



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

**EVALUACIÓN DE UN PIGMENTO TEXTIL AZUL BGN EN LA  
FORMULACIÓN DE PINTURA PARA INTERIORES CON ACABADO MATE**

**Krysta Maria Salazar Tale**

Asesorado por el Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez

Guatemala, mayo de 2013



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE UN PIGMENTO TEXTIL AZUL BGN EN LA  
FORMULACIÓN DE PINTURA PARA INTERIORES CON ACABADO MATE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**KRYSTA MARIA SALAZAR TALE**

ASESORADO POR EL ING. VÍCTOR MANUEL MONZÓN VALDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA QUÍMICA**

GUATEMALA, MAYO 2013



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Alfonso García Guerra
EXAMINADOR	Ing. Víctor Herberth de León Morales
EXAMINADOR	Ing. Erwin Manuel Ortiz Castillo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez




## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### EVALUACIÓN DE UN PIGMENTO TEXTIL AZUL BGN EN LA FORMULACIÓN DE PINTURA PARA INTERIORES CON ACABADO MATE

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 13 de agosto del 2013.



Krysta Maria Salazar Tale





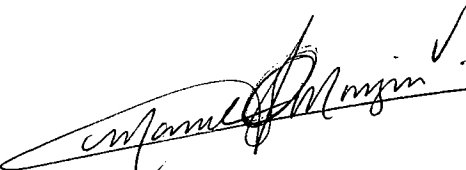
Guatemala, 05 de Febrero de 2013

Ingeniero  
Víctor Manuel Monzón Valdez  
Director Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería

Por este medio hago constar que he revisado y aprobado el Informe Final del Trabajo de Graduación, de la estudiante KRYSTA MARIA SALZAR TALE con número de carné 200714584, el cual se titula: **"EVALUACIÓN DEL PIGMENTO TEXTIL AZUL BGN EN LA FORMULACIÓN DE PINTURA PARA INTERIORES CON ACABADO MATE"**.

Sin otro motivo en particular, me suscribo de usted.

Atentamente,

  
Ing. Qco. Víctor Manuel Monzón Valdez



ASESOR

Colegido 0656

**Ing. Qco. Víctor Manuel Monzón Valdez**  
**Colegiado No. 656**

Ing. Geo. Víctor Manuel Plazón Valdez  
Colegiado No. 656



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Guatemala, 07 de marzo de 2013  
Ref. EI.Q.TG-IF.014.2013

Ingeniero  
**Víctor Manuel Monzón Valdez**  
DIRECTOR  
Escuela Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el Acta TG-003-2012-IF le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Solicitado por la estudiante universitaria: **Krysta María Salazar Tale**

Identificada con número de carné: **2007-14584**

Previo a optar al título de **INGENIERA QUÍMICA**.

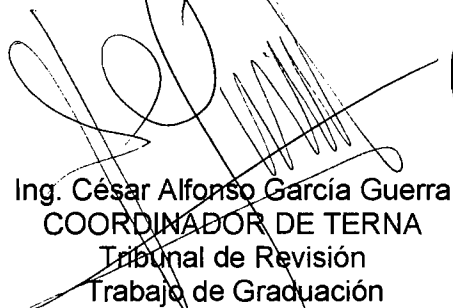
Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

**EVALUACIÓN DEL PIGMENTO TEXTIL AZUL BGN EN LA FORMULACIÓN DE PINTURA  
PARA INTERIORES CON ACABADO MATE**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por el Ingeniero Químico: **Víctor Manuel Monzón Valdez**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

  
Ing. César Alfonso García Guerra  
COORDINADOR DE TERNA  
Tribunal de Revisión  
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ACREDITADO POR  
Agencia Centroamericana de Acreditación de  
Programas de Arquitectura y de Ingeniería  
Período 2013 - 2015



ACAAI

Agencia Centroamericana de Acreditación de  
Programas de Arquitectura y de Ingeniería





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Ref.EIQ.TG.110.2013

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación de la estudiante, **KRYSTA MARIA SALAZAR TALE** titulado: "**EVALUACIÓN DE UN PIGMENTO TEXTIL AZUL BGN EN LA FORMULACIÓN DE PINTURA PARA INTERIORES CON ACABADO MATE**". Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, mayo 2013

Cc: Archivo  
VMMV/ale

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DE UN PIGMENTO TEXTIL AZUL BGN EN LA FORMULACIÓN DE PINTURA PARA INTERIORES CON ACABADO MATE**, presentado por la estudiante universitaria **Krysta María Salazar Tale**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, mayo de 2013

/cc





## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por cumplir su divina voluntad en mi vida, haciendo cumplir este sueño.
- Mi esposo** Jeysson Alexander Álvarez por su amor, comprensión y apoyo incondicional. Por ser el mejor amigo en el que puedo confiar.
- Mi hijo** Joshua Alexander Álvarez Salazar por ser la inspiración que le hacía falta a mi vida.
- Mis padres** Jesús Alberto Salazar y Herlinda Felisa de Salazar por su amor, sacrificio y sabios consejos. Por el apoyo que me brindaron en los malos y buenos momentos.
- Mis hermanas** Wendy, Stefany y Michelle Salazar por ser las mejores amigas en quienes puedo confiar y que esto sea una motivación para alcanzar sus propios objetivos.
- Mis suegros** Evelio Álvarez y Nohemí de Álvarez por su amor, cariño y apoyo.
- Mis compañeros** Por su cariño y afecto, por los buenos y malos momentos compartidos.

**La Universidad de San Carlos de Guatemala** Por la formación académica que me brindó desde el inicio de mi carrera, mediante mis maestros quienes mostraron su esfuerzo, dedicación y su entrega por enseñarme.

**Guatemala** Tierra de Dios, en donde espero contribuir en su desarrollo.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Tintas y Textiles de  
Occidente**

Por su contribución en este trabajo de graduación.

**Lic. Jesús Alberto  
Salazar Gómez**

Por depositar su confianza en mí para la elaboración de este proyecto y haberme brindado su tiempo en la co-asesoración de este trabajo de graduación.

**Ing. César García**

Por compartir sus conocimientos y experiencia.

**Ing. Víctor Manuel  
Monzón**

Por ser mi asesor y brindarme de su ayuda, tiempo y paciencia.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTADO DE SÍMBOLOS.....	XI
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS/ HIPÓTESIS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. ANTECEDENTES.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Pintura.....	3
2.2. Emulsión de pinturas.....	4
2.3. Componentes básicos.....	5
2.3.1. Pigmentos.....	7
2.3.1.1. Definición.....	7
2.3.1.2. Características.....	8
2.3.1.3. Clasificación.....	9
2.3.2. Pigmentos inertes, cargas o extendedores.....	10
2.3.3. Aglutinantes, ligantes o resinas.....	12
2.3.4. Aditivos.....	13
2.3.4.1. Espesantes.....	13
2.3.4.2. Dispersantes.....	13
2.3.4.3. Formador de película.....	13
2.3.4.4. Preservantes.....	13
2.4. Materias primas.....	14

	2.4.1.	Pigmento azul BGN.....	14
	2.4.2.	Carbonato de calico .....	15
	2.4.3.	Zinc omadine.....	16
	2.4.4.	Agua.....	18
	2.4.5.	Mowilith .....	18
	2.4.6.	CMC 2000 .....	18
2.5.		Pruebas para pinturas .....	18
	2.5.1	Métodos y técnicas de muestreo.....	19
	2.5.2	Procedimientos de pruebas para la pintura.....	19
	2.5.2.1.	Procedimientos de pruebas de caracterización .....	20
	2.5.2.1.1.	Contenido no volátiles... ..	20
	2.5.2.1.2.	Densidad .....	21
	2.5.2.1.3.	Viscosidad.....	21
	2.5.2.1.4.	Tiempo de secado.....	22
	2.5.1.4.5.	Color .....	22
	2.5.2.2.	Procedimiento de pruebas de rendimiento.....	24
	2.5.2.2.1.	Contenido de pigmento en volumen en pinturas .....	24
	2.5.2.2.2.	Valor de CVP crítico de pinturas .....	27
3.		DISEÑO METODOLÓGICO .....	31
	3.1.	Variables .....	31
	3.1.1	Variables de control.....	31
	3.1.2.	Análisis de variables.....	32
	3.1.3.	Variables de respuesta.....	33

3.2.	Delimitación del campo de estudio .....	34
3.3.	Recursos humanos disponibles .....	35
3.3.	Recursos materiales disponibles .....	35
3.4.1.	Materias primas .....	35
3.4.2.	Cristalería .....	36
3.4.3.	Equipo y materiales .....	36
3.5.	Técnica .....	37
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información .....	38
3.6.1.	Número de muestras .....	39
3.6.2.	Formulación de pintura para interiores con pigmento textil azul BGN .....	40
3.6.3.	Medición de los parámetros de caracterización.....	40
3.6.4.	Determinación de los parámetros de rendimiento .....	41
3.6.5.	Comparación entre los parámetros de caracterización de la pintura formulada con pigmento de azul BGN y pintura patrón.....	41
3.6.6.	Diseño del control de error .....	41
3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información .....	42
3.7.1.	Formulación de pintura con pigmento textil azul BGN .....	42
3.7.2.	Medición de los parámetros de caracterización .....	43
3.7.2.1.	Densidad (libras por galón).....	43
3.7.2.2.	Viscosidad (KU) .....	45
3.7.2.3.	Tiempo de secado .....	46
3.7.2.4.	Contenido de volátiles .....	47
3.7.2.5.	Diferencia de color .....	48

3.7.2.6.	Medición de los parámetros de rendimiento.....	52
3.7.3.	Comparación entre pinturas los parámetros de caracterización de la pintura formulada con pigmento azul BGN y pintura patrón .....	54
3.8.	Análisis estadístico.....	54
3.8.1.	Análisis de varianza de un solo factor .....	54
3.9.	Plan de análisis de los resultados .....	56
3.9.1.	Métodos y modelos de los datos .....	56
3.9.2.	Programas a utilizar para análisis de los datos .....	57
4.	RESULTADOS .....	59
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	85
	CONCLUSIONES.....	89
	RECOMENDACIONES.....	91
	BIBLIOGRAFÍA.....	93
	APÉNDICES.....	97



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Sistema disperso.....	4
2.	Componentes básicos de la pintura .....	6
3.	Clasificación de pigmentos.....	9
4.	Las dispersiones en el mercado de pinturas según su composición monomérica .....	12
5.	Estructura molecular del pigmento azul BGN.....	14
6.	Sistema de clasificación para sólidos a granel.....	17
7.	Representación de luminosidad, matiz y saturación .....	23
8.	Rangos de pvc para recubrimientos.....	26
9.	Posibles situaciones del pvc con respecto al cpvc.....	27
10.	Diseño general de la técnica cuantitativa y trabajo de investigación....	38
11.	Diagrama de flujo medición de la densidad.....	44
12.	Diagrama de flujo medición de la viscosidad con viscosímetro digital tipo <i>Stormer</i> .....	45
13.	Diagrama de flujo medición del tiempo de secado, método de secado al tacto .....	46
14.	Diagrama de flujo medición de contenido de volátiles .....	47
15.	Diagrama de flujo medición de las coordenadas $a^*$ , $b^*$ y $L^*$ .....	50
16.	Densidad en función de la concentración de pigmento azul BGN en cada fórmula de pintura látex.....	60
17.	Densidad en función de la concentración de resina en cada fórmula de pintura látex.....	61

18.	Densidad en función de la concentración de agua en cada fórmula de pintura látex .....	62
19.	Viscosidad en función de la concentración de pigmento azul BGN en cada muestra de pintura látex.....	63
20.	Viscosidad en función de la concentración de resina en cada muestra de pintura látex.....	64
21.	Viscosidad en función de la concentración de agua en cada muestra de pintura látex .....	65
22.	Tiempo de secado en función de la concentración de pigmento azul BGN en cada muestra de pintura látex .....	66
23.	Tiempo de secado en función de la concentración de resina en cada muestra de pintura látex.....	67
24.	Tiempo de secado en función de la concentración de agua en cada muestra de pintura látex.....	68
25.	Porcentaje NVOC en función de la concentración de pigmento azul BGN en cada muestra de pintura látex .....	69
26.	Porcentaje NVOC en función de la concentración de resina en cada muestra de pintura látex.....	70
27.	Porcentaje NVOC en función de la concentración de agua en cada muestra de pintura látex.....	71
28.	Diferencia de color en función de la concentración de pigmento azul BGN en cada muestra de pintura látex y la muestra patrón .....	72
29.	Diferencia de color en función de la concentración de la resina .....	73
30.	Diferencia de color en función de la concentración del agua.....	74
31.	Porcentaje de error en el parámetro densidad en cada muestra de pintura látex con pigmento azul BGN textil y la muestra patrón.....	75
32.	Porcentaje de error en el parámetro viscosidad en cada muestra de pintura látex con pigmento azul BGN textil y la muestra patrón .....	76

33.	Porcentaje de error en el parámetro tiempo de secado en cada muestra de pintura látex con pigmento azul BGN textil y la muestra patrón.....	77
34.	Porcentaje de error en el parámetro porcentaje de NVOC en cada muestra de pintura látex con pigmento azul BGN textil y la muestra patrón.....	78
35.	Porcentaje de error en el parámetro diferencia de color en cada muestra de pintura látex con pigmento azul BGN textil y la muestra patrón.....	79
36.	Porcentaje de contenido en volumen de pigmento en función de la concentración del pigmento azul BGN.....	80
37.	Porcentaje de contenido en volumen de pigmento en función de la concentración de resina.....	81
38.	Porcentaje de contenido en volumen de pigmento en función de la concentración de agua .....	82

## TABLAS

I.	Ejemplos de pigmentos de acuerdo al color .....	10
II.	Cargas naturales más usuales en pinturas.....	11
III.	Contenido máximo permisible de COV .....	21
IV.	Definición operacional de las variables de control, para la elaboración de pintura látex.....	31
V.	Definición operacional de las variables.....	32
VI.	Formulación base para pintura de interiores.....	40
VII.	Formulación de cada muestra de pintura con pigmento textil azul BGN .....	42
VIII.	Parámetros de caracterización de cada muestra de pintura .....	49

IX.	Parámetros de caracterización medición del color de cada muestra de pintura .....	52
X.	Parámetros de rendimiento de cada muestra de pintura.....	53
XI.	Valores de muestras de parámetros de caracterización y rendimiento.....	55
XII.	Medidas de variabilidad.....	55
XIII.	Análisis de varianza del ANOVA para un solo factor.....	56
XIV.	Descripción de las formulaciones de pintura .....	59
XV.	Valor de la densidad en la muestra patrón.....	60
XVI.	Modelo de correlación de la figura 16.....	60
XVII.	Modelo de correlación de la figura 17.....	61
XVIII.	Modelo de correlación de la figura 18.....	62
XIX.	Valor de la viscosidad en la muestra patrón.....	63
XX.	Modelo de correlación de la figura 19.....	63
XXI.	Modelo de correlación de la figura 20.....	64
XXII.	Modelo de correlación de la figura 21.....	65
XXIII.	Valor del tiempo de secado en la muestra patrón .....	66
XXIV.	Modelo de correlación de la figura 22.....	66
XXV.	Modelo de correlación de la figura 23.....	67
XXVI.	Modelo de correlación de la figura 24.....	68
XXVII.	Valor % NVOC en la muestra patrón.....	69
XXVIII.	Modelo de correlación de la figura 25.....	69
XXIX.	Modelo de correlación de la figura 26.....	70
XXX.	Modelo de correlación de la figura 27.....	71
XXXI.	Modelo de correlación de la figura 28.....	72
XXXII.	Modelo de correlación de la figura 29.....	73
XXXIII.	Modelo de correlación de la figura 30.....	74
XXXIV.	Modelo de correlación de la figura 36.....	80
XXXV.	Modelo de correlación de la figura 37.....	81

XXXVI.	Modelo de correlación de la figura 38.....	82
XXXVII.	Determinación del porcentaje de contenido críticos en volumen de pigmento azul BGN en cada muestra de pintura látex.....	83



## LISTADO DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>CMC</b>	Carboximetil celulosa
<b>m/m</b>	Concentración masa masa
<b>CVPC</b>	Contenido de Pigmento Crítico en Volumen
<b>CVP</b>	Contenido de Pigmento en Volumen
<b><math>\rho</math></b>	Densidad
<b><math>\sigma</math></b>	Desviación estándar
<b>gal</b>	Galón
<b>Hi</b>	Hipótesis alternativa
<b>Ho</b>	Hipótesis nula
<b>lb</b>	Libra
<b>L</b>	Litro
<b>m</b>	Masa

$x$	Media aritmética
<b>CIELab</b>	Modelo para la medición de color
<b>mL</b>	Mililitros
<b>X</b>	Número de datos
<b>n</b>	Número formulación
<b>PVA</b>	Polímeros de Vinil Acetato
<b>%</b>	Porcentaje



## GLOSARIO

<b>Aditivos</b>	Son los que cumplen diferentes funciones complementarias en las pinturas como dispersar, espesar, preservar, entre otros.
<b>ASTM</b>	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.
<b>Azul BGN</b>	Es un compuesto orgánico sintético, también conocido con su nombre químico ftalocianita de cobre. Comúnmente es utilizado para el teñido de hilo de algodón.
<b>Carga</b>	Son los materiales en polvo que quedan incoloros o casi incoloros en las pinturas, que carecen de opacidad, también conocidos como pigmentos inertes o extendedores.
<b>Formulación</b>	Expresar numéricamente, un producto, mediante la combinación de compuestos.
<b>NTC</b>	Norma Técnica Colombiana.
<b>NVOC</b>	Compuestos Orgánicos No Volátiles
<b>Pigmento</b>	Son materias sólidas e insolubles, cuando son trituradas se mantienen en suspensión con su

aglutinante.

**Pruebas  
de caracterización**

Califican el material sobre la base de estándares predefinidos por diseño o de especificaciones particulares de calidad.

**Pruebas  
de rendimiento**

Califican el material bajo la calidad de efectividad y eficiencia, mediante una proporción entre el resultado obtenido y los medios que se utilizaron.

**Resina**

Son polímeros en dispersión con alto peso molecular que garantiza las fuerzas cohesivas y adherentes, requeridas para mantener la calidad del pigmento en la capa de pintura seca

## RESUMEN

El propósito del presente trabajo de graduación fue la evaluación de la formulación de pintura látex para interiores utilizando como componente innovador, pigmento textil Azul BGN, mediante la medición de parámetros de caracterización y rendimiento. La medición de los parámetros se realizó usando de referencia la Norma ASTM, Norma NTC y el Método CIELab.

Para llevar a cabo dicho objetivo se realizaron ocho formulaciones de pintura látex con pigmento azul BGN, variando la concentración del pigmento y de resina. A cada formulación se le midieron los parámetros de caracterización (densidad, viscosidad, porcentaje de NVOOC y tiempo de secado) y se calcularon los parámetros de rendimiento (porcentajes de CVP y CVPC).

Con base en los resultados se determinó que la formula número cuatro es la que más se asemeja con la muestra patrón, de acuerdo a la evaluación hecha en los parámetros de caracterización.

Además el valor del porcentaje de CVP se encuentra entre el rango aceptable de pinturas para interiores siendo del 69,46 por ciento aunque supere el porcentaje de CVPC, siendo aceptable ya que ofrece una mejor cohesión e impermeabilidad.

Asimismo, la fórmula cuatro fue la que presentó el menor error en todos los parámetros de caracterización, exceptuando en la diferencia de color, sin embargo esto no es relevante ya que la finalidad no fue igualar el color.

Estadísticamente con un nivel de significancia de 0,05 para la formulación 4 se aprobó la hipótesis nula.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Evaluar la formulación de pintura látex para interiores utilizando como componente innovador, pigmento textil azul BGN, mediante la medición de parámetros de caracterización y rendimiento.

### **Específicos**

1. Evaluar diferentes fórmulas de pintura, variando el porcentaje de pigmento textil azul BGN y la resina, no superando el 20 por ciento en contenido de pigmento textil.
2. Medir los parámetros de caracterización, de acuerdo con las Normas ASTM: densidad, tiempo de secado y contenido de no volátiles; según la Norma NTC 559 para la viscosidad; y el modelo CIELab para medir el color de cada muestra de pintura que se realice.
3. Determinar el contenido en volumen de pigmento (%CVP) y el contenido en volumen de pigmento crítico (%CVPV) de la muestra de pintura experimental.
4. Comparar los resultados de las pruebas de caracterización, entre las muestras de pintura con pigmento azul BGN y la pintura patrón.

## HIPÓTESIS

Ho: No existe diferencia significativa entre la pintura formulada con pigmento azul BGN y la pintura patrón (azul monastral).

Hi: Existe diferencia significativa entre la pintura formulada con pigmento azul BGN y la pintura patrón (azul monastral).

## INTRODUCCIÓN

La Universidad de San Carlos de Guatemala, consciente de la necesidad que tiene el país de un crecimiento económico y social, la Facultad de Ingeniería y específicamente la carrera de Ingeniería Química, designa profesionales que mediante la elaboración de trabajos de graduación, tienden a investigar alternativas de productos para abastecer el mercado nacional.

Para lo cual se estarían creando nuevas empresas y a su vez repercute en crear nuevas oportunidades de empleo, que beneficiarían a muchas familias guatemaltecas.

Dentro de la empresa Tintas y Textiles de Occidente, se llevó a cabo la investigación y experimentación para determinar si el pigmento textil Azul BGN, que comúnmente tiene un uso textil, serviría para realizar pintura látex para interiores.

La hipótesis planteada: no existe diferencia significativa entre la pintura formulada con pigmento Azul BGN y la pintura patrón (azul monastral), será útil para demostrar, que se puede obtener un producto de pintura látex tipo azul monastral; usando como sustituto un pigmento textil.

Para aceptar o negar la anterior hipótesis, fue necesario tener fundamentos bibliográficos para realizar formulaciones de pintura látex variando la concentración del pigmento textil y de la resina, además de medir y comparar los parámetros de caracterización (densidad, viscosidad, tiempo de secado,

porcentaje de NVOC y diferencia de color) y rendimiento (porcentaje de CVP y CVPC) con los datos obtenidos de la muestra patrón.

Determinando así mediante un análisis de varianzas de un sólo factor, la existencia de una diferencia significativa entre ambas pinturas.

El aporte de este informe, es para contribuir al desarrollo y crecimiento de la empresa Tintas y Textiles de Occidente, asimismo para ayudar a la población del territorio nacional.



## 1. ANTECEDENTES

La pintura fue creada 15 años A.C. con fines decorativos, de acuerdo con la historia, cada país fue evolucionando la creación de nuevas pinturas como también su uso, puesto que ya no solo pensaban en utilizarla para decorar sino para proteger los artículos donde los aplicaban por ejemplo en puertas, ventanas, paredes, troncos, entre otros; fue en 1949 cuando comenzó a crearse la pintura con una complejidad química más elevada, formando emulsiones entre los componentes produciendo así la evaporación del agua permitiendo que el pigmento y las partículas aglutinantes se unan formando una película fuerte.

No cabe duda alguna que siguieron los estudios y experimentos para mejorar cada vez la pintura látex, siendo la mejor en el aspecto económico y duradero. En marzo de 1993 se realizó una tesis en la Universidad de San Carlos de Guatemala con el nombre de Estudio de la opción de utilización de carbonato de calcio local en la formulación del parámetro contenido crítico de pigmento en volumen CCPV, elaborado por Ingrid María del Cid Medrano. En esta tesis se refleja varias partes a considerar para la elaboración de la pintura, marcando parámetros que rigen la factibilidad del producto final.

La Comisión Nacional de Medio Ambiente de la Región Metropolitana de la República de Chile realizó una Guía para el Control y la Prevención de la Contaminación Industrial, enfocado a las industrias elaboradoras de pinturas, creado en agosto de 1998. En esta guía además de realizar un análisis ambiental hace una descripción del proceso de elaboración de la pintura base agua, de aceite y resinas, describiendo así las operaciones que debe realizarse

para la producción de las mismas y las desventajas ambientales que se obtienen cada vez que se prepara pintura, regido bajo normas ambientales.

Se han realizado estudios acerca de la composición de la pintura látex donde según experimentos ya patentados, indican a que porcentajes aplican cada componente obteniendo resultados de varias pruebas con cantidades variantes tal es el caso en la patente Composiciones y recubrimientos de pintura base agua, Javier Uthoff Orive, Hamburgo No. 260, Juárez 06600, Distrito Federal México. Fecha de concesión 10/12/2007. PatentePA/a/2005/004408.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Pintura

La Norma ASTM D16-47 define a la pintura como una composición de líquido pigmentado, la cual es convertida en una película sólida opaca después de aplicarla como capa delgada sobre una superficie. Las pinturas se aplican con el fin de proteger y/o decorar:

- La presentación es en forma líquida o en polvo
- Su aplicación es con mayor o menor viscosidad
- La aplican de forma líquida sobre una superficie sólida
- Forma una película delgada y continua adherida a ella

Las funciones que tienen las pinturas se clasifican en tres aspectos:

- Protección: la pintura es la que sufre el ataque externo protegiendo el soporte.
- Decoración: colorea y modifica la textura de la superficie.
- Funcional: puede emplearse colores para la codificación o señalización de información, prevención, etc.

Las pinturas con base de agua, usualmente se dividen en dos tipos principales:

- Acabado mate: contienen una alta cantidad de pigmento en volumen.

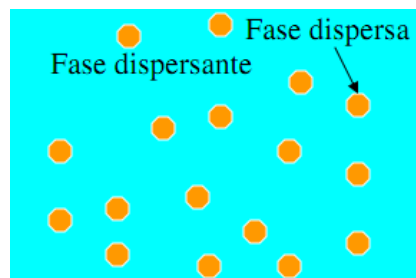
- Acabado semibrillante: contienen una baja cantidad de pigmento en volumen.

## 2.2. Emulsión de pinturas

Una emulsión es un sistema de coloides, en el cual las partículas que determinan la fase interna consisten en glóbulos de un líquido, el cual es inmiscible con el líquido de la fase externa; o bien puede decirse que las emulsiones son sistemas coloidales comprendidos dentro de las dispersiones y pueden formarse entre 2 líquidos inmiscibles.

Los cuerpos en estado coloidal constituyen un sistema heterogéneo disperso, integrado por dos fases: una continua, fase dispersadora, dispersante o medio de dispersión (agua); y otra finamente dividida llamada fase dispersada o dispersa (alcohol polivinílico y otros), para su mejor comprensión, véase la figura 1.

Figura 1. **Sistema disperso**



Fuente: Universidad Tecnológica Nacional. Coloides: suspensiones y emulsiones. p. 2.

Para las emulsiones de pinturas de agua, debido a la afinidad que existe entre el dispersante y la fase dispersa se clasifican como liófilos y por ser agua el medio de dispersión se le catalogará como hidrófilo, estableciendo un sistema termodinámicamente estable.

Una pintura consiste en una emulsión base y una pasta constituida por pigmentos a la cual se le ha incorporado pigmentos inertes o cargas, agentes activos, preservantes y agentes auxiliares.

El orden de preparación de una pintura de emulsión es el siguiente:

Agua + aglutinante+ pigmento → emulsión base

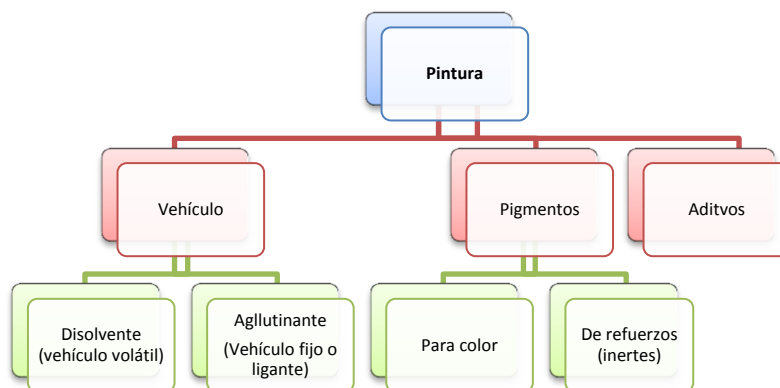
Agua + carga + aditivos → pasta

Emulsión base + pasta → pintura emulsión

### **2.3. Componentes básicos**

En la figura 2 se presenta un esquema de los componentes que comúnmente son utilizados para la formulación de pintura y la clasificación de los mismos.

Figura 2. **Componentes básicos de la pintura**



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Word 2010.

Las materias primas para la fabricación de las pinturas son básicamente una mezcla de tres componentes (véase figura 2) en agua, completados con aditivos. La mayor parte de componentes sólidos son uno o varios pigmentos que definen el aspecto decorativo y las cargas que forman el cuerpo de la pintura.

El vehículo es generalmente un líquido que lleva en suspensión el pigmento y favorece el rendimiento de la pintura, consta de un aglutinante y de un disolvente.

El aglutinante o ligante, es el líquido en forma de dispersión que tiene la función de aglomerar los componentes sólidos entre sí y de adherirlos al sustrato. El disolvente es el componente volátil de la pintura, deben ser inertes, con buena evaporación y de bajo costo.

Los diversos aditivos sirven para la fabricación, aplicación y para cumplir las exigencias a la pintura.

### **2.3.1. Pigmentos**

Son uno de los componentes primordiales para la elaboración de pintura látex, ya que estos aportan una buena consistencia además del color.

#### **2.3.1.1. Definición**

Los pigmentos son materias sólidas e insolubles, cuando son trituradas se mantienen en suspensión con su aglutinante. Tienen cuerpo, porque se sedimentan en el fondo del recipiente cuando están en reposo. Tienen un índice de refracción mayor a 1,7, de un color definido, cuyo uso está orientado a definir el tono de color del producto terminado.

Podría obtenerse un pigmento orgánico también llamado pigmento laca, que resultan intensamente coloreados pero transparentes. Un pigmento laca es un pigmento que se hace precipitando o fijando un colorante sobre un pigmento inerte o laca-base.

Un pigmento orgánico o inorgánico en su forma más concentrada sin pigmento inerte, se llama tono puro pero para que de buenos resultados en la pintura, generalmente hay que añadirle un pigmento inerte que le da cuerpo a la pintura y disminuye el poder de tinción.

Los pigmentos inertes son los materiales en polvo que quedan incoloros o casi incoloros en las pinturas, que carecen de opacidad, también conocidos como cargas o extendedores de los cuales se hablara más adelante.

Los pigmentos cubren la superficie con una capa fina, otorgando mayor durabilidad y resistencia a la película. Afectan la viscosidad y fluidez de la pintura, entre otros factores.

### **2.3.1.2. Características**

A continuación se mencionan algunas características de los pigmentos. Algunas de estas son el color, la opacidad, la forma y tamaño entre otros.

- **Forma y tamaño de las partículas**  
Afecta en la apariencia de la pintura, las partículas grandes dan acabado mate; mientras que las partículas más pequeñas afectan la estabilidad, puesto que entre más pequeña más lenta será la velocidad de sedimentación.
- **Humectación y dispersión**  
Todas las partículas deben estar humectadas por el aglutinante; la dispersión implica la ruptura de las partículas que están aglomeradas.
- **Color**  
Depende de la absorción de la luz.
- **Opacidad**  
Denota su capacidad de cubrir una superficie y depende del grosor y de las propiedades ópticas del pigmento.
- **Resistencia a la luz**  
Es su permanencia o resistencia a los cambios cuando se expone a la luz sobre todo a la ultravioleta.

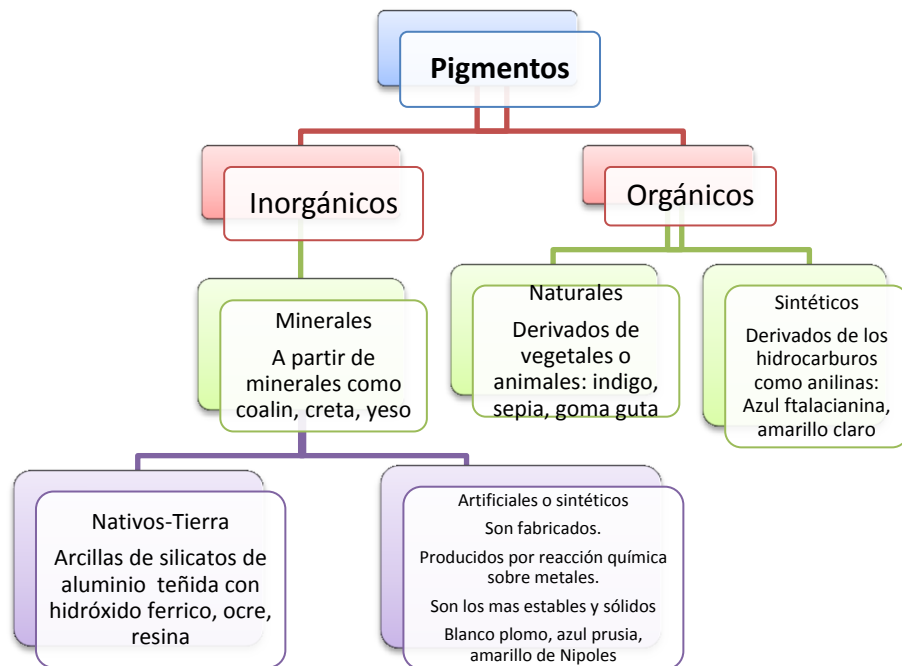


- Clasificación de toxicidad
  - Clase A – No peligroso
  - Clase B – Relativamente inocuo
  - Clase C – Peligro tóxico muy leve
  - Clase D – Peligro fisiológico claro

### 2.3.1.3. Clasificación

En la figura 3 se muestra esquemáticamente la clasificación de los pigmentos.

Figura 3. Clasificación de pigmentos



Fuente: artes tradicionales. Los pigmentos. p. 27.

Algunos tipos de pigmentos utilizados en las industrias se muestran en la tabla I:

Tabla I. **Ejemplos de pigmentos de acuerdo al color**

<b>Blancos</b>	Óxido de titanio, óxido de zinc, óxido de calcio, tiza.
<b>Negros</b>	Negro de humo.
<b>Amarillo</b>	Amarillo de cromo, zinc, orgánicos, otros
<b>Rojos</b>	Óxido de hierro, anaranjado de cromo
<b>Azul</b>	Azul de Prusia, orgánicos, otros
<b>Verdes</b>	Sales de cromo, orgánicos, otros
<b>Metálicos</b>	Aluminio, cobre, bronce

Fuente: Facultad de Ingeniería Universidad de Buenos Aires. Pinturas-I.p. 4.

### **2.3.2. Pigmentos inertes, cargas o extendedores**

Las cargas son los materiales minerales químicamente inertes, no higroscópicas y con índice de refracción muy bajo, es decir, de escaso poder colorante al estar aglutinados con óleos, pero no con ligantes acuosos.

“Las cargas y los pigmentos se diferencian por el índice de refracción. Este es para las cargas menores a 1,7 (según la Norma EN ISO 3262 y EN ISO 787-18) y por lo tanto su contribución es al poder cubriente, especialmente al poder cubriente en húmedo y al color del material es marginal”.<sup>1</sup>

Para poder definir la influencia técnica de la carga en los productos acabados, es básico conocer su estructura morfológica, la granulometría y su

---

<sup>1</sup>SCHWEIGGER, Enrique. *Manual de Pinturas y Recubrimientos Plásticos*. p.30.

absorción de aceite. La suma de estos criterios define la compactación de un recubrimiento y con ello características como:

- Viscosidad y fluidez del producto
- Formación de grietas al secado
- Poder cubriente
- Acabado superficial mate, sedoso o brillante
- Porosidad y permeabilidad del agua y el gas carbónico
- Resistencia al brote en húmedo

La tabla II muestra las cargas naturales comúnmente utilizadas:

Tabla II. **Cargas naturales más usuales en pinturas**

CARGAS	COMPOSICIÓN QUÍMICA	FÓRMULA QUÍMICA	MORFOLOGÍA	PESO ESPECÍFICO	DUREZA MOHS
<b>Creta</b>	Carbonato de calcio	CaCO <sub>3</sub>	Amorfa	2,7	1,5-2,5
<b>Calcita</b>	Carbonato de calcio	CaCO <sub>3</sub>	Nodular	2,7	3,0
<b>Dolomita</b>	Carbonato de calcio y magnesio	CaMg(CO <sub>3</sub> )	Nodular	2,7	3,5-4,0
<b>Cuarzo</b>	Sílice o bióxido de silicio	SiO <sub>3</sub>	Nodular	2,65	7,0
<b>Talco</b>	Silicato de magnesio	2MgO <sub>4</sub> SiO <sub>2</sub> Mg(OH) <sub>2</sub>	Laminar	2,75	1,0-1,5
<b>Caolin</b>	Silicato aluminio	(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )(SiO <sub>2</sub> ) <sub>12</sub>	Laminar	2,6	2,0-2,5
<b>Mica</b>	Silicato de aluminio, potasio y magnesio	Bastante compleja	Muy laminar	2,85	2,0-2,5
<b>Barita</b>	Sulfato de bario	BaSO <sub>4</sub>	Nodular	4,25	2,5-3,5

Fuente: Enrique Schweigger. Manual de pinturas y recubrimientos plásticos. p. 30.

### 2.3.3. Aglutinantes, ligantes o resinas

“Los ligantes son polímeros en dispersión con alto peso molecular que garantiza las fuerzas cohesivas y adherentes, requeridas para mantener la calidad del pigmento en la capa de pintura seca”.<sup>2</sup>

La elaboración de pinturas de interior usualmente utilizan acetato polivinílico o copolimeros de polivinilacetato y acrílicos. Las dispersiones clásicas para recubrimiento arquitectónico de mayor uso en el mercado, se muestran en la tabla 4:

Figura 4. **Las dispersiones en el mercado de pinturas según su composición monomérica**

<p><b>Homopolímero vinílico con plastificante externo</b></p> <p><b>Copolímeros vinílicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li><b>vinilacrílicos con nBA, 2EHA</b></li><li><b>terpolímeros con CI y E</b></li><li><b>viniletilénicos con E</b></li><li><b>vinil-VeoVa® con VeoVa®</b></li></ul> <p><b>Acrílicos puros y acrílicos estirenados en gran variación</b></p>
---

Fuente: Enrique Schweigger. Manual de pinturas y recubrimientos plásticos. p. 56.

<sup>2</sup>SCHWEIGGER, Enrique. *Manual de Pinturas y Recubrimientos Plásticos*. p. 4.

## **2.3.4. Aditivos**

Los aditivos son tan indispensables en la formulación de recubrimientos como la sal y pimienta en las comidas. Para cumplir las múltiples funciones se utilizan los aditivos, destacando los más importantes:

### **2.3.4.1. Espesantes**

Es el punto de control reológico de la producción de pintura. El espesante más común son los éteres de celulosa, poliacrilatos y algunos poliglicoles.

### **2.3.4.2. Dispersantes**

Estos son usualmente polímeros aniónicos de bajo peso molecular que ayudan a la dispersión del pigmento y el componente extendedor, siendo frecuentemente utilizado el poliacrilato de sodio.

### **2.3.4.3. Formador de película**

Estos actúan como agente formador de película, para permitir que las partículas de la resina se fusionen para crear una película lisa y continua.

### **2.3.4.4. Preservantes**

Prácticamente toda formulación de pintura moderna contiene algún tipo de preservante para prevenir el crecimiento bacteriano y que la pintura dure en *stock* o no afecte en el secado de la capa de pintura.

## 2.4. Materias primas

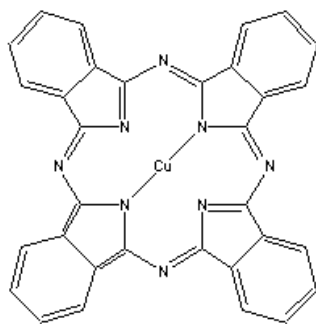
En el mercado se encuentran diversas materias primas que se pueden utilizar para la elaboración de pintura látex, en esta sección se definen algunas materias primas que pueden ser utilizadas.

### 2.4.1. Pigmento azul BGN

El pigmento azul BGN tiene una gran variedad de uso, siendo algunos: teñido en papel, teñido de hilo en la industria textil y para hacer pinturas. Este pigmento es clasificado como un pigmento inerte, sin embargo, es una excepción de los pigmentos inertes por su alto poder colorante del pigmento es tan enorme en comparación con el de los demás pigmentos.

Es un compuesto químico orgánico sintético que se obtiene de la precipitación artificial, conocido con su nombre químico ftalocianina de cobre, su fórmula molecular  $C_{32}H_{16}CuN_8$  y su estructura molecular se muestra en la figura 5, es un compuesto tóxico e inflamable.

Figura 5. Estructura molecular del pigmento azul BGN



Fuente: Chemnet. 147-14-8 Pigment blue 15:3. p.1.

La intensidad del color depende del tamaño de las partículas que está entre 0,05 y 0,5 micras. La opacidad y la intensidad no se llevan bien, es decir que se quiere más opacidad el color tendrá menos intensidad y viceversa.

En el apéndice se adjunta la hoja técnica, hoja de seguridad y la curva espectral referidos a este pigmento, para tomarse una idea del color del pigmento en tono general así como tintado con blanco.

#### **2.4.2. Carbonato de calcio**

El carbonato de calcio es probablemente el extendedor más antiguo y el más usado. Es manufacturado por una variedad de métodos que van desde la molienda en seco de la caliza hasta la precipitación química controlada.

El proceso de manufactura tiene una influencia definitiva en el tamaño y la forma de las partículas, que en su turno afectarán las propiedades que imparten estos materiales a las pinturas.

El carbonato de calcio es comúnmente utilizado en la realización de pintura para interiores y exteriores puesto que ayuda a la retención del color y a controlar el pH, tiene poca absorción de agua.

No es conveniente utilizar este componente a granulometría muy fina (<149 micrones o malla 100<sup>3</sup>) véase figura 6, a este tamaño de partícula el producto es reactivo, reducir el asentamiento, a endurecer la película, elimina el abolsamiento y la flotación.

---

<sup>3</sup>Perry Robert. Manual del Ingeniero Químico. Tomo 7, 7-4 p.

Es aconsejable utilizar este componente a granulometría, entre fina o granular, puesto que ofrecen menos riesgos de abrasividad y cohesión, tenderá a un mayor poder cubriente dándole mejor cuerpo y calidad en la brochabilidad a la pintura.

### **2.4.3. Zinc omadine**

La piritiona de zinc es un complejo de coordinación de zinc. Este sólido incoloro se utiliza como un antifúngico y antibacteriano agente.

Debido a su baja solubilidad en agua (8 ppm a pH neutro), piritiona de zinc es adecuado para uso al aire libre en pinturas y otros productos que proporcionan protección contra el moho y algas. Es un eficaz alguicida, químicamente incompatible con las pinturas de recurrir a agentes de curado de metal de carboxilato.



Figura 6. **Sistema de clasificación para sólidos a granel**

	<b>Características del material</b>	<b>Clase</b>
Tamaño	Muy fino– < 149 µm (malla 100)	A
	Fino– 149 µm a 3.18 mm (malla 100 a 1/8 in)	B
	Granular– 3.18 a 12.7 mm(1/8 a ½ in)	C
	Aterronado – con terrones > 12.7 mm (1/2 in)	D
	Irregular – conteniendo material fibroso, pegajoso u otro por el estilo	H
Fluidez	De flujo muy libre – ángulo de reposo hasta de 30°	1
	De flujo libre – ángulo de reposo de 30 a 45°	2
	Lento – ángulo de reposo de 45° o más	3
Abrasividad	No abrasivo	6
	Moderadamente abrasivo	7
	Muy abrasivo	8
Características especiales	Contaminable, que afecta el uso o las posibilidades de venta	K
	Higroscópico	L
	Muy corrosivo	N
	Ligeramente corrosivo	P
	Desprende polvos o humos peligrosos para la vida	R
	Contiene polvos explosivos	S
	Degradable, que afecta el uso o las posibilidades de venta	T
	Muy ligero y esponjoso	W
	Entrelazado o en capas, y resistente a la excavación	X
	Se airea y se hace fluido	Y
Se apelmaza a presión	Z	

Fuente: Perry Robert. Manual del Ingeniero Químico. p. 7-4.

Cuando se utilizan en pinturas de látex con agua que contiene alta cantidad de hierro , un agente secuestrante que preferentemente se unen a los iones de hierro que se necesita. Su descomposición por luz ultravioleta es lenta, proporcionando años de protección, incluso contra la luz directa del sol.

#### **2.4.4. Agua**

El agua tiene la identidad de agente dispersante y disolvente de la pintura látex, de bajo costo en comparación de otros agentes.

#### **2.4.5. *Mowilith***

Es un ligante para pinturas exteriores e interiores con excelente resistencia al agua, estucos y recubrimientos para techos.

#### **2.4.6. CMC 2000**

Son éteres de celulosa de carácter no iónico con una importante resistencia enzimática. Mejoran notablemente la consistencia, estabilidad y la retención de agua de los productos base agua.

Son productos de baja formación de espuma, una aceptación de color muy elevada y una excelente estabilidad al ser almacenados a altas temperaturas. Estos productos se caracterizan por brindar en las pinturas, alta viscosidad al ser almacenadas y baja viscosidad al ser aplicada.

### **2.5. Pruebas para pinturas**

Las pruebas de los revestimientos protectores (pintura), generalmente cae en tres categorías: las pruebas de las materias primas, pruebas de producto terminado (caracterización de materiales), y el rendimiento de prueba utilizando el tipo de simulación de desgaste acelerado y otros métodos de evaluación.

El propósito de las pruebas de la pintura es doble:

- Ayudar a asegurar los requisitos mínimos para ingredientes y caracterización de materiales (por ejemplo, tipo genérico, sólidos en volumen, porcentaje de zinc en la pintura seca), dándose a conocer por la manufacturación de la pintura.
- Para ayudar a asegurar que el producto formulado proporcionará satisfactorio desempeño en el medio ambiente.

### **2.5.1. Métodos y técnicas de muestreo**

El muestreo y las pruebas son de vital importancia para garantizar la recepción de los materiales especificados. Los certificados de cumplimiento de materias primas de los proveedores, suelen proporcionar pruebas suficientes de la calidad de las materias primas.

Para la aprobación de los productos terminados es necesario realizar un análisis de calidad para determinar si las materias primas que se utilizan son certificadas y de calidad, analizando así también las propiedades físicas de la pintura terminada.

### **2.5.2. Procedimientos de pruebas para la pintura**

La gran variedad de pruebas para productos acabados de pintura en general, se dividen en dos categorías: las pruebas de caracterización de materiales y pruebas de rendimiento. Los procedimientos de las pruebas de caracterización están estandarizados por la Norma ASTM y NTC para la viscosidad (véase anexo 1).

Entre las pruebas de caracterización entra la medición del color para los cual se utilizan modelo tal como el Modelo CIE L\*a\*b D50.

### **2.5.2.1. Procedimientos de pruebas de caracterización**

Esta sección definirá 4 pruebas de caracterización normadas por las Normas ASTM y NTC, para el análisis químico en la pintura látex para interiores con acabado mate.

#### **2.5.2.1.1. Contenido de no volátiles**

Esta prueba normalmente se lleva a cabo según la Norma ASTM D2369 y es una determinación del porcentaje en peso de sólidos en la pintura. La técnica es sencilla y directa, implica un peso de pequeñas muestras de pintura húmeda, tanto antes y después de calentar en un horno mantenido a 110 grados centígrados (230 grados Fahrenheit).

“El peso de sólidos puede afectar los costos de recubrimiento y rendimiento, ya que afectan directamente a las propiedades de aplicación. Caídos, cáscara de naranja, y el grosor insuficiente de la capa seca puede tener consecuencia, si el peso de sólidos es insuficiente”<sup>4</sup>.

Además, el peso sólido está directamente relacionado con el contenido de compuestos orgánicos volátiles de la pintura. El nivel de COV se determina multiplicando el peso volátil por la densidad de la capa. En la tabla III se

---

<sup>4</sup>US Army Corps of Engineers. Engineering and Design - Painting: New Construction and Maintenance. EM 1110-2-3400, Abril 1995. [Ref. 16 Noviembre 2011]. Disponible en Web: <<http://140.194.76.129/publications/eng-manuals/em1110-2-3400/toc.htm>> Pág.3-5

muestra el límite máximo de COV impuesto por la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Tabla III. **Contenido máximo permisible de COV**

<b>TIPO DE PINTURA PARA USO DOMÉSTICO DE SECADO AL AIRE BASE DISOLVENTE:</b>	<b>CONTENIDO MÁXIMO PERMISIBLE DE COVs (g/l*)</b>
Esmalte Arquitectónico	450
Esmalte Doméstico	450
Esmalte Alquidálico	450
Pintura de Aceite	450

Fuente: Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana.p. 5.

#### **2.5.2.1.2. Densidad**

Comúnmente conocido como peso por galón, esta prueba normalmente se realiza de acuerdo con la Norma ASTM D1475. El peso de la pintura fresca necesaria para llenar sólo una taza de peso por galón especial determina la densidad de la pintura en libras por galón.

#### **2.5.2.1.3. Viscosidad**

El método que describe la Norma ASTM D562 es utilizando un viscosímetro de tipo Stormer, la norma detalla dos procedimientos, uno con temporizador estroboscópico y otro sin este accesorio, sin embargo existen normas que se han actualizado y estandarizado procedimientos con aparatos modernos.

Siendo una de ellas, la Norma Técnica de Colombia NTC 559 (segunda actualización) es una norma que determina la viscosidad en unidades Krebs para pinturas mediante el viscosímetro de Stormer, planteando dos métodos: método A que se fundamenta en la Norma ASTM D562 y E1; método B Viscosímetro digital tipo Stormer, siendo un método de mayor uso en la actualidad.

#### **2.5.2.1.4. Tiempo de secado**

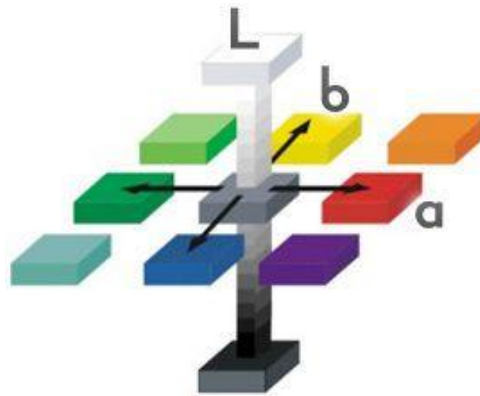
La Norma ASTM D1640 describe ocho métodos para determinar el tiempo de secado, entre ellos: secados al tacto, libre de polvo, seco y duro, seco a través de (mango), de seco a cubrir e imprimir gratis. De los ocho métodos, seco al tacto y seco y duro son los dos más comúnmente utilizados.

#### **2.5.2.1.5. Color**

Diseñado para aproximarse a la visión humana, la teoría del color LAB se construye sobre el sistema de color de Munsell, el espacio de color Hunter de 1948, y el espacio de color CIE de 1976. Las aplicaciones de software de hoy en día usan CIELAB o CIELAB D50.

En la figura 7 se muestra un modelo tridimensional, dónde: la L significa la luminosidad del color, con el 0 para generar negro y 100 para generar un blanco difuso. La "a" es el rojo frente al verde, mientras la "b" es el amarillo frente al azul, respectivamente con valores que van del -120 al +120. En a los valores negativos representan el verde y los positivos el rojo; en b los valores negativos representan el azul y los positivos el amarillo.

Figura 7. **Representación de luminosidad, matiz y saturación**



Fuente: colorotate. Modelos del color. p. 1.

Las proporciones de Lab se obtienen de los valores de tres estímulos de acuerdo con las siguientes transformaciones:

$$L^* = 116 \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_n} - 16}$$

$$a^* = 500 \left( \sqrt[3]{\frac{X}{X_n} - 16} - \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_n} - 16} \right)$$

$$b^* = 200 \left( \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_n} - 16} - \sqrt[3]{\frac{Z}{Z_n} - 16} \right)$$

Donde  $X_n$ ,  $Y_n$  y  $Z_n$  son los respectivos valores de  $X$ ,  $Y$  y  $Z$  con el iluminante que se haya usado para obtener valores  $X$ ,  $Y$  y  $Z$  de la muestra; y los coeficientes de  $\frac{X}{X_n}$ ,  $\frac{Y}{Y_n}$  y  $\frac{Z}{Z_n}$  son todos superiores a 0,008856 (cuando alguno de ellos es menor a esa cifra, se usa un conjunto de ecuaciones levemente distinto).

## **2.5.2.2. Procedimientos de pruebas de rendimiento**

Las propiedades de los productos acabados se definen fundamentalmente por las características de cada uno de los componentes y por la relación cuantitativa entre ellos.

### **2.5.2.2.1. Contenido de pigmento en volumen en pinturas**

Para definir la relación cuantitativa entre los componentes no es suficiente dar la relación en peso porque no refleja la relación real volumétrica. Para indicar la relación volumétrica llamada CVP se divide el peso de cada componente por su peso específico o la densidad y se ponen los volúmenes en relación entre sí.

Fórmula matemática para el CVP

$$\%CVP = \frac{\text{Suma de los volúmenes de las cargas y pigmentos}}{\text{Volumen polímero + volumen carga y pigmento}} * 100$$

Donde:

Suma de los volúmenes de cargas y pigmentos: es la suma del volumen del pigmento (equivalente a su peso dividido entre su densidad o peso específico) más la suma del volumen de las cargas (que equivale al peso de cada una de las cargas dividido por su peso específico o su densidad, que en muchas cargas esta alrededor de 2,7 gramos por mililitro).



Volumen del polímero más el volumen de cargas y pigmentos: equivale al volumen del material seco, que consiste en la suma del volumen del polímero y la suma del volumen de los componentes sólidos sin considerar el volumen del aire que podría estar incluido.

El volumen del polímero: se calcula dividiendo el peso del polímero seco entre aproximadamente el peso específico de muchos ligantes o resinas.

El valor CVP se conoce internacionalmente y es un valor en porcentaje:

- Un CVP de 0 por ciento sería una materia que consiste solamente en polímero.
- Cuanto menos polímero en la pintura, el CVP en porcentaje es más alto en relación a la suma de pigmentos y cargas.
- Un CVP de 100 por ciento sería un material consistente únicamente en pigmentos y cargas.

Según el cvp de los productos se definen en la figura 8:

Figura 8. Rangos de CVP para recubrimientos

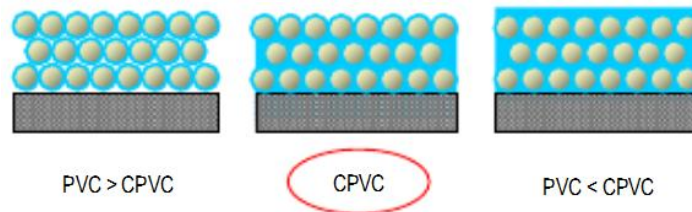
cvp en %	productos y aplicaciones
0--2	Lasures para madera y barnices para mampostería
17-20	Esmaltes acrílicos de alto brillo
30-40	Recubrimientos elásticos y pinturas de fachada con coloración intensa
40-60	Diversas pinturas de fachada y pinturas satinadas
60-85	Pinturas de interior

Fuente: Enrique Schweigger. Manual de pinturas y recubrimientos plásticos. p. 60.

Para apreciar debidamente las propiedades de un recubrimiento es importante diferenciar los dos lados que se presentan en la escala de CVP (véase figura 9).

- Valores bajos del CVP. Significan que existe una fase coherente de polímero en la que están incluidos y sumergidos totalmente las cargas y los pigmentos. En este caso se habla de un CVP por debajo CVPC. Esta situación es imprescindible para pinturas o esmaltes, ya que poseen una alta cohesión y son impermeables.
- Valores altos de CVP. Es decir, un CVP por encima de CVPC significa que la cantidad de ligante polimérico no alcanza para formar una fase coherente de la pintura, ni con el sistema incluyendo espacio para las cabidas de aire. En este caso las cargas y los pigmentos están adheridos entre sí por el polímero.

Figura 9. **Posibles situaciones del PVC con respecto al CPVC**



Fuente: Ing. Jordi Calvo Carbonell. Formulación de pinturas líquidas: una tarea similar en todos los casos. p. 11.

#### 2.5.2.2.2. **Valor de CVP Crítico de pinturas**

En el punto CVPC se encuentran los pigmentos y las cargas perfectamente compactadas e impregnadas y cubiertas con polímeros sin exceso alguno. Definir para cada sistema el CVPC es importante porque fuera de ese límite cambian abruptamente muchas propiedades importantes de las pinturas.

- Influencia de los pigmentos

El tipo de pigmento y en muchos casos aquéllos de la misma naturaleza química que fueron elaborados con tratamientos de superficies diferentes, presentan una fuerte influencia sobre la CPVC.

La relación pigmento/carga no debe ser inferior a 10/90<sup>5</sup> sin superar 30/70<sup>6</sup>, con base en las pruebas realizadas. La influencia del tipo de pigmento, el tratamiento superficial y el tamaño medio de las partículas del mismo, para un tipo de carga determinado, pueden influir hasta en 10 puntos sobre el valor crítico de la PVC.

- Influencia de las cargas

La formulación de pinturas tipo emulsión incluye generalmente mezclas de cargas, las cuales deben ser optimizadas desde un punto de vista técnico y económico.

Las cargas de tipo nodular (carbonatos de calcio natural y precipitado, dolomita, etc.), tienen una fuerte influencia sobre la posición de la CVPC; la disminución del tamaño de partícula (incremento del área específica y en consecuencia del índice de absorción de aceite) conduce a un descenso de la CVPC. Este puede variar hasta 15 por ciento o más según el tipo y la naturaleza química de la carga.

Las cargas de partículas extremadamente finas conducen a valores críticos de la CVP muy reducidos; en la práctica no se emplean solas ni en gran cantidad debido a su tendencia a la formación de grietas y porosidad demasiado elevada.

---

<sup>5</sup>Universidad Tecnológica Nacional- Facultad Regional la Plata. Departamento de Ingeniería Química. Formulación y Preparación de una Pintura Látex. <<http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/corrosion/latex.pdf>> p. 4.

<sup>6</sup>Universidad Tecnológica Internacional. Dr. Carlos Giúdice. Sección B. Relación Pigmento/Material Formador de Película. <[http://www.edutecne.utn.edu.ar/tecn\\_pinturas/B-TecPin\\_VI\\_VII.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/tecn_pinturas/B-TecPin_VI_VII.pdf)> p. 266.

### 3. Determinación de la posición del CVPC

Las pinturas para fachadas usuales en el comercio se formulan con valores de la CVP muy variados; muchos de ellos superan el valor crítico y en consecuencia aumenta sensiblemente el riesgo de formación de grietas. Resulta entonces de fuerte interés la evaluación en laboratorio del citado valor crítico.

La posición del CVPC se puede determinar a través de diferentes propiedades de la película seca tales como densidad, adhesión, porosidad, ampollamiento, resistencia a la abrasión húmeda, brillo, poder cubriente, etc. En general los registros de la propiedad estudiada se grafican en función de los valores de la CVP.

“La determinación experimental de la CVPC en algunos casos, se lleva a cabo ajustando las curvas a un polinomio de la forma:  $y=A+Bx+Cx^2+Dx^3$  mediante un método de regresión y calculando la raíz de la derivada de segundo orden (punto de inflexión); en otros casos, se trazan tangentes a las curvas, en las adyacencias de la CPVC, resultando la intersección de las mismas el valor crítico estimado según la propiedad considerada.”<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup>US Army Corps of Engineers. Engineering and Design - Painting: New Construction and Maintenance. EM 1110-2-3400. [Ref. abril de 1995]. Disponible en Web: <<http://140.194.76.129/publications/eng-manuals/em1110-2-3400/toc.htm>>. [Consulta: 16 de noviembre 2011].



### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

#### 3.1. Variables

Las variables a utilizar en el presente trabajo de investigación, se presentan en las tablas IV y V, donde se especifican las variables de control y el análisis de cada una.

##### 3.1.1. Variables de control

Las variables de control se presentan en la tabla IV, donde se detallan las dimensiones, el factor potencial de diseño y los factores perturbadores para cada variable.

Tabla IV. **Definición operacional de las variables control para la elaboración de pintura látex**

No.	Variable	Dimen <u>s</u> ional	Factor potencial de diseño		Factores perturbadores	
			Cons- tantes	Varia- bles	Controla <u>l</u> bles	No Controlables
<b>Formulación Pintura</b>						
1	Contenido de pigmento azul BGN	%m/m		X	X	
2	Contenido de calcio carbonato	%m/m	X		X	
3	Contenido de resina	%m/m		X	X	
4	Contenido de Aditivos	%m/m	X		X	

Continuación de la tabla IV.

<b>Parámetros de Caracterización</b>						
5	Densidad	lb/gal		X		X
6	Viscosidad	KU		X		X
7	Tiempo de secado	Min		X		X
8	Contenido de no volátiles	%		X		X
9	Diferencia color	---		X		X
<b>Parámetros de Rendimiento</b>						
9	%CVP	% v/v		X		X
10	%CVPC	% v/v		X		X

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.2. Análisis de variables

En la tabla V se presenta un análisis de las variables a utilizar en el presente trabajo de investigación, definiendo si son dependientes, independiente, monitoreables o no.

Tabla V. **Definición operacional de las variables**

No.	Variable	Dimen <u>s</u> ional	Depen <u>d</u> iente	Indepen <u>d</u> iente	Moni <u>t</u> oreable	No Monitoreable
<b>Formulación Pintura</b>						
1	Contenido de pigmento azul BGN	%m/m		X	X	



Continuación de la tabla V.

2	Contenido de calcio carbonato	%m/m		X	X	
3	Contenido de resina	%m/m		X	X	
4	Contenido de Aditivos	%m/m		X	X	
<b>Parámetros de Caracterización</b>						
5	Densidad	lb/gal	X		X	
6	Viscosidad	KU	X		X	
7	Tiempo de secado	Min	X		X	
8	Contenido de no volátiles	%	X		X	
9	Diferencia Color	--	X		X	
<b>Parámetros de Rendimiento</b>						
9	%CVP	% v/v	X		X	
10	%CVPC	% v/v	X		X	

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.3. Variables respuesta

Las variables respuesta que se tienen como objetivo a determinar se presentan a continuación:

- Los porcentajes en masa de cada componente: pigmento, carbonato de calcio, resina y aditivos.

- Parámetros de caracterización: densidad, viscosidad, tiempo de secado, contenido de no volátiles y diferencia de color (dE\*).
- Parámetros de rendimiento: porcentaje de CVP y CVPC

### **3.2. Delimitación del campo de estudio**

A continuación se presenta la delimitación del campo de estudio donde se detalla el área de investigación, el proceso, la ubicación entre otros detalles.

- Área de investigación: Química
- Proceso: evaluación de la fórmula de pintura para interiores acabado mate con pigmento textil Azul BGN.
- Ubicación: el experimento se llevará a cabo en las instalaciones de la Empresa Tintas y Textiles del Occidente. Es en el mismo lugar donde se proporcionarán las materias primas para el experimento y se realizarán los análisis de las muestras.
- La agitación de las muestras de pinturas se realizará en el local 278 Pinturas Paleta, del Centro Comercial Metrocentro, Villa Nueva.
- Las pruebas de color se realizaran en el Laboratorio de Calidad Siegwerk Centroamérica, S.A.
- Clima: 23-25 grados centigrados en la habitación de prueba.

### **3.3. Recursos humanos disponibles**

Los recursos humanos que aportaron tiempo y colaboración a éste trabajo de graduación, se listan a continuación.

- Investigadora: Krysta María Salazar Talé
- Asesor del proyecto: Ingeniero Químico Víctor Manuel Monzón Valdez, Docente de la Escuela de Ingeniería Química.
- Co-Asesor del proyecto: Lic. Jesús Alberto Salazar Gómez. Gerente General de la Empresa Tintas y Textiles del Occidente.

### **3.4. Recursos materiales disponibles**

En el presente trabajo se hizo uso de las siguientes materias primas, reactivos, cristalería y equipo; todo con el objeto de llegar a los logros esperados por esta investigación, los cuales a continuación se detallan:

#### **3.4.1. Materias primas**

El siguiente listado presenta algunas materias primas que fueron utilizadas para la elaboración de la pintura látex con acabado mate con componente innovador pigmento azul BGN:

- Pigmento azul BGN
- Calcio carbonato
- Mowilith VP 6170
- Zinc omadine

- Carboximetil celulosa CMC 2000
- Agua

### **3.4.2. Cristalería**

En el siguiente listado, se presentan algunos ejemplos de la cristalería que se utilizó para la elaboración de la pintura látex con acabado mate con componente innovador pigmento azul BGN:

- 4 beackers 1000 mL
- 4 beackers 50 mL
- 1 picnómetro de 10 mL
- 2 varillas de agitación

### **3.4.3. Equipo y materiales**

En el siguiente listado se presenta a detalle el equipo y los materiales que se utilizó para la elaboración de la pintura látex con acabado mate con componente innovador azul BGN:

- Hojas de Seguridad (véase apéndice 2).
- Viscosímetro Brookfield o Stormer, velocidad de agitación:  $200 \pm 0,5$  revoluciones por minuto, voltaje: 220 voltios, frecuencia: 50 Hertz, máxima capacidad 141,0 unidades Krebs, lectura mínima 40,2 unidades Krebs, hecha en China.
- Balanza electrónica marca MyWeigb 1601, voltaje: 100 - 240 voltios, frecuencia: 50/60 Hertz, máxima capacidad 600 gramos, lectura mínima 0,01 gramos, hecha en China.

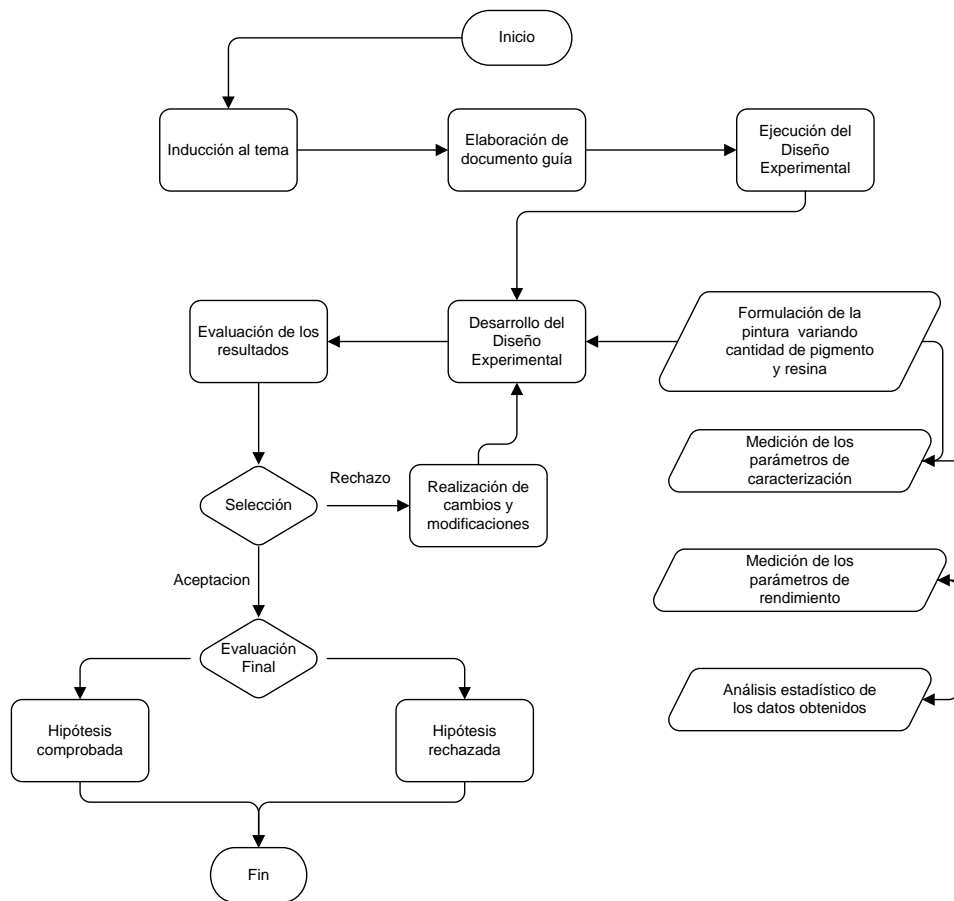
- Horno de tiro forzado 2 bandejas Accubake Plus, máxima temperatura 255 grados centígrados, lectura mínima 180 grados centígrados, hecha en China.
- Mezcladora vibratoria para pinturas (200 vibraciones por minuto).
- Espectrofotómetro marca Gretag Macbeth 24,5 centímetros de longitud, 8,3 centímetros de profundidad y 8 de alto.
- Cronómetro.
- Brochas.
- Una pared de block limpia.
- 10 platos de aluminio de 58 milímetros de diámetro por 18 milímetros de alto.
- 1 Hoja o paleta de vidrio.

### **3.5. Técnica**

La investigación será desarrollada utilizando técnicas cuantitativas debido a la naturaleza del fenómeno de interés, dado a que los parámetros que lo caracterizan son medibles de acuerdo con las Normas ASTM y NTC y el modelo CIE Lab. Cualquier parámetro cualitativo adicional servirá como referencia a la construcción de una interpretación y sus respectivas conclusiones.

En la figura 10 se desarrolla el diseño general de la técnica cuantitativa y del trabajo de investigación.

Figura 10. **Diseño general de la técnica cuantitativa y trabajo de investigación**



Fuente: elaboración propia.

### 3.6. Recolección y ordenamiento de la información

En los siguientes incisos se describe a detalle, la información que fue procesada para la realización de la parte experimental del trabajo de investigación.

### 3.6.1. Número de muestras

Debido a que los resultados deben ser precisos, se tratará de disminuir los posibles errores utilizando un número de corridas adecuada. Para conseguir lo anterior se utilizará una probabilidad de éxito del 95 por ciento, lo que conjuntamente la probabilidad de fracaso será de un 5 por ciento con el 95 por ciento de confianza.

$$N = \frac{Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}{e^2}$$

Donde:

- Z      Confiabilidad
- p      Probabilidad de éxito
- q      Probabilidad de fracaso
- e      Error estimado
- N      Número de corridas

Para la realización de la investigación se procederá a utilizar un error estimado del 0,15, con lo cual utilizando la ecuación anterior se obtiene la cantidad de corridas a utilizar:

$$N = \frac{1,96^2 \cdot 0,95 \cdot 0,05}{0,15^2} = 8,110 \approx 8$$

Con el dato obtenido anteriormente se define que la cantidad de corridas a realizar será de 8.

Se prepararán 8 formulaciones diferentes, de cada una se tomarán 3 muestras para realizar las pruebas pertinentes para la evaluación del pigmento textil en la pintura.

### **3.6.2. Formulación de pintura para interiores con pigmento textil azul BGN**

Se plantean los porcentajes en volumen de cada componente para la formulación teniendo en cuenta que no debe superarse el 20 por ciento de pigmento textil, el agua, el carbonato de calcio, el pigmento y los aditivos se disuelven para llegar al 100 por ciento de la mezcla y el contenido de ligante tendrá que estar a por lo menos 0,1 por ciento.

Tabla VI. **Formulación base para pintura de interiores**

<b>Componente</b>	<b>%m/m</b>
<b>Carga</b>	40,0
<b>Pigmento</b>	2,0
<b>Resina</b>	5,0
<b>Agua</b>	51,0
<b>Otros</b>	2,0

Fuente: datos experimentales.

La formulación mostrada en la tabla VI de la cual se partirá para fabricar 1 litro de pintura, según pruebas preliminares.

### **3.6.3. Medición de los parámetros de caracterización**

Los procedimientos para la realización de las pruebas en las pinturas (formuladas con ambos pigmentos) están fundamentados en las Normas ASTM y en la Norma NTC, la medición de la diferencia de color se realizará mediante



el Modelo CIELab D50, para los fines requeridos, los parámetros a evaluar serán los siguientes:

- Densidad de la pintura (ASTM D-1475)
- Viscosidad (NTC 559)
- Tiempo de secado (ASTM D-1640/Método Secado al tacto)
- Contenido de volátiles (ASTM D-2369)
- Color (Modelo CIELab D50)

#### **3.6.4. Determinación de los parámetros de rendimiento**

Los parámetros de rendimiento a medir serán: el contenido de pigmento en volumen y el contenido de pigmento en volumen crítico.

#### **3.6.5. Comparación entre los parámetros de caracterización de la pintura formulada con pigmento azul BGN y pintura patrón**

Para la realización de esta etapa, se medirán los mismos parámetros descritos en la sección 3.6.3, a la pintura patrón.

#### **3.6.6. Diseño del control de error**

Según el número de corridas que se estableció anteriormente, se realizarán 8 formulaciones donde en cada una se tomarán 3 muestras para realizar las pruebas de caracterización y rendimiento. Dando opción análisis estadístico de varianza de un solo factor (ANOVA).

### 3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

En las siguientes secciones se presentan diagramas de donde se partió para la medición de los parámetros de caracterización en la pintura látex para interiores.

#### 3.7.1. Formulación de pintura con pigmento textil azul BGN

El procedimiento para llevar a cabo las pruebas, será mediante la realización de 8 formulaciones y se reproducirán 3 veces para obtener una mejor confianza en el experimento. Las proporciones a utilizar variarán según la relación pigmento/carga de 1/15 a 1/8 (véase tabla VII).

Tabla VII. **Formulación de cada muestra de pintura con pigmento textil azul BGN**

		m/m								
C O M P O N E N T E S	Fórmula	1	2	3	4	5	6	7	8	
	Carga	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
	Pigmento	0,016	0,018	0,020	0,022	0,024	0,026	0,028	0,030	
	Resina	0,010	0,030	0,050	0,070	0,090	0,110	0,130	0,150	
	Agua	0,554	0,532	0,510	0,488	0,466	0,444	0,422	0,400	
	Otros	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	

Fuente: datos experimentales.

### **3.7.2. Medición de los parámetros de caracterización**

A continuación se presentan diagramas de bloques donde se indica el procedimiento que se siguió para la medición de los parámetros de caracterización.

#### **3.7.2.1. Densidad (libras por galón)**

El procedimiento a llevar a cabo se describe en la Norma ASTM D1475 sección 7 y 8. Seguidamente se presenta un diagrama de flujo con el procedimiento véase figura 11.

Cálculo de la densidad en gramos por mililitros:

$$D_m = \frac{W-w}{V}$$

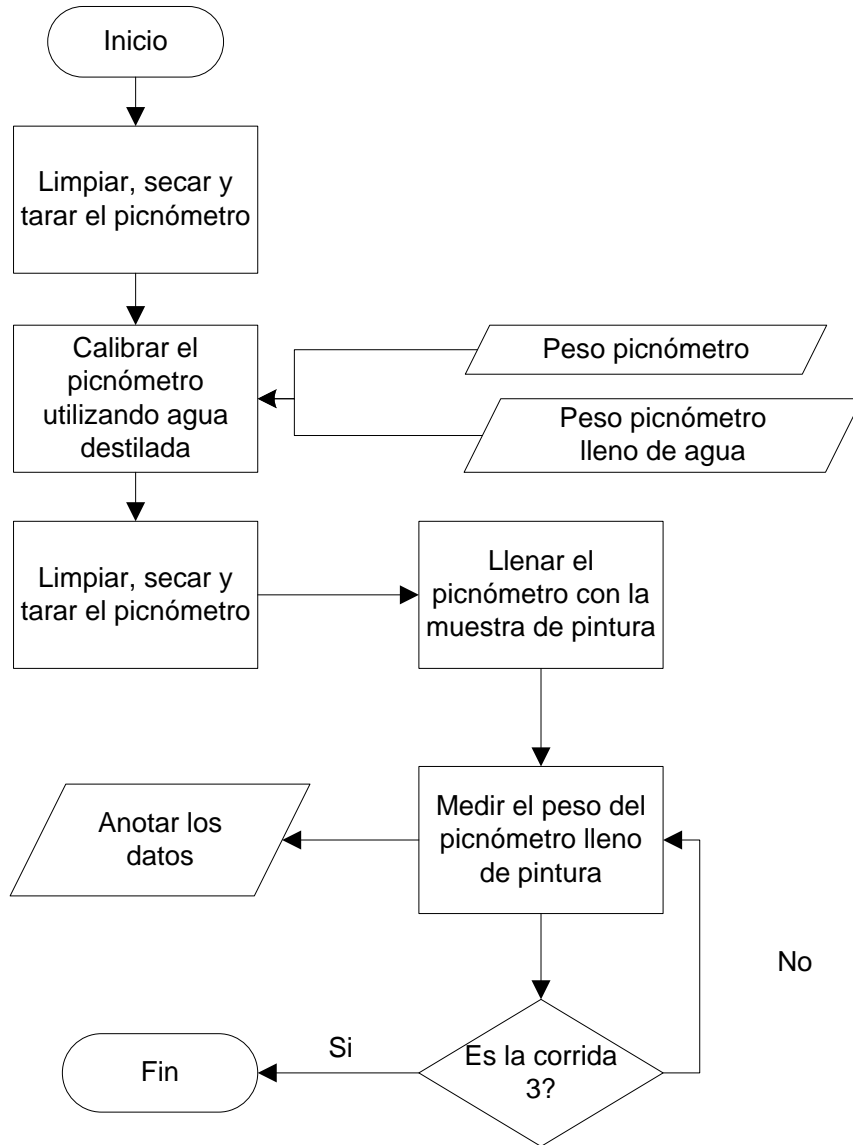
Donde:

- W      Peso del picnómetro lleno de pintura en gramos
- w      Peso del picnómetro en gramos
- V      Volumen del picnómetro en mililitros

Para el cálculo de la densidad en libras por galón:

$$D = 8,3454 \frac{W-w}{V}$$

Figura 11. Diagrama de flujo medición de la densidad

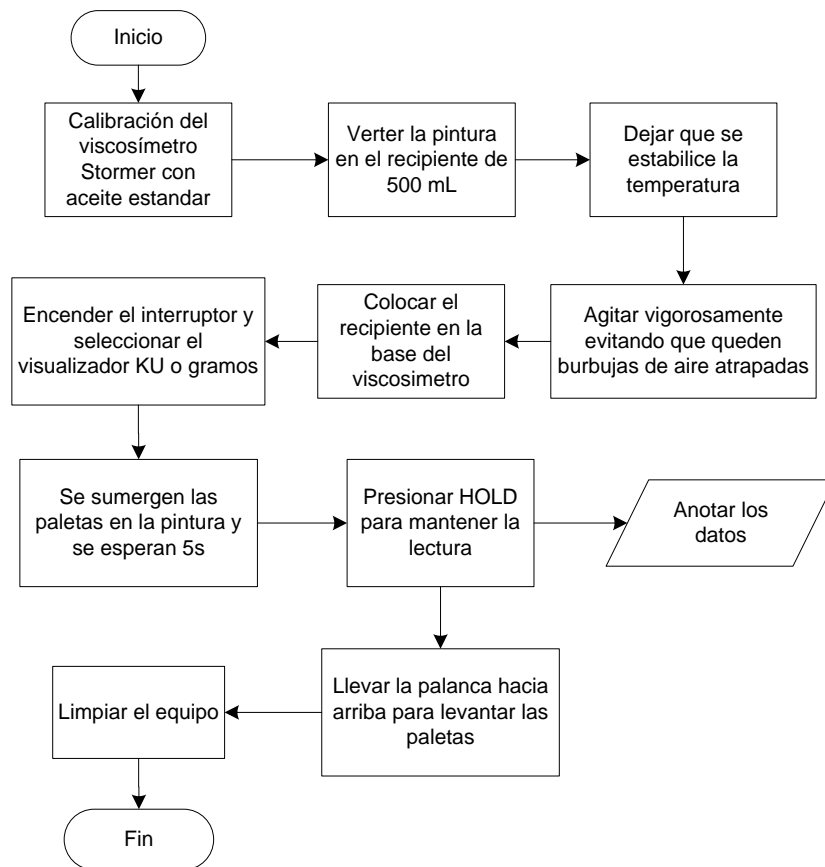


Fuente: *Annual Book of ASTM STANDARDS*, sección 6: *Paint, Related Coating and Aromatics*. Norma ASTM D1475. 179-181 p.(con Aportación del Estudiante).

### 3.7.2.2. Viscosidad (KU)

El procedimiento a llevar a cabo se describe en la Norma NTC 559 sección 16 y 17 y la figura 12. Se presenta un diagrama de flujo con el procedimiento, éste se repetirá 3 veces para cada formulación.

Figura 12. Diagrama de flujo medición de la viscosidad con viscosímetro digital tipo *Stormer*

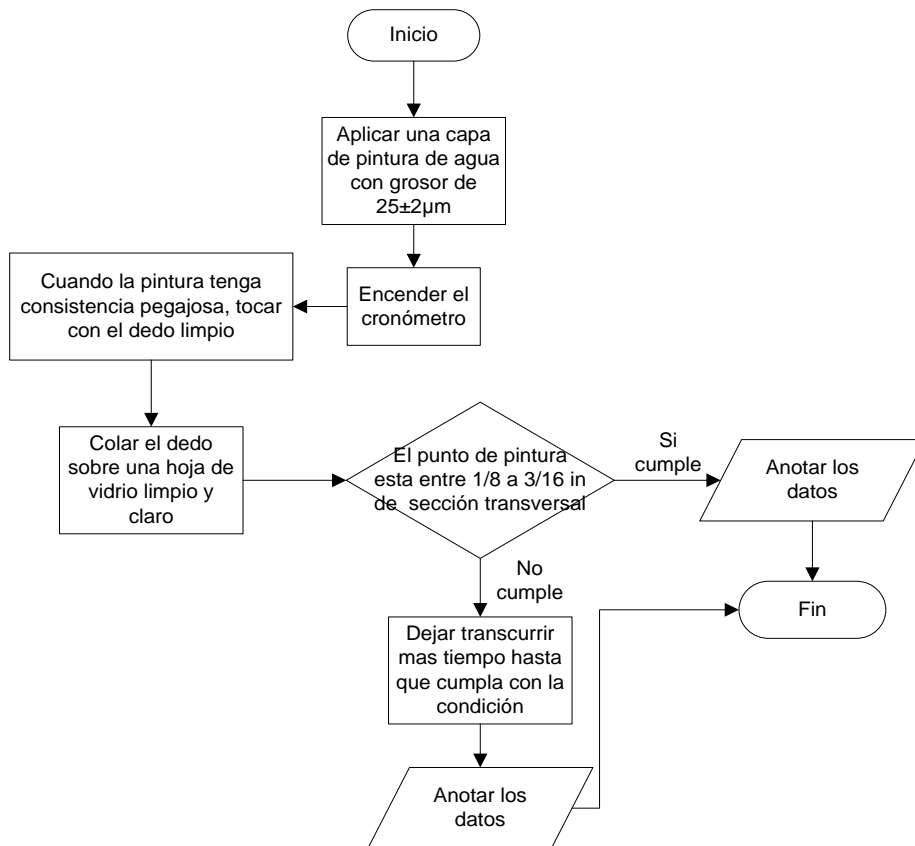


Fuente: Instituto Colombiano de Normas Técnica y Certificación. Norma Técnica Colombiana, NTC 559 (Segunda Actualización). 9-11p. (con Aportación del Estudiante).

### 3.7.2.3. Tiempo de secado

El procedimiento a llevar a cabo se describe en la Norma ASTM D1640 sección 7.2 y en la figura 13. Se presenta un diagrama de flujo con el procedimiento, éste se repetirá 3 veces para cada formulación.

Figura 13. Diagrama de flujo medición del tiempo de secado, método secado al tacto

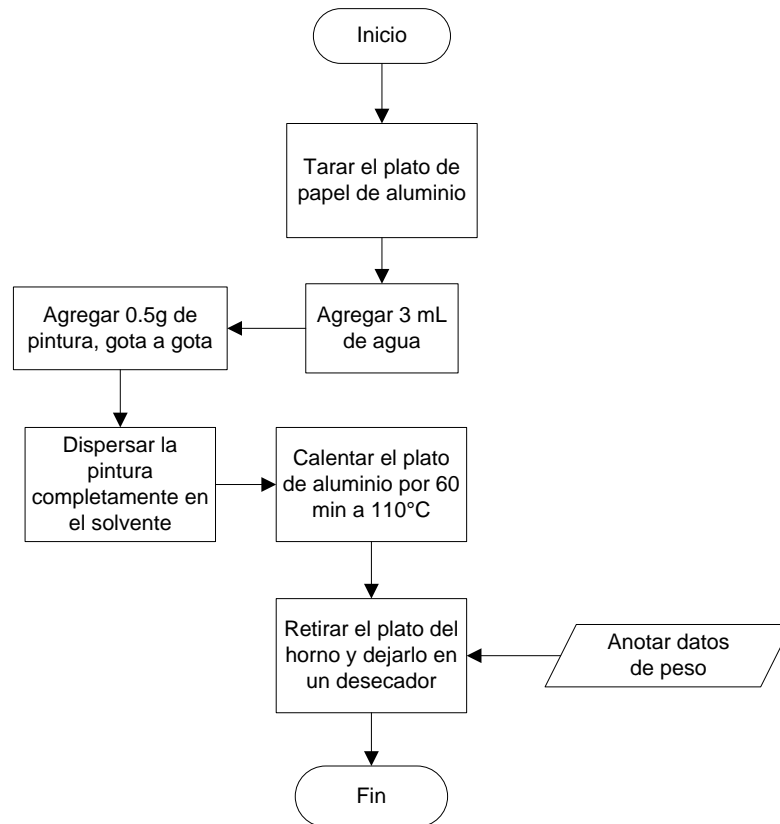


Fuente: *Annual Book of ASTM STANDARDS*, sección 6: *Paint, Related Coating and Aromatics*. Norma ASTM 1640. 223-226 p.(con Aportación del Estudiante).

### 3.7.2.4. Contenido de volátiles

El procedimiento a llevar a cabo se describe en la Norma ASTM 2369 sección 7 y en la figura 14. Se presenta un diagrama de flujo con el procedimiento, este se repetirá 3 veces para cada formulación.

Figura 14. Diagrama de flujo medición de contenido de volátiles



Fuente: *Annual Book of ASTM STANDARDS*, sección 6: *Paint, Related Coating and Aromatics*. Norma ASTM 2369. 326-328(con Aportación del Estudiante).

Cálculo del porcentaje de materia volátil, V, en la pintura:

$$V, \% = 100 - \frac{W_2 - W_1}{S} * 100$$

Donde:

- W<sub>1</sub>      Peso del plato de aluminio
- W<sub>2</sub>      Peso del plato y los demás materiales
- S         Peso de la pintura

El porcentaje de materiales no volátiles, N, en la pintura se determina:

$$NVOC, \% = 100 - V$$

Los resultados de los procedimientos y cálculos descritos en las secciones 3.7.2.1 a 3.7.2.4, se presentarán en la tabla VIII.

### **3.7.2.5.      Diferencia de color**

El procedimiento a realizar se realizará según la referencia que da el modelo CIELab D50, el cual se describe en la figura 15.

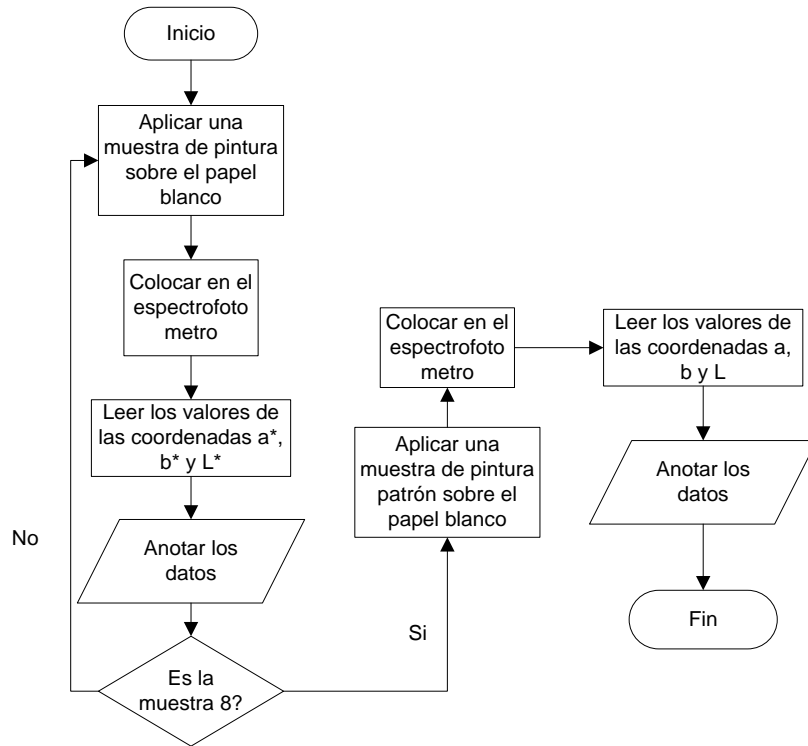


Tabla VIII. **Parámetros de caracterización de cada muestra de pintura**

<b>Muestra</b>	<b>Densidad (lb/gal)</b>	<b>Viscosidad (KU)</b>	<b>Tiempo de secado (horas)</b>	<b>No volátil (%)</b>
<b>1</b>	$\rho_{11}$	$v_{11}$	$t_{11}$	$m_{11}$
	$\rho_{12}$	$v_{12}$	$t_{12}$	$m_{12}$
	$\rho_{13}$	$v_{13}$	$t_{13}$	$m_{13}$
<b>2</b>	$\rho_{21}$	$v_{21}$	$t_{21}$	$m_{21}$
	$\rho_{22}$	$v_{22}$	$t_{22}$	$m_{22}$
	$\rho_{23}$	$v_{23}$	$t_{23}$	$m_{23}$
<b>3</b>	$\rho_{31}$	$v_{31}$	$t_{31}$	$m_{31}$
	$\rho_{32}$	$v_{32}$	$t_{32}$	$m_{32}$
	$\rho_{33}$	$v_{33}$	$t_{33}$	$m_{33}$
<b>4</b>	$\rho_{41}$	$v_{41}$	$t_{41}$	$m_{41}$
	$\rho_{42}$	$v_{42}$	$t_{42}$	$m_{42}$
	$\rho_{43}$	$v_{43}$	$t_{43}$	$m_{43}$
<b>5</b>	$\rho_{51}$	$v_{51}$	$t_{51}$	$m_{51}$
	$\rho_{52}$	$v_{52}$	$t_{52}$	$m_{52}$
	$\rho_{53}$	$v_{53}$	$t_{53}$	$m_{53}$
<b>6</b>	$\rho_{61}$	$v_{61}$	$t_{61}$	$m_{61}$
	$\rho_{62}$	$v_{62}$	$t_{62}$	$m_{62}$
	$\rho_{63}$	$v_{63}$	$t_{63}$	$m_{63}$
<b>7</b>	$\rho_{71}$	$v_{71}$	$t_{71}$	$m_{71}$
	$\rho_{72}$	$v_{72}$	$t_{72}$	$m_{72}$
	$\rho_{73}$	$v_{73}$	$t_{73}$	$m_{73}$
<b>8</b>	$\rho_{81}$	$v_{81}$	$t_{81}$	$m_{81}$
	$\rho_{82}$	$v_{82}$	$t_{82}$	$m_{82}$
	$\rho_{83}$	$v_{83}$	$t_{83}$	$m_{83}$

Fuente: datos experimentales.

Figura 15. Diagrama de flujo medición de las coordenadas a\*, b\* y L\*



Fuente: modelo CIELab D50, Evaluación de tres absorbentes para la reducción del porcentaje de solido totales en la recuperación de la mezcla de acetato de etilo/alcohol etílico.(Con Aportación del Estudiante).

El cálculo de la diferencia de color se realizará mediante las siguientes ecuaciones:

Diferencia de luminosidad:

$$dL=L^* -L$$

Donde:

- dL Diferencia de luminosidad
- L\* Valor de la muestra medido por el espectrofotómetro
- L Valor de referencia medido por el espectrofotómetro

Diferencia de  $a^*$ :

$$da = a^* - a$$

Donde:

- $da$  Diferencia de  $a$
- $a^*$  Valor de la muestra medido por el espectrofotómetro
- $a$  Valor de referencia medido por el espectrofotómetro

Diferencia de  $b^*$ :

$$db = b^* - b$$

Donde:

- $db$  Diferencia de  $b$
- $b^*$  Valor de la muestra medido por el espectrofotómetro
- $b$  Valor de referencia medido por el espectrofotómetro

Diferencia de color:

$$dE^* = \sqrt{dL^2 + da^2 + db^2}$$

Donde:

- $dE^*$  Diferencia de color
- $dL$  Diferencia de luminosidad
- $da$  Diferencia de  $a$
- $db$  Diferencia de  $b$

En la tabla IX se recopilan los datos para la medición del color:

Tabla IX. **Parámetros de caracterización medición del color de cada muestra de pintura**

<b>Muestra</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>
1	L* <sub>1</sub>	a* <sub>1</sub>	b* <sub>1</sub>
2	L* <sub>2</sub>	a* <sub>2</sub>	b* <sub>2</sub>
3	L* <sub>3</sub>	a* <sub>3</sub>	b* <sub>3</sub>
4	L* <sub>4</sub>	a* <sub>4</sub>	b* <sub>4</sub>
5	L* <sub>5</sub>	a* <sub>5</sub>	b* <sub>5</sub>
6	L* <sub>6</sub>	a* <sub>6</sub>	b* <sub>6</sub>
7	L* <sub>7</sub>	a* <sub>7</sub>	b* <sub>7</sub>
8	L* <sub>8</sub>	a* <sub>8</sub>	b* <sub>8</sub>
Patrón	L	A	B

Fuente: datos experimentales.

### 3.7.2.6. Medición de los parámetros de rendimiento

Los parámetros de rendimiento a medir serán: el contenido de pigmento en volumen y el CVP crítico. El valor del CVP se obtendrá mediante la siguiente ecuación.

$$\%CVP = \frac{\text{Suma de los volúmenes de las cargas y pigmentos}}{\text{Volumen polímero+volumen carga y pigmento}} * 100$$

Mientras que para determinar el CVPC de las muestras se realizarán por medio de una regresión, es decir se plotean los valores de las propiedades de las muestras como por ejemplo, la densidad, en función del CVP, se ajustará a una curva de tercer grado al obtener la derivada de segundo orden (punto de inflexión) y así el valor de CVPC.

La tabla X muestra los valores de porcentaje de CVP de acuerdo a los datos de formulación presentados en la tabla VII, dejando libres los datos experimentales de la densidad promedio que se obtendrá de acuerdo a cada formulación que se elabore.

Tabla X. **Parámetros de rendimiento de cada muestra de pintura**

$V_{\text{pigmento}}$ (mL)	$V_{\text{carga}}$ (mL)	$V_{\text{polimero}}$ (mL)	%CVP	$\rho$ (lb/gal)
0,988	14,286	0,983	93,954	$\rho_1$
1,111	14,286	2,948	83,928	$\rho_2$
1,235	14,286	4,914	75,952	$\rho_3$
1,358	14,286	6,880	69,456	$\rho_4$
1,481	14,286	8,845	64,062	$\rho_5$
1,605	14,286	10,811	59,512	$\rho_6$
1,728	14,286	12,776	55,623	$\rho_7$
1,852	14,286	14,742	52,260	$\rho_8$

Fuente: datos experimentales

Teniendo estos datos se pueden plotear los puntos y obtener el polinomio de grado tres [  $\%CVP = a + b \rho + c \rho^2 + d \rho^3$  ], aplicando el cálculo para obtener el punto de inflexión determinamos el valor de porcentaje de CVPC, quedando la siguiente expresión, para este caso:

Cálculo de la primera y segunda derivada:

$$\%CVP' = 2c + 6d \rho$$

$$\%CVP'' \neq 0 \text{ Tenemos un punto de inflexión}$$

Valor del %CVPC:

$$2c + 6d \rho = 0$$

$$\rho = -2c / -6d$$

La densidad encontrada se sustituye en la función inicial para determinar el porcentaje de CPVC.

### **3.7.3. Comparación entre pinturas los parámetros de caracterización de la pintura formulada con pigmento azul BGN y pintura patrón**

Se procederá a realizar los mismos procedimientos descritos en la sección 3.7.2 para la pintura patrón, determinando de esta manera si existe diferencia significativa entre ambas pinturas.

## **3.8. Análisis estadístico**

El análisis estadístico que se llevó a cabo fue el de varianzas de un solo factor donde los factores fueron los parámetros de caracterización, en las siguientes secciones se describe el análisis de varianzas de un solo factor.

### **3.8.1. Análisis de varianza de un solo factor**

El análisis de varianza que se realizó, nos permite verificar si se aprueba o rechaza la hipótesis nula: no existe diferencia significativa entre las formulaciones de pintura realizadas con pigmento azul BGN y con la pintura patrón. El modelo se muestra en la tabla XI:

Tabla XI. **Valores de muestras de parámetros de caracterización y rendimiento**

Parámetro	Formulación		
	1	2	
Densidad	$y_{11}$	$y_{21}$	
	$y_{12}$	$y_{22}$	
	$y_{13}$	$y_{23}$	
Total	$Y_{1.}$	$Y_{2.}$	$Y_{..}$
Media	$y_{1.}$	$y_{2.}$	$y_{..}$

Fuente: datos experimentales.

Según el teorema de identidad de la suma de cuadrados, se obtienen tres medidas importantes de variabilidad, véase tabla XII y XIII:

Tabla XII. **Medidas de variabilidad**

$$SST = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_{..})^2 = \text{suma total de cuadrados}$$

$$SSA = n \sum_{i=1}^k (y_{i.} - y_{..})^2 = \text{suma de los cuadrados del tratamiento}$$

$$SSE = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_{i.})^2 = \text{suma de los cuadrados de los errores}$$

Fuente: Ronald Walpole. Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias. pág. 515.

Tabla XIII. **Análisis de varianza del ANOVA para un solo factor**

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>f calculada</b>
Parámetro	SSA	k-1	$s_1^2 = \frac{SSA}{k-1}$	$\frac{s_1^2}{s_2^2}$
Error	SSE	k n-1	$s^2 = \frac{SSE}{k n-1}$	
Total	SST	kn-1		

Fuente: Ronald Walpole. Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias. pág. 516.

El factor de Fisher teórico se obtendrá de la tabla de Fisher con nivel de significancia de 0,05, (véase anexo3). Si la f calculada es mayor a la f teórica se rechazará la hipótesis nula planteada.

### **3.9. Plan de análisis de los resultados**

El plan de análisis de los resultados constará en la comparación de varianzas entre cada formulación y la muestra patrón, se describe más detallado en los siguientes incisos, además de los programas en los que se desarrolló dicho análisis.

#### **3.9.1. Métodos y modelos de los datos**

Los resultados, de las pruebas de caracterización y rendimiento, obtenidos de las muestras pintura para interiores con pigmento textil Azul BGN y las resultantes de las muestras de pintura patrón, serán comparados y se verifica si existe diferencia significativa entre ellos.



El análisis a realizar para aprobar o rechazar la hipótesis nula, se basará en el uso de la prueba de Fisher en el ANOVA, es decir sí:

$$f_{\text{calculada}} > f_{\text{teórica}}: \text{Ho rechazado}$$

Se concluirá que existe diferencia significativa entre la pintura formulada con pigmento Azul BGN y la pintura patrón.

### **3.9.2. Programas a utilizar para análisis de los datos**

Sistemas operativos de Microsoft Windows XP y Vista, paquetes de Microsoft tales como:

- Microsoft Word
- Microsoft Excel
- Microsoft PowerPoint
- Microsoft Visio



## 4. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos del proceso experimental en la formulación de pintura látex con pigmento azul BGN.

Tabla XIV. **Descripción de las formulaciones de pintura**

Fórmula	Descripción	Fórmula	Descripción
1	Formulación de pintura látex con 1,6 por ciento de Pigmento Azul BGN, 1 por ciento de Resina y 55 por ciento de agua.	5	Formulación de pintura látex con 2,4 por ciento de Pigmento Azul BGN, 9 por ciento de Resina y 47 por ciento de agua.
2	Formulación de pintura látex con 1,8 por ciento de Pigmento Azul BGN, 3 por ciento de Resina y 53 por ciento de agua.	6	Formulación de pintura látex con 2,6 por ciento de Pigmento Azul BGN, 11 por ciento de Resina y 44 por ciento de agua.
3	Formulación de pintura látex con 2,0 por ciento de Pigmento Azul BGN, 5 por ciento de Resina y 51 por ciento de agua.	7	Formulación de pintura látex con 2,8 por ciento de Pigmento Azul BGN, 13 por ciento de Resina y 42 por ciento de agua.
4	Formulación de pintura látex con 2,2 por ciento de Pigmento Azul BGN, 7 por ciento de Resina y 49 por ciento de agua.	8	Formulación de pintura látex con 3,0 por ciento de Pigmento Azul BGN y 13 por ciento de Resina y 40 por ciento de agua.

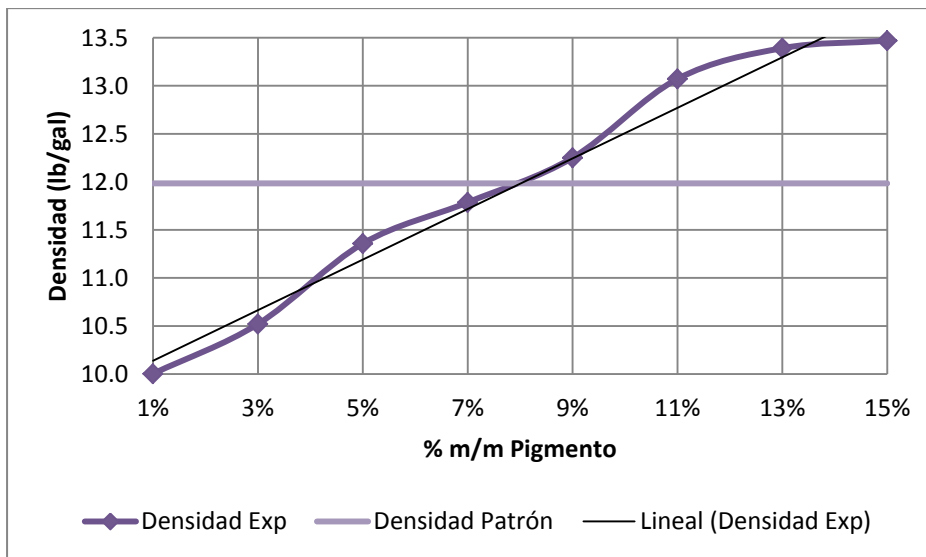
Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. Valor de la densidad en la muestra patrón

Estándar
11,984 lb/gal

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales.

Figura 16. Densidad en función de la concentración de pigmento azul BGN en cada fórmula de pintura látex



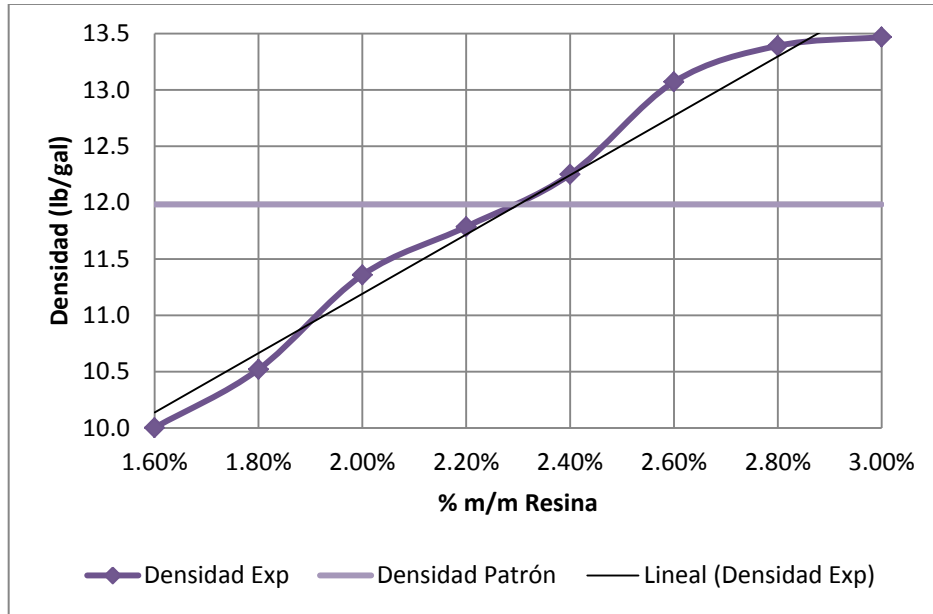
Fuente: elaboración propia, basado en tabla CVI y CVII.

Tabla XVI. Modelo de correlación de la figura 16

Modelo Matemático	Correlación
$\rho = 26,322(\%m/m \text{ Pigmento}) + 9,876$	0,9752

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales figura 16.

Figura 17. **Densidad en función de la concentración de resina en cada fórmula de pintura látex**



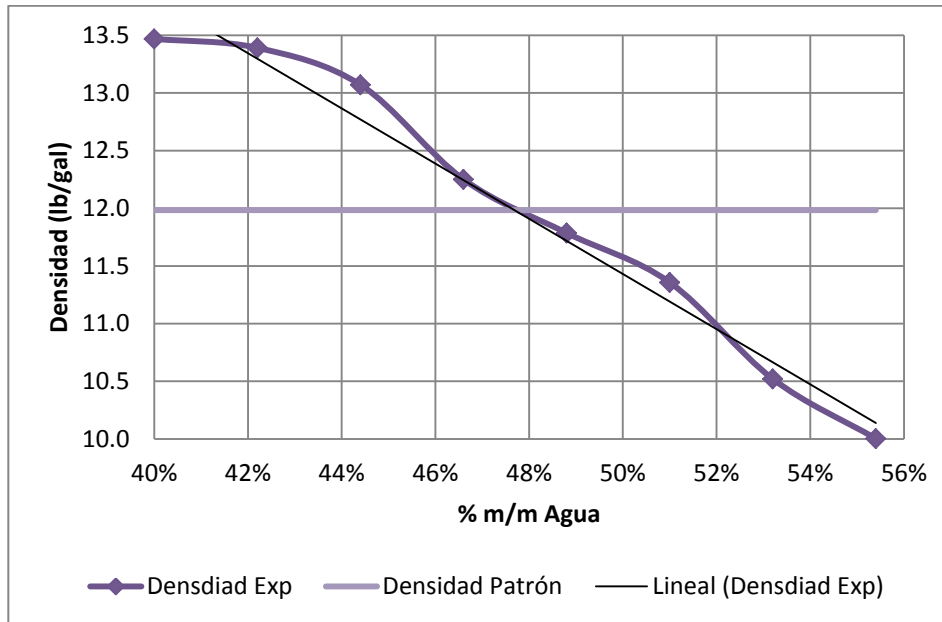
Fuente: elaboración propia, basado en tabla CVI y CVII.

Tabla XVII. **Modelo de correlación de la figura 17**

Modelo Matemático	Correlación
$\rho = 263,22(\%m/m \text{ Resina}) + 5,9271$	0,9752

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales figura 17.

Figura 18. **Densidad en función de la concentración de agua en cada fórmula de pintura látex**



Fuente: elaboración propia, basado en tabla CVI y CVII.

Tabla XVIII. **Modelo de correlación de la figura 18**

Modelo Matemático	Correlación
$\rho = -23,929(\%m/m \text{ Agua}) + 23.395$	0,9752

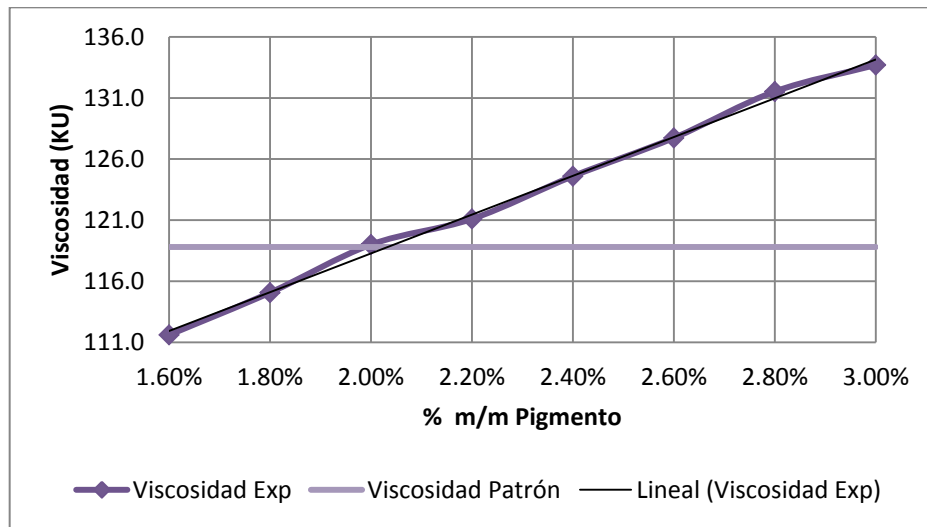
Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales figura 18.

Tabla XIX. **Valor de la viscosidad en la muestra patrón**

Estándar
118,8 KU

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales

Figura 19. **Viscosidad en función de la concentración de pigmento azul BGN en cada muestra de pintura látex**



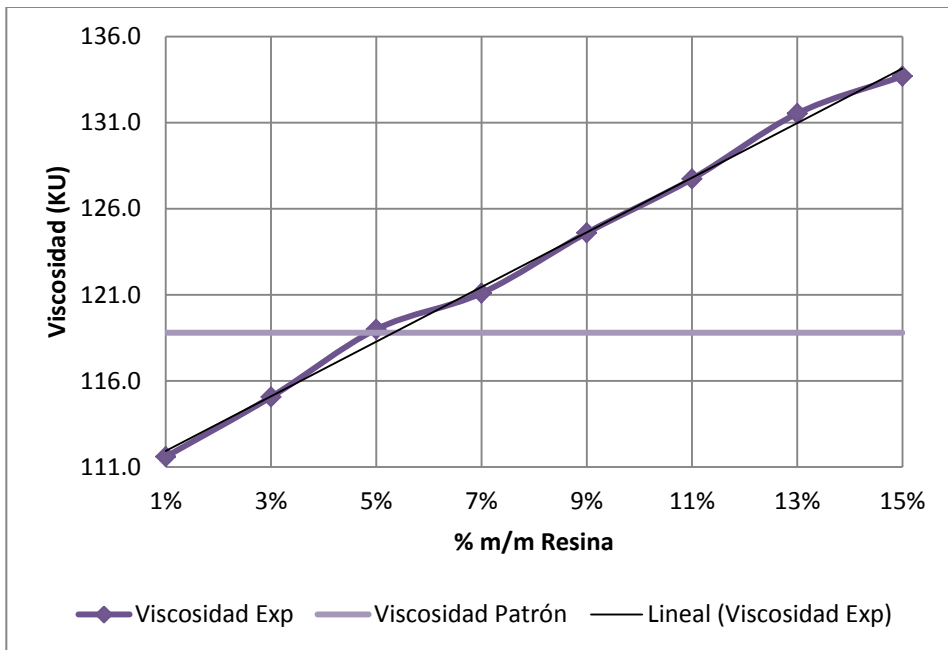
Fuente: elaboración propia, basado en tabla CVIII.

Tabla XX. **Modelo de correlación de la figura 19**

Modelo Matemático	Correlación
$KU = 1587,7(\%m/m \text{ Pigmento}) + 86,525$	0,997

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales figura 19.

Figura 20. **Viscosidad en función de la concentración de resina en cada muestra de pintura látex**



Fuente: elaboración propia, basado en tabla CVIII.

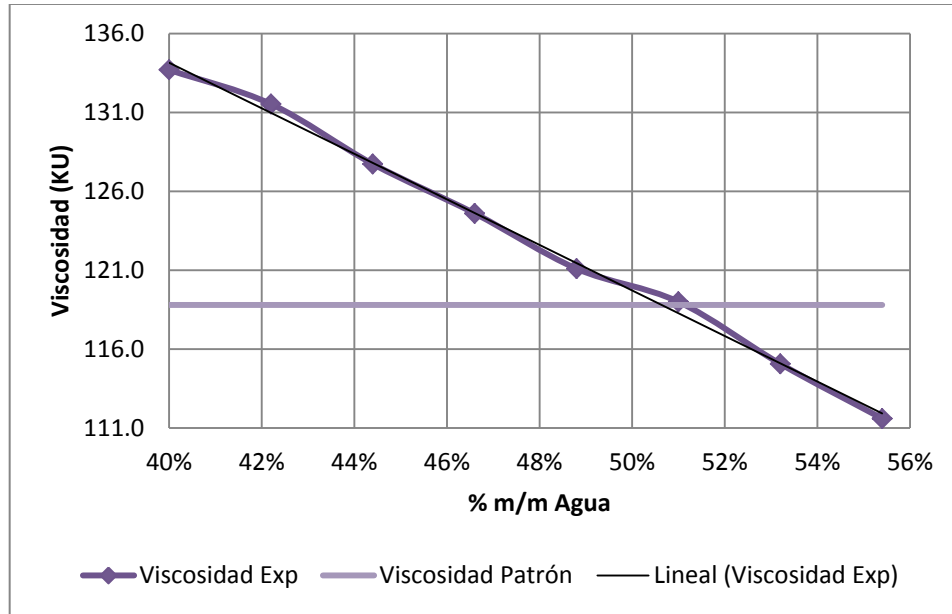
Tabla XXI. **Modelo de correlación de la figura 20**

Modelo Matemático	Correlación
$KU = 158,77(\%m/m \text{ Resina}) + 110,34$	0,997

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales figura 20.



Figura 21. **Viscosidad en función de la concentración de agua en cada muestra de pintura látex**



Fuente: elaboración propia, basado en tabla CVIII.

Tabla XXII. **Modelo de correlación de la figura 21**

Modelo Matemático	Correlación
$KU = -144,34 (\%m/m \text{ agua}) + 191,89$	0,997

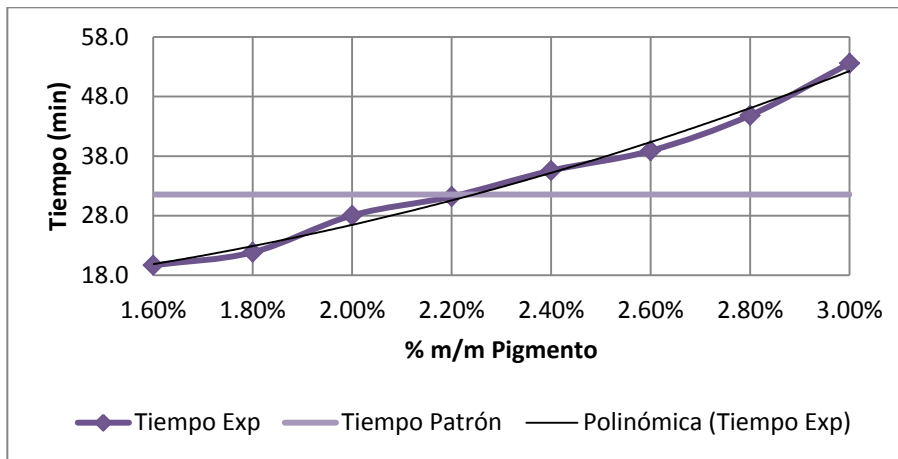
Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales figura 21.

Tabla XXIII. **Valor del tiempo de secado en la muestra patrón**

<b>Estándar</b>
31,56 min

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales

Figura 22. **Tiempo de secado en función de la concentración de pigmento azul BGN en cada muestra de pintura látex**



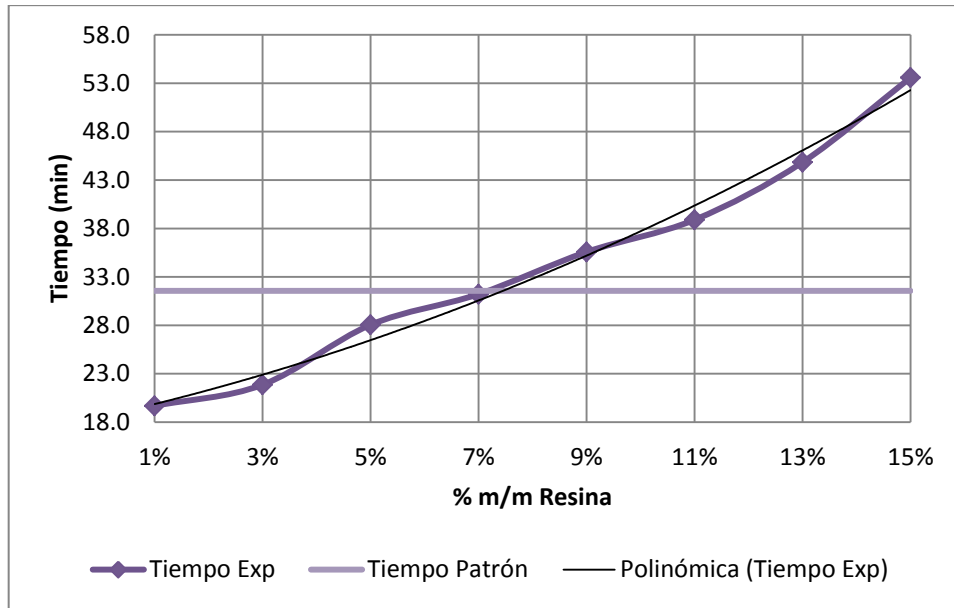
Fuente: elaboración propia, basado en CIX.

Tabla XXIV. **Modelo de correlación de la figura 22**

Modelo Matemático	Correlación
$t = 66597(\%m/m \text{ Pigmento})^2 - 747,56(\%m/m \text{ Pigmento}) + 14,778$	0,9897

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales figura 22.

Figura 23. **Tiempo de secado en función de la concentración de resina en cada muestra de pintura látex**



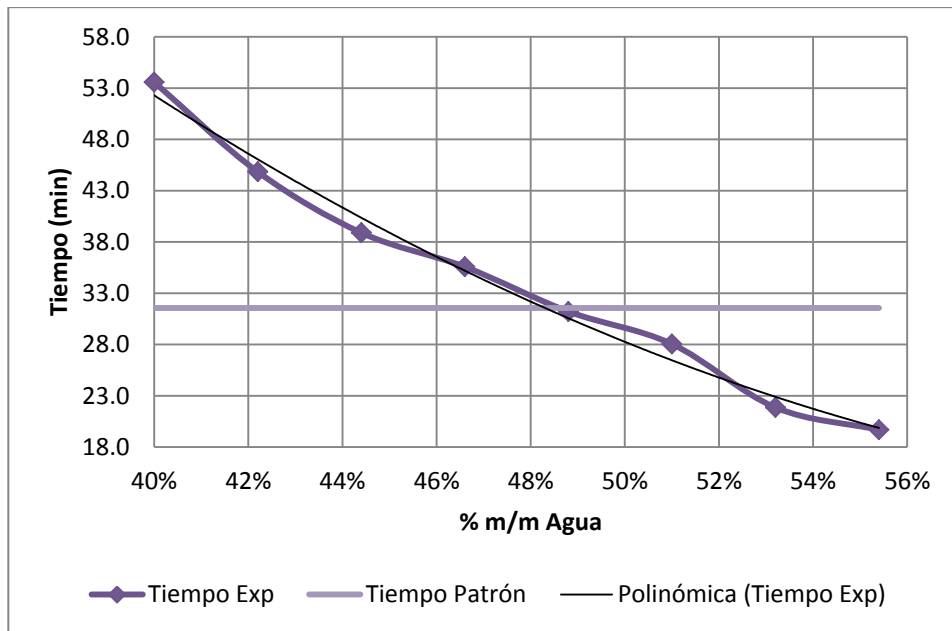
Fuente: elaboración propia, basado en CIX.

Tabla XXV. **Modelo de correlación de la figura 23**

Modelo Matemático	Correlación
$t = 665,97(\%m/m \text{ Resina})^2 + 125,04(\%m/m \text{ Resina}) + 18,549$	0,9897

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales figura 23.

Figura 24. **Tiempo de secado en función de la concentración de agua en cada muestra de pintura látex**



Fuente: elaboración propia, basado en CIX.

Tabla XXVI. **Modelo de correlación de la figura 24**

Modelo Matemático	Correlación
$t = 550,39(\%m/m \text{ Agua})^2 - 735,61(\%m/m \text{ Agua}) + 258,47$	0,9897

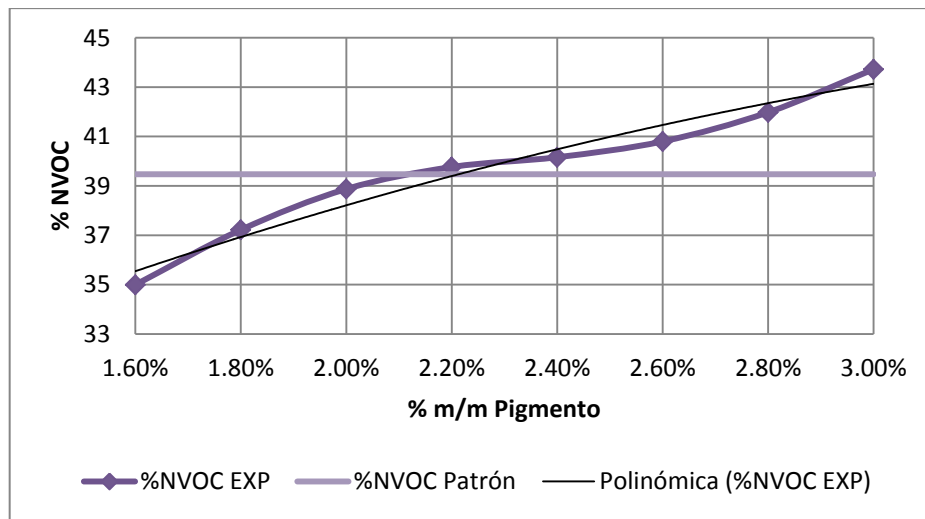
Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales figura 24.

Tabla XXVII. **Valor porcentual de NVOC en la muestra patrón**

Estándar
39,47%

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales

Figura 25. **Porcentaje NVOC en función de la concentración de pigmento azul BGN en cada muestra de pintura látex**



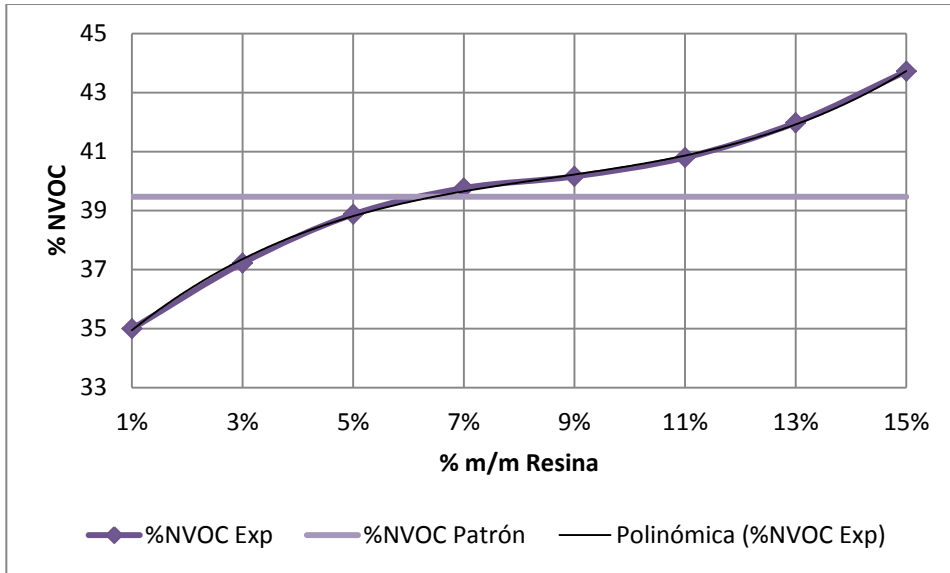
Fuente: elaboración propia, basado en tabla CX.

Tabla XXVIII. **Modelo de correlación de la figura 25**

Modelo Matemático	Correlación
$\%NCOV = -12512(\%m/m \text{ Pigmento})^2 + 1117,7(\%m/m \text{ Pigmento}) + 20,864$	0,962

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales figura 25.

Figura 26. **Porcentaje NVOC en función de la concentración de resina en cada muestra de pintura látex**



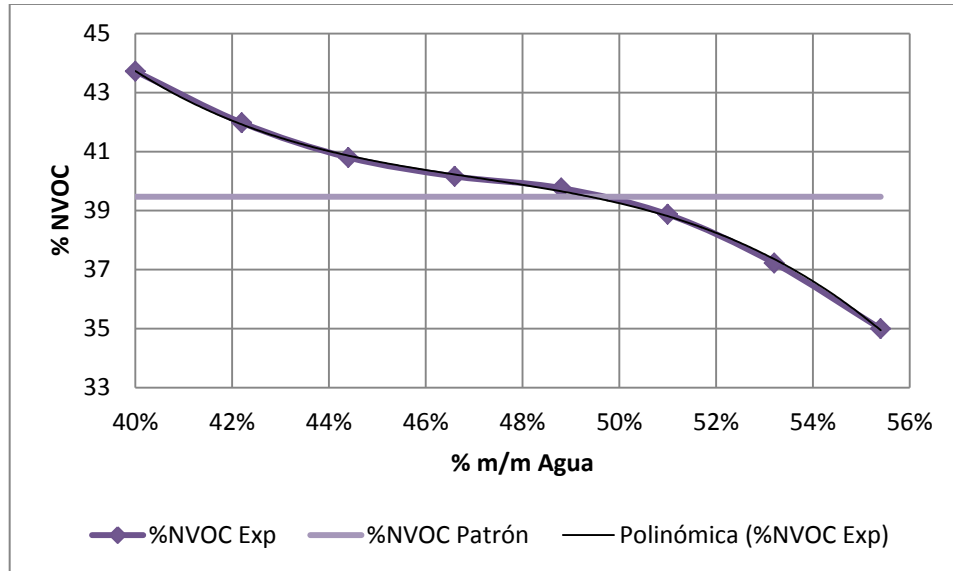
Fuente: elaboración propia, basado en tabla CX.

Tabla XXVIX. **Modelo de correlación de la figura 26**

Modelo Matemático	Correlación
$\%NCOV = = 7141,2(\%m/m \text{ Resina})^3 - 1839(\%m/m \text{ Resina})^2 + 184,92(\%m/m \text{ Resina}) + 33,271$	0,999

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales figura 26.

Figura 27. **Porcentaje NVOC en función de la concentración de agua en cada muestra de pintura látex**



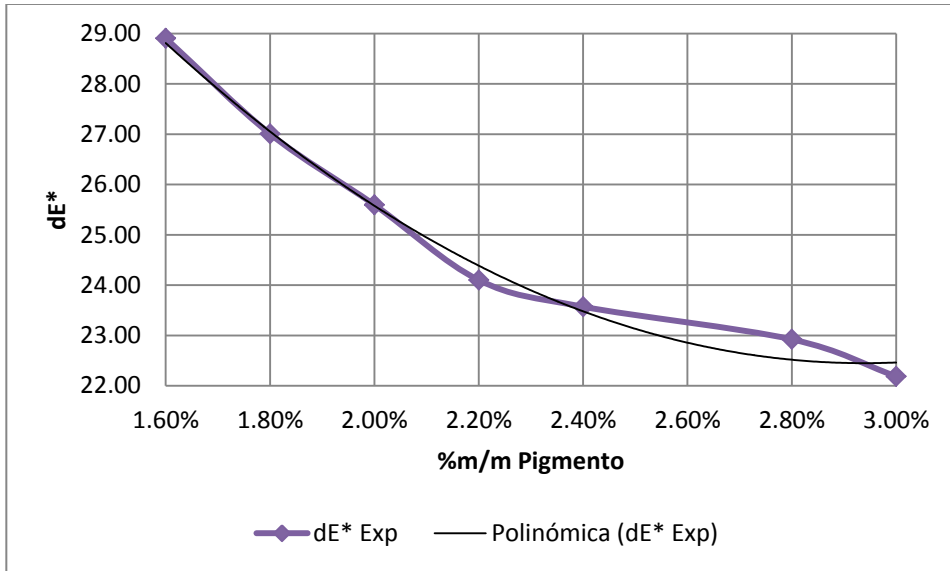
Fuente: elaboración propia, basado en tabla CX.

Tabla XXX. **Modelo de correlación de la figura 27**

Modelo Matemático	Correlación
$\%NCOV = -5365,3 (\%m/m \text{ Agua})^3 + 7574,3 (\%m/m \text{ Agua})^2 - 3588,9(\%m/m \text{ Agua}) + 610,78$	0,999

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales figura 27.

Figura 28. **Diferencia de color en función de la concentración de pigmento azul BGN**



Fuente: elaboración propia, basado en tabla CXI, CXII y CXIII.

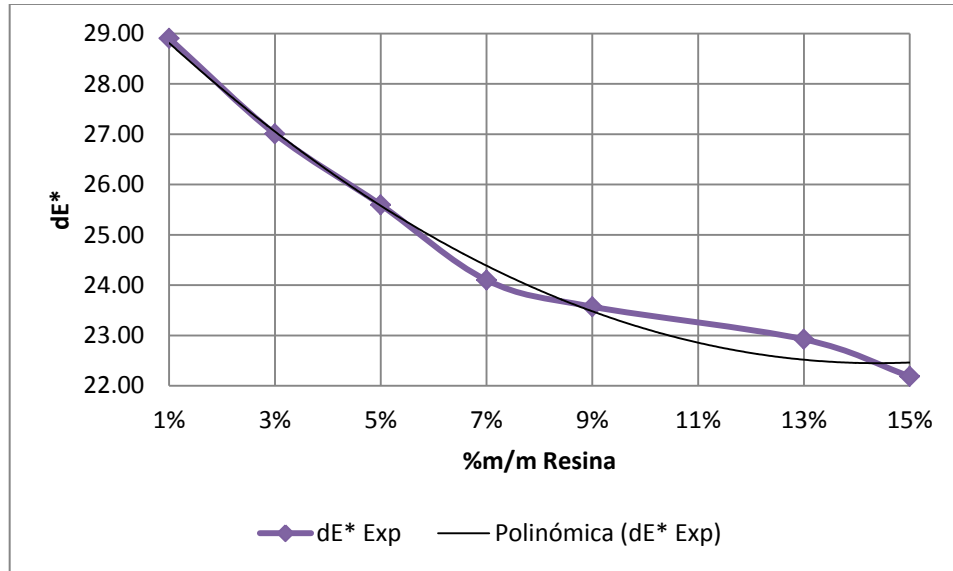
Tabla XXXI. **Modelo de correlación de la figura 28**

Modelo Matemático	Correlación
$dE = 35518,0(\%m/m \text{ Pigmento})^3 - 2087,5$ $(\%m/m \text{ Pigmento})^2 + 53,12$	0,990

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales figura 28.



Figura 29. **Diferencia de color en función de la concentración de la resina**



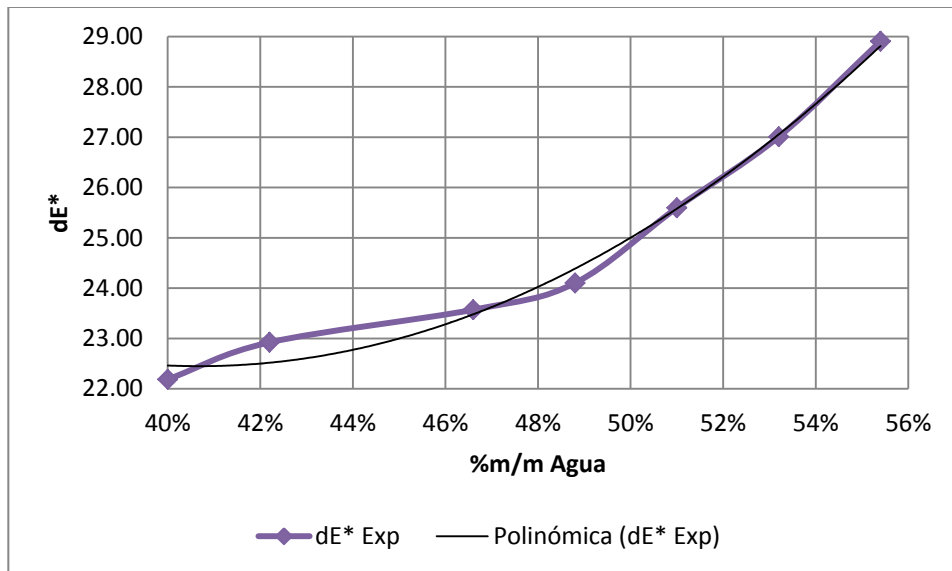
Fuente: elaboración propia, basado en tabla CXI, CXII y CXIII.

Tabla XXXII. **Modelo de correlación de la figura 29**

Modelo Matemático	Correlación
$dE = 355,18(\%m/m \text{ Resina})^3 - 102,19$ $(\%m/m \text{ Resina})^2 + 29,80$	0,990

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales figura 29.

Figura 30. **Diferencia de color en función de la concentración del agua**



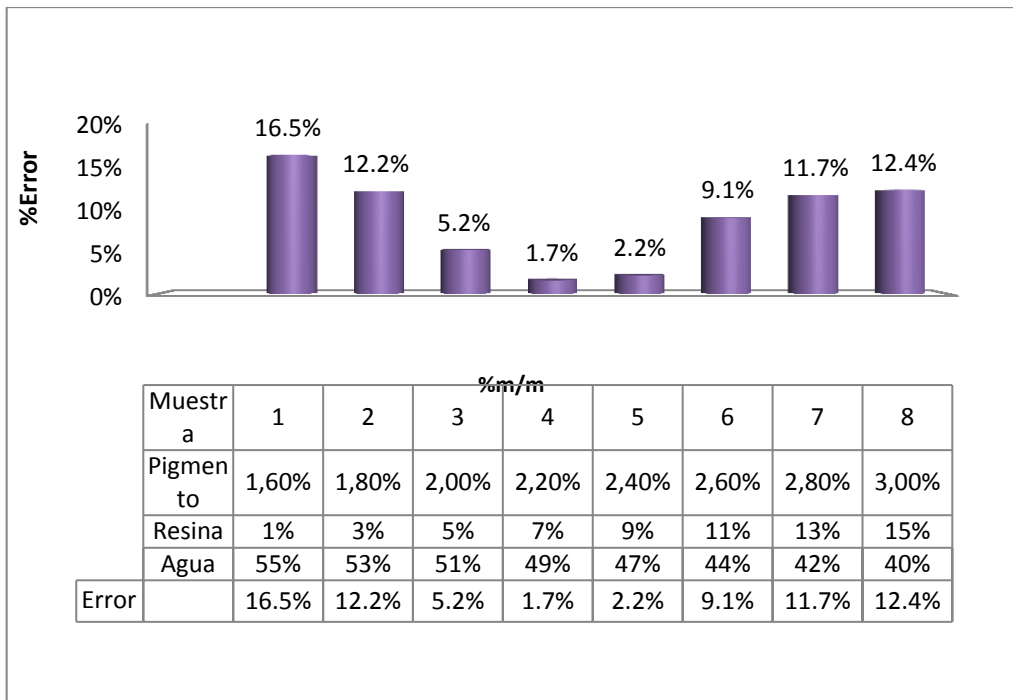
Fuente: elaboración propia, basado en tabla CXI, CXII y CXIII.

Tabla XXXIII. **Modelo de correlación de la figura 30**

Modelo Matemático	Correlación
$dE = 293,54(\%m/m \text{ Agua})^3 - 238,80 (\%m/m \text{ Agua})^2 + 71,015$	0,990

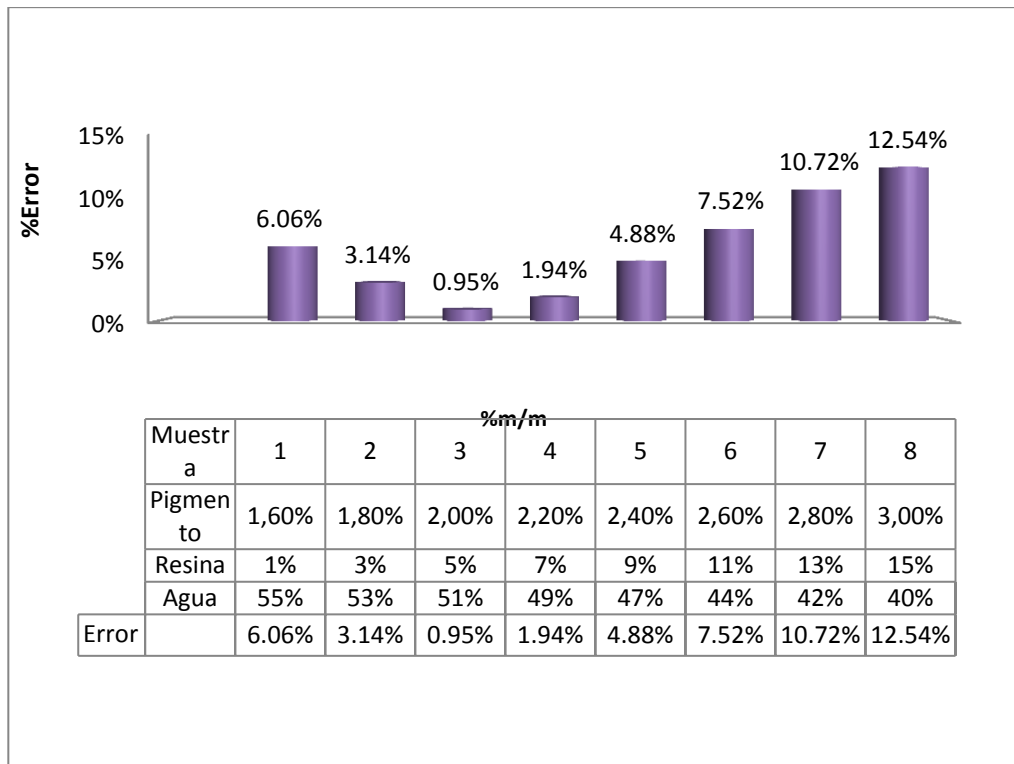
Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales figura 30.

Figura 31. **Porcentaje de error en el parámetro densidad en cada muestra de pintura látex con pigmento azul BGN textil y la muestra patrón**



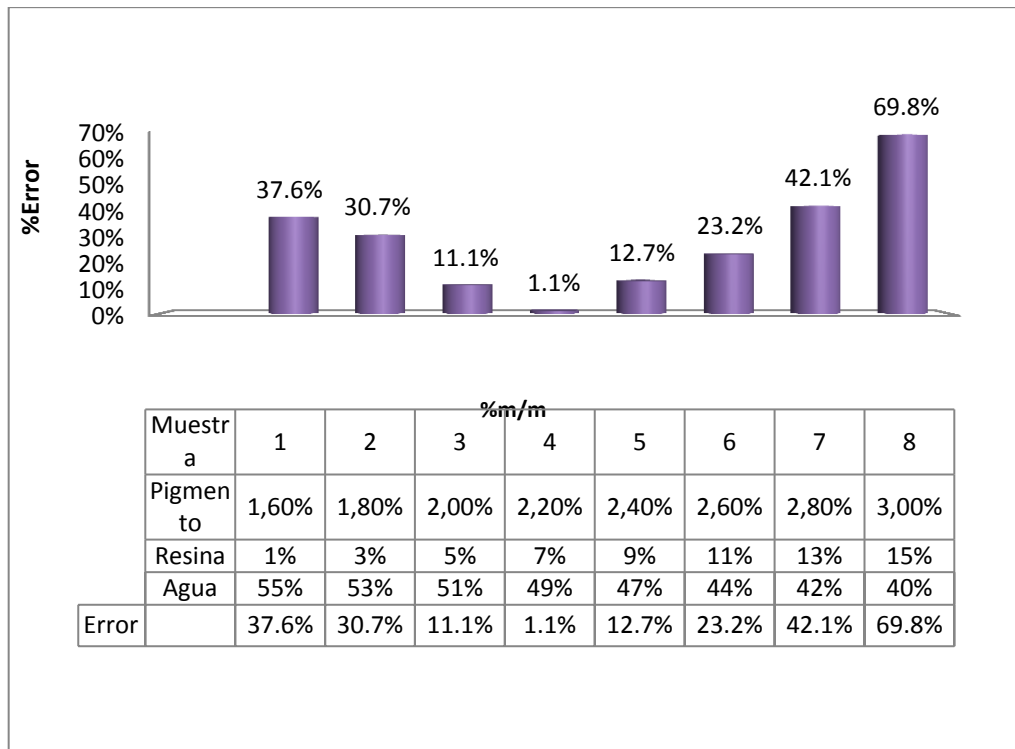
Fuente: elaboración propia, basado en tabla CVII.

Figura 32. **Porcentaje de error en el parámetro viscosidad en cada muestra de pintura látex con pigmento azul BGN textil y la muestra patrón**



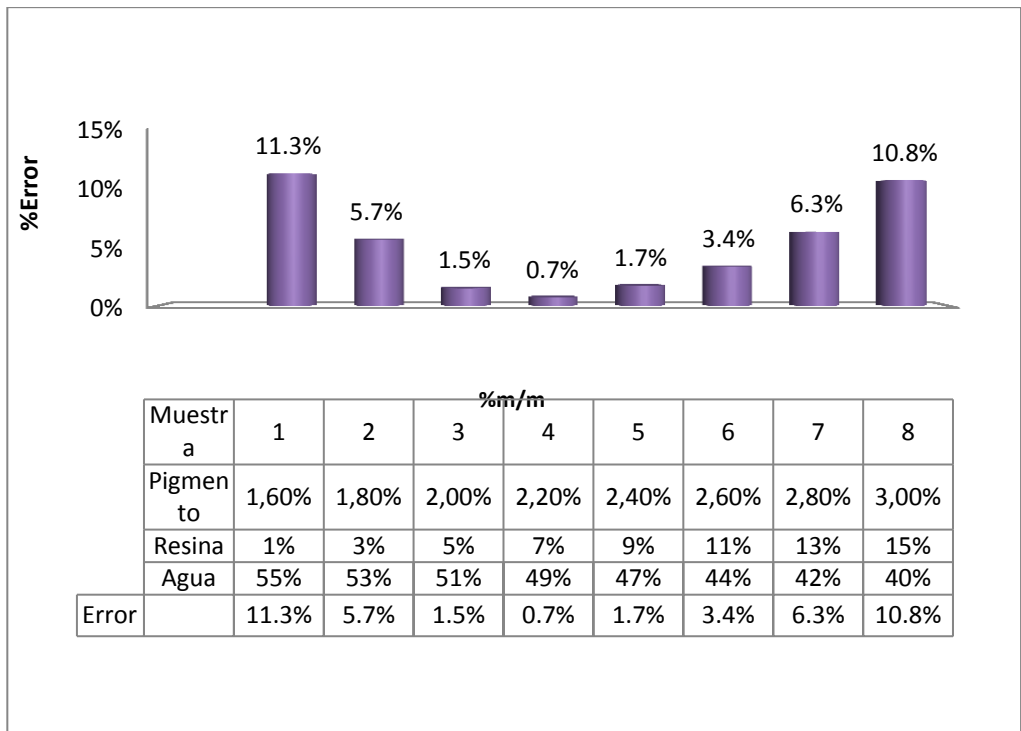
Fuente: elaboración propia, basado en tabla CVIII.

Figura 33. **Porcentaje de error en el parámetro tiempo de secado en cada muestra de pintura látex con pigmento azul BGN textil y la muestra patrón**



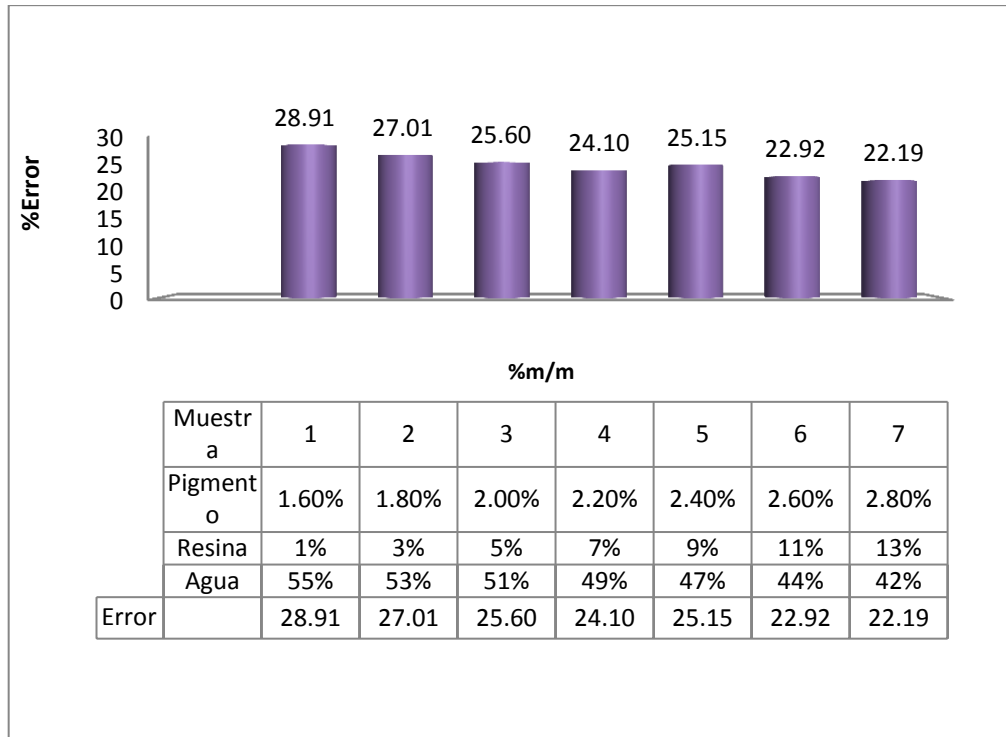
Fuente: elaboración propia, basado en tabla CIX.

Figura 34. **Porcentaje de error en el parámetro porcentaje NVOC en cada muestra de pintura látex con pigmento azul BGN textil y la muestra patrón**



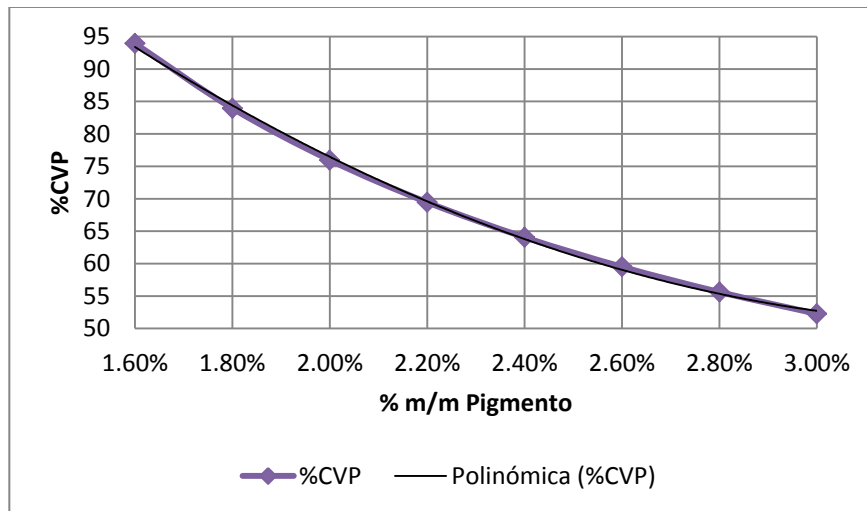
Fuente: elaboración propia, basado en tabla CX.

Figura 35. **Porcentaje de error en el parámetro diferencia de color en cada muestra de pintura látex con pigmento azul BGN textil y la muestra patrón**



Fuente: elaboración propia, basado en tabla CXIII.

Figura 36. **Porcentaje de contenido en volumen de pigmento en función de la concentración de pigmento azul BGN**



Fuente: elaboración propia, basado en tabla CXIV.

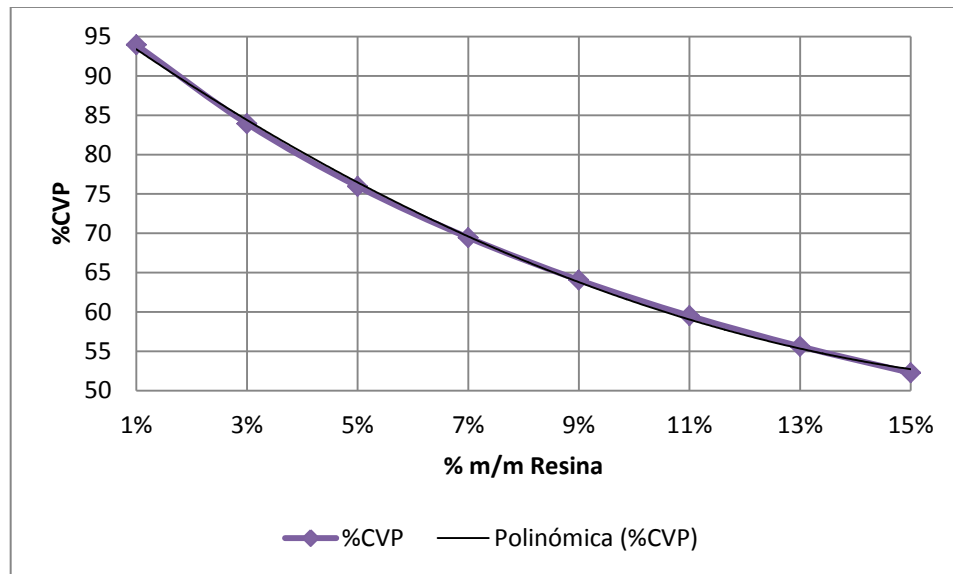
Tabla XXXIV. **Modelo de correlación de la figura 36**

Modelo Matemático	Correlación
$\%CVP = 132540(\%m/m \text{ Pigmento})^2 - 9002,2$ $(\%m/m \text{ Pigmento}) + 203,5$	0,999

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales figura 36 .



Figura 37. **Porcentaje de contenido en volumen de pigmento en función de la concentración de resina**



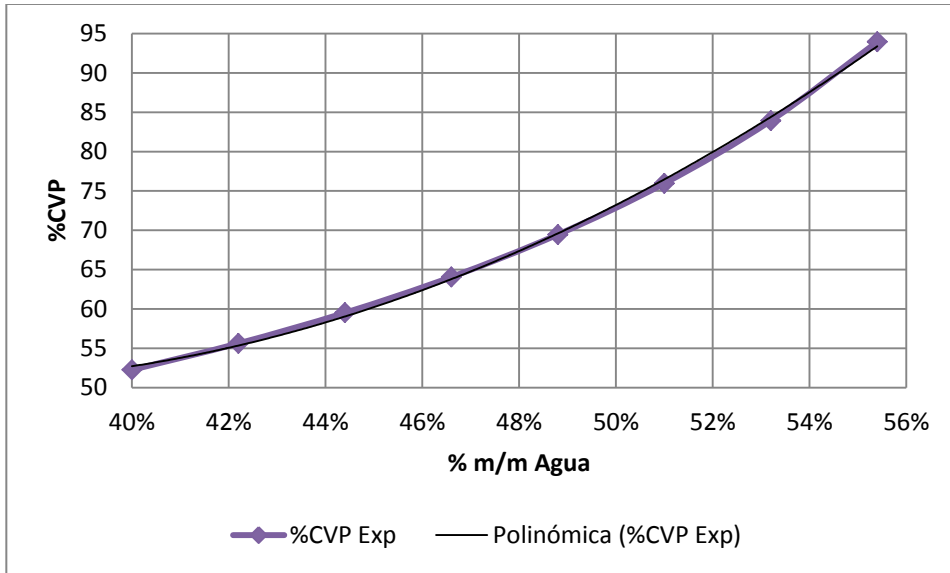
Fuente: elaboración propia, basado en tabla CXIV.

Tabla XXXV. **Modelo de correlación de la figura 37**

Modelo Matemático	Correlación
$\%CVP = 1325,40(\%m/m \text{ Resina})^2 - 502,6$ $(\%m/m \text{ Resina}) + 98,286$	0,999

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales figura 37.

Figura 38. **Porcentaje de contenido en volumen de pigmento en función de la concentración de agua**



Fuente: elaboración propia, basado en tabla CXV.

Tabla XXXVI. **Modelo de correlación de la figura 38**

Modelo Matemático	Correlación
$\%CVP = 1095,40(\%m/m \text{ Agua})^2 - 780,86$ $(\%m/m \text{ Agua}) + 189,8$	0,999

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales figura 38.

Tabla XXXVII. **Determinación del porcentaje de contenido críticos en volumen de pigmento azul BGN en cada muestra de pintura látex**

<b>%CPVC</b>
65,61%

Fuente: elaboración propia, basado en figura 39.



## 5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El objetivo del presente trabajo de graduación fue: la evaluación de las formulaciones de pintura látex para interiores con un componente innovador, pigmento textil azul BGN, mediante la medición de los parámetros de caracterización y rendimiento.

Para llevar a cabo este objetivo, se realizaron ocho formulaciones diferentes variando la concentración de resina (rango 1 por ciento al 15 por ciento masa masa) y pigmento textil (rango 1,6 por ciento al 3 por ciento masa masa), con la finalidad de determinar qué fórmula se asemejaría a la pintura látex que se encuentra en el mercado nacional.

Cada una de las muestras fueron evaluadas, incluyendo la muestra patrón, mediante la medición de los parámetros de caracterización, es decir: densidad, viscosidad, tiempo de secado, contenido de no volátiles y diferencia de color.

Asimismo se determinaron los parámetros de rendimiento, porcentaje de cvp y porcentaje de cvpc; en lo que respecta a este parámetro, no se realizó la medición a la muestra patrón, ya que se necesitaban datos de la formulación, los cuales son un secreto industrial de la empresa productora.

En base a los resultados obtenidos, los parámetros densidad, viscosidad, porcentaje de NVOC y tiempo de secado, fueron incrementándose proporcionalmente al aumentar la cantidad de pigmento y de resina en la

fórmula; la tendencia en la gráfica para el parámetro diferencia de color fue inversamente proporcional.

En el caso de los parámetros de caracterización en función de la concentración del agua la tendencia fue inversamente proporcional; mientras que la tendencia en la gráfica para el parámetro diferencia de color fue directamente proporcional.

De acuerdo con la evaluación, el error de cada muestra con respecto a la medición hecha en la muestra patrón, se halló que para la densidad la formulación 4 tiene el menor porcentaje de error siendo el mayor en la formulación 1. Para la viscosidad el menor porcentaje de error fue para la fórmula 3, seguido por la fórmula 4 siendo el mayor porcentaje en la número 8.

El parámetro tiempo de secado obtuvo un menor error en la formulación 4 y el mayor error en la número 8; el menor error para porcentaje de NVOC fue en la fórmula 4 siendo el mayor en la fórmula 1; y por último la menor diferencia de color estuvo en la formulación 8.

Los errores de precisión para el caso de la diferencia de color estuvieron en un rango mayor de 20 por ciento, indicando que existe una diferencia clara en el tono del color. Lo que no es alarmante, ya que según la opinión del proveedor del pigmento azul BGN, no le interesa la igualdad del color que ya existe en el mercado local y por último su interés real está en saber si el pigmento en prueba es útil para hacer pintura látex.

La tendencia gráfica para el parámetro de rendimiento porcentaje de cvp en función de la concentración de pigmento y resina, fue inversamente

proporcional; para el caso de la gráfica en función de la concentración del agua la tendencia fue directamente proporcional.

El porcentaje cvp de las 8 formulaciones se mantuvo en un rango de 52,26 a 93,95 por ciento, lo cual nos indica que no todas cumplen con el rango teórico 60-85 por ciento, rango en el que se encuentran las pinturas para interiores. Las formulaciones 2, 3, 4 y 5 cumplen con tal condición.

El valor del porcentaje de cvpc experimental es de 65,61 por ciento, en el caso de la fórmula 1, 2, 3 y 4 el porcentaje de cvp por encima de porcentaje de cvpc esto significa que la cantidad de resina no alcanza para formar una fase coherente de pintura, ni con el sistema incluyendo espacio para las cavidades de aire. En este caso las cargas y los pigmentos están adheridos entre sí por el polímero.

A diferencia de las formulaciones 5, 6, 7 y 8 el porcentaje de cvp está por debajo del porcentaje de cvpc lo que nos indica que hay una cantidad de resina coherente en el que están sumergidos las cargas y el pigmento, esta condición es importante en las pinturas ya que poseen una alta cohesión y son impermeables.

La hipótesis nula planteada, fue evaluada basándose en que no existiría diferencia significativa entre la pintura formulada con pigmento textil azul BGN y la pintura patrón.

Esto se logró mediante un análisis de varianza de un sólo factor con un nivel de significancia de 0,05, determinando así que no existe una diferencia significativa entre la formulación número tres y cuatro de pigmento textil azul BGN y la pintura patrón.





## CONCLUSIONES

1. Fue factible la elaboración de una pintura látex para interiores con acabado mate formulado con un pigmento textil azul BGN, con un rango de concentraciones de pigmento textil azul BGN y de resina, entre el 1,6 al 3 por ciento en masa y 1 al 15 por ciento en masa, respectivamente.
2. La tendencia gráfica entre los parámetros de caracterización en función de la concentración de resina y pigmento, tienen un aumento proporcional, con excepción en el parámetro diferencia de color.
3. El porcentaje de cvp de las formulaciones 2 (83,928 por ciento), 3 (75,952 por ciento), 4 (69,456 por ciento) y 5 (64,062 por ciento) cumplen con el rango aceptable para catalogarse como una pintura para interiores (60- 85 por ciento).
4. De acuerdo a las condiciones de trabajo, el valor determinado del porcentaje cvpc fue de 65,61.
5. El menor porcentaje de error en la comparación entre los parámetros de caracterización se obtuvo en la formulación número 4, siendo en la misma donde no existió diferencia significativa entre la muestra patrón.



## RECOMENDACIONES

1. Al preparar la pasta (base de la pintura), es necesario agregar lentamente el carbonato de calcio al agua y así evitar la precipitación en el fondo del recipiente.
2. Asegurarse de darle una hora de agitación a 200 vibraciones por minuto, a la mezcla de pintura, para que se disuelvan los grumos y adquiera una consistencia homogénea.
3. Dejar un día en reposo la pintura, para que salga todo el aire que haya quedado atrapado en la mezcla.
4. Experimentar con otros colores de pigmentos textiles, para verificar si tienen el mismo efecto que el azul BGN.



## BIBLIOGRAFÍA

1. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *Annual book of ASTM standards*. Section 6: Paints, Related Coatings and Aromatics, Volume 06.01: Paint-Tests for Formulated Products and Applied Coatigs. ASTM 1916. Easton, MD, USA: ASTM, 1990.
2. \_\_\_\_\_. *Paint Testing Manual: physical and chemical examination of paint, varnishes, lacquers, and colors*. 3rd ed. Lutherville Timonium, Madrid: American Society for Testing and Materials, 1972. 587 p.
3. ARRACHEA ALVARADO, Marlene Susana. *Evaluación de tres absorbentes para la reducción del porcentaje de solido totales en la recuperación de la mezcla de acetato de etilo/alcohol etílico*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 166 p.
4. Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. *Norma Oficial Mexicana*. [en línea]. México, Distrito Federal [ref. 30 de abril 1999]. Disponible en Web: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd38/Mexico/NOM123ECL.pdf>>.

5. CONAMET/SAM. *Benzoato básico de aluminio: estudio de un nuevo pigmento inhibidor para pinturas anticorrosivas*. [en línea]. <[http://www.materiales-sam.org.ar/sitio/biblioteca/CONAMET-SAM\\_2006/docs/e4.pdf](http://www.materiales-sam.org.ar/sitio/biblioteca/CONAMET-SAM_2006/docs/e4.pdf)> [Consulta: 17 de enero 2012]
6. DEL CIL MEDRANO, Ingrid María. *Estudio de la Opción de utilización de carbonato de calcio local en la formulación de pinturas de látex mediante la evaluación del parámetro contenido crítico de pigmento en volumen (CCPV)*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1993. 80 p.
7. EGA Pinturas. *Tipos de Pinturas*. [en línea]. Álava, España. [ref. 20 de abril 2007]. Disponible en Web: <<http://www.pinturasega.com/documentos/3.-%20tipos.pdf>>.
8. F. DANIELS. *Experimental Physical Chemistry*. New York. McGraw-Hill, 1970. 125 p.
9. GIÚDICE, Carlos. *Relación pigmento/Material formador de película*. [en línea]. Argentina: Universidad Tecnológica Internacional, 2010. <[www.edutecne.utn.edu.ar/tecn\\_pinturas/B-TecPin\\_VI\\_VII.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/tecn_pinturas/B-TecPin_VI_VII.pdf)>. [Consulta: 20 de noviembre de 2011].
10. PINEDA, Frank. *Productos: pinturas y recubrimientos*. [en línea]. <[http://www.divsa.com/productos\\_pinturas\\_y\\_recubrimientos.shtml](http://www.divsa.com/productos_pinturas_y_recubrimientos.shtml)>. [Consulta: 10 de enero de 2012].

11. SCHWEIGGER, Enrique. *Manual de pinturas y recubrimientos plásticos*. España: Díaz de Santos, 2005. 273 p. ISBN: 84-7978-707-4.
12. SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. *Establece el contenido máximo permisible de compuestos orgánicos volátiles (COVS), en la fabricación de pinturas de secado al aire base disolvente para uso doméstico y los procedimientos para la determinación del contenido de los mismos en pinturas y recubrimientos*. México: SMARN, 2003.
13. SWARD G.G. *Paint Testing Manual*. [en línea]. 3a ed. Ciudad de México 1996-2012. <[http://www.astm.org/DIGITAL\\_LIBRARY/STP/SOURCE\\_PAGES/STP500\\_foreword.pdf](http://www.astm.org/DIGITAL_LIBRARY/STP/SOURCE_PAGES/STP500_foreword.pdf)>. [Consulta: 20 de noviembre de 2011].
14. US Army\_Corps of Engineers. *Engineering and design - painting: New construction and maintenance*. [en línea]. [ref. april 1995]. Disponible en Web: <<http://140.194.76.129/publications/eng-manuals/em1110-2-3400/toc.htm>>.
15. WALPOLE, Ronald E. *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. 8a ed. México: Pearson Educación, 2007. 840 p. ISBN: 978-970-26-0936-0.



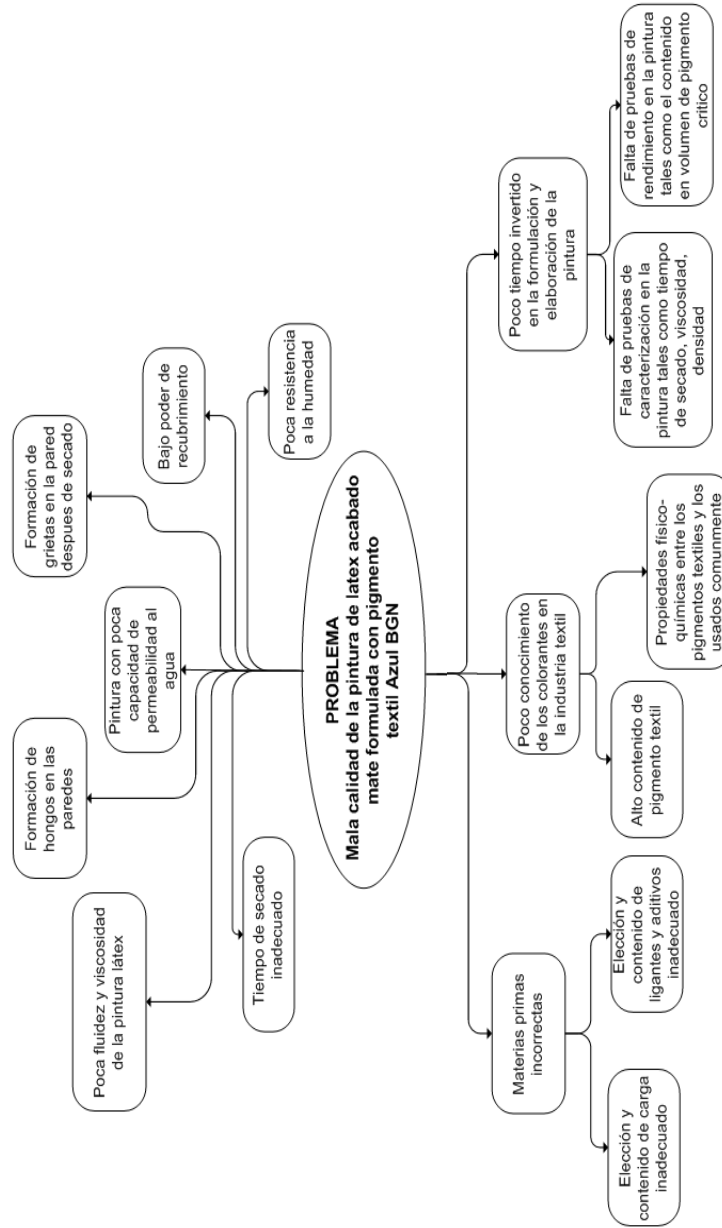


## **APÉNDICES**



# APÉNDICE 1. ÁRBOL DE PROBLEMAS

## ÁRBOL DE PROBLEMAS



E F E C T O S

C A U S A S



## APENDICE 2. MUESTRA DE CÁLCULO

### Parámetro Característico Densidad

Determinación de la densidad en gramos por mililitros:

$$D_m = \frac{W-w}{V}$$

Donde:

- W      Peso del picnómetro lleno de pintura en gramos
- w      Peso del picnómetro en gramos
- V      Volumen del picnómetro en mL

Determinación de la densidad en libras por galón:

$$D = 8,3454 \frac{W-w}{V}$$

Ejemplo: determinación de la densidad de la fórmula 1 de la tabla CVI.

$$D = 8,3454 \frac{23,47 - 13,49}{10}$$
$$D = 8,329 \text{ lb/gal}$$

Nota: de la misma forma como se calculó en el ejemplo, se determinaron los valores en las tablas CVII.

## Parámetro Característico Viscosidad

Cálculo del porcentaje de materia volátil, V, en la pintura:

$$V, \% = 100 - \frac{W_2 - W_1}{S} * 100$$

Dónde

- $W_1$     Peso del plato de aluminio
- $W_2$     Peso del plato y los demás materiales
- $S$         Peso de la pintura

El porcentaje de materiales no volátiles, N, en la pintura se determina:

$$N, \% = 100 - V$$

Ejemplo: determinación del porcentaje de NVOC de la fórmula 1 de la tabla CVIII.

$$V, \% = 100 - \frac{16,13 - 15,95}{19,32 - 15,95 - 2,8} * 100$$

$$V, \% = 68,42$$

$$N, \% = 100 - 68,42$$

$$N, \% = 31,58$$

Nota: de la misma forma como se calculó en el ejemplo, se determinaron los valores en las tablas CVIII.

## Diferencia de color

El cálculo de la diferencia de color se realizó mediante las siguientes ecuaciones:

Diferencia de luminosidad:

$$dL=L^*-L$$

Donde:

- dL Diferencia de luminosidad
- L\* Valor de la muestra medido por el espectrofotómetro
- L Valor de referencia medido por el espectrofotómetro

Diferencia de a:

$$da=a^*-a$$

Donde:

- da Diferencia de a
- a\* Valor de la muestra medido por el espectrofotómetro
- a Valor de referencia medido por el espectrofotómetro

Diferencia de b:

$$db=b^*-b$$

Donde:

- db Diferencia de b
- b\* Valor de la muestra medido por el espectrofotómetro
- b Valor de referencia medido por el espectrofotómetro

Diferencia de color:

$$dE^* = \sqrt{dL^2 + da^2 + db^2}$$

Donde:

dE*	Diferencia de color
dL	Diferencia de luminosidad
da	Diferencia de a
db	Diferencia de b

Ejemplo: determinación de la densidad de la fórmula 1 de la tabla CXI y CXII.

Diferencia de luminosidad:

$$\begin{aligned}dL &= L^* - L \\dL &= 87,48 - 66,11 \\dL &= 21,37\end{aligned}$$

Diferencia de  $a^*$ :

$$\begin{aligned}da &= a^* - a \\da &= 3,14 - 10,60 \\da &= -7,46\end{aligned}$$

Diferencia de  $b^*$ :

$$\begin{aligned}db &= b^* - b \\db &= -11,38 - (-29,36) \\db &= 17,98\end{aligned}$$

Diferencia de color:

$$\begin{aligned}dE^* &= \sqrt{(21,37)^2 + (-7,46)^2 + 17,98^2} \\dE^* &= 28,91\end{aligned}$$



Nota: de la misma forma como se calculó en el ejemplo, se determinaron los valores en las tablas CXIII.

Determinación valor promedio

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Donde:

$x_i$	Valor dato i
$x$	Valor promedio
$n$	Número de datos totales

Ejemplo: determinación de la media de densidad de la fórmula 1 de la tabla VII.

$$x = \frac{8,328 + 10,390 + 11,291}{3}$$

$x = 10,003 \text{ lb/gal}$

Nota: de la misma forma como se calculó en el ejemplo, se determinaron los valores en las tablas CVII, CVIII, CIX y CX.

Determinación error de precisión

$$\%Er = \frac{D_T - D}{D_T}$$

Donde

$\%Er$	Porcentaje de Error
$D_T$	Dato teórico
$D$	Dato a comparar

Ejemplo: determinación del porcentaje de error para la densidad de la fórmula 1 de la tabla CVII.

$$\%Er = \frac{11,984 - 10,003}{11,984}$$
$$\%Er = 16,530$$

Nota: de la misma forma como se calculó en el ejemplo, se determinaron los valores en las tablas CVII, CVIII, CIX y CX

Determinación del %CVP

$$\%CVP = \frac{\text{Suma de los volúmenes de las cargas y pigmentos}}{\text{Volúmen polímero + volúmen carga y pigmento}} * 100$$

Donde:

$$\text{volúmenes de la carga} = \frac{m_{\text{carga}} \text{ (g)}}{\rho \text{ (g/mL)}}$$

$$\text{volúmenes del pigmento} = \frac{m_{\text{pigmento}} \text{ (g)}}{\rho \text{ (g/mL)}}$$

$$\text{volúmenes del polímero} = \frac{m_{\text{polímero}} \text{ (g)}}{\rho \text{ (g/mL)}}$$

Ejemplo: determinación de la densidad de la fórmula 1 de la tabla CXIV.

$$\text{volúmenes de la carga} = \frac{40 \text{ (g)}}{2,8 \text{ (g/mL)}} = 14,286 \text{ mL}$$

$$\text{volúmenes del pigmento} = \frac{1,6 \text{ (g)}}{1,62 \text{ (g/mL)}} = 0,988 \text{ mL}$$

$$\text{volúmenes del polímero} = \frac{1 \text{ (g)}}{1,02 \text{ (g/mL)}} = 0,983 \text{ mL}$$

$$\%CVP = \frac{14,286+0,988}{0,983+14,286+0,988} * 100$$

$$\%CVP = 93,954$$

Nota: de la misma forma como se calculó en el ejemplo, se determinaron los valores en las tablas CXIV.

#### Determinación del % CVPC

Teniendo los CVP, se pueden plotear los puntos y obtener el polinomio de grado tres, como se muestra en la figura 39.

Las derivadas de la función mostrada en la tabla XXXVII:

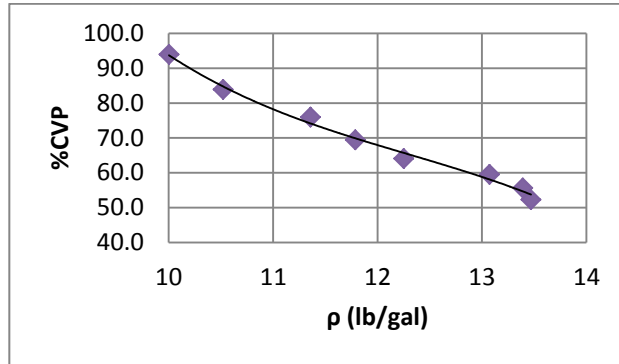
Primera derivada:  $\%CVPC' = -2,0517\rho^2 + 50,398\rho - 318,33$

Segunda derivada:  $\%CVPC'' = -4,1034\rho + 50,398$

Tercera derivada:  $\%CVPC''' = -4,1034$

Dado que la tercera derivada no es igual a cero, se dice entonces que tenemos un punto de inflexión.

Figura 39. % CVP en función de la densidad



Fuente: datos experimentales, basado en las tablas XCIV y CI.

Tabla XXXVIII. Modelo de correlación de la figura 39

Modelo Matemático	Correlación
$\%CVPC = -0,6839\rho^3 + 25,199\rho^2 - 318,33\rho + 1441,2$	0,9918

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales figura 39.

Cálculo del %CVP:

$$\%CVPC' = -4,1034\rho + 50,39 = 0$$

$$\rho = \frac{-50,39}{-4,1034} = 12,280$$

Sustituyendo:

$$\%CVPC = -0,6839\rho^3 + 25,199\rho^2 - 318,33\rho + 1441,2$$

$$\%CVPC = -0,6839 (12,280)^3 + 25,199 (12,280)^2 - 318,33(12,280) + 1441,2$$

$$\%CVPC = 65,61$$

### APÉNDICE 3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

#### Análisis de Varianza de un solo factor

El análisis de varianza que se realizó, nos permite verificar si se aprueba o rechaza la hipótesis nula: no existe diferencia significativa entre las formulaciones de pintura realizadas con pigmento azul BGN y con la pintura patrón. El modelo se muestra en la tabla XXXIX:

Tabla XXXIX. **Valores de muestras de parámetros de caracterización y rendimiento**

Parámetro	Formulación		
	1	2	
Densidad	$y_{11}$	$y_{21}$	
	$y_{12}$	$y_{22}$	
	$y_{13}$	$y_{23}$	
Total	$Y_{1.}$	$Y_{2.}$	$Y_{..}$
Media	$y_{1.}$	$y_{2.}$	$y_{..}$

Fuente: datos experimentales.

Según el teorema de identidad de la suma de cuadrados, se obtienen tres medidas importantes de variabilidad:

Tabla XL. **Medidas de variabilidad**

$$\begin{aligned}
 \text{SST} &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij} - y_{..}^2 = \text{suma total de cuadrados} \\
 \text{SSA} &= n \sum_{i=1}^k y_i - y_{..}^2 = \text{suma de los cuadrados del tratamiento} \\
 \text{SSE} &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij} - y_i^2 = \text{suma de los cuadrados de los errores}
 \end{aligned}$$

Fuente: Ronald Walpole. Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias. Pág. 515.

Tabla XLI. **Análisis de varianza del ANOVA para un solo factor**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	f calculada
Parámetro	SSA	k-1	$s_1^2 = \frac{SSA}{k-1}$	$\frac{s_1^2}{s_2^2}$
Error	SSE	k n-1	$s^2 = \frac{SSE}{k n-1}$	
Total	SST	kn-1		

Fuente: Ronald Walpole. Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias. Pág. 516.

Empleando un análisis de varianzas de un factor con un nivel de significancia de 0,05 se buscó probar la siguiente hipótesis:

Ho: No existe diferencia significativa entre la pintura formulada con pigmento azul BGN y la pintura patrón (azul monastral).

Hi: Existe diferencia significativa entre la pintura formulada con pigmento azul BGN y la pintura patrón (azul monastral).

Con base en los datos experimentales, se construyó la siguiente tabla:

Unidad experimental: Formulación 1 y muestra patrón

Factor: Densidad

Tabla XLII. Fuente de variación parámetro característico densidad 0/1

Grupos	Cuenta	Suma	$\rho$ (lb/gal)	$\sigma$
0	3	35,951	11,984	0,118
1	3	30,844	10,281	0,061

Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XCIV

Tabla XLIII. Análisis de varianza para el parámetro característico densidad 0/1

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F
Densidad	4,347	1	4,347	48,418
Dentro de los grupos	0,359	4	0,089	
Total	4,707	5		

Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XXIX.

En base a la prueba de Fisher, se concluye:

$$f_{\text{calculada}}(48,418) > f_{\text{teórica}}(7,709): \text{Ho rechazado}$$

Unidad experimental:                      Formulación 2 y muestra patrón

Factor:    Densidad

Tabla XLIV.      **Fuente de variación parámetro característico densidad 0/2**

Grupos	Cuenta	Suma	$\rho$ (lb/gal)	$\sigma$
0	3	35,951	11,985	0,118
2	3	34,107	11,369	0,004

Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XCIV.

Tabla XLV.      **Análisis de varianza para el parámetro característico densidad 0/2**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F
Densidad	0,567	1	0,567	9,304
Dentro de los grupos	0,244	4	0,061	
Total	0,811	5		

Fuente: elaboración propia, basado en tabla XXXI.

En base a la prueba de Fisher, se concluye:

$$f_{\text{calculada}}(9,304) > f_{\text{teórica}}(7,709): \text{Ho rechazado}$$



Unidad experimental:                      Formulación 3 y muestra patrón  
 Factor:                                        Densidad

Tabla XLVI.       **Fuente de variación parámetro característico densidad 0/3**

Grupos	Cuenta	Suma	$\rho$ (lb/gal)	$\sigma$
0	3	35,951	11,984	0,118
3	3	34,307	11,436	2,321E-05

Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XCIV.

Tabla XLVII.       **Análisis de varianza para el parámetro característico densidad 0/3**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F
Densidad	0,450	1	0,450	7,628
Dentro de los grupos	0,236	4	0,059	
Total	0,687	5		

Fuente: elaboración propia, basado en tabla XXXIII.

En base a la prueba de Fisher, se concluye:

$$f_{\text{calculada}}(7,628) < f_{\text{teórica}}(7,709): H_0 \text{ aprobada}$$

Unidad experimental:                      Formulación 4 y muestra patrón  
 Factor:                                        Densidad

Tabla XLVIII.       **Fuente de variación parámetro característico densidad 0/4**

Grupos	Cuenta	Suma	$\rho$ (lb/gal)	$\sigma$
0	3	35,951	11,984	0,118
4	3	36,193	12,064	0,002

Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XCIV.

Tabla XLIX.       **Análisis de varianza para el parámetro característico densidad 0/4**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F
Densidad	0,0097	1	0,0097	0,1629
Dentro de los grupos	0,2396	4	0,0599	
Total	0,2493	5		

Fuente: elaboración propia, basado en tabla XXXV.

En base a la prueba de Fisher:

$$f_{\text{calculada}} 0,163 < f_{\text{teórica}}(7,709): H_0 \text{ rechazado}$$

Unidad experimental:                      Formulación 5 y muestra patrón  
 Factor:    Densidad

Tabla L.        **Fuente de variación parámetro característico densidad 0/5**

Grupos	Cuenta	Suma	$\rho$ (lb/gal)	$\sigma$
0	3	35,951	11,983	0,118
5	3	39,080	13,027	0,000

Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XCIV.

Tabla LI.        **Análisis de varianza para el parámetro característico densidad 0/5**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	f
Densidad	1,632	1	1,632	27,644
Dentro de los grupos	0,236	4	0,059	
Total	1,868	5		

Fuente: elaboración propia, basado en tabla XXXVII.

En base a la prueba de Fisher:

$$f_{\text{calculada}} 27,643 > f_{\text{teórica}}(7,709): \text{Ho rechazado}$$

**Unidad experimental:** Formulación 6 y muestra patrón

**Factor:** Densidad

Tabla LII. **Fuente de variación parámetro característico densidad 0/6**

Grupos	Cuenta	Suma	$\rho$ (lb/gal)	$\sigma$
0	3	35,951	11,984	0,118
6	3	39,406	13,135	6,964E-05

Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XCIV.

Tabla LIII. **Análisis de varianza para el parámetro característico densidad 0/6**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F
Densidad	1,989	1	1,989	33,673
Dentro de los grupos	0,236	4	0,059	
Total	1,868	5		

Fuente: elaboración propia, basado en tabla XXXIX.

En base a la prueba de Fisher:

$$f_{\text{calculada}} 33,673 > f_{\text{teórica}}(7,709): \text{Ho rechazado}$$

**Unidad experimental:** Formulación 7 y muestra patrón

**Factor:** Densidad

Tabla LIV. **Fuente de variación parámetro característico densidad 0/7**

Grupos	Cuenta	Suma	$\rho$ (lb/gal)	$\sigma$
0	3	35,951	11,984	0,118
7	3	39,765	13,255	0,000

Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XCIV.

Tabla LV. **Análisis de varianza para el parámetro característico densidad 0/7**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	f
Densidad	2,424	1	2,424	40,999
Dentro de los grupos	0,236	4	0,059	
Total	2,661	5		

Fuente: elaboración propia, basado en tabla XLI.

En base a la prueba de Fisher:

$$f_{\text{calculada}} 40,999 > f_{\text{teórica}}(7,709): \text{Ho rechazado}$$

Unidad experimental:                      Formulación 8 y muestra patrón  
 Factor:                                        Densidad

Tabla LVI.       **Fuente de variación parámetro característico densidad 0/8**

<b>Grupos</b>	<b>Cuenta</b>	<b>Suma</b>	<b><math>\rho</math> (lb/gal)</b>	<b><math>\sigma</math></b>
0	3	35,951	11,984	0,118
8	3	40,557	13,519	4,73E-30

Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XCIV.

Tabla LVII.       **Análisis de varianza para el parámetro característico densidad 0/8**

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>
Densidad	3,537	1	3,537	59,899
Dentro de los grupos	0,236	4	0,059	
Total	3,773	5		

Fuente: elaboración propia, basado en tabla XLIII.

En base a la prueba de Fisher:

$$f_{\text{calculada}} 59,899 > f_{\text{teórica}}(7,709): \text{Ho rechazado}$$

En conclusión la formulación número 3 y 4 acepta la hipótesis nula: no existe diferencia significativa entre la formulación con pigmento textil y la pintura patrón. Mientras que la otras seis formulaciones rechazan la Ho.

Parámetro característico viscosidad

Unidad experimental: Formulación 1 y muestra patrón

Factor: Viscosidad

Tabla LVIII. **Fuente de variación parámetro característico viscosidad 0/1**

Grupos	Cuenta	Suma	$\mu$ (KU)	$\sigma$
0	3	356,3	118,767	0,023
1	3	334,8	111,600	38,470

Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XCV.

Tabla LIX. **Análisis de varianza para el parámetro característico viscosidad**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F
Viscosidad	77,042	1	77,042	4,003
Dentro de los grupos	76,987	4	19,247	
Total	154,028	5		

Fuente: elaboración propia, basado en tabla XLV.

En base a la prueba de Fisher:

$f_{\text{calculada}}(4,003) < f_{\text{teórica}}(7,709)$ : Ho rechazado

Unidad experimental:                      Formulación 2 y muestra patrón  
 Factor:                                        Viscosidad

Tabla LX.       **Fuente de variación parámetro característico viscosidad 0/2**

Grupos	Cuenta	Suma	$\mu$ (KU)	$\sigma$
0	3	356,3	118,767	0,023
2	3	345,2	115,067	11,723

Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XCV.

Tabla LXI.       **Análisis de varianza para el parámetro característico viscosidad 0/2**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F
Viscosidad	20,535	1	20,535	3,496
Dentro de los grupos	23,493	4	5,873	
Total	44,028	5		

Fuente: elaboración propia, basado en tabla XLVII.

En base a la prueba de Fisher:

$$f_{\text{calculada}}(3,496) < f_{\text{teórica}}(7,709): \text{Ho rechazado}$$



Unidad experimental:                      Formulación 3 y muestra patrón  
 Factor:                                        Viscosidad

Tabla LXII.       **Fuente de variación parámetro característico viscosidad 0/3**

Grupos	Cuenta	Suma	$\mu$ (KU)	$\sigma$
0	3	356,3	118,767	0,023
3	3	359,8	119,933	47,843

Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XCV.

Tabla LXIII.       **Análisis de varianza para el parámetro característico viscosidad 0/3**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F
Viscosidad	2,042	1	2,042	0,085
Dentro de los grupos	95,733	4	23,933	
Total	97,775	5		

Fuente: elaboración propia, basado en tabla XLIX.

En base a la prueba de Fisher:

$$f_{\text{calculada}}(0,085) < f_{\text{teórica}}(7,709): \text{Ho Aprobado}$$

Unidad experimental:                    Formulación 4 y muestra patrón  
 Factor:                                        Viscosidad

Tabla LXIV.     **Fuente de variación parámetro característico viscosidad 0/4**

Grupos	Cuenta	Suma	$\mu$ (KU)	$\sigma$
0	3	356,3	118,77	0,023
4	3	363,3	121,10	11,970

Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XCV.

Tabla LXV.     **Análisis de varianza para el parámetro característico viscosidad 0/4**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F
Viscosidad	8,167	1	8,167	1,362
Dentro de los grupos	23,987	4	5,997	
Total	32,153	5		

Fuente: elaboración propia, basado en tabla LI.

En base a la prueba de Fisher:

$$f_{\text{calculada}}(1,362) < f_{\text{teórica}}(7,709): \text{Ho Aprobado}$$

Unidad experimental:                      Formulación 5 y muestra patrón  
 Factor:                                        Viscosidad

Tabla LXVI.       **Fuente de variación parámetro característico viscosidad 0/5**

Grupos	Cuenta	Suma	$\mu$ (KU)	$\sigma$
0	3	356,3	118,767	0,023
5	3	373,8	124,600	14,77

Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XCV.

Tabla LXVII.       **Análisis de varianza para el parámetro característico viscosidad 0/5**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F
Viscosidad	1	51,041	6,901	0,058
Dentro de los grupos	4	7,397		
Total	80,628	5		

Fuente: elaboración propia, basado en tabla LIII.

En base a la prueba de Fisher:

$$f_{\text{calculada}}(6,901) < f_{\text{teórica}}(7,709): \text{Ho Aprobado}$$

Unidad experimental:                    Formulación 6 y muestra patrón  
 Factor:                                        Viscosidad

Tabla LXVIII.     **Fuente de variación parámetro característico viscosidad 0/6**

Grupos	Cuenta	Suma	$\mu$ (KU)	$\sigma$
0	3	356,3	118,767	0,023
6	3	383,2	127,733	36,083

Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XCV.

Tabla LXIX.     **Análisis de varianza para el parámetro característico viscosidad 0/6**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F
Viscosidad	120,602	1	120,602	6,680
Dentro de los grupos	72,213	4	18,053	
Total	192,815	5		

Fuente: elaboración propia, basado en tabla LV.

En base a la prueba de Fisher:

$$f_{\text{calculada}}(6,680) < f_{\text{teórica}}(7,709): H_0 \text{ Aprobado}$$

Unidad experimental: Formulación 7 y muestra patrón  
 Factor: Viscosidad

Tabla LXX. **Fuente de variación parámetro característico viscosidad 0/7**

Grupos	Cuenta	Suma	$\mu$ (KU)	$\sigma$
0	3	356,3	118,767	0,023
7	3	394,6	131,533	20,323

Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XCV.

Tabla LXXI. **Análisis de varianza para el parámetro característico viscosidad 0/7**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F
Viscosidad	244,482	1	244,482	24,032
Dentro de los grupos	40,693	4	10,173	
Total	285,175	5		

Fuente: elaboración propia, basado en tabla LVII

En base a la prueba de Fisher:

$$f_{\text{calculada}}(24,032) > f_{\text{teórica}}(7,709): \text{Ho Rechazada}$$

Unidad experimental: Formulaci3n 8 y muestra patr3n  
 Factor: Viscosidad

Tabla LXXII. **Fuente de variaci3n par3metro viscosidad 0/8**

Grupos	Cuenta	Suma	$\mu$ (KU)	$\sigma$
0	3	356,3	118,77	0,02
8	3	401,1	133,70	12,73

Fuente: elaboraci3n propia, basado en la tabla XCV.

Tabla LXXIII. **An3lisis de varianza para el par3metro caracter3stico viscosidad 0/8**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F
Viscosidad	334,507	1	334,507	52,458
Dentro de los grupos	25,507	4	6,377	
Total	360,013	5		

Fuente: elaboraci3n propia, basado en tabla LIX.

En base a la prueba de Fisher:

$$f_{\text{calculada}}(54,458) > f_{\text{te3rica}}(7,709): H_0 \text{ Rechazada}$$

En conclusi3n la formulaci3n n3mero 1, 2, 3, 4, 5 y 6 aprueban la hip3tesis nula. Mientras que las formulaciones 7 y 8 la rechazan.

Parámetro característico % NVOC

Unidad experimental: Formulación 1 y muestra patrón

Factor: %NVOC

Tabla LXXIV. Fuente de variación parámetro característico %NVOC 0/1

Grupos	Cuenta	Suma	%NVOC	$\sigma$
0	3	118,370	39,457	0,001
1	3	104,983	34,994	9,032

Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XCVI.

Tabla LXXV. Análisis de varianza para el parámetro característico %NVOC 0/1

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F
%NVOC	29,868	1	29,868	6,613
Dentro de los grupos	18,065	4	4,516	
Total	47,933	5		

Fuente: elaboración propia, basado en tabla LXII.

En base a la prueba de Fisher:

$f_{\text{calculada}}(6,6133) < f_{\text{teórica}}(7,709)$ : Ho aprobado

Unidad experimental:                    Formulación 2 y muestra patrón  
 Factor:                                    %NVOC

Tabla LXXVI.       **Fuente de variación parámetro característico  
 %NVOC 0/2**

<b>Grupos</b>	<b>Cuenta</b>	<b>Suma</b>	<b>%NVOC</b>	<b><math>\sigma</math></b>
0	3	118,370	39,457	0,001
2	3	111,658	37,220	3,679

Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XCVI.

Tabla LXXVII.       **Análisis de varianza para el parámetro  
 característico %NVOC 0/2**

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>
%NVOC	7,507	1	7,507	4,0798
Dentro de los grupos	7,360	4	1,840	
Total	14,867	5		

Fuente: elaboración propia, basado en tabla LXIII.

En base a la prueba de Fisher:

$f_{calculada}(4,0798) < f_{teórica}(7,709)$ : Ho aprobado



Unidad experimental: Formulaci3n 3 y muestra patr3n  
 Factor: %NVOC

Tabla LXXVIII. **Fuente de variaci3n par3metro característico %NVOC 0/3**

Grupos	Cuenta	Suma	%NVOC	$\sigma$
0	3	118,370	39,457	0,001
3	3	116,616	38,872	0,281

Fuente: elaboraci3n propia, basado en la tabla XCVI.

Tabla LXXIX. **An3lisis de varianza para el par3metro característico %NVOC 0/3**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F
%NVOC	0,513	1	0,512	3,635
Dentro de los grupos	0,564	4	0,141	
Total	1,077	5		

Fuente: elaboraci3n propia, basado en tabla LXV.

En base a la prueba de Fisher:

$$f_{\text{calculada}}(3,635) < f_{\text{te3rica}}(7,709): H_0 \text{ aprobado}$$

Unidad experimental:                    Formulación 4 y muestra patrón  
 Factor:                                        % NVOC

Tabla LXXX.       **Fuente de variación parámetro característico  
 % NVOC 0/4**

<b>Grupos</b>	<b>Cuenta</b>	<b>Suma</b>	<b>%NVOC</b>	<b><math>\sigma</math></b>
0	3	118,370	39,457	0,00063
4	3	119,290	39,763	11,3589

Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XCVI.

Tabla LXXXI.       **Análisis de varianza para el parámetro  
 característico %NVOC 0/4**

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>
%NVOC	0,141	1	0,1411	0,0248
Dentro de los grupos	22,719	4	5,6798	
Total	22,860	5		

Fuente: elaboración propia, basado en tabla LXVII

En base a la prueba de Fisher:

$$f_{\text{calculada}}(0,0248) < f_{\text{teórica}}(7,709): \text{Ho aprobado}$$

Unidad Experimental: Formulaci3n 5 y muestra patr3n  
 Factor: %NVOC

Tabla LXXXII. **Fuente de variaci3n par3metro caracter3stico  
 %NVOC 0/5**

Grupos	Cuenta	Suma	%NVOC	$\sigma$
0	3	118,37	39,456	0,001
5	3	120,478	40,159	13,029

Fuente: elaboraci3n propia, basado en la tabla XCVI.

Tabla LXXXIII. **An3lisis de varianza para el par3metro  
 caracter3stico %NVOC 0/5**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F
%NVOC	0,741	1	0,7406	0,1137
Dentro de los grupos	26,059	4	6,5149	
Total	26,800	5		

Fuente: elaboraci3n propia, basado en tabla LXIX.

En base a la prueba de Fisher:

$$f_{\text{calculada}}(0,1137) < f_{\text{te3rica}}(7,709): \text{Ho aprobado}$$

Unidad experimental:                      Formulación 6 y muestra patrón  
 Factor:                                        %NVOC

Tabla LXXXIV.       **Fuente de variación parámetro característico  
 %NVOC 0/6**

<b>Grupos</b>	<b>Cuenta</b>	<b>Suma</b>	<b>%NVOC</b>	<b><math>\sigma</math></b>
0	3	118,370	39,457	0,001
6	3	122,399	40,799	1,413

Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XCVI.

Tabla LXXXV.       **Análisis de varianza para el parámetro  
 característico %NVOC 0/6**

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>
%NVOC	2,705	1	2,7059	3,827
Dentro de los grupos	2,828	4	0,7062	
Total	5,533	5		

Fuente: elaboración propia, basado en tabla LXXI.

En base a la prueba de Fisher:

$$f_{\text{calculada}}(3,8274) < f_{\text{teórica}}(7,709): \text{Ho aprobado}$$

Unidad experimental: Formulación 7 y muestra patrón  
 Factor: %NVOC

Tabla LXXXVI. **Fuente de variación parámetro característico %NVOC**

Grupos	Cuenta	Suma	%NVOC	$\sigma$
0	3	118,37	39,457	0,001
7	3	125,936	41,979	0,368

Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XCVI.

Tabla LXXXVII. **Análisis de varianza para el parámetro característico %NVOC**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F
%NVOC	9,541	1	9,541	51,741
Dentro de los grupos	0,737	4	0,184	
Total	10,278	5		

Fuente: elaboración propia, basado en LXXIII.

En base a la prueba de Fisher:

$$f_{\text{calculada}} 51,7414 > f_{\text{teórica}}(7,709): \text{Ho rechazado}$$

Unidad experimental:                      Formulación 8 y muestra patrón  
 Factor:                                        %NVOC

Tabla LXXXVIII.       **Fuente de variación parámetro %NVOC**

<b>Grupos</b>	<b>Cuenta</b>	<b>Suma</b>	<b>%NVOC</b>	<b><math>\sigma</math></b>
0	3	118,37	39,4567	0,001
8	3	131,169	43,723	5,7047

Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XCVI.

Tabla LXXXIX.       **ANOVA para el parámetro %NVOC**

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>
%NVOC	27,304	1	27,304	9,5716
Dentro de los grupos	11,4106	4	2,8526	
Total	38,7152	5		

Fuente: elaboración propia, basado en tabla LXXV.

En base a la prueba de Fisher:

$$f_{\text{calculada}} 9,5716 > f_{\text{teórica}}(7,709): \text{Ho rechazado}$$

En conclusión la formulación número 1, 2, 3, 4, 5 y 6 aprueban la hipótesis nula. Mientras que las formulaciones 7 y 8 rechazan la Ho.

Parámetro característico tiempo de secado

Unidad experimental: Formulación 1 y muestra patrón

Factor: Tiempo de secado

Tabla XC. **Fuente de variación parámetro característico tiempo de secado 0/1**

Grupos	Cuenta	Suma	t (min)	$\sigma$
0	3	94,68	31,56	1E-04
1	3	59,05	19,683	60,317

Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XCVII.

Tabla XCI. **Análisis de varianza para el parámetro característico tiempo de secado 0/1**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F
Tiempo	211,582	1	211,582	7,0156
Dentro de los grupos	120,635	4	30,158	
Total	332,217	5		

Fuente: elaboración propia, basado en tabla LXXVII.

En base a la prueba de Fisher:

$$f_{\text{calculada}}(7,0156) < f_{\text{teórica}}(7,709): \text{Ho aprobado}$$

Unidad experimental:                    Formulación 2 y muestra patrón  
 Factor:                                        Tiempo de secado

Tabla XCII.       **Fuente de variación parámetro característico tiempo de secado 0/2**

Grupos	Cuenta	Suma	t (min)	$\sigma$
0	3	94,68	31,56	1E-04
2	3	65,58	21,86	51,7053

Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XCVI.

Tabla XCIII.       **Análisis de varianza para el parámetro característico tiempo de secado 0/2**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F
Tiempo	141,135	1	141,135	5,4592
Dentro de los grupos	103,4108	4	25,8527	
Total	244,5458	5		

Fuente: elaboración propia, basado en tabla LXXIX.

En base a la prueba de Fisher:

$$f_{\text{calculada}}(5,4592) < f_{\text{teórica}}(7,709): \text{Ho aprobado}$$



Unidad experimental: Formulaci3n 3 y muestra patr3n  
 Factor: Tiempo de secado

Tabla XCIV. **Fuente de variaci3n par3metro caracter3stico tiempo de secado 0/3**

Grupos	Cuenta	Suma	t (min)	$\sigma$
0	3	94,68	31,56	1E-04
3	3	84,15	28,05	65,1504

Fuente: elaboraci3n propia, basado en la tabla XCVI.

Tabla XCV. **An3lisis de varianza para el par3metro caracter3stico tiempo de secado 0/3**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F
Tiempo	141,135	1	141,135	5,4592
Dentro de los grupos	103,4108	4	25,8527	
Total	244,5458	5		

Fuente: elaboraci3n propia, basado en tabla LXXXI.

En base a la prueba de Fisher:

$$f_{\text{calculada}}(5,4592) < f_{\text{te3rica}}(7,709): \text{Ho aprobado}$$

Unidad experimental: Formulación 4 y muestra patrón

Factor: Tiempo de secado

Tabla XCVI. Fuente de variación parámetro característico tiempo de secado 0/4

Grupos	Cuenta	Suma	t (min)	$\sigma$
0	3	94,68	31,56	1E-04
4	3	93,65	31,216	45,008

Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XCVI.

Tabla XCVII. Análisis de varianza para el parámetro característico tiempo de secado 0/4

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F
Tiempo	0,1768	1	0,1768	0,00785
Dentro de los grupos	90,016	4	22,5041	
Total	90,1932	5		

Fuente: elaboración propia, basado en tabla LXXXIII.

En base a la prueba de Fisher:

$f_{\text{calculada}}(0,0079) < f_{\text{teórica}}(7,709)$ : Ho aprobado

Unidad experimental: Formulaci3n 5 y muestra patr3n  
 Factor: Tiempo de secado

Tabla XCVIII. **Fuente de variaci3n par3metro característico tiempo de secado 0/5**

Grupos	Cuenta	Suma	t (min)	$\sigma$
0	3	94,68	31,56	1E-04
5	3	106,72	35,573	50,8046

Fuente: elaboraci3n propia, basado en la tabla XCVI.

Tabla XCVIX. **Análisis de varianza para el par3metro característico tiempo de secado 0/5**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F
Tiempo	24,1602	1	24,160	0,951
Dentro de los grupos	101,609	4	25,402	
Total	125,769	5		

Fuente: elaboraci3n propia, basado en tabla LXXXV.

En base a la prueba de Fisher:

$$f_{\text{calculada}}(0,9511) < f_{\text{te3rica}}(7,709): \text{Ho aprobado}$$

Unidad experimental:                      Formulación 6 y muestra patrón

Factor:                                        Tiempo de secado

Tabla C.       **Fuente de variación parámetro característico tiempo de secado 0/6**

<b>Grupos</b>	<b>Cuenta</b>	<b>Suma</b>	<b>t (min)</b>	<b><math>\sigma</math></b>
0	3	94,68	31,56	1E-04
6	3	116,69	38,897	82,0136

Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XCVI.

Tabla CI.       **Análisis de varianza para el parámetro característico tiempo de secado 0/6**

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>
Tiempo	80,740	1	80,740	1,9689
Dentro de los grupos	164,027	4	41,007	
Total	244,767	5		

Fuente: elaboración propia, basado en LXXXVII.

En base a la prueba de Fisher:

$$f_{\text{calculada}}(1,969) < f_{\text{teórica}}(7,709): \text{Ho aprobado}$$

Unidad experimental:                      Formulación 7 y muestra patrón  
 Factor:                                        Tiempo de secado

Tabla CII.       **Fuente de variación parámetro característico tiempo de secado 0/7**

Grupos	Cuenta	Suma	t (min)	$\sigma$
0	3	94,68	31,56	1E-04
7	3	134,52	44,84	56,1973

Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XCVI.

Tabla CIII.       **Análisis de varianza para el parámetro característico tiempo de secado 0/7**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F
Tiempo	264,5376	1	264,5376	9,4146
Dentro de los grupos	112,3948	4	28,0987	
Total	376,9324	5		

Fuente: elaboración propia, basado en tabla LXXXIX.

En base a la prueba de Fisher:

$$f_{\text{calculada}}(9,4146) > f_{\text{teórica}}(7,709): \text{Ho rechazado}$$

Unidad experimental:                      Formulación 8 y muestra patrón  
 Factor:                                        Tiempo de secado

Tabla CIV.       **Fuente de variación parámetro característico tiempo de secado 0/8**

Grupos	Cuenta	Suma	t (min)	$\sigma$
0	3	94,68	31,56	1E-04
8	3	160,74	53,58	57,0019

Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XCVI.

Tabla CV.       **Análisis de varianza para el parámetro característico tiempo de secado 0/8**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F
Tiempo	727,3206	1	727,3206	25,519
Dentro de los grupos	114,004	4	28,501	
Total	841,3246	5		

Fuente: elaboración propia, basado en tabla XCI.

En base a la prueba de Fisher:

$f_{calculada}(25,5191) > f_{teórica}(7,709)$ : Ho rechazado

En conclusión la formulación número 1, 2, 3, 4, 5 y 6 aprueban la hipótesis nula: no existe diferencia significativa entre la formulación con pigmento textil y la pintura patrón. Mientras que las formulaciones 7 y 8 rechazan la Ho.

De acuerdo con los análisis de varianzas de un factor realizados, se puede decir que la Ho: no existe diferencia significativa entre la pintura formulada con pigmento azul BGN y la pintura patrón (azul monastral), se aprueba en la formulación 3 y 4, ya que el factor de Fisher es menor al valor teórico para los cuatro parámetros característicos de la pintura látex.





## APÉNDICE 4. DATOS CALCULADOS

Tabla CVI. **Masa en cada muestra de pintura látex con pigmento Azul BGN textil**

Muestra	Masa (g)	Muestra	Masa (g)
1	23,47	5	26,95
	25,94		29,35
	27,02		28,21
2	24,00	6	27,24
	26,60		30,33
	27,69		29,89
3	25,36	7	28,41
	28,69		30,63
	27,25		29,57
4	25,89	8	28,61
	27,98		30,69
	28,97		29,59
Tara	13,49 g	Volúmen	10 mL

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales

Tabla CVII. **Determinación de la densidad en cada muestra de pintura látex con pigmento Azul BGN textil**

Muestra	Densidad (lb/gal)	Media	%Error	Muestra	Densidad (lb/gal)	Media	%Error
1	8,328	10,003	16,530	5	11,233	12,251	2,225
	10,390				13,235		
	11,291				12,284		
2	8,771	10,520	12,212	6	11,475	13,071	9,073
	10,941				14,053		
	11,850				13,686		
3	9,906	11,358	5,226	7	12,451	13,391	11,742
	12,685				14,304		
	11,483				13,419		
4	10,348	11,786	1,651	8	12,618	13,469	12,392
	12,092				14,354		
	12,918				13,436		

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales

Tabla CVIII. **Determinación de la viscosidad en cada muestra de pintura látex con pigmento Azul BGN textil**

Muestra	Viscosidad (KU)	Media	%Error	Muestra	Viscosidad (KU)	Media	%Error
1	117,7	111,6	6,1	5	127,7	124,6	4,9
	111,8				125,8		
	105,3				120,3		

Continuación de la tabla CVIII.

2	118,7	115,1	3,1	6	133,9	127,7	7,5
	111,9				127,4		
	114,6				121,9		
3	112,1	119,9	1,0	7	136,7	131,5	10,7
	125,2				129,5		
	122,5				128,4		
4	124,7	121,1	1,9	8	136,8	133,7	12,5
	120,8				134,5		
	117,8				129,8		

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales.

Tabla CIX. **Determinación del %NVOC en cada muestra de pintura látex con pigmento Azul BGN textil**

Muestra	W1	W2	W3	S	%V	%NVOC	%NVOC	%Error
1	15,95	16,13	19,32	0,57	68,42	31,58	34,99	11,348%
	15,96	16,13	19,33	0,47	63,83	36,17		
	15,95	16,13	19,32	0,47	62,77	37,23		
2	15,76	15,94	19,17	0,51	64,71	35,29	37,22	5,711%
	16,14	16,32	19,5	0,46	60,87	39,13		
	15,95	16,13	19,325	0,47	62,77	37,23		
3	15,84	16,10	19,4	0,66	60,61	39,39	38,87	1,524%
	15,82	16,05	19,32	0,60	61,67	38,33		
	15,83	16,08	19,36	0,63	61,11	38,89		
4	15,78	16,03	19,26	0,58	56,90	43,10	39,76	0,734%
	15,8	16,00	19,25	0,55	63,64	36,36		
	15,79	16,02	19,255	0,57	60,18	39,82		

Continuación de la tabla CIX.

5	16,27	16,43	19,61	0,44	63,64	36,36	40,16	1,737%
	16,1	16,37	19,62	0,62	56,45	43,55		
	16,185	16,40	19,615	0,53	59,43	40,57		
6	16,14	16,35	19,57	0,53	60,38	39,62	40,80	3,359%
	16,08	16,29	19,48	0,50	58,00	42,00		
	16,11	16,32	19,525	0,51	59,22	40,78		
7	16,04	16,27	19,48	0,54	57,41	42,59	41,98	6,346%
	16,03	16,27	19,51	0,58	58,62	41,38		
	16,035	16,27	19,495	0,56	58,04	41,96		
8	15,99	16,23	19,47	0,58	58,62	41,38	43,72	10,765%
	16,25	16,49	19,67	0,52	53,85	46,15		
	16,12	16,36	19,57	0,55	56,36	43,64		

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales

Tabla CX. **Determinación del tiempo de secado en cada muestra de pintura látex con pigmento Azul BGN textil**

Muestra	Tiempo			Muestra	Tiempo		
	(min)	Media	%Error		(min)	Media	%Error
1	14,14	19,683	52,639	5	34,25	35,573	14,405
	16,35				43,27		
	28,56				29,2		
2	15,37	21,860	47,401	6	37,5	38,897	6,408
	29,59				30,62		
	20,62				48,57		

Continuación de la tabla CX.

3	19,37	28,050	32,507	7	37,17	44,840	7,892
	29,45				52,15		
	35,33				45,2		
4	25,13	31,217	24,888	8	45,56	53,580	28,922
	38,41				54,63		
	30,11				60,55		

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales

Tabla CXI. **Determinación de la luminosidad, matiz y saturación mediante el método de CIE Lab D50 en la muestra patrón**

Corrida	L	A	B
1	66,11	10,60	-29,36
2	65,73	11,42	-30,71
3	64,48	11,31	-30,71
4	63,77	10,49	-29,49
5	65,79	11,31	-30,27
6	63,56	10,97	-31,08
7	63,79	11,23	-31,23
8	62,42	10,70	-31,28

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales.

Tabla CXII. **Determinación de la luminosidad, matiz y saturación mediante el método de CIE Lab D50 en cada muestra de pintura látex con pigmento Azul BGN textil**

<b>Muestra</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>
1	87,48	3,14	-11,38
2	83,08	3,92	-11,42
3	83,10	3,98	-14,75
4	82,80	4,54	-15,95
5	81,84	4,09	-14,59
6	82,14	4,75	-15,31
7	80,22	4,86	-16,57
8	78,72	5,12	-17,30

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales.

Tabla CXIII. **Determinación de la diferencia de color entre cada muestra de pintura látex con pigmento azul BGN textil y la muestra estándar**

<b>Muestra</b>	<b>dE*</b>	<b>Muestra</b>	<b>dE*</b>
1	28,91	5	23,57
2	27,01	6	25,15
3	25,60	7	22,92
4	24,10	8	22,19

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales.

Tabla CXIV. **Determinación del porcentaje de contenido en volúmen de pigmento azul BGN en cada muestra de pintura látex**

<b>Muestra</b>	<b>%CVP</b>
1	93,954
2	83,928
3	75,952
4	69,456
5	64,062
6	59,512
7	55,623
8	52,260

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales.





## **ANEXO 1**

---

### **NORMAS ASTM Y NTC**





# Standard Test Method For Density of Paint, Varnish, Lacquer, and Related Products<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation D 1475, the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This method has been approved for use by agencies of the Department of Defense to replace Method 4184.1 of Federal Test Method Standard No. 141A and for listing in the DoD Index of Specifications and Standards.*

## 1. Scope

1.1 This test method covers the measurement of density of paints, varnishes, lacquers, and components thereof, other than pigments, when in fluid form.

1.2 *This standard may involve hazardous materials, operations, and equipment. This standard does not purport to address all of the safety problems associated with its use. It is the responsibility of whoever uses this standard to consult and establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

## 2. Referenced Document

### 2.1 ASTM Standard:

E 380 Practice for Use of the International System of Units (SI) (the Modernized Metric System)<sup>2</sup>

## 3. Definition

3.1 *density*—the mass (weight in vacuum) of a unit volume of the liquid at any given temperature. In this method, it is expressed as the weight in grams per millilitre, or as the weight in pounds avoirdupois of one U. S. gallon, of the liquid at the specified temperature; in the absence of other temperature specification, 25°C is assumed.

## 4. Summary of Method

4.1 The accurately known absolute density of distilled water at various temperatures (Table 1) is used to calibrate the volume of a container. The weight of the paint liquid contents of the same container at the standard temperature (25°C) or at an agreed-upon temperature is then determined and density of the contents calculated in terms of grams per millilitre, or pounds per gallon at the specified temperature.

## 5. Significance and Use

5.1 Density is weight per unit volume. It is a key property in the identification, characterization, and quality control of a wide range of materials. Density measurements in terms of weight per gallon are commonly used to check paint quality. If the density is not within specification, there is a good chance that there was a mischarge or other serious problem.

5.2 This test method is suitable for the determination of density of paint and related products and components when

in liquid form. It is particularly applicable when the fluid has too high a viscosity or when a component is too volatile for a density balance determination.

5.3 This test method provides for the maximum accuracy required for hiding power determinations. It is equally suitable for work in which less accuracy is required, by ignoring the directions for recalibration and consideration of temperature differentials, and using the container as a "weight-per-gallon" cup.

## 6. Apparatus

6.1 *Pycnometer*—Any type, or weight-per-gallon cup, having a capacity of from 20 to 100 mL, may be used, provided that it may be filled readily with a viscous liquid, adjusted to exact volume, and covered to exclude loss of volatile matter.

6.2 *Thermometers*, graduated in 0.1°C, such as are supplied with glass pycnometers.

6.3 *Constant-Temperature Bath*, held at  $25 \pm 0.1^\circ\text{C}$  is desirable.

6.4 *Laboratory Analytical Balance*.

NOTE 1—The usual weight-per-gallon cup and similar specialized pycnometers may have filled weights that exceed the capacity of the usual laboratory analytical balance. In such cases, use of a hanging pan, triple-beam balance, with scales graduated to 0.01 g has been found to provide results the mean of which was consistent with the overall precision and accuracy of the method.

6.5 *Desiccator and Desiccated Balance*, or a room of reasonably constant temperature and humidity are desirable.

## 7. Calibration of Pycnometer or Cup

7.1 Determine the volume of the container at the specified temperature by employing the following steps:

7.1.1 Clean and dry the container and bring it to constant weight. Chromic acid (see 7.1.1.1) cleaner and nonresidual solvents may be used with glass containers and solvents with metal containers. For maximum accuracy, continue rinsing, drying, and weighing until the difference between two successive weighings does not exceed 0.001 % of the weight of the container. Fingerprints on the container will change the weight and must be avoided. Record the weight, *M*, in grams.

7.1.1.1 Chromic acid cleaning solution is corrosive to skin, eyes and mucous membranes and can cause severe burns. Avoid contact with eyes, skin or clothing. In making dilute solution, always add acid to water with care. In case of contact, flush skin with water, using a shower if exposure is severe. Flush eyes for 15 minutes with copious amounts of water. Immediately call a physician. Remove clothing imme-

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D-1 on Paint and Related Coatings and Materials and is the direct responsibility of Subcommittee D01.24 on Physical Properties of Liquid Paints and Paint Materials.

Current edition approved May 31, 1985. Published July 1985. Originally published as D 1475 - 57 T. Last previous edition D 1475 - 60 (1980f).

<sup>2</sup> *Annual Book of ASTM Standards*, Vol. 14.02.

TABLE 1 Absolute Density of Water, g/mL

°C	Density
15	0.999127
16	0.998971
17	0.998772
18	0.998623
19	0.998433
20	0.998231
21	0.998020
22	0.997798
23	0.997566
24	0.997324
25	0.997072
26	0.996811
27	0.996540
28	0.996260
29	0.995972
30	0.995684

diately and wash before reuse. Chromic acid cleaning solution is a strong oxidizer. Avoid contact with organic or reducing substances as a fire could result. See supplier's Material Safety Data Sheet for further information.

7.1.2 Fill the container with freshly boiled distilled water at a temperature somewhat below that specified. Cap the container, leaving the overflow orifice open. Immediately remove excess overflowed water or water held in depressions by wiping dry with absorbent material. Avoid occluding air bubbles in the container.

7.1.3 Bring the container and contents to the specified temperature using the constant-temperature bath or room if necessary. This will cause further slight flow of water from the overflow orifice due to the expansion of the water with the rise of the temperature.

7.1.4 Remove the excess overflow by wiping carefully with absorbent material, avoiding wicking of water out of orifice, and immediately cap the overflow tube where such has been provided. Dry the outside of the container, if necessary, by wiping with absorbent material. Do not remove overflow that occurs subsequent to the first wiping after attainment of the desired temperature (Note 2). Immediately weigh the filled container to the nearest 0.001 % of its weight (Note 3). Record this weight,  $N$ , in grams.

NOTE 2—Handling the container with bare hands will increase the temperature and cause more overflow from the overflow orifice, and will also leave fingerprints; hence, handling only with tongs and with hands protected by clean, dry, absorbent material is recommended.

NOTE 3—Immediate and rapid weighing of the filled container is recommended here to minimize loss of weight due to evaporation of the water through orifices, and from overflow subsequent to the first wiping after attainment of temperature where this overflow is not retained by a cap.

7.1.5 Calculate the container volume as follows:

$$V = (N - M)/\rho$$

where:

$V$  = volume of container, mL,

$N$  = weight of container and water, g (7.1.4),

$M$  = weight of dry container, g (7.1.1), and

$\rho$  = absolute density of water at specified temperature, g/mL (see Table 1).

7.1.6 Obtain the mean of at least three determinations.

## 8. Procedure

8.1 Repeat the steps in Section 7, substituting the sample for the distilled water and a suitable nonresidual solvent for the acetone or alcohol (see 7.1.2 and Note 4). Record the weight of the filled container,  $W$ , and the weight of the empty container,  $w$ , in grams.

NOTE 4—Trapping of paint liquids in ground glass or metal joints is likely to result in high values of density that appear to increase with the viscosity and density of the material; such errors should be minimized by firm seating of the joints.

8.2 Calculate the density in grams per millilitre as follows:

$$D_m = (W - w)/V$$

where:

$D_m$  = density, g/mL.

8.3 Calculate the density in pounds per gallon as follows:

$$D = (W - w)K/V$$

where:

$D$  = density, lb/gal.

$K$  = 8.3454 (Note 5), and

$V$  = volume of container, mL (see 7.1.6).

NOTE 5—The factor  $K$ , 8.3454, is calculated from volume-weight relationship as follows:

$$8.345404 = [(2.54)^3 \times (231.00)]/(453.59237)^2$$

$(2.54)^3$  is the conversion factor for millilitres to cubic inches.

$231.00$  is the conversion factor for cubic inches to gallons.

$453.59237$  is the conversion factor for grams to pounds.

## 9. Report

9.1 In reporting the density, state the test temperature to the nearest 0.1°C, the units, and the value calculated to third place to the right of the decimal point (for example = x.xxx lb/gal at 25°C); state the mean, the range, and number of replicate determinations.

## 10. Precision and Bias

10.1 The precision estimates are based on an interlaboratory study in which one operator in each of six different laboratories analyzed in duplicate on two different days samples of paint ranging in density from 8.5 to 12.5 lbs. The results were analyzed statistically in accordance with Practice E 180. The within-laboratory coefficient of variation was found to be 0.20 % relative with 25 degrees of freedom and the between-laboratory coefficient of variation was 0.61 % relative with 20 degrees of freedom. Based on these coefficients, the following criteria should be used for judging the acceptability of results at the 95 % confidence level.

10.1.1 *Repeatability*—Two results, each the mean of duplicate determinations, obtained by the same operator on different days should be considered suspect if they differ more than 0.6 % relative.

10.1.2 *Reproducibility*—Two results, each the mean of duplicate determinations, obtained by operators in different laboratories should be considered suspect if they differ more than 1.8 % relative.

10.2 No data on bias has been generated for this method.

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103.

he sample  
solvent for  
record the  
the empty

etal joints  
ase with the  
minimize

as follows

as follows

ume-weight

e inches  
allons.  
nds.

erature  
ted to the  
ample,  
, and the

terlabor  
differen  
fi  
ga  
nce will  
variatio  
freedo  
tion w  
on the  
r judg  
evel:  
an of d  
rator  
differ

mean  
differ  
differ

metho





# Standard Test Methods for Drying, Curing, or Film Formation of Organic Coatings at Room Temperature<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation D 1640; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense. Consult the DoD Index of Specifications and Standards for the specific year of issue which has been adopted by the Department of Defense.*

<sup>1</sup>NOTE—Editorial changes were made throughout in April 1989.

## 1. Scope

1.1 These test methods cover the determination of the various stages and rates of film formation in the drying or curing of organic coatings normally used under conditions of ambient room temperature.

1.2 *This standard may involve hazardous materials, operations, and equipment. This standard does not purport to address all of the safety problems associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

## 2. Referenced Documents

### 2.1 ASTM Standards:

- D202 Methods of Sampling and Testing Untreated Paper Used for Electrical Insulation<sup>2</sup>
- D823 Test Methods for Producing Films of Uniform Thickness of Paint, Varnish, and Related Products on Test Panels<sup>3</sup>
- D1005 Test Methods for Measurement of Dry-Film Thickness of Organic Coatings Using Micrometers<sup>2</sup>
- D2091 Test Method for Print Resistance of Lacquers<sup>2</sup>

### 2.2 U.S. Government Standards:

- Fed. Spec. No. CCC-C-440, Cheesecloth<sup>4</sup>
- Fed. Spec. No. CCC-C-419b, Type III, Army Duck<sup>4</sup>

### 2.3 TAPPI Standards:<sup>5</sup>

- T402 Standard Conditioning and Testing Atmospheres for Paper, Board, Pulp Handsheets, and Related Products

## 3. Significance and Use

3.1 These test methods are used to determine the various stages and rates of drying, curing, and film formation of organic coatings for the purpose of comparing types of

coatings or ingredient changes, or both. This is significant in the development of organic coatings for various end uses and also for production quality control.

## 4. Coatings and Recommended Film Thicknesses

4.1 Whenever tests are to be performed on coatings not listed in Table 1, there should be a prior agreement between the purchaser and seller as to the substrate, film thickness, and application method for testing the specific coating involved.

## 5. Test Conditions

5.1 Conduct all drying tests in a well-ventilated room or chamber, free from direct drafts (Note 1), dust, products of combustion, laboratory fumes and under diffused light (see 5.4). Make all measurements at a temperature of  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  and  $50 \pm 5\%$  relative humidity with the coated panels in a horizontal position while drying.

NOTE 1—A device to equalize air change conditions has been developed by F. Seefield.<sup>6</sup> Relative humidity should be controlled for moisture-cured and two-package urethane coatings, since their cure is greatly affected by the existing moisture conditions.

5.2 Tests should be carried out at practical viscosities at which films can be applied to the proper film thickness with resultant good flow and leveling properties. In the absence of any specific material specification, instructions for preparation of the film should be determined and agreed upon between the purchaser and the seller.

5.3 Films to be tested should have practical thicknesses commensurate with performance characteristics expected under actual usage for the type under test. All testing should be done within an area, any point of which is not less than  $1/8$  in. (15 mm) from the film edge.

5.4 *Light Conditions*—Illumination of the films during the entire drying test period should be about 25 ft-candles (270 lx) from normal laboratory or sky sources, never from direct sunlight or other sources high in nonvisible radiant energy.

## 6. Preparation of Test Specimens

6.1 Carry out all tests as described in 6.1.1, 6.1.2 and 6.1.3, unless otherwise noted.

<sup>1</sup> These test methods are under the jurisdiction of ASTM Committee D-1 on Paint and Related Coatings and Materials and are the direct responsibility of Subcommittee D01.33 on Polymers and Resins.

Current edition approved March 25, 1983. Published July 1983. Originally published as D 1640 - 59 T. Last previous edition D 1640 - 69 (1974).

<sup>2</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vols 10.01 and 15.09

<sup>3</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 06.01.

<sup>4</sup> Available from Naval Publications and Forms Center, 5801 Tabor Ave., Philadelphia, PA 19103.

<sup>5</sup> Available from Technical Association of the Pulp and Paper Industry, Technology Park, P.O. Box 105113, Atlanta, GA 30348.

<sup>6</sup> Gardner and Swarc, *Paint Testing Manual*, ASTM STP 500, ASTM, 13th edition, 1972, p. 269.

6.1.1 All test specimens shall be prepared and tested by one operator properly skilled in the methods to be used. Apply the specimens in duplicate at a time arranged so that examination intervals will fall within the normal working hours of the operator.

6.1.2 Apply the materials to be tested on clean glass panels or other specific substrate of suitable dimensions agreed upon between the purchaser and the seller. Ground-glass plates are more suitable for certain types of coatings that tend to crawl, such as low-viscosity drying oils. Suitable plates can be prepared by roughening the surface of polished glass by grinding a paste of silicon carbide (grit 1-F) and water between two glass plates.

6.1.3 The test films preferably shall be cast with a doctor blade having a clearance sufficient to give the recommended dry film thickness indicated in Table 1. When a suitable doctor blade is not available, or it has been agreed upon to apply the film in some other manner, the various conventional and automatic methods of spray, dip, flow, and brush application may be used, provided dry film thicknesses conform to the requirements given in Table 1. See Test Methods D 823 for a description of the spray and dip methods of application.

6.1.4 Measure the dry film thickness of test films with the proper film thickness gage. This shall be a micrometer, dial comparator, or dial indicator as described in Test Methods D 1005. When plates of small area are used, measurement of dry film thickness can be made by weighing plates before and after coating and calculating from plate area and coating solids.

7. Procedure

7.1 When test methods or end points other than those listed in 7.2 to 7.9 are used, there shall be a prior agreement between the purchaser and the seller.

7.2 *Set-To-Touch Time*—To determine set-to-touch time, lightly touch the test film with the tip of a clean finger and immediately place the fingertip against a piece of clean, clear glass. Observe if any of the coating is transferred to the glass. For the purpose of this test, the pressure of the fingertip against the coating shall not be greater than that required to transfer a spot of the coating from 1/8 to 3/16 in. (3 to 5 mm) in cross section. The film is set-to-touch when it still shows a tacky condition, but none of it adheres to the finger.

7.3 *Dust-Free Times:*

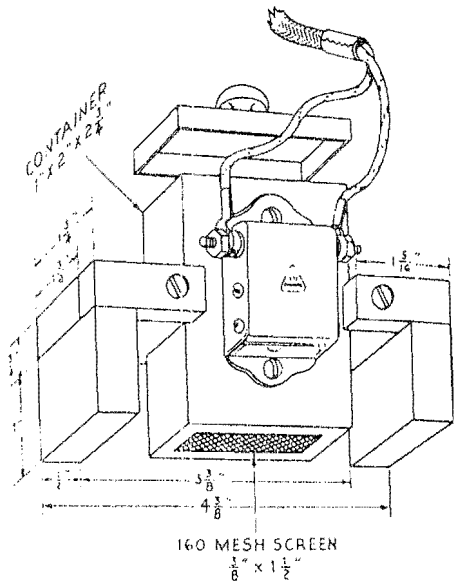
7.3.1 *Cotton Fiber Test Method*—Separate a number of individual fibers from a mass of absorbent cotton with the

TABLE 1 Recommended Film Thickness of Materials to be Tested<sup>a</sup>

Material	Dry Film Thickness
Drying oils	1.25 ± 0.25 mil (32 ± 6 μm) <sup>b</sup>
Varnishes	1 ± 0.1 mil (25 ± 2 μm) (See 7.3.2)
Lacquers	0.5 ± 0.1 mil (12.5 ± 2 μm) (See 7.4.2)
Resin solutions	0.5 ± 0.1 mil (12.5 ± 2 μm)
Enamels	1.5 ± 0.25 mil (36.5 ± 6 μm)
Oil paints	1.8 ± 0.2 mil (45 ± 2.5 μm) (see 6.2)
Water paints	1 ± 0.1 mil (25 ± 2 μm)

<sup>a</sup> This table is a general guide to be used when nothing more specific is agreed upon between the purchaser and the seller.

<sup>b</sup> See 6.2 and 7.4.1. Add driers a minimum of 24 h before test



NOTE—1 in. = 25.4 mm.

FIG. 1 Typical Dust-Free Tester

aid of tweezers. At regular drying intervals, drop seven cotton fibers from a height of 1 in. (25 mm) on a marked section of the film. The film is considered to be dust free when the cotton fibers can be removed by blowing lightly over the surface of the film.

7.3.2 *Powder Test Method*—Deposit finely divided calcium carbonate (pigment grade) on the film at defined intervals during the drying period and, after the film is dried tack-free, remove by blowing with a gentle stream and wiping with a soft rag or camel-hair brush. The coating is considered dust-free at the time interval when the pigment can be removed completely.

7.3.2.1 Deposit the calcium carbonate from a box through a 160-mesh screen in a pattern 1 1/2 in. (40 mm) long and 1 in. (10 mm) wide. Fasten a vibrator to the side of the container to facilitate the passage of the pigment through the screen in a uniform pattern. Support the apparatus so that there is a clearance of about 1/8 in. (3 mm) between the vibrator and the test film. Figure 1 shows a typical dust-free pattern and Fig. 2 shows the pattern obtained in testing an enamel. The enamel shown is considered dust free at a 4 1/2-h rating.

7.4 *Tack-Free Times:*

7.4.1 *Paper Test Method:*

7.4.1.1 *Test Paper*—The test paper shall be K-4 Cable Paper<sup>8</sup> that when conditioned in accordance with TAPPI Standard Method T 402, conforms to the following requirements:

<sup>7</sup> The dust-free tester was designed and built by Technical Subcommittee of the New York Paint and Varnish Production Club and is described in "Revision of Methods of Measuring Drying Time," *Official Digest*, Federation of Paint and Varnish Production Clubs, No. 286, November 1948, pp. 836-843. This also includes a study of the Zapon tack tester.

<sup>8</sup> Paper meeting these requirements may be obtained from Crocker-Phillips Papers, Inc., 431 Westminster St., Fitchburg, MA 01420, their Grade



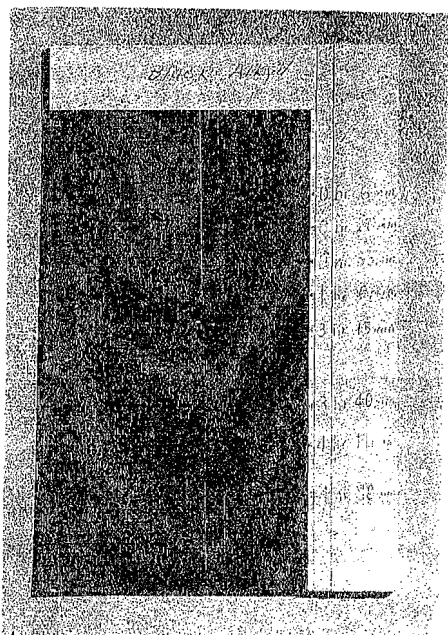


FIG. 2 Example Pattern from Dust-Free Drying Time Test

Basis weight (24 by 36/500), lb	90 ± 5
Thickness, mils (μm)	6.65 (171)
Air resistance (s/100 cm <sup>2</sup> /in. <sup>2</sup> )	350
Coefficient of static friction <sup>a</sup>	0.5
Friction angle, °	22
Tensile strength, machine direction/cross direction	119/32
Tear, machine direction/cross direction	180/250
Elongation, machine direction/cross direction, %	3.0/7.0
pH of water extract	7.4
Ash content, max. %	0.6

<sup>a</sup> All tests except this one shall be run in accordance with Test Method D 202. All values for properties are typical values and not specification limits.

7.4.1.2 Lay a 2 by 3-in. (50 by 75-mm) piece of the special test paper on the film and place upon it a steel cylinder 2 in. in diameter, and of such weight 6.28 lb. (2.85 kg), as to produce a pressure of 2 psi (13.8 kPa). At the end of 5 s, remove the cylinder and invert the test panel. The film is considered free from after-tack when the paper drops off of the test film within 10 s.

7.4.2 A variation of the test method described in 7.4.1 using the same test paper can be used to test the tack-free time of insulating varnishes. In this method the piece of paper shall be 1½ in. (40 mm) in width and 6 in. (150 mm) in length. The varnish is considered tack-free when this strip of paper does not adhere to it when it is pressed on the surface of the varnish for 1 min by a cylindrical 1-lb (450-g) weight, 1 in. (25 mm) in diameter. In this test, apply the paper in the vicinity of the center of the specimen at right angles to the length of the coated specimen.

7.4.3 *Mechanical Test Method (Tack Tester)*<sup>9</sup>—The tack tester to be used in this method comprises essentially a base or surface-contacting portion 1-in. (25-mm) square and a counter-balancing portion 1 by 2 in. (25 by 50 mm) in area. Both portions are made up from a continuous metal strip

0.016 to 0.018 in. (0.41 to 0.46 mm) in thickness. To prepare the apparatus for use (see 7.4.3.1), fit the base with several thicknesses of masking tape and paper strips to provide a means of attaching the aluminum foil and so adjust the angle of the 1 by 2-in. counter-balancing strip so that a weight of 5 g placed in the geometric center of the base portion is just sufficient to overcome the unbalanced force.

7.4.3.1 The tester is prepared for use by carrying out the following steps in sequence:

(1) Wrap the metal base with three thicknesses of masking tape, sticky side out.

(2) Cover the outer layer with a good grade of paper, except for two exposed strips, equally spaced, about ¼ by 1 in. (6.4 by 25 mm) in area on the top of the tester, and

(3) Cover the paper on the contact side of the base with one thickness of pressure-sensitive cellulose tape previously fixed to the metal base of the tester. The cellulose tape serves two purposes:

First, to pull the layers of masking tape firmly against the front of the metal base, and

Second, to provide a smooth surface for the foil. Attach the aluminum foil to the base of the tester by pressing gently but firmly a 1 by 2-in. (25 by 50-mm) piece of foil, 0.0005 in. (13 μm) in thickness against one of the ¼ by 1-in. (6.4 by 25-mm) exposed strips of masking tape on the top surface of the base. Wrap the foil tightly and smoothly around the base, exposing the shiny side, and finally press the outer end gently against the remaining exposed strip of masking tape. When it finally becomes necessary to replace wrinkled or soiled aluminum foil, the ends are easily removed from the masking tape by exerting a slow, even, upward pull sufficient to overcome the tack of the tape without tearing the foil.

7.4.3.2 A film is considered to have dried tack-free when the tack tester tips over immediately on removing a 300-g weight allowed to act for 5 s on the counter-weighted metal square base fitted with masking tape and aluminum foil.

#### 7.5 Dry-To-Touch Time:

7.5.1 *Drying Oils*—Continue testing after the set-to-touch time has been observed. The film is considered dry when it no longer adheres to the finger and does not rub up appreciably when the finger is lightly rubbed across the surface.

7.5.2 *Lacquers (and Sealers)*—Touch the film lightly at varying intervals of time. The film is considered dry when no pronounced marks are left by the finger touching the film in the same area on each observation. Test sealers on wood or other porous substrates as agreed upon between the purchaser and the seller.

#### 7.6 Dry-Hard Time:

7.6.1 With the end of the thumb resting on the test film and the forefinger supporting the test panel, exert a maximum downward pressure (without twisting) of the thumb on the film. Lightly polish the contacted area with a soft cloth. The film is considered dry-hard when any mark left by the thumb is completely removed by the polishing operation.

#### 7.7 Dry-Through (or Dry-To-Handle) Time:

7.7.1 Place the test panel in a horizontal position at a height such that when the thumb is placed on the film, the arm of the operator is in a vertical line from the wrist to the shoulder. Bear down on the film with the thumb, exerting the maximum pressure of the arm, at the same time turning

<sup>9</sup>The standard tack tester is fully described in the U. S. Patent 2,406,989, Sept. 1946.

the thumb through an angle of 90° in the plane of the film. The film is considered dry-through or dry-to-handle when there is no loosening, detachment, wrinkling, or other evidence of distortion of the film.

7.8 Dry-To-Recoat:

7.8.1 A film is considered dry for recoating when a second coat or specified topcoat can be applied without the development of any film irregularities such as lifting or loss of adhesion of the first coat, and the dry time of the second coat does not exceed the maximum specified (if any) for the first coat.

7.9 Print-Free Time:

NOTE 2—This procedure is similar to Test Method D 2091, except that the time to reach the print-free condition is determined, while Test Method D 2091 is used to evaluate whether a film is print free at a specified time.

7.9.1 Test Panels—Apply the material under test to clean plane panels, at least 3 by 6 in. (75 by 150 mm) in size, made of wood, metal, glass, plastic or other material as agreed upon between the purchaser and the seller.

7.9.2 Imprinting Fabric—Eight-ounce Army duck conforming to Type III of U.S. Fed. Spec. No. CCC-C-419b or cheesecloth conforming to Fed. Spec. No. CCC-C-440.

7.9.2.1 A pad should be used with the cheesecloth only, made of nonwoven felt cloth at least 0.05 in. (1.3 mm) thick, weighing 7 oz/yd<sup>2</sup> (0.24 kg/m<sup>2</sup>) and larger than the plane end of the weight.

7.9.3 Weights—Consisting of metal cylinders not less than 2 in. (50 mm) in diameter with plane ends perpendicular to the axis and of a length to give a pressure of 1/2 or 1 lb/in.<sup>2</sup> (3.5 or 6.9 kPa).

7.9.4 Procedure:

7.9.4.1 Apply the test material to several of the specified or agreed-upon panels by a film applicator, or other specified method, as described in Test Methods D 823 in either single or multiple coats, as agreed upon between the purchaser and

the seller. In the absence of a specified dry film thickness, values listed in Table 1 should be used.

7.9.4.2 Allow the coated panels to dry under the conditions specified in Section 5, unless otherwise agreed. At appropriate intervals, starting shortly before the coating is expected to be print-free, carry out the print-free test described in Test Method D 2091, comparing the appearance with the photographic standards appearing there until the test shows the coating to be print-free.

8. Frequency of Testing

8.1 It is suggested that test intervals be set at periods approximately 10 % of the total test time. If frequency varies considerably from the 10 % interval or such time interval is impractical, the intervals used shall be reported.

9. Report

9.1 Reports of tests shall include all applicable conditions that deviated from the standards as outlined or specified conditions or tests used and the results of the test.

10. Precision

10.1 Because of the subjective nature of the drying tests, the agreement to be expected between laboratories depends upon their understanding of the terms used, and is difficult to establish with certainty. Within any laboratory the agreement depends upon the material being tested, since coatings being much sharper in their end point than others but duplicate determinations should agree within 10 % of time of drying.<sup>10</sup>

11. Keyword

11.1 drying time

<sup>10</sup> See Prane, J. W., "A Latin Square Drying Time Study," *Paint Industry Magazine* (August 1961), for a study of precision of drying time measurement.

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103

1. Se  
1.1  
durat  
1.2  
ations  
addre  
the re  
applic  
applic  
ef  
2.1  
D 96  
Pig  
2.2  
MIL-  
3. App:  
3.1 A  
1/2 in. (7  
1/4-in. (6  
3.2 F  
3.3 S  
3.4 B  
3.5 T  
coil leng  
NOTE 1  
with Milit  
aluminum  
if C  
alut  
pa  
4.1 W  
0.1 g, pri  
This test  
and Related  
mittee D 01.3  
Current ed  
Sections 56-6  
Annual I  
Available  
Philadelphia,

APPENDIX

(Nonmandatory Information)

X1.1 Oven residence time of 20 min for the paint test specimen at 110 ± 5°C was the original procedure for this test method. For information purposes, the precision statements for 20-min residence time are:

X1.1.1 The precision estimates are based on an interlaboratory study in which 1 operator in each of 15 laboratories analyzed in duplicate on 2 different days 7 samples of water-based paints and 8 samples of solvent-based paints containing from 35 to 72 % volatile material. The paints were commercially supplied. The results were analyzed statistically in accordance with Practice E 180. The within-laboratory coefficient of variation was found to be 1.1 %

relative at 193 degrees of freedom and the between-laboratories coefficient of variation was 2.5 % relative at 193 degrees of freedom. Based on these coefficients the following criteria should be used for judging the acceptability of results at the 95 % confidence level.

(a) *Repeatability*—Two results each the mean of duplicate determinations, obtained by the same operator on different days, should be considered suspect if they differ by more than 2.9 % relative.

(b) *Reproducibility*—Two results, each the mean of duplicate determinations, obtained by operators in different laboratories should be considered suspect if they differ by more than 7.1 % relative.

*The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103.*





## Standard Test Method for Volatile Content of Coatings<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation D 2369; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This test method has been approved for use by agencies of the Department of Defense to replace Method 404 1.1 of Federal Test Method Standard No. 141A and for listing in the DoD Index of Specifications and Standards.*

<sup>1</sup> NOTE—Paragraph 7.3 was editorially corrected and the designation date was changed June 10, 1987.

<sup>2</sup> NOTE—The references to notes and sections in 1.4, 7.2, and 7.3 were editorially corrected in December 1988.

### 1. Scope

1.1 This test method describes a procedure for the determination of the weight percent volatile content of solvent-reducible and water-reducible coatings. Test specimens are heated at  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  for 60 min.

1.2 Sixty minutes at  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  is a general purpose test method based on the precision obtained with both solvent-reducible and water-reducible coatings (see Section 9). These coatings (single package, heat cured) are commonly applied in factories to automobiles, metal containers, flat (coil) metal and large appliances, and many other metal parts.

NOTE 1—Testing at  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  for 20 min was utilized for the establishment of the original test method in 1965. Precision data are not available and may not have been properly generated at the time. The nine paints tested then were all solvent-reducible. These conditions, 20 min at  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ , are no longer satisfactory for the determination of the volatile content of many coatings being tested at the present time. Water-reducible and solvent-reducible coatings were tested in the development of Test Method D 2369 using  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  for 60 min and 20 min for which precision data have been generated. See Appendix for precision statements on the 20-min oven residence time.

1.3 This test method does not cover multi-package coatings wherein one or more parts may, at ambient conditions, contain liquid coreactants that are volatile until a chemical reaction has occurred with another component of the multipackage coating.

1.4 This test method may not be applicable to all types of coatings such as printing inks, and other procedures may be substituted with mutual agreement of the producer and user. See Note 3.

1.5 *This standard may involve hazardous materials, operations, and equipment. This standard does not purport to address all of the safety problems associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. A specific hazard statement is given in 7.3.1.*

### 2. Referenced Documents

#### 2.1 ASTM Standards:

D 343 Specification for 2-Ethoxyethyl Acetate (95 Grade)<sup>2</sup>

D 362 Specification for Industrial Grade Toluene<sup>3</sup>

D 1193 Specification for Reagent Water<sup>3</sup>

E 145 Specification for Gravity Convection and Forced Ventilation Ovens<sup>4</sup>

E 180 Practice for Determining the Precision Data of ASTM Methods for Analysis and Testing of Industrial Chemicals<sup>5</sup>

### 3. Summary of Test Method

3.1 A designated quantity of coating specimen is weighed into an aluminum foil dish containing 3 mL of an appropriate solvent, dispersed, and heated in an oven at  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  for 60 min. The percent volatile is calculated from the loss in weight.

### 4. Significance and Use

4.1 This test method is the procedure of choice for determining volatiles in coatings for the purpose of calculating the volatile organic content in coatings under specified test conditions. The inverse value, nonvolatile, is used to determine the weight percent solids content. This information is useful to the paint producer and user and to environmental interests for determining the volatiles emitted by coatings.

### 5. Apparatus

5.1 *Aluminum Foil Dish*, 58 mm in diameter by 18 mm high with a smooth (planar) bottom surface. Precondition the dishes for 30 min in an oven at  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  and store in desiccator prior to use.

5.2 *Forced Draft Oven*, Type IIA or Type IIB as specified in Specification E 145.

5.3 *Syringe*, 5-mL, capable of properly dispensing coating under test at sufficient rate that the specimen can be dissolved in the solvent (see 7.2).

5.4 *Test Tube*, with new cork stopper.

5.5 *Weighing or Dropping Bottle*.

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D-1 on Paint and Related Coatings and Materials and is the direct responsibility of Subcommittee D01.21 on Chemical Analysis of Paints and Paint Materials.

Current edition approved June 10, 1987. Published August 1987. Originally published as D 2369 - 65 T. Last previous edition D 2369 - 86.

<sup>2</sup> Discontinued; see 1987 Annual Book of ASTM Standards, Part 29.

<sup>3</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 06.03.

<sup>4</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

<sup>5</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 15.05.

Reage.

6.1 Pu

used in a

that all r

Committe

ical Socie

grades me

reagent is

essening

6.2 Pu

ances to

Specificati

6.3 Tol

6.4 2-E

D 343.

1. Procedi

7.1 Mix

roller, anti

stir by han

7.2 Usir

6.5, with th

0.1 mg, b

coatings b

weight % o

to have a

lared alum

$\pm 1$  mL, c

specimen c

the specime

lump tha

prepare a n

NOTE 2—1

2, 6.3, or 6

less volatil

7.3 Heat

ersed speci

$110 \pm 5^\circ\text{C}$ .

7.3.1 Wa

with accepte

<sup>4</sup> "Reagent C

al Soc., Washi

— American C

Joseph Rosin, D

armacopeia."

## 6. Reagents

6.1 *Purity of Reagents*—Reagent grade chemicals shall be used in all tests. Unless otherwise indicated, it is intended that all reagents shall conform to the specifications of the Committee on Analytical Reagents of the American Chemical Society, where such specifications are available.<sup>6</sup> Other grades may be used, provided it is first ascertained that the reagent is of sufficiently high purity to permit its use without lessening the accuracy of the determination.

6.2 *Purity of Water*—Unless otherwise indicated, references to water shall be understood to mean Type II of Specification D 1193.

6.3 *Toluene*, technical grade, Specification D 362.

6.4 *2-Ethoxyethyl Acetate*, technical grade, Specification D 343.

## 7. Procedure

7.1 Mix the sample, preferably on a mechanical shaker or roller, until homogeneous. If air bubbles become entrapped, stir by hand until the air has been removed.

7.2 Using an appropriate weighing container (5.3, 5.4, or 5.5, with the syringe preferred for highest precision), weigh to 0.1 mg, by difference, a specimen of  $0.30 \pm 0.10$  g for coatings believed to have a volatile content less than 40 weight % or a specimen of  $0.50 \pm 0.10$  g for coatings believed to have a volatile content greater than 40 weight %. Into a tared aluminum foil dish (5.5) into which has been added  $3 \pm 1$  mL of suitable solvent (6.2, 6.3, or 6.4). Add the specimen dropwise, shaking (swirling) the dish to disperse the specimen completely in the solvent. If the material forms a lump that cannot be dispersed, discard the specimen and prepare a new one. Similarly prepare a duplicate.

NOTE 2—If the specimen cannot be dispersed in the solvents listed (6.2, 6.3, or 6.4) a compatible solvent may be substituted provided it is no less volatile than 2-ethoxyethyl acetate (6.4).

7.3 Heat the aluminum foil dishes containing the dispersed specimens in the forced draft oven (5.2) for 60 min at  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .

7.3.1 **Warning**—Provide adequate ventilation, consistent with accepted laboratory practice, to prevent solvent vapors

from accumulating to a dangerous level.

7.4 Remove the dishes from the oven, place immediately in a desiccator, cool to ambient temperature and weigh to 0.1 mg.

NOTE 3—If unusual decomposition or degradation of the specimen occurs during heating, the actual time and temperature used to cure the coating in practice may be substituted for the time and temperature specified in this test method, subject to mutual agreement of the producer and user.

## 8. Calculations

8.1 Calculate the percent volatile matter,  $V$ , in the liquid coating as follows:

$$V, \% = 100 - [(W_2 - W_1)/S] \times 100]$$

where:

$W_1$  = weight of dish,

$W_2$  = weight of dish plus specimen after heating, and

$S$  = specimen weight.

8.2 The percent of nonvolatile matter,  $N$ , in the coating may be calculated by difference as follows:

$$N, \% = 100 - \text{volatile matter}$$

## 9. Precision and Bias

9.1 The precision estimated for tests at 60 min at  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  are based on an interlaboratory study<sup>7</sup> in which 1 operator in each of 15 laboratories analyzed in duplicate on 2 different days 7 samples of water-based paints and 8 samples of solvent-based paints containing between 35 and 72 % volatile material. The paints were commercially supplied. The results were analyzed statistically in accordance with Practice E 180. The within-laboratory coefficient of variation was found to be 0.5 % relative at 213 degrees of freedom and the between-laboratories coefficient of variation was 1.7 % relative at 198 degrees of freedom. Based on these coefficients, the following criteria should be used for judging the acceptability of results at the 95 % confidence level.

9.1.1 *Repeatability*—Two results, each the mean of duplicate determinations, obtained by the same operator on different days should be considered suspect if they differ by more than 1.5 % relative.

9.1.2 *Reproducibility*—Two results, each the mean of duplicate determinations, obtained by operators in different laboratories should be considered suspect if they differ by more than 4.7 % relative.

9.2 *Bias*—Bias has not been determined.

<sup>6</sup> "Reagent Chemicals, American Chemical Society Specifications," Am. Chemical Soc., Washington DC. For suggestions on the testing of reagents not listed by the American Chemical Society, see "Reagent Chemicals and Standards," by Joseph Rosin, D. Van Nostrand Co., Inc., New York, NY and the "United States Pharmacopeia."

<sup>7</sup> Supporting data are available from ASTM Headquarters. Request RR: D01-1026.

2003-06-26

---

**PINTURAS.  
DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD EN  
UNIDADES KREBS (KU) PARA MEDICIÓN DE LA  
CONSISTENCIA DE LAS PINTURAS, MEDIANTE EL  
VISCOSÍMETRO STORMER**



E: PAINTS. TEST METHOD FOR CONSISTENCY OF PAINTS  
MEASURING KREBS UNIT (KU) VISCOSITY USING A  
STORMER-TYPE VISCOSIMETER

---

CORRESPONDENCIA: esta norma es idéntica (IDT) a la  
norma ASTM D 562:2001. Standard  
Test Method for Consistency of Paints  
Measuring Krebs Unit (KU) Viscosity  
Using a Stormer-Type Viscosimeter.  
Copyright ASTM International. 100 Barr  
Harbor Drive, West Conshohocken, PA  
19429, USA.

---

DESCRIPTORES: pintura; unidades Krebs (KU),  
viscosímetro Stormer, viscosidad.

---

I.C.S.: 87.040

---

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)  
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435

---

## PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

**ICONTEC** es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 559 (Segunda actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo del 2003-06-26.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico 78 Pinturas y productos afines.

ANHÍDRIDOS Y DERIVADOS DE COLOMBIA S.A.-ANDERCOL S.A.- CENTRO NACIONAL DE LA MADERA- SENA- COLORQUÍMICA S.A. COMPAÑÍA PINTUCO S.A. ICI COLOMBIA S.A. DECORIMPLAST S.A.	IMPERCONCRETO LTDA. INVESA-SAPOLÍN S.A. PINTURAS BLER DE COLOMBIA S.A. ROHM AND HAAS COLOMBIA LTDA. SIKA COLOMBIA S.A. TRES M COLOMBIA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
---	---

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

CLARIANT COLOMBIA S.A. ECOMIN LTDA ETERNIT COLOMBIANA S.A. INTERAMERICANA DE PRODUCTOS QUÍMICOS S.A. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO PHILAAC	PINTUCROM PINTURAS EVERY PROCESADORA DE MINERALES DEL PUERTO S.A. PROCOQUINAL PRODUCCIONES QUÍMICAS LTDA. SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
--	---

**ICONTEC** cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

**DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN**



**PINTURAS.**

**DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD EN UNIDADES KREBS (KU)  
PARA MEDICIÓN DE LA CONSISTENCIA DE LAS PINTURAS,  
MEDIANTE EL VISCOSÍMETRO STORMER**

**1.    OBJETO**

**1.1**    Esta norma trata sobre la medición de la viscosidad en unidades Kreb (KU) para evaluar la consistencia de las pinturas y recubrimientos relacionados, mediante el uso del viscosímetro Stormer

**1.2**    Los valores establecidos en unidades del SI se deben considerar como los normalizados. Los valores dados entre paréntesis se presentan para información solamente.

**1.3**    Esta norma no pretende solucionar todos los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.

**2.    REFERENCIAS NORMATIVAS**

**2.1    NORMA ASTM**

ASTM E 1, Specification for ASTM Thermometers.

**3.    TERMINOLOGÍA**

**3.1    DEFINICIONES DE TÉRMINOS ESPECÍFICOS PARA ESTA NORMA**

**3.1.1**

**consistencia**

Carga, en gramos, necesaria para producir una frecuencia rotatoria de 200 r/min.

**3.1.2**

**unidades Krebs (KU)**

Valores de una escala de uso común para expresar la consistencia de las pinturas que se aplican generalmente con brocha o rodillo.

**3.1.2.1**

**discusión**

Esta escala es una función de la escala de "carga para producir 200 r/min".

**4. RESUMEN DEL MÉTODO DE ENSAYO**

**4.1** Se determina la carga requerida para producir una frecuencia rotatoria de 200 r/min para un rotor de paletas asimétricas (offset), sumergido en una pintura.

**5. IMPORTANCIA Y USO**

**5.1** Este método presenta valores que son útiles para especificar y controlar la consistencia de las pinturas como productos para venta comercial o al consumidor.

**MÉTODO A**

**6. APARATOS**

**6.1 VISCOSÍMETRO**

Stormer, con rotor de paletas como el que ilustran las Figuras 1 y 2. El temporizador estroboscópico que ilustra la Figura 1 se puede retirar y utilizar el instrumento sin él, pero se sacrifican velocidad y exactitud. El temporizador estroboscópico da directamente la lectura de 200 r/min.

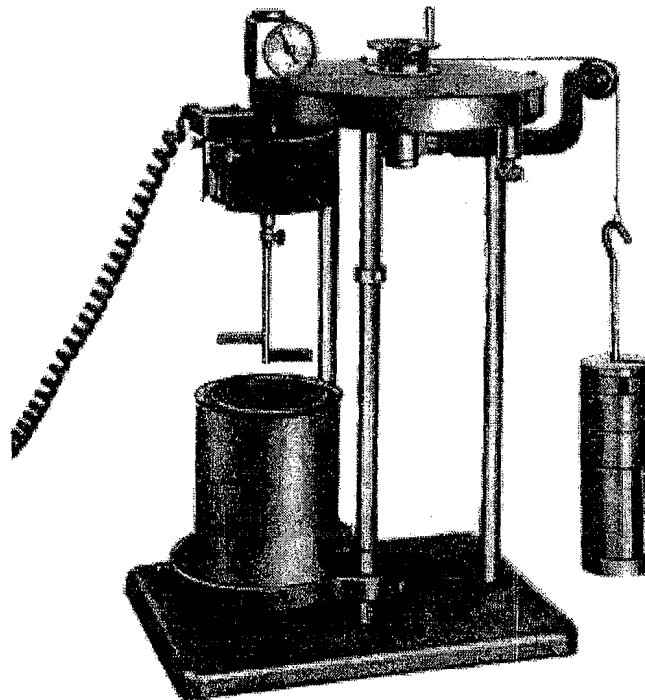
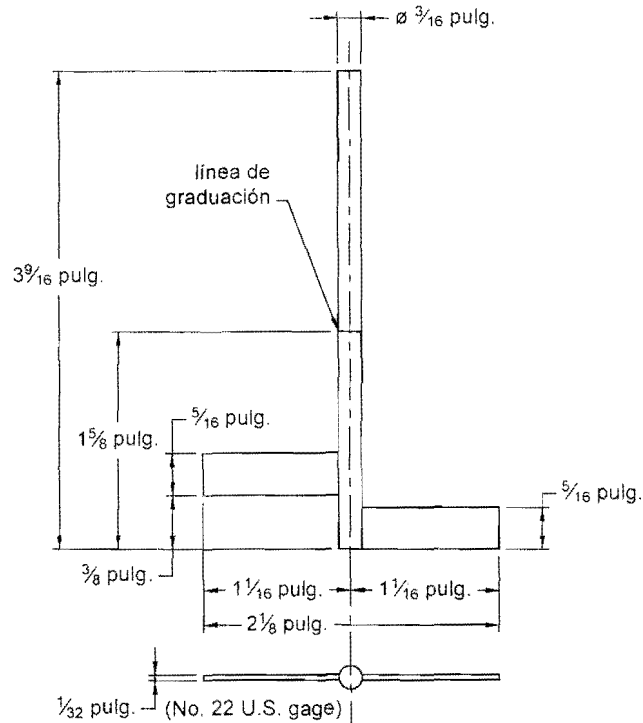


Figura 1. Viscosímetro Stormer con rotor tipo paleta y temporizador estroboscópico



Todas las dimensiones sujetas a una tolerancia de  $\pm 0,004$  pulgadas

Material: acero inoxidable

NOTA 1-1 pulgada = 25,4 mm

Figura 2. Rotor tipo paleta para usarlo con el viscosímetro Stormer

## 6.2 RECIPIENTE

Con un diámetro de 85 mm (3 3/8 de pulgadas) y capacidad de 500 ml (1 pt).

## 6.3 TERMÓMETRO

Termómetro ASTM para viscosímetro Stormer, con un rango desde 2 °C hasta 70 °C y conforme con los requisitos para termómetro 49 C, que prescribe la norma ASTM E 1.

## 6.4 CRONÓMETRO

U otro medidor de tiempo adecuado, con capacidad para medir hasta 0,2 s.

## 6.5 PESAS

Un conjunto que cubra el rango de 5 g a 1 000 g.

## 7. MATERIALES

7.1 Dos aceites patrón, calibrados en viscosidad absoluta (Poise), que estén dentro del rango de viscosidad de los recubrimientos por medir. Estos aceites deberían diferir en viscosidad al menos 5 P.

NOTA 1    El rango normal del Stormer está cubierto por los aceites que tienen viscosidades de 4P (70 KU), 10 P (85 KU) y 14 P (95 KU).

**7.1.1** Los patrones adecuados son silicona, hidrocarburos, aceite de linaza y de ricino. La silicona y los aceites de hidrocarburos calibrados en Poises se encuentran disponibles comercialmente. El aceite de linaza y el de ricino no calibrados se pueden calibrar con cualquier aparato que permita realizar mediciones de viscosidad absoluta.

**7.1.2** Se asigna a cada aceite un valor de carga necesaria para producir 200 r/min, convirtiendo su valor de viscosidad en Poises a carga en gramos mediante la siguiente ecuación:

$$L = (610 O + 906,6 D)/30$$

en donde

- O*        =        viscosidad del aceite en Poises  
*D*        =        densidad del aceite

## **8.    CALIBRACIÓN**

**8.1**    Se retira del viscosímetro el rotor y el transportador de pesos. Se debe garantizar que el resorte esté enrollado de manera pareja en el carrete y no esté traslapado sobre sí mismo.

**8.2**    Se cuelga un peso de 5 g en el resorte y se suelta el freno. Si el viscosímetro arranca desde el punto muerto y continúa avanzando varias revoluciones del carrete de resorte, es satisfactorio para uso. Si no arranca sin ayuda al aplicarle el peso de 5 g, se debe reacondicionar.

**8.3**    Se verifican las dimensiones del rotor. No deben diferir en más de  $\pm 0,1$  mm (0,004 pulgadas) respecto a las que se indican en la Figura 2.

**8.4**    Se seleccionan dos aceites patrón con valores asignados de carga para producir 200 r/min dentro del rango de los valores esperados para los recubrimientos por medir (véase el numeral 7.1).

**8.5**    Se ajusta la temperatura de los aceites patrón a  $25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ . La temperatura del aparato Stormer debería ser igual. Si no se puede obtener la temperatura especificada, se registra la del aceite al comienzo y al final del ensayo hasta  $0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**8.6**    Se determina la carga en gramos necesaria para producir 200 r/min con cada uno de los dos aceites, utilizando el Procedimiento A que se describe en el numeral 9, o el Procedimiento B que se describe en el numeral 10.

**8.6.1** Si la temperatura del aceite no estuvo en  $25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$  durante el ensayo, se corrige la carga medida en gramos para la desviación respecto de dicha temperatura.

NOTA 2    Las correcciones de carga para desviaciones de la temperatura del aceite respecto a la temperatura especificada se pueden realizar mediante un gráfico preestablecido de carga contra temperatura del aceite (véase el Anexo X.1).

**8.7**    Si la carga medida (corregida para cualquier desviación en la temperatura respecto al patrón) está dentro de  $\pm 15 \%$  de los valores de carga asignados para los aceites, el aparato Stormer se puede considerar calibrado satisfactoriamente.

**9. PROCEDIMIENTO A (SIN ACCESORIO ESTROBOSCÓPICO)**

**9.1** Se mezcla muy bien la muestra y se pasa a un recipiente de 500 ml (1 pt) hasta una altura de 20 mm (3/4 de pulgada) antes del borde superior.

**9.2** Se lleva la temperatura del espécimen a  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  y se mantiene en ese valor durante el ensayo. La temperatura del aparato Stormer debería ser la misma.

**9.2.1** Si no se puede obtener la temperatura especificada, se registra la temperatura del espécimen al comienzo y al final del ensayo hasta  $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**9.3** Cuando la temperatura del espécimen haya alcanzado el equilibrio, se agita vigorosamente, evitando que quede aire atrapado y se coloca el recipiente inmediatamente sobre la plataforma del viscosímetro, de manera que el rotor quede sumergido en el material hasta la marca situada en el eje del rotor.

**9.4** Se colocan pesas sobre la barra de extensión del viscosímetro y se determina una carga que produzca 100 revoluciones en el rango de 25 s a 35 s.

**9.5** Utilizando la información adquirida en el numeral 9.4, se seleccionan dos cargas que den dos lecturas diferentes (tiempo para dar 100 revoluciones) dentro del rango de 27 s a 33 s. Se hacen las mediciones después de una corrida inicial, es decir, se deja que el rotor haga al menos 10 revoluciones antes de empezar a tomar el tiempo para las 100 revoluciones.

**9.6** Se repiten las mediciones indicadas en el numeral 9.5 hasta obtener dos lecturas para cada carga que no difieran en más de 0,5 s entre sí.

**10. PROCEDIMIENTO B (CON TEMPORIZADOR ESTROBOSCÓPICO)**

**10.1** Se sigue el procedimiento A (véanse los numerales 9.1 a 9.3) para la preparación del espécimen.

**10.2** Se conecta el circuito de la lámpara del accesorio estroboscópico a una fuente de energía eléctrica.

**10.3** Se colocan pesas en la barra de extensión del viscosímetro y se determina una carga que produzca 100 revoluciones en el rango de 25 s a 35 s.

**10.4** Utilizando la información obtenida en el numeral 10.3 se selecciona un peso (con aproximación a 5 g) que produzca el patrón de 200 r/min (véase la Figura 3) en el temporizador estroboscópico, es decir, donde las líneas parecen estar estacionarias.

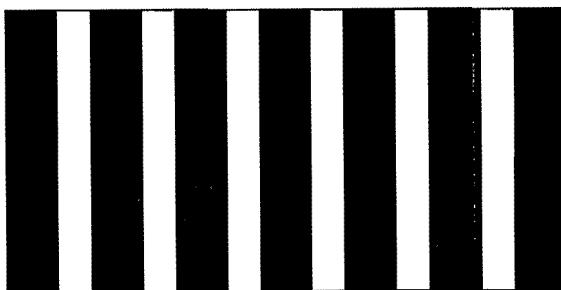


Figura 3. Apertura de las líneas estroboscópicas cuando el temporizador está ajustado exactamente a 200 r/min

**10.4.1** Las líneas que se mueven en la dirección de rotación de las paletas indican una velocidad superior a 200 r/min. y, por lo tanto, el peso se debería retirar de la barra de extensión. Por el contrario, las líneas que se mueven en dirección opuesta a la rotación de las paletas indican una velocidad inferior a 200 r/min, y se les debería añadir peso.

NOTA 3    Existen otros patrones que aparecen a velocidades distintas de 200 r/min. (Véase la Figura 4). El patrón para 200 r/min. se debería determinar antes de realizar cualquier ensayo.

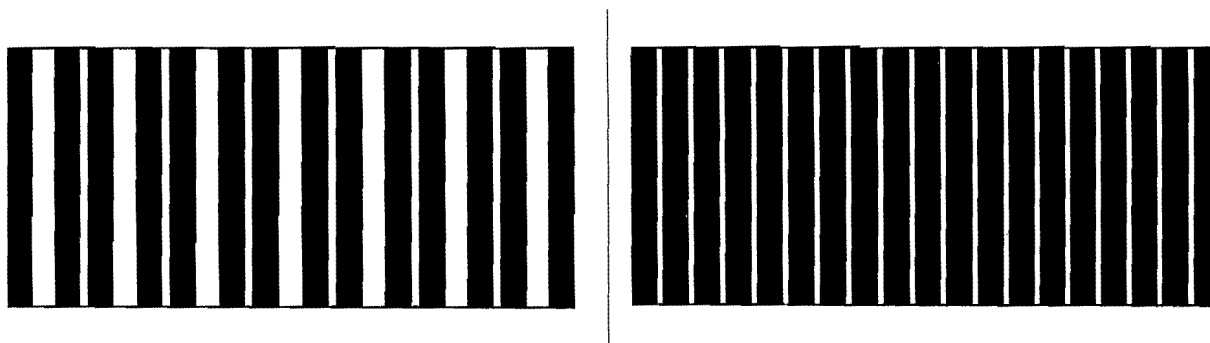


Figura 4. Líneas estroboscópicas que aparecen como múltiples que pueden ser observadas antes de alcanzar las 200 r/min

**10.5** Se repite la determinación indicada en el numeral 10.4 hasta obtener un valor de carga consistente (es decir, dentro de 5 g).

## **11. CÁLCULOS**

### **11.1 PROCEDIMIENTO A**

**11.1.1** Se calcula la carga hasta dentro de 5 g, necesaria para producir 100 revoluciones en 30 s, mediante interpolación entre los pesos de las cargas registrados para las lecturas tomadas entre 27 s y 33 s para 100 revoluciones.

**11.1.2** Se corrige la carga determinada para cualquier desviación en la temperatura del espécimen respecto a la especificada (véase el Anexo X.1).

**11.1.3** Si se desea, se determina el valor en KU (unidades Krebs) partir de la Tabla 1, correspondiente a la carga necesaria para producir 100 revoluciones en 30 s.

**Tabla 1. Cuadro de unidades Krebs de Stormer con interpolaciones**

Carga, en g	Segundos por cada 100 revoluciones						
	27	28	29	30	31	32	33
Unidades Krebs							
75	49	51	53	54	55	56	57
100	57	59	60	61	62	63	64
125	63	65	66	67	68	69	70
150	69	70	71	72	73	74	75
175	74	75	76	77	78	79	80
200	79	80	81	82	82	83	84
225	83	84	85	86	86	87	88
250	86	87	88	89	90	90	91
275	89	90	91	91	93	93	94
300	92	93	94	95	95	96	96
325	95	96	97	98	98	99	99
350	97	98	99	100	100	101	101
375	100	100	101	102	102	103	103
400	102	102	103	104	104	105	105
425	104	105	105	106	106	107	107
450	106	107	107	108	108	109	109
475	109	110	110	111	111	111	112
500	111	112	112	113	113	113	114
525	113	114	114	115	115	115	116
550	114	115	115	116	116	116	117
575	116	117	117	118	118	118	119
600	118	118	119	120	120	120	121
625	120	120	121	122	122	122	122
650	121	121	122	123	123	123	123
675	123	123	124	125	125	125	125
700	124	124	125	126	126	126	126
725	126	126	127	128	128	128	128
750	127	127	128	129	129	129	129
775	129	129	130	131	131	131	131
800	130	130	131	132	132	132	132
825	131	131	132	133	133	133	134
850	132	132	133	134	134	134	135
875	133	133	134	135	135	135	136
900	134	134	135	136	136	136	137
950	136	137	137	138	138	138	139
1 000	138	139	139	140	140	140	141

NOTA 4 El propósito de la Tabla 1 es que no sea necesaria la interpolación entre cargas para obtener las KU correspondientes a la carga que produzca 100 revoluciones en 30 s. La Tabla da valores UK calculados para un rango de 27 s a 33 s para 100 revoluciones.

## 11.2 PROCEDIMIENTO B

11.2.1 Si se desea, se determina el valor en UK a partir de la Tabla 2, correspondiente a la carga necesaria para producir 200 r/min.

## NORMA TÉCNICA COLOMBIANA    NTC 559 (Segunda actualización)

Tabla 2. Unidades Krebs correspondientes a la carga requerida para producir una rotación de 200-r/min.  
(Para uso con un viscosímetro Stormer equipado con temporizador estroboscópico)

gramos KU		gramos KU		gramos KU		gramos KU		gramos KU		gramos KU		gramos KU		gramos KU		gramos KU		gramos KU		gramos KU		
		100	61	200	82	300	95	400	104	500	112	600	120	700	125	800	131	900	136	1 000	140	
		105	62	205	83																	
		110	63	210	83	310	96	410	105	510	113	610	120	710	126	810	132	910	136	1 010	140	
		115	64	215	84																	
		120	65	220	85	320	97	420	106	520	114	620	121	720	126	820	132	920	137	1 020	140	
		125	67	225	86																	
		130	68	230	86	330	98	430	106	530	114	630	121	730	127	830	133	930	137	1 030	140	
		135	69	235	87																	
		140	70	240	88	340	99	440	107	540	115	640	122	740	127	840	133	940	138	1 040	140	
		145	71	245	88																	
		150	72	250	89	350	100	450	108	550	116	650	122	750	128	850	134	950	138	1 050	141	
		155	73	255	90																	
		160	74	260	90	360	101	460	109	560	117	660	123	760	129	860	134	960	138	1 060	141	
		165	75	265	91																	
70	53	170	76	270	91	370	102	470	110	570	118	670	123	770	129	870	135	970	139	1 070	141	
75	54	175	77	275	92																	
80	55	180	78	280	93	380	102	480	110	580	118	680	124	780	130	880	135	980	139	1 080	141	
85	57	185	79	285	93																	
90	58	190	80	290	94	390	103	490	111	590	119	690	124	790	131	890	136	990	140	1 090	141	
95	60	195	81	295	94																	

### 12. INFORME

12.1 Se reporta la siguiente información:

12.1.1 La carga en gramos necesaria para producir 200 r/min. (100 revoluciones en 30 s).

12.1.2 El valor en UK calculado.

12.1.3 La temperatura del espécimen durante el ensayo y si se aplicó una corrección para cualquier desviación de 25 °C.

12.1.4 Si se empleó el procedimiento A o el procedimiento B.

### 13. PRECISIÓN Y SESGO

13.1 Con base en un estudio en el cual se hicieron determinaciones en 5 pinturas tres reducibles en solvente, dos reducibles en agua por dos operadores, en cada uno de 5 laboratorios en 2 d diferentes, se encontró un coeficiente de variación en un laboratorio de 3 % en gramos de carga ó 1,5 % en KU, y un coeficiente de variación entre laboratorios de 10 % en gramos de carga ó 4 % en KU.

13.1.1 Con base en estos coeficientes, Los siguientes criterios se deberían utilizar para juzgar la aceptabilidad de los resultados a un nivel de confianza de 95 %

13.1.1.1 Repetibilidad. Dos resultados, cada uno la media de dos mediciones, obtenidos en el mismo material, por el mismo operador, en diferentes momentos, se deberían considerar sospechosos si difieren en más de 1,7 % en KU.

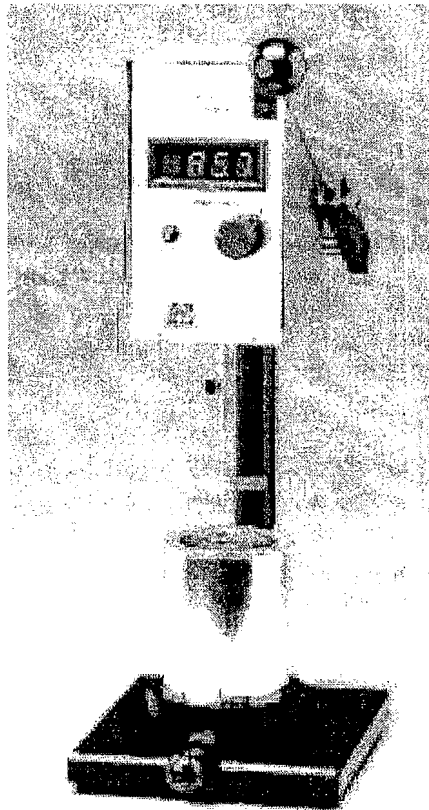


**13.1.1.2** Reproducibilidad. Dos resultados, cada uno la media de dos mediciones, en el mismo material, obtenidos por diferentes operadores, en distintos laboratorios, se deberían considerar sospechosos si difieren en más de 5,1 % en KU.

#### **MÉTODO B (VISCOSÍMETRO DIGITAL TIPO STORMER)**

#### **14. APARATO**

**14.1** Viscosímetro digital, con rotor de paletas, como se ilustra en las Figuras 1 y 5.



**Figura 5. Viscosímetro digital tipo Stormer**

**14.2** Recipiente de 500 ml (1 pt), 85 mm (3 3/8 de pulgada de diámetro).

**14.3** Termómetro ASTM para viscosidad Stormer, con una escala de 20 °C a 70 °C y que cumpla los requisitos del termómetro 49 C establecido en la norma ASTM E: 1.

#### **15. MATERIALES**

**15.1** Dos aceites patrón calibrados, con una viscosidad absoluta que se encuentre dentro del rango de viscosidad de los recubrimientos que se van a medir. Estos aceites deberían tener una diferencia de viscosidad al menos de 25 KU.

**15.2** Aceites de hidrocarburos adecuados, calibrados en KU y trazables a patrones NIST, disponibles comercialmente.

## **16. CALIBRACIÓN**

**16.1** Se verifican las dimensiones del rotor tipo paleta. Deberían estar dentro de  $\pm 0,1$  mm (0,004 pulgadas) de las dimensiones ilustradas en la Figura 2.

**16.2** Se seleccionan dos aceites patrón que tengan viscosidades en KU dentro del rango de valores esperados para los recubrimientos que se van a medir (véase el numeral 15.1).

**16.3** Se ajusta la temperatura de los aceites patrón a  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . La temperatura del viscosímetro debería ser la misma. Si no se puede obtener la temperatura especificada, se registra la temperatura del aceite al comienzo y al final del ensayo, con aproximación a  $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**16.4** Si la temperatura del aceite no estaba a  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante el ensayo, se corrige la viscosidad medida en KU para la desviación de esa temperatura.

NOTA 5 Las correcciones para desviaciones de la temperatura del aceite de la temperatura especificada se pueden hacer por medio de un gráfica hecha previamente, de gramos contra temperatura del aceite (véase el Anexo X1).

**16.5** Si la viscosidad medida (corregida para cualquier desviación de temperatura del patrón) está dentro de  $\pm 5\%$  de los valores KU especificados para los aceites patrón, se puede considerar que el viscosímetro está calibrado apropiadamente.

## **17. PROCEDIMIENTO**

**17.1** Se mezcla muy bien el espécimen y se vierte en un recipiente de 500 ml (1 pt) a una distancia dentro de 20 mm (3/4 de pulgada) del borde.

**17.2** Se lleva el espécimen a una temperatura de  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , y se mantiene a esa temperatura durante el ensayo. La temperatura del viscosímetro debería ser la misma.

**17.3** Si no se puede obtener la temperatura especificada, se registra la temperatura del espécimen al comienzo y al final del ensayo, con una aproximación de  $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**17.4** Cuando la temperatura del espécimen haya alcanzado equilibrio, se agita vigorosamente evitando que quede aire atrapado, se lleva la palanca de maniobra hacia la posición superior, se retira el localizador\* frontal, se coloca inmediatamente el recipiente en la base del viscosímetro contra los pasadores de ubicación y se libera el localizador frontal bloqueando y centrando el recipiente.

**17.5** Se enciende el interruptor de encendido principal y se selecciona visualización en KU o en gramos. Es necesario asegurarse de que el interruptor de lectura HOLD esté en posición hacia arriba.

**17.6** Se lleva la palanca de maniobra hacia abajo (sumergiendo el eje de las paletas en el espécimen). El fluido debería estar cerca de la ranura de inmersión en el eje de las paletas. Las paletas comenzarán a girar cuando estén aproximadamente a 12 mm (1/2 pulgada) de la posición inferior.

**17.7** Es necesario esperar 5 s para que se estabilice la lectura.

**17.8** Se presiona el interruptor para lectura HOLD para "mantener" la lectura y se usa la perilla del selector de lectura para visualizar en KU o gramos, o ambos.

**17.9** Se lleva la palanca de maniobra hasta la posición superior, y se deja que el espécimen escurra del eje de las paletas.

**17.10** Se afloja el tornillo mariposa y se retira el eje de las paletas para limpiarlo.

## **18.    REPORTE**

**18.1** Se reporta la siguiente información:

**18.1.1** Las unidades Krebs (KU) medidas y los gramos (gm).

**18.1.2** La temperatura del espécimen durante el ensayo, y si se hizo alguna corrección para cualquier desviación de los 25 °C.

## **19.    PRECISIÓN Y SESGO**

### **19.1    PRECISIÓN**

Con base en un estudio en el cual se realizaron mediciones sobre cinco pinturas, por dos operadores en cada uno de seis laboratorios (cinco con viscosímetro KU-1 Brookfield y otro con uno Stormer electrónico) en 2 d diferentes, los siguientes criterios se deberían usar para juzgar la aceptabilidad de los resultados a un nivel de confianza del 95 %.

#### **19.1.1 Repetibilidad**

Dos resultados, cada uno la media de dos mediciones en el mismo material, por el mismo operador, en diferentes momentos, se deberían considerar sospechosos si difieren en más de 2,0 % en KU.

#### **19.1.2 Reproducibilidad**

Dos resultados, cada uno la media de dos mediciones en el mismo material, obtenidos por operadores en distintos laboratorios, se deberían considerar sospechosos si difieren en más de 5,0 % en KU.

### **19.2    Sesgo**

Ya que no hay un material de referencia aceptado para este método de ensayo, el sesgo no se puede determinar.

## **20.    PALABRAS CLAVE**

**20.1** Consistencia; unidades Krebs (KU), viscosímetro tipo Stormer, viscosidad.

**ANEXO**  
(Informativo)**X.1 EFECTO DE LA TEMPERATURA DEL ESPÉCIMEN SOBRE LA CONSISTENCIA STORMER**

**X.1.1** Para obtener la máxima exactitud en la determinación del efecto de la temperatura del espécimen sobre la consistencia Stormer, las mediciones se deberían realizar a tres diferentes temperaturas del espécimen, que cubran el rango de interés. El cambio en la carga o en KU por 1 °C se puede determinar con base en estos resultados.

**X.1.2** Se ha observado que la consistencia de un aceite es considerablemente más sensible a la temperatura que la consistencia de una pintura.

**X.1.3** A continuación se indican algunos efectos típicos de las temperaturas sobre la consistencia de los aceites y pinturas:

	Valor promedio a 25 °C		Cambio por 1 °C de cambio	
	Carga, g.	Valor KU	Carga, g.	Valor KU
Aceite de hidrocarburo No. 1	149	72	14	2,5
Aceite de hidrocarburo No. 2	217	85	18	2,0
Aceite de hidrocarburo No. 3	286	93	11	1,5
Aceite de linaza espeso	195	81	8	1,0
Aceite de linaza muy espeso	440	108	40	2,0
Pintura para exteriores con base de agua	300	95	4	0,5
Pintura para exteriores con base de agua	425	105	4	0,5

**DOCUMENTO DE REFERENCIA**

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Consistency of Paints Measuring Krebs Unit (KU) Viscosity Using a Stormer-Type Viscosimeter. Philadelphia: 6p. ASTM D 562:2001.



## **ANEXO 2**

---

## **HOJAS TECNICAS**







Colombia

Carrera 51 No. 13-66

Medellin, Colombia

tel: +57 (4) 444-9991

fax: +57 (4) 265-7252

www.amtex.com.co

## FICHA TÉCNICA DE LA CARBOXIMETÍL CELULOSA DE SODIO GELYCEL F1-4000 - Especificación 10031

### 1. Nombre del Producto

Carboximetil Celulosa de Sodio (CMC)

### 2. Descripción

Eter celulósico de carácter aniónico, soluble en agua, usado en la industria como estabilizante y espesante de alimentos.

### 3. Características Fisicoquímicas

Humedad:	8.0 Máximo
Pureza:	99.5 Mínimo
DS:	0.70-0.90
PH solución 1%:	6.5 – 8.5
Viscosidad LVF 1%,cps 25°C :	3.000 – 4.000
Retención (w/w) M-40	10.00 Máximo
Retención (w/w) M-80	50.00 Máximo

### 4. Características Sensoriales

Color:	Crema – blanco
Olor:	Inoloro
Sabor:	Insaboro
Textura:	Polvo fino

## **5. Consumidores Potenciales**

Este tipo de CMC es utilizada como espesante, estabilizante y agente de retención de agua en las industrias alimenticias.

## **6. Empaque y Presentación**

La CMC viene en sacos de 25 kg. con bolsa interior de polietileno y bolsa exterior de polipropileno o empaque de papel valvulado con liner interno para la protección de humedad.

El empaque de polipropileno ó el empaque de papel esta marcado con el logotipo de Amtex S.A. y la lectura Medellín – Colombia, además el nombre del producto, el número de especificación, la fecha de elaboración y vencimiento, opcionalmente el destino y el número de lote compuesto de cuatro cifras las tres primeras corresponden al consecutivo de elaboración y el ultimo número a la ultima cifra del año. Ejemplo: 0019, seria el lote número uno del año 1999.

## **7. Almacenamiento**

Almacénese en sitio fresco y seco; no almacenar a la intemperie. La CMC es un sólido Higroscópico que puede absorber humedad del ambiente por lo tanto se deben mantener los sacos cerrados. En cuanto se abran y se consuman parcialmente es necesario volverlo a cerrar lo más herméticamente posible.

## **8. Vida Útil**

La vida útil de la CMC es de 24 meses.

### **NOTA**

Esta información está basada en nuestro estado presente de conocimiento. Por lo tanto no debería ser interpretada como garantía de las propiedades específicas de los productos descritos o su conveniencia para un uso particular. Se da a título de orientación y sin garantía de nuestra parte debido a que la aplicación, procesamiento y uso de nuestros productos están fuera de nuestro control. Es responsabilidad del cliente efectuar sus propios ensayos para determinar las condiciones de trabajo más adecuadas a sus necesidades o pedir asistencia a cualquiera de nuestro personal técnico.

# ZINC OMADINE™ Antimicrobial

Bactericide - Fungicide

TECHNICAL  
INFORMATION BULLETIN

## CHEMICAL PROPERTIES

**Chemical Reactivity:** Use of ZINC OMADINE™ products in applications involving strong oxidizing or reducing agents should be avoided. Oxidizing agents (i.e. peroxides, hypochlorites) will convert pyrithiones to other species via a two-step reaction. First, pyrithione will oxidize to form the disulfide (2, 2'-dithiobis-(pyridine-1-oxide); CAS No. 3696-28-4). The disulfide moiety is also very active microbiologically. Further oxidation produces the pyrithione sulfinic or sulfonic acid species. Both acid species are inactive microbiologically.

Pyrithiones are excellent chelating agents for heavy metal ions. When using ZINC OMADINE Bactericide-Fungicide, transchelation can occur in systems that contain metal ions whose complexes have a higher stability constant than the zinc complex. Foremost among these metals are iron, copper, mercury, and silver. While the mercury and silver complexes are similar in color to zinc pyrithione, the copper and iron pyrithione complexes are highly colored (green and blue, respectively). Consequently, only a few parts per million of the either complex in a formulation can cause a noticeable discoloration. Use of ZINC OMADINE products in systems where copper ion is available should be avoided if a change in color is unacceptable.

Discoloration of the end use product due to the presence of small amounts of ferric ions, however, can be prevented. Adding small amounts of a zinc salt, such as zinc oxide or zinc chloride, to the formulation before the pyrithione product is added will inhibit formation of the ferric complex. Discoloration in the end use product can also be prevented by using of an iron-selective chelating agent, such as Arch Chemicals' WAYHIB™ RW Chelator Solution. Contact Arch Chemicals Technical Service for further information and/or an evaluation sample.

Some chelating agents, such as ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA), will chelate the zinc from zinc pyrithione, forming the anion of pyrithione and the zinc complex of EDTA. This will not harm the preservative action of the pyrithione but does consume EDTA.

**Heat Stability:** ZINC OMADINE Biocide is stable at 100°C for at least 120 hours. The decomposition temperature is 240°C. The heat of decomposition, as measured under nitrogen by differential scanning calorimetry, is 150 cal/g. For additional thermal data, please consult with Arch Chemicals Inc.

**pH Stability:** ZINCOMADINE Bactericide-Fungicide can be used over the pH range from 4 to 10. Below pH 4.5 the zinc complex dissociates, forming free pyrithione. Above pH 9.5 the zinc complex hydrolyzes to yield ionized pyrithione and zincate species. Both free and ionized pyrithione are microbiologically active, but being much more water soluble than the zinc complex, they are more susceptible to degradation from exposure to light or oxygen.

**Light Stability:** Zinc pyrithione will gradually degrade when exposed to UV light. The extent of photodegradation depends largely on the nature of the formulation. Formulations containing ZINC OMADINE Biocide should be packaged in brown or opaque containers unless tests on the formulations have shown that photodegradation is not a problem. The photostability of zinc pyrithione is typically not an application issue. Most real-world uses of these products involve applications where either there is no significant exposure to sunlight (i.e. an in-can preservative or as a dry film fungicide in a flooring adhesive), or the use is in a material that provides an opaque matrix that minimizes the effects of the incident light (i.e. paint films, plastics).

# ZINC OMADINE™ Antimicrobial

Bactericide - Fungicide

TECHNICAL  
INFORMATION BULLETIN

**OMADINE™** Bactericide-Fungicide is one of the registered trademarks of Arch Chemicals, Inc. for our antimicrobial agents.

ZINC **OMADINE** Bactericide-Fungicide is a highly active, broad-spectrum antimicrobial agent. Aside from being one of the most effective anti-dandruff agents used in shampoos around the world, ZINC **OMADINE** Biocide is used in other personal care applications and is registered in all global regions including US EPA, EU, Asia and Australasia for industrial use..

This product data sheet summarizes the basic antimicrobial activity and physiochemical properties to be considered in applications using ZINC **OMADINE** Bactericide-Fungicide. Application data sheets covering the use of ZINC **OMADINE** Antimicrobial agent in hair care products, in PVC and other plastics, in paints, coatings, adhesives, sealants, and as a cosmetics preservative are also available.

ZINC **OMADINE** Bactericide-Fungicide is a derivative of pyrithione. Pyrithione is known by any of several names:

*2-mercaptopyridine-N-oxide*

*1-hydroxypyridine-2-thione*

*2-pyridinethiol-1-oxide (CAS No. 1121-31-9)*

*1-hydroxy-2(1H)-pyridinethione (CAS No. 1121-30-8)*

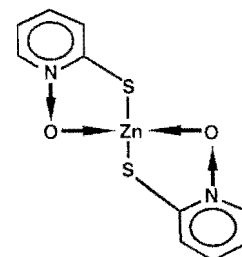
The zinc derivative is a chelated complex (see Figure 1). ZINC **OMADINE** Bactericide-Fungicide is listed in the CTFA International Cosmetic Ingredient Dictionary, 4th Edition, as zinc pyrithione. In the Chemical Abstracts Registry, zinc pyrithione is listed as:

*bis[1-hydroxy-2(1H)-pyridinethionato-0, S]-Zn*

*zinc (CAS No. 13463-41-7)*

ZINC **OMADINE** Biocide is available in industrial and cosmetic grades. Both grades are available in powder and 48% aqueous dispersion forms. The aqueous dispersion is available in standard or fine particle size. Typical physical properties are shown in Table 1. Solubility in a variety of solvents is shown in Table 2.

Figure 1. Structural Formula



Zinc 2-pyridinethiol-1-oxide,  
(C<sub>10</sub> H<sub>8</sub> N<sub>2</sub> O<sub>2</sub> S<sub>2</sub> Zn)  
Mol. Wt. = 317.7  
Melting pt. = 240°C (decomposes)

Table 1. Typical Physical Properties<sup>a</sup>

	Powder	48% Standard Dispersion**	48% Fine Particle Dispersion
<i>Assay, %</i>	97-99	48-50	48-50
<i>Color</i>	Off-white	Off-white	Off-white
<i>Odor</i>	Mild	Mild	Mild
<i>Specific Gravity @ 25°C</i>	1.782	1.2	1.2
<i>Density (lb./gal)</i>	—	10	10
<i>Bulk Density (g/ml)</i>	0.35	—	—
<i>pH, 5% in water, average</i>	6.0-9.0	6.5-8.5	6.5-8.5
<i>Particle Size, %</i>	99<25μ	90<5μ	90<1μ
	(wet sieve)	(light scattering)	

<sup>a</sup>Typical values, not specifications. \*\*Not available for industrial applications.

Table 2. Solubility<sup>a</sup> ZINC **OMADINE** Bactericide-Fungicide

Solvent	% Active ingredient (w/w% at 25°C)
<i>Water, pH 7</i>	0.0008
<i>Ethanol, 40A</i>	0.01
<i>Isopropanol</i>	0.008
<i>Propylene glycol</i>	0.02
<i>Polyethylene glycol 400</i>	0.2
<i>Ethyleneglycol monomethyl ether</i>	0.09
<i>Diethyleneglycol monoethyl ether</i>	0.01
<i>Chloroform</i>	0.3
<i>Dimethyl sulfoxide</i>	4
<i>Mineral oil, light</i>	<0.0001
<i>Olive oil</i>	<0.0003
<i>Castor oil</i>	<0.0001
<i>Isopropyl myristate</i>	<0.0001
<i>Isopropyl palmitate</i>	<0.0001

<sup>a</sup>Average solubility of technical grade material

# ZINC OMADINE™ Antimicrobial

Bactericide - Fungicide

TECHNICAL  
INFORMATION BULLETIN

For applications outside the OTC monograph, FDA approval is required for a "new drug" use as defined in the Federal Food, Drug and Cosmetic Act (as amended), and an Investigation Exemptions for New Drugs (INDs) and New Drug Applications (NDAs) must be filed with the FDA. While it is the responsibility of the user to seek and obtain FDA approval for such applications, Arch Chemicals does maintain a Drug Master File (DMF) of data for ZINC OMADINE™ products with the FDA, and this data may be used, by reference and with permission from Arch Chemicals, to facilitate in filing your NDA.

## COSMETIC PRESERVATION:

By definition, cosmetic preservatives prevent a cosmetic product from spoilage, but do not impart any therapeutic benefit to the product. In most of the world, use of antimicrobial agents as cosmetic preservatives do not require governmental approval or registration. Regulation is maintained through industrial organizations such as the Cosmetics, Toiletries, and Fragrances Association (CTFA). Details on this use of the product are available in a separate applications data sheet.

Zinc Pyrithione is listed for use as a cosmetics preservative in the EU.

Other: ZINC OMADINE has been notified by Arch under the Biocidal Products Directive (98/8/EC) in the EU for use in various product types including type 21 (antifouling products), type 7 (film preservatives), type 9 (fibre, leather, rubber and polymerised materials preservatives), type 6 (in-can preservatives), type 10 (Masonry preservatives), and type 13 n (metal-working fluid preservatives).

## METHOD OF ANALYSIS

Numerous analytical procedures have been developed to measure the amount of active ingredient in both OMADINE products as sold as well as in the end use application. Detailed analytical procedures are available through Technical Services. Additional data such as standard spectra and reference standards can be supplied on request.

**Titrimetric:** The mercapto group on the pyrithione molecule can be determined by oxidizing it with iodine. The sample is dissolved in hydrochloric acid, diluted tenfold with distilled water, and titrated immediately with standard iodine solution to a potentiometric or starch indicator endpoint. A two-electron change occurs.

**Instrumental:** Many instrumental methods are available for quantitatively determining pyrithione derivatives in low concentrations.

Ultraviolet spectrophotometry can be used when there are no interfering substances in the formulation. Typically, zinc pyrithione absorbs at 244, 275 and 328 nm in methanol and at 239, 268 and 320 nm in water. With 1 cm cells, the detectability limit is 0.5-1.0 ppm.

High pressure liquid chromatography (HPLC) with UV detection is the method of choice for determination of the concentration of ZINC OMADINE Bactericide-Fungicide in formulated products such as shampoos, paints, and adhesives, etc.

## STORAGE AND HANDLING

ZINC OMADINE products should be stored in a dry place at temperatures above 10°C (50°F) and below 54°C (130°F). Keep containers tightly closed when not in use. Do not store with strong oxidizing agents.

ZINC OMADINE 48% dispersion is an aqueous dispersion containing fine particles of ZINC OMADINE Bactericide-Fungicide, a dispersant and a viscosity control agent. It is reasonably stable but certain procedures must be followed to maintain good storage stability:

1. **Protect from freezing.** Store above 10°C (50°F). At temperatures below 1.5°C (35°F), the particles of ZINC OMADINE Bactericide-Fungicide can agglomerate and settle out, forming a sand-like layer on the bottom of the drum. The agglomerates sometimes cannot be redispersed by ordinary shaking or stirring. In this event, contact customer service for further information and assistance.



# ZINC OMADINE™ Antimicrobial

Bactericide - Fungicide

TECHNICAL  
INFORMATION BULLETIN

## ANTIMICROBIAL ACTIVITY

The Minimum Inhibitory Concentrations (MIC's) for zinc pyrithione are listed in Table 3. The data shows that very low in vitro concentrations of zinc pyrithione will inhibit the growth of many microorganisms.

**Table 3. Antimicrobial Activity<sup>1</sup>**  
**Minimum Inhibitory Concentrations<sup>2</sup>**  
**Micrograms/ml (ppm) ZINC OMADINE<sup>3</sup> active**

Organism	ATCC No.	(ppm active)
<b>Gram Positive Bacteria</b>		
Staphylococcus aureus	6538	4
Streptococcus faecalis	19433	16
<b>Gram Negative Bacteria</b>		
Escherichia coli	9637	8
Pseudomonas aeruginosa	9721	512
Klebsiella pneumoniae	4352	8
<b>Molds</b>		
Fusarium sp.	—	32
Aspergillus niger	9642	8
Aureobasidium pullulans	9348	2
Chaetomium globosum	6205	2
Gliocladium virens	9645	64
Penicillium pinophilum	9644	2
<b>Yeasts</b>		
Candida albicans	11651	2
Pityrosporum ovale	—	4
<b>Actinomycete</b>		
Streptoverticillium reticulum	25607	4
<b>Algae</b>		
Trentepohlia odorata	—	≤ 0.06
Anacystis montana	—	≤ 0.06
Chlorococcum tetrasporum	—	8
Scytonema hofmannii	—	0.5
Synechocystis minima	—	≤ 0.06

1. Obtained by using 2-fold serial dilutions in microtiter plates. Bacterial concentrations were approximately 10<sup>6</sup> organisms/ml. Fungal spore concentrations were approximately 10<sup>7</sup> colony-forming units/ml.

2. Lowest concentrations exerting a static effect on the microorganism.

3. Because of the low solubility of ZINC OMADINE Bactericide-Fungicide in water, dimethylsulfoxide was used as a cosolvent.

## REGULATORY AFFAIRS

In most countries of the world, antimicrobial agents are regulated products, and it is a violation of law to use an antimicrobial agent in an application area for which it does not have approval and/or government registration.

Given below is a general description of the regulatory status of ZINC OMADINE products in the United States. For specifics regarding registration issues pertaining to your application or the country of manufacture of your product, please consult with Arch Chemicals Regulatory Services.

## INDUSTRIAL APPLICATIONS:

In the United States, antimicrobial agents for industrial applications are regulated under the Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act (FIFRA). Industrial products must be registered by intended use with the United States Environmental Protection Agency (EPA). ZINC OMADINE products are EPA-registered for use in both in-can and a dry film preservation [EPA Reg. No. 1258-840, 1258-1223, 1258-1224 and 1258-841]. In-can applications include preserving aqueous based products such as clay, mineral, pigment and latex slurries. ZINC OMADINE products are also very effective dry film preservatives used in paints and coatings, (including marine antifoulant coatings), polymers and plastics, carpet fibers, adhesives, caulks, sealants, grouts, and other construction materials to prevent the growth of fungi and algae on the surfaces of various articles.

## PERSONAL CARE APPLICATIONS:

In the United States, use of ZINC OMADINE products in personal care applications is regulated by the Federal Food and Drug Administration (FDA). ZINC OMADINE products are approved for use as the active agent in antidandruff shampoo and hair dressing products. This application is regulated under ingredients for Over The Counter (OTC) drug products. All regulations and restrictions regarding this use are thoroughly described under 21 CFR 310 and 358.710, Final Monograph for Active Ingredients for the Control of Dandruff, Seborrheic Dermatitis, or Psoriasis. Thus, in the United States, an OTC manufacturer of an antidandruff product would only need to register the production facility per 21 CFR 207 and 330.





# ZINC OMADINE™ Antimicrobial

Bactericide - Fungicide

TECHNICAL  
INFORMATION BULLETIN

- 2. Invert Drums or Agitate Periodically.** As with any solid in-liquid dispersion, phase separation due to settling can occur with time. This effect will become noticeable in three to four weeks in the case of standard dispersion and four to six weeks in the case of FPS dispersion. If the separation is allowed to continue, the ZINC OMADINE™ Biocide gradually builds up on the bottom of the drum in a clay-like layer which may not be easily redispersed. To prevent this, the closed drums must be inverted, rolled, shaken or otherwise agitated at least every three weeks in the case of standard dispersion or every six weeks in the case of FPS dispersion.
- 3. Shake or Stir Product Before Use.** The dispersion should be thoroughly mixed by shaking or stirring for at least 10 minutes prior to use.
- 4. Adjust Batch Size.** Whenever possible the batch size should be adjusted to take full drums. When only part of a drum is used, the solid phase will cake and dry on the walls. Subsequent movement of the drums will cause the dry flakes to fall into the remaining dispersion, and these will be visible in the final product.
- 5. Keep Drum Closed as Much as Possible.** Dispersions are finely balanced equilibria, and evaporation of small amounts of water can drastically decrease stability. Water loss will also change the assay value, which will cause improper amounts be added.
- 6. Establish Sampling Procedures for Assay.** The dispersion must be thoroughly mixed (see 3 above) before sampling,

and the sample container should be filled to avoid the drying and flaking problem (see 4 above). Any time the drum or sample bottle cap is removed, it and the drum or bottle threads must be wiped clean of dispersion. Otherwise, the cap will be extremely difficult to remove the next time and flaking will occur.

## OTHER PRECAUTIONS

Do not contaminate water, food or feed when storing or disposing of these products. Care must be taken in disposing of containers. The recommended methods of disposal are as follows:

**Metal or Plastic Containers.** Do not reuse empty containers. Triple rinse, puncture, and dispose of in a sanitary landfill, or by other procedures approved by state and local authorities. These washings must be considered environmentally hazardous and should be disposed of according to local regulations in the appropriate country. Containers can also be offered for recycling or reconditioning. Plastic containers may be burned, if state and local regulations permit. Stay away from the smoke.

**Fiber Drums.** Shake and tap sides and bottoms of liners to loosen clinging particles, and completely empty residue into application equipment. Then dispose of liners (and drums, if they are contaminated and can't be reused) in a sanitary landfill, if allowed by state and local authorities. Drums and liners may also be incinerated, if allowed by state and local authorities.

## VISIT OUR WEBSITE

For additional information about these products, or other Arch Chemicals Biocides products, visit our website at:

[www.archbiocides.com](http://www.archbiocides.com)

OMADINE and WAYHIB are trademarks of Arch Chemicals, Inc.

\*Use biocides safely. Always read the label and product information before use.

\*Some Arch Chemicals, Inc. biocides may not be registered for certain uses in your country.

\*Arch Biocides is a business unit of Arch Chemicals, Inc.

\*No statement herein is intended as a representation or warranty regarding OMADINE and WAYHIB or any other product of Arch Chemicals, Inc.

### SAFE HANDLING INFORMATION

Refer to the Material Safety Data Sheet (MSDS) available from Arch Chemicals, Inc. for information on the safe use, handling and disposal of this product.

Arch® Biocides

1955 Lake Park Drive, Suite 100, Smyrna, GA 30080





# Fichas Internacionales de Seguridad Química

**CARBONATO DE CALCIO**

ICSC: 1193



**CARBONATO DE CALCIO**  
Sal cálcica del ácido carbónico

Calcita

CaCO<sub>3</sub>

Masa molecular: 100.09

Nº CAS 471-34-1

Nº RTECS FF9335000

Nº ICSC 1193

TIPOS DE PELIGRO/EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSION			
EXPOSICION			
• INHALACION	tos,	Ventilación (no si es polvo), extracción localizada o protección respiratoria.	
• PIEL	Piel seca.	Guantes protectores.	Aclarar la piel con agua abundante o ducharse.
• OJOS	Enrojecimiento.	Gafas ajustadas de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• INGESTION			Enjuagar la boca.
DERRAMAS Y FUGAS		ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente, eliminar el residuo con agua abundante. (Protección personal adicional: respirador de filtro P1 contra partículas inertes).		Separado de ácidos.	
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			
ICSC: 1193		Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994	

# Fichas Internacionales de Seguridad Química

**CARBONATO DE CALCIO**

ICSC: 1193

D  
A  
T  
O  
S  
I  
M  
P  
O  
R  
T  
A  
N  
T  
E  
S

**ESTADO FISICO; ASPECTO**

Sólido blanco en diversas formas, inodoro.

**PELIGROS FISICOS****PELIGROS QUIMICOS**

La sustancia se descompone al calentarla intensamente a altas temperaturas, produciendo dióxido de carbono. Reacciona con ácidos formando dióxido de carbono.

**LIMITES DE EXPOSICION**

TLV (como TWA): 10 mg/m<sup>3</sup> (polvo total que no contenga amianto y <1% de sílice cristalina) (ACGIH 1995-1996).

MAK no establecido.

**VIAS DE EXPOSICION**

La sustancia se puede absorber por inhalación, por ingestión y en contacto con los ojos.

**RIESGO DE INHALACION**

La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración molesta de partículas en el aire.

**EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION**

La sustancia irrita los ojos y el tracto respiratorio.

**EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA**

(Véanse Notas).

**PROPIEDADES FISICAS**

Punto de fusión (se descompone): 825°C  
Densidad relativa (agua = 1): 2.7-2.9

Solubilidad en agua: Ninguna

**DATOS AMBIENTALES****NOTAS**

No se han descrito efectos adversos en exposiciones prolongadas o repetitivas. Se encuentra en la naturaleza en forma de minerales de aragonita, calcita, vaterita, creta, mármol.

**INFORMACION ADICIONAL**

FISQ: 4-046  
CARBONATO DE CALCIO

ICSC: 1193

CARBONATO DE CALCIO

© CCE, IPCS, 1994

**NOTA LEGAL IMPORTANTE:**

Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).

## **ANEXO 3**

---

### **TABLA DE FISHER**



**Tabla 5. VALORES F DE LA DISTRIBUCIÓN F DE FISHER**

$1 - \alpha = 0.95$   $v_1$  = grados de libertad del numerador  
 $1 - \alpha = P ( F \leq f_{\alpha, v_1, v_2} )$   $v_2$  = grados de libertad del denominador

$v_2 \backslash v_1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	161.446	199.499	215.707	224.583	230.160	233.988	236.767	238.984	240.543	241.882	242.981	243.905	244.690	245.363	245.949	246.466	246.917	247.324	247.688	248.016
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296	19.329	19.353	19.371	19.385	19.396	19.405	19.412	19.419	19.424	19.429	19.433	19.437	19.440	19.443	19.446
3	10.128	9.552	9.277	9.117	9.013	8.941	8.887	8.845	8.812	8.785	8.763	8.745	8.729	8.715	8.703	8.692	8.683	8.675	8.667	8.660
4	7.709	6.944	6.591	6.388	6.256	6.163	6.094	6.041	5.999	5.964	5.936	5.912	5.891	5.873	5.858	5.844	5.832	5.821	5.811	5.803
5	6.608	5.786	5.409	5.192	5.050	4.950	4.876	4.818	4.772	4.735	4.704	4.678	4.655	4.636	4.619	4.604	4.590	4.579	4.568	4.558
6	5.987	5.143	4.757	4.534	4.387	4.284	4.207	4.147	4.099	4.060	4.027	4.000	3.976	3.956	3.938	3.922	3.908	3.896	3.884	3.874
7	5.591	4.737	4.347	4.120	3.972	3.866	3.787	3.726	3.677	3.637	3.603	3.575	3.550	3.529	3.511	3.494	3.480	3.467	3.455	3.445
8	5.318	4.459	4.066	3.838	3.688	3.581	3.500	3.438	3.388	3.347	3.313	3.284	3.259	3.237	3.218	3.202	3.187	3.173	3.161	3.150
9	5.117	4.256	3.863	3.633	3.482	3.374	3.293	3.230	3.179	3.137	3.102	3.073	3.048	3.025	3.006	2.989	2.974	2.960	2.948	2.936
10	4.965	4.103	3.708	3.478	3.326	3.217	3.135	3.072	3.020	2.978	2.943	2.913	2.887	2.865	2.845	2.828	2.812	2.798	2.785	2.774
11	4.844	3.982	3.587	3.357	3.204	3.095	3.012	2.948	2.896	2.854	2.818	2.788	2.761	2.739	2.719	2.701	2.685	2.671	2.658	2.646
12	4.747	3.885	3.490	3.259	3.106	2.996	2.913	2.848	2.796	2.753	2.717	2.687	2.660	2.637	2.617	2.599	2.583	2.568	2.555	2.544
13	4.667	3.806	3.411	3.179	3.025	2.915	2.832	2.767	2.714	2.671	2.635	2.604	2.577	2.554	2.533	2.515	2.499	2.484	2.471	2.459
14	4.600	3.739	3.344	3.112	2.958	2.848	2.764	2.699	2.646	2.602	2.565	2.534	2.507	2.484	2.463	2.445	2.428	2.413	2.400	2.388
15	4.543	3.682	3.287	3.055	2.901	2.790	2.707	2.641	2.588	2.544	2.507	2.475	2.448	2.424	2.403	2.385	2.368	2.353	2.340	2.328
16	4.494	3.634	3.239	3.007	2.852	2.741	2.657	2.591	2.538	2.494	2.456	2.425	2.397	2.373	2.352	2.333	2.317	2.302	2.288	2.276
17	4.451	3.592	3.197	2.965	2.810	2.699	2.614	2.548	2.494	2.450	2.413	2.381	2.353	2.329	2.308	2.289	2.272	2.257	2.243	2.230
18	4.414	3.555	3.160	2.928	2.773	2.661	2.575	2.509	2.455	2.412	2.374	2.342	2.314	2.290	2.269	2.250	2.233	2.217	2.203	2.191
19	4.381	3.522	3.127	2.895	2.740	2.628	2.542	2.476	2.422	2.378	2.340	2.308	2.280	2.256	2.234	2.215	2.198	2.182	2.168	2.155
20	4.351	3.493	3.098	2.866	2.711	2.599	2.514	2.447	2.393	2.348	2.310	2.278	2.250	2.225	2.203	2.184	2.167	2.151	2.137	2.124
21	4.325	3.467	3.072	2.840	2.685	2.573	2.488	2.420	2.366	2.321	2.283	2.250	2.222	2.197	2.176	2.155	2.139	2.123	2.109	2.096
22	4.301	3.443	3.049	2.817	2.661	2.549	2.464	2.397	2.342	2.297	2.259	2.226	2.198	2.173	2.151	2.131	2.114	2.098	2.084	2.071
23	4.279	3.422	3.028	2.796	2.640	2.528	2.442	2.375	2.320	2.275	2.236	2.204	2.175	2.150	2.128	2.108	2.091	2.075	2.061	2.048
24	4.260	3.403	3.009	2.776	2.620	2.508	2.422	2.355	2.300	2.255	2.216	2.183	2.155	2.130	2.108	2.088	2.070	2.054	2.040	2.027
25	4.242	3.385	2.991	2.759	2.603	2.490	2.405	2.337	2.282	2.236	2.198	2.165	2.136	2.111	2.089	2.069	2.051	2.035	2.021	2.007
26	4.225	3.369	2.975	2.743	2.587	2.474	2.388	2.321	2.265	2.220	2.181	2.148	2.119	2.094	2.072	2.052	2.034	2.018	2.003	1.990
27	4.210	3.354	2.960	2.728	2.572	2.459	2.373	2.305	2.250	2.204	2.166	2.132	2.103	2.078	2.055	2.036	2.018	2.002	1.987	1.974
28	4.196	3.340	2.947	2.714	2.558	2.445	2.359	2.291	2.236	2.190	2.151	2.118	2.089	2.064	2.041	2.021	2.003	1.987	1.972	1.959
29	4.183	3.328	2.934	2.701	2.545	2.432	2.346	2.278	2.223	2.177	2.138	2.104	2.075	2.050	2.027	2.007	1.989	1.973	1.958	1.945
30	4.171	3.316	2.922	2.690	2.534	2.421	2.334	2.266	2.211	2.165	2.126	2.092	2.063	2.037	2.015	1.995	1.976	1.960	1.945	1.932
40	4.085	3.232	2.839	2.606	2.449	2.336	2.249	2.180	2.124	2.077	2.038	2.003	1.974	1.948	1.924	1.904	1.885	1.868	1.853	1.839
50	4.034	3.183	2.790	2.557	2.400	2.286	2.199	2.130	2.073	2.026	1.986	1.952	1.921	1.895	1.871	1.850	1.831	1.814	1.798	1.784
60	4.001	3.150	2.758	2.525	2.368	2.254	2.167	2.097	2.040	1.993	1.952	1.917	1.887	1.860	1.836	1.815	1.796	1.778	1.763	1.748
70	3.978	3.128	2.736	2.503	2.346	2.231	2.143	2.074	2.017	1.969	1.928	1.893	1.863	1.836	1.812	1.790	1.771	1.753	1.737	1.722
80	3.960	3.111	2.719	2.486	2.329	2.214	2.126	2.056	1.999	1.951	1.910	1.875	1.845	1.817	1.793	1.772	1.752	1.734	1.718	1.703
90	3.947	3.098	2.706	2.473	2.316	2.201	2.113	2.043	1.986	1.938	1.897	1.861	1.830	1.803	1.779	1.757	1.737	1.720	1.703	1.688
100	3.936	3.087	2.696	2.463	2.305	2.191	2.103	2.032	1.975	1.927	1.886	1.850	1.819	1.792	1.768	1.746	1.726	1.708	1.691	1.676
200	3.888	3.041	2.650	2.417	2.259	2.144	2.056	1.985	1.927	1.878	1.837	1.801	1.769	1.742	1.717	1.694	1.674	1.656	1.639	1.623
500	3.860	3.014	2.623	2.390	2.232	2.117	2.028	1.957	1.899	1.850	1.808	1.772	1.740	1.712	1.686	1.664	1.643	1.625	1.607	1.592
1000	3.851	3.005	2.614	2.381	2.223	2.108	2.019	1.948	1.889	1.840	1.798	1.762	1.730	1.702	1.676	1.654	1.633	1.614	1.597	1.581

Elaborada por Irene Patricia Valdez y Alfaro.

**Tabla 5. VALORES F DE LA DISTRIBUCIÓN F DE FISHER**

**1 - α = 0.95**

**1 - α = P ( F ≤ f<sub>α, v1, v2</sub> )**

v <sub>2</sub> \ v <sub>1</sub>	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	40	50	60	70	80	90	100	200	500	1000
1	248.307	248.579	248.823	249.052	249.260	249.453	249.631	249.798	249.951	250.096	251.144	251.774	252.196	252.498	252.723	252.898	253.043	253.676	254.062	254.186
2	19.448	19.450	19.452	19.454	19.456	19.457	19.459	19.460	19.461	19.463	19.471	19.476	19.479	19.481	19.483	19.485	19.486	19.491	19.494	19.495
3	8.654	8.648	8.643	8.638	8.634	8.630	8.626	8.623	8.620	8.617	8.594	8.581	8.572	8.566	8.561	8.557	8.554	8.540	8.532	8.529
4	5.795	5.787	5.781	5.774	5.769	5.763	5.759	5.754	5.750	5.746	5.717	5.699	5.688	5.679	5.673	5.668	5.664	5.646	5.635	5.632
5	4.549	4.541	4.534	4.527	4.521	4.515	4.510	4.505	4.500	4.496	4.464	4.444	4.431	4.422	4.415	4.409	4.405	4.385	4.373	4.369
6	3.865	3.856	3.849	3.841	3.835	3.829	3.823	3.818	3.813	3.808	3.774	3.754	3.740	3.730	3.722	3.716	3.712	3.690	3.678	3.673
7	3.435	3.426	3.418	3.410	3.404	3.397	3.391	3.386	3.381	3.376	3.340	3.319	3.304	3.294	3.286	3.280	3.275	3.252	3.239	3.234
8	3.140	3.131	3.123	3.115	3.108	3.102	3.095	3.089	3.084	3.079	3.043	3.020	3.005	2.994	2.986	2.980	2.975	2.951	2.937	2.932
9	2.926	2.917	2.908	2.900	2.893	2.886	2.880	2.874	2.869	2.864	2.826	2.803	2.787	2.776	2.768	2.761	2.756	2.731	2.717	2.712
10	2.764	2.754	2.745	2.737	2.730	2.723	2.716	2.710	2.705	2.700	2.661	2.637	2.621	2.609	2.601	2.594	2.588	2.563	2.548	2.543
11	2.636	2.626	2.617	2.609	2.601	2.594	2.588	2.582	2.576	2.570	2.531	2.507	2.490	2.478	2.469	2.462	2.457	2.431	2.415	2.410
12	2.533	2.523	2.514	2.505	2.498	2.491	2.484	2.478	2.472	2.466	2.426	2.401	2.384	2.372	2.363	2.356	2.350	2.323	2.307	2.302
13	2.448	2.438	2.429	2.420	2.412	2.405	2.398	2.392	2.386	2.380	2.339	2.314	2.297	2.284	2.275	2.267	2.261	2.234	2.218	2.212
14	2.377	2.367	2.357	2.349	2.341	2.333	2.326	2.320	2.314	2.308	2.266	2.241	2.223	2.210	2.201	2.193	2.187	2.159	2.142	2.136
15	2.316	2.306	2.297	2.288	2.280	2.272	2.265	2.259	2.253	2.247	2.204	2.178	2.160	2.147	2.137	2.130	2.123	2.095	2.078	2.072
16	2.264	2.254	2.244	2.235	2.227	2.220	2.212	2.206	2.200	2.194	2.151	2.124	2.106	2.093	2.083	2.075	2.068	2.039	2.022	2.016
17	2.219	2.208	2.199	2.190	2.181	2.174	2.167	2.160	2.154	2.148	2.104	2.077	2.058	2.045	2.035	2.027	2.020	1.991	1.973	1.967
18	2.179	2.168	2.159	2.150	2.141	2.134	2.126	2.119	2.113	2.107	2.063	2.035	2.017	2.003	1.993	1.985	1.978	1.948	1.929	1.923
19	2.144	2.133	2.123	2.114	2.106	2.098	2.090	2.084	2.077	2.071	2.026	1.999	1.980	1.966	1.955	1.947	1.940	1.910	1.891	1.884
20	2.112	2.102	2.092	2.082	2.074	2.066	2.059	2.052	2.045	2.039	1.994	1.966	1.946	1.932	1.922	1.913	1.907	1.875	1.856	1.850
21	2.084	2.073	2.063	2.054	2.045	2.037	2.030	2.023	2.016	2.010	1.965	1.936	1.916	1.902	1.891	1.883	1.876	1.845	1.825	1.818
22	2.059	2.048	2.038	2.028	2.020	2.012	2.004	1.997	1.990	1.984	1.938	1.909	1.889	1.875	1.864	1.856	1.849	1.817	1.797	1.790
23	2.036	2.025	2.014	2.005	1.996	1.988	1.981	1.973	1.967	1.961	1.914	1.885	1.865	1.850	1.839	1.830	1.823	1.791	1.771	1.764
24	2.015	2.003	1.993	1.984	1.975	1.967	1.959	1.952	1.945	1.939	1.892	1.863	1.842	1.828	1.816	1.808	1.800	1.768	1.747	1.740
25	1.995	1.984	1.974	1.964	1.955	1.947	1.939	1.932	1.926	1.919	1.872	1.842	1.822	1.807	1.796	1.787	1.779	1.746	1.725	1.718
26	1.978	1.966	1.956	1.946	1.938	1.929	1.921	1.914	1.907	1.901	1.853	1.823	1.803	1.788	1.776	1.767	1.760	1.726	1.705	1.698
27	1.961	1.950	1.940	1.930	1.921	1.913	1.905	1.898	1.891	1.884	1.836	1.806	1.785	1.770	1.758	1.749	1.742	1.708	1.686	1.679
28	1.946	1.935	1.924	1.915	1.906	1.897	1.889	1.882	1.875	1.869	1.820	1.790	1.769	1.754	1.742	1.733	1.725	1.691	1.669	1.662
29	1.932	1.921	1.910	1.901	1.891	1.883	1.875	1.868	1.861	1.854	1.806	1.775	1.754	1.738	1.726	1.717	1.710	1.675	1.653	1.645
30	1.919	1.908	1.897	1.887	1.878	1.870	1.862	1.854	1.847	1.841	1.792	1.761	1.740	1.724	1.712	1.703	1.695	1.660	1.637	1.630
40	1.826	1.814	1.803	1.793	1.783	1.775	1.766	1.759	1.751	1.744	1.693	1.660	1.637	1.621	1.608	1.597	1.589	1.551	1.526	1.517
50	1.771	1.759	1.748	1.737	1.727	1.718	1.710	1.702	1.694	1.687	1.634	1.599	1.576	1.558	1.544	1.534	1.525	1.484	1.457	1.448
60	1.735	1.722	1.711	1.700	1.690	1.681	1.672	1.664	1.656	1.649	1.594	1.559	1.534	1.516	1.502	1.491	1.481	1.438	1.409	1.399
70	1.709	1.696	1.685	1.674	1.664	1.654	1.646	1.637	1.629	1.622	1.566	1.530	1.505	1.486	1.471	1.459	1.450	1.404	1.374	1.364
80	1.689	1.677	1.665	1.654	1.644	1.634	1.626	1.617	1.609	1.602	1.545	1.508	1.482	1.463	1.448	1.436	1.426	1.379	1.347	1.336
90	1.675	1.662	1.650	1.639	1.629	1.619	1.610	1.601	1.593	1.586	1.528	1.491	1.465	1.445	1.429	1.417	1.407	1.358	1.326	1.314
100	1.663	1.650	1.638	1.627	1.616	1.607	1.598	1.589	1.581	1.573	1.515	1.477	1.450	1.430	1.415	1.402	1.392	1.342	1.308	1.296
200	1.609	1.596	1.583	1.572	1.561	1.551	1.542	1.533	1.524	1.516	1.455	1.415	1.386	1.364	1.346	1.332	1.321	1.263	1.221	1.205
500	1.577	1.563	1.551	1.539	1.528	1.518	1.508	1.499	1.490	1.482	1.419	1.376	1.345	1.322	1.303	1.288	1.275	1.210	1.159	1.138
1000	1.566	1.553	1.540	1.528	1.517	1.507	1.497	1.488	1.479	1.471	1.406	1.363	1.332	1.308	1.289	1.273	1.260	1.190	1.134	1.110

Elaborada por Irene Patricia Valdez y Alfaro.