a una temperatura 105°C.Éste tipo de sólidos afectan la calidad el agua o efluente.
<b>Sólidos Sedimentables</b>	Es la materia que durante un lapso de tiempo se deposita en la base de un recipiente .
<b>Sólidos Suspendidos</b>	Pueden dar lugar a sólidos que se detienen en un filtro con tamaño de partícula entre 40 a 60 µm luego de ser sometido al proceso de secado a temperatura entre 103 o 105 °C.
<b>Sólidos Totales</b>	Se conoce como la materia de residuos después de someter al agua a un proceso de evaporación o secado a una temperatura entre 103 y 105°C.
<b>Temperatura</b>	La temperatura de las aguas residuales es alta debido a la energía liberada en reacciones bioquímicas, presentes en la degradación de materia orgánica. En un rango de 25 a 35°C se puede presentar actividad microbiana como microorganismos mesófilos.
<b>Turbiedad</b>	El agua pierde su transparencia por la presencia de partículas en suspensión. Se mide con la comparación entre la intensidad de la luz extendida en la muestra y la luz extendida por la suspensión de referencia; su unidad de medida es UNT (Unidades Nefelométricas de Turbiedad).
<b>CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Color</b>	Es causado por los sólidos suspendidos, material coloidal, y sustancias en solución. Mantiene un color inicial como café claro, gris claro después de un tiempo cambia a gris oscuro o negro.
<b>Olor</b>	Se da a los gases producidos por la descomposición de la materia orgánica, mayormente en la presencia de H <sub>2</sub> S. Agua residual Fresca: olor inofensivo.

Fuente: (Eddy, 1995: pp. 50-60).

Realizado por: Cárdenas, K, 2021.

**Tabla 2-2:** Características Químicas

<b>PARÁMETRO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Cloruros	Ion inorgánico presente en las aguas residuales, naturales y tratadas, su presencia afecta al suelo y plantas.
Detergentes	Disminuye la tensión superficial del agua e interfiere en la disolución y absorción de oxígeno presente en el agua, lo

	cual aumenta las concentraciones de DQO Y DBO.
DBO <sub>5</sub>	Es la cantidad de O <sub>2</sub> que demandan las bacterias y hongos durante la estabilización de materia orgánica de descomposición en condiciones aerobias. Se expresa en ppm (mg/L).(Induanálisis, 2019).
DQO	Mide y cuantifica la cantidad de materia orgánica que se puede oxidar, y poderla convertir en CO <sub>2</sub> y H <sub>2</sub> O. En aguas industriales puede ir entre los 50 y 2000 hasta 5000 mgO <sub>2</sub> /l.(Induanálisis, 2019).
Dureza	Cantidad de minerales presentes en el agua, como magnesio y calcio.
Materia Inorgánica	Materia no constituida por carbono, perteneciente a las reacciones químicas de la naturaleza como minerales, cloruros, sales, entre otros.
Nitrógeno Total	Se conoce como un indicador y se utiliza como parámetro en estaciones depuradoras de aguas residuales.
pH	Parámetro que indica los niveles de acidez en una escala menor a 7, mayor a 7 básico e igual a 7 neutro, este tipo de análisis indica el crecimiento biológico y depuración de las aguas residuales.

**Fuente:** (Gómez, 1995: pp. 3-6).

**Realizado por:** Cárdenas, K, 2021.

**Tabla 3-2:** Características Biológicas

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Coliformes Fecales	Generan enfermedades y el agua residual pasa a ser séptica, existe la presencia de <i>Escherichia coli</i> y <i>Klesbiella</i> , entre las más comunes.
Coliformes Totales	Indica la presencia de bacterias y que se encuentran contaminadas con aguas negras o diferentes tipos de desechos.

**Fuente:** (Gómez, 1995: pp. 3-6)

**Realizado por:** Cárdenas, K, 2021.

### 2.2.3. Tratamiento de las Aguas Residuales

Los procesos más comunes para tratar las aguas residuales son: físicos, químicos y biológicos.

#### 2.2.3.1. Proceso físico

- *Desbastes:* son equipos que separan partículas flotantes con gran tamaño como por ejemplo rejillas, tamices o por filtración mecánica las cuales evitan obstrucciones y daños a equipos industriales. (Gómez, 2010: pp. 33-60).
- *Desengrasado:* remueve grasas, materiales flotantes y aceites que se encuentren presentes en las aguas residuales. (Gómez, 2010: pp. 33-60).
- *Sedimentación:* cumple con la función de destituir sólidos sedimentales que se encuentran en suspensión los cuales mantienen una estructura geométrica (rectangulares o circulares) que facilitan el almacenaje del material con ayuda de la gravedad. (Gómez, 2010: pp. 33-60).
- *Flotación:* Tiene como función principal remover todo el material en suspensión que mantenga menor densidad que el agua  $\rho_s < \rho_w$ . (Gómez, 1995: pp. 3-6).
- *Absorción:* Es un proceso donde se remueven micro-contaminantes, como por ejemplo color, fenoles, entre otros. (Gómez, 1995: pp. 3-6).

#### 2.2.3.2. Procesos físico-químico

- *Coagulación-Floculación:* Este tipo de proceso consiste en añadir al agua residual determinados aditivos químicos con el único objetivo de ayudar a la sedimentación de la materia coloidal o también se realiza un proceso donde al aumentar la velocidad de sedimentación se forman flóculos. (Caraballo, 2011: pp. 12-15).
- *Neutralización:* Se utiliza para el tratamiento de aguas residuales ácidas las cuales contienen metales y como objetivo se debe ajustar el valor de su pH, con ello cumplirá uno de los requerimientos necesarios para el tratamiento de aguas residuales. (Silva, 2011: pp. 50-60).
- *Oxidación:* Este proceso elimina compuestos solubles no biodegradables, en donde consiste la realización de una oxidación química en condiciones bajas de temperatura y presión para la mineralización de los contaminantes. (Silva, 2011: pp. 50-60).
- *Intercambio Iónico:* Consiste en la eliminación de minerales. (Gómez, 2010: pp. 33-60).

### 2.2.3.3. *Procesos biológicos*

- *Aireación:* Es un proceso que consiste en purificar el agua residual mediante la eliminación de gases disueltos como gas sulfhídrico, cloro en exceso y gas carbónico, o sustancias oleaginosas provenientes de algas y otros organismos. (Rodas, 2016: pp. 30-40).
- *Pantanos artificiales:* Son estructuras constituida de vegetación hidrófila, suelos y condiciones hídricas. El lecho impermeable está constituido por grava arena, arcilla y vegetación. (Rodas, 2016: pp. 30-40).
- *Lecho de secado:* Proceso de deshidratación durante un período de tiempo determinado tomando en cuenta la temperatura climática y presión, asegurándose que este proceso se lleve a cabo después del proceso físico o químico. (Rodas, 2016: pp. 30-40).

### 2.3. **Medición de Caudales**

Se define caudal como la cantidad de volumen de un fluido por unidad de tiempo; existen 2 métodos para su cálculo.

- **Método volumétrico:** se utiliza para la medición de pequeños caudales, donde mide el tiempo que se necesita para rellenar un determinado recipiente con volumen conocido. (Alvarado, 2016: pp. 30-50).

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

Dónde:

$$Q = \text{caudal (m}^3/\text{d)}$$

$$V = \text{volumen (m}^3\text{)}$$

$$t = \text{tiempo (d)}$$

- **Método Velocidad/ superficie:** este método depende del área por donde recorre el agua multiplicado a la velocidad media de la corriente. La velocidad se la calcula con un objeto que se mantenga flotando y considerando el tiempo que toma una determinada distancia recorrida. (Alvarado, 2016: pp. 30-50).

$$Q = v \times A$$

Dónde:

$$Q = \text{caudal (m}^3/\text{d)}$$

$$V = \text{velocidad media (m/s)}$$

$$A = \text{área (m}^2\text{)}$$

## **2.4. Agua Residual Industrial**

### **2.4.1. Composición**

Este tipo de aguas son el resultado de actividades generadas en operaciones de establecimientos industriales, las cuales inician desde el proceso productivo y finalizan con la limpieza de equipos, por lo cual están compuestas principalmente por sustancias orgánicas e inorgánicas u otros compuestos que dependerán de la producción u operación industrial a la cual estén establecidas (Calvo, 2009: pp. 33-49).

## **2.5. Reutilización**

### **2.5.1. Reutilización de aguas residuales**

Con el aumento de uso del recurso hídrico el cual llega a ser el más importante en la vida de todo ser vivo, se han creado organismos responsables en el cuidado del medio ambiente. Tomando en cuenta que este proceso conlleva un progreso tanto en el control de la contaminación del medio ambiente como también en el suministro de recurso hídrico; el reuso de este material tan importante junto con una buena inversión para su reutilización ayudaría a economizar tiempo y dinero en una planta de producción. En el Ecuador no existe una normativa específica que regule las características físico-químicas y biológicas necesarias para la reutilización industrial de un agua residual de pintura. (Calvo, 2009: pp. 33-49).

### **2.5.2. Planificación para la reutilización y recuperación de aguas residuales**

Los aspectos principales a considerar para un proyecto de reutilización y recuperación se lo consigue tomando en cuenta las necesidades de los tratamientos en un solo plan integral, donde lo hace diferente de un plan convencional para una planta de tratamiento de aguas residuales; en donde, solo se hace mención el tratamiento, el transporte y el vertido de las aguas residuales. (Oliva, 2016: pp. 50-

60).

Para un correcto plan se deberá incluir:

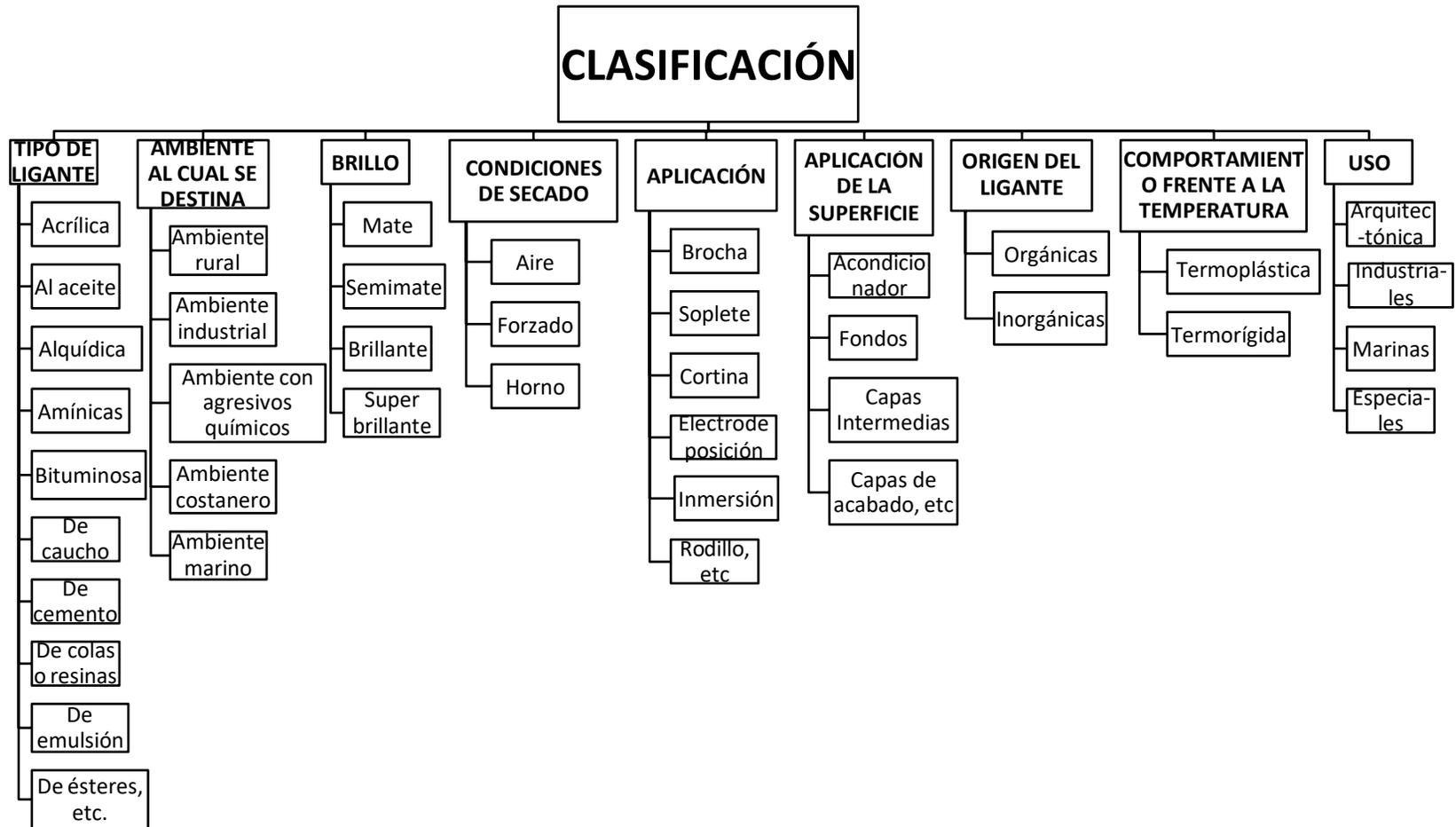
- Determinación de las carencias del tratamiento y evacuación de los efluentes a tratar.
- Determinación de recursos.
- Determinación de los beneficios del agua en función del potencial de reutilización.
- Análisis económico e ingenieril para el agua residual recuperada.
- Desarrollo del plan y análisis financiero. (Eddy, 1995: pp. 50-60).

## **2.6. Pintura**

### **2.6.1. Definición**

Según Inen 1021, se define a una pintura como suspensión coloidal de pigmentos opacos o de color, en la cual pueden intervenir o no varios aditivos los cuales ayudarán a adquirir efectos especiales necesarios para los diferentes tipos de pinturas; cabe recalcar que una buena homogenización de aditivos divisaran las características necesarias para las cuales fueron fabricadas, la unión de estos ligantes se transformarán en un líquido, el cual será capaz de ser aplicado con fluidez; una vez seco se convertirá en una película continua, sólida y opaca capaz de mantener sus características; en caso de que los ligantes no se encuentren en la solución, el fluido se lo puede llevar a cabo mediante un proceso de calor para su movilidad. (NTE – INEN 1021, 1983).

## 2.6.2. Clasificación



**Figura 1-2:** Clasificación de pinturas

**Fuente:** (NTE – INEN 1021, 1983).

**Realizado por:** Cárdenas, K, 2021.

Como se puede apreciar en la Figura 1-2., existe una gama muy amplia en lo que se refiere a la clasificación de las pinturas. En la actualidad se sigue manteniendo un esquema general para la producción de pinturas a nivel mundial, considerando a las industrias nacionales que toman en cuenta etapas similares de los procesos de producción, se conoce dos tipos de pinturas que dependen de la base en la que se forman y éstas son:

#### *2.6.2.1. Pinturas en Base Agua*

Las pinturas de manera general están conformadas de una parte sólida y una líquida; en la parte sólida intervienen pigmentos, cargas y resinas independientemente si son naturales o sintéticos; en la parte líquida su uso se determinará por la base en la que se encuentra formada, en este caso predominará el agua. Una ventaja de la utilización de pinturas en base agua es que mejora la textura, calidad y permite aumentar la productividad de una empresa, así como también ayuda en la parte medio ambiental al no utilizar muchos componentes químicos. Una desventaja que contienen las pinturas en base agua es el contacto con la humedad el cual necesita una incrementación de temperatura para llevar a cabo el secado por evaporación. El proceso sobre la fabricación de pinturas inicia añadiendo cargas como agua, aditivos y agentes dispersantes en un tanque de pre-mezclado, el cual una vez homogenizado toda esta mezcla pasa a un equipo de molienda donde se lleva a cabo el proceso de dispersión; una vez todo incorporado se adiciona las resinas, plastificantes, antiespumantes y preservantes. Finalmente, se verificará sus características; una vez obtenida su consistencia el producto es llevado a un proceso de filtración el cual ayuda a la eliminación de impurezas (10mm) y se procede al envasado del producto terminado. (Gómez, 2010: pp. 33-60).

#### *2.6.2.2. Pinturas en Base Solvente*

En este tipo de pinturas el componente mayoritario es un solvente (líquido volátil), esta pintura mantiene un secado lento en comparación a las pinturas en base agua. La dilución en solvente ayuda a controlar el acabado, mejorar la aplicación en las superficies y aumentar su consistencia. El proceso de producción de este tipo de pintura es igual al mencionado anteriormente, con la diferencia que el componente que lo transporta es un solvente. Se inicia con la homogenización del solvente, aditivos y cargas adicionales, una vez acabado el proceso de dispersión de todos los componentes se añaden tintes y solvente hasta obtener la característica deseada. Finalmente se filtra para evitar impurezas y así envasar para su almacenamiento. (Gómez, 2010: pp. 33-60).

### **2.6.3. Tipos de Pinturas**

#### **2.6.3.1. Tipo 1**

Este tipo de pinturas hacen referencia a la alta resistencia y sobre todo a la denominación de alta calidad sobre todo llevándolas a ser útiles para las partes externas e internas de un lugar no específico, cumpliendo con todos los parámetros y controles de calidad; pese a ser en base agua mantiene una elevada durabilidad, secado y cohesión, sobre todo a una alta resistencia al restregado. La mezcla de esta clase de pintura es de 4 a 1; es decir que por cuatro proporciones de pintura se añade una de agua. (Cárdenas, 2000: pp. 33-49).

#### **2.6.3.2. Tipo 2**

Las pinturas tipo 2 cumple con todos los estándares de calidad, dando un buen rendimiento para exteriores e interiores, con una resistencia media a la abrasión, lavabilidad y restregado. (Cárdenas, 2000: pp. 33-49).

#### **2.6.3.3. Tipo 3**

Las pinturas tipo 3 al igual que los otros tipos de pinturas cumple con todos los parámetros de calidad las cuales tienen baja resistencia al restregado y mayormente son utilizadas para interiores; con la adición de pigmentos tiene la posibilidad de mezcla entre colores y pinturas tipo 1 y 2; este tipo de pinturas son apropiadas para zonas no expuestas tanto a fricciones, polvo y sobre todo para primeras manos. (Cárdenas, 2000: pp. 33-49).

### **2.6.4. Componentes**

Según las características o condiciones a las cuales deben ser aplicados los componentes de las pinturas, éstas se clasifican en:

#### **2.6.4.1. Pigmentos**

Compuesto de materia orgánica e inorgánica el cual proporciona a la pintura las características de color y poder de cubrición. Una de las características que al usar éste tipo de compuestos es que la

pintura toma un aspecto opaco independientemente del estado húmedo o seco en el que se vaya aplicar. Como complemento se puede decir que un pigmento se encuentra conformado por partículas activas las cuales deben mantener una propiedad única que es no ser soluble en presencia de cualquier tipo a cualquier tipo de solvente que se utilice para su transporte. Este compuesto nos ayuda en algunas características necesarias de la pintura como es: reforzar estructuralmente la película, dureza, resistencia a la corrosión y a mejorar su apariencia dependiendo del tipo de pintura.

Es importante mencionar que los pigmentos orgánicos se los utiliza para mantener por un tiempo más prolongado su color y brillo, tienen menor capacidad de cubrimiento, en relación a los agentes químicos y al lugar donde se encuentre su resistencia al calor es muy variable; al contrario de los pigmentos inorgánicos que proporcionan opacidad a la pintura, son más resistentes al calor, son menos hidrófilos y polares debido a sus moléculas iónicas; son mucho más económicos que los orgánicos. (Calvo, 2009: pp. 33-49).

#### 2.6.4.2. *Cargas*

Se presenta como una variación en su composición química encontrándose de manera general como materia orgánica ayudando a mejorar sus propiedades al producto final. Encontramos dos tipos de productos: estendedores y cargas; estos segundos mantienen una estructura esférica de la materia haciéndola más sólida a la pintura, pero intervendrá de manera visible en algunas características del producto como su viscosidad y brillo a diferencia de los estendedores que ayudan en el rendimiento de pigmentos que cubren las superficies y mantienen una estructura laminar. Para que los pigmentos cubiertos se distribuyan de manera homogénea es necesario establecer las diferentes estructuras. Es importante tomar en cuenta que los índices de refracción entre mayor sea su diferencia éste ayudará al ligante y a la carga, mejorando su recubrimiento que es una característica principal en cualquier tipo de pintura. (Calvo, 2009: pp. 33-49).

#### 2.6.4.3. *Resina*

Su principal función es mantener incorporados los pigmentos, cargas y todas las partículas sólidas; cuando éstas se unan de manera homogénea ayudará a mantener su estructura al momento de aplicar y secar: este componente contribuirá en dos características principales como son resistencia y secado. Se lo encuentra mayormente de origen vegetal, pero con los avances tecnológicos ahora es más fácil obtenerlo de manera sintética el cual en combinación con aceites éste se vuelve más resistente a

diferentes agentes químicos y al agua. Existe una infinidad de resinas sintéticas, donde la utilización de estas dependerá de la producción, pero una de las más utilizadas en la industria es la resina alquídica. (Calvo, 2009: pp. 33-49).

#### 2.6.4.4. *Disolvente*

Este componente es utilizado para llegar a la viscosidad óptima según su aplicación, regular la velocidad de evaporación y ayuda en la solubilización de las resinas. Tomando en cuenta que por hoy en día es más fácil encontrar éste producto de naturaleza orgánica, el mayor disolvente que se utiliza en la industria de pinturas es el agua. Cuando un disolvente no se diluye a un ligante en la producción de pinturas se lo conoce como un proceso cosolvente. (Calvo, 2009: pp. 33-49).

#### 2.6.4.5. *Aditivos*

Es un complemento que se encuentra en pequeñas cantidades y su característica principal es organizar las condiciones oportunas para el secado de la pintura e intervenir en el proceso de estabilización al momento de su almacenaje. Señalando algunos aditivos aplicados en la producción de pintura son los que nos ayudan en el mojado de cargas y pigmentos el cual se lleva a cabo en la dispersión y estabilización, tenemos a humectantes y dispersantes; uno de los aditivos que ayuda en la consistencia de la pintura son los espesantes; también encontramos agentes reológicos, los cuales ayudan al comportamiento durante y después de su aplicación; aditivos secantes, que controlan la velocidad de secado; plastificantes, ayudan a la adherencia y flexibilidad del recubrimiento de las superficies; entre otros. (Calvo, 2009: pp. 33-49).

### 2.7. **Procesos de producción de pinturas**

Se puede definir como producción a la actividad de una industria la cual genera bienes materiales, como también la elaboración y preparación de materias primas necesarias para la elaboración de sus productos. El proceso de producción de pinturas varía en su metodología y equipamiento dependiendo de la estructura, tamaño y productos de una empresa. El proceso de fabricación de pinturas de manera normalizada está dividido en las siguientes etapas:

### **2.7.1. Pesaje**

Esta es la fase inicial en donde se realiza la preparación del material necesario para la producción; consiste en el pesaje de la materia prima, los valores están dados según la formulación del producto y del lote planificado. (Cárdenas, 2000: pp. 33-49).

### **2.7.2. Dispersión**

Consiste en la realizar la homogenización de todas las materias primas para ser debidamente incorporadas en un recipiente que mantiene una agitación constante, el agitador ayuda en la mezcla y como principal objetivo tiene el de dispersar todo el material y llegar a la finura deseada. (Cárdenas, 2000: pp. 33-49).

### **2.7.3. Mezclado**

Una vez finalizado bien el proceso de dispersión y obtener la correcta finura se procede a realizar la mezcla incorporando productos principales como disolventes, aditivos y resina. En esta etapa lo primordial es que se dé el proceso de floculación; es decir que se controla su viscosidad, color, densidad, etc. (Cárdenas, 2000: pp. 33-49).

### **2.7.4. Control de Calidad**

Una vez aprobado por la planta de producción la homogenización de todos los componentes que contiene una pintura, se lleva a cabo el proceso de control de calidad en donde se llega a inspeccionar para el cumplimiento de los estándares de calidad de una pintura; cabe recalcar que los valores que debe de cumplir cada producto vienen normalizados dependiendo de sus componentes y usos que contenga el producto. (Cárdenas, 2000: pp. 33-49).

### **2.7.5. Filtración**

Éste proceso se da una vez aceptado por el departamento de control de calidad donde verifican que el producto no presente impurezas y turbiedad por la utilización de resina o barnices. Uno de los métodos mayormente utilizados es el tamizado de plástico o metal; o también la utilización de mallas o filtros los cuales ayudan a remover partículas no dispersas con un tamaño mayor a diez micras.

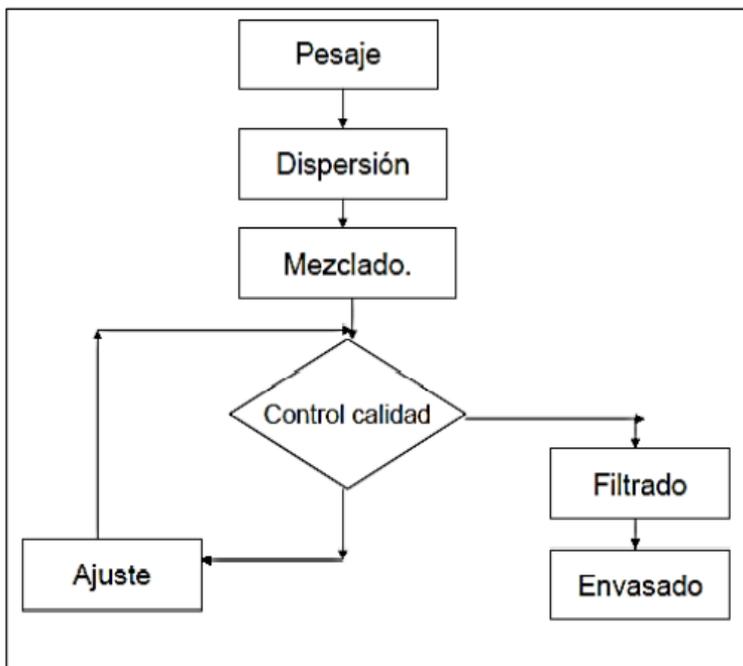
(Cárdenas, 2000: pp. 33-49).

### 2.7.6. *Envasado*

Una vez controlado todo el proceso y dado la aceptación por el departamento de calidad, se lleva a cabo el proceso de envasado en recipientes acordes con el producto; donde estos envases deberán contar igualmente con las normas establecidas de etiquetado, la cual conlleva el nombre del producto, el peso neto, fechas de elaboración, entre otras. (Cárdenas, 2000: pp. 33-49).

### 2.7.7. *Limpieza*

Finalmente, se debe realizar la limpieza de cada lote producido, con la finalidad de evitar irregularidades en la elaboración de lotes diferentes. Para la realización de la limpieza de los equipos y tuberías se utiliza agua o disolventes orgánicos según sea el caso. (Cárdenas, 2000: pp. 33-49).



**Figura 2-2:** Diagrama de Proceso de Fabricación de Pinturas.

**Fuente:** (Cárdenas, 2000: pp. 33-49).

**Realizado por:** Cárdenas, K, 2021.

## 2.8. Parámetros de control para las pinturas en emulsión base agua (látex)

Para cada tipo de pintura se mantiene una normativa donde se especifica los parámetros de control que debe llevarse a cabo en la producción de cada uno de ellos. A continuación, se describe los requisitos a cumplir para la elaboración de pintura en emulsión base agua (látex), basándose en la normativa NTE-INEN 1544. (NTE – INEN 1544, 2019).

**Tabla 4-2:** Parámetros de pintura en emulsión en base agua (látex)

REQUISITOS		RANGO		DESCRIPCIÓN DE MÉTODO	NORMA
		Min.	Máx.		
Brillo		10 %	70%	Se mide con un brillómetro colocándolo sobre la superficie pintada.	NTE INEN 1003
Finura		60 µm	60 µm	Se realiza con un grindometro en una superficie plana.	NTE INEN 1007
Tiempo de Secado	Al tacto	-	1 h	Se considera seco cuando al tacto no queden marcas o su olor no sea tan intenso.	NTE INEN 1011
	Para respirar	-	4 h		
Viscosidad		0,95 Pa.s	3,30 1 Pa.s	Se lo realiza mediante la utilización del viscosímetro.	NTE INEN 1013
Sólidos Totales		40%	-	Los sólidos totales se los realiza por el proceso de secado de la muestra a 110°C.	NTE INEN 1024
Sólidos por Volumen		28%	-	Se mide la masa y el volumen de un recipiente en forma de disco, el cual se encuentra recubierto de la muestra.	NTE INEN 2092
Restregado		Depende del tipo de pintura.		El restregado se lo realiza con una máquina de lavado el cual ayuda a medir la resistencia y	NTE INEN 1542

		durabilidad de la muestra en condiciones como lluvia, smog, viento o sol.	
Lavabilidad	Depende del tipo de pintura.	Se valora la remoción de manchas o impurezas en una película de pintura con una solución determinada (detergente).	NTE INEN 1543
Contenido de Plomo en Base Seca	0,01 00 %	Se determina la cantidad de plomo presente con la utilización del método espectrométrico por absorción atómica.	NTE INEN 2093

**Fuente:** (NTE – INEN 1544, 2019).

**Realizado por:** Cárdenas, K, 2021.

## CAPÍTULO III

### 3. PARTE EXPERIMENTAL

#### 3.1. Localización del proyecto

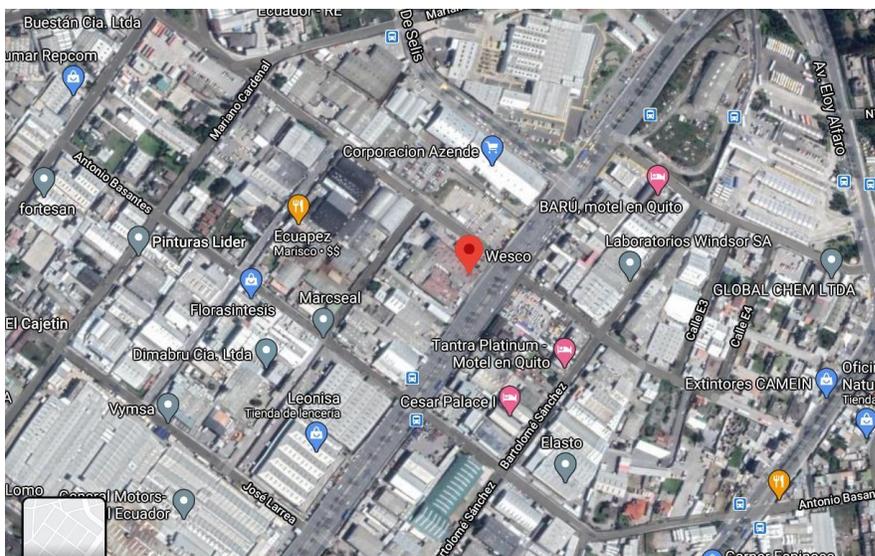
El presente proyecto técnico se realizará en la planta de producción de Wesco Pinturas, el mismo que se encuentra ubicado en Panamericana Norte Oe1- 51 y Joaquín Mancheno, localizado en la ciudad de Quito, Ecuador, con las características siguientes:

**Tabla 1-3:** Coordenadas de Planta de Pinturas Wesco.

Latitud	0°13'47.5 S
Longitud	78°31'29.8 O
Altitud	2 850 m
Clima	Temperatura Promedio Anual 15°C

Fuente: (Google Maps, 2021).

Realizado por: Cárdenas, K, 2021.



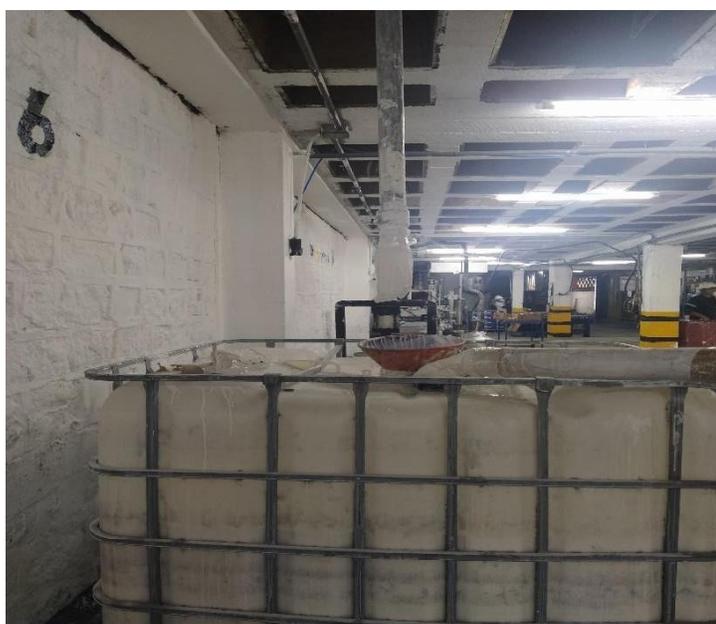
**Figura 1-3:** Localización de la Planta de Pinturas Wesco.

Fuente: (Google Maps, 2021).

### 3.2. Ingeniería del Proyecto

#### 3.2.1. Ubicación de la parte experimental del proyecto

Actualmente la empresa cuenta con tanques estacionarios y móviles para la producción de pintura, la utilización de éstos dependerá del tipo de producción. La parte importante de la investigación es la recuperación del agua proveniente del lavado de tanques estacionarios en donde se realiza la producción de pintura en base agua. El vertimiento de este efluente era en tanques de almacenamiento de agua con una capacidad de 1000 L; después de almacenar todo el efluente y tratarlo, el agua se vertida en la alcantarilla.



**Figura 2-3.** Tanque de almacenamiento del efluente.

Realizado por: Cárdenas, K, 2021.

**Tabla 2-3.** Descripción de las medidas del tanque de almacenamiento del agua residual.

DESCRIPCIÓN	MEDIDAS
Alto (m)	1,35
Largo (m)	1,22
Ancho (m)	1,025
Peso (kg)	25/35 kg
Volumen ( L)	1 000

Realizado por: Cárdenas, K, 2021.

Tomando en cuenta el promedio mensual del efluente que proviene del lavado de tanques estacionarios es de 60 490 L el cual variará dependiendo de su producción mensual.

### 3.2.2. *Determinación del caudal*

Para la determinación del caudal se tomó en cuenta la cantidad diaria de agua que se da al momento de realizar el lavado de los tanques estacionarios; tomando algunas consideraciones como, la cantidad de pintura producida, el número de tanques utilizados y el volumen de agua que se necesita para la limpieza de los tanques estacionarios.

#### 3.2.2.1. *Determinación del flujo del caudal del efluente.*

- Se determina el tiempo y volumen de agua necesaria para lavar los tanques estacionarios donde se produce pintura en base agua.
- Se multiplicó el flujo volumétrico con el tiempo (corridas diarias 3, con el tiempo de llenado del recipiente de almacenamiento 5 minutos).

**Tabla 3-3:** Caudal del efluente.

<b>Capacidad del Tanque (L)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Agua Residual (L)</b>
6 000	30	200

Realizado por: Cárdenas, K, 2021.

- Para determinar el porcentaje de agua residual que se genera, se divide los litros del efluente para la capacidad del tanque.

**Tabla 4-3:** Porcentaje del efluente.

<b>Capacidad del Tanque (L)</b>	<b>Agua Residual (L)</b>	<b>% del Agua Residual (%)</b>
6 000	200	5
6 100	203,3	3
5 900	196,6	2

Realizado por: Cárdenas, K, 2021.

- Se determina los litros de agua residual que se producen mensualmente, tomando su tiempo y volumen.

**Tabla 5-3:** Litros de Agua Residual Mensual

<b>Mes</b>	<b>Volumen del Tanque ocupado en el proceso (L)</b>	<b>Agua Residual (L)</b>	<b>Porcentaje de agua residual producida(%)</b>
Enero	120000	8560	7.13
Febrero	21869	1560	7.13
Marzo	27266	1945	7.13
Abril	91121	6500	7.13
Mayo	6862	4895	7.13
Junio	49906	3560	7.13
Julio	72897	5200	7.13
Agosto	32243	2300	7.13
<b>TOTAL</b>	<b>483923</b>	<b>45 915</b>	<b>9.48</b>

Realizado por: Cárdenas, K, 2021.

### 3.2.3. *Muestreo del agua residual del lavado de tanques estacionarios*

La toma de muestras para la realización del análisis físico-químico se lo realizó durante 3 meses, tomando 1 muestra por cada mes, con el objetivo de comparar resultados entre los diferentes muestreos. La cantidad aproximada de la muestra es de 3 litros. El muestreo fue simple y puntual, tomando en cuenta el tiempo en el que finalizó el proceso y la cantidad de agua requerida para el lavado de los reactores; donde el efluente se depositó en un tanque de almacenamiento; a continuación, se procede a la toma de muestra, considerando las normativas técnicas ecuatorianas como son: NTE INEN 2169:2013 y NTE INEN 2176:2013; utilizando recipientes plásticos previamente esterilizados y con el respectivo etiquetado.

### 3.2.3.1. Caracterización del Agua Residual

Una vez finalizada la toma de muestra, se realiza el transporte para la realización de los análisis respectivos en la determinación de caracteres físico-químicos y microbiológicos presentes en el efluente. Los parámetros necesarios para la determinación del estado de este efluente son: sólidos totales, pH, DBO, DQO, entre otros. La finalidad de conocer los componentes es, para establecer el funcionamiento del agua residual en la formulación de pintura en base agua.

### 3.2.3.2. Medición de pH

Este parámetro nos ayuda a establecer los niveles de acidez y alcalinidad del efluente; es decir mide el potencial de hidrógeno presente en las aguas residuales.

- **Materiales Utilizados para la medición de pH**
  - Muestra del efluente
  - pH metro
  - Vaso de precipitación de 250 ml
  - Soluciones Buffer
  - Agua destilada
- **Procedimiento para la determinación del pH**
  - a. Realizar la calibración del equipo.
  - b. Limpiar con agua destilada el electrodo que nos ayuda a medir el pH.
  - c. Verificar con un termómetro que el efluente se encuentre a temperatura ambiente para después sumergir el electrodo en la muestra.
  - d. Combinar el electrodo con la muestra.
  - e. Anotar el resultado una vez culminado los 15 segundos.
  - f. Repetir el procedimiento para comprobar resultados (mínimo 3 repeticiones).

### 3.2.3.3. Determinación de DQO

Este parámetro nos ayuda a la determinación de la demanda química de oxígeno presente en el efluente proveniente del lavado de tanques en la elaboración de pintura.

- **Materiales utilizados para la determinación de DQO**

- Muestra del agua residual
- Dicromato de potasio
- Sulfato de mercurio
- Equipo de análisis de DQO (placa calefactora para tubos de ensayo a 150°C y espectrofotómetro UV- visible).
- Matraz de 100 -25 ml
- Vasos de precipitación
- Pipetas graduadas 10, 2, 0.5 mL

- **Procedimiento para la determinación de DQO**

- a. Ajustar la placa calefactora a 150°C.
- b. Añadir en los tubos de ensayo sulfato de mercurio.
- c. Preparar la disolución con la muestra del efluente.
- d. Adicionar a la solución el oxidante y el medio ácido.
- e. Homogenizar la unión de la muestra con la mezcla e introducirá los tubos a 150°C por 20 min.
- f. Introducir las muestras al equipo UV-visible
- g. Realizar mínimo dos repeticiones y registrar resultados para su comparación.

### 3.2.3.4. Determinación de DBO

Este método se lleva a cabo en 5 días, en donde se determina la demanda bioquímica de oxígeno presente en el efluente proveniente del lavado de tanques en la elaboración de pintura.

- **Materiales utilizados para la determinación de DBO**

- Muestra del agua residual
- Ácido glutámico
- Solución salina
- Botellas de incubación
- Incubador
- Equipo para la determinación de la concentración de DBO.

- Equipos de refrigeración para el almacenamiento de la muestra.
- Pipetas bacteriológicas 1, 5, 10 ml
- Probetas 1000ml
- Buretas
- **Procedimiento para la determinación de DBO**
- a. Preparar el agua de la dilución y llevarla a 20°C y mantener por un periodo de 1H, evitando que la muestra tenga contacto con el ambiente.
- b. Situar en un compresor y para evitar contaminación de la muestra.
- c. Realizar el procedimiento de siembra.
- d. Neutralizar la muestra
- e. Mantener la muestra en una incubadora a una temperatura de 20°C
- f. Colocar los frascos sellados en la incubadora durante 5 días.
- g. Determinar la presencia de cloro, sustancias tóxicas y otras sustancias a tratar.

#### 3.2.3.5. *Determinación de Sólidos Totales*

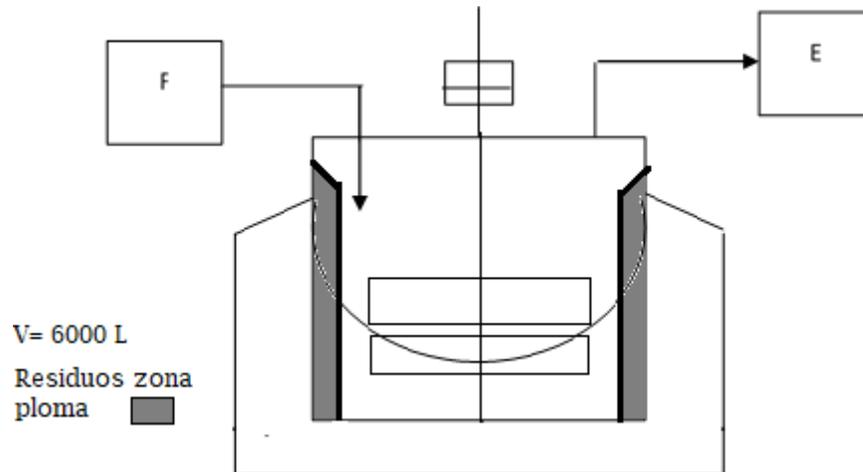
Se comprueba la presencia de material disuelto que se encuentre en suspensión en los tanques de almacenamiento del agua residual proveniente de la elaboración de pintura.

- ***Materiales utilizados para la determinación de los Sólidos Totales***
- Muestra del agua residual
- Balanza
- Estufa
- Desecador
- Cápsulas de evaporación
- ***Procedimiento para la determinación de Sólidos Totales***
- a. Preparar las cápsulas de evaporación en una estufa de 100-105 °C.
- b. Pesar la cápsula antes de introducir la muestra.
- c. Registrar los valores.
- d. Colocar en la cápsula entre 25 a 50 ml del efluente previamente homogenizado.
- e. Llevar la cápsula a la estufa hasta que la muestra no se evapore en su totalidad.
- f. Tomar la muestra y llevarla a la estufa manteniendo a una temperatura entre 100-1005°C.
- g. Enfriar la cápsula en un desecador.
- h. Pesar la cápsula.

i. Anotar datos obtenidos.

### 3.2.4. Segunda fase

#### 3.2.4.1. Balance de Masa en el tanque de lavado



**Figura 3-3:** Balance de masa producción de Pintura en Base Agua (Látex).  
Realizado por: Cárdenas, K, 2021.

#### Datos:

V: Volumen del tanque (L)

t: Tiempo de operación (h)

3%: Residuos en el proceso de descarga (mezcla pintura y agua)

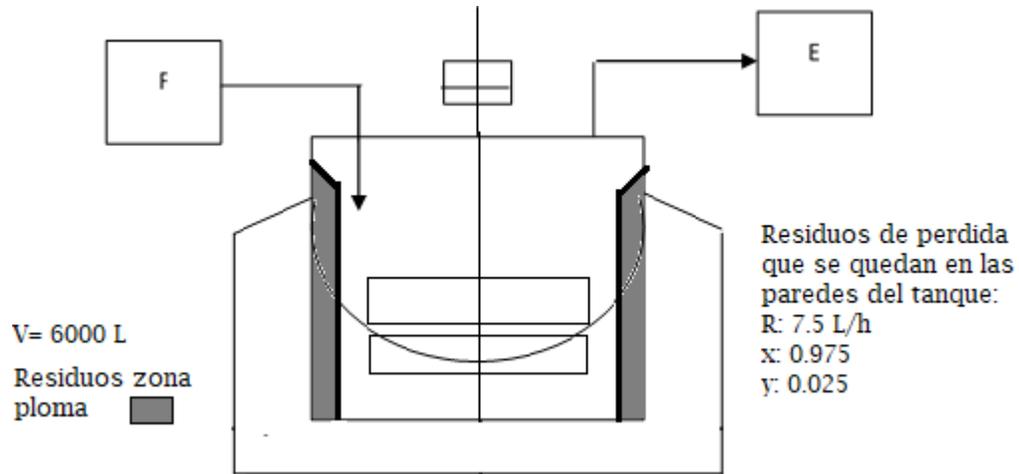
x: (mezcla) composición química de la pintura

y: cantidad de agua adicionada

F: Caudal de entrada (L/h)

S: Caudal de salida (L/h)

### 3.3.2.2. Balance de Masa para los residuos (Usando agua de lavado para el tanque)



**Figura 4-3:** Balance de masa residuos de agua de lavado Pintura en Base Agua (Látex).  
Realizado por: Cárdenas, K, 2021.

#### Datos:

F1: Agua limpia de lavado del tanque (L/h)

S2: Agua de salida de lavado (L/h)

R: Residuos de pérdida de pintura en el tanque(L/h)

$x_{S2}$ : Composición de pintura a la salida del tanque

$y_{S2}$ : Composición de agua en la salida del tanque

### 3.3.2.3. Pre- tratamiento del agua residual

Se realiza el pre-tratamiento del agua residual, basándose en los resultados obtenidos de los análisis físico-químicos y microbiológicos. Como tratamiento para la reutilización del efluente una vez lleno el tanque donde se almacena el agua de lavado; se aplica bactericida, los cuales ayudan a eliminar la presencia de microorganismos ;seguido de eso, se reposa por una semana hasta que los sólidos en suspensión se sedimenten, una vez que ocurra el proceso de sedimentación se procede a reutilizar el efluente, colocando un filtro para evitar el paso de partículas nos dispersas las cuales pueden interferir en la producción de los diferentes tipos de pintura.

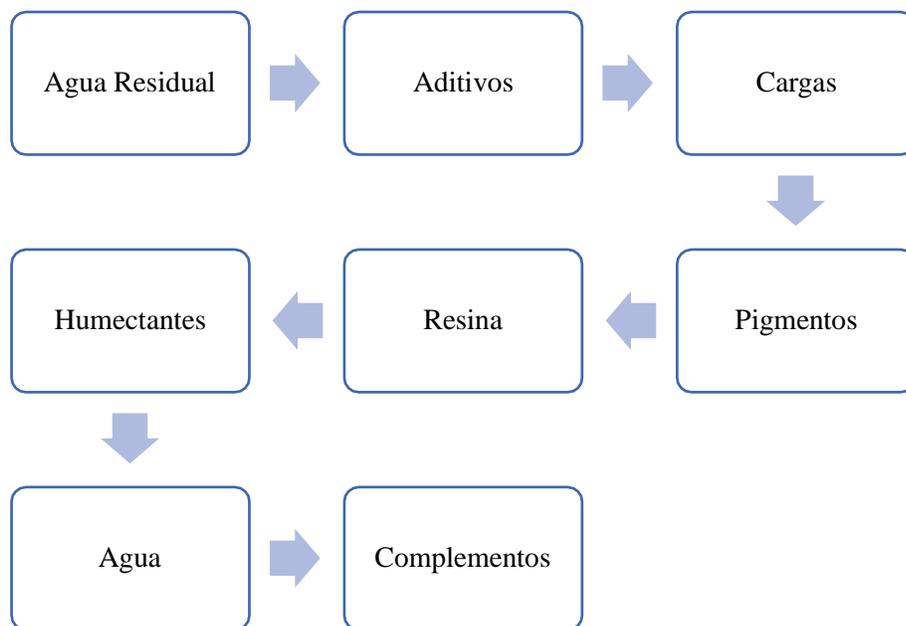
### 3.3.3. Tercera Fase

#### 3.3.3.1. Elaboración de la nueva fórmula de pintura con el efluente pre-tratado

Una vez tratada el agua residual se procede a la elaboración de pintura, donde se verifica también la presencia del efluente en diferentes porcentajes, que ayudará a definir la cantidad de efluente en los tres tipos de pinturas en base agua, sin que la calidad se altere.

#### 3.3.3.2. Materiales Utilizados

Los materiales que se utilizaron para la reutilización del efluente en la formulación de pintura en base agua son:



**Figura 5-3:** Materiales utilizados para la reutilización del efluente.

Realizado por: Cárdenas, K, 2021.

- **Agua Residual.** – Este material se lo obtiene del lavado de tanques en la fabricación de pinturas en base agua, la utilización de este efluente se dio en diferentes cantidades hasta determinar la concentración adecuada en la formulación de pintura. (Cárdenas, 2000: pp. 33-49).

- **Aditivos.** – este aditivo se encarga del acabado de la pintura como por ejemplo secado, y ayuda en la estabilización de la pintura en el momento de almacenamiento; se los utiliza en mínimas cantidades. (Cárdenas, 2000: pp. 33-49).
- **Cargas.** – se la emplea para dar las características necesarias de una pintura, como por ejemplo la utilización de amoníaco que sirve para la eliminación de hongos que puedan hacerse presentes en el proceso. (Cárdenas, 2000: pp. 33-49).
- **Pigmentos.** – se los utiliza como reforzadores de recubrimiento, añadiendo fuerza e integridad a la pintura; reducen la permeabilidad de los agentes corrosivos. La concentración de éste material se encuentra expresada en %, donde va del 100 % en la utilización de pigmentos puros y un 0% cuando se utiliza solventes. Un valor aproximado para minimizar el índice de refracción es 30%. (Cárdenas, 2000: pp. 33-49).
- **Resina.** – este material ayuda a incorporar todas las partículas sólidas que intervienen en la elaboración de pintura; es decir, que una resina ayuda en el adherencia y resistencia. (Cárdenas, 2000: pp. 33-49).
- **Humectantes.** – esta sustancia es empleada para ayudar en su estabilización, dispersión y sobre todo en el mojado de cargas y pigmentos. (Cárdenas, 2000: pp. 33-49).
- **Agua.** – es el solvente principal para el vehículo de todos los componentes de la pintura base agua. (Cárdenas, 2000: pp. 33-49).
- **Complementos.** – este tipo de complemento se lleva a cabo cuando no cumple con la calidad requerida la muestra y se complementa con materiales necesarios, éste dependerá del requisito que no cumpla con la normativa de calidad. (Cárdenas, 2000: pp. 33-49).

**Tabla 6-3:** Pintura tipo 1 con Agua Residual pre-tratada

<b>PARTE DEL PROCESO DONDE SE INCLUYE EL EFLUENTE</b>	<b>% DE AGUA RESIDUAL</b>	<b>RESULTADOS</b>
Inicial	<b>100</b>	La mezcla no cumple con los parámetros técnicos de control de calidad.
Media		
Final		
Inicial	<b>50</b>	La mezcla cumple con los parámetros técnicos de calidad, sin alterar su textura normal de una pintura tipo 1.
Media		
Final		

Realizado por: Cárdenas, K, 2021.

**Tabla 7-3:** Pintura tipo 2 con Agua Residual pre-tratada

<b>PARTE DEL PROCESO DONDE SE INCLUYE EL EFLUENTE</b>	<b>% DE AGUA RESIDUAL</b>	<b>RESULTADOS</b>
Inicial	<b>100</b>	La mezcla no cumple con los parámetros técnicos de calidad.
Media		
Final		
Inicial	<b>50</b>	La mezcla cumple con los parámetros técnicos de calidad, sin alterar su textura normal de una pintura tipo 2.
Media		
Final		

Realizado por: Cárdenas, K, 2021.

**Tabla 8-3:** Pintura tipo 3 con Agua Residual pre-tratada

<b>PARTE DEL PROCESO DONDE SE INCLUYE EL EFLUENTE</b>	<b>% DE AGUA RESIDUAL</b>	<b>RESULTADOS</b>
Inicial	<b>100</b>	La mezcla no cumple con los parámetros técnicos de calidad.
Media		
Final		
Inicial	<b>50</b>	La mezcla cumple con los parámetros técnicos de calidad, sin alterar su textura normal de una pintura tipo 3.
Media		
Final		

Realizado por: Cárdenas, K, 2021.

El proceso de fabricación de las pinturas en base agua o denominadas látex inicia con el pesaje de toda la materia prima, siguiendo con los procesos de carga o adicionamiento del agua y toda la materia prima como es aditivos, cargas y pigmentos, iniciando así el proceso de dispersión en un tiempo aproximado de 45min – 1 hora, a una velocidad entre 1 300 RPM; hasta que el producto mantenga la finura deseada. Una vez aprobado el proceso de dispersión, se lleva a cabo el proceso de complementación, donde en el tanque de mezcla se incorpora espesantes, resinas, y agua, cabe recalcar que en esta parte del proceso se añade el agua residual ya pre-tratada; y se lleva a homogenizar por un tiempo de 20 minutos.

Una vez incorporada la mezcla se añade materia prima y el agua tratada restante; se mantiene el

proceso de homogenización por un tiempo de 10 minutos; y finalmente se realiza el proceso de control de calidad de la pintura en base agua; una vez aprobada la técnica de control se filtra y envasa el producto. Este procedimiento se lo realizó para los diferentes tipos de pinturas 1,2 y 3.



**Figura 6-3:** Diagrama de Producción de Pintura en Base Agua (Látex).  
Realizado por: Cárdenas, K, 2021.

### 3.3.3.3. Determinación de las especificaciones técnicas del control de calidad de la pintura.

Una vez determinadas las concentraciones de agua residual en los tres tipos de pinturas, se procede a la verificación del cumplimiento de la norma de calidad para pinturas en base agua (látex) NTE INEN 1544; esta normativa técnica, se encuentra especificada con los diferentes requisitos que debe cumplir cada tipo de pintura. A continuación, se detallan los requerimientos y procedimientos para cumplir

dicha normativa técnica.

#### 3.3.3.4. *Determinación del Brillo*

Se determina el brillo de una película de pintura tanto pigmentada como transparente con geometría diferente; la cual depende de la cantidad de brillo presente en una pintura o para las aproximaciones a mate para que la geometría varíe ente 20 ° (brillo alto), 60° (brillo alto y para las aproximaciones a mate) y 85° (brillo bajo).

- ***Materiales y equipos***

- a) Equipo para la medición de brillo (brillómetro)
- b) Lámina de vidrio
- c) Aplicador de película con un mínimo de 75 mm de ancho

- ***Procedimiento***

- 1) Se inicia con la preparación de la muestra; en donde, con el aplicador de película se administra la pintura en la lámina de brillo. Se deja secar.
- 2) Para la medición del brillo se verifica el brillómetro, con la geometría de referencia.
- 3) Se coloca el equipo directamente en la película, y se realiza su medición.
- 4) Realizar un mínimo de 3 lecturas para tomar un promedio de los resultados.

#### 3.3.3.5. *Determinación de la Finura*

Este método establece la finura de dispersión de un pigmento o vehículo en una muestra de pintura.

- ***Materiales y equipos***

- a) Equipo grindómetro
- b) Alisador de acero con doble filo.

- ***Procedimiento***

- 1) Realizar la limpieza del grindómetro.
- 2) Colocar el equipo en una superficie plana.
- 3) Colocar un poco de muestra en el grindómetro, evitando la presencia de burbujas.
- 4) Aplicar el alisador sobre la muestra.
- 5) Sostener firmemente el alisador y extender la muestra uniformemente con precaución.
- 6) Observar los resultados obtenidos.
- 7) Repetir éste procedimiento por 3 veces para mantener un promedio en los resultados.

- 8) Limpiar rápidamente el grindómetro en cada finalización del procedimiento.

#### 3.3.3.6. *Determinación del tiempo de Secado*

Éste método nos ayuda a establecer los tiempos de secado, formación de la película de pintura y el tiempo de curado; manteniéndose a una temperatura ambiente.

- ***Materiales y equipos***

- a) Aplicador de película húmeda
- b) Lámina de vidrio

- ***Procedimiento***

- 1) Preparar la muestra con un espesor de  $25 \mu\text{m} \pm 2 \mu\text{m}$
- 2) Aplicar la muestra en la lámina de vidrio
- 3) Extender la muestra con un aplicador que cumpla con las especificaciones del espesor.
- 4) Mantener la muestra para secado en una habitación con ventilación, evitando polvo, gases y otras adversidades que puedan afectar los resultados.
- 5) Repetir el procedimiento por 3 veces, para verificar resultados.

#### 3.3.3.7. *Determinación de la Viscosidad*

Se realiza la medición de la viscosidad de las pinturas en base agua.

- ***Materiales y equipos***

- a) Equipo de Viscosidad (Viscosímetro)
- b) Espátula
- c) Termómetro

- ***Procedimiento***

- 1) Homogenizar la muestra con la espátula.
- 2) Mantener la muestra sin burbujas a una temperatura de  $25 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- 3) Elegir el spindle adecuado para la medición y ajustarlo al equipo.
- 4) Colocar la muestra en el spindle y realizar la lectura.
- 5) Repetir el procedimiento 3 veces y realizar un promedio de los resultados.

### 3.3.3.8. *Determinación de Sólidos Totales*

Se determina el contenido de sólidos totales o materia seca en pinturas en base agua.

- ***Materiales y equipos***

- a) Balanza analítica
- b) Estufa
- c) Pinzas
- d) Papel aluminio
- e) Espátula

- ***Procedimiento***

- 1) Homogenizar la muestra, evitando la presencia de burbujas.
- 2) Pesar el papel aluminio y tararlo en la balanza analítica.
- 3) Pesar sobre el papel aluminio de 0,5 o 1g de muestra.
- 4) Anotar los valores del papel aluminio y el peso de la muestra.
- 5) Llevar a la estufa por 60 minutos a 110°C.
- 6) Pesar el papel con la muestra.
- 7) Anotar los valores.
- 8) Realizar los cálculos necesarios.
- 9) Repetir el procedimiento por 3 veces, y tomar un promedio de los 3 valores.

### 3.3.3.9. *Determinación de Sólidos por Volumen*

Se determina los sólidos por volumen o mayormente conocida como la materia no volátil presente en las pinturas base agua.

- ***Materiales y equipos***

- a) Picnómetro
- b) Vaso de precipitación
- c) Disco de acero
- d) Balanza analítica
- e) Pinzas
- f) Estufa

- g) Cronómetro
- **Procedimiento**
- 1) Homogenizar la muestra.
  - 2) Limpiar y secar el disco de acero en la estufa.
  - 3) Pesar el disco de acero.
  - 4) Colocar la muestra en el vaso de precipitación, para luego colocar en el disco.
  - 5) Tomar en cuenta la temperatura y densidad de la muestra.
  - 6) Introducir el disco en la muestra de 5 a 15mm bajo el nivel superior,
  - 7) Retirarlo y colocar el disco de horno a 110°C por 1h.
  - 8) Enfriar y pesar el disco recubierto en el aire y líquido.
  - 9) Determinar la masa no volátil por secado.
  - 10) Realizar los cálculos y anotar los resultados.
  - 11) Repetir el procedimiento por 3 veces.

#### 3.3.3.10. *Determinación de Restregado*

Se determina la resistencia que tiene una pintura para a la abrasión húmeda en el proceso de recubrimiento.

- **Materiales y equipos**
- a) Solución acusa (5% detergente)
  - b) Equipo de restregado que consiste de: cepillo de cerdas, placa de deslizamiento, soporte del cepillo.
  - c) Láminas plásticas negras mate
  - d) Aplicador de película
- **Procedimiento**
- 1) Homogenizar la muestra.
  - 2) Aplicar la muestra en láminas negras.
  - 3) Realizar la película.
  - 4) Secar la lámina a temperatura ambiente de manera horizontal por 7 días.
  - 5) Colocar la lámina con la película hacia arriba en el equipo.
  - 6) Colocar la solución acuosa.
  - 7) Colocar los cepillos en el soporte.

- 8) Ajustar los soportes.
- 9) Fijar el número de ciclos a realizarse (empieza desde 400); dependerán del tipo de pintura a verificar.
- 10) Retirar la lámina eliminando residuos.
- 11) Secar la lámina en el equipo adecuado (15 min).
- 12) Secar a temperatura ambiente (15 min).
- 13) Anotar valores
- 14) Repetir el procedimiento 3 veces por cada muestra.

#### 3.3.3.11. *Determinación de Lavabilidad*

Se determina la Lavabilidad de una pintura en base agua (látex).

- ***Materiales y equipos***

- a) Labial
- b) Color rojo
- c) Solución de medio lavable
- d) Esponja
- e) Lámina de color negro mate
- f) Aplicador de película
- g) Máquina de lavado

- ***Procedimiento***

- 1) Homogenizar la mezcla.
- 2) Aplicar la mezcla en la lámina
- 3) Secar la lámina a temperatura ambiente por 30min.
- 4) Colocar la lámina en el equipo de lavado.
- 5) Poner el detergente no abrasivo sobre la lámina.
- 6) Colocar los ciclos correspondientes para cada tipo de pintura.
- 7) Colocar en la lámina una línea con labial o color rojo, y colocar 200 ciclos, durante un tiempo de 5-6 minutos.
- 8) Verificar el número de líneas que se eliminan sin dañar la película.
- 9) Anotar el % de manchas que se remueve. (100% - 6, 80% - 5, 50% - 3).

### 3.3.3.12. *Determinación de Plomo en Base Seca*

Se determinar la presencia de plomo en pintura base agua.

- ***Materiales y equipos***

- a) Equipo espectrómetro de absorción atómica de llama
- b) Lámpara descargada de plomo
- c) Bureta
- d) Matraz volumétrico
- e) Equipamiento
- f) Aire comprimido
- g) Acetileno

- ***Procedimiento***

- 1) Realizar la evaporación de la muestra, para la remoción de materia orgánica.
- 2) Verificar la presencia o ausencia de antimonio, para proceder.
- 3) Preparar la solución de ensayo.
- 4) Llevar a cabo el proceso con el equipo.
- 5) Verificar resultados.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

#### 4.1. Cálculo del Caudal del agua residual

**Tabla 1-4:** Agua Residual Producida Mensualmente.

<b>TANQUE (L)</b>	<b>AGUA RESIDUAL (L)</b>	<b>PORCENTAJE DE AGUA RESIDUAL (%)</b>
483923	45 915	9.48

Realizado por: Cárdenas, K, 2021.

##### 4.1.1. Resultado

Realizando los cálculos respectivos para la verificación del agua residual que produce la fábrica, se toma en cuenta el flujo volumétrico entre la capacidad del tanque y el tiempo que lleva el flujo hasta ser almacenado; la cantidad de agua residual que se produce mensualmente en los 8 meses que se tomaron en cuenta da un valor de 45 915 L el cual es suficiente para que este caudal pueda intervenir en el proceso de recuperación y reutilización, tomando en cuenta el porcentaje del efluente de 9.48% es un resultado favorable en éste proceso ya que son pocos los residuos que se quedarán en las paredes del recipiente.

#### 4.2. Caracterización del agua residual

En esta fase se considera los resultados de la caracterización físico-química y microbiológica del efluente a reutilizar.

**Tabla 2-4:** Caracterización físico-química.

<b>MUESTRA</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>RESULTADO</b>
<b>Tanque 6</b>	pH	8.66
	Sólidos Totales	51.3
	Color	Blanco
	Turbiedad	alta

<b>Tanque 7</b>	pH	8,7
	Sólidos Totales	50,5
	Color	Blanco
	Turbiedad	alta
<b>Tanque 9</b>	pH	8,59
	Sólidos Totales	51.85
	Color	Blanco
	Turbiedad	alta

Realizado por: Cárdenas, K, 2021.

**Tabla 3-4.** Caracterización microbiológica.

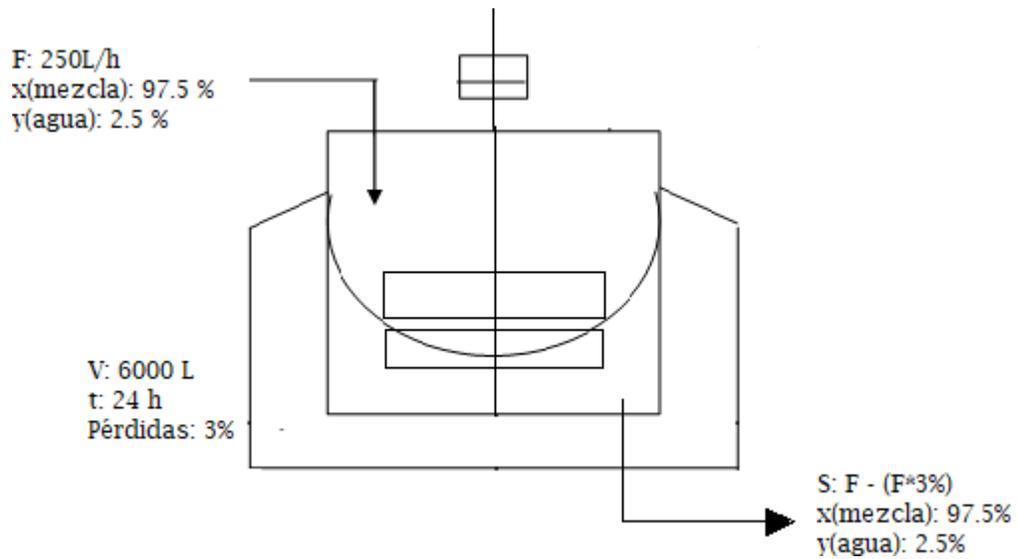
<b>MUESTRA</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>RESULTADO</b>
<b>Tanque 6</b>	DQO	238
	DBO	69
<b>Tanque 7</b>	DQO	267
	DBO	64
<b>Tanque 9</b>	DQO	209
	DBO	48

Realizado por: Cárdenas, K, 2021.

- **Discusión de Resultados**

Respecto a la Norma NTE-INEN 1544 en cuenta el aspecto de turbiedad y color que presenta el agua residual se verifica que este tipo de efluente contiene porcentajes muy altos de pintura, en relación a la presencia de solo agua potable; en cuanto a la presencia de sólidos totales en el efluente, se considera la utilización de un filtro para evitar el paso de material no deseado, y así también se propone el tratamiento terciario para aguas residuales que es el proceso de sedimentación, para minimizar los sólidos en suspensión. Así también, se verifica los altos niveles de DBO, para lo cual es necesario la implementación de bactericidas para su eliminación y que éste no afecte en el proceso de reutilización en la nueva formulación.

#### 4.3. Balance de masa en el tanque de lavado



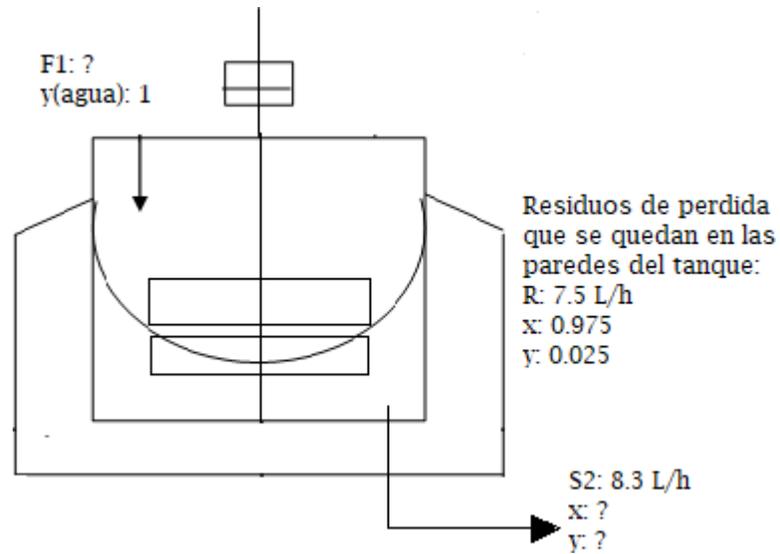
**Figura 7-3:** Balance de masa residuos de agua de lavado Pintura en Base Agua (Látex).

Realizado por: Cárdenas, K, 2021.

#### Solución:

$$E = S + R$$
$$250 \text{ L/h} = S + (F \cdot 3\%)$$
$$250 \text{ L/h} - (250 \cdot 3\%) = S$$
$$S = 242.5 \text{ L/h}$$

### 4.3.1. Balance de masa para residuos



**Figura 8-3:** Balance de masa residuos de agua de lavado Pintura en Base Agua (Látex).

Realizado por: Cárdenas, K, 2021.

#### Solución:

- Balance de Masa

$$E = S$$

$$F1 + R = S2$$

$$F1 = 8.3 - 7.5$$

$$F1 = 0.8 \text{ L/h}$$

- Balance de Componentes (Agua)

$$E = S$$

$$F1 y_{F1} + R y_{R1} = S2 y_{S2}$$

$$0.8 \text{ (L/h)} * 1 + 7.5 \text{ (L/h)} * 0.025 = 8.3 \text{ (L/h)} * y_{S2}$$

$$y_{S2} = 0.12$$

$$y_{S2} = 12\%$$

$$x_{S2} = 1 - y_{S2}$$

$$x_{S2} = 1 - 0.12$$

$$x_{S2} = 0.88$$

$$x_{S2} = 88\%$$

- Eficiencia del proceso de recuperación de los residuos para reutilización

F (Flujo de entrada) = 250 L/h

R (Residuos) = 7.5 L/h

S<sub>2</sub> (Salida del tanque después del lavado) = 8.3 L/h

E (Cálculo de la eficiencia de reutilización)

$$E = \frac{\text{Residuos almacenados}}{\text{Caudal salida}} * 100\%$$

$$E = \frac{7.5}{8.3} * 100\%$$

$$E = 90.36\%$$

Porcentaje de agua de residuos Generados: 9.48%

Porcentaje de eficiencia de reutilización: 90.36%

Porcentaje de residuos reutilizado: 8.57% se reutiliza el 0.91% son residuos totales.

Reutilización de 41507 L de agua residual.

#### **4.3.2. Resultados**

El balance de masa realizado en el proceso de reutilización es necesario para la comprobación de los parámetros necesarios antes de realizar el pre-tratamiento, dando como resultados que el efluente a recuperarse tiene un 88% de pintura, a diferencia del agua que se encuentra en un 22%, comprobando así que, el efluente cuenta con mayor presencia de pintura que de agua, para lo cual se facilita su recuperación en una nueva formulación de pinturas tipo 1, tipo 2 y tipo 3. Además, se comprueba que, la eficiencia de recuperación es del 90.36% de los residuos que contienen el 88% de pintura en su composición, facilitando que el flujo sea recirculado o reutilizado en las formulaciones posteriores y no se trate el caudal.

#### **4.4. Pretratamiento**

Para la verificación del pre-tratamiento del efluente se tomó en cuenta la caracterización físico-química donde dió como resultados que el pH es de 8.66 el cual no interfiere en la formulación, al igual que la turbiedad y color que su presencia es alta; al contrario de los sólidos totales donde se encuentran en un promedio de 81.22, cuyo resultado interfiere en la reutilización, para lo cual es necesario utilizar una malla de 325 micras al inicio de verter el efluente en el tanque de

almacenamiento y, para contrarrestar la presencia de sólidos es necesario llevar a cabo el proceso de sedimentación por una semana, cuando el tanque de almacenamiento se encuentre completamente lleno. En la caracterización microbiológica del efluente se verifica los altos niveles de DBO, para lo cual es necesario la adición de una biosida que se lo añadirá en el proceso de sedimentación en un 0.2% en peso del total de agua; es decir que, por cada 1000 L de agua recuperada se incorpora 1kg de biosida para evitar que el agua cambie sus características.

Una vez determinado el proceso de pre-tratamiento es necesario la verificación de cuanta cantidad de pintura y agua se encuentran en el efluente, para ello, se realiza un balance de masa donde se demuestra que, el efluente contiene en un 88% la presencia de pintura y 22% de agua, por lo cual hace necesaria su reutilización y no su tratamiento para verter en alcantarillado.

#### 4.5. Elaboración de la Pintura con diferentes porcentajes del efluente pre-tratado

**Tabla 4-4:** Pintura tipo 1 con Agua Residual pre-tratada.

<b>PARTE DEL PROCESO DONDE SE INCLUYE EL EFLUENTE</b>	<b>% DE AGUA RESIDUAL</b>	<b>RESULTADOS</b>
Media	<b>50</b>	Cumple con los parámetros de Calidad NTE INEN 1544.

Realizado por: Cárdenas, K, 2021.

**Tabla 5-4:** Pintura tipo 2 con Agua Residual pre-tratada.

<b>PARTE DEL PROCESO DONDE SE INCLUYE EL EFLUENTE</b>	<b>% DE AGUA RESIDUAL</b>	<b>RESULTADOS</b>
Media	<b>50</b>	Cumple con los parámetros de Calidad NTE INEN 1544

Realizado por: Cárdenas, K, 2021.

**Tabla 6-4:** Pintura tipo 3 con Agua Residual pre-tratada.

<b>PARTE DEL PROCESO DONDE SE INCLUYE EL EFLUENTE</b>	<b>% DE AGUA RESIDUAL</b>	<b>RESULTADOS</b>
Media	<b>50</b>	Cumple con los parámetros de Calidad NTE INEN 1544

Realizado por: Cárdenas, K, 2021.

#### **4.5.1. Resultado**

En los ensayos realizados para conocer el porcentaje adecuado del agua residual en la formulación de cada tipo de pintura, se realizó la simulación del proceso de producción a nivel de laboratorio, siguiendo el mismo procedimiento que se da en la planta y tomando en cuenta los parámetros técnicos de calidad, para comprobar que se cumpla con dicha normativa. Dando como resultado que para la pintura tipo 1, la presencia del agua residual pre- tratada interviene en un 50% incorporada en la etapa media del proceso, cuando las cargas ya se encuentran bien homogenizadas; así no interfiere en las características de esta pintura. En la pintura tipo 2 se observó que, la mejor intervención del agua residual es en la parte media del proceso, ya que, al igual que en la pintura tipo 1, todas las cargas ya se encuentran homogenizadas con el agua normal y así la reutilización del efluente no influyen en la formulación, ni en los parámetros de calidad. En la pintura tipo 3, al igual que las anteriormente nombradas, se realiza la incorporación del efluente en la parte intermedia del proceso; cabe recalcar que, en el ensayo de esta pintura, cuando se agregó el 100 % del agua residual, esta mezcla se volvió muy densa y sobrepasó la prueba de finura; también se observó que, añadiendo solo la mitad del espesante se forma una masa corrida, la cual puede ser utilizada para su propio fin.

- **Discusión de Resultados:**

Respecto a la Normativa de calidad NTE-INEN 1544, referente a los parámetros de calidad, los tres tipos de pintura cumplen con las normas; cabe destacar que, se tuvo que realizar la respectiva formulación, como el adicionamiento del 50% del caudal en la etapa media del proceso, para cumplir con estos parámetros establecidos en la Normativa.

**4.6. Cumplimiento del control de calidad con la Normativa NTE INEN 1544 para pintura en base agua (látex)**

**Tabla 7-4:** Parámetros de Calidad NTE INEN 1544 Pintura tipo 1.

<b>PARÁMETROS DE CALIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN 2021</b>	<b>DESCRIPCIÓN 2020</b>	<b>NORMA</b>
<b>Color</b>	Blanco	Blanco	-----
<b>Brillo</b>	7 % a 85 °	8,3% a 85 °	NTE INEN 1003
<b>Finura</b>	5Ns	5Ns	NTE INEN 1007
<b>Tiempo de Secado</b>	CUMPLE	CUMPLE	NTE INEN 1011
<b>Viscosidad</b>	112	111	NTE INEN 1013
<b>Sólidos Totales</b>	58	57	NTE INEN 1024
<b>Sólidos por Volumen</b>	CUMPLE	CUMPLE	NTE INEN 2092
<b>Restregado</b>	CUMPLE	CUMPLE	NTE INEN 1542
<b>Lavabilidad</b>	CUMPLE	CUMPLE	NTE INEN 1543
<b>Contenido de Plomo en Base Seca</b>	CUMPLE	CUMPLE	NTE INEN 2093
<b>pH</b>	8,8	8	-----
<b>Cubrimiento</b>	ok	ok	-----
<b>Densidad</b>	1497	1495	-----

Realizado por: Cárdenas, K, 2021.

**Tabla 8-4:** Parámetros de Calidad NTE INEN 1544 Pintura tipo 2

<b>PARÁMETROS DE CALIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN 2021</b>	<b>DESCRIPCIÓN 2020</b>	<b>NORMA</b>
<b>Color</b>	Blanco	Blanco	-----
<b>Brillo</b>	7,8 % a 85°	7,5 % a 85°	NTE INEN 1003
<b>Finura</b>	5Ns	5Ns	NTE INEN 1007
<b>Tiempo de Secado</b>	CUMPLE	CUMPLE	NTE INEN 1011
<b>Viscosidad</b>	113	112	NTE INEN 1013
<b>Sólidos Totales</b>	54	54	NTE INEN 1024

<b>Sólidos por Volumen</b>	CUMPLE	CUMPLE	NTE INEN 2092
<b>Restregado</b>	CUMPLE	CUMPLE	NTE INEN 1542
<b>Lavabilidad</b>	CUMPLE	CUMPLE	NTE INEN 1543
<b>Contenido de Plomo en Base Seca</b>	CUMPLE	CUMPLE	NTE INEN 2093
<b>pH</b>	8,9	8,1	-----
<b>Cubrimiento</b>	Ok	Ok	-----
<b>Densidad</b>	1432	1441	-----

Realizado por: Cárdenas, K, 2021.

**Tabla 9-4:** Parámetros de Calidad NTE INEN 1544 Pintura tipo 3.

<b>PARÁMETROS DE CALIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN 2021</b>	<b>DESCRIPCIÓN 2020</b>	<b>NORMA</b>
<b>Color</b>	Blanco	Blanco	-----
<b>Brillo</b>	4,8 % a 85 °	4,5% a 85 °	NTE INEN 1003
<b>Finura</b>	5Ns	5Ns	NTE INEN 1007
<b>Tiempo de Secado</b>	CUMPLE	CUMPLE	NTE INEN 1011
<b>Viscosidad</b>	113	112	NTE INEN 1013
<b>Sólidos Totales</b>	57	57	NTE INEN 1024
<b>Sólidos por Volumen</b>	CUMPLE	CUMPLE	NTE INEN 2092
<b>Restregado</b>	CUMPLE	CUMPLE	NTE INEN 1542
<b>Lavabilidad</b>	CUMPLE	CUMPLE	NTE INEN 1543
<b>Contenido de Plomo en Base Seca</b>	CUMPLE	CUMPLE	NTE INEN 2093
<b>pH</b>	9	8	-----
<b>Cubrimiento</b>	ok	ok	-----
<b>Densidad</b>	1481	1486	-----

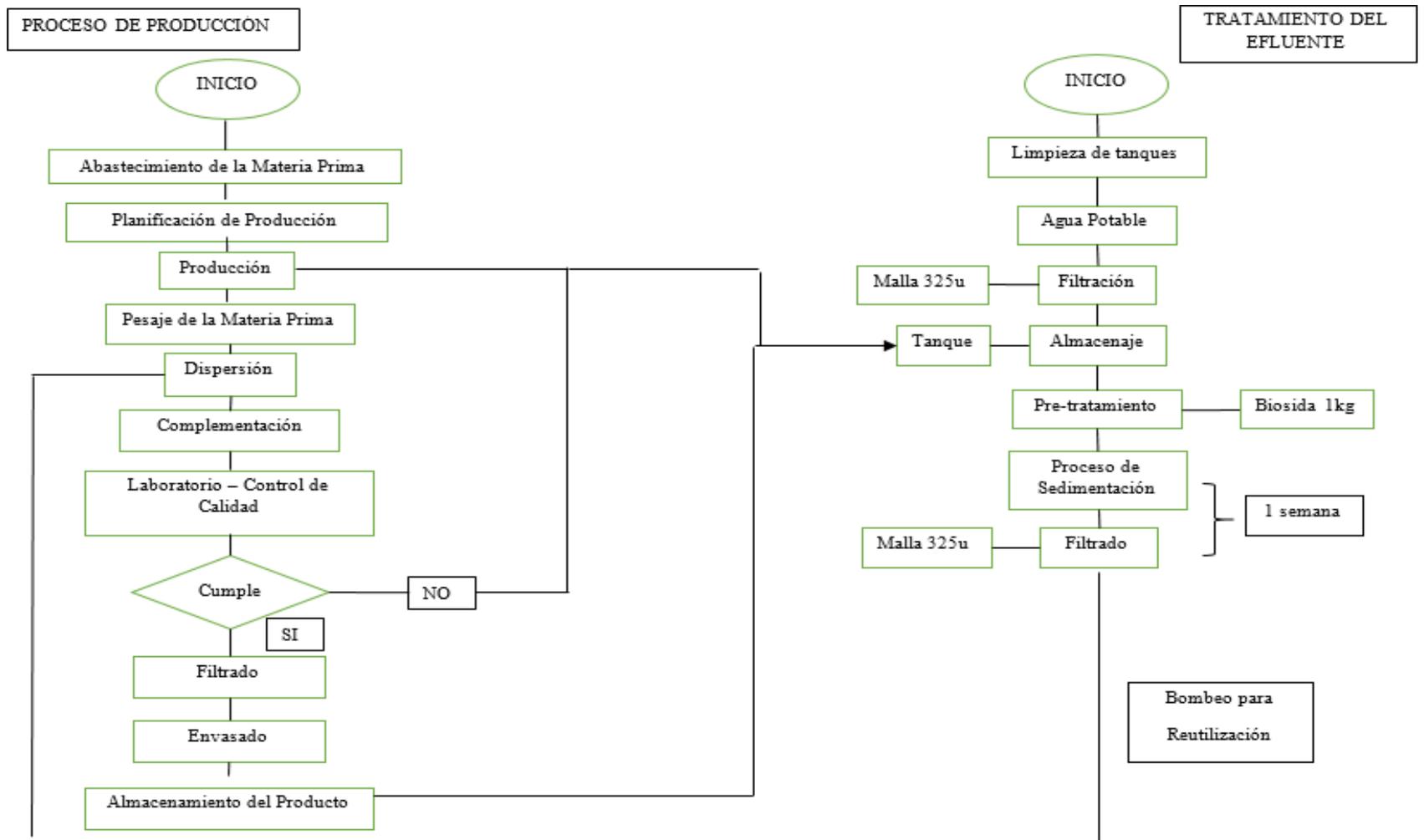
Realizado por: Cárdenas, K, 2021.

#### **4.6.1. Resultado**

En el proceso de control de calidad de los tres tipos de pintura, donde se logró reutilizar al 100% el agua residual proveniente del lavado de tanques estacionarios, se verifica que, este efluente no perjudica la formulación de la pintura, puesto que, se compara cual es el efecto que produce la utilización del efluente después de ser aplicado en la formulación, como se observa en las tablas 7-4, 8-4 y 9-4, los resultados son: color, finura, tiempo de secado, sólidos por volumen, restregado, lavabilidad y cubrimiento no cambian en comparación a la producción anterior, cuando no se utiliza el agua residual y solo se producía con agua normal; también cabe mencionar que existe una mejora en el brillo, viscosidad y pH para los tres tipos de pinturas, los cuales ayudan en la calidad de producción. En el proceso de recirculación el parámetro de densidad para las pinturas tipo 1, 2 y 3 es mucho menor a la formulación cuando no se recircula este efluente, pero no interfiere en su calidad, ya que mejora su aspecto y los rangos se encuentran dentro de los límites permisibles. Los resultados que se obtuvieron a nivel de laboratorio son favorables, puesto que, con la reutilización del 100 por ciento del efluente, se logra mejorar la calidad de cada producto y se disminuyen los costos en la utilización de agua potable.

- **Discusión de Resultados**

Respecto a la Normativa de calidad NTE-INEN 1544, los parámetros (calidad) cumplen con la normativa vigente de las pinturas en base agua (látex), en relación al proceso anterior, ya que, al incorporar una nueva formulación, no altero ni modificó los parámetros de calidad, con esto se logró una optimización del recurso hídrico en el proceso productivo.



**Figura 9-3:** Proceso de Producción y Tratamiento del efluente

Realizado por: Cárdenas, K, 2021.

## CONCLUSIONES

- Se reutilizó el afluente generado del proceso de lavado de tanques estacionarios de la empresa Wesco Pinturas, donde el porcentaje de residuos generados durante el proceso de sedimentación es de 9.48% es decir que, el total del volumen generado durante los primeros 8 meses es de 45 915 L en donde, los residuos que se reutilizan es de un 8,57%, es decir que, el 0.91% restante son residuos sólidos generados en el proceso los cuales se quedan en las paredes del tanque de almacenamiento teniendo un valor de 41 507 L de agua residual reutilizada dando una eficiencia en el proceso de 90,36%.
- Se realizó la caracterización físico-química del efluente dado que la presencia de pH 8.65, turbiedad y color, es alto, y estos resultados se encuentran relacionados con los valores de una pintura; al contrario de sólidos totales de 81.22 g/L, así como también la presencia de DBO 60.33, cuyos resultados requieren de un tratamiento para su acondicionamiento en la nueva formulación; se realizó igualmente, un balance de masa donde el agua se encuentra presente en un 22% y pintura en un 88%, es decir, se verificó que por los resultados obtenidos el efluente tiene más presencia de pintura que solo agua. El volumen del efluente generado en el lavado de tanques estacionarios es de 45 915 L, con este valor se toma en cuenta el porcentaje de reutilización del efluente, conociendo así, que toda el agua residual producida semanalmente se reutiliza al 100%, ya que la producción de pintura blanca en base agua se elabora diariamente.
- Se estableció el proceso de pre-tratamiento para el agua residual, en donde se toma en cuenta inicialmente, el proceso de filtración de sólidos con una malla de 325 micras al momento de almacenar el efluente, siguiendo del proceso de sedimentación que se da por una semana con la adición de un biosida, el cual es incorporado en un 0.2% en relación al peso total del agua recuperada y, finalmente se da la filtración que es llevada a cabo por un filtro, en donde el agua recuperada pasa por una bomba y se traslada al tanque estacionario donde se procede a la producción de pintura.
- Una vez realizado el pre-tratamiento del efluente, se elaboró a nivel de laboratorio la nueva formulación de los tres tipos de pintura blanca en base agua, donde la concentración correcta en relación al 100 % de agua presente en pinturas blancas base agua es: un 50% de agua potable y 50% de agua residual; por lo cual el efluente se adiciona en la parte intermedia del proceso de producción, es decir, después del proceso de dispersión esperando que se homogenicen completamente todas las cargas. Al realizar la incorporación en la formulación

del 100% de agua recuperada y la mitad del espesante, se determinó la formación de una masa corrida la cual se puede considerar como un nuevo producto.

- Se efectuó el proceso de control de calidad para los tres tipos de pinturas en base agua, tomando en cuenta los parámetros de calidad regidos por la norma NTE INEN 1544, donde se cumple con los requisitos establecidos como son para pintura tipo 1: brillo 7% , finura 5Ns, viscosidad 112 U, sólidos totales 58%, restregado cumple, lavabilidad cumple, contenido de plomo cumple, pH 8.8, cubrimiento cumple y densidad 1497g/ml; para pintura tipo 2: brillo 7.8%, finura 5Ns, viscosidad 113 U, sólidos totales 54 %, restregado cumple, lavabilidad cumple, contenido de plomo cumple, pH 8.9, cubrimiento cumple y densidad 1432 g/ml; para pintura tipo 3: brillo 4.8 %, finura 5Ns, viscosidad 113 U, sólidos totales 57%, restregado cumple, lavabilidad cumple, contenido de plomo cumple , pH 9, cubrimiento cumple y densidad 1481 g/ml; por lo cual, se verifica así que la utilización del agua residual ayuda en el mejoramiento de algunos parámetros como es en el brillo, viscosidad y pH, ayudando así a su recuperación total del agua residual y a la reducción de costos en la utilización de agua potable.

## **RECOMENDACIONES**

- Se aconseja, tomar en cuenta el sedimentado que queda en la base del tanque de almacenamiento y buscar un proceso adecuado que permita su reutilización.
- Se sugiere, utilizar la masa corrida como nuevo producto para la venta, destinado a uniformizar superficies internas.
- Se recomienda, llevar una planificación adecuada referente a los tiempos de limpieza y la cantidad de agua potable utilizada en el proceso de limpieza de tanques fijos y móviles, a fin de mantener un registro diario, que acredite la realización de dicha actividad de los tanques y de la persona responsable de esta tarea.

## BIBLIOGRAFÍA

**ALVARADO VALDIVIEZO, Karen Guadalupe.** Diseño de un sistema de tratamiento de aguas para la recirculación en los procesos industriales de la hormigonera de los andes, provincia Chimborazo. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ciencias, Ingeniería Química. Riobamba - Ecuador. 2016. pp. 30-50.

**ASAMBLEA NACIONAL DEL ECUADOR,** 2006. Ley organica de salud - Ecuador. Plataforma Profesional de Investigacion Jurídica [en línea], pp. 46. Disponible en: <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/LEY-ORGÁNICA-DE-SALUD4.pdf>.

**CALVO, J.** 2009. *Pinturas y recubrimientos.: Introduccion a su tecnología.* Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S. A. pp. 33-49.

**CÁRDENAS , Y.** (2000). *TRATAMIENTO DE AGUA COAGULACIÓN Y. SEDAPAL.*

**CARABALLO GOMEZ, Jorge Enrique.** "Una mirada a la Industria de Pinturas en Colombia". (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Tecnológica de Bolívar, Economía y Negocios .Cartagena- Colombia. 2011. pp. 12-15.

**COX VÁSCONEZ, Ana Elizabeth.** Ministerio de Industrias y Productividad. Reglamento técnico Ecuatoriano RTE INEN 061 (1R) [en línea]. Ecuador. [Consulta: 10 enero 2021]. Disponible en: [www.inen.gob.ec](http://www.inen.gob.ec).

**ECUATORIANA, N.** *Servicio Ecuatoriano de Normalización.* [en línea]. Ecuador. 2015. [Consulta: 10 enero 2021]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/n-te-inen-1544-2.pdf>.

**EDDY, M.** *Ingenieria de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización.* 3era ed. Madrid, España: McGRAW-HILL.1995, pp. 50-60.

**FORERO, J.** *Aplicación de procesos de oxidación avanzada como resolución de problemas de tratamiento de aguas..* Bucaramanga 2005, pp.20-23.

**GOMEZ, G.** *MANUAL DE ANÁLISIS DE AGUAS*. Colombia. 1995. pp. 3-6.

**GOOGLE MAPS**, 2021. Ubicación de la empresa. [En línea]. Disponible en: <https://www.google.com.ec/maps/place/Wesco/@-0.1015269,8.4753247,728m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x91d58f7d2463a51d:0x85ec5db4ab5a4c10!8m2!3d-0.1015269!4d-78.473136?hl=es>.

**GÓMEZ BOSSANO, María Gracia.** Reutilización del agua residual de las resinas poliéster, alquídicas y urea formaldehído para la fabricación de pintura base agua (látex) (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ciencias, Ingeniería Química. Riobamba - Ecuador. 2010. pp. 33-60.

**NTE -INEN 1021**, 1983. *Pinturas Clasificación*. Quito: INEN.[en línea]. S.1.: Disponible en: <http://www.trabajo.gob.ec/wpcontent/uploads/1983/10/NTE-INEN-1021-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACIÓN-DE-MUESTRAS.pdf>.

**NTE -INEN 1544**, 2019. *Pinturas Clasificación*. Quito: INEN.[en línea]. S.1.: Disponible en: <http://www.trabajo.gob.ec/wpcontent/uploads/1544/10/NTE-INEN-1021-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACIÓN-DE-MUESTRAS.pdf>.

**OLIVA RODRIGUEZ, Héctor Alfredo.** Análisis de Utilización de recursos en la fabricación de pinturas. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad de San Carlos de Guatemala, Ingeniería, Ingeniería Mecánica Industrial. Guatemala. 2016. pp. 50-60.

**RE CARRERA, Humberto David.** Mejoramiento en la calidad de las aguas residuales de la planta de tratamiento de TEJIDOS PINTEX S.A. para su reutilización en los procesos industriales. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad de las Américas, Ingenierías y Ciencias Agropecuarias, Ingeniería Ambiental. Quito- Ecuador. 2010. pp. 30-40.

**RODAS RODRIGUEZ, Lucía Pamela.** Diseño de un protocolo para el control, prevención y tratamiento de contaminantes generados por una industria de pinturas en el área de producción base agua, base, base aceite y laboratorio. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad de San Carlos de Guatemala, Ingeniería, Ingeniería Química. Guatemala. 2016. pp. 30-40.

**SANCHEZ CASCO, Verónica Paulina.** Rediseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la curtiduría San Vicente de la ciudad de Ambato. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ciencias, Ingeniería Química. Riobamba - Ecuador. 2019. pp. 70-90.

**SILVA ESCOBAR, Oswaldo Javier.** Diseño de un sistema de dispersión utilizando agua de lavado de resinas en la fabricación de pinturas acuosas. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ciencias, Ingeniería Química. Riobamba - Ecuador. 2011. pp. 50-60.

**VACA, M.** *Tratamiento Terciario de Aguas Residuales Por Filtración e Intercambio Iónico.* 1996. XXI Congreso ANIAC.

## ANEXOS

### ANEXO A: ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL AGUA RESIDUAL



Contáctanos: 0998580374 - 032924417  
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

#### INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 23 de diciembre del 2020  
Análisis solicitado por: Srta. Karen Cárdenas  
Tipo de muestras: Aguas residuales Pinturas Wesco  
Localidad: Quito

#### Análisis Químico

Muestra 1: Tanque 6

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
pH	-	4500-H-B	8.66
Turbiedad	NTU	2130-B	7.5 x 10 <sup>6</sup>
Demanda Química de Oxígeno	g/L	5220-D	238
Demanda Bioquímica de Oxígeno	g/L	5210-B	69
Sólidos Totales	g/L	2540-B	51.3

Observaciones:

Atentamente.

GINA  
ELIZABETH  
ALVAREZ  
REYES

Firmado digitalmente por GINA  
ELIZABETH ALVAREZ REYES  
DN: cn=GINA ELIZABETH  
ALVAREZ REYES, o=SAQMIC,  
ou=SAQMIC, email=GINA ELIZABETH  
ALVAREZ REYES@SAQMIC.COM.ec,  
c=EC, serial=1028, reason=SI  
Módulo de Firma de PDF  
Fecha: 2021.10.28 12:29:28.00

Dra. Gina Álvarez R.  
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

## INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 23 de diciembre del 2020  
Análisis solicitado por: Srta. Karen Cárdenas  
Tipo de muestras: Aguas residuales Pinturas Wesco  
Localidad: Quito

### Análisis Químico

Muestra 2: Tanque 7

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
pH	-	4500-H-B	8.70
Turbiedad	NTU	2130-B	$5.7 \times 10^5$
Demanda Química de Oxígeno	g/L	5220-D	267
Demanda Bioquímica de Oxígeno	g/L	5210-B	64
Sólidos Totales	g/L	2540-B	50,5

Observaciones:

Atentamente.

GINA  
ELIZABETH  
ALVAREZ  
REYES

Firmado digitalmente por GINA ELIZABETH ALVAREZ REYES DN: cn=GINA ELIZABETH ALVAREZ REYES, o=SAQMIC, ou=SAQMIC, email=GINA ELIZABETH ALVAREZ REYES@SAQMIC.COM.ec, c=Ecuador

Dra. Gina Álvarez R.  
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO  
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada



# ANEXO B: NORMATIVA INEN NTE-INEN 1544 – PINTURAS EN EMULSIÓN BASE AGUA (LÁTEX) REQUISITOS



Quito – Ecuador

NORMA  
TÉCNICA  
ECUATORIANA

**NTE INEN 1544**  
Segunda revisión  
2015-07

**PINTURAS ARQUITECTÓNICAS. PINTURA EN EMULSIÓN BASE AGUA (LÁTEX). REQUISITOS**

ARCHITECTURAL PAINTS. EMULSION WATER-BASED PAINT. (LATEX). SPECIFICATIONS.

DESCRIPTORES: Pinturas arquitectónicas, pintura en emulsión, pintura base agua, látex, requisitos  
ICS: 87.040

6  
Páginas

NTE INEN 1544

2015-07

**TABLA 1. Requisitos para las pinturas en emulsión base agua (látex)**

Requisitos	Unidad	Tipo 1		Tipo 2		Tipo 3		Tipo 4		Métodos de ensayo	
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.		
B brillo especular <sup>1</sup>	Pinturas mates (ángulo de 85°)	%	-	<10	-	<10	-	<10	-	<10	NTE INEN 1003
	Pinturas semi mates (ángulo de 60°)	%	≥10	<30	≥10	<30	≥10	≥30	≥10	≥30	
	Pinturas semi brillantes (ángulo de 60°)	%	≥30	<70	≥30	<70	≥30	≥70	≥30	≥70	
	Pinturas brillantes (ángulo de 20°)	%	≥70	-	≥70	-	≥70	-	≥70	-	
Finura de dispersión	µm	60	-	60	-	60	-	60	-	60	NTE INEN 1007
	U Hegman	(3)	-	(3)	-	(3)	-	(3)	-	(3)	
Tiempo de secado	Al tacto	h	-	1	-	1	-	1	-	1	NTE INEN 1011
	Para repintar	h	-	4	-	4	-	4	-	4	
Viscosidad <sup>2</sup> a 20°C	Pa.s	0,950	3,301	0,950	3,301	0,950	3,301	0,950	3,301	NTE INEN 1013	
	(U. Krebs)	85	125	85	125	85	125	85	125		
Contenido de sólidos	%	40	-	40	-	40	-	40	-	NTE INEN 1024	
Sólidos por volumen	%	28	-	28	-	28	-	28	-	NTE INEN 2092	
Resistencia a la abrasión húmeda (restregado)	Ciclos	800	-	400	-	100	-	50	-	NTE INEN 1542	
Lavabilidad	%	80	-	50	-	No lavable	-	No lavable	-	NTE INEN 1543	
Contenido de plomo en base seca	%	0,0100	-	0,0100	-	0,0100	-	0,0100	-	NTE INEN 2093	

<sup>1</sup> Las pinturas semimate son conocidas también como satinadas.

<sup>2</sup> La medición del brillo especular se determinará 16 horas (NTE INEN 1003) después de haber sido aplicada la película de pintura con un espesor húmedo de 6 mils, secada a condiciones ambientales de 23 °C ± 2 °C y 50 % ± 5 % humedad relativa.

<sup>3</sup> En el parámetro de viscosidad, las unidades Pa.s son definidas según cálculo teórico matemático mediante el diagrama de Paul N. Gardner, utilizando la equivalencia de 85 KU = 0,950 Pa.s y para 125 KU = 3,301 Pa.s.

<sup>4</sup> El rendimiento se calcula con base en el requisito de sólidos por volumen y se procede igual como en lo descrito en la tabla 1. Requisitos de la NTE INEN 1043.

## 6. INSPECCIÓN

### 6.1 Muestreo

El muestreo debe realizarse de acuerdo con lo indicado en la NTE INEN-ISO 15528 o según el plan de muestreo descrito en la NTE INEN-ISO 2859-1: Tabla 1 Código alfabético del tamaño de muestra y Tabla 2 A Planes de muestreo simple para inspección normal; o de común acuerdo entre las partes.

Para realizar la totalidad de los ensayos, las muestras deben ser preparadas de acuerdo con la NTE INEN-ISO 1513.

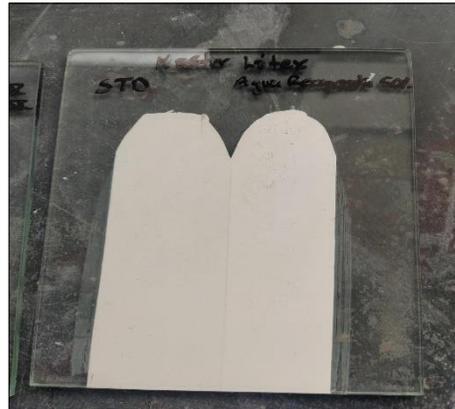
### 6.2 Aceptación y rechazo

En la muestra extraída se efectuarán los ensayos indicados en el capítulo 5 de esta norma.

2015-0216

4 de 6

# ANEXO C: TOMA DE MUESTRAS PINTURA LÁTEX Y ENSAYOS DE LABORATORIO



**Wesco**

**PROPIEDADES**

OP No. \_\_\_\_\_ Viscosidad 114 Kpa

Producto \_\_\_\_\_

Código \_\_\_\_\_ Molienda S25

Fecha de Elaboración \_\_\_\_\_

Hora Aplicación \_\_\_\_\_ Secado \_\_\_\_\_

Espesor Húmedo 2M-110-2480 + 708 + 355

Am-115 - 49.2

85-120 - 11.8

Volumen 108-64 - 26 Densidad 1.435 Kg/Lit

Am-124 - 2.1

26-64 - 24

COMENTARIO Am-113 - 30

Pw-413 - 4.2

ES-200 - 354

EC-315 - 437

ET-404 - 1013

ET-513 - 454

Am-120 - 5.4

(2.2) B2-124 - 1100

**ANEXO D: CUMPLIMIENTO CON LOS OBJETIVOS DE LA EMPRESA WESCO PINTURAS.**

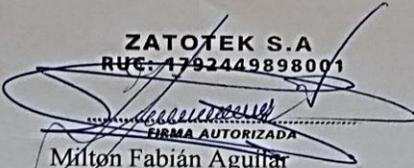


Quito, 25 de Octubre del 2021

**CERTIFICACIÓN:**

Yo, MILTON FABIÁN AGUILAR, en mi calidad de Gerente Técnico y Operaciones, de la empresa **ZATOTEK WESCO PINTURAS**, acredito que la Srta. Karen Liseth Cárdenas Ortega, con cédula de ciudadanía N° 040184937-7, previo a la obtención del Título de Ingeniera Química, ha realizado su trabajo de Titulación en esta Empresa, el mismo que ha cumplido con los objetivos planteados por la señorita estudiante y con los de esta Compañía, obteniendo importantes conclusiones, las mismas que serán implementadas dentro del quehacer productivo; por estas consideraciones estimo que, se ha cumplido con todas las expectativas de dicha investigación, coadyuvando a la empresa en su desarrollo.

Atentamente,

**ZATOTEK S.A**  
**RUC: 1792449898001**  
  
FIRMA AUTORIZADA  
Milton Fabián Aguilar  
**GERENTE TÉCNICO Y OPERACIONES**  
**PINTURAS WESCO**