



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

**DISEÑO DE UN PROCESO PRODUCTIVO DE FABRICACIÓN DE**  
**PINTURA VINIL ACRÍLICA PARA PLACAS DE YESO EN LA**  
**EMPRESA DÉLIBU S.A.S.**

**Trabajo de Titulación**

**Tipo:** Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO QUÍMICO**

**AUTOR:** JHONNY JAVIER LIMA BURGA

**DIRECTOR:** Ing. PAÚL GUSTAVO PALMAY PAREDES MSc.

Riobamba – Ecuador

2022

**©2022, Jhonny Javier Lima Burga**

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

Yo, Jhonny Javier Lima Burga, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 13 de Mayo del 2022

**Jhonny Javier Lima Burga**

**105012228-0**

**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. **DISEÑO DE UN PROCESO PRODUCTIVO DE FABRICACIÓN DE PINTURA VINIL ACRÍLICA PARA PLACAS DE YESO EN LA EMPRESA DÉLIBU S.A.S.**, realizado por el señor **JHONNY JAVIER LIMA BURGA**, 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.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Mónica Lilián Andrade Ávalos MGs. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	_____	2022-05-13
Ing. Paúl Gustavo Palmay Paredes MSc. <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	_____	2022-05-13
Ing. Hugo Segundo Calderon MGs. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	_____	2022-05-13

## **DEDICATORIA**

Este logro se los dedico a todas las personas que de alguna manera estuvieron presentes en mi vida motivándote, guiándome y acompañándome, principalmente a mis padres José Lima y Cristina Burga, y a mis hermanos Leo y Lis quienes son el pilar para cumplir cada una de mis metas; a mi familia en general que siempre me han demostrado su apoyo, a ese padre espiritual que me ha guiado a llegar hasta aquí y a todos aquellos profesores y maestros que me educaron con buenos criterios académicos, morales y profesionales.

*Javier*

## AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento inefable aquel padre espiritual que me cuida y me bendijo haber nacido en una familia con padres que luchan día a día y han dado su vida por educarme y guiarme por el camino correcto.

A mis padres por siempre brindarme su amor y su apoyo incondicional en todas las decisiones que he tomado en este transcurso llamado vida.

A mi familia paterna y materna que estuvieron siempre pendiente de mí, motivándome y haciéndome ver que todo se puede lograr con esfuerzo y dedicación.

Mi sincera gratitud al Ing. Paul Palmay y al Ing. Hugo Calderón, quienes fueron la inspiración para amar la carrera y además me brindaron la mano para ejecutar este proyecto.

Mi gratitud inmensurable a los Ings Lenin, Ana, Saúl, Fernando, Pablo, Juan Carlos y Efraín, quienes fueron mi respaldo para ejecutar los procesos de control en este proyecto y además me formaron como profesional en el ámbito Industrial y laboral.

Y por último a mis compañeros, amigos, para todos los que creyeron en mí desde el día uno, los que me tendieron la mano y los que creyeron en esto; Mi gente siempre se los voy a deber, esto sin ustedes no pudiera ser; esto es para ustedes, vivo un sueño, no lo puedo creer.

*Javier*

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1. Identificación del problema.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Justificación del proyecto.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3. Objetivos del proyecto.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3.1. <i>Objetivo general</i>.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>.....</b>	<b>3</b>

### CAPÍTULO II

<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. Antecedentes del proyecto.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2. Bases conceptuales.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.1. <i>Pintura o recubrimiento</i>.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.1.1. <i>Componentes para la obtención de pintura</i>.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.1.2. <i>Proceso de fabricación de pintura vinil acrílica</i>.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2.1.3. <i>Propiedades de la pintura</i>.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.2. <i>Sistemas constructivos</i>.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2.2.1. <i>Sistema tradicional</i>.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2.2.2. <i>Sistema drywall</i>.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2.3. <i>Requisitos de calidad para pinturas arquitectónicas en emulsión base agua (látex)</i> <i>Norma NTE- INEN 1544</i>.....</b>	<b>24</b>

### CAPÍTULO III

<b>3.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	26
<b>3.1.</b>	<b>Estudio preliminar</b> .....	26
<b>3.2.</b>	<b>Caracterización de la materia prima</b> .....	26
<b>3.2.1.</b>	<i>Solvente</i> .....	26
<b>3.2.2.</b>	<i>Tensoactivo</i> .....	27
<b>3.2.3.</b>	<i>Antiespumante</i> .....	27
<b>3.2.4.</b>	<i>Dióxido de titanio</i> .....	28
<b>3.2.5.</b>	<i>Talco</i> .....	28
<b>3.2.6.</b>	<i>Caolín</i> .....	29
<b>3.2.7.</b>	<i>Carbonato de calcio</i> .....	30
<b>3.2.8.</b>	<i>Hexametáfosfato de Sodio</i> .....	31
<b>3.2.9.</b>	<i>Humectante (Mowi PLUS WX330)</i> .....	31
<b>3.2.10.</b>	<i>Espesante B</i> .....	32
<b>3.2.11.</b>	<i>Ligante</i> .....	32
<b>3.2.12.</b>	<i>Biocida</i> .....	33
<b>3.2.12.1.</b>	<i>Características químicas y físicas</i> .....	33
<b>3.2.12.2.</b>	<i>Características microbiológicas</i> .....	34
<b>3.2.13.</b>	<i>Coalescente</i> .....	34
<b>3.2.14.</b>	<i>Dietilenglicol</i> .....	35
<b>3.3.</b>	<b>Diseño del layout del proceso productivo en Flexsim</b> .....	35
<b>3.3.1.</b>	<i>Selección de unidades a manejar en el simulador (Flexsim)</i> .....	36
<b>3.4.</b>	<b>Procedimientos para el control de calidad a pinturas tipo látex de acuerdo a la Norma NTE- INEN 1544.</b> .....	40
<b>3.4.1.</b>	<i>Determinación de la cantidad de sólidos presente en la pintura</i> .....	40
<b>3.4.2.</b>	<i>Determinación de viscosidad en la pintura</i> .....	41
<b>3.4.3.</b>	<i>Determinación de la finura de dispersión del pigmento-vehículo en la pintura</i> .....	42
<b>3.4.4.</b>	<i>Determinación del brillo especular en la pintura</i> .....	42
<b>3.4.5.</b>	<i>Determinación de los tiempos de secado en la pintura</i> .....	43
<b>3.4.6.</b>	<i>Determinación de la resistencia a la abrasión húmeda (restregado forzado)</i> .....	45
<b>3.4.7.</b>	<i>Determinación de la opacidad</i> .....	46
<b>3.4.8.</b>	<i>Determinación de la densidad</i> .....	46
<b>3.4.9.</b>	<i>Determinación del rendimiento práctico</i> .....	47
<b>3.5.</b>	<b>Requerimientos a considerar para la formulación</b> .....	47

3.5.1.	<i>Mayor rendimiento por m<sup>2</sup> y alta capacidad de recubrimiento para tapar las sombras que se producen entre las uniones, superficies masilladas y no masilladas</i> .....	48
3.5.2.	<i>Capacidad para auto regular y nivelar las superficies masilladas y no masilladas</i> ..	48
3.5.3.	<i>Buena resistencia</i> .....	49
3.6.	<b>Antecedentes para la formulación</b> .....	49
3.7.	<b>Propuesta de formulaciones</b> .....	52
3.8.	<b>Etapas del proceso productivo a escala de laboratorio</b> .....	53

## CAPÍTULO IV

4.	<b>RESULTADOS</b> .....	56
4.1.	<b>Resultados del cálculo del diámetro del disco</b> .....	56
4.2.	<b>Resultados de la formulación en base a cada parámetro de calidad</b> .....	56
4.2.1.	<i>Cantidad de solidos</i> .....	57
4.2.2.	<i>Viscosidad</i> .....	58
4.2.3.	<i>Finura de dispersión</i> .....	59
4.2.4.	<i>Brillo especular</i> .....	63
4.2.5.	<i>Tiempos de secado</i> .....	64
4.2.6.	<i>Resistencia a la abrasión húmeda (restregado forzado)</i> .....	66
4.2.7.	<i>Rendimiento</i> .....	67
4.2.8.	<i>Opacidad</i> .....	69
4.2.9.	<i>Densidad</i> .....	70
4.3.	<b>Resultados de la simulación</b> .....	71
4.4.	<b>Análisis de resultados</b> .....	73
4.5.	<b>Análisis económico</b> .....	78

**CONCLUSIONES**.....81

**RECOMENDACIONES**.....83

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-3:</b>	Características físico-químicas del tensoactivo .....	27
<b>Tabla 2-3:</b>	Características físico-químicas del antiespumante .....	27
<b>Tabla 3-2:</b>	Características físico-químicas del TiO <sub>2</sub> .....	28
<b>Tabla 4-3:</b>	Características físico-químicas del talco .....	29
<b>Tabla 5-3:</b>	Características físico-químicas del caolín .....	29
<b>Tabla 6-3:</b>	Características físicas del CaCO <sub>3</sub> -Impadoc .....	30
<b>Tabla 7-3:</b>	Características químicas del CaCO <sub>3</sub> -Impadoc .....	30
<b>Tabla 8-3:</b>	Características físico-químicas del CaCO <sub>3</sub> -Omya .....	30
<b>Tabla 9-3:</b>	Características físico-químicas del Hexametáfosfato de Sodio .....	31
<b>Tabla 10-3:</b>	Características físico-químicas del Mowi PLUS WX330 .....	32
<b>Tabla 11-3:</b>	Propiedades físico-químicas del espesante B .....	32
<b>Tabla 12-3:</b>	Características físico-químicas del ligante .....	33
<b>Tabla 13-3:</b>	Características químicas y físicas del biocida .....	33
<b>Tabla 14-3:</b>	Características microbiológicas del biocida .....	34
<b>Tabla 15-3:</b>	Características químicas y físicas del coalescente .....	34
<b>Tabla 16-3:</b>	Características químicas y físicas del dietilenglicol .....	35
<b>Tabla 17-3:</b>	Determinación de porcentaje de sólidos de la pintura .....	40
<b>Tabla 18-3:</b>	Determinación de viscosidad en el viscosímetro Stormer .....	41
<b>Tabla 19-3:</b>	Determinación de la finura de dispersión de sistemas pigmento-vehículo .....	42
<b>Tabla 20-3:</b>	Determinación del brillo especular en la pintura .....	42
<b>Tabla 21-3:</b>	Determinación de los tiempos de secado en la pintura .....	43
<b>Tabla 22-3:</b>	Determinación de la resistencia a la abrasión húmeda (restregado forzado) .....	45
<b>Tabla 23-3:</b>	Determinación de la opacidad .....	46
<b>Tabla 24-3:</b>	Determinación de densidad .....	46
<b>Tabla 25-3:</b>	Determinación del rendimiento práctico .....	47
<b>Tabla 26-3:</b>	Fórmula base .....	49
<b>Tabla 27-3:</b>	Resultados de los parámetros de calidad de la fórmula base .....	50
<b>Tabla 28-3:</b>	Variables establecidas para la experimentación .....	52
<b>Tabla 29-3:</b>	Variables establecidas para la experimentación .....	52
<b>Tabla 30-3:</b>	Formulaciones experimentales .....	53
<b>Tabla 31-3:</b>	Formulaciones experimentales .....	53
<b>Tabla 32-3:</b>	Etapas del proceso productivo a escala de laboratorio .....	53
<b>Tabla 1-4:</b>	Resultados obtenidos del material no volátil (porcentaje de sólidos) .....	57
<b>Tabla 2-4:</b>	Resultados obtenidos del parámetro de viscosidad .....	58

<b>Tabla 3-4:</b>	Resultados obtenidos del parámetro finura de dispersión .....	60
<b>Tabla 4-4:</b>	Resultados obtenidos del parámetro del brillo especular.....	63
<b>Tabla 5-4:</b>	Resultados obtenidos del parámetro tiempo de secado .....	64
<b>Tabla 6-4:</b>	Resultados obtenidos del parámetro resistencia a la abrasión húmeda (restregado forzado).....	66
<b>Tabla 7-4:</b>	Resultados obtenidos del parámetro de rendimiento .....	68
<b>Tabla 8-4:</b>	Resultados obtenidos del parámetro de la opacidad m <sup>2</sup> .....	69
<b>Tabla 9-4:</b>	Resultados obtenidos del parámetro de densidad .....	71
<b>Tabla 10-4:</b>	Resultados finales de cada parámetro con respecto a cada formulación.....	73
<b>Tabla 11-4:</b>	Comparación de capacidad de recubrimiento entre pinturas comerciales .....	75
<b>Tabla 12-4:</b>	Costo de la materia prima .....	78
<b>Tabla 13-4:</b>	Costo de materiales implementados en la instalación tradicional de placas de yeso .....	79
<b>Tabla 14-4:</b>	Costo de materiales implementados en la instalación de placas de yeso sin el estucado .....	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2.</b>	Disposición de las fijaciones en la placa de yeso cartón .....	20
<b>Figura 2-2.</b>	Tratamiento de juntas .....	21
<b>Figura 1-3.</b>	Selección de unidades.....	36
<b>Figura 2-3.</b>	Primera etapa del proceso .....	37
<b>Figura 3-3.</b>	Segunda etapa del proceso .....	37
<b>Figura 4-3.</b>	Tercera etapa del proceso .....	38
<b>Figura 5-3.</b>	Cuarta etapa del proceso .....	39
<b>Figura 6-3.</b>	Quinta etapa del proceso.....	39
<b>Figura 1-4.</b>	Disco Cowles.....	56
<b>Figura 2-4.</b>	Grindómetro .....	60
<b>Figura 3-4.</b>	Incremento del dispersante en las muestras .....	62
<b>Figura 4-4.</b>	Datos de densidad.....	70
<b>Figura 5-4.</b>	Simulación del proceso completo en Flexsim .....	72

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-2.</b>	Diagrama de bloque del proceso de elaboración de la pintura.....	13
<b>Gráfico 2-2.</b>	Requisitos para las pinturas en emulsión base agua (látex) .....	25
<b>Gráfico 1-3:</b>	Variación de características según el PVC.....	51
<b>Gráfico 1-4.</b>	Comparativo del porcentaje de sólidos en los ensayos realizados .....	58
<b>Gráfico 2-4.</b>	Comparativo de la viscosidad en los ensayos realizados .....	59
<b>Gráfico 3-4.</b>	Comparativo de la finura de dispersión en los ensayos realizados .....	61
<b>Gráfico 4-4.</b>	Comparativo del brillo especular en los ensayos realizados .....	64
<b>Gráfico 5-4.</b>	Comparativo del tiempo de secado libre al tacto en los ensayos realizados .....	65
<b>Gráfico 6-4.</b>	Comparativo del tiempo de secado libre para repintar en los ensayos realizados	66
<b>Gráfico 7-4.</b>	Comparativo de la resistencia a la abrasión húmeda en ensayos realizados .....	67
<b>Gráfico 8-4.</b>	Comparativo del rendimiento en ensayos realizados .....	68
<b>Gráfico 9-4.</b>	Comparativo de la opacidad en ensayos realizados .....	70

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A.** EQUIPO DE AGITACIÓN Y DISCO TIPO COWLES EMPLEADOS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO TIPO TÉCNICO
- ANEXO B.** PROCESO PARA EL ANÁLISIS DE LA CANTIDAD DE SÓLIDOS DE LA PINTURA EN BASE A LA NORMA INEN NTE-1024, 2016
- ANEXO C.** ANÁLISIS DE VISCOSIDAD EN UN VISCOSÍMETRO TIPO STORMER DE ACUERDO A LA NORMA INEN-NTE 1013
- ANEXO D.** EQUIPO DE RESTREGADO PARA EL ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA AL RESTREGADO DE ACUERDO A LA NORMA INEN-NTE 1542
- ANEXO E.** DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA ANTE EL RESTREGADO DE ACUERDO A LA NORMA INEN-NTE 1542
- ANEXO F.** DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA ANTE EL RESTREGADO DE ACUERDO A LA NORMA INEN-NTE 1542
- ANEXO G.** DETERMINACIÓN DE OPACIDAD EN CARTAS DE CONTRASTE
- ANEXO H.** NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1544-2018. PINTURAS ARQUITECTÓNICAS. PINTURA EN EMULSIÓN BASE AGUA (LÁTEX). REQUISITOS

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>INEN</b>	Instituto Ecuatoriano de Normalización
<b>ISO</b>	Organización Internacional de Normalización.
<b>TMP</b>	Tamaño medio de Partícula
<b>VOC</b>	Compuestos Orgánicos Volátiles
<b>VAM</b>	Acetato de vinilo
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>Cps</b>	Centipoises (Unidad de viscosidad)
<b>KU</b>	Unidades Krebs (Unidad de viscosidad)
<b>Ω.m</b>	Ohmímetro (Unidad de Resistividad)
<b>NS</b>	Unidad de Finura escala Hegman
<b>ppm</b>	partes por millón
<b>GU</b>	Unidades de Brillo

## RESUMEN

El trabajo se basó en el diseño de un proceso productivo de fabricación de pintura vinil acrílica en la empresa Pinturas Decorativas (DÉLIBU) S.A.S. aplicable a placas de yeso. Se caracterizó la materia prima y analizando la formulación mediante requisitos de calidad que establece la Norma INEN-NTE 1544-2018 y otros parámetros como la densidad, opacidad y rendimiento; se identificó que la pintura no cumplía los parámetros de opacidad, rendimiento ni tampoco los requisitos de calidad para considerarlo una pintura tipo 2; por tanto, se contempló aumentar en un 50% la cantidad del ligante y del pigmento, adicionalmente se planteó reducir el Carbonato de Calcio en un 35 y 70 por ciento y aumentar el Hexametáfosfato de Sodio en un 35 y 70 por ciento, teniendo así cuatro tratamientos denominados T1, T2, T3 y T4. El proceso productivo se simuló en la plataforma Flexsim y los ensayos se desarrollaron en un agitador mecánico de frecuencia variable de 60 Hertz. Tras realizar los ensayos y evaluar con los requisitos de calidad se concluyó que la mejor formulación que cumple con la Norma es el tratamiento T2; en cuanto los requerimientos del consumidor, se obtuvo un rendimiento de 12,393m<sup>2</sup> por litro y por mano de aplicación, la capacidad de opacidad fue superior en relación a tres pinturas comerciales logrando un recubrimiento total con dos manos de aplicación. Al culminar el trabajo se pudo notar que se puede cambiar la metodología en el acabado de las placas de yeso evitando estucar por completo y aplicando de forma directa la pintura, de esta manera se logra un ahorro de 0,54 de dólar por m<sup>2</sup>. Para mejorar la capacidad de la pintura, se recomendó utilizar otro tipo de dispersante, ya que el Hexametáfosfato de Sodio empleado en la formulación no contribuyó notablemente como un reductor de viscosidad.

**Palabras clave:** <VINIL ACRÍLICA>, <(DRYWALL) CARTÓN YESO>, <LIGANTE>, <DISPERSIÓN>, <MEZCLADO>, <HEXAMETAFOSFATO DE SODIO>, <CARBONATO DE CALCIO>, <OPACIDAD>.

LEONARDO  
FABIO  
MEDINA  
NUSTE

Firmado digitalmente por  
LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE  
Nombre de reconocimiento (DN):  
c=EC, o=PARQUE CENTRAL DEL  
ECUADOR, ou=ENTIDAD DE  
CERTIFICACION DE INFORMACION-  
ECIECE I-QUITO,  
serialNumber=0002521405,  
cn=LEONARDO FABIO MEDINA  
NUSTE  
Fecha: 2022.06.27 16:18:56 -05'00'



1168-DBRA-UTP-2022

## ABSTRACT

The work was based on the design of a production process for the manufacture of vinyl acrylic paint in the company of Decorative Paints (DÉLIBU) S.A.S. applicable to plasterboards. The raw material was characterized and analyzing the formulation through quality requirements established by the INEN-NTE 1544-2018 Standard and other parameters such as density, opacity and performance; it was identified that the paint did not meet the parameters of opacity, performance nor the quality requirements to consider it a type 2 paint; therefore, it was considered to increase the quantity of binder and pigment by 50%; additionally it was proposed to reduce the calcium carbonate by 35 and 70% and to increase the sodium hexametaphosphate by 35 and 70%, thus having four treatments called T1, T2, T3 and T4. The production process was simulated on the FlexSim platform and the tests were carried out on a 60 Hertz variable frequency mechanical shaker. After carrying out the tests and evaluating the quality requirements, it was concluded that the best formulation that complies with the Standard is the T2 treatment; in terms of consumer requirements, a yield of 12,393m<sup>2</sup> per liter and per coat of application was obtained, the opacity capacity was superior in relation to three commercial paints, achieving a total coating with two coats of application. At the end of the work, it was noted that it was possible to change the methodology in the finishing of the plasterboards, avoiding stuccoing completely and applying the paint directly, thus achieving a saving of 0.54 dollars per m<sup>2</sup>. To improve the capacity of the paint, it was recommended to use another type of dispersant, as the Sodium Hexametaphosphate used in the formulation did not contribute notably as a viscosity reducer.

**Key words:** <ACRYLIC VINYL>, <(DRYWALL) CARDBOARD PLASTER>, <LIGANT>, <DISPERSION>, <MIXING>, <SODIUM HEXAMETAPHOSPHATE>, <CALCIUM CARBONATE>, <OPACITY>.

ANA GABRIELA REINOSO ESPINOSA  
Firmado digitalmente  
por ANA GABRIELA  
REINOSO ESPINOSA  
Fecha: 2022.07.04  
13:03:16 -05'00'

## INTRODUCCIÓN

En el transcurso de los años la forma de construcción para la edificación de casas, edificios u otra obra civil similar ha ido mejorando basándose en las necesidades del consumidor y la región donde se construya (López, 2018, p.31); hasta años atrás las construcciones eran levantadas con materiales convencionales de mampostería como bloques o ladrillos, pero el ser humano ha visto la necesidad de revolucionar la metodología y los materiales al momento de construir, por lo que en la actualidad existe un sistema denominado drywall que se trata de un tipo de construcción liviano en seco para el levantamiento de paredes y techo beneficiando en costo, tiempo, dinero y además de que contribuye a una económica circular, sostenible y eco amigable.

Dentro de los sistemas drywall es frecuente el uso de placas de yeso las cuales se utilizan para revestimientos interiores en viviendas domésticas, oficinas comerciales, edificios y es el material de revestimiento más común utilizado para proporcionar estructuras de marcos ligeros con resistencia al fuego. La mayoría de las placas de yeso consisten en un sándwich de un núcleo de yeso entre dos capas de papel unido química y mecánicamente al núcleo (Buchanan y Abu, 2017, p.12); dichas placas son fijadas a un esqueleto estructural que usualmente son a base de madera o estructura galvánica. Tras el montaje se procede a realizar los acabados, que consiste en masillar las juntas entre placas, empastar toda el área en general y pintarlas para darle un buen acabado y a la vez protegerlas de agentes contaminantes (INCOSE, 2015, p.3).

Esta parte del acabado es el tema de enfoque para la realización del proyecto ya que se pretende desarrollar el diseño del proceso productivo de una pintura vinil acrílica de látex tipo 2 que sustituya parcial o totalmente al proceso de empastado de toda la placa de yeso, para de esta manera reducir costos y tiempos de trabajo. Gracias a la experiencia de los técnicos de la empresa Pinturas Decorativas (DÉLIBU) se tiene una fórmula base que será sometida a parámetros de control de calidad en base a los Requisitos para pinturas arquitectónicas en emulsión base agua (látex) de la Norma INEN-NTE 1544-2018. El control se lleva a cabo para conocer en qué condiciones se encuentra y que componentes de la formulación serán identificadas como variables para poder llegar a los estándares de calidad.

Tras este proceso se realizará ensayos para determinar la mejor formulación que cumpla con los parámetros de calidad tales como: viscosidad, porcentaje de sólidos, finura de dispersión, resistencias al restregado, brillo especular, tiempos de secado, y otras características como densidad, opacidad y rendimiento. Una vez que se halle la mejor formulación se procederá a realizar la simulación de todo el proceso productivo de la pintura en la plataforma Flexsim, en donde se indicara cada operación a lo largo del proceso y los tiempos establecidos para cada actividad u operación.

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Identificación del problema

La industria de la construcción es una de las actividades más desarrolladas a nivel mundial y una de las más importantes ya que ayuda a contribuir la economía de cada país, debido a la obtención y desarrollo de materias primas que posteriormente serán utilizadas en la edificación de edificios, casas, obras civiles entre otros; lo que conlleva a la alta generación de empleos y a la continua producción de materiales e insumos para la construcción; DÉLIBU S.A.S. es una empresa que se ha constituido en el 2021 con el propósito de fabricar insumos y materiales para acabados de la construcción como pinturas tipo látex, empastes, rosetones y cornisas; además, la gerencia de esta empresa dispone de una alianza comercial con la empresa Decoraciones Lima (Decorlim), la cual desde los últimos 10 años se dedica a la comercialización de materiales para una construcción sostenible basado en sistemas drywall (Sistemas de Construcción en seco). Dicha empresa ha evidenciado una alta demanda de placas de yeso (gypsum) las cuales se utilizan en el área de construcción para el levantamiento de paredes interiores, sustituyendo en gran parte a bloques y ladrillos que son usados en la edificación convencional; posterior a la instalación, dichas placas deben ser empastadas por completo y pintadas, generando un doble gasto económico y mayor tiempo de trabajo; en consecuencia a esto, las diferentes industrias han intentado desarrollar pinturas con capacidad de alto cubrimiento para sustituir parcialmente al empastado pero han fallado en el intento puesto que para abaratar costos reducen la cantidad de cargas y ligante en su formulación lo que en consecuencia para poder cubrir una superficie deben pintar y dar 3 e inclusive 4 manos, por este motivo ya no cumplen con el cubrimiento y rendimiento deseado.

#### 1.2. Justificación del proyecto

De acuerdo al Banco Central del Ecuador (BCE, 2021, p.5), se estimó que para el 2021 el sector de la construcción representó el 7,2% del PIB (9.970.048,00 USD); por tanto, es evidente como el área de la construcción y sus ramas afines cumplen un rol muy importante en la economía del país. La empresa DÉLIBU S.A.S. y Decorlim están ubicadas en la provincia de Imbabura, lugar donde se comercializan aproximadamente 10.000 placas de yeso por cada mes, lo que representa 29.800,00 m<sup>2</sup> en áreas de trabajo; después de su instalación estas placas de yeso deben ser masilladas entre la unión de cada placa, empastadas y pintadas por completo para no evidenciar

las imperfecciones que podrían generarse. Todos estos pasos o procesos hacen que el costo total por instalar este tipo de sistemas drywall aumenten, a consecuencia de esto las personas y maestros aplicadores escogen pinturas de tipo 2, 3 e inclusive de tipo 4 que son las más económicas y las más comercializadas en el mercado para este tipo de trabajos. En general todos estos tipos de pinturas ofertan cualidades similares como por ejemplo una capacidad de rendimiento teórico de 10 a 12 m<sup>2</sup> por litro de pintura, pero una vez aplicado la pintura es evidente la poca capacidad de cubrimiento que posee, esto hace que para tapar las imperfecciones se deban aplicar hasta 4 manos haciendo que su capacidad de rendimiento no sea la real; por esta razón, para no perder la confianza del cliente las industrias de este campo han intentado desarrollar pinturas para aplicarlas a dichas placas sin necesidad de empastar por completo, haciendo que el consumidor ahorre de alguna forma, pero todo producto que se encuentra en el mercado o es muy costoso o no cumple con las expectativas ni del cliente ni del obrero, debido a que no tienen una alta capacidad de recubrimiento y rendimiento. Todas estas causas hacen que exista una gran demanda en este tipo de producto; por esta razón la empresa DÉLIBU S.A.S. se ha propuesto desarrollar una línea de producción para la fabricación de una pintura vinil acrílica base acuosa para placas de yeso que se asemeje a los requisitos de calidad como viscosidad, finura de dispersión, porcentaje de sólidos, tiempo de secado, resistencia a la abrasión húmeda (restregado) y brillo especular, establecidos en la Norma NTE INEN 1544 para pinturas de tipo 2. Se prevé que este tipo de pintura tenga mejores cualidades que las que se ofertan en el mercado actual puesto que se pretende tener una mayor capacidad de cubrimiento y nivelación para tapar las diferencias de color entre zonas masilladas y sin masillar, con un mayor rendimiento por litro/metro cuadrado (L/m<sup>2</sup>), que cumpla con la relación costo beneficio tanto para el comprador como para el fabricante y lo más importante que satisfaga las necesidades del cliente.

### **1.3. Objetivos del proyecto**

#### ***1.3.1. Objetivo general***

- Diseñar un proceso productivo en la empresa DÉLIBU S.A.S para la fabricación de pintura vinil acrílica aplicable a placas de yeso.

#### ***1.3.2. Objetivos específicos***

- Desarrollar diferentes experimentaciones con el propósito de que se identifique la mejor formulación para que posteriormente sea estandarizada.
- Caracterizar la materia prima empleada para la fabricación de la pintura.

- Identificar las operaciones involucradas en el proceso de obtención de la pintura mediante experimentación en el laboratorio.
- Elaborar el Layout óptimo del proceso productivo de la pintura en la planta DÉLIBU S.A.S.
- Evaluar la pintura obtenida mediante los requisitos de calidad para pinturas arquitectónicas en emulsión base agua (látex) según la Norma NTE-INEN 1544-2018

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del proyecto

En la actualidad se puede evidenciar que después de un largo periodo pandémico la economía del Ecuador ha comenzado a dinamizarse tras las diferentes acciones realizadas por el Gobierno, Industrias y Empresas; las cuales han optado por nuevamente inyectar dinero a cada área de trabajo; un ejemplo de esto es el área de la construcción, que en base al BCE (2020, p.6) representa el 7,2% del Producto Interno Bruto(PIB). Decorlim una empresa dedicada a la distribución de insumos para los acabados de construcción evidencio el alto consumo de materias primas para el área de la construcción en especial las placas de yeso, las cuales como menciona Durlock (2019, p.2) son uno de los revestimientos más versátiles y más utilizados en los sistemas drywall (Sistemas de Construcción en Seco); consta de aditivos especiales que le confieren ciertas propiedades de durabilidad, estabilidad, incombustibilidad, solidez y resistencia; estos aditivos se concentran constituidos dentro del núcleo de yeso, el cual está revestido por ambas caras con un cartón de alta resistencia, que le entrega las propiedades de flexibilidad, ductilidad y trabajabilidad.

Tras la instalación de las placas de yeso y una vez masilladas las juntas con una cinta malla, se procede a empastar por completo la placa, posteriormente se pinta en su mayoría con pinturas tipo látex; dependerá de las condiciones a soportar para seleccionar que tipo de pintura es idónea. Las pinturas están clasificadas del 1 a 4 en base a la Norma INEN NTE-1544 (2018, p.4). El tipo 1 se consideran a las pinturas de alta gama con elevada resistencia al restregado y alta lavabilidad y así sucesivamente hasta las de tipo 4 para cielos rasos e interiores con mínima resistencia al restregado, recomendada para áreas que no deben someterse al lavado.

Tras la selección de la pintura y después de haber pintado entre 2 a 3 manos o inclusive 4, se termina sellando toda el área de trabajo; todos estos procesos implican el uso de diferentes productos como masillas, empastes, pinturas de látex y resinas vinil acrílicas que a la final hacen que el costo de instalación aumente; por esta manera el presente proyecto tiene como finalidad desarrollar una pintura látex vinil acrílica con mejor capacidad de cubrimiento en relación a otras pinturas de tipo 2 existentes en el mercado, haciendo que se pueda reducir la cantidad de material utilizada y/o a la vez sustituyendo de forma parcial el empastado por completo que se realizan a las placas de yeso.

Se concuerda con Vicente (2016, p.5) al definir a las pinturas tipo látex como un tipo de recubrimiento que son ampliamente utilizados en el área de construcción para recubrir áreas de

cualquier tipo de mampostería en donde se hace indispensable el cuidado y protección de dichas áreas; esta clase de pintura se caracteriza por que el solvente utilizado es el agua a diferencia de otras pinturas que tienen como solvente: aceites, alcoholes, epóxicos u otros solventes derivados del petróleo. Además del solvente, la pintura tipo látex también lleva en su estructura el ligante el cual se caracteriza por ser un tipo de emulsión a base de monómeros de Acetato de Vinilo (VAM) resultante de un proceso de polimerización; posee también cargas que son aquellos polvos que se caracterizan por ser el cuerpo de la pintura; los aditivos que ayudan a mejorar las propiedades físicas y químicas y por último los pigmentos los cuales son un conjunto de partículas orgánicas e inorgánicas, naturales o sintéticas que le aportan a la pintura el color, opacidad y propiedades esenciales tales como dureza y durabilidad (Nieto y Perea, 2018, p.5).

Desde el punto de vista de Ntunde et al.(2019, p.29) la época en la que nos encontramos ha sido testigo de un enorme aumento en la producción de pinturas; en consecuencia a esto, ha existido un gran aumento en la demanda de este producto por lo cual las industrias tienen en cuenta la formulación de pinturas y recubrimientos, ampliando cada vez más conocimientos relacionados a los procesos productivos y el desarrollo de maquinaria y equipos eficientes para impulsar los procesos de producción.

Al momento de la formulación un aspecto clave es tener presente cuales son las características finales que deseamos de la pintura, de modo que cada componente que se utiliza en la fabricación cumple una función específica que le atribuirá a la pintura ciertas características como durabilidad, lavabilidad, buena capacidad de cubrimiento, rendimiento por m<sup>2</sup>, entre otros; por tanto, se deberá caracterizar la materia prima para ver cómo influye cada una en la fórmula general y logrando que la pintura a fabricar posea ciertas características deseadas por el consumidor.

Para la cuantificación de cada materia prima utilizada en la formulación de pinturas y debido a que para el desarrollo de la pintura vinil acrílica especializada para placas de yeso no se encontró antecedentes previos que se hayan realizado y que contribuyan de mejor manera al desarrollo de este proyecto se toma en consideración el criterio de Calvo (2016, p.20), el cual señala que cualquier diseño relacionado a este tipo de producto se basará en el proceso de ensayo y error. Una vez establecidas las características finales que debe tener un producto determinado se iniciarán los ensayos, se efectuará el test correspondiente y se procederá a un nuevo ensayo en el que se modificará la formulación, con el objetivo de acercarse a las características finales deseadas.

El desarrollo de este proyecto se lo realizará en el laboratorio de Operaciones Unitarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) en base experimentación ensayo-error y se culminará con la obtención de la fórmula para que a futuro pueda ser aplicada en las instalaciones de la empresa DÉLIBU S.A.S.

## **2.2. Bases conceptuales**

### **2.2.1. Pintura o recubrimiento**

Se trata de un tipo de recubrimiento líquido viscoso utilizado para cubrir, proteger y decorar áreas de cualquier tipo de mampostería, ya que cuando se extiende sobre una superficie, ésta se seca y se endurece para formar una capa adherente, uniforme y resistente a cambios atmosféricos y/o biológicos; esta investigación se centra en aquellos recubrimientos de tipo látex, se conocen así a las pinturas que están formuladas a base de agua.

Este tipo de pinturas mayormente son utilizados en lugares donde existe un tránsito continuo de personas porque a diferencia de otras pinturas no posee un solvente tóxico y nocivo que afecte la salud de las personas en donde sea aplicada; por ende, su uso es frecuente en casas, edificios, hospitales, escuelas, áreas de recepción, salones, etc.

Por lo general las pinturas contienen un gran número de componentes; Ulbrich y Kalendová (2013, pp.247-255; citados en Piemonte et al., 2017, p.557) enlistan los siguientes componentes como los más principales y los que a menudo se hallan en la formulación de pinturas: ligante, solvente, cargas, espesantes, aglutinantes y elementos menores, como agentes coalescentes antiespumantes, dispersantes, biocidas entre otros.

#### *2.2.1.1. Componentes para la obtención de pintura*

Los componentes a utilizar se verán diferenciados de acuerdo a las necesidades del consumidor, al tipo de acabado que se quiera dar y al tipo de espacio o campo a aplicar; por lo que se deberá analizar en qué estado se encuentra el lugar a aplicar, la forma en que se va a aplicar y el tiempo de secado de dicho producto. De forma general las pinturas de tipo látex están compuestas por un solvente denominado o más conocida como agua, un ligante que son el caso de los diferentes tipos de emulsiones resultantes de un proceso de polimerización, pigmentos de tipo orgánicos e inorgánicos y por último aditivos que ayudaran a mejorar las propiedades físicas y químicas (Vicente, 2016, p.5).

Vicente (2016, p.6) sostiene que en el proceso de fabricación de pinturas el solvente, las cargas, pigmentos y el ligante representan la mayor parte de la composición, por lo que podemos definirlos como los componentes principales en el proceso de fabricación; por tanto, a cada uno de ellos se describe en detalle a continuación:

## ❖ Pigmentos

De acuerdo a Nieto y Perea (2018, p.7), los pigmentos son un tipo de partículas que se encuentran en la naturaleza de forma orgánica e inorgánica, también pueden ser de forma natural o sintetizadas a través de procesos químicos de parte humana; contribuyen a la pintura impartiendo color y opacidad, además proporciona ciertas características que mejoran la calidad de la pintura como la durabilidad para mantener el color durante un largo periodo de tiempo; otorgan dureza para que se mantenga firme tras su aplicación y estabilidad para resistir a agentes químicos, variaciones de temperatura y cambios ambientales. La mayoría de pigmentos que se hallan actualmente en el mercado son relativamente no tóxicos, aunque hay algunos pigmentos en polvo que pueden contener trazas de metales pesados como cromo (Cr), cadmio (Cd) o arsénico (As); pinturas antiguas inclusive pueden contener plomo (Pb) (Ntunde et al., 2019, p.33).

Los pigmentos más utilizados son los de tipo inorgánico, dentro de este conjunto se pueden considerar al Dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), un pigmento blanco que puede ser de tipo rutilo o anatasa; se diferencia una de otra en el porcentaje de pureza del  $\text{TiO}_2$ . Los óxidos son otro tipo de pigmentos todo dependerá del conjugado del óxido, por ejemplo, los óxidos de zinc ( $\text{ZnO}$ ) son un tipo de pigmento inclusive más blanco que el  $\text{TiO}_2$ ; los óxidos de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) una vez sintetizadas se presentan en colores, rojos, negros y amarillos. Para pigmentos totalmente negros se los consigue de diversos derivados de petróleo como los negros de humo y otras fuentes como el grafito (Jones et al., 2017, p.4).

## ❖ Ligantes

En el ámbito de las pinturas los ligantes se las conocen de varias formas como: resina, aglutinante, formador, vehículo, entre otros; resultan de procesos poliméricos en los que se logra obtener un producto viscoso capaz de formar una película una vez sea aplicada. Algunos tipos de resinas más empleadas son resinas acrílicas, resinas vinílicas y una combinación de ambas otorgando gran aporte en sólidos; se ofertan normalmente en concentraciones de 35% y 50% de sólidos. Este tipo de resinas es el medio en donde se agrupan los pigmentos, cargas, solventes y aditivos actuando como soporte y manteniendo de forma homogénea toda la estructura de la pintura; una vez seco actúa de forma versátil ya que funciona como una película protectora de la superficie, además permite la penetración de la pintura en las grietas, contribuye a otorgar una mayor resistencia al rayado y por si fuera poco provee de flexibilidad, resistencia y dureza (Calvo, 2014, p.15).

## ❖ **Cargas**

Son conocidos como fillers, un tipo de materia prima que otorgan grandes propiedades reológicas como espesor de capa, viscosidad, opacidad, habilidad para fluir bajo la acción de diferentes fuerzas externas, atribuye la capacidad de dar cuerpo y material sólido, también ayuda a dar estructura y forma a la pintura; en su gran mayoría se presentan de naturaleza inorgánica en diferentes formas y tamaños de partícula. Las cargas provienen de ciertos minerales como carbonatos, silicatos, entre otros; en base al tipo de carga estos poseerán tonalidades blancas, grises, aunque la mayoría de estas tienen apariencia oscura opaca cuando se encuentran en estado seco. Dentro de las cargas se pueden incluir a los extendedores, los cuales actúan mejorando las cualidades de los pigmentos cubrientes en la pintura. Las cargas y extendedores habituales más utilizados en la formulación de pinturas son sulfato de bario ( $\text{BaSO}_4$ ), sulfato de estroncio ( $\text{SrSO}_4$ ), carbonatos de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) bentonitas, talcos, caolines, sílices fundidos, metaborato de bario ( $\text{BaB}_2\text{O}_4$ ) y varios más (Wypych, 2021, p.350).

## ❖ **Disolventes**

Se los considera a los productos que contribuyen a disolver el ligante y las cargas en la aplicación húmeda; al momento de la aplicación contribuye a regular la velocidad de evaporación ya que el disolvente se evapora dejando la resina y por último influye en la viscosidad final. Otras atribuciones que otorga a la pintura son una mejor aplicación y manejabilidad al aplicar en una superficie. El disolvente más frecuente es el agua y otros productos de naturaleza orgánica (Calvo, 2016, p.22).

## ❖ **Aditivos**

Zambrano et al. (2016, p.30) considera a los aditivos como distintas sustancias químicas que cumplen diferentes funciones durante y después de la fabricación, representan hasta el 5% del total del contenido y se diferencian una a otras de acuerdo a la necesidad o requerimiento a cumplir; en este gran grupo se puede encontrar surfactantes, antiespumantes, coalescentes, humectantes, dispersantes, biocidas, entre otros. A continuación, se detallan las características y funciones de cada una.

## ➤ **Surfactantes**

Son un tipo de tensoactivos en las que sus moléculas poseen dos extremos de diferente solubilidad y polaridad, sirviendo como un puente entre dos materiales diferentes, reduciendo la tensión interfacial y ayudando a la dispersión. Este tipo de tensoactivos es de uso vital en la formulación debido a que la tensión superficial del agua es mayor que la de cualquier disolvente orgánico, por lo que el agua pura no mojará bien la mayoría de las superficies y no habrá una idónea dispersión en todo el disolvente.

#### ➤ **Antiespumantes**

Es un aditivo utilizado para eliminar la espuma que se forma en el transcurso de dispersar por algunos minutos el agua en conjunto con el surfactante y después con el resto de la materia prima; Zambrano et al. (2016, p.31) menciona que la espuma se produce debido a que el disolvente en conjunto con los aditivos están sometidos a la dispersión, en donde se evidencia la rotura de los componentes por acción de fuerza de cizallamiento del disco haciendo que todo el espacio ocupado por aire sea reemplazo por los diferentes componentes; el aire desocupa los espacios y por acción de la fuerza cizallamiento se sitúa en la superficie en forma de espuma.

#### ➤ **Coalescentes**

Se caracteriza por ser un disolvente que mayormente se presenta en forma líquida y cumple con la acción de ablandar la estructura del polímero que conforma el ligante haciendo que la temperatura mínima de formación del film (TMFF) disminuya favoreciendo a que los pigmentos y las cargas puedan “mojarse” y al mismo tiempo puedan entrar en contacto y unirse molecularmente unas con otras; en consecuencia, se logra coalescer toda la mezcla y una vez que se aplica la película de pintura se logra una capa lisa, continua y de buena calidad (Calvo, 2016, p.23).

#### ➤ **Humectantes y dispersantes**

Son compuestos que actúan como tensoactivos y surfactantes respectivamente; contienen en su estructura grupos funcionales hidrofílicos, es decir moléculas a fines con el agua; cada una de ellas tiene una función especial en el proceso de fabricación de la pintura. Los humectantes favorecen a un completo mojado de los pigmentos y cargas ya que reducen la tensión superficial y remueven el aire ocluido en los agregados de pigmento, cargas y todo material sólido que interactúa en la formulación de la pintura; también influyen en la conservación del producto en condiciones óptimas durante la etapa de almacenamiento. Los dispersantes en cambio cumplen la función de mejorar la mezcla al momento de la dispersión haciendo que la materia se pueda

conglomerar de manera homogénea y ayudando a mantener dispersas las partículas, en consecuencia, contribuye a que se establezca el conjunto de material sólido y líquido del producto (Ribeiro, 2016, p.17).

#### ➤ **Biocidas y fungicidas**

Debido a que la pintura es un tipo de producto que tiene una logística en su distribución hace que deba pasar largos periodos de tiempo en almacenamiento, esto provoca que sea perceptible a los cambios físicos, químicos y microbiológicos; además de que la materia prima utilizada en la producción sirve como fuente para el crecimiento de distintos microorganismos. Los biocidas funcionan para contrarrestar la degradación bacteriana, en cambio los fungicidas sirven para prevenir el crecimiento de moho y hongos (Zambrano et al., 2016, p.31).

#### ➤ **Secantes y plastificantes**

Los secantes son aquellos aditivos que ayudan a secar la película húmeda cuando es aplicada a la pared o tumbado, entre los más utilizados se encuentran aquellos de tipo cobalto (Co) el cual favorece a un secado homogéneo; en el caso de los plastificantes, son compuestos formados por polímeros plastificantes en conjunto con hormigón en proporciones minúsculas, ayudan a proteger la película seca (Koleske, 2016, p.332).

#### *2.2.1.2. Proceso de fabricación de pintura vinil acrílica*

El proceso productivo de pinturas tipo látex para placas de yeso es idéntico al resto de pinturas que se hayan en el mercado, pero de ante mano cabe recalcar que la pintura a fabricar es una pintura base incolora (color blanco) por lo que se deslinda la operación de molienda de los pigmentos; a continuación, se detalla cada uno de los procesos desarrollados para la obtención de la pintura.

#### ❖ **Recepción de materias primas**

La recepción de materia prima se lo realiza en la bodega, consta de recibir los diferentes insumos y clasificar de acuerdo al tipo de polvos, solventes, aditivos y ligantes; también se lo ordena de acuerdo al tipo de toxicidad y peligrosidad de cada uno.

### ❖ **Inspección de materias primas**

Consiste en observar si los pigmentos, aglutinantes, resinas y algunos solventes cumplen con las especificaciones de acuerdo a sus fichas técnicas, para esto se realizan diferentes ensayos en laboratorios para convalidar el cumplimiento de sus propiedades, aunque debido a que para cada propiedad y cada característica se deben realizar numerosas pruebas, las empresas optan por hacer una inspección física mas no química y además antes de fabricar en grandes cantidades, se realiza de 2 a 3 ensayos en escala de laboratorio verificando que la pintura obtenida cumpla con los parámetros de calidad.

### ❖ **Etapas de formulación**

Nieto y Perea, (2018, p.9) explica que las materias primas una vez inspeccionadas y determinando que cumplan los requisitos, se procede a pesar cada componente de acuerdo a las especificaciones de cada fórmula, tras esto se continua organizando y distribuyendo los componentes a cada parte del proceso.

### ❖ **Dispersión**

Consta de introducir agua en el tanque de dispersión y agregar tensoactivos para reducir la tensión superficial del agua y a la misma vez eliminar cualquier impureza que esta posea, dejándolo agitar por unos 15 minutos; a continuación de esto, se agrega antiespumante para eliminar la espuma producida por la agitación, seguidamente se agregan el pigmento y las cargas en las que se incluyen, el  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{SrSO}_4$  entre otros; por último se agrega un agente dispersante para que todas las cargas puedan dispersarse de forma homogénea y que además toda la mezcla se mantenga estable para el siguiente proceso.

### ❖ **Agitación o mezclado**

Vicente (2013, p.41) explica que después de que haya transcurrido 45 minutos a 1 hora de la fase de dispersión y una vez alcanzado el tamaño de partícula deseado (finura), la pasta se retira del tanque de dispersión y se lo pasa al tanque de mezclado. Los tanques se caracterizan por tener un eje con un disco específico para generar la mezcla idónea y homogénea; en estos tanques se adiciona el ligante y aditivos como coalescentes, humectantes entre otros; los componentes se deben añadir uno a uno para evitar posibles reacciones entre ellos.

### ❖ Ajuste de viscosidad

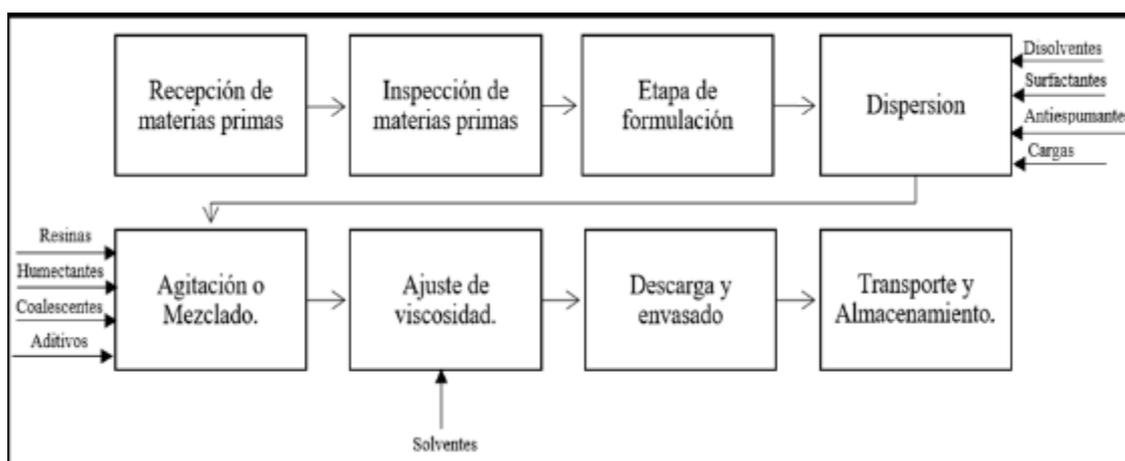
En esta fase se adicionan espesantes requeridos para garantizar que la pintura se entregue en la viscosidad especificada, también se le añaden más solventes como biocidas y preservantes para que la pintura pueda mantenerse almacenada por un tiempo determinado sin afectar sus propiedades físicas y químicas.

### ❖ Descarga y envasado

Consiste en que el producto se filtra en una malla serigráfica y se envasa en recipientes de galón, litro y/o caneca de acuerdo con la presentación del producto.

### ❖ Transporte y almacenamiento

El producto es transportado por vía terrestre, marítima o aérea a cada una de las empresas que lo requieran y posteriormente almacenadas hasta su comercialización.



**Gráfico 1-2.** Diagrama de bloque del proceso de elaboración de la pintura

Realizado por: (Lima J, 2021).

#### 2.2.1.3. Propiedades de la pintura

Las pinturas deben cumplir básicamente dos funciones: una estética y otra protectora; esta segunda propiedad se cumple por los diferentes componentes empleados como materia prima y por los métodos de aplicación y secado. La materia prima se debe de seleccionar en base a las propiedades deseadas, acorde a las necesidades del consumidor y de acuerdo al área a aplicar. El

proceso de fabricación también influye en las propiedades finales como brillo, elasticidad, dureza, color, resistencia al restregado, etc; estas propiedades se las determina por ensayos en laboratorios y parámetros de calidad.

#### ❖ **Color**

Lynch et al.(2006, p.27) considera a la pintura como un producto pigmentado que al ser aplicado en una superficie forma una película opaca; las empresas productoras de pintura manejan una gama de colores que son desarrollados según patrones establecidos. La mayoría de los técnicos que preparan colores realizan una inspección visual para verificar que un color sea similar a otro actuando el ojo humano como un colorímetro; el problema radica que, por las circunstancias cambiantes de las personas es difícil expresar con datos objetivos lo que ven y observan. Por eso, para especificar los colores y tolerancias en su variación, se emplean espectrofotómetros o colorímetros lo cuales son equipos basados en fórmulas matemáticas, que incorporan programas informáticos en donde se toman datos de las coordenadas  $L^*a^*b^*$  de los colores y los tintes básicos que los forman. La coordenada  $L$  representa luminosidad, las coordenadas  $a^*$  y  $b^*$  son coordenadas cromáticas.

$a^*$ = coordenadas rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde)

$b^*$  = coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul)

Tras leer los datos de un color, el equipo no solo indica su gráfica, sino también la formulación necesaria para que pueda ser elaborado de manera fiable y segura.

#### ❖ **Brillo**

Es una impresión sensorial causada por la reflexión de la luz sobre una superficie particularmente importante en pinturas de terminación para exteriores (generalmente se requieren películas brillantes para facilitar la limpieza e incrementar la intensidad de la luz reflejada) como también para interiores (usualmente se especifican productos de poco brillo o bien mates para evitar las molestias causadas por la reflexión de los rayos de luz concatenados en los ojos). Para cuantificar la capacidad de brillo de una superficie se emplean dispositivos llamados usualmente “*glossmeters*”, que miden fotoeléctricamente la intensidad de un rayo de luz reflejado por la superficie, en condiciones tales que el ángulo de medida es siempre igual al de incidencia (Giudice y Pereyra, 2017, p.71).

#### ❖ **Opacidad**

Vicente (2013, p.43) alude que el poder cubriente también llamado opacidad o capacidad de recubrimiento es la facultad que tienen los pigmentos y cargas para tapar las diferencias de color existentes en el fondo de la superficie que debe cubrirse. La opacidad tiene una relación directa con el índice de refracción del pigmento, cargas y del ligante que forman la pintura; usualmente

las cargas y los pigmentos son los que más destacan para otorgar la capacidad de opacidad puesto que mientras mayor es el valor del índice de refracción mayor poder cubriente tienen. Los pigmentos como el  $\text{TiO}_2$  tienen un elevado índice de refracción de 2,70 y las cargas entre 1,50 y 1,65. Otra característica a considerar para la opacidad es el tamaño de partícula de los pigmentos y cargas, mientras menor sea el tamaño de partícula mayor será su capacidad de recubrimiento. Esta propiedad se suele identificar en cartulinas de contraste de blanco y negro, que sean no absorbente, al momento de trazar la muestra a las cartulinas se las debe de hacer con aplicador o trazador de un tamaño de película determinado usualmente suelen ser de 1 mils o 25,4 micras de espesor.

#### ❖ **Espesor**

Cada tipo de pintura proporciona un espesor concreto de película, tanto en húmedo como en seco, es por eso por lo que se debe de controlar el proceso de fabricación cumpliendo las especificaciones de cada formulación, las diferentes Normas de calidad y seguir las recomendaciones de aplicación. Puesto que para la aplicación de la pintura se usan rodillos o brochas, su aplicación en cada mano no es proporcional; usualmente si la capa es superior a la primera capa se aumenta el riesgo de defectos al momento del secado, o también, si la capa es inferior a la primera capa se pierde en algo el poder cubriente y el brillo. En ambos casos antes mencionados, también será afectado en la dureza y la flexibilidad de la película seca. Los micrómetros son los equipos utilizados para medir y comprobar el espesor de la película de pintura seca, estos medidores suelen hallarse en el mercado de tipos electrónicos y magnéticos.

#### ❖ **Dureza**

La dureza es la capacidad que tiene la película de pintura a resistir a rayados y a diferentes agentes mecánicos que dañen la película. Hay varios instrumentos y equipos para determinar la resistencia al rayado superficial de la pintura, los más útiles son los esclerómetros o durómetros de lápices (Zambrano et al., 2016, p.32).

#### ❖ **Flexibilidad**

La flexibilidad es la propiedad que tiene la pintura para adecuarse ante deformaciones debido a fisuras, desprendimientos o cuarteamientos en el área donde se aplica la pintura. El ligante suele ser la materia primordial que influye en esta propiedad en vista que otorga a la pintura una cualidad de elongación dependiendo de la naturaleza de fabricación del ligante. Para determinar la flexibilidad se lo determina con un impactómetro, un equipo que sirve para medir los recubrimientos a deformaciones mecánicas (Zambrano et al., 2016, p.32).

### *2.2.2. Sistemas constructivos*

Se puede entender que la construcción, la arquitectura y la edificación son vocablos con connotaciones muy amplias; constituyen el marco general en que se desarrolla una actividad humana milenaria con el objetivo de levantar una infraestructura que proteja y albergue a los seres humanos ante las diferentes situaciones medio ambientales (Portales Pons, 2015, p. 16).

Los sistemas de construcción se clasifican de acuerdo a la metodología y a los materiales empleados en la edificación dado a que tienen que cumplir requisitos funcionales; en la práctica de la construcción se han de seleccionar los materiales, de modo que cumplan requisitos funcionales específicos y que aseguren la vida máxima de los mismos (Addleson, 2020, p. 19).

#### *2.2.2.1. Sistema tradicional*

Es un sistema de construcción que otorga durabilidad, solidez y perdurabilidad ya que utiliza vigas y columnas como la infraestructura base para el levantamiento de obras civiles; las paredes están conformadas por materiales portantes es decir materiales como el bloque, ladrillo, hormigón armado, piedra, entre otros. Este tipo de materiales se caracteriza dado a que son fabricados en base húmeda, mediante un proceso de mezclado. En el sistema tradicional, a pesar de que sus materiales no son contaminantes tóxicos, el proceso de extracción para la obtención de ellos hace que sea algo costoso, requiere de mayor tiempo para la ejecución y producen grandes cantidades de desechos y escombros (Ferri Cortes, 2013, p. 38).

#### *2.2.2.2. Sistema drywall*

Conocido también como sistema de construcción liviana en seco (SCLS), es un tipo de construcción innovador que no requiere el uso de agua para su construcción como en la preparación de concretos, por esta manera es también conocido como un tipo de construcción liviana en seco y uno de los más seguros en caso de sismos; para su instalación se utiliza estructura metálicas tipo galvánicas o perfiles de madera que constituyen el esqueleto de la pared o techo continuo, a esto son fijadas las placas de yeso o fibrocemento al esqueleto estructural con diferentes tipos de tornillos. Teniendo en cuenta que tanto la estructura como las placas son sumamente ligeras hacen que este tipo de sistemas se consideren uno de los más versátiles, flexibles y adecuados para una construcción sismorresistente (Quinde, 2019, p.24).

Camacol (2014, p.56) considera que el objetivo principal que tiene los sistemas drywall es sustituir los materiales húmedos con los que se edifican una construcción tradicional, tales como morteros, hormigón armado, cemento y todo componente que necesite agregar agua para adquirir sus

características de resistencia, estabilidad en el tiempo y colocación fija. Con los componentes diseñados industrialmente se construyen cielos rasos, entresijos, paredes divisorias para interiores, muros de carga exteriores e interiores, muros de fachada, muros divisorios, bases de cubiertas, en fin, todo relacionado a una construcción sostenible y segura.

#### ❖ **Propiedades y ventajas del sistema**

- **Liviandad:** El Sistema de construcción liviana en seco (SCLS) está compuesto de una estructura metálica liviana con un interior vacío, que es el espacio generado entre las caras conformadas por las placas de recubrimiento. Este espacio alcanza hasta un 75% del volumen total y según se requiera puede ser ocupado con un material aislante liviano de propiedades termoacústicas como lo es la lana de vidrio, poliestireno expandido entre otros. El sistema puede llegar a tener solo la décima parte del peso de un muro construido de manera tradicional; por ejemplo, un muro que ha sido levantado con una capa de mortero de 15 cm de espesor construido con ladrillo, puede pesar hasta 250 kg; en cambio sí se levantara un muro de concreto, de 10 cm de espesor llegaría a pesar próximamente 240 kg, mientras que un muro de 10 cm de espesor, con placa de yeso, únicamente pesa 25 kg (Camacol, 2014, p.57).
- **Durabilidad:** Camacol (2014, p.56) indica que los materiales utilizados en la construcción de los componentes del SCLS son inorgánicos, no degradables e imperecederos otorgando a las edificaciones una vida útil similar o superior en relación a construcciones de concreto u otro tipo de mampostería con alta calidad. Es considerado un sistema de construcción no transitorio y definitivo.
- **Rápido de ejecutar:** Gracias a la flexibilidad de los componentes que se usan en los sistemas de construcción liviana en seco se puede realizar la instalación en periodos de tiempo más cortos con una mayor productividad. Por ejemplo, un grupo de 2 personas pueden instalar 50 m<sup>2</sup> con placas de yeso o fibrocemento en 8 horas de trabajo dejándolas listas para el acabado final (Camacol, 2014, p.57).
- **Económico:** El sistema, desde la perspectiva de los componentes metálicos montables, logra una repartición eficiente del peso, que permite utilizar elementos de alta resistencia con bajo peso y dimensión, que soportan apropiadamente los esfuerzos que se ejercerán sobre la estructura al momento de atornillarlas con las placas. Gracias al beneficio antes descrito se logra eliminar los pesos muertos e innecesarios que no contribuyen a la estabilidad de la estructura. Por tanto, en comparación a la construcción convencional, se utiliza menos materiales haciendo que se abarate el costo de construcción. Otra ventaja que tiene estos sistemas en seco en el aspecto económico es que previo a su instalación se realiza un análisis

para determinar la cantidad exacta de material de esta manera se evita y controla la cantidad desperdicios (Camacol, 2014, p.57).

- **Menor impacto ambiental:** Debido a que los materiales que forman parte de la construcción drywall son prefabricados, se reducen la cantidad de desperdicios, además de que en su proceso se reutilizan y se reciclan la mayor parte de cortes y trozos que normalmente serían desechados. En el aspecto de las placas de yeso los fabricantes realizan una desulfuración y deshidratación para recuperar aquellas placas que han sido desechadas o que contienen grandes trazas de humedad; en el caso de la estructura la mayoría de las empresas recolectan y clasifican para poder volver a fundirlos y optimizar recursos. Todo este aprovechamiento de los desperdicios ayuda a reducir la cantidad de desechos que podrían ir a vertederos de basura o aún peor a zonas habitables haciendo que contaminen el agua y el ambiente en general (Camacol, 2014, p.58).

#### ❖ **Componentes del sistema drywall**

Los componentes del sistema liviano en seco se componen principalmente de una estructura de soporte, placas de recubrimiento, fijaciones y acabados; a continuación, se detallan cada uno.

- **Estructura de soporte:** La estructura de soporte es el esqueleto en donde se fijarán las planchas por lo que se recomienda el uso de perfiles de acero galvanizado o estructura de madera tratada. Usualmente se usan como estructura de soporte para paredes y tumbados; para ambos casos se utilizan elementos horizontales como canales y elementos verticales como montantes, juntos constituyen un entramado que tiene como función ser el soporte del revestimiento que consta en placas de yeso cartón. Se pueden utilizar con cualquier tipo de revestimientos. Pueden ser instalados en obras nuevas, remodelaciones y divisiones de espacios interiores existentes, generando nuevos ambientes (Louisiana, 2018, p.24).
- **Placas de recubrimiento:** Uno de los revestimientos más versátiles y más utilizados es la plancha de yeso-cartón conocidos como gypsum conformada por un núcleo de yeso y aditivos especiales, que le entrega propiedades de solidez, resistencia, estabilidad, durabilidad e incombustibilidad; revestido por ambas caras con un cartón de alta resistencia, que le entrega las propiedades de flexibilidad, ductilidad, trabajabilidad (facilidad de corte, perforación, clavado o atornillado) (Fritz y Ubilla, 2017, p.66).

Existen en el mercado distintos tipos de planchas de yeso cartón, con borde biselado o recto de variados espesores (8, 10, 15, 20 a 25 mm), en función de los requerimientos que debe cumplir. Tradicionalmente se comercializan en formatos de 1,22 m x 2,44 m y otras de dimensiones a pedido. En el mercado suelen hallarse las placas de tipo la Standard (ST), que

son utilizadas frecuentemente en ambientes secos (comedor, dormitorios y salas de estar). Las placas RH son diseñadas para poseer resistencia a la humedad como por ejemplo en baños, cocinas y recintos húmedos. Las placas RF son aquellos que tiene resistente al fuego, generalmente utilizada en muros medianeros. Para conseguir mejores condiciones de estructura, aislación acústica y de resistencia al fuego, se pueden implementar el uso de otros componentes como aislantes térmicos y acústicos o combinar una o más planchas, aumentando el espesor del revestimiento y mejorando la calidad del revestimiento (Fritz y Ubilla, 2017, p.67).

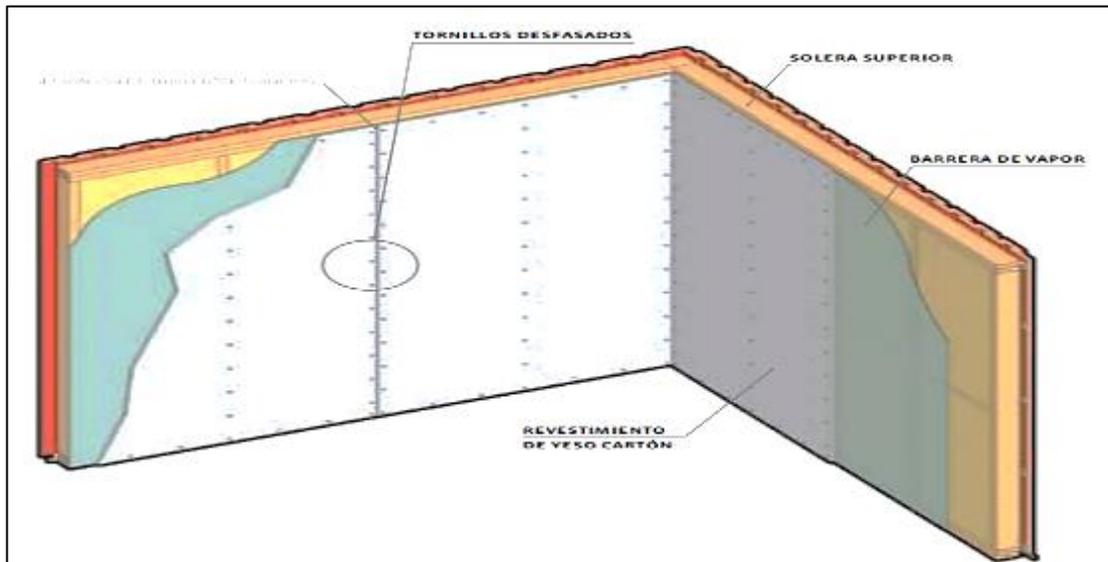
- **Fijaciones:** Las fijaciones son más conocidos como aquellos implementos como tornillos, clavos o pegamentos que sirven para sujetar y fijar la estructura a los diferentes medios donde se va a colocar como por ejemplo muros, pisos, o tumbados; cada implemento diferirá en base al medio en donde se fije. Los cuelgues son piezas metálicas para fijar perfiles al techo; los clavos de acero, se utiliza para fijar la estructura a albañilería, hormigón armado, concreto, etc. Las uniones entre canales y montantes se fijan a través de tornillos cabeza de lenteja o frammer y punta fina o broca. Para atornillado de las placas de yeso cartón a perfiles metálicos son los tornillos auto perforantes con cabeza cónica (Louisiana, 2018, p58).
- **Acabados:** Para el acabo de las placas de yeso se utilizan varios materiales para que la superficie se halle lisa y protegida de cualquier contaminante, se empieza por una cinta de papel o cinta malla, la cual se coloca entre las juntas de cada placa; seguidamente se enlisa o se empasta con un material conocido como estucos, los cuales son diferentes tipos de masillas o empastes para acabados de superficies de yeso desarrolladas para nivelar y alisar superficies de interior con aspecto rugoso e irregular. Por último, se lija y se coloca una pintura tipo látex o cualquier otro producto similar (Louisiana, 2018, p.59).

#### ❖ **Método de aplicación**

Para la instalación de este tipo de sistemas se requiere siempre del uso de equipos como, amoladoras, estiletes y tijeras de hierro que servirán para cortar las placas de yeso o de fibrocemento; para el caso de fijar la plancha se utiliza atornilladoras o taladros con las respectivas puntas y los tornillos adecuados. Antes de la instalación se debe analizar el tipo de obra, el requerimiento que se desea cumplir y el campo en donde se va a aplicar para escoger el tipo de placa más indicado. Por Norma de construcción la mayoría de tumbados tienen una altura de 2,40 m desde el piso, pero si esta fuera menor se deberá a proceder a acortar las placas previo a la instalación y se seleccionarán verificando que sean bien definidos y rectos. Las uniones que se forman entre cada placa no deben quedar pegadas totalmente, al contrario deben distanciarse aproximadamente 2mm unas de otras en el momento de su instalación (Fritz y Ubilla, 2017, p.69).

De acuerdo a las especificaciones técnicas se recomienda utilizar tornillos auto-perforantes, con un recubrimiento especial tipo fosfatada o cadmiada para evitar su oxidación, con un tamaño mínimo de 35 mm, punta de clavo y cabeza plana. Los tornillos que fijan se distancian aproximadamente cada 30 cm, cuidando que la cabeza quede a ras sin dañar el cartón de la plancha, ya que, de no ser así, impide que se tenga buena fijación y una sujeción débil o nula (Fritz y Ubilla, 2017, p.70).

En la figura 1-2 se muestra una pared con una instalación en base al sistema drywall.



**Figura 1-2.** Disposición de las fijaciones en la placa de yeso cartón

**Realizado por:** (Fritz y Ubilla, 2017).

Fritz y Ubilla (2017, p.70) agrega que, gracias al constante avance en el desarrollo de mejoramiento de las placas de yeso los fabricantes han modificado y creado un rebaje en un lado de la placa para que cuando esta se junte con otra y se masille la junta, pueda tener un acabado liso y continuo con el resto de la placa sin que se pueda observar la unión entre cada placa; estas juntas se deben tratar de acuerdo a las especificaciones técnicas de cada proveedor. Antes de cualquier trabajo se debe de retirar todo el polvo o material contaminante que exista en la superficie a tratar; en el mercado se comercializan cordones aislantes a base de fibra de vidrio que suelen ir en medio de la unión de cada placa para otorgar mayor aislamiento térmico y acústico.

Seguidamente se aplica una mano de resina de látex acrílico u otro producto similar; una vez seca se coloca sobre la unión la cinta micro perforada conocido como cinta malla o también se puede utilizar la cinta papel, luego se aplica otra mano de la resina acrílica sobre la cinta y se procede a aplicar la masilla o pasta que es un componente a base de yeso y otros aditivos que se caracteriza por ser de fácil fraguado y buena versatilidad otorgando que se pueda nivelar entre la superficie masillada y la superficie de la placa; el aplicador debe de tener cuidado a generar imperfecciones

en los bordes para que después el lijado no sea trabajoso. Dado a la versatilidad de la masilla esta suelen secarse entre una a 2 horas, pero el tiempo varía en función de la casa comercial de la masilla, de la humedad relativa del ambiente y de la temperatura en sí; una vez que se haya secado la primera mano de masilla se proseguirá a quitar imperfecciones y a dar una a 2 manos mas según el aplicador considere necesario. Para este tipo de trabajos se suele requerir el uso de espátulas y lianas para conseguir nivelar y alisar las juntas con la superficie de las placas como se muestra en la figura 2-2. Los diferentes instaladores de este tipo de sistemas después de masillar las juntas suelen empastar por completo toda la placa y suelen aplicar de 2 a 3 manos, este criterio dependerá del nivel y la calidad de terminación que se quiera dar (INCOSE, 2015, p.7).



**Figura 2-2.** Tratamiento de juntas

Fuente: (INCOSE, 2015).

Se debe de tener presente siempre esperar el secado completo de toda el área masillada en relación a cada mano aplicada, evitando que exista una contracción entre las juntas después de su aplicación. Posterior al empastado, tanto de juntas como de toda la placa se prosigue a lijar con lijas de agua de numeración 180 a 220 según sea el caso y el acabado que se requiera obtener. Se recomienda utilizar un trozo de madera u otro elemento similar de base plana para eliminar ondulaciones y todas las rebabas que pudiera haberse formando al momento de empastar; todos estos pasos se realizan para que la superficie se encuentre en óptimas condiciones así poder finalmente darle el acabado de pintura. Una vez que la superficie este correctamente lijada y libre de polvos u otros contaminantes se conduce a sellar con una mano toda la placa con cualquier sellante o resina tipo látex acrílico para garantizar que la pintura pueda adherirse, se espera de 15 a 30 minutos y se prosigue a aplicar según el tipo de pintura a utilizar; la mayoría de pinturas que existen en el mercado recomiendan pintar de 2 a 3 manos (INCOSE, 2015, p.8).

Las pinturas más comercializadas y consumidas para este tipo de placas están compuestos con aditivos que ayudan a evitar la formación de hongos y en la terminación ofrecen excelente blancura con un acabado mate (TECNITECH, 2019).

## ❖ Nuevas innovaciones en el sistema drywall

Desde las empresas se ha visto un cambio radical en la orientación de modelos de fabricación para los diferentes materiales del sistema drywall; la mayoría de las empresas mundiales están llevando procesos eco amigables a base de una económica circular en la que todo material residual de construcción y demolición sea aprovechada y re mejorada con nuevas tecnologías. Un ejemplo de esto es el tratamiento por deshidratación en base húmeda que se lleva a cabo a restos de yeso reciclado con diferentes agentes químicos como, cloruros, sulfatos y nitratos, haciendo posible crear productos cuyo porcentaje de material reciclado llega a más del 80%; de igual manera gracias al proceso de deshidratación se obtiene un yeso de mejor calidad libre de agua residual, haciendo que las planchas sean más livianas y con propiedades físicas y químicas iguales o superiores al yeso virgen (Knauf, 2017, p.22).

En el interior de las viviendas es muy frecuente el uso de productos para la limpieza, pinturas, implementos para aseo personal, adhesivos, tintas de impresión entre otros que hace que contaminen el aire y generen un empeoramiento de la calidad del aire si el usuario no ventila con cierta frecuencia; la problemática en interiores se incrementa dado a la existencia de contaminantes atmosféricos piogénicos, por ejemplo, los ácaros presentes en textiles. Esto hace necesario crear materiales que reduzcan los riesgos sobre la salud humana de los elementos constructivos, debido a esto empresas como Knauf, dedicada a la fabricación de placas de yeso y productos relacionados a la construcción en seco se centra en innovar constantemente para reducir la cantidad de compuestos orgánicos volátiles en cada uno de sus productos, en el desarrollo de materiales que permitan la biohabitabilidad y en certificaciones que garanticen la salud de las personas (Knauf, 2017, p.22).

Un ejemplo de esto son las placas de yeso laminado Knauf, aparte de tener una clasificación A+ por su baja emisión de compuestos orgánicos volátiles (COVs), contribuyen a mejorar la calidad del aire en donde están instaladas logrando que el ambiente este más limpio y libre de ciertos agentes contaminantes. Knauf dispone de dos sistemas, el efecto Cleaneo y Cleaneo C; la tecnología Cleaneo básicamente está diseñada para placas de yeso perforadas continuas o laminadas en las que se incorpora la zeolita, un tipo de mineral que le otorga la capacidad de poder purificar el aire en un rango de compuestos orgánicos volátiles muy amplio, además otorga una buena visión estética y un buen acondicionamiento acústico.

Durante el periodo de la pandemia el área de la construcción fue a puesto a prueba para construir hospitales y centros de atención en corto tiempo, debido al incremento exponencial de contagios en la población; ante estos hechos un producto que beneficia para una construcción rápida y sostenible son los cielorrasos desmontables Deco Vinyl, son placas de yeso ideales para

cielorrasos que requieren superficies lavables y que exigen un riguroso mantenimiento como hospitales o áreas de espera (Durlock, 2019, p.61).

Para este mismo tipo de centros médicos la empresa Panel rey oferta al mercado el panel de yeso Guard Rey, está especialmente diseñado para proporcionar protección contra el crecimiento de moho y hongos microscópicos que son peligrosos para la salud. El panel de yeso Guard Rey está formado básicamente por un núcleo de yeso a prueba de fuego, tratado especialmente para ser impermeable y ha sido fabricado con ciertos biocidas para limitar el desarrollo de colonias de microorganismos (Panelrey, 2019, p.79).

Knauf posee placas anti-radiaciones las cuales se utilizan en salas donde se emiten radiaciones, generalmente clínicas y hospitales. Los sistemas anti radiaciones Safeboard de Knauf son idóneos para habitaciones en donde se realizan radiografías o para salas de diagnóstico en las que se encuentran equipos de poca potencia sustituyendo al plomo, material poco sostenible y muy contaminante (Knauf, 2017, p.23).

En sí todas estas nuevas innovaciones se centran únicamente en las placas de yeso, pero la industria ha crecido tanto que también han desarrollado diferentes productos para el acabado y protección de dichas placas. La empresa Durlock (2019, p.63) comercializa una masilla libre de aditivos adicionales lista para usar, diseñada para ser utilizada en las juntas y masillado completo de las placas ya que en su formulación se integra una resina acrílica de alta calidad que le confieren buena resistencia a la humedad, al agua y a diferentes factores climáticos, otorgando un excelente acabado. De igual manera la masilla para juntas de Aquapanel, un mortero en polvo a base de cal cemento pórtland, cargas minerales, reforzada con fibras resinas sintéticas y de color blanco utilizada para el tratamiento superficial de las placas en techos y paredes interiores con ventajas de baja absorción de agua y permeable al vapor de agua (Knauf, 2017, p.24).

Como se ha mencionado anteriormente, las placas de yeso deben ser selladas después de aplicar los diferentes tipos de morteros o masillas; el producto knauf flächendicht es un tipo de material impermeable a base de aditivos inertes y látex sintético que no contiene disolventes haciéndolo fisiológicamente inofensivo para su utilización; repele las aguas agresivas, resistente a los microbios, deja pasar el vapor de agua casi en su totalidad, posee alta elasticidad en un amplio rango de temperatura (+ 80°C hasta -20°C) y no tiene envejecimiento rápido.

Solo hasta este punto se pone en evidencia el uso de masillas, morteros y sellantes para darle un previo acabado a las placas de yeso, eso sin incluir la pintura que será el producto primordial para el acabado y protección de paredes o tumbados; por ende, las industrias han desarrollado pinturas tipo látex para sustituir en una parte los productos que son utilizados previo al pintado, de esta manera se puede ahorrar tiempo y dinero haciendo accesible a toda la población este tipo de construcción. TECNITECH (2019) oferta una pintura especializada para decorar y proteger las placas de yeso; su formulación está constituida por una base de ligante acrílico, cargas de

minerales especialmente seleccionadas y otros componentes con gran poder cubritivo que tapan las diferencias de color entre zonas masilladas y sin masillar no requiriendo la aplicación previa de fijador salvo que la superficie a pintar esté pulverulenta o entizada, posee un rápido secado, buena nivelación y no deja olores residuales.

Industrias extranjeras como REX (2020, p.43) ofertan una pintura de base acuosa para decoración y protección de muros en interiores, en diferentes niveles de brillo con la capacidad de cubrir con una sola mano todas las imperfecciones y con propiedades auto nivelantes.

Ante todo lo descrito anteriormente queda demostrado como las empresas han tenido que generar nuevas innovaciones en cada uno de sus productos para los sistemas drywall por la alta demanda en este tipo de construcciones; en los 10 últimos años en la provincia de Imbabura se ha visto el alto consumo de productos afines al sistema drywall, pero no se ha evidenciado la oferta de pinturas que sustituyan o que reduzcan el uso de materiales que son utilizados al previo acabado como masillas, empastes y selladores, por ende DÉLIBU S.A.S se ha propuesto desarrollar una pintura vinil acrílica base látex con superior capacidad de recubrimiento con respecto a la media en pinturas que se hallan en el mercado cumpliendo con la Norma NTE-INEN 1544 que a continuación se describe.

### ***2.2.3. Requisitos de calidad para pinturas arquitectónicas en emulsión base agua (látex) Norma NTE- INEN 1544***

Es un conjunto de Normas en las que se establece los requisitos que deben cumplir las pinturas en emulsión base agua (Látex) empleadas para recubrir superficies enlucidas, de hormigón, mampostería, estucos, fibrocemento ya sea para exterior o interior (INEN NTE-1544, 2018).

La Norma NTE-INEN 1544 clasifica a las pinturas en 4 tipos.

- ❖ Tipo 1. Para exteriores e interiores con alta resistencia al restregado y alta lavabilidad.
- ❖ Tipo 2. Para exteriores e interiores con media resistencia al restregado y lavabilidad
- ❖ Tipo 3. Para interiores con baja resistencia al restregado y no lavable, recomendada para
- ❖ Tipo 4. Para cielos rasos e interiores con mínima resistencia al restregado, recomendada para áreas que no deben someterse al lavado.

Estas pinturas base látex deben de satisfacer con los requerimientos de calidad establecidos en la figura 3-2 que a continuación se indican.

Requisitos		Unidad	Tipo 1		Tipo 2		Tipo 3		Tipo 4		Métodos de ensayo
			mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	
Brillo especular <sup>a</sup>	Pinturas mates (ángulo de 85°)	Unidad de brillo	-	< 10	-	< 10	-	< 10	-	< 10	NTE INEN 1003
	Pinturas semimates (ángulo de 60°)	Unidad de brillo	≥ 10	< 30	≥ 10	< 30	≥ 10	< 30	≥ 10	< 30	
	Pinturas semibrillantes (ángulo de 60°)	Unidad de brillo	≥ 30	< 70	≥ 30	< 70	≥ 30	< 70	≥ 30	< 70	
	Pinturas brillantes (ángulo de 20°)	Unidad de brillo	≥ 70	-	≥ 70	-	≥ 70	-	≥ 70	-	
Finura de dispersión		µm	-	60	-	60	-	60	-	60	NTE INEN 1007
		(Unidades Hegman)	(3)	-	(3)	-	(3)	-	(3)	-	
Tiempo de secado	Libre al tacto	h	-	1	-	1	-	1	-	1	NTE INEN 1011
	Para repintar		-	4	-	4	-	4	-	4	
Viscosidad a 25 °C		Unidades Krebs	85	125	85	125	85	125	85	125	NTE INEN 1013
Sólidos por masa		% <sup>b</sup>	40	-	40	-	40	-	40	-	NTE INEN 1024
Sólidos por volumen		% <sup>c</sup>	28	-	28	-	28	-	28	-	ISO 3233-3
Resistencia a la abrasión húmeda (restregado)		% <sup>d</sup>	-	50 <sup>e</sup>	-	50 <sup>e</sup>	-	50 <sup>e</sup>	-	50 <sup>e</sup>	NTE INEN 1542
Lavabilidad		%	80	-	50	-	No lavable	-	No lavable	-	NTE INEN 1543
Contenido de plomo en base seca		% <sup>f</sup>	-	0,01	-	0,01	-	0,01	-	0,01	NTE INEN 2093

<sup>a</sup> La medición del brillo especular se determina 16 horas después de haber sido aplicada la película de pintura con un espesor húmedo de 152,4 µm (6 mils) secada a condiciones ambientales de 23 °C ± 2 °C y 50 % ± 5 % humedad relativa.

<sup>b</sup> Es el porcentaje de materia no volátil que contiene la masa total del producto final.

<sup>c</sup> Es el porcentaje de materia no volátil que contiene el volumen total del producto final.

<sup>d</sup> Es el porcentaje de remoción o desgaste de la película aplicada, determinada por la medición de espesor de película seca.

<sup>e</sup> Para Tipo 1 se realiza la medición a 800 ciclos de restregado, para Tipo 2 se realiza la medición a 400 ciclos de restregado, para Tipo 3 se realiza la medición a 100 ciclos de restregado, para Tipo 4 se realiza la medición a 50 ciclos de restregado.

<sup>f</sup> El % corresponde a la fracción de masa expresada en porcentaje.

**Gráfico 2-2.** Requisitos para las pinturas en emulsión base agua (látex)

Fuente: (INEN NTE-1544, 2018).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Estudio preliminar

La empresa DÉLIBU S.A.S ubicada en el cantón Cotacachi, provincia de Imbabura consta de un área de 80 m<sup>2</sup> la misma que está distribuidas en 5 áreas que a continuación se enlistan.

- Área de almacenamiento de materia prima
- Área de Control y pesaje.
- Área de Dispersión.
- Área de Mezclado.
- Área de Envasado.
- Área de Almacenamiento.

Esta empresa tiene como actividades principales la fabricación a pequeña escala de pinturas arquitectónicas de tipo látex, ya sean satinadas y/o mate diseñadas para exteriores e interiores. La producción de pintura se lo realiza de manera empírica y el control que se lleva a cabo no es del todo minucioso dado a que se controla de forma visual, experimental- practica y mas no bajo una Norma de Calidad como son las Normas INEN, por lo que el siguiente trabajo técnico tiene la finalidad de conocer y llevar un control de los diferentes parámetros de calidad.

#### 3.2. Caracterización de la materia prima

Cada componente que esta inmiscuido en el proceso de fabricación se detalla a continuación acorde a las especificaciones técnicas de cada proveedor; esto se lo realiza para conocer cómo es que cada materia prima influye en las características finales del producto y como se puede llegar a cumplir los requerimientos de calidad.

##### 3.2.1. *Solvente*

El agua se utiliza como solvente en la dispersión de cargas, ligantes y aditivos; proviene de una fuente subterránea, una vez que llega a los reservorios, al momento de la fabricación se debe de analizar que esté libre de componentes sedimentables o de cualquier otro contaminante que altere la fisiología natural. En el proceso de dispersión, el agua deberá ser tratada con un tensoactivo no iónico para que las moléculas de las cargas, pigmento y del agua puedan fusionarse, además de

que también actué como un surfactante para la remoción de impurezas que pueden hallarse en el tanque o en el agua en sí.

### 3.2.2. *Tensoactivo*

Este producto conocido comercialmente como Nonil fenol etoxilado 10 moles se caracteriza por actuar como emulsificante ya que posee propiedades físico-químicas para poder hacer miscible la mezcla de compuestos poco miscibles o apolares; se detalla en la tabla 1-3 las principales características físico-químicas.

**Tabla 1-3:** Características físico-químicas del tensoactivo

<b>Composición:</b>	4-(2,4-dimetil-3 heptanil) fenol
<b>Peso molecular:</b>	630- 660 g/mol.
<b>Densidad</b>	1,05-1,07 g /mL
<b>Viscosidad</b>	240-260 Cps
<b>Aspecto:</b>	Líquido viscoso translucido.
<b>Olor:</b>	Ligero olor fenólico.
<b>Solubilidad:</b>	Soluble en la mayoría de los disolventes orgánicos, soluble en grasas y aceites, todos grados de nonil fenol presentan gran afinidad para formar emulsiones O/W (cuando la emulsión tiene gotas de aceite dispersas en agua) y W/O (cuando la fase dispersa es el agua).

Fuente: (ARIS, 2012).

Realizado por: (Lima J, 2021).

### 3.2.3. *Antiespumante*

Es un producto 100% a base de ácidos grasos y etoxilados derivados en aceite sintético con pequeñas trazas de polisiloxano especial modificado; formulado para actuar de forma rápida y que contribuya a romper la espuma durante largos periodos de tiempo. Es muy eficaz en presencia de micro espuma a eliminar y no presenta separaciones incluso después de un largo tiempo de almacenamiento. Sus principales características principales son: alta eficacia a bajas dosis, excelente desaireante, entre otras que seguidamente se especifican en la tabla 2-3.

**Tabla 2-3:** Características físico-químicas del antiespumante

<b>Aspecto:</b>	Líquido
<b>Sustancia activa:</b>	100% sin olor (VOC=cero)
<b>Emulsionantes:</b>	Emulsionantes: No iónicos sin APEO (alquilfenoles etoxilatos)
<b>Color:</b>	Ámbar
<b>Solubilidad:</b>	Dispersable en agua

<b>Densidad</b>	0,91 g/cm <sup>3</sup>
<b>Viscosidad</b>	300-700 cPs
<b>pH:</b>	6 (rango de pH 3-12)
<b>Punto de ebullición:</b>	> 300 °C (Resistencia a la temperatura >100°C)

Fuente: (SILICONI, 2018).

Realizado por: (Lima J, 2021).

### 3.2.4. Dióxido de titanio

El pigmento a emplear de marca comercial BILLIONS® BLR-895 se caracteriza por ser fabricado por el proceso de cloruro y diseñado para revestimientos; tiene un excelente rendimiento de dispersión. También tiene una excelente opacidad, brillo, y proporciona una blancura brillante con un tono azul limpio; gracias a su capacidad superficial de revestimiento inorgánico otorga un nivel superior de resistencia a la intemperie haciéndolo flexible para cualquier tipo de aplicación. Se detalla en la tabla 3-3 algunas características más.

**Tabla 3-2:** Características físico-químicas del TiO<sub>2</sub>

Parámetro.	Valor	Referencia
% Pureza	93%	ISO 591-1
Contenido inorgánico	Alúmina, circonio	-
Tratamiento orgánico	Presente	-
Humedad en el momento del envasado	0,3% max	ISO 787-2
Densidad a granel (apisonada):	1,4 g/cm <sup>3</sup>	ISO 787/11
Contenido de Volátiles (105 °C)	≤ 0,5 % (p/p)	-
Absorción de aceite	16 g/100g	ISO 787-5
pH	7,4	ISO 787-9
Peso específico	4,1g/cm <sup>3</sup>	ISO 787-18
Resistividad (Ω.m)	≥ 80 Ω.	-
Clasificación ISO 591	R2	-
Número CAS	R2 13463-67-7	-
Índice de color	Pigment White 6	-

Fuente: (Lomon Billions, 2018).

Realizado por: (Lima J, 2021).

### 3.2.5. Talco

Se trata de un tipo de silicato de magnesio hidratado finamente pulverizado, química y físicamente inerte de fórmula Mg<sub>3</sub>Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub>, es un excelente extendedor en la fabricación de pinturas, otorgándole un acabado mate y una respuesta excelente al envejecimiento natural debido a las características físicas y químicas que seguidamente se describen en la tabla 4-3.

**Tabla 4-3:** Características físico-químicas del talco

	TÍPICO	RANGO	UNIDADES
Tamaño Máximo (Sedigraph)	17,31	14,0 a 21,0	µm
TMP – d50 (Sedigraph)	3,84	3,0 a 4, 5	µm
Partículas < 1 µm (Sedigraph)	15,0	11,0 a 21,0	%
Blancura (Photovolt - FV)	91,7	89,5 a 93,0	%
Índice de Blancura (Photovolt)	86,9	80,0 a 90,0	%
Índice de Amarilleo	2,64	1,7 a 4,0	%
Absorción de aceite	37,17	34,0 a 39,6	%
Fineza Hegman	5 ½	5 ¼ a 5 ¾	NS
pH (suspensión acuosa al 10%)	9	8,2 a 9,4	--

Fuente: (Comasca, 2018).

Realizado por: (Lima J, 2021).

### 3.2.6. Caolín

Empleado en la etapa de dispersión pertenece a la Industria Estadounidense KAMIN; es un caolín calcinado de alto brillo y tamaño de partícula medio, se incorpora fácilmente a los revestimientos a base de disolventes y agua, en los que aporta la extensión del TiO<sub>2</sub>, el brillo (blancura), la resistencia a la abrasión y el control del brillo. Sus principales características físicas y químicas se redactan en la tabla 5-3.

**Tabla 5-3:** Características físico-químicas del caolín

COMPOSICIÓN.	Anhidro silicato de aluminio
Brillo, % Reflectancia (TAPPI)	91
Humedad, 105°C, máx.	0,5
Residuo de tamizado, malla 325, %	0,005
pH, (100 g/250 ml H <sub>2</sub> O)	6
Diámetro medio de las partículas equivalentes a Stokes (micras)	1,3
Tamaño medio de las partículas, micras (Malvern LLS)	3,2
Gravedad específica	2,6
Valor de carga: lb/gal; gal/lb.	21,9; 0,046
Molienda Hegman	5+
Superficie, BET, m <sup>2</sup> /g	8
Absorción de aceite, g/100g	54
Densidad a granel, suelta: Apisonada (lb/ft <sup>3</sup> )	23;28
Sílice cristalina (cuarzo), %	<0.10

Fuente: (KaMin™, 2008).

Realizado por: (Lima J, 2021).

### 3.2.7. Carbonato de calcio

Para la ejecución de este proyecto las cargas son uno de los principales componentes que ayudan a la reología de la pintura, el  $\text{CaCO}_3$  es una de las cargas que mayor porcentaje tiene en toda la composición siendo aproximadamente el 35% del total.

Uno de los carbonatos a emplear pertenece a la empresa Impadoc S.A. posee ciertas características únicas que se enlistan en la tabla 6-3 y 7-3.

**Tabla 6-3:** Características físicas del  $\text{CaCO}_3$ -Impadoc

<b>Apariencia</b>	Polvo extrafino
<b>Color:</b>	Blanco crema
<b>Densidad aparente:</b>	1,10 – 12 g/mL.
<b>Humedad, a 105°C:</b>	0,5% máx.
<b>Residuo en tamiz Malla 325 (45 micras):</b>	0,0%.
<b>Residuo en tamiz Malla 400 (38 micras):</b>	0,0%.
<b>Valor promedio de la partícula:</b>	5,1 $\mu\text{m}$ .
<b>Diámetro del 50% de las partículas:</b>	8,1 $\mu\text{m}$ .

Fuente: (IMPADOC S.A., 2015).

Realizado por: (Lima J, 2021).

**Tabla 7-3:** Características químicas del  $\text{CaCO}_3$ -Impadoc

<b>Calcio, como <math>\text{CaCO}_3</math>:</b>	93,0% mín.
<b>Hierro total, como <math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math>:</b>	0,3% máx.
<b>Magnesio, como <math>\text{MgCO}_3</math>:</b>	2,0% máx.
<b>Silicio, como <math>\text{SiO}_2</math>:</b>	4,0% máx.
<b>Insolubles en HCl:</b>	2,0% máx.
<b>Pérdidas por calcinación:</b>	39,0% - 44,0%

Fuente: (IMPADOC S.A., 2015).

Realizado por: (Lima J, 2021).

Otro carbonato que actúa en la formulación es el  $\text{CaCO}_3$  de la empresa OMYA de tipo natural de alta pureza, ultrafino y molido en húmedo, recomendado cuando se requiere aumentar la resistencia a la torsión y a la tracción; ayuda a disminuir el envejecimiento y la fatiga del material.

Sus principales características son:

**Tabla 8-3:** Características físico-químicas del  $\text{CaCO}_3$ -Omya

<b>Carbonato de calcio</b>	98%
<b>Carbonato de magnesio</b>	1%
<b>Finura (Hegman –NS)</b>	6
<b>Gravedad específica en seco</b>	2,70 g / cc

<b>Densidad</b>	1,921 g / cc
<b>Contenido de sólidos</b>	76%.
<b>Brillo</b>	96%
<b>Absorción de humedad en equilibrio.</b>	0,11%
<b>Tamaño de partícula</b>	0,70 µm
<b>Área superficial específica</b>	12 m <sup>2</sup> / g
<b>Viscosidad Brookfield</b>	200 cP
<b>Índice de refracción</b>	1,57
<b>Porcentaje más fino que 1 micrón</b>	65%
<b>Porcentaje más fino que 2 micrones</b>	90
<b>Retenido en malla 325 (seco) ppm</b>	7

Fuente: (Songhan Co., 2016).

Realizado por: (Lima J, 2021).

### 3.2.8. Hexametáfosfato de Sodio

Es un compuesto soluble en agua, tiene la apariencia como un cristal translucido incoloro, posee la cualidad de actuar como dispersante pues ayuda a reducir el tamaño interacción de partícula, mejora la fluidez de la pintura y de acuerdo a la ficha técnica del proveedor ayuda a reducir significativamente la viscosidad. Algunas otras especificaciones se enlistan a continuación.

**Tabla 9-3:** Características físico-químicas del Hexametáfosfato de Sodio

ESPECIFICACIONES	ESTÁNDAR
<b>Fórmula</b>	(PO <sub>3</sub> ) <sub>6</sub>
<b>Fosfato total (como P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)</b>	68,0% min
<b>Fosfato inactivo (como P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)</b>	7,0% máx.
<b>Materia insoluble en agua</b>	200ppm máx.
<b>Fe</b>	100ppm máx.
<b>PH</b>	Valor 5,8-7,3
<b>F</b>	30ppm máx.
<b>Pb</b>	10ppm máx.
<b>Como</b>	3ppm máx.
<b>Forma de polvo a través de malla 60</b>	90% min

Fuente: (Tianjia chemical, 2017).

Realizado por: (Lima J, 2021).

### 3.2.9. Humectante (Mowi PLUS WX330)

Es un aditivo sobre la base de una solución de una sal de amonio poliacrílico de bajo peso molecular. Se utiliza como humectante y dispersante para pigmentos y como extendedor en sistemas de pinturas. Sus características principales son:

**Tabla 10-3:** Características físico-químicas del Mowi PLUS WX330

Especificación.	Unidades	Valor
% Sólidos	%	28,0 - 32,0
Viscosidad Brookfield RVT sp# 2, r.p.m. 20 a 25 °C	m.Pas	80 - 320
Valor pH a 20°C	---	6,5 – 8,5
Índice de refracción (MXAE0014)	---	1,4022 aprox.

Fuente: (ARCHROMA, 2013).

Realizado por: (Lima J, 2021).

### 3.2.10. *Espesante B*

Proveniente de la empresa Ashland es usado como espesante y estabilizador, actúa como un coloide protector y proporciona un excelente equilibrio entre la facilidad de incorporación de las cargas, pigmento y el ligante; posee una coloración que no altera el lote a producir, permite tener un tiempo abierto en la disolución. Unas de las principales propiedades que tiene el espesante B, es que esta formulado para evitar la formación de grumos al agregar el polvo seco al agua, retrasa la hidratación de las partículas y posee mejor resistencia a degradación biológica. En la tabla 11-3 se detallan ciertas propiedades más.

**Tabla 11-3:** Propiedades físico-químicas del espesante B

Viscosidad Brookfield a 25°C	2600-3300 cps
Contenido de humedad, en forma de paquete, máx. %.	5,0
Cenizas, como Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , máx., %.	5,5
Densidad a granel, g/ml	0,6
Densidad, g/ml	1,38
Valor de carga, gal/lb	0,087
Tamaño de las partículas en U.S. 40, máx., %.	10
pH, solución de agua al 1%	6,0-8,5
Tiempo de hidratación (pH 8,0), min	4-25

Fuente: (Ashland, 2015).

Realizado por: (Lima J, 2021).

### 3.2.11. *Ligante*

Distribuido por la empresa Adheplast, es el resultado de la polimerización por adición de varios monómeros como el VAM (Acetato de vinilo), Acrilato de Etilo y Acrilato de Butilo; en el proceso se adicionan también una serie de aditivos y solventes conjuntamente con los monómeros antes mencionados para su post fabricación en un reactor tipo BATCH, a ciertas condiciones de presión y temperatura. Las principales características se resumen en la tabla 12-3.

**Tabla 12-3:** Características físico-químicas del ligante

<b>Aspecto</b>	Líquido viscoso blanquecino transparente.
<b>Olor</b>	Ligero olor fenólico.
<b>Solubilidad</b>	Soluble en agua y en varios agentes o solventes polares.
<b>Viscosidad</b>	8000 a 12000 CPS a 20°C
<b>Sólidos en peso</b>	50±1 %
<b>Índice de refracción</b>	2,3

Fuente: (Adheplast S.A., 2017).

Realizado por: (Lima J, 2021).

### 3.2.12. Biocida

Empleado en la fabricación de pinturas proviene de la empresa THOR, los mismos que proveen una amplia gama de productos en base acuosa; es adecuado para la conservación en estado húmedo de una amplia gama de productos acuosos, incluyendo pinturas, emulsiones de polímeros, adhesivos, esmaltes cerámicos, masillas y selladores y como aditivo para tanques de fluidos metalúrgicos diluidos. Se ha formulado para la conservación completa en estado húmedo y específicamente para tener una excelente estabilidad en climas cálidos.

#### 3.2.12.1. Características químicas y físicas

Se caracteriza por contener isotiazolinona/donante de formaldehído con una actividad microbiológica de amplio espectro; es adecuado su uso en productos sensibles a los iones metálicos bivalentes. Las concentraciones normales de uso están en el rango 0,05-0,20%. En la tabla 13-3 se detallan las principales características del biocida:

**Tabla 13-3:** Características químicas y físicas del biocida

<b>Composición</b>	Una combinación de 5-cloro-2-metil-4-isotiazolina-3-ona (CIT), 2-metil-4-isotiazolina-3-ona (MIT) con un donante de formaldehído (hidroximetil urón)
<b>Aspecto</b>	Líquido incoloro a amarillo claro.
<b>Olor</b>	Característico
<b>Índice de refracción (20°C)</b>	1,3400 – 1,3460
<b>Densidad (20°C)</b>	1,000 – 1,050 g/ml
<b>MIT</b>	0,15 – 0,20 %
<b>CIT</b>	0,50 – 0,55%
<b>Solubilidad</b>	Totalmente soluble en agua, en la mayoría de los alcoholes inferiores y en los glicoles.
<b>Estabilidad en la aplicación</b>	Estable en el rango de pH 2 - 9 y hasta 60°C

Fuente: (THOR, 2015).

Realizado por: (Lima J, 2021).

### 3.2.12.2. Características microbiológicas

Tiene una gran actividad en contra de las bacterias, mohos y levaduras que pueden causar deterioro de los productos a base de agua e infección de estos; en la tabla 14-3 se detalla contra que tipos de microorganismos actúa este producto.

**Tabla 14-3:** Características microbiológicas del biocida

TEST MICROBIOLÓGICO			
Bacterias		Levaduras	Mohos
Achromobacter sp.	Klebsiella sp.	Candida albicans	Aspergillus sp.
Aeromonas sp.	Pseudomonas aeruginosa	Rhodotorula sp.	Cephalosporium sp.
Alcaligenes sp.	Streptomyces sp.	Saccharomyces	Cladosporium sp.
Bacillus sp.	Proteus sp.	cerevisiae	Fusarium sp.
Escherichia coli			Paecilomyces variotii
Flavobacterium sp.			Penicillium funiculosum

Fuente: (THOR, 2015).

Realizado por: (Lima J, 2021).

### 3.2.13. Coalescente

El Coalescente Ruanta C12 se distingue por contener polímeros que ayudan a reducir la temperatura mínima de formación de película apropiada para diversos tipos de sistemas de recubrimientos base agua, haciendo idóneo para la formulación con el ligante empleado en las pinturas a desarrollar. Se detallan ciertas características en la tabla 15-3.

**Tabla 15-3:** Características químicas y físicas del coalescente

<b>Fórmula química</b>	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>3</sub>
<b>Composición:</b>	2,2,4- Trimetil-1,3 pentanodiol monoisobutirato
<b>Peso molecular:</b>	216,3 gr/mol
<b>Densidad (20 °C)</b>	0,94 g/cm <sup>3</sup>
<b>Apariencia</b>	Líquido transparente incoloro
<b>Color (Pt-Co)</b>	≤15
<b>Acidez</b>	≤0.5 mg KOH/g
<b>Contenido de agua</b>	≤ 0,1%
<b>Punto ebullición.</b>	255°C.
<b>Punto de congelación</b>	-50°C
<b>Índice de refracción (20°C)</b>	1,4423

Fuente: (Runtai Chemical, 2018).

Realizado por: (Lima J, 2021).

### 3.2.14. Dietilenglicol

Es un líquido incoloro, transparente poco viscoso tiene la cualidad de actuar como dispersante en el mezclador y actúa como un humectante para estabilizar la pintura cuando esta se encuentre en almacenamiento, otras características se resumen en la tabla 16-3.

**Tabla 16-3:** Características químicas y físicas del dietilenglicol

PROPIEDAD	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN
Agua	% peso	0,1 máx.
Monoetilenglicol	% peso	0,05 máx.
Trietilenglicol	% peso	0,05 máx.
Pureza	% peso	99,7 mín
% Acidez (como Ácido Acético)	ppm	50 máx.
Hierro (como Fe)	ppm	0,5 máx.
Cloruro (como Cl)	ppm	0,5 máx.
Gravedad Especifica a 20 °C	-	1,117-1,120
Color	Pt-Co	10 máx.
Ceniza	% peso	0,005 máx.
Rango de Destilación, °C a 760 mmHg	PEI	242 mín.
	PS	250 máx.
Apariencia Visual	-	Clara e Incolora

Fuente: (PRALCA C.A., 2018).

Realizado por: (Lima J, 2021).

### 3.3. Diseño del layout del proceso productivo en Flexsim

Se conoce al layout como la distribución de un proceso o de una planta con el objetivo de optimizar procesos, tiempo y recursos; se lo realiza en base al tipo de productos a fabricar, a los equipos que están inmiscuidos, a las operaciones que se lleva a cabo y del espacio en sí que tienen los trabajadores para realizar cada labor y para movilizarse dentro de la planta. El layout contribuye a reconocer que actividades y tareas se están desarrollando dentro del proceso y como se puede mejorar las condiciones de operación.

Otros beneficios son

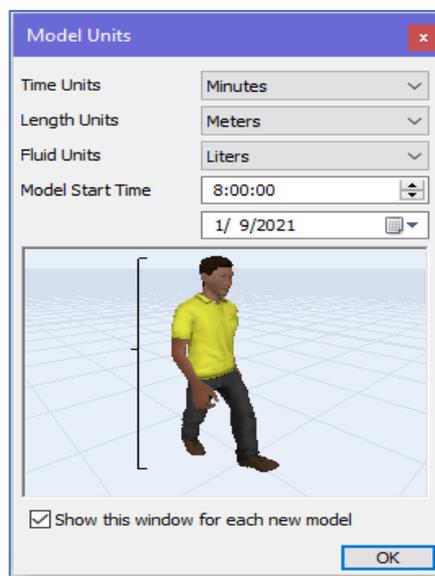
- Obtener adaptabilidad para ser flexible a cambios en la estructura.
- Optimizar el flujo de materiales.
- Maximizar la seguridad del empleado.

Para el diseño del layout se tomó en consideración los equipos que están inmiscuidos en el proceso, en este caso el dispersor y el mezclador; dichos equipos se mantienen fijos en las áreas

establecidas dentro de la fábrica; por tanto, se tiene en consideración de que el proceso que se va a simular debe llevarse a cabo de acuerdo a una distribución layout por procesos en forma de U. A fin de que se pueda tener una mejor interpretación del proceso se utiliza Flexsim, una plataforma de uso gratuito, empleado para la simulación que contribuye a visualizar las operaciones y procesos que se llevan a cabo durante toda la fabricación; así se evita los altos costos, riesgos y extensos tiempos que conllevan experimentar con cambios en el mundo real y su análisis por prueba y error.

### 3.3.1. Selección de unidades a manejar en el simulador (Flexsim)

Se establece las condiciones iniciales para la simulación en la plataforma Flexsim, el cual nos permitirá visualizar cada etapa del proceso de producción de la pintura al cabo de un día. Las unidades escogidas para el tiempo son en minutos, sus distancias son medidas en metros y las unidades para fluidos en litros.



**Figura 1-3.** Selección de unidades

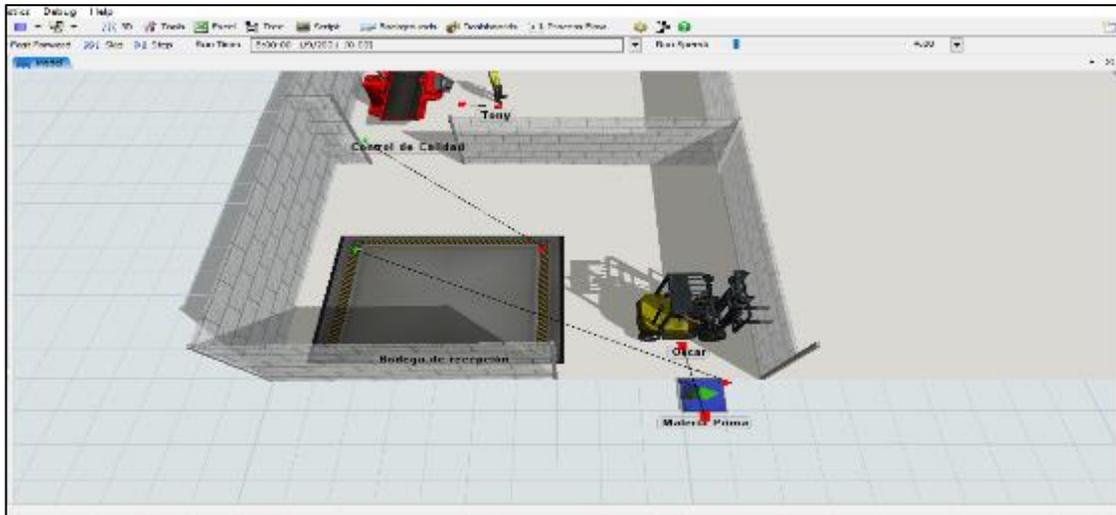
**Realizado por:** (Lima J, 2021).

#### ❖ Primera etapa

La primera etapa consiste en la descarga de la materia prima y está diseñada de tal manera que se pueda visualizar la entrada de cada materia prima las cuales serán utilizadas en el proceso.

La materia prima que ingresa a bodega es controlada en primera instancia en base a su fecha de vencimiento, que provenga del mismo lote y que no posea hendiduras, o cualquier otro daño que perjudique las condiciones normales de cada materia prima. Una vez que se descarga y se realiza

el control respectivo, se pasará al almacenamiento para su uso posterior en la etapa siguiente. El tiempo que demora esta fase es entre 30 a 45 minutos.

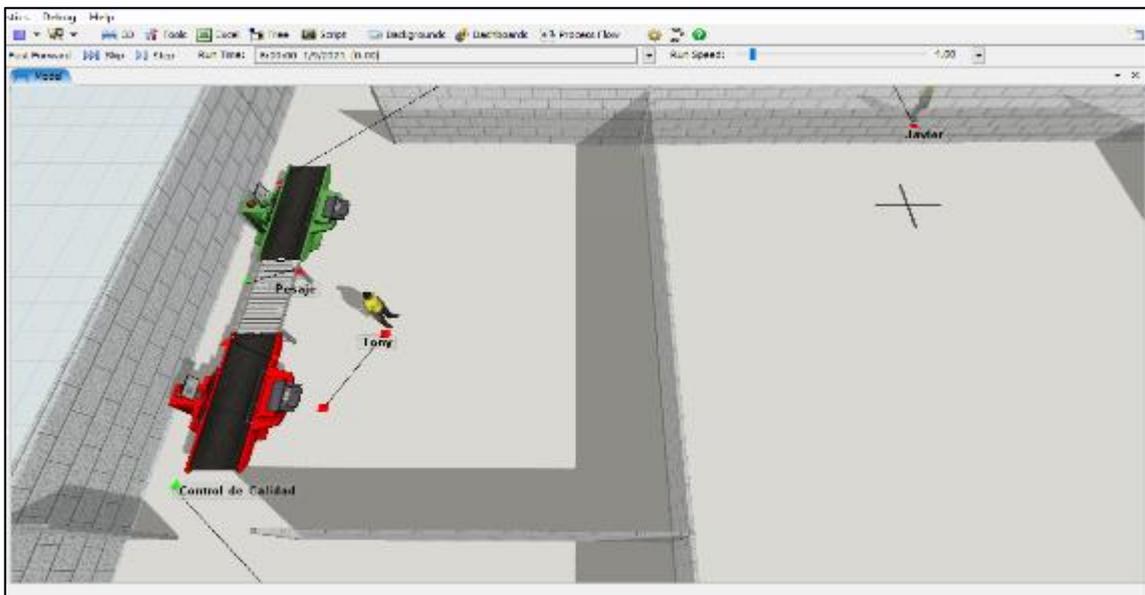


**Figura 2-3.** Primera etapa del proceso

Realizado por: (Lima J, 2021).

### ❖ Segunda etapa

Esta etapa está dedicada al pesaje de cada materia prima en base a la formulación de la pintura, después se pasa a la distribución de los componentes para ser utilizada en cada etapa del proceso que se amerite. Esta etapa se realiza en un tiempo estimado de 20 a 30 minutos.

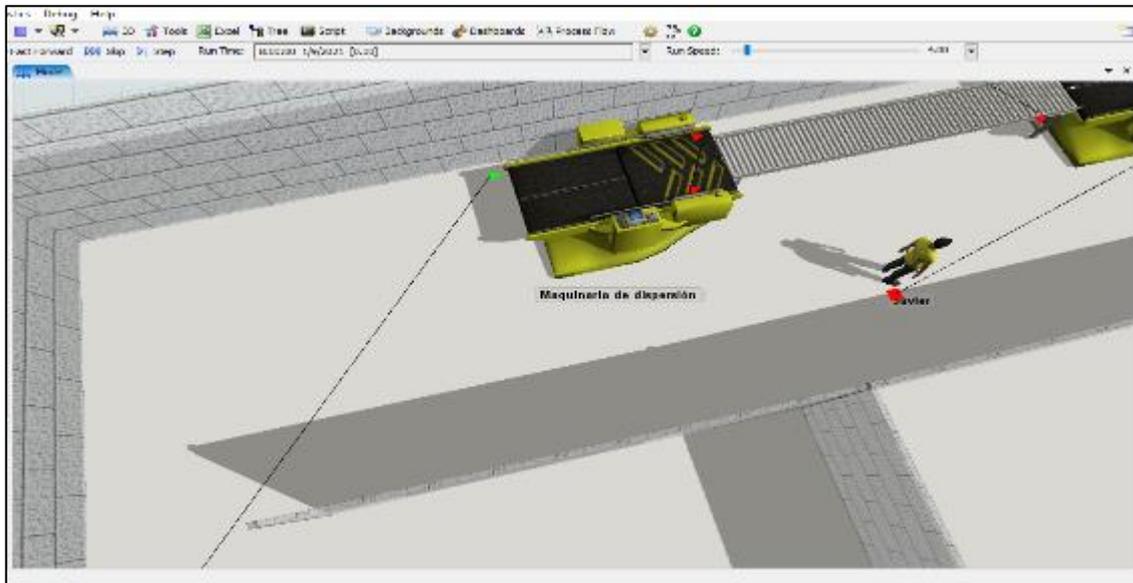


**Figura 3-3.** Segunda etapa del proceso

Realizado por: (Lima J, 2021).

### ❖ Tercera etapa

En la tercera etapa se receipta parte de la materia prima ya pesada y se procede a realizar la dispersión; operación que consiste en dispersar todas las cargas con el pigmento y el solvente. Se carga el disolvente al tanque de dispersión y se procede a encender el agitador, se trata el agua con tensoactivo por unos 15 minutos y después se agrega el pigmento y las cargas de acuerdo al tamaño de partícula de cada uno. Esta etapa se ejecuta en un tiempo estimado de 120 minutos.

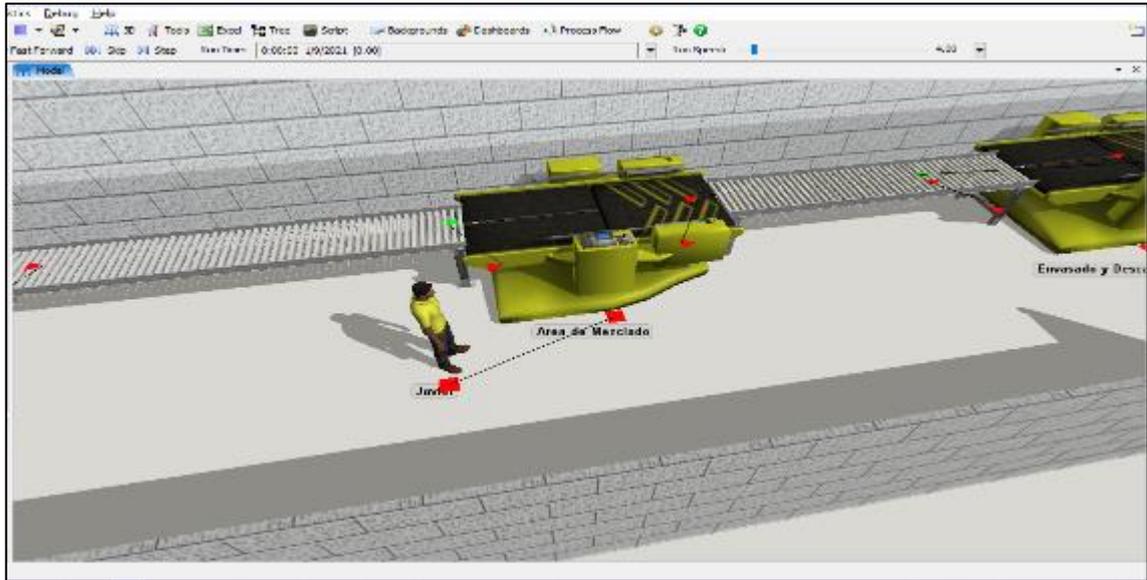


**Figura 4-3.** Tercera etapa del proceso

Realizado por: (Lima J, 2021).

### ❖ Cuarta etapa

Tras haber realizado la dispersión, la mezcla resultante es traspasada al mezclador en donde se agrega el ligante y ciertos aditivos los cuales ayudan a obtener nuestro producto final. Esta etapa se estima un tiempo de trabajo de 120 a 180 minutos.



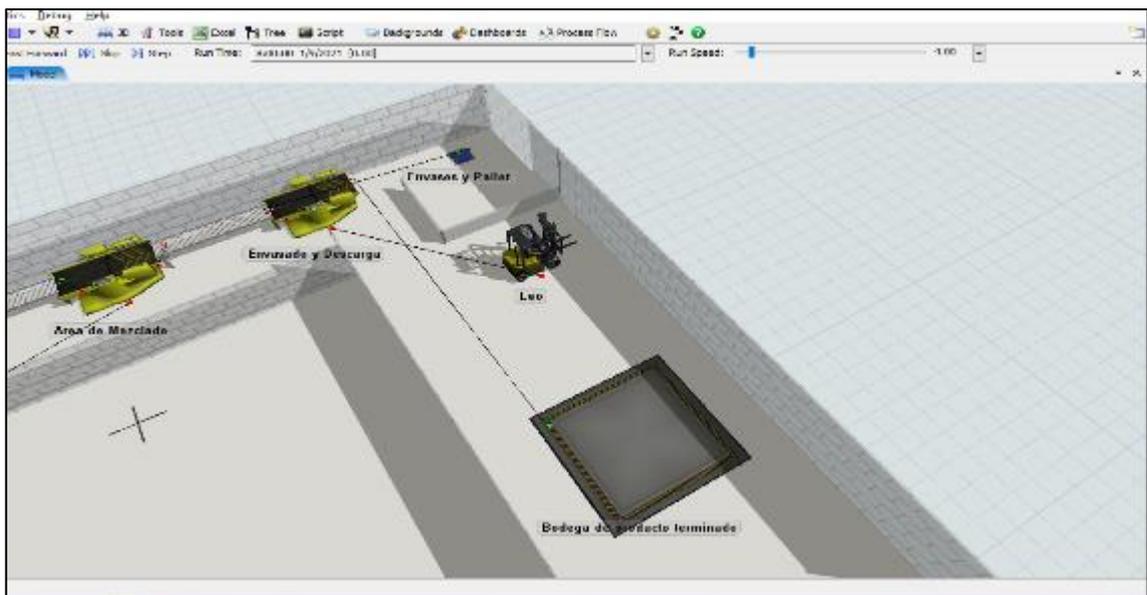
**Figura 5-3.** Cuarta etapa del proceso

Realizado por: (Lima J, 2021).

#### ❖ Quinta etapa

En esta última etapa se realiza la descarga y envasado del producto ya elaborado para luego ser colocado en el área de almacenamiento, hasta que salga para la venta al público.

Esta etapa tiene un periodo de 1 hora.



**Figura 6-3.** Quinta etapa del proceso

Realizado por: (Lima J, 2021).

### 3.4. Procedimientos para el control de calidad a pinturas tipo látex de acuerdo a la Norma NTE- INEN 1544

Toda pintura de tipo látex que se halla en el mercado, para ser comercializada debe de cumplir parámetros de calidad; con el objetivo de cumplir los estándares de calidad para pinturas tipo 2, en los puntos siguientes se describe la metodología para determinar los distintos parámetros de calidad.

#### 3.4.1. Determinación de la cantidad de solidos presente en la pintura

**Tabla 17-3:** Determinación de porcentaje de solidos de la pintura

DETERMINACIÓN DE PORCENTAJE DE SOLIDOS DE LA PINTURA	
Materiales	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Papel aluminio</li> <li>➤ Espátula</li> <li>➤ Pinza para Crisoles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Balanza analítica</li> <li>➤ Estufa</li> <li>➤ desecador</li> </ul>
<b>Procedimiento</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mezclar la muestra preferentemente con un vibrador mecánico o espátula hasta su homogeneización. Si quedan atrapadas burbujas de aire, agitar manualmente hasta que el aire sea removido.</li> <li>➤ Pesar el papel aluminio.</li> <li>➤ Tarar la balanza.</li> <li>➤ Pesar sobre el papel aluminio con el lado brillante hacia arriba, la cantidad de 0,5 g a 1 g de muestra y registrar este valor.</li> <li>➤ Doblar el papel en la mitad, unir las dos mitades, presionar con los dos dedos en toda su superficie para permitir una distribución uniforme de la pintura y obtener una película de espesor mínimo.</li> <li>➤ Abrir el papel y secarlo en la estufa a una temperatura de 100 °C ± 5 °C durante 60 minutos.</li> <li>➤ Retirar el papel con la muestra de la estufa, colocarlo inmediatamente en el desecador, dejar enfriar hasta temperatura ambiente, pesar nuevamente y registrar este valor.</li> </ul>	
<b>Cálculos</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ El contenido de materia no volátil (MNV)</li> </ul> <p>El contenido de materia no volátil (MNV) en porcentaje en masa, se calcula mediante la ecuación siguiente:</p> $MNV = \frac{M_2 - M_1}{M} \times 100\%$ <p><b>Donde:</b></p> <p>M<sub>1</sub> es la masa del papel aluminio vacío, expresada en gramos (g).</p> <p>M<sub>2</sub> es la masa del papel aluminio con el residuo después del calentamiento, expresada en gramos (g).</p> <p>M es la masa de la muestra, expresada en gramos (g).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ El contenido de materia volátil total (MV)</li> </ul> <p>El contenido de materia volátil total (MV) en porcentaje en masa, se calcula mediante la ecuación siguiente:</p> $MV = 100\% - MNV$ <p><b>Donde:</b></p>	

MNV es la materia no volátil, expresada en porcentaje en masa (%)

Fuente: (INEN NTE-1024, 2016).

Realizado por: (Lima J, 2021).

### 3.4.2. Determinación de viscosidad en la pintura

Tabla 18-3: Determinación de viscosidad en el viscosímetro Stormer

DETERMINACIÓN DE VISCOSIDAD EN EL VISCOSÍMETRO STORMER	
Materiales	Equipos
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Varilla de Agitación.</li><li>➤ Vaso de Precipitación de 1000 mL.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Viscosímetro Stormer</li><li>➤ Termómetro</li><li>➤ Estufa.</li></ul>
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Agitar vigorosamente la muestra en el agitador o equivalente por 10 minutos. Después de retirar del agitador, se debe dejar reposar un tiempo considerable para eliminar las burbujas del producto si fuera necesario. No transferir la muestra del recipiente en el cual se agitó. NOTA. El tiempo de agitación se puede reducir si es necesario, pero, en cualquier caso, no debería ser menor que 3 minutos.</li><li>➤ Llevar la muestra a una temperatura de <math>25\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}</math> antes de ensayar.</li><li>➤ Si la temperatura especificada no puede ser obtenida, registrar la temperatura de la muestra inicial y final del ensayo con una apreciación de <math>0,2\text{ °C}</math>.</li><li>➤ Cuando la temperatura de la muestra esté estabilizada, agitar vigorosamente, evitando que se formen burbujas de aire dentro de la muestra, mover la palanca de operación a la posición más alta, halar hacia afuera el detector y colocar inmediatamente el contenedor sobre la base del viscosímetro contra los topes localizadores y regresar el detector frontal de tal manera que esté lo más al centro posible del recipiente.</li><li>➤ Encender el interruptor de alimentación principal y seleccionar unidades Krebs (KU) o gramos (g) en la pantalla. Asegurarse de que el interruptor de lectura “hold” esté en la posición superior.</li><li>➤ Mover la palanca de operación hacia abajo (sumergiendo la paleta (spindle) dentro de la muestra). El nivel superior del fluido debe estar cerca de la ranura del eje de la paleta sumergida. La paleta iniciará su rotación cuando esté sumergida alrededor de 12 mm de la posición más baja.</li><li>➤ Esperar 5 segundos hasta que la pantalla se estabilice.</li><li>➤ Presionar el interruptor de lectura y mantenerlo presionado cuando la pantalla este en la posición “hold” y utilizar en la pantalla el selector digital para seleccionar unidades Krebs (KU) o Gramos (g).</li><li>➤ Levantar la palanca de operación a la posición superior y dejar que se drene la muestra sobrante en las paletas del rotor.</li><li>➤ Aflojar el tornillo y quitar del eje las paletas para la limpieza.</li></ul>	
Cálculos	
Los resultados del análisis de la muestra de pintura se obtienen de forma directa, dependerá de las unidades que deseamos trabajar; estos equipos suelen dar en unidades Krebs (KU).	

Fuente: (INEN NTE-1013, 2016).

Realizado por: (Lima J, 2021).

### 3.4.3. Determinación de la finura de dispersión del pigmento-vehículo en la pintura

**Tabla 19-3:** Determinación de la finura de dispersión de sistemas pigmento-vehículo

<b>DETERMINACIÓN DE LA FINURA DE DISPERSIÓN DE SISTEMAS PIGMENTO VEHÍCULO</b>	
<b>Equipos</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Grindómetro. (Medidor de finura)</li> <li>➤ Alisador de acero de doble filo.</li> </ul>	
<b>Procedimiento</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Limpiar el medidor antes del ensayo; colocar sobre una superficie plana no resbaladiza en el extremo profundo de la acanaladura de manera que rebose y evitando que tenga burbujas de aire; con el alisador firmemente sostenido y perpendicular a la superficie del medidor en ángulo recto a la acanaladura, extender la muestra a lo largo de esta, con un movimiento lento, uniforme y con suficiente presión para dejar limpia la parte nivelada del medidor.</li> <li>➤ Colocar el medidor a la luz para poder observar claramente y mirar este de manera que la línea de visión forme un ángulo recto con la dirección de la acanaladura. Al efectuar la lectura, el medidor debe estar colocado de manera que forme un ángulo no mayor de 30° ni menor de 20° con la línea visual.</li> <li>➤ Registrar la lectura obtenida mediante el equipo.</li> <li>➤ Repetir el procedimiento con una nueva porción de muestra hasta obtener tres lecturas. No se debe tomar en cuenta las lecturas cuyo tiempo de observación sea mayor de 10 segundos.</li> <li>➤ El medidor debe limpiarse inmediatamente después de cada ensayo con disolventes y un paño suave.</li> </ul>	
<b>Interpretación de resultados</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Se examina el recorrido de la primera porción de la muestra, se establecen aproximadamente el punto final y su finura.</li> <li>➤ Con los recorridos de las otras porciones se establece el punto final en la misma forma indicada anteriormente y se promedian las dos últimas lecturas efectuadas.</li> </ul> <p>Las lecturas se deben hacer en la siguiente forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Cuando el punto final coincida con una división exacta, se leerá esta división.</li> <li>➤ Cuando el punto final se encuentre entre divisiones consecutivas máximo de 5µm, se leerá en la división más alta.</li> </ul>	

Fuente: (INEN NTE-1007, 2016).

Realizado por: (Lima J, 2021).

### 3.4.4. Determinación del brillo especular en la pintura

**Tabla 20-3:** Determinación del brillo especular en la pintura

<b>DETERMINACIÓN DEL BRILLO ESPECULAR EN LA PINTURA</b>	
<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Cartillas de aplicación (madera, vidrio, u otro material apropiado para la evaluación del material de ensayo.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Brillómetro</li> <li>➤ Aplicador o Trazador de película.</li> </ul>
<b>Procedimiento</b>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Al sustrato colocado horizontalmente, aplicar una película del material de ensayo por medio del aplicador de película. Dejar secar el sustrato con la aplicación de la película. La naturaleza del material de ensayo indicará el período de secado necesario.</li> <li>➤ Para medir el brillo del material de ensayo utilizar el brillómetro de acuerdo con las instrucciones del fabricante.</li> <li>➤ Verificar el equipo, con el patrón de referencia, en el ángulo a medir (20°, 60°, 85°). Si la aplicación se realiza sobre cartillas de contraste, realizar la medición sobre la sección negra.</li> <li>➤ Verificar el encerado (colocar en cero) del instrumento mediante la colocación de una cavidad negra en la posición especificada. Si la lectura no se encuentra dentro de <math>\pm 0,1</math> de cero, restarlo algebraicamente de las lecturas subsiguientes o ajustar el instrumento para leer cero.</li> <li>➤ Colocar el instrumento directamente sobre la superficie pintada del sustrato y realizar la medición. Para las muestras con marcas de pincel, brocha o texturas similares, colocar las muestras de tal manera que las direcciones de las marcas sean paralelas al plano de los ejes de la luz incidente y reflejada.</li> <li>➤ Tomar por lo menos tres lecturas sobre un área de la muestra de ensayo de 75 mm por 150 mm para obtener una lectura promedio, descartando resultados divergentes. Para muestras más grandes, tomar un número mayor de lecturas proporcionales.</li> </ul>
<b>Cálculos</b>
Los resultados del análisis de la muestra de pintura se obtienen de forma digital directa y dependerá de acuerdo al ángulo analizado.

**Fuente:** (INEN NTE-1003, 2016).

**Realizado por:** (Lima J, 2021).

### 3.4.5. *Determinación de los tiempos de secado en la pintura*

**Tabla 21-3:** Determinación de los tiempos de secado en la pintura

<b>DETERMINACIÓN DE LOS TIEMPOS DE SECADO EN LA PINTURA</b>	
<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Carbonato de calcio, (grado pigmento)</li> <li>➤ Algodón absorbente</li> <li>➤ Cartulinas específicas o paneles de vidrio adecuados para la aplicación de la pintura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Micrómetro</li> <li>➤ Aplicador de película</li> <li>➤ Cronómetro con apreciación de décimas de segundo.</li> </ul>
<b>Procedimiento</b>	
<p><b>a) Preparación del material a ensayar</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Preparar las láminas por duplicado y con suficiente anticipación para poder hacer las determinaciones dentro de las horas normales de trabajo.</li> <li>➤ Aplicar el material que debe ensayarse en láminas de vidrio o de otro material adecuado con dimensiones apropiadas. Colocar horizontalmente las láminas pintadas protegiéndolas de la acumulación excesiva de polvo, durante el secamiento. Se recomienda usar vidrio esmerilado para materiales que tienden a gotear, tales como aceites secantes de baja viscosidad.</li> <li>➤ Extender la película de ensayo preferiblemente con un instrumento capaz de producir el espesor <math>25 \mu\text{m} \pm 2 \mu\text{m}</math> (1,0 mils <math>\pm</math> 0,1 mils). Cuando no se dispone de un aparato apropiado o existe un acuerdo para aplicar la película de otra forma, se podrá usar los métodos convencionales y automáticos: pistola, inmersión, barra y brocha.</li> </ul>	

<p>➤ Medir el espesor de película seca como se indica en NTE INEN 1024. Si se usan láminas de área pequeña, se medirá el espesor, pesando la lámina antes y después de pintadas, calculando con base el área de aplicación y el volumen de los sólidos.</p> <p><b>b) Determinación del secamiento libre al tacto</b></p> <p>➤ Tocar ligeramente la película que debe ensayarse con la punta del dedo bien limpio e inmediatamente colocar este contra un vidrio limpio y claro; se considera seco al tacto cuando en el vidrio no hay presencia de pintura.</p> <p><b>c) Determinación del tiempo libre al polvo. Método de la fibra de algodón</b></p> <p>➤ Preparar un cierto número de fibras individuales de algodón con la ayuda de una pinza. Dejar caer varias de las fibras de algodón a intervalos de tiempo regulares desde una altura de 24 mm sobre un área marcada de la pintura. Soplar suavemente sobre la superficie de la película y se considera que la misma se ha secado libre al polvo, cuando la fibra de algodón pueda moverse.</p> <p><b>d) Método al polvo</b></p> <p>➤ Colocar carbonato de calcio finamente dividido sobre la película a intervalos definidos de tiempo, una vez alcanzado el tiempo de secamiento libre al tacto, remover el carbonato de calcio, soplando con una corriente de aire y limpiar al mismo tiempo con una brocha de cerdas suaves. El tiempo de secamiento libre al polvo es el que corresponde al menor intervalo en el que el carbonato de calcio se haya removido.</p> <p><b>e) Determinación del secamiento duro</b></p> <p>➤ Tomar la lámina con los dedos pulgar e índice de manera que el pulgar repose sobre la película y aplicar la máxima presión posible con el dedo pulgar. Pulir ligeramente el área de contacto con una tela suave. Se considera que la película tiene secamiento duro cuando cualquier marca dejada por el pulgar puede eliminarse por el pulido.</p> <p><b>f) Determinación del secamiento seco completo o seco para el manejo</b></p> <p>➤ Colocar la película en posición horizontal y presionar al máximo con el pulgar (la posición del brazo del operador debe quedar en posición vertical desde el hombro a la muñeca), al mismo tiempo, girar el pulgar en un ángulo de 90° sobre el plano de la película aplicada. Se considera la película seca completa o seca para el manejo, cuando no ocurre reblandecimiento, desprendimiento, arruga o cualquier otra evidencia de deterioro en la película.</p> <p><b>g) Determinación del secamiento libre para el repintado</b></p> <p>➤ Se considera una película seca para el repintado, cuando puede aplicarse una segunda mano, o un revestimiento específico sin que se originen irregularidades en la película, tales como levantamiento, pérdida de adhesión de la primera mano y el tiempo de secado de la segunda mano no exceda al máximo especificado para la primera (si existe).</p>
<p><b>Cálculos</b></p> <p>Se deberá cronometrar cada uno de los procedimientos antes descritos, para que pueda aprobar este parámetro de calidad el tiempo máximo de secado será de 4 horas.</p>

**Fuente:** (INEN NTE-1011, 2015).

**Realizado por:** (Lima J, 2021).

### 3.4.6. Determinación de la resistencia a la abrasión húmeda (restregado forzado)

**Tabla 22-3:** Determinación de la resistencia a la abrasión húmeda (restregado forzado)

<b>DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA ABRASIÓN HÚMEDA (RESTREGADO FORZADO)</b>	
<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ solución acuosa al 5% de detergente sintético aniónico.</li> <li>➤ Placas de vidrio esmerilado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Máquina de lavado</li> <li>➤ Cepillo de cerdas de nylon</li> <li>➤ Aplicador de película de 7 mils</li> <li>➤ Estufa</li> </ul>
<p><b>Procedimiento</b></p> <p><b>a) Preparación del equipo para la abrasión</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La máquina de lavado se debe nivelar antes del uso y operar en un rango desde 35 a 39 ciclos por minuto.</li> <li>➤ Los cepillos usualmente no están en uso regular por ende se deben enjuagar en agua después de su último uso y almacenarse con las cerdas hacia arriba bajo condiciones ambientales. Antes de ser usado nuevamente, el cepillo se debe remojar en agua por al menos 24 horas.</li> <li>➤ Luego se pre acondiciona el cepillo por ejecución de 400 ciclos, lo que permite que quede listo para el trabajo de ensayo.</li> </ul> <p><b>b) Preparación de la muestra para la abrasión</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Con respecto a las muestras se debe agitar la pintura de ensayo vigorosa y firmemente para remover todas las natas y partículas en suspensión</li> <li>➤ Aplicar la pintura en la placa de vidrio esmerilado usando el aplicador de película con un espesor de 7mils; el tiempo para la aplicación debe ser aproximadamente de 3 s a 4 s de extremo a extremo para prevenir la formación de agujeros o vacíos en la película.</li> <li>➤ Dado a que el ensayo es un tipo de restregado forzado, las placas una vez aplicado la película de pintura se procede a secar a <math>55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5</math> en una estufa por 1 hora.</li> <li>➤ Transcurrido la hora se procese a sacar de la estufa y dejar secar a temperatura ambiente en un área limpia y libre de humedad.</li> </ul> <p><b>c) Determinación del restregado</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Antes de comenzar el ensayo, confirmar que el cepillo ha sido pre acondicionado para 400 ciclos como se indicó anteriormente, después de esto se retira el cepillo y se sacude para remover cualquier exceso de agua.</li> <li>➤ Se introduce las placas dentro del equipo del lavado y se ajusta los cepillos; una vez que esté listo, se agrega la solución acuosa de detergente, se exteniente uniforme y longitudinalmente <math>10\text{ cm}^3</math> de este sobre la película de pintura aplicada para cada área de recorrido del cepillo.</li> <li>➤ Colocar el cepillo en un extremo del camino; si el número de ciclos a ensayar supera los 400, se debe añadir <math>10\text{ cm}^3</math> del medio de lavado cada 400 ciclos en el recorrido del cepillo y continuar con el ensayo.</li> <li>➤ se enciende el equipo y se fija el número de ciclos en el equipo de lavado de acuerdo con las especificaciones requeridas para cada tipo de pintura</li> <li>➤ Se detiene el equipo hasta cuando la muestra presenta daños y se mide el número total de ciclos.</li> </ul>	
<p><b>Cálculos</b></p> <p>Los resultados del análisis de restregado se obtienen contando el número de ciclos hasta cuando se evidencio daños en la muestra, por tanto, para pinturas de Tipo 1 se realiza la medición a 800 ciclos de restregado, para Tipo 2 se</p>	

realiza la medición a 400 ciclos de restregado, para Tipo 3 se realiza la medición a 100 ciclos de restregado, para Tipo 4 se realiza la medición a 50 ciclos de restregado.

**Fuente:** (INEN NTE-1542, 2015).

**Realizado por:** (Lima J, 2021).

### 3.4.7. *Determinación de la opacidad*

**Tabla 23-3:** Determinación de la opacidad

<b>DETERMINACIÓN DE LA OPACIDAD</b>	
<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Cartulinas de contraste.</li> <li>➤ Muestras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Aplicador de película de 1 mils</li> <li>➤ Estufa</li> </ul>
<p><b>Procedimiento</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Preparar las cartulinas de contraste por duplicado.</li> <li>➤ Aplicar el material que debe ensayarse en las cartulinas de contraste con dimensiones apropiadas evitando que el trazo pueda salirse de la cartulina.</li> <li>➤ Colocar horizontalmente las láminas y extender la película de ensayo preferiblemente con un aplicador película capaz de producir el espesor <math>25 \mu\text{m} \pm 2 \mu\text{m}</math> (1,0 mils <math>\pm</math> 0,1 mils). Cuando no se dispone de un aparato apropiado o existe un acuerdo para aplicar la película de otra forma, se podrá usar los métodos convencionales y automáticos como: pistola, inmersión, barra y brocha.</li> <li>➤ Dejar secar las cartulinas en una estufa a 45 °C por 30 minutos.</li> <li>➤ Sacar de la estufa y dejar enfriar a temperatura ambiente.</li> </ul>	
<p><b>Cálculos</b></p> <p>Para identificar su capacidad de opacidad se debe observar que cubra uniformemente el contraste blanco y negro, se debe fijar en la línea entre el contraste blanco y negro; mientras menos se evidencie la línea mayor capacidad de cubrimiento tendrá.</p>	

**Realizado por:** (Lima J, 2021).

### 3.4.8. *Determinación de la densidad*

**Tabla 24-3:** Determinación de densidad

<b>DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD</b>	
<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Copa de densidad</li> <li>➤ Muestras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Balanza Analítica</li> <li>➤ Estufa</li> <li>➤ Termómetro</li> </ul>
<p><b>Procedimiento</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tomar una muestra representativa del recubrimiento líquido.</li> <li>➤ Llevar el recipiente y su contenido (muestra) a la temperatura especificada de 25 °C en la estufa o usando el baño de temperatura constante, lo cual puede producir un leve flujo de la muestra en el orificio de rebose causado por expansión de éste con el aumento de la temperatura por lo que se debe retirar lo que rebose.</li> <li>➤ Pesar la copa de densidad con la muestra.</li> </ul>	

➤ Registrar la masa del recipiente lleno y del recipiente vacío en gramos.
<b>Cálculos</b>
➤ Densidad del material diluido La densidad del material diluido se halla con la siguiente fórmula: $\delta m = \frac{M_2 - M_1}{V}$ Donde: δm es la densidad de la muestra, expresado en gramos por centímetros cúbicos (g/cm <sup>3</sup> ) M <sub>2</sub> es la masa del recipiente con la muestra, expresado en gramos (g) M <sub>1</sub> es la masa del recipiente vacío, expresado en gramos (g) V es el volumen del recipiente, expresado en centímetros cúbicos (cm <sup>3</sup> )

Fuente: (INEN NTE-1009, 2015).

Realizado por: (Lima J, 2021).

### 3.4.9. Determinación del rendimiento práctico

**Tabla 25-3:** Determinación del rendimiento práctico

<b>DETERMINACIÓN DE LA OPACIDAD</b>	
<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Placas de yeso de un metro cuadrado</li> <li>➤ Muestra de pintura</li> <li>➤ Rodillo de esponja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Balanza</li> </ul>
<b>Procedimiento</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Preparar las placas de yeso verificando que estén limpias libres de polvo u otro agente contaminante.</li> <li>➤ Pesar el contenido promedio de la muestra de pintura a utilizar incluyendo el peso del rodillo antes de ser usado.</li> <li>➤ Aplicar la pintura uniformemente sobre toda la superficie tratando de aplicar la misma fuerza durante todo el trazo y evitando aplicar una capa de pintura encima de otra.</li> <li>➤ Dejar secar las muestras a temperatura ambiente.</li> <li>➤ Volver a pesar la muestra pintura restante con el rodillo.</li> </ul>	
<b>Cálculos</b>	
Para identificar el rendimiento se debe de restar el peso inicial con el peso final tras la aplicación, una vez determinado la masa, determinar el volumen ocupado en función de la densidad y hacer la relación por L/m <sup>2</sup>	

Realizado por: (Lima J, 2021).

### 3.5. Requerimientos a considerar para la formulación

Los posteriores ensayos a ejecutarse son realizados en el laboratorio de Operaciones Unitarias, Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) ya que consta de un agitador mecánico de frecuencia variable con una frecuencia de 60 Hz con voltaje de 110 V tipo corriente alterna como se muestra en el anexo A.

El proceso de dispersión y mezclado se simula en el mismo agitador a diferencia del proceso real que se desarrolla en diferentes tanques, disco y distinta frecuencia rotacional; por lo antes mencionado se controla muy minuciosamente las revoluciones por minuto y el tiempo en cada una de las etapas del proceso a escala del laboratorio.

Dado a que, para el proceso de dispersión se necesita un disco tipo cowles diseñado en base al tamaño del recipiente donde se llevará a cabo la dispersión/mezclado, se considera el criterio de Calvo (2016, p.35) el cual explica que el diámetro del disco debe ser entre el 1/2,5 y 1/3 del diámetro del recipiente. Las experimentaciones se desarrollan en envases comerciales de litro y será manufacturado en una lámina de acero inoxidable 316.

Para la etapa de formulación se debe de tomar en consideración los parámetros de calidad que requiere cumplir el producto final, además también se debe de tomar en cuenta los requerimientos y necesidades del consumidor. En base a lo antes mencionado se enlistan las principales características a tomar en cuenta.

### ***3.5.1. Mayor rendimiento por m<sup>2</sup> y alta capacidad de recubrimiento para tapar las sombras que se producen entre las uniones, superficies masilladas y no masilladas***

En base a la experiencia de los técnicos de la empresa DÉLIBU S.A.S. las materias primas fueron escogidas selectivamente para que cada una de ellas pueda otorgar las cualidades que se necesitan y cumpliendo los principales requerimientos antes mencionados. Para cumplir el requisito de opacidad, en base Calvo (2016, p.34) se considera el uso del TiO<sub>2</sub> tipo rutilo ya que este tipo de pigmento tiene un elevado índice de refracción en comparación al tipo anatasa; cabe mencionar que el tipo seleccionado es un tipo rutilo T2 con un porcentaje de pureza del 93%, ya que contribuye de forma directa a recubrir y tapar aquellas sombras que se producen entre uniones de planchas y en general a recubrir todo el fondo del área a pintar.

### ***3.5.2. Capacidad para auto regular y nivelar las superficies masilladas y no masilladas***

Para poder satisfacer la capacidad de auto nivelación y uniformidad en superficies masilladas y no masilladas, se toma en consideración el uso de cargas, extendedores y de espesante; tal es el caso de las cargas quienes aportaran dando cuerpo, estructura y otorgando un espesor de capa para que el espesante actúe regulando y nivelando dichas superficies, además de que influye en la viscosidad final del producto para que esta pueda tener una buena brochabilidad al momento de su aplicación.

Los técnicos enfatizan que se ve favorable el uso del espesante B tipo celulósico ya que como argumenta la empresa Ashland (2015, p.3) debido a que se utiliza agua como solvente en la

fabricación de pinturas es inevitable el crecimiento microbiano y junto a ellos la producción de enzimas tipo celulítico, las cuales son causantes de romper los enlaces entre las unidades de anhidro glucosa en la columna vertebral del espesante de celulosa provocando que se reduzca el peso molecular del ligante y deja de ser un agente espesante eficaz. Por tanto, se hace vital el uso del espesante de Ashland ya que proporciona una resistencia superior a la biodegradación, ofrece excelente equilibrio entre la facilidad de incorporación y nivelación entre superficies, la aceptación del color, el tiempo abierto y la estabilidad en el envase.

### 3.5.3. Buena resistencia

Otra propiedad a considerar es la resistencia, en este punto actúa el ligante proveniente de Adheplast S.A. (2017, p.37); tiene la característica de ser un ligante de tipo vinil acrílico con un porcentaje de sólidos mayor al 50%, fabricado a base de polímeros tales como el acetato polivinílico, acrilato de butilo, alcohol polivinílico y ciertos aditivos que permite aglutinar las cargas y el sistema pigmentario haciendo que entre todos estos componentes otorguen una alta resistencia a la abrasión húmeda, disminuye la porosidad de las superficies, otorga resistencia al rayado y restregado, genera mejor adherencia, incrementa el rendimiento, y otras características como la flexibilidad y dureza.

### 3.6. Antecedentes para la formulación

Los técnicos de la empresa DÉLIBU S.A.S. consideran la siguiente posible formulación, basándose en la experimentación de diferentes productos ya desarrollados, la fórmula siguiente esta expresada en gramos de cada componente con una masa total de 1,00 kg.

**Tabla 26-3:** Fórmula base

Materia Prima	Masa (g)	Porcentaje (%)
Solvente	347	34,7
Pigmento blanco	58,7	5,87
Cargas	293,6	29,36
CaCO <sub>3</sub> (C)	176,1	17,61
Resina	110,4	11,04
Espesante	4	0,4
Hexametáfosfato de Sodio	1	0,1
Aditivos	9,2	0,92
TOTAL	1000	100

Realizado por: (Lima J, 2021).

Una vez desarrollada la experimentación se evalúa en qué condiciones se encuentra la pintura y que parámetros de calidad cumple en relación a pinturas comerciales de tipo 2 de acuerdo a la Norma INEN-NTE 1544; en la tabla 27-3 se especifica cada uno de los parámetros con los resultados obtenidos y analizando si cumple.

**Tabla 27-3:** Resultados de los parámetros de calidad de la formula base

Parámetro		Unidad	Mín.	Máx.	Resultado	Método	Cumple
Cantidad de Sólidos.		%	40	-	65,75	Norma INEN-NTE 1024	SI
Viscosidad		KU	85	125	128	Norma INEN-NTE 1013	NO
Finura de Dispersión		Hegman	3	-	4	Norma INEN-NTE 1007	SI
Tiempos de secado	Libre al tacto	h	-	1	0,7	Norma INEN-NTE 1011	SI
	Para repintar		-	4	1,5		SI
Brillo Especular (Pintura mate ángulo de 85°)		Unidad de brillo	-	<10	6	Norma INEN-NTE 1003	SI
Resistencia al restregado		N° de ciclos	400	-	165	Norma INEN-NTE 1542	NO
Capacidad de Opacidad		Visual	7	10	6	-	NO
Densidad		Kg/L	1,58	-	-	-	-
Rendimiento		$m^2$	10,67	-	-	-	-

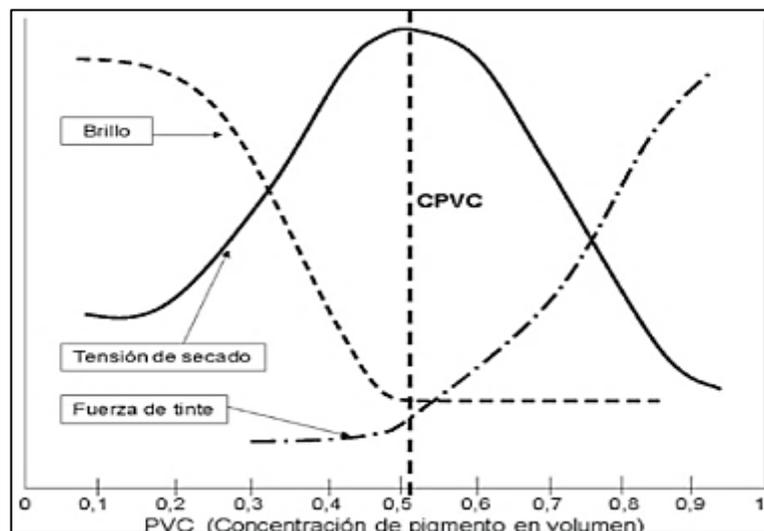
Realizado por: (Lima J, 2021).

En base a la tabla 27-3 se puede constatar que la formulación base no cumple con ciertos parámetros de calidad, como la capacidad de opacidad, la Norma INEN-NTE 1542 relacionado a la resistencia a la abrasión húmeda (restregado) y la Norma INEN-NTE 1013 que indica la viscosidad; por tanto, se determina que la pintura en estos momentos se la puede clasificar como una pintura tipo 3 o 4, mas no una de tipo 2 que es lo que se pretende lograr, por consiguiente para poder cumplir los parámetros antes mencionados se identifica que tipos de componentes influyen en cada parámetro de calidad.

En el aspecto de poder cumplir la capacidad de opacidad y resistencia al restregado muchos autores como Calvo (2016, p.38) y Gijsbertus et al. (2018, p.117), mencionan que la pintura debe tener una relación directa entre el volumen del pigmento y el volumen del ligante, a esto se lo conoce como el “PVC” o más conocido en la industria de la pintura como “la concentración en volumen/masa del pigmento.” En la figura siguiente se evidencia una campana de Gauss en donde se hace relación con respecto a la fracción del PVC; aproximadamente al superar el 50% de

relación entre el ligante y el pigmento llega a un punto crítico denominado como concentración crítica en volumen del pigmento.

Tomando en consideración el comentario antes mencionado; los técnicos recomiendan que para una pintura tipo 2, el PVC fraccional se estima estar en el rango 0,30-0,40 de fracción del PVC y por otro lado que la resina deberá constituir entre un 16 a 18% de todo el contenido de la formulación de la pintura; por tanto, en ensayos siguientes se varia la concentración del ligante y el pigmento para tener una relación PVC entre el 30% y 40% y que la resina se encuentre entre una fracción del 0,16 al 0,18.



**Gráfico 1-3:** Variación de características según el PVC

**Fuente:** (Calvo, 2016).

Dado a que la pintura pose una elevada viscosidad se plantea reducir unas de las cargas; se coincidió con los técnicos al decidir que la mejor opción sería el  $\text{CaCO}_3$  tipo C ya que, aunque se utilizó en un principio como un extender para reducir la cantidad de Dióxido de Titanio, la calidad de pintura se hallaba en un tipo 3 y además de que conlleva mayor tiempo y trabajo de dispersión porque es el carbonato que mayor tamaño de partícula tiene.

Por otro lado, de acuerdo a los resultados obtenidos de la tabla 27-3 se evidencia que hay un alto contenido de sólidos, es decir existe un alto porcentaje de cargas en la materia total, por ende, se considera aumentar la concentración de dispersante ya que contribuye a dispersar el alto contenido de cargas y pigmento para que la pintura pueda mejorar su viscosidad, tenga una buena fluidez, brochabilidad y uniformidad en cada mano.

### 3.7. Propuesta de formulaciones

Ante todo, lo expuesto en el punto 3.6. y con el objetivo de cumplir con los requerimientos y estándares de calidad se establece 2 variables, el  $\text{CaCO}_3(\text{C})$  y el Hexametáfosfato de Sodio; en conjunto a ello se plantea reducir el  $\text{CaCO}_3(\text{C})$  a razón de 35% y 70% y aumentar el Hexametáfosfato de Sodio a razón de 35% y 70% en relación a la fórmula base. Por tanto, se proponen 4 tratamientos con 3 repeticiones cada una para evitar variaciones en los resultados.

**Tabla 28-3:** Variables establecidas para la experimentación

Variable		Porcentaje	Formulación actual (g)	Nueva formulación (g)	
	C	C1	-35%	176,1	114,46
		C2	-70%		52,83
Hexametáfosfato de Sodio.	H	H1	+35%	1 gr	1,35
		H2	+70%		1,7

Realizado por: (Lima J, 2021).

**Tabla 29-3:** Variables establecidas para la experimentación

No.	TRATAMIENTO	VARIABLES	REPETICIÓN
1	T1	C1-H1	R1
2			R2
3			R3
4	T2	C1-H2	R1
5			R2
6			R3
7	T3	C2-H1	R1
8			R2
9			R3
10	T4	C2-H2	R1
11			R2
12			R3

Realizado por: (Lima J, 2021).

Una vez que se establece las variables y definidos los porcentajes de sustitución, se describe en la tabla 30-3 y 31-3 las posibles formulaciones como alternativas para el desarrollo experimental a escala de laboratorio a partir de la fórmula base; las nuevas modificaciones en la formulación están expresadas en unidades de masa  $1\text{kg} \pm 0,1$  y en relación al % masa/masa.

**Tabla 30-3:** Formulaciones experimentales

Materia Prima	T1		T2	
	Masa (g)	(%)	Masa (g)	(%)
Solvente	347	33,91	347	33,90
Pigmento blanco	88,05	8,60	88,05	8,60
Cargas	293,6	28,69	293,6	28,68
CaCO <sub>3</sub> (C)	114,46	11,19	114,46	11,18
Resina	165,6	16,18	165,6	16,18
Espesante	4	0,39	4	0,39
Hexametafosfato de Sodio	1,35	0,13	1,7	0,17
Aditivos	9,2	0,90	9,2	0,90
<b>TOTAL</b>	<b>1023,26</b>	<b>100,00</b>	<b>1023,61</b>	<b>100,00</b>

Realizado por: (Lima J, 2021).

**Tabla 31-3:** Formulaciones experimentales

Materia Prima	T3		T4	
	Masa (g)	(%)	Masa (g)	(%)
Solvente	347	36,08	347	36,07
Pigmento blanco	88,05	9,16	88,05	9,15
Cargas	293,6	30,53	293,6	30,52
CaCO <sub>3</sub> (C)	52,83	5,49	52,83	5,49
Resina	165,6	17,22	165,6	17,21
Espesante	4	0,42	4	0,42
Hexametafosfato de Sodio	1,35	0,14	1,7	0,18
Aditivos	9,2	0,96	9,2	0,96
<b>TOTAL</b>	<b>961,63</b>	<b>100,00</b>	<b>961,98</b>	<b>100,00</b>

Realizado por: (Lima J, 2021).

### 3.8. Etapas del proceso productivo a escala de laboratorio

En la tabla 32-3 se describe las etapas que se efectúan al momento de realizar los ensayos en el laboratorio; dentro de cada etapa se detalla el material empelado, las r.p.m. al momento de dispersar o mezclar, el tiempo que tarda en ejecutarse cada etapa, también se aclara en que consiste y los aspectos a considerar.

**Tabla 32-3:** Etapas del proceso productivo a escala de laboratorio

Etapa	Materia prima empleada	r.p.m.	tiempo	Descripción del proceso	Observaciones
Nº1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Solvente (agua)</li> <li>Tensoactivo</li> <li>antiespumante</li> </ul>	720-1080 r.p.m.	15min	En esta etapa se trata de ablandar el agua con un tensoactivo para reducir la tensión superficial del mismo; dado a la agitación se produce espuma en la superficie por lo que es de	Las revoluciones deben ser bajas para no alterar la estructura física y química del solvente

				vital importancia el uso del antiespumante.	
Nº2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pigmento (Dióxido de Titanio)</li> <li>• CaCO<sub>3</sub> Omya UF</li> <li>• Humectante/ Dispersante Mowiplus.</li> </ul>	2160 r.p.m.	60 min	Se inicia la dispersión con el pigmento y el CaCO <sub>3</sub> de menor tamaño de partícula para que se pueda integrar de forma más rápida el solvente con el pigmento y evitar que llegue a separarse después de un cierto tiempo; el humectante/ dispersante ayuda a eclosionar las moléculas de aire que contiene el agua y se pueda humectar y dispersar de forma más rápida el pigmento y el CaCO <sub>3</sub> .	Se debe de controlar la finura de dispersión, con el grindómetro o con placas de vidrio esmerilado.
Nº3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CaCO<sub>3</sub> cecal</li> <li>• CaCO<sub>3</sub> Impadoc</li> <li>• Talco</li> <li>• Caolín</li> <li>• Hexametfosfato de Sodio</li> <li>• Humectante/ Dispersante Mowiplus.</li> </ul>	2520 - 2880 r.p.m.	60 min	Una vez que se haya dispersado el pigmento con uno de los carbonatos de menor tamaño de partícula, se procede con la dispersión del resto de cargas como los 2 tipos de carbonatos y los extendedores como el talco y el caolín; dado a que poseen mayor tamaño de partícula, se incrementa la velocidad de dispersión e igual que el caso anterior se utiliza el humectante Mowiplus y se adiciona el Hexametfosfato para garantizar la segregación y dispersión de todas las cargas y extendedores.	Al empezar esta etapa se debe de agregar las cargas y extendedores al dispersador en relación del mayor a menor tamaño de partícula y se debe de agregar uno por uno, para no forzar el motor del dispersador.
Nº 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resina</li> <li>• Espesante</li> <li>• Coalescente</li> <li>• Espesante</li> <li>• Dietilenglicol</li> <li>• Biocida</li> </ul>	1440 r.p.m.	60 min	En esta etapa se adiciona el ligante el cual se considera como el soporte principal del pigmento y de las cargas y además de que cuando la pintura sea aplicada contribuirá a ser parte de la película seca que recubrirá y	Precautelarse de que los aditivos se homogenicen de manera correcta con todo el conglomerado de la pintura; además se debe de verificar la viscosidad antes de

				<p>protegerá ante diferentes agentes físicos y ambientales. Dado a que el solvente y ciertos componentes contienen trazas de moléculas de agua, se hace indispensable el uso de un coalescente para reducir la temperatura mínima de formación del film del ligante al momento de la aplicación; así las moléculas de agua se evaporan y contribuye al ligante a ocupar esos espacios formando una película homogénea y uniforme.</p> <p>El resto de los aditivos se adicionan uno por uno; empezando por el espesante otorgándole la capacidad de tener una buena brochabilidad, seguidamente se adiciona el dietilenglicol para que se pueda mantener estable tras el almacenamiento y por último el biocida para eliminar y evitar el crecimiento de agentes patógenos.</p>	<p>proceder al proceso de envasado.</p>
--	--	--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------

**Realizado por:** (Lima J, 2021).

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

#### 4.1. Resultados del cálculo del diámetro del disco

El tamaño del disco se calculó  $\frac{1}{3}d$  del diámetro del recipiente, en el cual se realizó los respectivos ensayos. El recipiente escogido es un envase comercial de 1 litro con las medidas siguientes.

**Datos:**

**Diámetro del envase:** 0,108 m

**Altura del envase:** 0,130 m

Por tanto, el diámetro del disco tipo cowles es:

$$D_{\text{cowles}} = 1/3 d$$

$$D_{\text{cowles}} = 1/3(0,108) \text{ m}$$

$$D_{\text{cowles}} = 0,036 \text{ m}$$

$$D_{\text{cowles}} = 3,6 \text{ cm}$$

El disco fabricado se muestra en la figura 1-4, el diámetro del eje del agitador es de 16mm, el espesor del disco es de 3mm y 14mm de altura de diente, estas medidas se basaron en discos comerciales que se hallan en el mercado.



**Figura 1-4.** Disco Cowles

Realizado por: (Lima J, 2021).

#### 4.2. Resultados de la formulación en base a cada parámetro de calidad

Los ensayos formulados fueron evaluados con respecto a cada parámetro de calidad, por tanto, a continuación, se detalla cada parámetro de calidad resultante de cada formulación.

#### 4.2.1. Cantidad de solidos

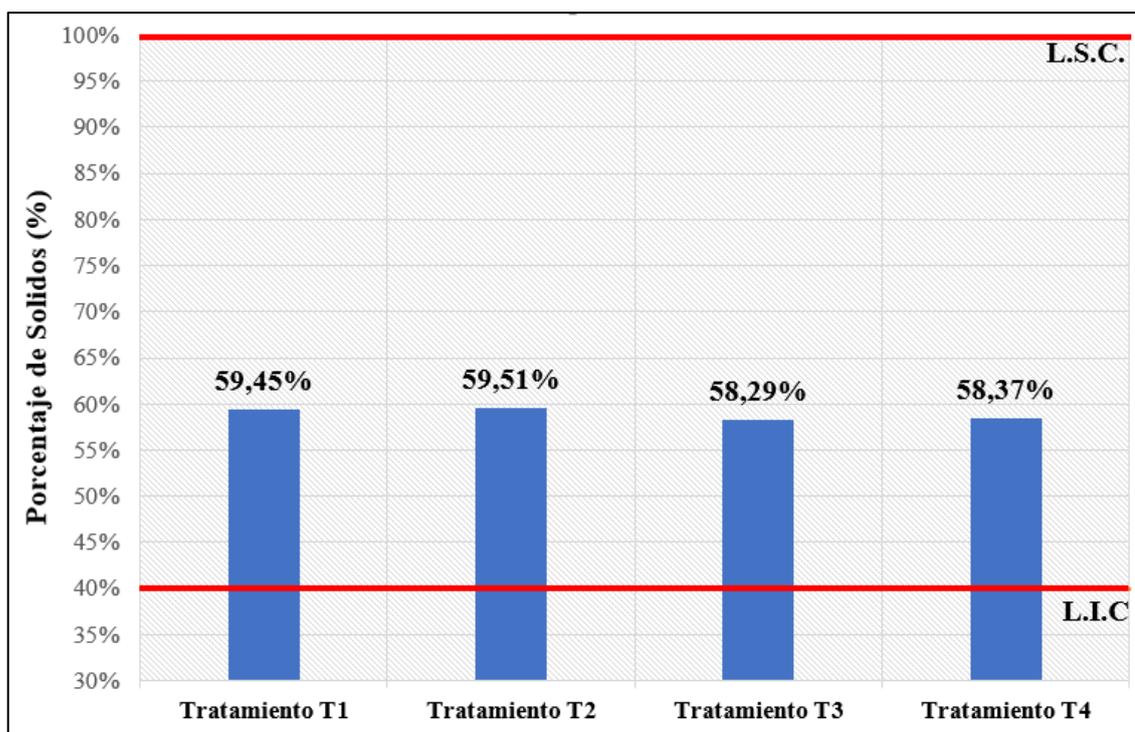
La cantidad de solidos también conocido como materia no volátil (MNV) se representa en porcentaje en función de la masa; en la tabla 1-4 se detallan los resultados obtenidos de cada tratamiento con sus respectivas repeticiones.

**Tabla 1-4:** Resultados obtenidos del material no volátil (porcentaje de solidos)

Tratamiento	Repeticiones	Resultado	Promedio	Unidad	NORMA INEN NTE- 1024 Min	NORMA INEN NTE- 1024 Max	Cumple
T1	R1	59,44	59,45	%	40	-	Si
	R2	59,64					
	R3	59,29					
T2	R1	59,65	59,51				
	R2	59,49					
	R3	59,41					
T3	R1	58,18	58,29				
	R2	58,16					
	R3	58,55					
T4	R1	58,18	58,37				
	R2	58,16					
	R3	58,55					

Realizado por: (Lima J, 2021).

De acuerdo a las especificaciones de la Norma INEN-NTE 1544 para pinturas de tipo 2 el contenido de solidos por masa no debe ser inferior al 40%; en el grafico 1-4 se puede observar que todas las formulaciones cumplen con los límites de control superior e inferior que establece la Norma; era evidente dado a que en total se usaron 5 tipos entre cargas y extendedores aportando una alta concentración en masa sin tomar en cuenta el pigmento, el ligante y otros aditivos.



**Gráfico 1-4.** Comparativo del porcentaje de sólidos en los ensayos realizados

Realizado por: (Lima J, 2021).

#### 4.2.2. Viscosidad

En virtud de que la formulación base no estuvo dentro del rango permitido en la Norma, se procedió a reducir la cantidad del  $\text{CaCO}_3$  (C) y a variar la cantidad de Hexametáfosfato de Sodio; los datos fueron obtenidos en un viscosímetro digital Stormer, se reflejan en la tabla 2-4 los resultados conseguidos.

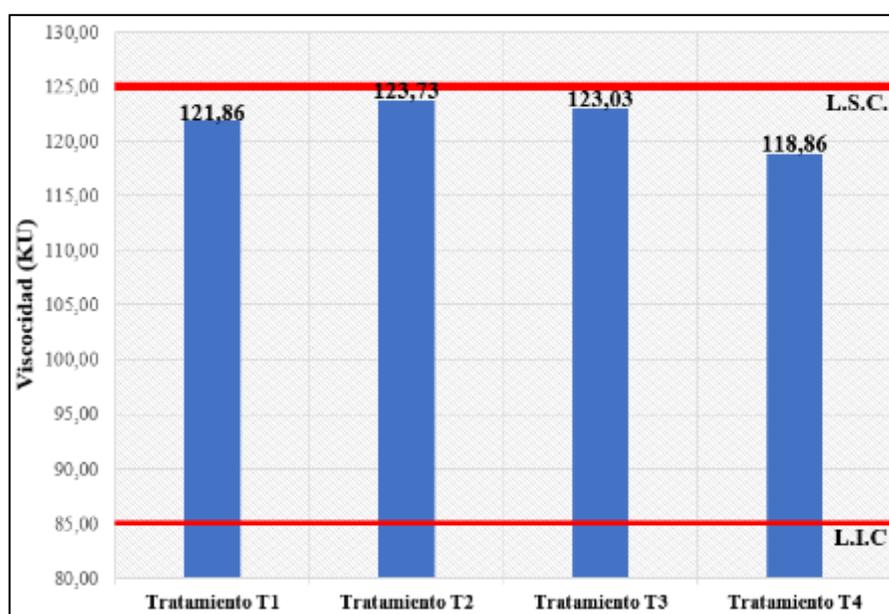
**Tabla 2-4:** Resultados obtenidos del parámetro de viscosidad

Formulación	Repeticiones	Resultado	Promedio	Unidad	NORMA INEN NTE-1013 Min	NORMA INEN NTE-1013 Max	Cumple
T1	R1	121,8	121,86	Krebs (KU)	85	125	Si
	R2	121,9					
	R3	121,9					
T2	R1	123,7	123,73				
	R2	123,7					
	R3	123,8					
T3	R1	122,9	123,03				
	R2	123,0					
	R3	123,2					

<b>T4</b>	R1	119	118,86				
	R2	118,7					
	R3	118,6					

Realizado por: (Lima J, 2021).

Acorde a la grafico 2-4 se observa que los resultados se encuentran dentro del rango de aceptación del parámetro de calidad, ya que como valor mínimo se tiene 85 KU y como valor máximo 125 KU; también se puede destacar que, aunque se preveía que al disminuir la concentración del  $\text{CaCO}_3$  en -35% y -70% y aumentar el Hexametáfosfato de Sodio la viscosidad disminuiría notablemente; no sucedió así, ya que en base a los criterios de los proveedores el Hexametáfosfato actuaría también como reductor de viscosidad; los resultados reflejan que al variar el  $(\text{NaPO}_3)_6$  la viscosidad no vario notablemente y se encuentran próximo a superar el límite de control superior.



**Gráfico 2-4.** Comparativo de la viscosidad en los ensayos realizados

Realizado por: (Lima J, 2021).

#### 4.2.3. Finura de dispersión

Para el análisis de este parámetro se requirió el uso de un grindómetro como se muestra en la figura 2-4, viene en escala Hegman la cual me indican el grado de dispersión en función del tamaño de partícula en micras ( $\mu\text{m}$ ). Mientras más alto es el valor en escala Hegman menor es el tamaño de partícula. Todos los resultados obtenidos de cada ensayo se detallan en la tabla 3-4.



**Figura 2-4.** Grindómetro

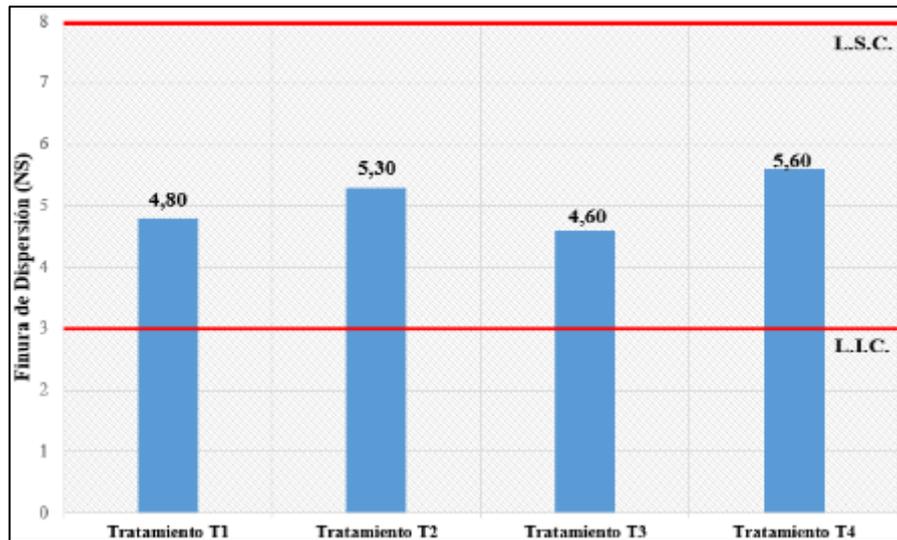
Realizado por: (Lima J, 2021).

**Tabla 3-4:** Resultados obtenidos del parámetro finura de dispersión

Tratamiento	Repeticiones	Resultado	Promedio	Unidad	NORMA INEN NTE-1007 Min	NORMA INEN NTE-1007 Max	Cumple
<b>T1</b>	R1	5	4,8	Unidades Hegman (NS)	3	8	Si
	R2	5					
	R3	4,5					
<b>T2</b>	R1	5	5,3				
	R2	5					
	R3	6					
<b>T3</b>	R1	5	4,6				
	R2	4					
	R3	5					
<b>T4</b>	R1	6	5,6				
	R2	5					
	R3	6					

Realizado por: (Lima J, 2021).

La dispersión del pigmento y de las cargas tuvo un punto clave en las características finales obtenidas, puesto que mientras mayor es el valor de la dispersión en escala Hegman mayor capacidad de opacidad tiene la pintura; en el gráfico 3-4 se puede analizar que todos los tratamientos cumplen con el rango permitido; tomando en consideración solo este parámetro se deduce que las formulaciones T2 y T4 tendrían mayor capacidad de recubrimiento.

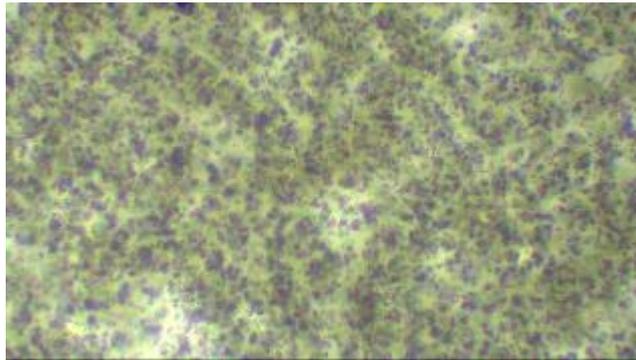


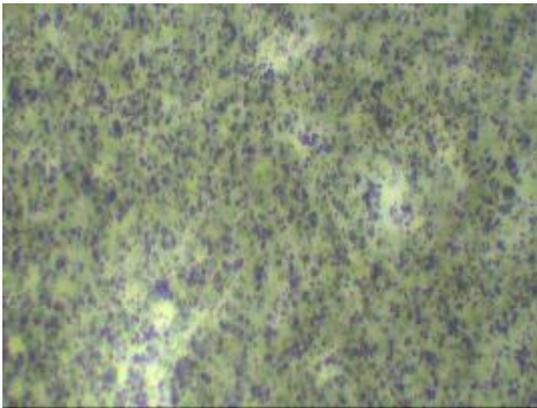
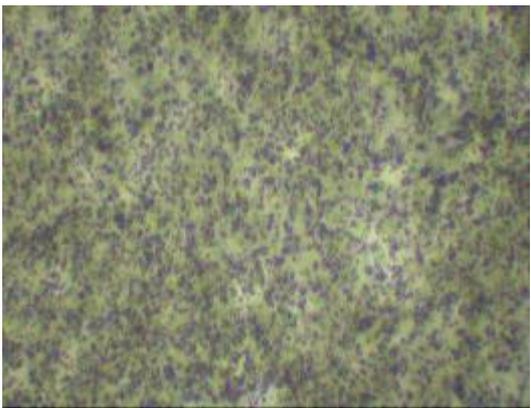
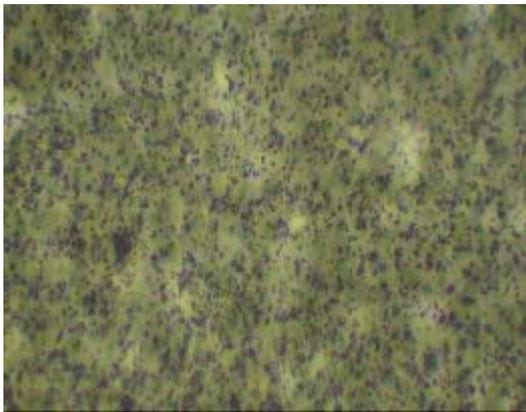
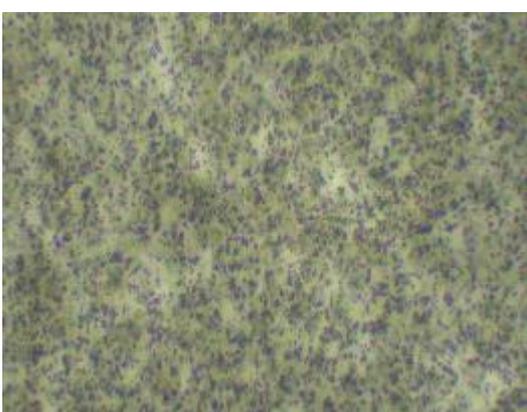
**Gráfico 3-4.** Comparativo de la finura de dispersión en los ensayos realizados

Realizado por: (Lima J, 2021).

En la figura 3-4 se visualiza como actuó el dispersante Hexametáfosfato de Sodio en cada una de las formulaciones en un microscópico óptico con un lente de 100x. Es evidente como el incremento del dispersante contribuyo a que las partículas reduzcan de tamaño y se distribuyan homogéneamente en todo solvente y el ligante.

## Pintura Comercial Tipo 2



Tratamiento T1 ( C1-H1)	Tratamiento T3 ( C2-H1)
	
Tratamiento T2 ( C1-H2)	Tratamiento T4 ( C2-H2)
	

**Figura 3-4.** Incremento del dispersante en las muestras

Realizado por: (Lima J, 2021).

#### 4.2.4. Brillo especular

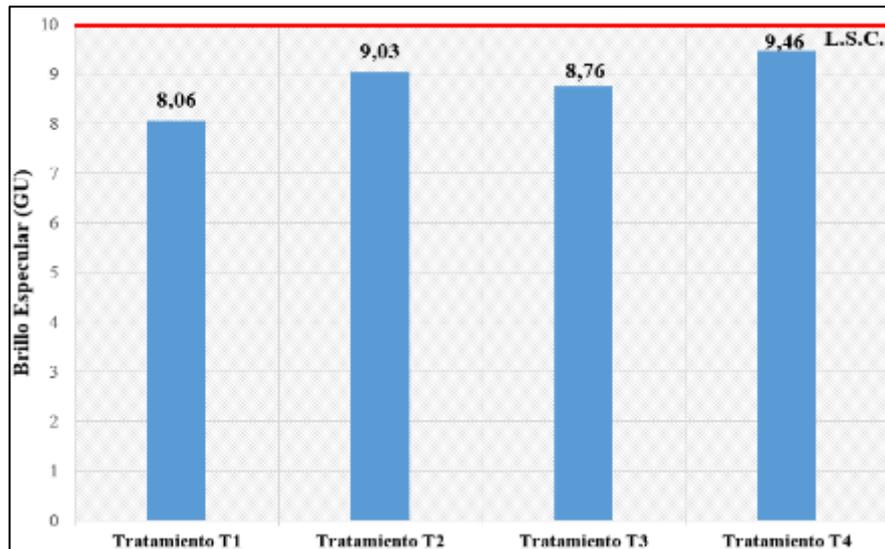
En la tabla 4-4 se muestra que el rango del parámetro de brillo especular es de 0 a 10 GU, cada resultado fue determinado mediante el uso de un brillómetro a un ángulo de 85° dado a que se formuló una pintura de tipo mate.

**Tabla 4-4:** Resultados obtenidos del parámetro del brillo especular

Tratamiento	Repeticiones	Resultado	Promedio	Unidad	NORMA INEN NTE- 1003 Min	NORMA INEN NTE- 1003 Max	Cumple
T1	R1	8,1	8,06	Unidad de Brillo (GU)	-	<10	Si
	R2	7,9					
	R3	8,2					
T2	R1	8,9	9,03				
	R2	9,1					
	R3	9,1					
T3	R1	8,6	8,76				
	R2	8,9					
	R3	8,8					
T4	R1	9,2	9,46				
	R2	9,7					
	R3	9,5					

Realizado por: (Lima J, 2021).

De acuerdo a la Grafico 4-4, se comprueba que a pesar de que se usó cargas con un índice de refracción bajo, el índice de refracción del pigmento y del ligante son aún mayores haciendo que posea un pequeño brillo y es evidente como los resultados están próximos a llegar al límite de aceptabilidad.



**Gráfico 4-4.** Comparativo del brillo especular en los ensayos realizados

Realizado por: (Lima J, 2021).

#### 4.2.5. *Tiempos de secado*

En este parámetro se analizó 2 variables, el tiempo que tarda en secarse libre al contacto y el tiempo en que la superficie se encuentre lista para repintar, en la tabla 5-4 se muestran los resultados obtenidos en cada ensayo. En el caso del secado libre al tacto los límites son entre 0 a 1 hora, mientras que para repintar los límites son entre 0 a 4 horas.

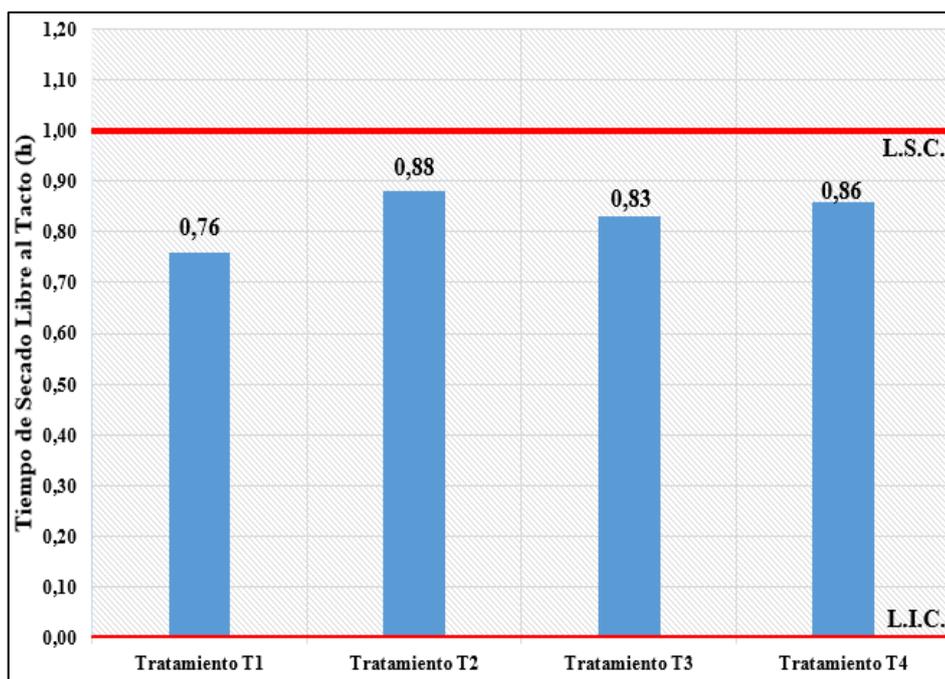
**Tabla 5-4:** Resultados obtenidos del parámetro tiempo de secado

Tratamiento	Repeticiones	Resultado		Promedio		Unidad	NORMA INEN NTE-1011 Min		NORMA INEN NTE-1011 Max		Cumple
		Libre al tacto	Para repintar.	Libre al tacto	Para repintar		L.T	P.R	L.T	P.R	
T1	R1	0,78	3,17	0,76	3,08	Hora (h)	-	-	1h	4h	Si
	R2	0,75	3,00								
	R3	0,76	3,08								
T2	R1	0,87	3,49	0,88	3,53						
	R2	0,89	3,58								
	R3	0,88	3,52								
T3	R1	0,81	3,26	0,83	3,4						
	R2	0,83	3,34								
	R3	0,85	3,6								
T4	R1	0,88	3,53								

	R2	0,87	3,48	0,86	3,45						
	R3	0,84	3,36								

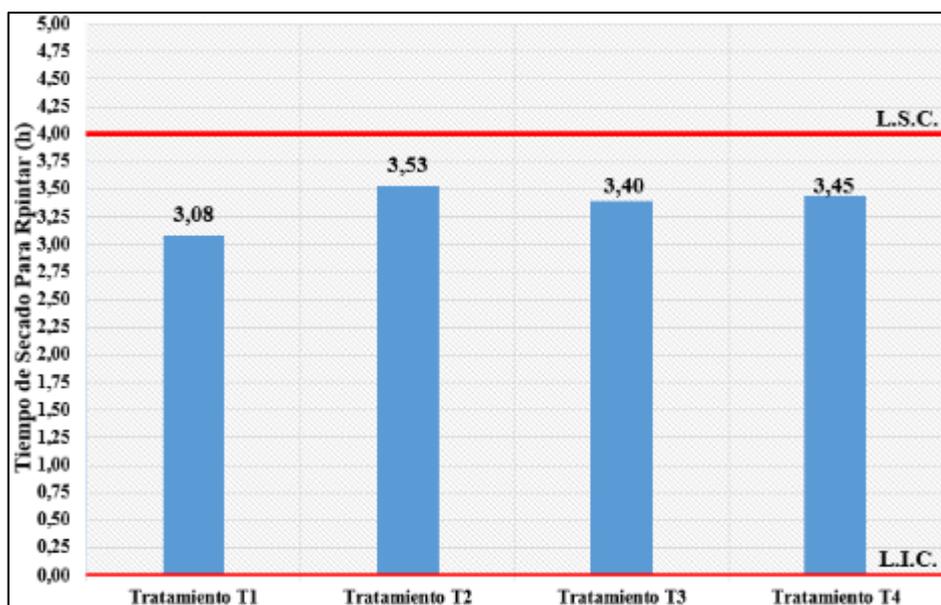
Realizado por: (Lima J, 2021).

En la Grafico 5-4 y 6-4 se puede analizar que todos los ensayos están dentro de los limites superior e inferior que establece la Norma INEN-NTE 1544, aunque se visualiza que están próximos a llegar a los limites; esto se debe a que las formulaciones realizadas tienen 1/3 de solvente en relación a toda la formulación, es decir existe una gran cantidad de agua que requiere ser evaporada al momento de su aplicación.



**Gráfico 5-4.** Comparativo del tiempo de secado libre al tacto en los ensayos realizados

Realizado por: (Lima J, 2021).



**Gráfico 6-4.** Comparativo del tiempo de secado libre para repintar en los ensayos realizados

Realizado por: (Lima J, 2021).

#### 4.2.6. Resistencia a la abrasión húmeda (restregado forzado)

Los resultados que se visualiza en la tabla 6-4 demuestran que, aunque el parámetro de restregado está directamente relacionado con el ligante ya que es el encargado de formar un film protector; la reducción de carbonato causo que la resistencia al restregado disminuyera; esto puede deberse a que el  $\text{CaCO}_3$  que se redujo es el que tiene una menor absorción de aceite dándole resistencia a ser removido en relación al resto de cargas que en promedio tienen una absorción superior al 30% y como lo explica Paricaguán et al. (2018, p.411), a mayor índice de absorción de aceite, menor será la resistencia a la abrasión de la película.

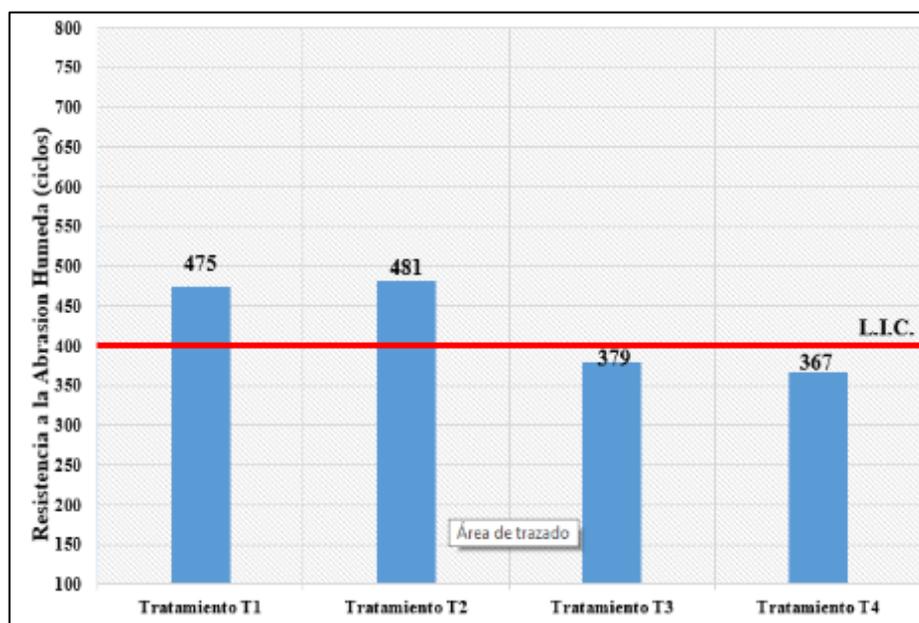
**Tabla 6-4:** Resultados obtenidos del parámetro resistencia a la abrasión húmeda (restregado forzado)

Tratamiento	Repeticiones	Resultado	Promedio	Unidad	NORMA INEN NTE-1542 Min	NORMA INEN NTE-1542 Max	Cumple			
T1	R1	467	475	N° de Ciclos	400	-	SI			
	R2	477								
	R3	481								
T2	R1	480	481				N° de Ciclos	400	-	SI
	R2	475								
	R3	488								

T3	R1	377	379				NO
	R2	372					
	R3	389					
T4	R1	374	367				NO
	R2	383					
	R3	344					

Realizado por: (Lima J, 2021).

Para el análisis de este parámetro de acuerdo a la Norma INEN –NTE 1544 se tiene como límite de control inferior el valor de 400 ciclos, pero no existe un límite de control superior, ya que mientras supere el límite de control inferior se cumple con la Norma y se deduce que tiene una resistencia superior a lo que se establece. De acuerdo a la Grafico 7-4 se puede analizar que los tratamientos T3 y T4 no llegan al límite de control inferior dado a que son aquellas formulaciones en las que se redujo hasta el 70% de masa en relación a la fórmula base. Por tanto, solo las formulaciones T1 y T2 son aquellas formulaciones que cumplieron con el parámetro de resistencia al restregado.



**Gráfico 7-4.** Comparativo de la resistencia a la abrasión húmeda en ensayos realizados

Realizado por: (Lima J, 2021).

#### 4.2.7. Rendimiento

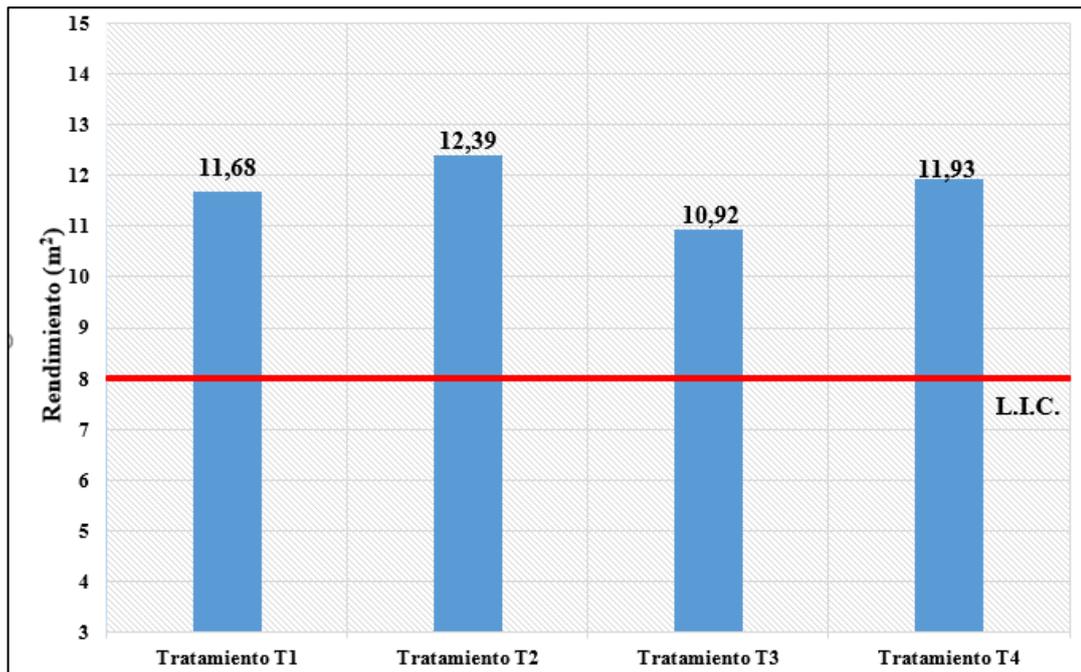
El rendimiento fue evaluado a partir de la comparación de pinturas comerciales que se hallan en el mercado, las mismas que en general ofertan un rendimiento de 8 a 10 m<sup>2</sup> por litro y por mano de aplicación, en la tabla 7-4 se observan los resultados obtenidos de cada tratamiento.

**Tabla 7-4:** Resultados obtenidos del parámetro de rendimiento

Tratamiento	Repeticiones	Resultado(*)	Promedio	Unidad	NORMA INEN NTE-1041 Min	NORMA INEN NTE-1041 Max	Cumple
T1	R1	11,69	11,683	m <sup>2</sup>	8	-	SI
	R2	11,70					
	R3	11,66					
T2	R1	12,41	12,393				
	R2	12,39					
	R3	12,38					
T3	R1	10,93	10,924				
	R2	10,92					
	R3	10,92					
T4	R1	11,95	11,930				
	R2	11,93					
	R3	11,91					

Realizado por: (Lima J, 2021).

En la Grafico 8-4 se puede observar que todos los tratamientos superar el límite de control inferior, es decir todos los tratamientos están acorde a los requerimientos del consumidor, cabe recalcar que no existe un límite de control superior ya que mientras mayor sea el rendimiento mayor ventaja tiene el consumidor.



**Gráfico 8-4.** Comparativo del rendimiento en ensayos realizados

Realizado por: (Lima J, 2021).

#### 4.2.8. Opacidad

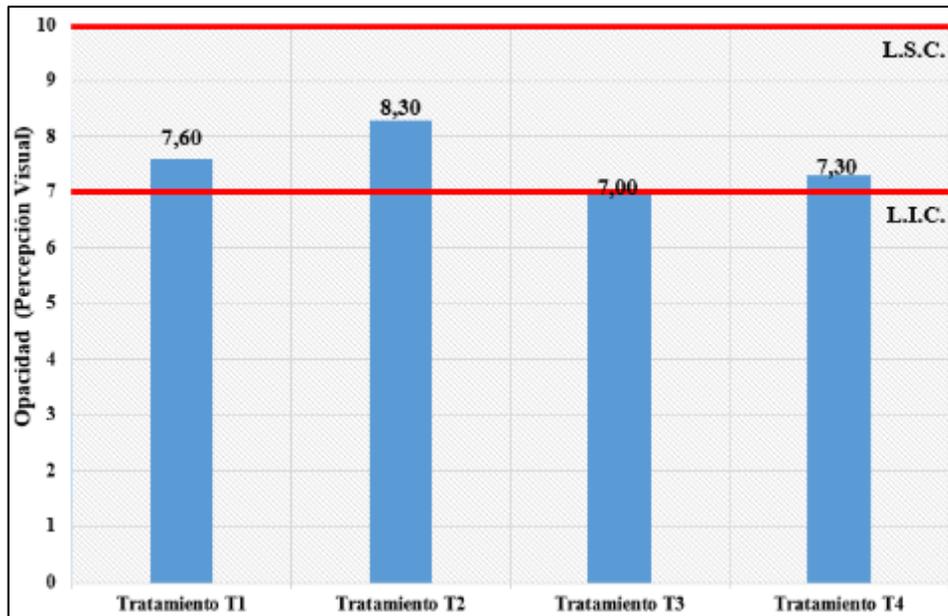
En la tabla 8-4 se puede observar los resultados obtenidos de la opacidad los cuales fueron evaluados en cartas de contraste; los límites de control superior e inferior se establecieron mediante la experiencia y criterios perceptivos de los técnicos.

**Tabla 8-4:** Resultados obtenidos del parámetro de la opacidad m<sup>2</sup>

Tratamiento	Repeticiones	Resultado(*)	Promedio	Unidad	Min	Max	Cumple									
T1	R1	8	7,6	Percepción Visual	7	10	SI									
	R2	7														
	R3	8														
T2	R1	8	8,3				Percepción Visual	7	10	SI						
	R2	8														
	R3	9														
T3	R1	7	7							Percepción Visual	7	10	SI			
	R2	7														
	R3	7														
T4	R1	7	7,3										Percepción Visual	7	10	SI
	R2	8														
	R3	7														
(*) Los resultados se expresan de acuerdo a la consideración visual de 5 técnicos y 5 pintores, donde, 10 se considera cuando tiene un excelente cubrimiento y 1 para una nula o escasa capacidad de cubrimiento. El valor aceptable debe ser $\geq$ a 7.																

Realizado por: (Lima J, 2021).

En la grafico 9-4 se puede analizar que los tratamientos T1, T2 y T4 están dentro del margen de aceptación, el tratamiento T3 está a nivel del límite inferior, pero se lo incluye como tratamiento aceptable ya que se estableció que debe ser menor a 7 para ser descartado. Haciendo un análisis de todos los tratamientos se determina que el tratamiento T2 es la que tiene una mejor capacidad de recubrimiento en relación a los demás.



**Gráfico 9-4.** Comparativo de la opacidad en ensayos realizados

Realizado por: (Lima J, 2021).

Ahora bien, al determinar que la mejor formulación en relación a la capacidad de recubrimiento es el tratamiento T2, se realizó una comparación entre 3 pinturas comerciales de tipo 2 en placas de yeso con superficies masilladas y no masilladas para analizar su capacidad de recubrir aquellas sombras que pueden presentarse al pintar directamente sin la necesidad de estucar o empastar por completo las placas de yeso.

#### 4.2.9. Densidad

Los datos de densidad se obtuvieron en base a pesar el densímetro vacío y una vez lleno con la muestra; el equipo específico para el análisis de esta variable fue la copa por galón de gravedad específica de densidad como se muestra en la figura 4-4.



**Figura 4-4.** Datos de densidad

Realizado por: (Lima J, 2021).

En la tabla 9-4 se puede determinar que todos los tratamientos oscilan en promedio 1,52 Kg/L y 1,53 Kg/L. Para este parámetro no existe un límite de control superior e inferior dado a que la densidad de la pintura solo muestra la relación directa entre la masa del producto con el volumen que ocupa.

**Tabla 9-4:** Resultados obtenidos del parámetro de densidad

Tratamiento	Repeticiones	Resultado(*)	Promedio	Unidad
<b>T1</b>	R1	1,536	1,536	Kg/L
	R2	1,536		
	R3	1,537		
<b>T2</b>	R1	1,537	1,537	
	R2	1,538		
	R3	1,537		
<b>T3</b>	R1	1,529	1,529	
	R2	1,529		
	R3	1,530		
<b>T4</b>	R1	1,528	1,528	
	R2	1,529		
	R3	1,527		

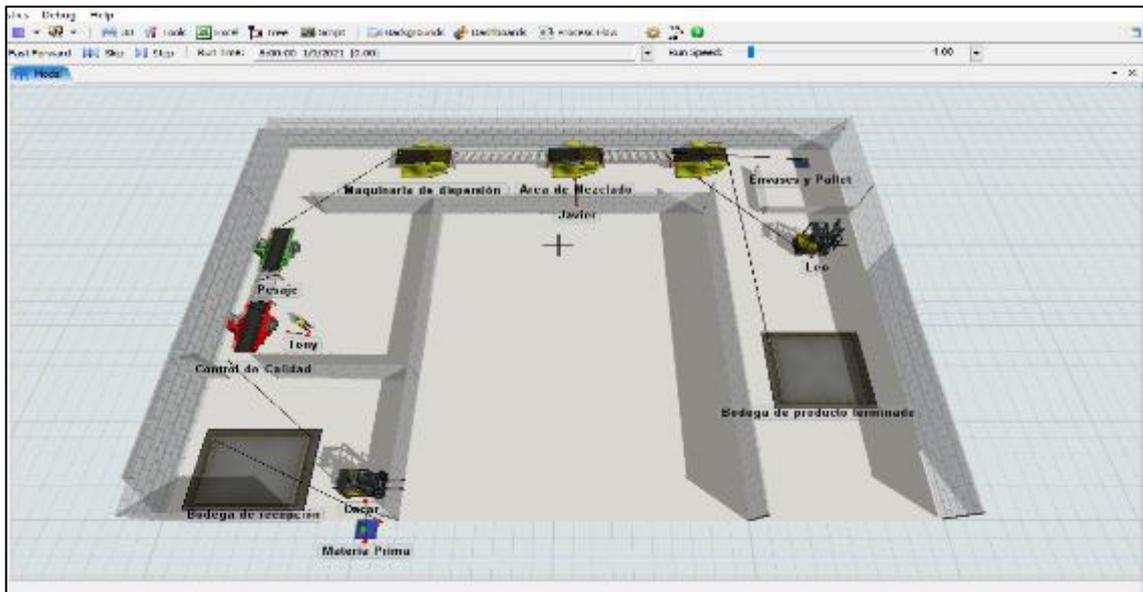
Realizado por: (Lima J, 2021).

### 4.3. Resultados de la simulación

La elaboración del Layout fue realizado en base al área de producción de una planta de pintura, donde se trabajó con los tiempos reales estimados que deben tardar cada etapa dentro del proceso. El proceso en su totalidad tardara entre 5 horas y 15 minutos a 7 horas y 20 minutos, lo cual equivale a un tiempo de 315 a 420 minutos para la producción de un lote de pintura. El tiempo que fue propuesto en esta planta se lo realizo teniendo en cuenta que no existan inconvenientes o interrupciones al momento de la elaboración de un lote de producto.

Como se muestra en la figura 5-4 se propuso una distribución en forma de U dado a que se imposibilita mover los equipos por sus grandes dimensiones; el proceso en general es consecutivo del anterior y normalmente manejados por el mismo operario. La ventaja de esta distribución es que evita los espacios muertos y logra acortar espacios para que el esfuerzo del trabajador sea mínimo y su trabajo sea más flexible y productivo.

Otro punto a favor que tuvo esta distribución es que los puestos de entrada y salida de la línea se encuentran en paralelo con esto se logra una mayor agilidad en la recepción y entrega de material.



**Figura 5-4.** Simulación del proceso completo en Flexsim

Realizado por: (Lima J, 2021)

#### 4.4. Análisis de resultados

**Tabla 10-4:** Resultados finales de cada parámetro con respecto a cada formulación

Parámetros de Calidad		Unidad	Especificaciones para Pinturas tipo 2- Norma 1544		Formulación			
			MIN	MAX	T1	T2	T3	T4
<b>Cantidad de Sólidos</b>		Porcentaje (%)	40	-	59,45	59,51	58,29	58,37
<b>Viscosidad</b>		Krebs (KU)	85	125	121,86	123,73	123,03	118,86
<b>Finura de Dispersión.</b>		Hegman (NS)	3	8	4,8	5,3	4,6	5,6
<b>Brillo Especular</b>		Unidad de Brillo	-	<10	8,06	9,03	8,76	9,46
<b>Tiempos de Secado</b>	<b>Libre al tacto</b>	Hora (h)	-	1	0,76	0,88	0,83	0,86
	<b>Para repintar</b>		-	4	3,08	3,53	3,4	3,45
<b>Resistencia al Restregado</b>		Nº de ciclos	400	-	475	481	379	367
<b>Opacidad</b>		Percepción Visual	7	10	7,6	8,3	7	7,3
<b>Densidad</b>		Kg/L	-	-	1,536	1,537	1,529	1,528
<b>Rendimiento</b>		m <sup>2</sup>	-	-	11,683	12,393	10,924	11,930
<b>CUMPLIMIENTO DE LOS PARAMETROS</b>					<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>

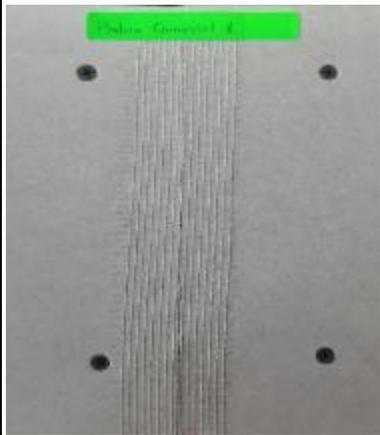
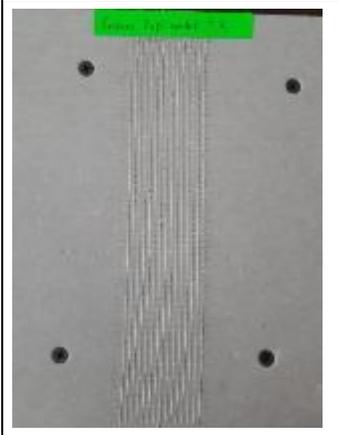
Realizado por: (Lima J, 2021).

Sustentándose en los resultados obtenidos de cada formulación y fijándose únicamente en parámetros que dicta la Norma se analiza que los tratamientos, T1 y T2 cumplen con los requerimientos de calidad y podrían servir ambos para estandarizar la fórmula, pero como se explicó en un principio fuera de llegar a cumplir con la Norma, la capacidad de recubrimiento y rendimiento son un punto clave para los consumidores quienes se fijan más en estos 2 parámetros al momento de adquirir el producto; por esta manera se descarta el tratamiento T1 ya que para el criterio de los encuestados esta formulación tiene un recubrimiento inferior en relación al tratamiento T2; por tanto, los resultados indican que el tratamiento T2 es la mejor formulación para ser estandarizada, a partir de aquí la empresa deberá realizar el proceso en la fábrica y determinar las variaciones que podrían presentarse al momento de desarrollar a escala industrial. Ahora bien, analizando cada uno de los parámetros de calidad de la formulación T2 se identifica que, dado a su elevada viscosidad con un valor de 121, 6 KU próximo de llegar al límite, al momento de ser aplicada la pintura a las placas de yeso, otorga un acabado no tan liso; cabe denotar también que se puede deber al alto contenido de cargas que esta formulación posee reflejado en el material no volátil (59,51%). Por otro lado, gracias a la experiencia de los técnicos se pudo establecer de forma directa que la concentración idónea del ligante está entre 18% a 20% del contenido total para que esta pueda cumplir la resistencia al restregado para pinturas de tipo 2; el valor obtenido fue de 480 ciclos validando el criterio antes mencionado. Con lo que respecta a los tiempos de secado y al brillo especular no se tuvo ningún inconveniente debido a que se trató de utilizar cargas con un índice de refracción bajo que permiten “cortar” el brillo que tiene el ligante por la naturaleza propia de sus componentes y haciendo que de igual manera se llegue a secar y plastificar en los límites de tiempo que establece la Norma.

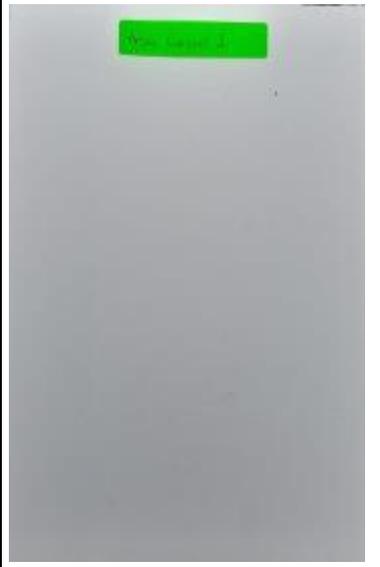
Por último, se evidencia que la formulación T2 tiene un alto valor de finura (5,3 NS) y esto se ve reflejado en su mayor capacidad de cubrimiento, ya que como explica Calvo (2016, p.43), mientras mayor sea el índice de dispersión mayor capacidad de opacidad tendrá, es decir a menor tamaño de partícula mayor habilidad tendrá para cubrir el fondo del sustrato en donde se lo aplique, esto lo convalidan los técnicos y pintores al evaluar la capacidad de recubrimiento en cartulinas de contraste.

Una vez analizado que la formulación T2 cumplió con todos los parámetros de calidad que dictaminan la Norma INEN-NTE 1544, se evaluó la capacidad de recubrimiento entre 3 pinturas comerciales de tipo 2 en placas de yeso con superficies masilladas y no masilladas, para así analizar su capacidad de recubrir aquellas sombras que pueden presentarse al pintar directamente sin la necesidad de estucar o empastar por completo las placas de yeso, tal y como se muestra en la tabla 11-4. Por confidencialidad y para evitar algún altercado se evitó poner las marcas comerciales de las diferentes pinturas con las que se realizó la comparación.

**Tabla 11-4:** Comparación de capacidad de recubrimiento entre pinturas comerciales

Tipo de Pintura	Pintura Comercial 1	Pintura Comercial 2	Pintura Comercial 3	Pintura Experimental T2
Emplanchado				
Empaste en juntas				

<b>1era mano</b>				
<b>2da mano</b>				

<p><b>3era mano</b></p>				
-------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

Realizado por: (Lima J, 2022).

Acorde a la tabla 11-4 se puede visualizar el proceso que conlleva la instalación y el acabado en paredes y tumbados con placas de gypsum; en primera instancia se realizó el emplanchado a la estructura de soporte, seguidamente se masilló las juntas anexando la cinta malla para evitar fisuras o cuarteamientos entre las juntas de las placas, se dejó secar y se lijó para no tener desniveles entre la zona masillada y no masillada; después de esto, se preparó la pintura con un ¼ de agua del volumen de la pintura y se aplicó la primera mano de pintura, en este punto se pudo notar la zona en donde esta masillada, por lo que se prosiguió a dar una segunda mano, en este punto la pintura experimental T2 fue la única que logro cubrir toda la placa sin notarse las zonas masilladas y no masilladas; la pintura comercial 3 estuvo próximo a llegar a ese punto, luego la pintura comercial 1 y la pintura comercial 2 fueron las que no se notó un gran aporte de cubrimiento. Por recomendaciones de los técnicos se aplicó una tercera mano para generar un mejor recubrimiento, en este punto la pintura comercial 3 llego a cubrir como la pintura experimental T2, las pinturas comerciales T1 y T2 aún se llegó a notar la sombra en la parte masillada.

Este ensayo demuestra que la formulación T2 está a nivel de las pinturas comerciales, puede ganar mercado y ser competitivo con el resto de las pinturas del mercado de tipo 2 gracias a su alto poder cubriente y su gran rendimiento por metro cuadrado.

#### 4.5. Análisis económico

Luego de determinar que la formulación T2 cumplió con los parámetros requeridos por la Norma INEN- NTE 1544 para pinturas tipo 2, se procedió a analizar el costo de producción por kg de pintura, galón y caneca tal y como se expone en la tabla 12-4.

**Tabla 12-4:** Costo de la materia prima

Detalle	costo Unit x kg	Formulación base	nueva formulación (T2)
Solvente	0,85	0,0003	0,0003
Espesante	8,18	0,0327	0,0320
Hexametafosfato de Sodio	2,35	0,0024	0,0039
pigmento blanco	4,37	0,2565	0,3759
Cargas	3,3	0,2352	0,2298
CaCO <sub>3</sub> (C)	0,26	0,0458	0,0291
Aditivos	22,93	0,0334	0,0327
Resina	2,444	0,2698	0,3954
costo por 1 kg de materia prima		\$0,88	\$ 1,099
Costo por galón (3,785 L)		\$5,23	\$6,39
Costo por caneca (18, 93 L)		\$26,20	\$31,98

Realizado por: (Lima J, 2022).

En la tabla 12-4 se puede analizar que el costo de la materia prima aumento en relación a la formulación base con una diferencia de \$0,21 por kg, \$1,16 por galón y \$ 5,78 por caneca; cabe considerar que la formulación base se hallaba en una categoría tipo 3, por lo que se tuvo que aumentar el TiO<sub>2</sub> y el ligante para mejorar las propiedades reológicas de la pintura, además de que el TiO<sub>2</sub> y el ligante son de los componentes que más costo tienen en relación al resto de materias primas. Para tener una idea del precio de venta que puede tener la pintura formulada, se tomó en consideración los criterios de los técnicos de la empresa DÉLIBU S.A.S; los cuales dictaminan que el costo total que le cuesta a la empresa, incluyendo costos de operación (maquinaria y operarios) envase, etiqueta y transporte es 50% más, del costo que se obtuvo en la tabla 12-4; por tanto, el costo total del producto es de \$ 1,65 por kg, \$ 9,58 por galón y \$ 47,98 por caneca.

Dado a que el producto fabricado va a ser distribuido a los diferentes proveedores, la utilidad que ellos establecen es del 25 % a 30 %, es decir el precio de venta al público (PVP) puede ser de \$ 2,15 por kg, \$12,45 por galón y \$ 62,38 por caneca.

Ahora bien, para evaluar el beneficio económico que conlleva el uso de la pintura al reemplazar por el estucado completo, se realizó un análisis actual de mercado de los diferentes materiales que se requieren en la instalación de las placas de yeso A continuación, se muestra un ejemplo del costo total del material en un área de 50 m<sup>2</sup> en tumbado.

**Tabla 13-4:** Costo de materiales implementados en la instalación tradicional de placas de yeso

Cant.	Detalle	Precio Unit.	precio total
18	plancha de gypsum	8,95	161,1
17	ángulo	0,9	15,3
12	primario	2,77	33,24
24	omega	2,69	64,56
900	tornillos de plancha	0,01	9
400	tornillo de estructura	0,011	4,4
100	clavos	0,011	1,1
1	cinta malla (50 m)	3,52	3,52
20	masilla para juntas (por libras)	0,4	8
1,5	empaste interior	9,3	13,95
8	lija	0,45	3,6
2,75	pintura (galón)	14	38,5
	total		356,27
	Total x m <sup>2</sup> .		7,13

**Realizado por:** (Lima J, 2022).

**Tabla 14-4:** Costo de materiales implementados en la instalación de placas de yeso sin el estucado

Cant.	Detalle	Precio Unit.	Precio total
18	plancha de gypsum	8,95	161,1
17	ángulo	0,9	15,3
12	primario	2,77	33,24
24	omega	2,69	64,56
900	tornillos de plancha	0,01	9
400	tornillo de estructura	0,011	4,4
100	clavos	0,011	1,1
1	cinta malla (50 m)	3,52	3,52
20	masilla para juntas ( por libras)	0,4	8
3	lija	0,45	1,35
2,25	pintura (galón)	12,50	28,13
		total	\$ 329,70
		Total $m^2$ .	\$ 6,59

Realizado por: (Lima J, 2022).

De acuerdo a la tabla 13-4 y 14-4 se analiza que cuando se realiza la instalación de gypsum de manera tradicional estucando toda la placa de yeso el costo por  $m^2$  es de \$ 7,13 usd, en cambio cuando se realiza la instalación de gypsum sin el estucado y aplicando la pintura formulada T2 el costo por  $m^2$  es de \$ 6,59 usd; haciendo una diferencia entre ambas formas de realizar la instalación del sistema drywall, se analizó un ahorro de \$ 0,54 de dólar por  $m^2$  y \$ 26,57 dólares por los 50  $m^2$ ; en conclusión, si existe un ahorro económico, además de que se reduce el tiempo de trabajo ya que se deslinda el trabajo de estucar y lijar toda la superficie.

## CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos de cada parámetro de calidad realizada a la formulación base, se identificó que no cumplía con la resistencia al restregado, la opacidad y la viscosidad por lo que se aumentó la cantidad del ligante, del  $\text{TiO}_2$  y se establecieron 2 variables; la sustitución parcial del  $\text{CaCO}_3$  y el aumento de concentración del  $(\text{NaPO}_3)_6$ , teniendo de esta manera 4 experimentaciones o tratamientos, T1, T2, T3 y T4 de los cuales la formulación que puede servir para estandarizar y empezar su experimentación en la empresa DÉLIBU S.A.S es la formulación T2 dado que además de que cumple con los requisitos de calidad para pinturas látex de Tipo 2, su capacidad de recubrimiento y rendimiento es mucho mejor en relación al resto de formulaciones y a diferentes tipos de pinturas que se hallan en el mercado.
- La materia prima se caracterizó en base a las diferentes fichas técnicas de cada proveedor; al conocer las características físicas y químicas de cada componente se pudo entender de mejor manera como cada uno contribuye en las características finales de la pintura; características como el índice de refracción, índice de absorción de aceite, humedad relativa, tipo y porcentaje de pureza.
- La experimentación en el laboratorio sirvió para reconocer que el proceso de fabricación de la pintura consta de 2 tipos de operaciones, el primero es la operación de dispersión, un tipo de proceso que se realiza con el objetivo de dispersar y disminuir el tamaño de partícula del conjunto de conglomerados de pigmentos y cargas, para que se puedan distribuir de manera homogénea en el solvente; dentro de este punto la humectación se evidencio que es un punto clave, ya que en conjunto entre un dispersante y con la fuerza de cizallamiento dada por el giro del disco de corte en la dispersión, hace que se pueda eliminar toda molécula de aire presente tanto en el disolvente como en las cargas y pigmentos, haciendo que no haya espacios vacíos y así la pintura pueda tener mayor estabilidad tras pasar largos periodos de tiempo en almacenamiento. La otra operación se la reconoció como agitación y/o mezclado y se trata de un proceso que se da a menores revoluciones por minuto que la dispersión, ya que en este caso no se quiere segregar la materia, al contrario, se trata de homogenizar todos los componentes; en este punto se agregó el ligante y el resto de los aditivos.
- Se determinó que de acuerdo al área que se tiene disponible para el proceso, la mejor opción fue elaborar una distribución por procesos en forma de U ya que la línea de entrada y salida se encuentran al mismo nivel; la simulación se desarrolló en la plataforma Flexsim, la cual nos sirvió para representar gráficamente el Layout de todo el proceso y establecer los tiempos de trabajo en cada una de las etapas de producción.
- Las formulaciones fueron evaluadas una por una de acuerdo a cada parámetro de calidad que establece la Norma INEN-NTE 1544; entre los requisitos evaluados se encuentran: el

contenido de sólidos, la viscosidad, finura de dispersión, brillo especular, tiempo de secado y resistencia a la abrasión húmeda, de esta manera se determinó que la formulación T2 cumple los requisitos establecidos ya que todos los resultados se encuentran dentro de los límites inferior y superior que dictan las Normas, además de que a criterios de técnicos y pintores posee mayor capacidad de recubrimiento para recubrir las imperfecciones que se evidencian donde se coloca la cinta malla.

## RECOMENDACIONES

- Se debe de cambiar el tipo de espesante utilizado para determinar cómo este influye en el acabado final de la película dado a que la mayoría de las pinturas ofrecen un acabado liso más no texturado.
- Buscar otros tipos de extendedores que beneficien a reducir la cantidad de  $\text{TiO}_2$  y que mejoren la capacidad de recubrimiento.
- Implementar el uso de un componente que ayude a reducir la viscosidad o cambiar el dispersante ya que existen componentes que actúan como dispersante y reductor de viscosidad a la vez.

## BIBLIOGRAFÍA

**ADDLESON, L.** *Materiales para la construcción* [en línea]. 2020. Editorial Reverte. ISBN 9788429192520. [Consulta: 10 Abril 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/195434>.

**ADHEPLAST S.A.** *Fichas técnicas* [en línea]. 2017. Ecuador. [Consulta: 07 Mayo 2021] Disponible en: [www.adheplast.com](http://www.adheplast.com).

**ARCHROMA.** *Información técnica Mowiplus® XW 330* [en línea]. 2013. Mexico. [Consulta: 07 Mayo 2021]. Disponible en: <http://www.emulsions.archroma.com/>.

**ARIS.** *Hoja técnica nonil fenol etoxilado 10 moles peso molecular*. 2012. Peru.

**ASHLAND.** *Natrosol B* [en línea]. 2015. [Consulta: 12 Mayo 2021]. Disponible en: [www.ashland.com](http://www.ashland.com).

**BCE.** *La economía ecuatoriana se recuperará 3,1% en 2021*. [en línea]. 2020. [Consulta: 28 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.bce.fin.ec/index.php/boletines-de-prensa-archivo/item/1394-la-economia-ecuatoriana-se-recuperara-3-1-en-2021>.

**CALVO, J.** *Pinturas y recubrimientos: Introducción a su tecnología* [en línea]. 2016. Ediciones Díaz de Santos. ISBN 9788499690285. [Consulta: 14 Junio 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/53176>.

**CAMACOL.** *Manual de construcción liviana en seco*. [en línea]. 2014. 1er Edición. Colombia: váziko S.A.S. ISBN 978-958-57610-0-1. [Consulta: 08 Junio 2021]. Disponible en: [www.camacolvalle.org.co](http://www.camacolvalle.org.co).

**COMACSA.** *Hoja técnica talco blanco micronizado* [en línea]. 2018. Peru: Agregados Calcareos S.A. [Consulta: 11 Junio 2021]. Disponible en: <https://comacsa.com.pe/>.

**DURLOCK.** *Manual Técnico. Construcción en Seco* [en línea]. 2019. pp. 1-35. [Consulta: 13 Junio 2021]. Disponible en: [www.durlock.com](http://www.durlock.com).

**FERRI CORTES, J.** *Fundamentos de construcción* [en línea]. 2013. ECU. ISBN 9788499485973. [Consulta: 17 Junio 2021] Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/62341>.

**FRITZ, A. y UBILLA, M.** Instalación y fijación de la barrera de vapor y de las placas de yeso. *Manual de diseño, construcción, montaje y aplicación de envolventes para la vivienda de madera.*, 2017.

**GIJSBERTUS, E., et al.** Application Methods. En: JOHN WILEY E HIJOS (ed.), *Polymer Coatings - A Guide to Chemistry, Characterization, and Selected Applications* [en línea]. 2018. John Wiley & Sons, pp. 135-136. ISBN 978-3-527-34210-5. [Consulta: 13 Julio 2021]. Disponible en: <https://app.knovel.com/hotlink/khtml/id:kt011QZ4I5/polymer-coatings-guide/brushing-and-rolling>.

**GIUDICE, C.A. y PEREYRA, A.M.** *Tecnología De Pinturas Y Recubrimientos Componentes, Formulación, Manufactura Y Control De Calidad*. Argentina: Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional. 2017, ISBN 978-987-25360-2-2.

**IMPADOC S.A.** *Ficha Técnica CaCo3* [en línea]. 2015. Colombia: IMPADOC S.A. [Consulta: 15 Julio 2021]. Disponible en: <https://impadoc.com/catalogo-de-productos/>.

**INCOSE.** Manual de recomendaciones para la instalación de sistemas de construcción en seco con placas de yeso. Paredes, cielorrasos y revestimientos. [en línea], 2015, pp. 0-65. [Consulta: 12 Julio 2021]. Disponible en: [www.incose.org.ar](http://www.incose.org.ar).

**INEN NTE-1003, 2016.** *Pinturas y productos afines. Determinación del brillo especular.*

**INEN NTE-1007, 2016.** *Pinturas, barnices y productos afines. Determinación de la finura de dispersión de sistemas pigmentovehículo.*

**INEN NTE-1009, 2015.** *Pinturas y productos afines. Determinación de la densidad.*

**INEN NTE-1011, 2015.** *Pinturas y productos afines. Determinación de los tiempos de secado.*

**INEN NTE-1013, 2016.** *Pinturas, barnices y productos afines. Determinación de la viscosidad. Métodos de ensayo.*

**INEN NTE-1024, 2016.** *Pinturas y productos afines. Determinación de la materia no volátil y volátiles totales.*

**INEN NTE-1544, 2018.** *Pinturas arquitectónicas. Pinturas en emulsión base agua (LATEX). Requisitos.*

**JONES, F., et al.** Introducción a los recubrimientos. *Recubrimientos orgánicos - Ciencia y tecnología* [en línea]. 2017. 4ta Edición. S.l.: John Wiley & Sons, pp. 4. ISBN 978-1-119-02689-1. [Consulta: 12 Julio 2021]. Disponible en: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011JH8O3/organic-coatings-science/definitions-scope>

**KAMIN.** *Hoja Técnica- Caolin* [en línea]. 2008. : s.n. [Consulta: 15 Mayo 2021]. Disponible en: <https://www.kaminllc.com/>.

**KNAUF.** *Arquitectura sostenible y biohabitabilidad* [en línea]. 2017. Madrid, España: s.n. [Consulta: 18 Julio 2021]. Disponible en: [www.knauf.es](http://www.knauf.es).

**KOLESKE, J. V.** *Introduction to Coalescing Aids.* [en línea]. S.l.: ASTM International, pp. 332. ISBN 978-0-8031-7017-9. [Consulta: 2 Julio 2021]. Disponible en: [https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00B7X4B1/paint-coating-testing/introduction-coalescing BT](https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00B7X4B1/paint-coating-testing/introduction-coalescing-BT) - Paint and Coating Testing Manual - Fifteenth Edition of the Gardner-Sward Handbook: (MNL 17-2nd).

**LOMON BILLIONS.** *BLR-895* [en línea]. 2018. China: s.n. [Consulta: 23 Julio 2021]. Disponible en: <http://www.lomonbillions.com/>.

**LOUISIANA, P.** *Manual Práctico de Construcción.* Build With us., 2018, vol. 1, pp. 281.

**LYNCH, J., et al.** *Recycling of Latex Based Paint as Polymer Feedstock Materials.* En: SOCIEDAD DE INGENIEROS PLÁSTICOS (ed.), *ANTEC 2006 Plastics: Annual Technical Conference Proceedings* [en línea]. S.l.: Society of Plastics Engineers, 2016, pp. 1450. ISBN 978-1-60119-098-7. [Consulta: 11 Julio 2021]. Disponible en: <https://app.knovel.com/hotlink/khtml/id:kt003YK5B3/antec-2006-plastics-annual/recycling-latex-based>.

**NIETO, V.M. y PEREA, S.A.** *Cadena productiva de pinturas, masillas, pigmentos, tintas y removedores estructura, comercio internacional y protección.* Departamento Nacional de Planeación [en línea], 2018, pp. 1-35. [Consulta: 17 Julio 2021]. Disponible en: <https://www.dnp.gov.co/estudios-y-publicaciones/estudios-economicos/Paginas/archivos-de-economia.aspx><http://www.dotec-colombia.org/index.php/series/118-departamento-nacional-de-planeacion/archivos-de-economia>.

**NTUNDE, D.I., et al.** *A Paint Mixer for Small Scale Paint Production.* , 2019, vol. 20, no. 1, pp. 29-48.

**PANELREY.** *Paneles de yeso y acabados.* [en línea]. 2019. 2da Edición. Monterrey, Mexico: s.n. [Consulta: 8 Julio 2021]. Disponible en: [www.panelrey.com](http://www.panelrey.com).

**PARICAGUÁN, et al.** *Reformulation of latex flat paint class A for exterior use, through the partial replacement of titanium dioxide by new extenders.* Revista Ingeniería UC, 2018, vol. 5, pp. 403-414.

**PORTALES PONS, A.** *Analizando la construcción* [en línea]. 2015. España: Universitat Politècnica de Catalunya. ISBN 9788476539910. [Consulta: 17 Mayo 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/52193>.

**PRALCA C.A..** *Dietilinglycol mp-102.* [en línea]. 2018. Venezuela.: s.n. [Consulta: 28 Mayo 2021]. Disponible en: [www.pralta.com](http://www.pralta.com).

**QUINDE, B..** *Drywall: el sistema de construcción resistente a los sismos.* Peru Construye [en línea], 2019. [Consulta: 16 Junio 2021]. Disponible en: <https://peruconstruye.net/2019/01/18/drywall-el-sistema-de-construccion-resistente-a-los-sismos/>.

**REX.** *Látex Interior Para Placa De Yeso Colorin.* [en línea]. 2020. [Consulta: 19 junio 2021]. Disponible en: <https://somorex.com/latex-interior-para-placa-de-yeso-colorin-4-lt.html>.

**RIBEIRO, A..** *Agentes antiespumantes.* PAINT & PINTURA [en línea], 2016. no. 24, pp. 25. [Consulta: 30 Mayo 2021]. Disponible en: <https://www.paintshow.com.br/>.

**RUNTAI CHEMICAL.** *Ruanta c-12* [en línea]. 2018. China: Runtai New Material Co., Ltd. [Consulta: 22 Julio 2021]. Disponible en: [http://www.runtaichem.com/wap\\_about\\_en.html](http://www.runtaichem.com/wap_about_en.html).

**SILICONI.** *Defoamer for emulsion paints* [en línea]. 2018. ITALY: s.n. [Consulta: 14 Julio 2021]. Disponible en: [www.siliconi.it](http://www.siliconi.it).

**SONGHAN CO.** *Omyacarb- uf* [en línea]. 2016. Shangai-China: s.n. ISBN 1306180805. [Consulta: 13 Julio 2021]. Disponible en: [http://www.lookpolymers.com/polymer\\_Omya-OMYACARB-UF-FL-Calcium-Carbonate.php](http://www.lookpolymers.com/polymer_Omya-OMYACARB-UF-FL-Calcium-Carbonate.php).

**TECNITECH.** *Pintura Látex para placas de yeso.* [en línea]. 2019. [Consulta: 21 Junio 2021]. Disponible en: <http://www.tecnitech.com.ar/pintura-latex-para-placas-de-yeso.htm>.

**THOR.** *Product information Acticide.* 2015. Reino Unido: s.n.

**TIANJIA CHEMICAL.** *Hexametáfosfato de sodio (SHMP)* [en línea]. 2017. S.l.: s.n. [Consulta: 13 Mayo 2021]. Disponible en: <https://www.tianjiachemical.com/productinfo/463206.html>.

**ULBRICH, M. y KALEDOVÁ, A..** *Properties of organic coatings with nonisometric ferrite particles Physics Procedia*, 2013. pp. 247 – 255.

**VICENTE, J.** *Pinturas, barnices y afines: composición, formulación y caracterización.* Universidad Politécnica de Madrid, 2016a. pp. 5.

**VICENTE, J.** *Pinturas , barnices y afines. composición , formulación y caracterización.* Universidad Politécnica de Madrid [en línea]. 2016b. pp. 200. [Consulta: 21 Junio 2021]. Disponible en: <http://oa.upm.es/39501/1/ControlCalidadPinturas.pdf>.

**WYPYCH, G.** *Coatings and Paints.* Handbook of Fillers [en línea]. 2021. 5th Edición . S.l.: ChemTec Publishing, pp. 372. ISBN 978-1-927885-79-6. [Consulta: 24 Julio 2021]. Disponible en: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt012I6WU2/handbook-fillers-5th/moisture> BT - Handbook of Fillers (5th Edition).

**ZAMBRANO, R., et al.** *Proceso De Las Pinturas Y Resinas Sintéticas.* Principios y Procesos Químicos [en línea], 2016. vol. Sección 10. [Consulta: 28 Julio 2021]. Disponible en: <https://ppqujap.files.wordpress.com/2016/05/proceso-de-pintura-y-resinas-sinteticas.pdf>.

## ANEXOS

### ANEXO A. EQUIPO DE AGITACIÓN Y DISCO TIPO COWLES EMPLEADOS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO TIPO TÉCNICO

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 	<p>d)</p> 		
<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b></p>	<p align="center"> <b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</b> </p> <p align="center">           ELABORADO POR:  <b>JHONNY JAVIER LIMA BURGA</b> </p>	<p>“Equipo de Agitación y disco tipo cowles empleados para el desarrollo del proyecto tipo técnico.”</p>		
<p>a) Montaje del agitador mecánico en el laboratorio de operaciones Unitarias, ESPOCH.</p> <p>b) Motor de agitación Serie G24 y variador continuo de velocidad variable</p>	<p> <input type="checkbox"/> Aprobado                      <input type="checkbox"/> Preliminar  <input type="checkbox"/> Certificado                      <input type="checkbox"/> Por aprobar  <input checked="" type="checkbox"/> Información                      <input type="checkbox"/> Por calificar         </p>		<p><b>LÁMINA</b></p>	<p><b>ESCALA</b></p>	<p><b>FECHA</b></p>
<p>c) Disco de dispersión tipo cowles.</p> <p>d) Control de dispersión en ensayos</p>			<p align="center">1</p>	<p align="center">1:1</p>	<p align="center">16-08-2021</p>

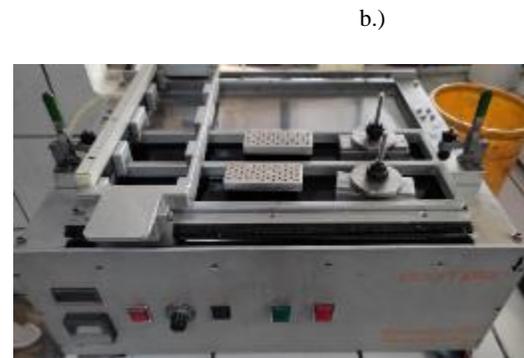
**ANEXO B. PROCESO PARA EL ANÁLISIS DE LA CANTIDAD DE SOLIDOS DE LA PINTURA EN BASE A LA NORMA INEN NTE-1024, 2016**

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 	<p>d)</p> 						
<p><b>NOTAS:</b></p> <p>a) Pesaje del aluminio vacío sin muestra</p> <p>b) Muestras pesadas listas para el secado</p> <p>c) Secado de muestras en la estufa</p> <p>d) Muestras tratadas en el desecador.</p>	<p><b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado                      <input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado                      <input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Información                      <input type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b></p> <p><b>FACULTAD DE CIENCIAS</b></p> <p><b>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</b></p> <p>ELABORADO POR:</p> <p>JHONNY JAVIER LIMA BURGA</p>	<p>“Proceso para el análisis de la cantidad de solidos de la pintura en base a la Norma INEN NTE-1024, 2016”</p> <table border="1" data-bbox="1576 1082 2040 1219"> <thead> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1:1</td> <td>14-08-2021</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	1	1:1	14-08-2021
LÁMINA	ESCALA		FECHA						
1	1:1	14-08-2021							

**ANEXO C. ANÁLISIS DE VISCOSIDAD EN UN VISCOSÍMETRO TIPO STORMER DE ACUERDO A LA NORMA INEN-NTE 1013**

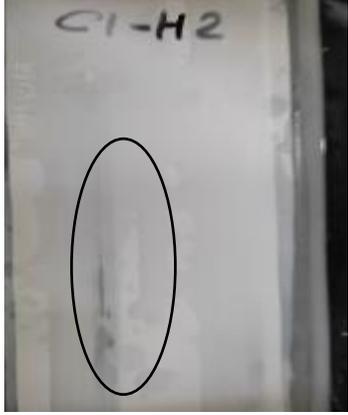
<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 	<p>d)</p> 						
<p><b>NOTAS:</b></p> <p>a) Viscosidad de la formulación C1-H1</p> <p>b) Viscosidad de la formulación C1-H2</p> <p>c) Viscosidad de la formulación C2-H1</p> <p>d) Viscosidad de la formulación C2-H2</p>	<p><b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado                      <input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado                      <input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Información                      <input type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</b></p> <p>ELABORADO POR: JHONNY JAVIER LIMA BURGA</p>	<p>“Análisis de viscosidad en un viscosímetro tipo Stormer de acuerdo a la Norma INEN-NTE 1013”</p> <table border="1" data-bbox="1648 986 2130 1126"> <thead> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1:1</td> <td>08-08-2021</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	1	1:1	08-08-2021
LÁMINA	ESCALA	FECHA							
1	1:1	08-08-2021							

**ANEXO C. EQUIPO DE RESTREGADO PARA EL ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA AL RESTREGADO DE ACUERDO A LA NORMA INEN-NTE 1542**

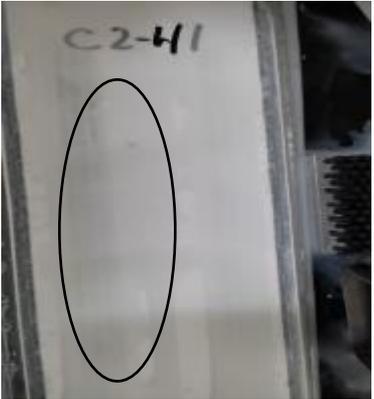
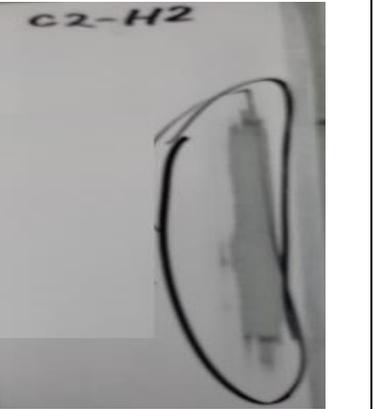


<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b>	<p align="center"><b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</b></p> <p align="center">ELABORADO POR: JHONNY JAVIER LIMA BURGA</p>	<p align="center">“Equipo de restregado para el análisis de la resistencia al restregado de acuerdo a la Norma INEN-NTE 1542.”</p>		
<p>a.) Cepillos usados para determinar la resistencia al restregado.</p> <p>b.) Equipo para determinar la resistencia de restregado</p>	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar				
			1	1:1	08-08-2021

**ANEXO D. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA ANTE EL RESTREGADO DE ACUERDO A LA NORMA INEN-NTE 1542**

<p>a.)</p> 	<p>b.)</p> 	<p>c.)</p> 	<p>d.)</p> 		
<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b></p>	<p align="center"> <b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE                  CHIMBORAZO                  FACULTAD DE CIENCIAS                  ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</b> </p> <p align="center">                 ELABORADO POR:                  JHONNY JAVIER LIMA BURGA             </p>	<p align="center">                 “Determinación de la resistencia ante el                  restregado de acuerdo a la Norma INEN-NTE                  1542”             </p>		
<p>a) Película seca de la muestra T1 antes del restregado</p> <p>b) Película seca de la muestra T1 después del restregado</p> <p>c) Película seca de la muestra T2 antes del restregado</p> <p>d) Película seca de la muestra T2 después del restregado</p>	<p> <input type="checkbox"/> Aprobado                      <input type="checkbox"/> Preliminar  <input type="checkbox"/> Certificado                      <input type="checkbox"/> Por aprobar  <input checked="" type="checkbox"/> Información                      <input type="checkbox"/> Por calificar             </p>		<p><b>LÁMINA</b></p>	<p><b>ESCALA</b></p>	<p><b>FECHA</b></p>
			<p align="center">1</p>	<p align="center">1:1</p>	<p align="center">08-08-2021</p>

**ANEXO E. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA ANTE EL RESTREGADO DE ACUERDO A LA NORMA INEN-NTE 1542**

<p>e.) </p>	<p>f.) </p>	<p>g.) </p>	<p>h.) </p>					
<p><b>NOTAS:</b></p> <p>e) Película seca de la muestra T3 antes del restregado</p> <p>f) Película seca de la muestra T3 después del restregado</p> <p>g) Película seca de la muestra T4 antes del restregado</p> <p>h) Película seca de la muestra T4 después del restregado</p>	<p><b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado                      <input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado                      <input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Información                      <input type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b></p> <p><b>FACULTAD DE CIENCIAS</b></p> <p><b>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</b></p> <p>ELABORADO POR:</p> <p>JHONNY JAVIER LIMA BURGA</p>	<p>“Determinación de la resistencia ante el restregado de acuerdo a la Norma INEN-NTE 1542”</p>					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1:1</td> <td>08-08-2021</td> </tr> </tbody> </table>			LÁMINA	ESCALA	FECHA	1	1:1	08-08-2021
LÁMINA	ESCALA	FECHA						
1	1:1	08-08-2021						

**ANEXO F. DETERMINACIÓN DE OPACIDAD EN CARTAS DE CONTRASTE**

<p>a.)</p> 	<p>b.)</p> 	<p>c.)</p> 	<p>d.)</p> 		
<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b></p>	<p align="center"> <b>ESCUELA SUPERIOR  POLITECNICA DE CHIMBORAZO  FACULTAD DE CIENCIAS  ESCUELA DE INGENIERIA  QUIMICA</b> </p>	<p align="center">“Determinación de opacidad en cartas de contraste”</p>		
<p>a) Aplicación húmeda de la película para opacidad. Fórmula C1-H1.</p> <p>b) Aplicación húmeda de la película para opacidad. Fórmula C1-H2</p> <p>c) Aplicación húmeda de la película para opacidad. Fórmula C2-H1.</p> <p>d) Aplicación húmeda de la película para opacidad. Fórmula C2-H2.</p>	<p> <input type="checkbox"/> Aprobado                      <input type="checkbox"/> Preliminar  <input type="checkbox"/> Certificado                      <input type="checkbox"/> Por aprobar  <input checked="" type="checkbox"/> Información                      <input type="checkbox"/> Por calificar </p>		<p><b>LÁMINA</b></p>	<p><b>ESCALA</b></p>	<p><b>FECHA</b></p>
		<p align="center"> ELABORADO POR:  JHONNY JAVIER LIMA BURGA </p>	<p align="center">1</p>	<p align="center">1:1</p>	<p align="center">07-08-2021</p>

**ANEXO G. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1544-2018. PINTURAS ARQUITECTÓNICAS. PINTURA EN EMULSIÓN BASE AGUA (LÁTEX). REQUISITOS**

NTE INEN 1544

2018-12

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

**1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN**

Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las pinturas en emulsión base agua (Látex) empleadas para recubrir superficies exteriores e interiores de mampostería, hormigón, enlucidos, estucos, fibrocemento y otros, con fines de protección y decorativas.

**2. REFERENCIAS NORMATIVAS**

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son indispensables para la aplicación de este documento. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición (incluyendo cualquier enmienda).

ISO 3233-3, *Paints and varnishes – Determination of the percentage volume of non-volatile matter – Part 3: Determination by calculation from the non-volatile-matter content determined in accordance with ISO 3251, the density of the coating material and the density of the coating material and the density of the solvent in the coating material*

NTE INEN-ISO 1513, *Pinturas y barnices. Examen y preparación de las muestras para ensayo*

NTE INEN-ISO 2859-1, *Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1: Programas de muestreo clasificados por el nivel aceptable de calidad (AQL) para inspección lote a lote*

NTE INEN-ISO 4618, *Pinturas y barnices – Términos y definiciones*

NTE INEN-ISO 15528, *Pinturas, barnices y materias primas para pinturas y barnices – Muestreo*

NTE INEN 1003, *Pinturas y productos afines. Determinación del brillo especular*

NTE INEN 1007, *Pinturas, barnices y productos afines. Determinación de la finura de dispersión de sistemas pigmento-vehículo*

NTE INEN 1011, *Pinturas y productos afines. Determinación de los tiempos de secado*

NTE INEN 1013, *Pinturas, barnices y productos afines. Determinación de la viscosidad. Métodos de ensayo*

NTE INEN 1024, *Pinturas y productos afines. Determinación de la materia no volátil y volátiles totales*

NTE INEN 1538, *Pinturas, barnices y productos afines. Determinación de la resistencia al cambio de temperatura durante el almacenamiento*

NTE INEN 1539, *Pinturas arquitectónicas. Determinación de la resistencia al agua y a los álcalis*

NTE INEN 1540, *Pinturas, barnices y productos afines. Determinación de la resistencia a la estabilidad acelerada. Método de ensayo*

NTE INEN 1542, *Pinturas arquitectónicas. Determinación de la resistencia a la abrasión húmeda (restregado)*

NTE INEN 1543, *Pinturas arquitectónicas. Determinación de la lavabilidad*

NTE INEN 2093, *Pinturas y productos afines. Determinación de plomo total. Método de espectrometría por absorción atómica*

2018-352

1

ASTM D3960, *Standard practice for determining volatile organic compound (VOC) content of paints and related coatings*

### 3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se adoptan las definiciones contempladas en NTE INEN-ISO 4618 y las que a continuación se detallan:

#### 3.1

##### **pintura látex**

Recubrimiento que tiene como base una dispersión de resinas tipo látex con pigmentos y aditivos diluible en el agua, que seca por evaporación también llamada pintura de base acuosa.

#### 3.2

##### **polímeros para pintura látex**

Resinas obtenidas por polimerización en emulsión acuosa, por ejemplo, homo polímeros y copolímeros del acetato de vinilo, copolímeros acrílicos, estirenoacrílico, estireno-butadieno u otros.

#### 3.3

##### **compuesto orgánico volátil (COV)**

Cualquier compuesto orgánico que tenga un punto de ebullición inicial, menor o igual a 250 °C a una presión estándar de 101,3 kPa.

### 4. CLASIFICACIÓN

Las pinturas en emulsión base agua (látex) se clasifican en:

- Tipo 1. Para exteriores e interiores con alta resistencia al restregado y alta lavabilidad.
- Tipo 2. Para exteriores e interiores con media resistencia al restregado y lavabilidad media.
- Tipo 3. Para interiores con baja resistencia al restregado y no lavable, recomendada para áreas que no deben someterse al lavado.
- Tipo 4. Para cielos rasos e interiores con mínima resistencia al restregado, recomendada para áreas que no deben someterse al lavado.

### 5. REQUISITOS

**5.1** Las muestras deben ser preparadas de acuerdo con lo establecido en NTE INEN-ISO 1513 previo a la realización de los métodos de ensayo.

**5.2** Las pinturas en emulsión, en sus envases llenos y sin abrir, no deben endurecerse, espesarse, formar sedimentos duros, ni presentar putrefacción. Si se presenta algún sedimento, este debe incorporarse fácilmente por agitación manual sin formar espuma persistente.

**5.3** Las pinturas en emulsión base agua Tipo 1, Tipo 2, Tipo 3 y Tipo 4 deben cumplir con los requisitos establecidos en la Tabla 1 y los que a continuación se indican.

#### **5.3.1 Resistencia al cambio de temperatura durante el almacenamiento**

Cuando las pinturas en emulsión se ensayen de acuerdo con NTE INEN 1538, la viscosidad no debe variar en más de 10 unidades Krebs, la pintura aplicada debe secar en forma de una película lisa y uniforme; no debe presentar coagulación, aglomeración, espesamiento y separación de color o cualquier otro defecto.

**5.3.2 Resistencia al agua y a los álcalis**

Cuando las pinturas en emulsión Tipo 1 y Tipo 2 se ensayen de acuerdo con NTE INEN 1539, no debe presentar arrugamiento, reemulsificación, ampollamiento, ni cambios de color o cualquier otro defecto visible a simple vista. El espesor de película húmeda que se debe aplicar para el ensayo es de 75  $\mu\text{m}$  (3 mils), y se debe secar durante 7 días a condiciones de temperatura de  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $50\% \pm 5\%$  de humedad relativa. El tiempo de contacto con la solución debe ser de 15 min.

**5.3.3 Resistencia a la estabilidad acelerada**

Cuando las pinturas en emulsión se ensayen de acuerdo con NTE INEN 1540, la viscosidad no debe variar en más de 10 unidades Krebs.

**5.3.4 Lavabilidad**

Ensayar las pinturas en emulsión Tipo 1 y Tipo 2 de acuerdo con NTE INEN 1543.

**5.3.5 Determinación de compuestos orgánicos volátiles (COV)**

El contenido de COV, se determina de acuerdo con lo indicado en ASTM D 3960. El valor máximo de COV para revestimientos de interior y exterior debe ser de 100 g/L.

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

Requisitos		Unidad	Tipo 1		Tipo 2		Tipo 3		Tipo 4		Métodos de ensayo
			min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.	
Brillo especular <sup>a</sup>	Pinturas mates (ángulo de 85°)	Unidad de brillo	-	< 10	-	< 10	-	< 10	-	< 10	NTE INEN 1003
	Pinturas semimates (ángulo de 60°)	Unidad de brillo	≥ 10	< 30	≥ 10	< 30	≥ 10	< 30	≥ 10	< 30	
	Pinturas semibrillantes (ángulo de 60°)	Unidad de brillo	≥ 30	< 70	≥ 30	< 70	≥ 30	< 70	≥ 30	< 70	
	Pinturas brillantes (ángulo de 20°)	Unidad de brillo	≥ 70	-	≥ 70	-	≥ 70	-	≥ 70	-	
Finura de dispersión		µm	-	60	-	60	-	60	-	60	NTE INEN 1007
		(Unidades Hegman)	(3)	-	(3)	-	(3)	-	(3)	-	
Tiempo de secado	Libre al tacto	h	-	1	-	1	-	1	-	1	NTE INEN 1011
	Para repintar		-	4	-	4	-	4	-	4	
Viscosidad a 25 °C		Unidades Krebs	85	125	85	125	85	125	85	125	NTE INEN 1013
Sólidos por masa		% <sup>b</sup>	40	-	40	-	40	-	40	-	NTE INEN 1024
Sólidos por volumen		% <sup>c</sup>	28	-	28	-	28	-	28	-	ISO 3233-3
Resistencia a la abrasión húmeda (restregado)		% <sup>d</sup>	-	50*	-	50*	-	50*	-	50*	NTE INEN 1542
Lavabilidad		%	80	-	50	-	No lavable	-	No lavable	-	NTE INEN 1543
Contenido de plomo en base seca		% <sup>f</sup>	-	0,01	-	0,01	-	0,01	-	0,01	NTE INEN 2093

<sup>a</sup> La medición del brillo especular se determina 16 horas después de haber sido aplicada la película de pintura con un espesor húmedo de 152,4 µm (6 mils) secada a condiciones ambientales de 23 °C ± 2 °C y 50 % ± 5 % humedad relativa.

<sup>b</sup> Es el porcentaje de materia no volátil que contiene la masa total del producto final.

<sup>c</sup> Es el porcentaje de materia no volátil que contiene el volumen total del producto final.

<sup>d</sup> Es el porcentaje de remoción o desgaste de la película aplicada, determinada por la medición de espesor de película seca.

<sup>e</sup> Para Tipo 1 se realiza la medición a 800 ciclos de restregado, para Tipo 2 se realiza la medición a 400 ciclos de restregado, para Tipo 3 se realiza la medición a 100 ciclos de restregado, para Tipo 4 se realiza la medición a 50 ciclos de restregado.

<sup>f</sup> El % corresponde a la fracción de masa expresada en porcentaje.

NOTA. Las pinturas semimate son conocidas también como satinadas.

## 6. MUESTREO

La toma de muestras debe realizarse de acuerdo con el procedimiento indicado en NTE INEN-ISO 15528 y el muestreo de acuerdo con lo descrito en NTE INEN-ISO 2859-1.

## 7. ENVASADO Y EMBALADO

Las pinturas deben envasarse herméticamente en recipientes de material apropiado que permitan conservar la calidad del producto.

## 8. ROTULADO

Para todos los tamaños de envase, el rotulado debe contener como mínimo la siguiente información:

a) denominación del producto: "Pintura en emulsión base agua (látex)",

- b) tipo y descripción según corresponda de acuerdo a la clasificación,
- c) norma de referencia,
- d) código del producto y color,
- e) instrucciones para su uso,
- f) precauciones o toxicidad del producto,
- g) contenido de plomo, en porcentaje en base seca,
- h) identificación del lote, fecha de producción y caducidad del producto,
- i) contenido neto al envasar en unidades de volumen según el Sistema Internacional de Unidades.

**BIBLIOGRAFÍA**

NTC 1335:2015, *Pinturas al agua tipo emulsión*

IRAM 1252: 2012, *Pinturas. Al agua tipo emulsión (al látex), elásticas, para exteriores*

ABNT NBR 15079:2011, *Tintas para construção civil - Especificação dos requisitos mínimos de desempenho de tintas para edificações não industriais - Tinta látex nas cores claras*

**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

<b>Documento:</b> NTE INEN 1544 Tercera revisión	<b>TÍTULO:</b> PINTURAS ARQUITECTÓNICAS. PINTURA EN EMULSIÓN BASE AGUA (LÁTEX). REQUISITOS	<b>Código ICS:</b> 87.040
--------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------

<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio:	<b>REVISIÓN:</b> La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma Oficialización con el Carácter de Voluntaria por Resolución No. 15190 de 2015-06-10 publicado en el Registro Oficial No. 536 de 2015-07-03 Fecha de iniciación del estudio: 2016-07-10
------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fechas de consulta pública: 2016-08-16 hasta 2016-08-30

**Comité Técnico de Normalización: Pinturas y barnices**  
Fecha de iniciación: 2016-12-13  
Integrantes del Comité:

Fecha de aprobación: 2018-06-27

**NOMBRES:**

Ing. Sabrina Romero (Presidenta)  
Ing. Miguel Ángel Villalba  
Ing. Karina Flores  
Quím. Carolina Trunk  
Ing. Nicolás Plaza  
Ing. Evelyn Espin  
Ing. Eduardo Yépez  
Ing. Fernando Villacis  
Ing. Andrea Flores  
Ing. Alexandra Torres  
Ing. Soraya Gordillo (Secretaria Técnica)

**INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

PINTURAS CÓNDOR  
PINTURAS CÓNDOR  
PINTURAS WESCO  
PINTUCO  
PINTURAS UNIDAS  
MAE  
MIPRO  
CAMICOM  
INEN – DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN Y CERTIFICACIÓN  
INEN – DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN Y CERTIFICACIÓN  
INEN – DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

Otros trámites: Esta NTE INEN 1544:2018 (Tercera revisión) reemplaza a NTE INEN 1544:2015 (Segunda revisión)

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma.

Oficializada como: Voluntaria  
Registro Oficial No. 389 de 2018-12-17

Por Resolución No. 18360 de 2018-11-16