



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

---

---

UNIDAD ACADÉMICA PROFESIONAL TIANGUISTENCO

***“Desarrollo de formulaciones de colores líquidos para el uso en polietileno de alta, baja densidad y polipropileno en una empresa de plásticos”***

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN PLÁSTICOS

P R E S E N T A

**JOSÉ JAIME GARCÍA FONSECA**

DIRECTORA: M. en C. LILIANA IVETTE ÁVILA CÓRDOBA

TIANGUISTENCO, MÉX.

JUNIO 2014



## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia que siempre me brindó su apoyo antes,  
durante y después de mi formación como  
Ingeniero en Plásticos y demostrarme que el querer es poder.

A mi madre, M. Isabel Soledad Fonseca Gutiérrez,  
Porque su amor incondicional e infinito siempre me han acompañado,  
aún en los momentos más difíciles y me ha dado motivos para seguir adelante.

A mi querido hermano, Oscar y familia,  
por haber sido el mejor amigo, hermano y padre que jamás pude tener y quien desde  
un inicio me orientó y apoyó para estar en donde estoy.

A mis hermanas por su incondicional apoyo, amor y respeto.

Al Ing. José Antonio de León Gómez Maqueo que me dio oportunidad de  
desarrollarme personal y profesionalmente en su organización

A cada una de las personas que directa o indirectamente  
me apoyaron y creyeron en mí.

**MUCHAS GRACIAS**

---

---



# CONTENIDO GENERAL

RESUMEN .....	1
IDENTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
JUSTIFICACIÓN.....	4
HIPÓTESIS.....	5
OBJETIVOS.....	6
INTRODUCCIÓN .....	7
<b>CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
1.1. MATERIALES PLÁSTICOS Y PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN .....	10
1.1.1. Plásticos: generalidades.....	10
1.1.2. Polietileno.....	15
1.1.2.1. Clasificación del polietileno .....	15
1.1.2.1.1. Polietileno de alta densidad (HDPE).....	16
1.1.2.1.2. Polietileno de baja densidad (LDPE) .....	17
1.1.2.1.3. Polietileno de baja densidad lineal (LLDPE) .....	17
1.1.3. Polipropileno.....	18
1.1.3.1. Clasificación del polipropileno .....	19
1.1.4. Principales procesos de transformación empleados para la fabricación de productos plásticos.....	20
1.1.4.1. Inyección.....	20
1.1.4.2. Extrusión.....	22
1.2. TEORÍA DEL COLOR .....	23
1.2.1. Qué es el color .....	24
1.2.2. Percepción del color .....	25
1.2.3. Medición del color.....	26
1.2.3.1. Significado de delta E ( $\Delta E$ ) .....	29
1.3. COLORANTES EMPLEADOS EN RESINAS PLÁSTICAS .....	29
1.3.1. Pigmentos en polvo .....	30



1.3.2. Concentrados de color .....	33
1.3.3. Resinas precoloreadas .....	34
1.3.4. Sal y pimienta .....	35
1.4. COLORES LÍQUIDOS .....	35
1.4.1. Patentes de color líquido .....	36
1.4.2. Equipos para la dosificación de color líquido .....	37
1.4.3. Sectores de aplicación .....	37
1.4.4. Ventajas y desventajas .....	38
<b>CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA .....</b>	<b>40</b>
2.1. MATERIAL, EQUIPO Y REACTIVOS .....	41
2.1.1. Material y reactivos .....	41
2.1.2. Equipo .....	41
2.2. DIAGRAMAS DE FLUJO .....	42
2.2.1. Proceso de nuevos desarrollos de color líquido .....	42
2.2.2. Proceso de producción de color líquido .....	43
2.2.3. Proceso de formulación y elaboración de color líquido .....	44
2.2.4. Proceso de control de calidad de color líquido .....	45
2.3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA .....	46
2.3.1. Requerimiento de nuevo producto .....	46
2.3.2. Selección de pigmentos .....	46
2.3.3. Igualación del color .....	46
2.3.4. Medición del color y pruebas .....	47
2.3.5. Selección de materiales a usar .....	47
2.3.6. Aditivos .....	48
2.3.7. Parámetros de proceso .....	48
2.3.8. Calibración y configuración de bomba peristáltica .....	48



<b>CAPÍTULO 3. DISCUSIÓN Y RESULTADOS.....</b>	<b>50</b>
3.1. PRUEBAS REALIZADAS .....	51
3.1.1. Prueba número 1: desarrollo del color líquido rojo.....	51
3.1.1.1. Diseño y desarrollo del color líquido.....	51
3.1.1.2. Inyección de fichas .....	53
3.1.1.3. Asignación de código y lote:.....	54
3.1.1.4. Proceso.....	55
3.1.2. Prueba número 2: desarrollo del color líquido verde.....	57
3.1.3. Prueba número 3: desarrollo de color líquido negro .....	59
3.1.3.1. Lecturas en espectrofotómetro color negro .....	61
3.1.4. Prueba número 4: desarrollo de color líquido azul.....	62
3.1.4.1. Lecturas en espectrofotómetro color azul.....	64
3.1.4.2. Actividades y dispositivos utilizados para bomba peristáltica .....	66
3.1.4.3. Problemas presentados .....	67
3.2 PROBLEMAS DE DISEÑO Y PROCESO .....	68
<b>CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>69</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>75</b>



## CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Polímero lineal.....	11
Figura 2. Polímero ramificado.....	11
Figura 3. Polímero entrecruzado .....	11
Figura 4. Plásticos commodities .....	13
Figura 5. Segmentación por tipo de plástico.....	13
Figura 6. Segmentación por mercado .....	14
Figura 7. Estructura del polietileno .....	15
Figura 8. Aplicaciones del polietileno .....	18
Figura 9. Estructura del polipropileno .....	18
Figura 10. Obtención del polipropileno .....	19
Figura 11. Copolímero de bloque .....	20
Figura 12. Copolímero de injerto .....	20
Figura 13. Copolímero al azar .....	20
Figura 14. Máquina de inyección.....	21
Figura 15. Máquina de extrusión. ....	22
Figura 16. Obtención de color .....	23
Figura 17. Espectro electromagnético y luz visible.....	24
Figura 18. Definición del color .....	25
Figura 19. El trío del color .....	26
Figura 20. El espacio de color cie 1976 $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ CIELAB .....	27
Figura 21. Sistema de color Munsell .....	28
Figura 22. Pieza estándar color rojo.....	51
Figura 23. Estándar color rojo vs ficha con color líquido .....	57



Figura 24. Estándar color verde vs ficha con color líquido .....	59
Figura 25. Ficha con color líquido negro .....	60
Figura 26. Espectro (CIE $I^*a^*b^*$ ) obtenido para la formulación del color líquido negro. .....	61
Figura 27. Espectro (CMC) obtenido para la formulación del color líquido negro.....	61
Figura 28. Estándar color azul vs ficha color líquido .....	63
Figura 29. Espectro (CIE $L^*a^*b^*$ ) obtenido para la formulación del color líquido azul. .....	64
Figura 30. Espectro (CMC) obtenido para la formulación del color líquido azul .....	64
Figura 31. Calibración de bomba.....	66
Figura 32. Configuración de la bomba.....	66
Figura 33. Instalación eléctrica de máquina-carga .....	66
Figura 34. Placa de adaptación a la garganta .....	66
Figura 35. Manguera .....	66
Figura 36. Placa sobre la garganta.....	66
Figura 37. Instalación .....	67
Figura 38. Variación de color.....	67
Figura 40. Estándar vs piezas con color líquido .....	67



## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Comparación entre homopolímero y copolímero de pp .....	19
Tabla 2. Pigmentos comerciales.....	31
Tabla 3. Colorantes comerciales .....	33
Tabla 4. Patentes de color líquido .....	36
Tabla 5. Ventajas y desventajas de colorantes empleados en plásticos .....	38
Tabla 6. Hoja de intentos color rojo .....	52
Tabla 7. Formulación/orden de producción color rojo.....	55
Tabla 8. Parámetros de mezclado para muestras .....	56
Tabla 9. Hoja de intentos color verde .....	58
Tabla 10. Formulación/orden de producción color verde.....	58
Tabla 11. Hoja de intentos color negro .....	59
Tabla 12. Formulación/orden de producción color negro .....	60
Tabla 13. Hoja de intentos color azul .....	62
Tabla 14. Formulación/orden de producción color azul .....	63





## **CONTENIDO DE DIAGRAMAS**

Diagrama 1. Proceso de nuevos desarrollos color líquido.....	42
Diagrama 2. Proceso de producción de color líquido .....	43
Diagrama 3. Proceso de formulación y elaboración de color líquido .....	44
Diagrama 4. Proceso de control de calidad de color líquido.....	45



## RESUMEN

El presente trabajo de tesis da a conocer la forma en la cual los colores líquidos han representado una alternativa competitiva dentro de la industria del plástico para la fabricación de productos con mayor acabado estético, durabilidad, pero sin dejar a un lado el bajo costo.

Además se hace referencia a las actividades de investigación, desarrollo y resultados obtenidos durante la formulación de colores líquidos los cuales se emplearon en resinas termoplásticas tales como polietileno de alta densidad, baja densidad y polipropileno para aportar color, los cuales fueron transformados, mediante los procesos de inyección para la fabricación de productos de alta calidad.

En el presente también se muestra los procesos, procedimientos, material y equipo así como la base bibliográfica que sirvieron de cimientos para el desarrollo satisfactorio del proyecto.

Cabe notar que el proyecto de colores líquido fue desarrollado debido a la constante evolución de la industria del plástico y con base a la necesidad de conseguir productos de alta calidad, valor agregado, por tal motivo se han desarrollado los colores líquidos para su aplicación en plásticos.



## IDENTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria plástica ha ido evolucionando y generando nuevas tendencias en materiales, procesos, maquinaria y compuestos que permiten ofrecer al mercado nuevos productos, de mayor calidad y durabilidad así como algunos beneficios adicionales a la empresa como son: bajo costo en materia prima y proceso, mayor competitividad y por ende, ganancias que permiten el crecimiento económico.<sup>[1]</sup>

Los colores líquidos han representado una oportunidad de crecimiento económico, tecnológico y comercial para las industrias de sectores como el de empaque y embalaje, la automotriz, farmacéutica, alimenticia, electrónica y de construcción, en artículos específicos que requieren una alta calidad en sus productos.

El aspecto estético también es importante, ya que dependiendo de éste, el impacto que se tiene en el mercado puede resultar benéfico o catastrófico.<sup>[2]</sup>

Por ello, la empresa fabricante de materias primas busca ampliar su mercado y margen de utilidad al fabricar y vender colores líquidos para su aplicación en plásticos de mayor consumo como polietileno de baja (*HDPE, High Density Polyethylene por sus siglas en inglés*) y alta densidad (*LDPE, Low Density Polyethylene*) así como en polipropileno (*PP, Polypropylene*), por la necesidad en que se ha convertido para los fabricantes que utilizan estos materiales. Así mismo, la demanda de productos plásticos novedosos va creciendo por parte del consumidor, por lo que satisfacer las necesidades de este sector se vuelve imprescindible.

A pesar de que el uso de colores líquidos es nuevo, grandes empresas (como Riverdale, Colormatrix de PolyOne y Clariant por menciona algunas), han invertido en la fabricación, venta y distribución de estos productos, principalmente para aquellas que emplean PET (Politereftalato de etileno) como materia prima, esto se debe a que las concentraciones de color que se requieren son bajas, gracias a la transparencia del material.



También se pretende aplicar dicha tecnología en plásticos *commodities* de alto consumo.

Dado lo anteriormente expuesto, en el presente trabajo de investigación se implementa dicha tecnología para plásticos *commodities* de alto consumo, específicamente en polietilenos y polipropilenos.<sup>[3]</sup>



## JUSTIFICACIÓN

El origen del proyecto se debe a que actualmente hay un escaso conocimiento sobre la aplicación de colores líquidos en la industria plástica, ya que a pesar de que existen estos materiales en el mercado, el nivel de consumo es bajo y no todas las empresas de este sector han apostado a la fabricación y venta de dichos productos.

El desarrollo de este tipo de aditivos permite ofrecer al mercado un material capaz de satisfacer las necesidades actuales de los clientes, que puedan ser procesados por inyección, extrusión y/o extrusión soplado, a un bajo costo. Al mismo tiempo, se logran reducir los tiempos de dosificación debido a que es automática, con más limpieza y mayor calidad en los productos.

Aunado a lo anterior, el desarrollo de colores líquidos permite ampliar el conocimiento sobre cada una de las materias primas en lo relacionado a su comportamiento y propiedades fisicoquímicas, logrando beneficios económicos para la empresa y profesionales a los encargados del proyecto.

A nivel industrial, la utilidad que puede ofrecer la fabricación de colores líquidos es principalmente de tipo económico (asociado a la colocación de dichos materiales en el mercado y la ubicación a la empresa en un nuevo escalón productivo por su crecimiento monetario), tecnológico y científico.

Uno de los objetivos principales del desarrollo de colores líquidos es la sustitución de materiales colorantes, tales como, polvos con un uso en la pieza final del 1%, Masterbatch del 1% al 4%, resinas precoloradas 100% y el color líquido en un rango del 0.1% al 2%, lo que representa una alternativa competitiva en cuanto a calidad, precio, utilidad y funcionalidad.



## HIPÓTESIS

El desarrollo de colores líquidos como aditivos empleados en HDPE, LDPE y PP está en función de  $\Delta E$  (diferencia de color), fluidez y sedimentación, lo que define la calidad y el porcentaje de uso en las resinas.



## OBJETIVOS

### Objetivo General

Desarrollar formulaciones de colores líquidos para emplearlos en HDPE, LDPE y PP, con la finalidad de implementar su uso en una empresa plástica.

### Objetivos particulares

1. Determinar cuáles son los pigmentos con mayor facilidad a ser generados como líquidos.
2. Desarrollar fórmulas para la elaboración de colores líquidos, con la finalidad de sustituir en algunas aplicaciones el *Masterbatch* (concentrado de color), resinas precoloreadas y/o polvos.
3. Establecer el porcentaje de uso de cada color líquido.
4. Observar el comportamiento del color líquido en las resinas termoplásticas durante el proceso de inyección.



## INTRODUCCIÓN

El uso de materiales plásticos está en aumento cada vez más, así como el valor agregado que pueda ser aportado a una pieza plástica final. Por lo que las empresas de este sector han ido buscando tecnologías que permitan satisfacer las necesidades de los clientes, atendiendo cada uno de sus requerimientos, como es la introducción de los colores líquidos en sus formulaciones.

Los materiales resultantes, ofrecen nuevos productos al mercado además de posicionar a la empresa innovadora un escalón adelante contra industrias que no fabrican.

Los colores líquidos se emplean principalmente en materiales plásticos que requieren una baja concentración y aportan una excelente calidad como el PET, por ejemplo. La aplicación de colores líquidos en polietilenos y polipropileno se realiza con la finalidad de sustituir a los productos usados para pigmentar los plásticos como el concentrado de color o *Masterbatch*, los precoloreados, sal y pimienta y otros polvos en aplicaciones específicas.

El presente trabajo de tesis se refiere al uso de colores líquidos como aditivos empleados para la fabricación de productos plásticos, los cuales son utilizados principalmente para dar un acabado estético (como color, textura, brillo, etcétera) a las materias primas (como el polietileno de alta y baja densidad y el polipropileno) normalmente conocidos como plásticos *commodities* de mayor consumo en la industria plástica, los cuales son utilizados como resina base.

Específicamente consistió en el empleo de materias primas como pigmentos, dispersantes y resinas las cuales se aplicaron en las formulaciones con las resinas plásticas antes mencionadas. El control de calidad que se les realizó a los colores líquidos fue por medio de pruebas de fluidez, sedimentación, tono y porcentaje de solubilidad, para determinar si son aptos para su uso en proceso.





Esta tesis consta de 5 capítulos: en el primero se presenta el marco teórico, en donde se mencionan generalidades sobre materiales plásticos y procesos de transformación. Se habla también sobre la teoría del color y los principales colorantes empleados en resinas plásticas.

En el capítulo dos se detalla la metodología empleada a través de diagramas de flujo, así como la selección de materiales.

El capítulo tres muestra los resultados obtenidos en el desarrollo de los colores líquidos así como la discusión de los mismos y finalmente en el capítulo cuatro se dan a conocer las conclusiones a las que se llegó durante el desarrollo del proyecto.



# **CAPÍTULO 1**

## **MARCO TEÓRICO**



## **CAPÍTULO 1.- MARCO TEÓRICO**

### **1.1. MATERIALES PLÁSTICOS Y PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN**

#### **1.1.1. PLÁSTICOS: GENERALIDADES**

Los polímeros son macromoléculas, que pueden ser de origen orgánico e inorgánico que se derivan de la unión de dos o más moléculas simples llamadas monómeros. Se distinguen como dímeros, trímeros, tetrameros, etc., según si están compuestos por dos, tres, cuatro monómeros o más. Se habla de "altos polímeros" cuando están constituidos por algunos centenares de unidades monoméricas.

Técnicamente, los plásticos son sustancias de origen orgánico formadas por largas cadenas macromoleculares que contienen en su estructura carbono e hidrógeno principalmente. Se obtienen mediante reacciones químicas reacciones de poliadición o policondensación entre diferentes materias primas de origen sintético principalmente y es posible moldearlos mediante procesos de transformación aplicando calor y presión.

El primer material plástico se origina como resultado de un concurso realizado en 1860, cuando el fabricante estadounidense de bolas de billar Phelan and Collander ofreció una recompensa de 10.000 dólares a quien consiguiera un sustituto aceptable del marfil natural, destinado a la fabricación de bolas de billar. Una de los competidores fue el inventor norteamericano Wesley Hyatt, quien desarrolló un método de procesamiento a presión de la piroxilina, un nitrato de celulosa de baja nitración tratado previamente con alcanfor y una cantidad mínima de disolvente de alcohol.

Desde sus inicios, el plástico ha demostrado ser un material con el cual se pueden sustituir en distintas aplicaciones a los metales, la madera o los materiales cerámicos, por ejemplo. El remplazo de los materiales por el plástico minimiza el precio al consumidor y los costos de fabricación en la mayoría de los sectores, tanto



el de construcción, como el automotriz, farmacéutico, alimenticio o de empaque y embalaje por mencionar algunos.

En el mismo contexto, con el desarrollo de los materiales plásticos se obtienen procesos más efectivos, rentables y sobre todo con un mayor margen de ganancia debido a que cualquier método de transformación empleado en la industria del plástico ha evolucionado considerablemente, lo cual permite obtener productos de mayor calidad.

### 1.1.1.1. CLASIFICACIÓN

#### a) Por su morfología <sup>[4]</sup>

- **Lineal:** Se repite siempre el mismo tipo de unión.



Figura 1. Polímero lineal

- **Ramificado:** Con cadenas laterales unidas a la principal.



Figura 2. Polímero ramificado

- **Entrecruzado:** Si se forman enlaces entre cadenas vecinas.



Figura 3. Polímero entrecruzado



#### **b) Por su naturaleza:**

Naturales: celulosa, almidón, etcétera.

Sintéticos: PE, PP, PS, ABS, PA, etcétera.

#### **c) Por su comportamiento a la temperatura:**

- **Termoplásticos**

Son plásticos que se ablandan con el calor, pudiéndose moldear con nuevas formas que se conservan al enfriarse. Esto se debe a que las macromoléculas están unidas por fuerzas débiles que se rompen con el aumento de la temperatura.

- **Termoestables**

Estos materiales no se ablandan por efecto del calor y en consecuencia no son reciclables. Este hecho se explica por la reacción entre cadenas durante el proceso de moldeo que dan lugar a un material muy resistente a la temperatura una vez transformado y que por lo tanto, difícilmente se puede volver a fundir para su reutilización.

- **Elastómeros**

Se caracterizan por una fácil degradación frente al calor y una irreversibilidad del proceso de moldeo, esto es, una vez moldeados no se pueden volver a utilizar como materia prima.

#### **d) Por su consumo**

Actualmente los plásticos se han separado principalmente en dos grupos los cuales se denominan: *commodities* y de ingeniería.

- **Plásticos commodities**

Los primeros, hacen referencia a los materiales con mayor consumo dentro de la industria del plástico y en la vida cotidiana.



Figura 4. Plásticos commodities <sup>[20]</sup>

La figura 5 hace referencia al consumo de los materiales commodities en México durante el año 2011, con base al estudio realizado por el Centro Empresarial del Plástico.



Plástico	Consumo Aparente Ton/año
PP	1'102,000
PEAD	836,000
PEBD	545,000
PEBDL	455,000
PET	555,000
PVC	442,200
PS	356,000
COP. PS	236,000
UP	118,000
PUR	257,700
TÉCNICOS	348,000
<b>Total</b>	<b>5'300,000</b>

Figura 5. Segmentación por tipo de plástico <sup>[5]</sup>



En la figura 6 se explica la aplicación de los plásticos *commodities* de acuerdo al sector empresarial; puede notarse que el 50% de los materiales están destinados a la industria del envase, lo cual representa una oportunidad para la aplicación de los colores líquidos.

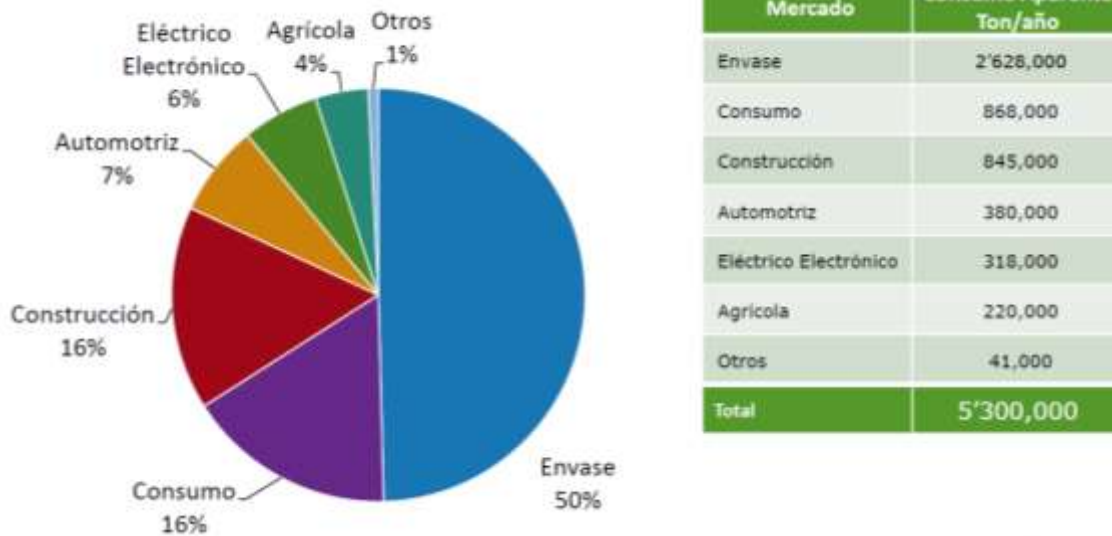


Figura 6. Segmentación por mercado <sup>[5]</sup>

- **Plásticos de ingeniería**

Son plásticos que van dirigidos a aplicaciones específicas debido a sus propiedades ya sean mecánicas, térmicas, ópticas, químicas y físicas, entre otras, las cuales satisfacen las necesidades del consumidor.

Son materiales que presentan características y propiedades diferentes a los *commodities* y a pesar que el volumen de consumo es menor, están dirigidos a aplicaciones especiales por lo que deben presentar buenas propiedades térmicas, mecánicas, ópticas y estéticas, entre otras.



## 1.1.2. POLIETILENO

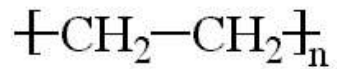


Figura 7. Estructura del polietileno

El primer polímero comercial de etileno fue el polietileno ramificado, comúnmente denominado material de baja densidad o de alta presión, para distinguirlo del esencialmente lineal. <sup>[21]</sup>

Este polímero se obtiene a partir del etileno. Las dos variedades comerciales más conocidas son el polietileno de baja densidad (*LDPE por sus siglas en inglés: Low Density Polyethylene*) y el de alta densidad (*HDPE por sus siglas en inglés: High Density Polyethylene*). La diferencia en sus propiedades y aplicaciones se dan por el grado de cristalinidad que cada uno puede alcanzar.

El LDPE, posee una estructura muy ramificada y por ende, baja cristalinidad. Sus principales aplicaciones son la fabricación de bolsas, tuberías y recubrimiento para cables. Por su parte, el polietileno de alta densidad (que presenta una mayor cristalinidad debido a su estructura prácticamente lineal), encuentra aplicaciones en tuberías, recipientes, enseres domésticos, aislamiento para cables, juguetes y asientos para uso público, entre otras. <sup>[6]</sup>

### 1.1.2.1. CLASIFICACIÓN DEL POLIETILENO

El polietileno se clasifica en varias categorías basadas sobre todo en su densidad y ramificación. Sus propiedades mecánicas dependen en gran medida de variables como la extensión y el tipo de ramificación, la estructura cristalina y el peso molecular. Con respecto a los volúmenes vendidos, los grados de polietileno más importantes son el HDPE, LLDPE y LDPE.





A continuación se mencionan los polietilenos más conocidos con sus acrónimos en inglés:

- Polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE)
- Polietileno de ultra bajo peso molecular (ULMWPE o PE-WAX)
- Polietileno de alto peso molecular (HMWPE)
- Polietileno de alta densidad (HDPE)
- Polietileno de alta densidad reticulado (HDXLPE)
- Polietileno reticulado (PEX o XLPE)
- Polietileno de media densidad (MDPE)
- Polietileno de baja densidad lineal (LLDPE)
- Polietileno de baja densidad (LDPE)
- Polietileno de muy baja densidad (VLDPE)
- Polietileno clorado (CPE)

Dentro de la clasificación de polietilenos se hace referencia únicamente al HDPE y LDPE ya que son los de mayor consumo dentro de la industria del plástico.

#### **1.1.2.1.1. Polietileno de alta densidad (HDPE)**

El HDPE está definido por una densidad mayor o igual a  $0,941 \text{ g/cm}^3$ . El HDPE tiene un bajo grado de ramificación y por lo tanto considerables fuerzas intermoleculares y resistencia a la tracción. El HDPE puede ser producido por catalizadores de cromo/sílica, de Ziegler-Natta o catalizadores de metalloceno. La falta de ramificación se asegura por una elección apropiada del catalizador y condiciones de reacción. El polietileno de alta densidad se utiliza en productos y envases, tales como jarras de leche, botellas de detergente, envases de margarina, contenedores de basura y tuberías de agua. Un tercio de todos los juguetes están fabricados en polietileno de alta densidad. En 2007, el consumo global de este tipo de polietileno alcanzó un volumen de más de 30 millones de toneladas.



#### **1.1.2.1.2. Polietileno de baja densidad (LDPE)**

El LDPE se define por un intervalo de densidad de 0,910-0,940 g/cm<sup>3</sup>. Tiene un alto grado de ramificaciones en la cadena polimérica, lo que significa que las cadenas no se empaquetan muy bien en la estructura cristalina. Por lo tanto, las fuerzas de atracción intermoleculares son menos fuertes. Esto se traduce en una menor resistencia a la tracción y el aumento de ductilidad. El LDPE se sintetiza mediante polimerización por radicales libres. El alto grado de ramificación con cadenas largas proporciona al LDPE propiedades de flujo en fundido, únicas y deseables. El LDPE se utiliza para aplicaciones de envases rígidos y de películas plásticas tales como bolsas y envolturas. En 2009, el mercado mundial de polietileno de baja densidad tuvo un volumen de alrededor de \$ 22,2 mil millones de dólares mostrando un incremento en consumo y margen de utilidad.<sup>[7]</sup>

#### **1.1.2.1.3. Polietileno de baja densidad lineal (LLDPE)**

El LLDPE se define por un intervalo de densidad de 0,915-0,925 g/cm<sup>3</sup>. El polietileno lineal se produce normalmente con pesos moleculares en el rango de 200.000 a 500.000 unidades, que puede ser mayor. El LLDPE es un polímero sustancialmente lineal con un número significativo de ramas cortas, comúnmente producido por copolimerización de etileno con alfa-olefinas de cadena corta.

El LLDPE tiene mayor resistencia a la tracción que el LDPE, y también exhibe mayor resistencia al impacto y a la perforación. Se pueden soplar películas de menor espesor, en comparación con el polietileno de baja densidad, con una mejor resistencia al agrietamiento, pero no es tan fácil de procesar. El LLDPE se utiliza en envases, particularmente en películas para bolsas y láminas. Otros usos pueden ser: recubrimiento de cables, juguetes, tapas, cubetas, recipientes y tuberías. Sin embargo, el uso principal es para películas plásticas, debido a su dureza, flexibilidad y transparencia relativa. (Como es el caso de películas agrícolas, Saran Wrap y Bubble Wrap) films de múltiples capas y material compuesto. En 2009 el mercado de LLDPE mundial alcanzó casi los 24 mil millones de dólares.<sup>[22]</sup>



La siguiente figura muestra en resumen, las aplicaciones del PE.

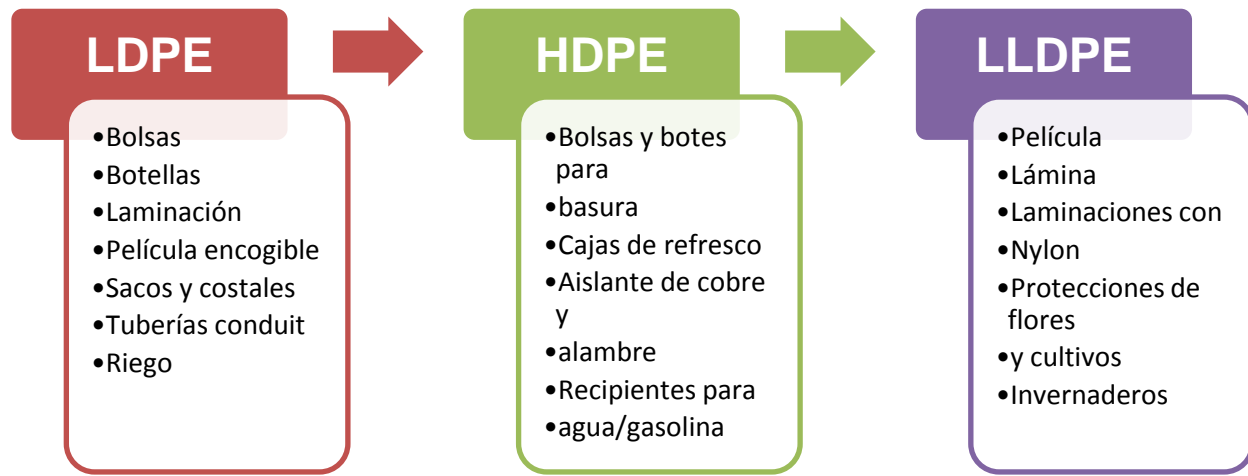


Figura 8. Aplicaciones del polietileno <sup>[8]</sup>

### 1.1.3. POLIPROPILENO

Fue producido por primera vez por el profesor Giulio Natta, mediante el uso de catalizadores de la industria del polietileno y su aplicación al gas de propileno. La producción comercial se inició en 1957.

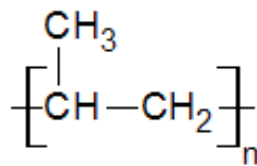


Figura 9. Estructura del polipropileno

El polipropileno es un material muy versátil. Ofrece una excelente combinación de propiedades tales como peso ligero, alta resistencia al calor, a la rigidez y flexión de retención. Entre estas y otras propiedades, el polipropileno es fácil de fabricar por una gran variedad de procesos de manufactura y aplicaciones. <sup>[9]</sup>



La figura 10 muestra el proceso simplificado para la obtención de polipropileno.

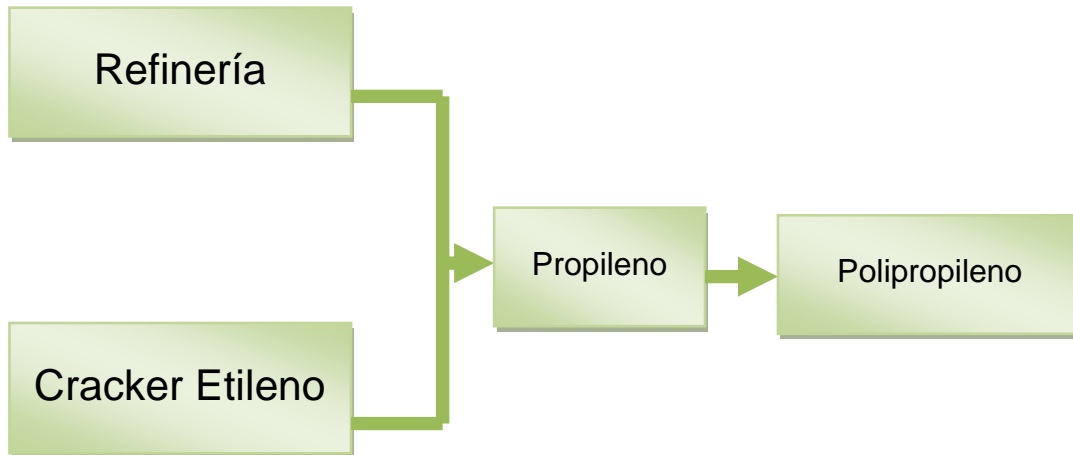


Figura 10. Obtención del Polipropileno

### 1.1.3.1. CLASIFICACIÓN DEL POLIPROPILENO

Se presenta en la tabla 1

Tabla 1. Comparación entre homopolímero y Copolímero de PP

<b>Homopolímero</b>	<b>Copolímero</b>
Se sintetiza a partir del monómero de “propileno” bajo condiciones controladas de presión y temperatura, en presencia de un catalizador organometálico.  Normalmente estos productos se emplean para fabricación de rafia y filamentos.	En este caso el polipropileno se mezcla con etileno y un catalizador selectivo.  Normalmente se considera como un producto de “medio impacto”. De acuerdo a los requerimientos del cliente la resistencia al impacto se puede incrementar mediante la gradual adición de EPDM (Caucho de Etileno Propileno Dieno)



## Tipos de Copolímeros

Las figuras 11 a 13 muestran los distintos tipos de copolímeros que se producen con el PP <sup>[10]</sup>

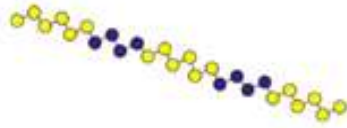


Figura 11. Copolímero de bloque

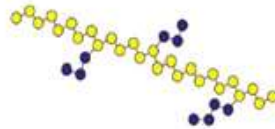


Figura 12. Copolímero de injerto

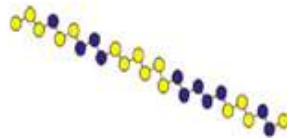


Figura 13. Copolímero al azar

### 1.1.4. PRINCIPALES PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN EMPLEADOS PARA LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS PLÁSTICOS.

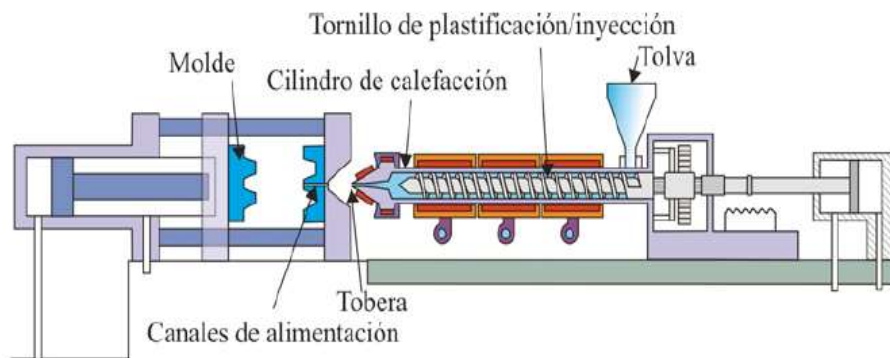
#### 1.1.4.1. INYECCIÓN

El moldeo por inyección es quizás el método más característico de la industria del plástico. Consiste básicamente en fundir un material plástico en condiciones adecuadas (presión, velocidad y temperatura), e introducirlo a presión en las



cavidades de un molde donde se enfría a una temperatura apta para que las piezas puedan ser extraídas sin deformarse. En el moldeo por inyección son de gran importancia las características de los polímeros tales como la masa molecular y distribución, morfología, cristalinidad, estabilidad, etc. <sup>[11]</sup>

El proceso (en lo que a moldeo se refiere), puede dividirse en dos fases: en la primera tiene lugar la fusión del material y en la segunda, la inyección en el molde como se muestra en la figura 14.



**Figura 14. Máquina de inyección.**

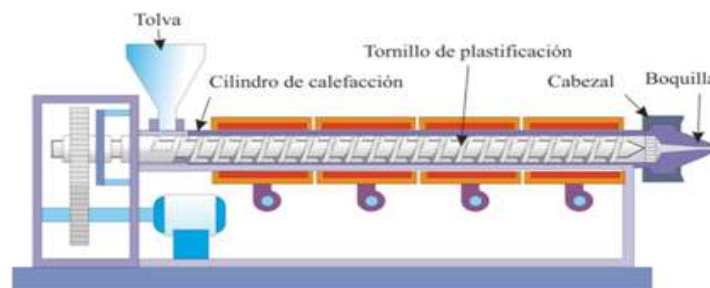
El material de moldeo (en forma de gránulos o granza), entra en el cilindro de calefacción a través de una tolva de alimentación situada en la parte posterior del cilindro. El material se calienta y se funde en el cilindro de calefacción al mismo tiempo que circula hacia la parte anterior de éste, gracias al movimiento rotatorio del tornillo de plastificación que se encuentra en el interior del cilindro. Posteriormente, el material plástico es arrastrado a la boquilla (como se indica en la figura 14), para ser depositado en el molde cerrado y éste adquiere la forma. El proceso de inyección es intermitente ya que se realizan los ciclos necesarios para completar el número de piezas solicitadas.



#### 1.1.4.2. EXTRUSIÓN

Se utiliza ampliamente en la industria del plástico para la producción en continuo de piezas con sección constante, principalmente en materiales termoplásticos (y algunos termoestables). Dicho proceso se emplea también para el recubrimiento de superficies y en el moldeo por soplado y termoformado para la obtención de las preformas.<sup>[12]</sup>

La extrusión consiste en obligar a un material fundido a pasar a través de una boquilla o matriz que tiene la forma adecuada, para obtener el diseño deseado. El equipo debe ser capaz de proporcionar presión continua suficiente y para reblandecer y acondicionar el material de forma que pueda ser extruido. Para ello se requiere de una máquina compuesta de un cilindro y un husillo o tornillo de plastificación que gira dentro del cilindro, como se muestra en la Figura 15.



**Figura 15. Máquina de extrusión.**

El material granulado o en forma de polvo se carga en una tolva, desde la cual se alimenta el cilindro, donde el husillo se encarga de introducirlo, transportarlo hacia adelante y comprimirlo. El calentamiento hasta la fusión se realiza desde la cara exterior del cilindro, mediante elementos calefactores y desde el interior, por la conversión del esfuerzo en calor. De esta forma el material termoplásticos funde (se plastifica) y al salir del cilindro a través de una boquilla recibe la forma de ésta. En una línea completa de extrusión, además debe existir un sistema de enfriamiento del



material que sale de la máquina, así como equipos de tensionado y recogida. El resultado es un perfil (a veces se le llama semifabricado o preforma). <sup>[13]</sup>

## 1.2. TEORÍA DEL COLOR

Isaac Newton (1642-1727) y Young (1773-1829) respectivamente, establecieron que el principio de la luz es el color. Para llegar a este convencimiento, Newton se encerró en una habitación a oscuras, dejando pasar un haz luminoso fino por la ventana y colocando un cristal (un prisma de base triangular) frente a ese rayo de luz; el resultado fue que dicho cristal descompone la luz exterior blanca en los seis colores del espectro, los cuales se hacen visibles al incidir sobre una pared cercana. <sup>[23]</sup>

En un mundo donde se forma la primera impresión visual en tan sólo la vigésima parte de un segundo, el color puede ayudar al diseñador a atrapar la atención del espectador y comunicar información en un entorno visualmente ocupado. El color también puede facilitar al espectador la asociación rápida y correcta de la imagen y a tener la reacción favorable de una marca de producto o servicio.



Figura 16. Obtención de color





### 1.2.1. QUÉ ES EL COLOR

El color es una percepción individual simulada por el ojo humano al recibir un estímulo luminoso, físicamente, la luz es una onda electromagnética. El ojo humano puede detectar la luz con longitudes de onda entre 400 y 700 nm. El estímulo de color producido por un objeto, es una doble función de iluminación y de observación. La observación consiste en la influencia del objeto sobre el fraccionamiento de la luz que se refleja a través de la longitud de onda de la fuente al ojo del observador. [24]

La figura 17 muestra el espectro electromagnético y las diferentes longitudes de onda y frecuencia de radiaciones.

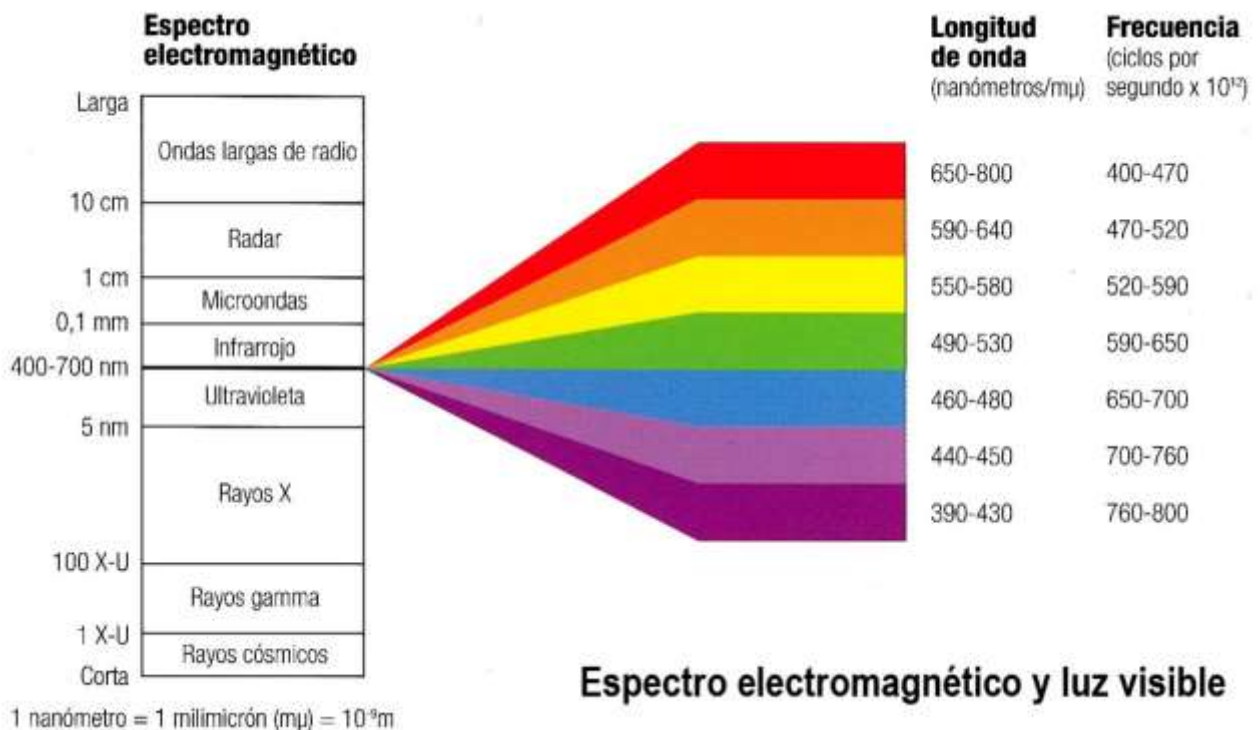


Figura 17. Espectro electromagnético y luz visible.

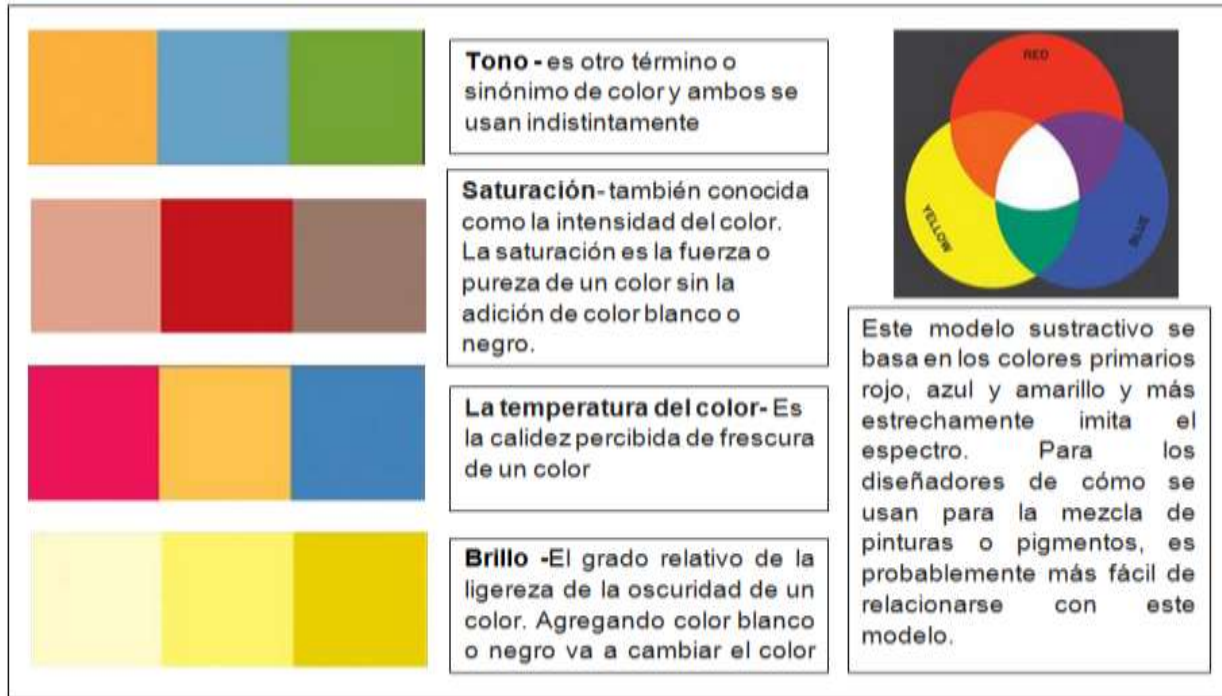


Figura 18. Definición del color <sup>[14]</sup>

### 1.2.2. PERCEPCIÓN DEL COLOR <sup>[15]</sup>

El color se manifiesta en la percepción visual y la forma de los objetos, pero hay que tener claro que éstos son físicamente incoloros. Lo que se denomina color no es algo físico, sino una sensación que se produce en el cerebro por acción de la luz sobre los cuerpos. Por ello, nuestra percepción del color cambia cuando la luz se modifica, o cuando el rayo luminoso se refleja sobre superficies distintas.

En el fondo del ojo existen millones de células especializadas en detectar las longitudes de onda procedente del entorno, llamadas conos y bastones, los cuales recogen los diferentes elementos del espectro de luz solar y las transforman en impulsos eléctricos, que son enviados luego al cerebro a través de los nervios ópticos. Este es el encargado de hacer consciente la percepción del color.

Los conos son los responsables de la visión del color y se cree que hay tres tipos de ellos, sensibles a los colores rojo, verde y azul, respectivamente.



Los bastones se concentran en zonas alejadas de la fovea y son los responsables de la visión escotópica (a bajos niveles). Los bastones son mucho más sensibles que los conos a la intensidad luminosa, por lo que aportan a la visión del color aspectos como el brillo y el tono y son los responsables de la visión nocturna. [25]

De acuerdo a lo anterior, para percibir el color se requieren tres elementos principales. La falta de alguno de ellos impide que se pueda percibir el color de manera total o parcial. En la figura 19 se esquematiza el trío del color que consta del observador, la fuente de luz y el objeto.

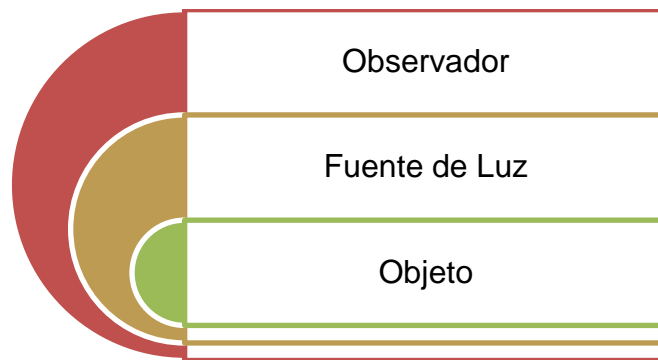


Figura 19. El trío del color, Elaboración propia, 2014.

### 1.2.3. MEDICIÓN DEL COLOR

En 1976, la Comisión Internacional de Iluminación (CIE por sus siglas en francés *Commission Internationale d'Eclairage*) transformó el espacio creado en 1931 para la determinación del color, en otro más manejable que actualmente se usa con mayor frecuencia, el cual es conocido como CIELAB, cuyas coordenadas pueden ser rectangulares ( $L^*a^*b^*$ ).

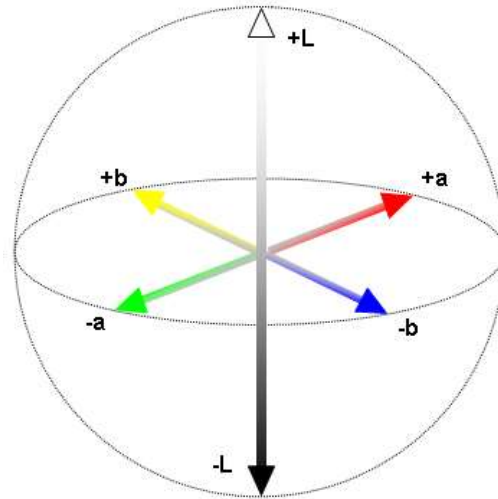


Figura 20. El espacio de color CIE 1976  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  CIELAB <sup>[26]</sup>

Según el sistema de color Munsell (ver figura 21), existen tres parámetros que se consideran en la percepción y medición del color, los cuales se explican a continuación.

**VALUE** (luminosidad) detalla la intensidad global de la claridad u oscuridad de un color. Es la única dimensión de color que puede existir por sí mismo.

**CROMA** (saturación) se puede definir como la fuerza o el dominio de la tonalidad.

**HUE** se describe con las palabras que normalmente consideramos como el color (rojo, púrpura, azul, etcétera). Se ubican en el borde externo de la rueda.

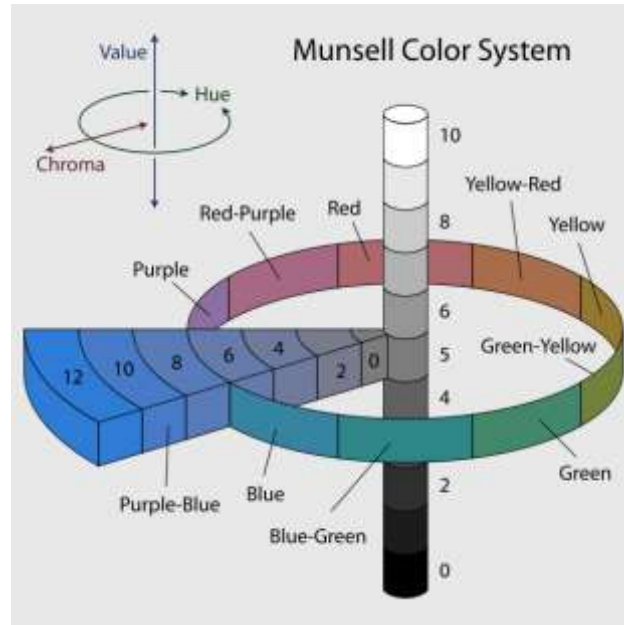


Figura 21. Sistema de Color Munsell <sup>[27]</sup>

**El tono** es un atributo asociado con la longitud de onda dominante en una mezcla de ondas de luz. Este representa el color percibido por el observador; cuando se determina a un objeto como rojo, naranja o amarillo se está especificando el tono.

**La saturación** se refiere a cuan de puro es el color, es decir, cuánto blanco se mezcla con él. Se parte del color blanco hasta llegar al color totalmente saturado.

**La claridad** implica la noción que percibimos de la intensidad de luz en un objeto reflectante, es decir, que refleja la luz pero no tiene luz propia. El intervalo de claridades está comprendido entre el blanco y el negro pasando por todos los grises.

**El brillo** se usa en lugar de la claridad para referirse a la intensidad percibida por un objeto con luz propia (emitida y no reflejada), tal como una bombilla y el Sol.

**La Crominancia** engloba la información que aportan el tono y la saturación, por lo que podemos considerar un color caracterizado por su brillo. <sup>[28]</sup>



### 1.2.3.1. SIGNIFICADO DE DELTA E ( $\Delta E$ ) <sup>[16]</sup>

Cuando se mide el color de manera instrumental, normalmente se hace contra un estándar, la diferencia entre ambos se llama Delta E.

En CIE  $L^* a^* b^*$ , la Delta E ( $\Delta E$ ) se calcula como:

$$\Delta E = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2} \quad \text{Fórmula (1)}$$

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad \text{Fórmula (2)}$$

Donde  $\Delta L$  es la diferencia de valores sobre el eje Blanco-Negro,  $\Delta a$  sobre el eje Rojo-Verde y  $\Delta b$  sobre el eje Amarillo-Azul.

Se dice que un color está fuera de tono cuando la diferencia de éste contra el estándar es suficientemente grande (mayor a una  $\Delta E$ ) para ser notoria y limitante.

## 1.3. COLORANTES EMPLEADOS EN RESINAS PLÁSTICAS

La coloración de las piezas a moldear es un paso crítico en el diseño y desarrollo del producto, puesto que la belleza de la pieza, la identificación y las funciones ópticas dependen de este proceso. <sup>[17]</sup>

El experto en el diseño de un color, debe poseer una habilidad visual impresionante, puesto que sus ojos están entrenados para reconocer colores con diferencias mínimas, lo cual requiere una destreza natural y amplia experiencia. Debe tomarse en cuenta también la teoría del color, ya que los pigmentos son substractivos y la luz es aditiva; además, si como color objetivo se tiene una pieza de metal, vidrio, líquido, papel o polímero diferente al polímero final, es posible que bajo distinta luz sea igual o difiera el color del objetivo. Por ello debe decidirse cuál será la luz bajo la cual los colores serán observados. Para personas que no son expertas en identificación de color, son muy útiles los espectrofotómetro, aunque su grado de confianza no es del 100%. Un individuo no entrenado puede ver dos colores distintos como iguales y dos iguales como diferentes, debido a errores en el ángulo con respecto a la incidencia de la luz, la distancia entre uno y otro objetivo, la luz ambiental, etcétera. <sup>[29]</sup>



En la industria plástica se emplean diversos tipos de colorantes, los cuales se describen a continuación

### **1.3.1. PIGMENTOS EN POLVO**

Los pigmentos que se aplican a los colores líquidos dentro de la industria del plástico son de origen orgánico e inorgánico y con base a su naturaleza se determina si un producto puede ser apto para estar en contacto con alimentos o no representar riesgo a la salud.

Los pigmentos en polvo presentan mayores problemas de coloración que los concentrados de color y estos más que los precoloreados; sin embargo, los precoloreados son los más caros y tienen una historia térmica mayor (ya que han estado expuestos por mayor tiempo a la temperatura). Los problemas de procesamiento más comunes con relación al color de una pieza son: líneas de color más o menos intenso, puntos negros, ráfagas, y piel de naranja.

#### **Características**

- Esta es la clase de pigmentos que inicialmente se usaron en la industria del plástico.
- Los colores finales se obtienen mezclando los pigmentos base en polvo junto con dispersantes y otros aditivos.
- Las proporciones de uso más comunes van de 100:1 al 200:1 (1% al .5% respectivamente). Su empleo puede ser extendido a varias resinas.
- Presentan problemas de mezclado e incorporación que pueden ocasionar mala dispersión en las piezas.
- Son productos normalmente económicos y de gran tolerancia en las variaciones de color.



La tabla 2 muestra los pigmentos en polvo comerciales de mayor uso en la industria del plástico.

Tabla 2. Pigmentos comerciales

NO.	NOMBRE DE MATERIA PRIMA	INDICE DE COLOR/NOMBRE	FAMILIA	COLOR	FDA*
1	TIOXIDE R-FC6 BLANCO	PIGMENTO BLANCO 6	INORGÁNICO	BLANCO	S
2	REGAL 660R POLVO NEGRO	PIGMENTO NEGRO 7	ORGÁNICO	NEGRO	N
3	MPC CHANNEL NEGRO	PIGMENTO NEGRO 7	ORGÁNICO	NEGRO	S
4	BK-5099 OXIDO NEGRO	PIGMENTO NEGRO 11	INORGÁNICO	NEGRO	N
5	HELIOGEN AZUL K7090	PIGMENTO AZUL 15:3	ORGÁNICO	AZUL	S
6	HELIOGEN AZUL K6903	PIGMENTO AZUL B 15:1	ORGÁNICO	AZUL	S
7	34L2000 AZURE AZUL	PIGMENTO AZUL 28	INORGÁNICO	AZUL	S
8	34L2001 AMAZON AZUL	PIGMENTO AZUL 36	INORGÁNICO	AZUL	N
9	NUBIX G-58 ULTRAMARINO AZUL	PIGMENTO AZUL 29	INORGÁNICO	AZUL	S
10	NUBIX C-84 ULTRAMARINO AZUL	PIGMENTO AZUL 29	INORGÁNICO	AZUL	S
11	NUBIX E-28 ULTRAMARINO AZUL	PIGMENTO AZUL 29	INORGÁNICO	AZUL	S
12	HELIOGEN VERDE K-8730	PIGMENTO VERDE 7	ORGÁNICO	VERDE	S
13	HELIOGEN VERDE K 8605	PIGMENTO VERDE 7	ORGÁNICO	VERDE	S
14	OXIDO DE CROMO VERDE G-6099	PIGMENTO VERDE 17	INORGÁNICO	VERDE	S
15	CROMOPHTAL NARANJA GP	PIGMENTO NARANJA 64	ORGÁNICO	NARANJA	S
16	2920 NARANJA BRILLANTE	PIGMENTO NARANJA 79	ORGÁNICO	NARANJA	S
17	NOVAPERM ROJO F5RKA	PIGMENTO ROJO 170	ORGÁNICO	ROJO	N
18	225-2480 SUNBRITE SCARLET 60:1	PIGMENTO ROJO 60:1	ORGÁNICO	ROJO	N
19	IRGALITE ROJO LCB	PIGMENTO ROJO 53:1	ORGÁNICO	ROJO	N
20	DCC-2782 BARIUM 2B ROJO	PIGMENTO ROJO 60:1	ORGÁNICO	ROJO	N
21	LITHOL SCARLET 4451	PIGMENTO ROJO 48:2	ORGÁNICO	ROJO	N
22	CROMOPHTAL ROJO 2020	PIGMENTO VIOLETA 19	ORGÁNICO	ROJO	S
23	CROMOPHTAL MAGENTA P	PIGMENTO ROJO 202	ORGÁNICO	ROJO	S
24	CROMOPHTAL ROSA PT	PIGMENTO ROJO 122	ORGÁNICO	ROJO	N
25	PALIOGEN ROJO K 3911 HD	PIGMENTO ROJO 178	ORGÁNICO	ROJO	S
26	CROMOPHTAL ROJO 2030	PIGMENTO ROJO 254	ORGÁNICO	ROJO	S





Tabla 2. Pigmentos comerciales (Continuación)

27	CROMOPHTAL ROJO 2028	PIGMENTO ROJO 254	ORGÁNICO	ROJO	S
28	COLORTHERM ROJO 110M	PIGMENTO ROJO 101	INORGÁNICO	ROJO	S
29	COLORTHERM ROJO 130M	PIGMENTO ROJO 101	INORGÁNICO	ROJO	S
30	COLORTHERM ROJO 180M	PIGMENTO ROJO 101	INORGÁNICO	ROJO	S
31	CINQUASIA VIOLETA RT-891-D	PIGMENTO VIOLETA 19	ORGÁNICO	VIOLETA	S
32	CROMOPHTAL VIOLETA GT	PIGMENTO VIOLETA 23	ORGÁNICO	VIOLETA	N
33	PREMIER VU UMV (6112)	PIGMENTA VIOLETO 15	INORGÁNICO	VIOLETA	S
34	SICOTAN CAFE K 2750 FG	PIGMENTO AMARILLO 164	INORGÁNICO	CAFÉ	N
35	FERRITAN FZ-1000	PIGMENTO AMARILLO 119	INORGÁNICO	AMARILLO	S
36	NUBITERM Y-905K ZINC FERRITA	PIGMENTO AMARILLO 119	INORGÁNICO	AMARILLO	S
37	PV FAST AMARILLO HG	PIGMENTO AMARILLO 180	ORGÁNICO	AMARILLO	S
38	IRGALITE AMARILLO WGPH	PIGMENTO AMARILLO 168	ORGÁNICO	AMARILLO	N
39	PV FAST AMARILLO HGR (11-3071)	PIGMENTO AMARILLO 191	ORGÁNICO	AMARILLO	S
40	PALITOL AMARILLO K 2270	PIGMENTO AMARILLO 183	ORGÁNICO	AMARILLO	S
41	CROMOPHTAL AMARILLO HSPA	PIGMENTO AMARILLO 191:1	ORGÁNICO	AMARILLO	S
42	CROMOPHTAL AMARILLO GRP	PIGMENTO AMARILLO 95	ORGÁNICO	AMARILLO	S
43	IRGALITE AMARILLO WSR-P	PIGMENTO AMARILLO 62	ORGÁNICO	AMARILLO	N
44	CROMOPHTAL AMARILLO 3RLP	PIGMENTO AMARILLO 110	ORGÁNICO	AMARILLO	S
45	9766 FD&C AMARILLO # 6	PIGMENTO AMARILLO 104	ORGÁNICO	AMARILLO	S
46	9765 FD&C AMARILLO # 5	PIGMENTO AMARILLO 100	ORGÁNICO	AMARILLO	S
47	PALITOL AMARILLO K 0961 (HD)	PIGMENTO AMARILLO 138	ORGÁNICO	AMARILLO	S
48	SICOPLAST AMARILLO 10-0770	PIG AMARILLO 138/PIG AMARILLO 183	ORGÁNICO	AMARILLO	S
49	SICOTAN AMARILLO K 2001 FG	PIGMENTO CAFE 24	INORGÁNICO	CAFÉ	S
50	SICOTAN AMARILLO K 1011	PIGMENTO AMARILLO 53	INORGÁNICO	AMARILLO	S
51	COLORTHERM 10	PIGMENTO AMARILLO 42	INORGÁNICO	AMARILLO	S



En la tabla 3, se señalan los principales colorantes comerciales empleados en la industria del plástico

Tabla 3. Colorantes comerciales

NO.	NOMBRE DE MATERIA PRIMA	INDICE DE COLOR/NOMBRE	FAMILIA	COLOR	FDA*
1	LAMBDA PLAST AZUL NL	SOLVENTE AZUL 59	ANTRAQUINONA	AZUL	N
2	MACROLEX AZUL RR GRANULAR	SOLVENTE AZUL 97	ANTRAQUINONA	AZUL	N
3	MACROLEX VERDE G GRANULAR	SOLVENTE VERDE 28	ANTRAQUINONA	VERDE	N
4	MACROLEX VERDE 5B GRANULAR	SOLVENTE VERDE 3	ANTRAQUINONA	VERDE	N
5	MACROLEX NARANJA R GRANULAR	DISPERSO NARANJA 47	POLIMETINA	NARANJA	N
6	MACROLEX NARANJA 3G GRANULAR	SOLVENTE NARANJA 60	PERINONA	NARANJA	N
7	MACROLEX ROJO EG GRANULAR	SOLVENTE ROJO 135	PERINONA	ROJO	N
8	MACROLEX ROJO E2G GRANULAR	SOLVENTE ROJO 179	PERINONA	ROJO	N
9	THERMOPLAST ROJO 454	SOLVENTE ROJO 195	ANTRAQUINONA	ROJO	N
10	MACROLEX ROJO VIOLETA R GRANULAR	DISPERSO VIOLETA 26	ANTRAQUINONA	VIOLETA	N
11	MACROLEX VIOLETA B GRANULAR	SOLVENTE VIOLETA 13	ANTRAQUINONA	VIOLETA	N
12	MACROLEX VIOLETA 3R GRANULAR	SOLVENTE VIOLETA 36	ANTRAQUINONA	VIOLETA	N
13	KEY PLAST AMARILLO 3G	SOLVENTE AMARILLO 93	PIRAZOLONA	AMARILLO	N
14	KEY PLAST AMARILLO AG	SOLVENTE AMARILLO 114	QUINOFTALONA	AMARILLO	N

### 1.3.2. CONCENTRADOS DE COLOR <sup>[18]</sup>

La elección más cómoda y limpia, es el uso del concentrado de color (en inglés *Masterbatch*), el cual se diseña con características de índice de fluidez y viscosidad acordes al polímero (ver anexos 6-9) que se desea procesar. Con los concentrados de color se puede cambiar de un color a otro de manera rápida, sencilla y limpia.



Los colores pueden ser translucidos u opacos dependiendo de la transparencia de la resina termoplástica, concentración aplicada y requerimiento de cliente.

Es importante que el proveedor de los concentrados de color sea consciente de la aplicación final de la pieza, para optar por utilizar pigmentos o colorantes que no migren a la superficie como en las poliolefinas, lo que representa un error muy común en la industria ya que son baratos, este ahorro merma la calidad de la pieza y puede resultar en una reclamación por parte del cliente.

Los colores finales pueden ser translúcidos, sólidos, pasteles, metálicos, perlados, fosforescentes, fluorescentes, etcétera. Algunos polímeros como el ABS (Acrilobutadieno estireno) son más difíciles de colorear que otros como el polietileno, por su alta temperatura de proceso y su color amarillento natural.

### **Características**

- Esta forma de pigmentar es la más difundida actualmente por los beneficios que conlleva.
- Los pigmentos se encapsulan en un vehículo (resina termoplástica) que es regularmente una resina termoplástica.
- Las mezclas empleadas varían desde el 100:1 hasta 25:1.
- Su aplicación se limita a las resinas compatibles con los vehículos.
- El manejo es más sencillo y menos sucio.
- El costo de colorear es mayor en comparación al polvo.

### **1.3.3. RESINAS PRECOLOREADAS**

- Esta es la forma de darle color a los materiales más cara por tradición y proceso, debido a que se procesa todo el material para ser aplicado al 100%.
- Tiene la ventaja de no requerir tratamiento previo a su procesamiento (ya sea inyección, extrusión y sople).
- Limita la versatilidad en el uso y almacenamiento de resinas.



#### **1.3.4. SAL Y PIMIENTA**

Esta es una versión más económica (en algunos casos) de las resinas precoloreadas y sus limitaciones en versatilidad son la mismas.

La sal es la resina natural y la pimienta, el concentrado de color previamente combinado para que de esta manera, el cliente evite el proceso de mezclado.

Se recomienda no almacenarlas por periodos largos ya que tienden a sedimentar por la pimienta, lo que representa un importante inconveniente.

#### **1.4. COLORES LÍQUIDOS**

El color líquido también conocidos como dispersión líquida ha demostrado ser una herramienta potente para mejorar la eficiencia de producción y mantener la calidad de los productos plásticos. Los sistemas de colorante líquido (donde los pigmentos se dispersan en un portador líquido y se entregan a la máquina por medio de un equipo especializado de dosificación) han estado presentes desde la década de 1970, pero en años recientes la tecnología se ha desarrollado de manera significativa.

La naturaleza misma de un líquido implica que se requiera porcentajes de aplicación menores para lograr un color fuerte y consistente. Con la dosificación precisa, se pueden lograr variaciones de hasta 0.001%, por lo que es posible alcanzar mejorías importantes en la eficiencia de proceso y la consistencia del color. Esto lleva a una mejoría en la calidad del producto y menores tasas de desperdicio.

[18]

Los especialistas en color líquido buscan mejorar los aspectos de la tecnología de dispersión a través de años de investigación y desarrollo. Se consideran ampliamente los sistemas de colorante líquido como una opción altamente adecuada para los mercados de empaque de PET y contenedor de PP, en donde las aplicaciones, frecuentemente, requieren de adiciones de color más pequeñas. [19]



La dispersión líquida se utiliza para colorear a muchas resinas termoplásticas; como PE, poliestireno, poliestireno de alto impacto (HIPS), PP, y poliamida, entre otros. Estos materiales son empleados especialmente para la coloración de moldeo por soplado en pequeñas y medianas empresas o en piezas moldeadas por inyección. [30]

La calidad de los aceites portadores líquidos es fundamental para la efectividad general del sistema de colorante. Los proveedores de colorante líquido constantemente realizan investigación sobre cómo interactúan los sistemas vehiculares y los polímeros. Las avanzadas fórmulas de aceites minerales o especialidades químicas actuales, constituidos principalmente de materiales basados en aceite natural, han sido diseñadas para funcionar en armonía con el equipo de proceso y permitir que el color líquido se aplique con una captación de energía mucho menor para facilitar un proceso uniforme.

#### 1.4.1. PATENTES DE COLOR LÍQUIDO

En la tabla 4, se muestran algunas de las patentes existentes sobre el desarrollo de colores líquidos.

Tabla 4. Patentes de color líquido

No. De publicación	Nombre	Fecha de publicación	Autores	Empresa
3,956,008	Dispersión de colorante líquido para plásticos	11 de Mayo de 1976	William M. Amheim, III, Lawrence John Grenner, Siegfried Knepper	Kark Finke OHG, Wuppertal-Bermer, Germany; Inmont Corporation, New York, N.Y.: Part interest to each
US 4167503 A	Portador de colorante / Aditivo líquido para uso en polímeros compuestos.	11 de Septiembre de 1979	Cipriano Ciprini	Wyandotte Chemicals Corp.
4,571,416	Concentrado de colorante líquido / aditivo para plásticos	18 de Febrero de 1986	Richard E. Jarzombek, Munster, Raymond J. Moeller, Cedar Lake	Bee Chemical Co.
EP0536303 A4	Concentrado de colorante líquido / aditivo para la incorporación en plásticos	20 de Octubre de 1992	Neil A. Burditt, Shaker Heights, Richard L. Abrams, N. Royalton both of Ohio	Ferro Corporation, Cleveland, Ohio
US 6,261,576 B1	Larga duración de formulaciones de color líquido.	17 de Julio de 2001	Yoram Fishman, 3300 Wonderview Plz, Los Angeles, CA (US) 90068	National Starch and Chemical Co.
WO 2006015855 A1	Líquido portador para agentes concentrados y su uso	16 de Febrero de 2006	Martin Husmann, Horst Ring, Juergen Weigel	N/A
US 2010/0089289 A1	Color líquido o aditivo concentrado utilizando aceites bio-derivado	15 de Abril de 2010	Bernard Mahiat Beroit Crasson	PolyOne
WO2012004257 A2	Color líquido a base de agua que contiene aditivos de dispersión termoestables para colorear PMMA	12 de Junio de 2012	Sabine Schwarz-Barac, Roger Recktenwald, Thorsten Goldacker, Ursula Golchert, Victor Khrenov, Stefan Nau, Nils Mehler, Krzysztof Sado, Ernst Becker, Norbert Bendzko, Joachim Henn, Markus Vogt, Markus Schubert, Daniel Cleff, Birgit Riedel-Bendzko	Evonik Roehm GmbH, Sabine Schwarz-Barac, Roger Recktenwald, Thorsten Goldacker, Ursula Golchert, Victor Khrenov, Stefan Nau, Nils Mehler, Krzysztof Sado, Ernst Becker, Norbert Bendzko, Joachim Henn, Markus Vogt, Markus Schubert, Daniel Cleff, Birgit Riedel-Bendzko
US 8,252,855 B2	Concentrado de color líquido	28 de Agosto de 2012	Hari Rajaraman, Hudson, OH (US); Stephen Cranney, Dacula, GA (US); Thomas Majewski, Parma, OH (US); Peter Prusak, Cleveland, OH(US)	PolyOne Corporation, Avon Lake, OH (US)



Los colores líquidos son comúnmente producidos utilizando uno de los dos métodos siguientes:

- a) Mediante la mezcla de los pigmentos en un vehículo líquido de base, empleando un mezclador de alta velocidad para conseguir el color deseado.
- b) El segundo método, implica moler o romper los pigmentos en partículas muy finas, para a continuación dispersar el color en el vehículo líquido.

Desde su introducción, ha existido la percepción de que es difícil manejar el color líquido y que con frecuencia puede ser sucio; lo que lleva a desperdicio de producto, a un área de proceso desarreglada y a operaciones de limpieza potencialmente intensivas. Se puede evitar totalmente este problema con las fórmulas de líquido mejoradas de la actualidad, si los transformadores están usando el equipo correcto y siguen los procedimientos recomendados por el proveedor de color.

#### **1.4.2. EQUIPOS PARA LA DOSIFICACIÓN DE COLOR LÍQUIDO**

Los sistemas modernos de dosificación de líquido y empaque, si se utilizan de la manera correcta, pueden ofrecer una dosificación altamente flexible y eficiente sin derrames, desperdicio y limpieza inconveniente.

Algunas empresas tienen una gama de sistemas volumétricos patentados que ofrecen una dosificación limpia y altamente precisa, lo que produce ahorros tanto en los costos de colorante como en la reducción de tasas de desperdicio. Pueden lograrse índices de recuperación de producto tan altas como el 99% al utilizar los sistemas de dosificación, así como el empaque recomendado por dichas compañías. Contar con componentes intercambiables, también significa que los sistemas de dosificación pueden personalizarse específicamente para cumplir con los requisitos exactos de un cliente. <sup>[31]</sup>

#### **1.4.3. SECTORES DE APLICACIÓN <sup>[32]</sup>**

Uno de los principales mercados para el color líquido se encuentra en la fabricación de botellas de PET para refresco, comidas y productos del hogar; ya que requieren bajas concentraciones de pigmento y un color uniforme (evitando líneas de flujo, mala dispersión, tono diferente, etcétera)



Los principales usos son para envases/contenedores de:

- Agua mineral
- Jugos, refrescos y néctares
- Cerveza y vino
- Productos lácteos
- Comida
- Envases de producto para el hogar

Otra aplicación que no ha sido explotada en su totalidad se encuentra en el proceso de extrusión para la fabricación de perfiles y tuberías, principalmente de PVC.

Dentro del proceso de inyección los colores líquidos se aplican principalmente para la fabricación de tapas, taponos, cajas y estuches, piezas grandes, artículos decorativos para el hogar y cosméticos.

#### **1.4.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

En la siguiente página se muestra la tabla número 5 en la cual se establece un comparativo de las ventajas y desventajas que aportan los materiales para colorear las resinas plásticas en la industria.

Tabla 5. Ventajas y desventajas de colorantes empleados en plásticos. Elaboración propia 2014



	<u>COSTO DE PIGMENTACION</u>	<u>FACILIDAD DE COLORACION</u>	<u>LIMPIEZA</u>	<u>VERSATILIDAD DEL COLOR (VARIEDAD DE RESINAS)</u>	<u>USOS TÍPICOS</u>	<u>LIMITACIONES</u>	<u>EQUIPO NECESARIO PARA MEZCLAR O ADICIONAR</u>
<u>PIGMENTO EN POLVO</u>	MAS BAJO DE TODOS	DIFICULTAD PARA INTEGRARSE EN MUCHOS CASOS	SE DEBE EXTREMAR CUIDADO, ES UN PROCESO SUJICO	MUY VERSATIL, SE PUEDE USAR PARA VARIAS RESINAS	MEJOS DEL 1%, PAREDES GRUESAS Y CORRIDAS PEQUEÑAS	REQUIERE MUCHA LIMPIEZA Y BUEN EQUIPO PARA DISPERSAR	TAMBOR, NO HAY DOSIFICADORES EFICIENTES
<u>CONCENTRADO SÓLIDO</u>	MEDIO MÁS CARO QUE EL SÓLIDO	ESTANDAR, BUENA DISPERSIÓN	NORMAL, LAS FUGAS SE RECOGEN FÁCILMENTE	LIMITADO A FAMILIA DE RESINAS, INCOMPATIBILIDAD	ENTRE 1% Y 4%, TODO TIPO DE PROCESOS	NO RECOMENDADO MUY DILUIDO (MEJOS DEL 1%)	DOSIFICADORES VOLUMÉTRICOS Y GRAVIMÉTRICOS
<u>CONCENTRADO LIQUIDO</u>	MEDIO, ECONÓMICO EN TRANSPARENT ES	BUENA DISPERSION, PUEDE DIFICULTARSE LA INYECCIÓN	SE DEBE EXTREMAR LAS PRECAUCIONES POR SER LIQUIDO	MÁS EXTENSO QUE EL CONCENTRADO SÓLIDO EN LA MAYORÍA DE LOS CASOS	MEJOS DEL 2%, EXCELENTE EN TRANSPARENTES Y PAREDES GRUESAS	NO DA BUENA OPACIDAD Y NO SE RECOMIENDA PARA NYLON, ACETAL	BOMBAS PERISTÁLTICAS
<u>SAL Y PIMENTA</u>	LIGERAMENTE MÁS ALTO QUE EL CONCENTRADO SÓLIDO	IGUAL QUE EL CONCENTRADO SÓLIDO	NORMAL, LAS FUGAS SE RECOGEN FÁCILMENTE	NINGUNA, SOLO SIRVE PARA LA RESINA MEZCLADA	ABRIR Y USAR, NO RECOMENDABLE ALMACENAR POR PERIODOS LARGOS	SE PUEDE SEDIMENTAR SI SE ALMACENA POR MUCHO TIEMPO	NINGUNO
<u>RESINA PRECOLOREADAS</u>	EL COSTO MÁS ALTO	ESTANDAR, BUENA, YA VIENE PREDISPERSO	NORMAL, LAS FUGAS SE RECOGEN FÁCILMENTE	NINGUNA	ABRIR Y USAR, RESINAS DE INGENIERÍA	EL COSTO DE PIGMENTACION	NINGUNO





# **CAPÍTULO 2.**

# **METODOLOGÍA**



## **CAPÍTULO 2.- METODOLOGÍA**

### **2.1. MATERIAL, EQUIPO Y REACTIVOS**

#### **2.1.1. MATERIAL Y REACTIVOS**

- Pigmentos orgánicos e inorgánicos
- Aditivos dispersantes líquidos
- Aceites minerales
- Gradilla
- Tubos de ensaye
- Resinas grado inyección (LDPE, HDPE, LLDPE)

#### **2.1.2. EQUIPO**

- Mezclador y agitadores de laboratorio marca Waring Commercial WDM120
- Bomba peristáltica marca Maguire MPA-6
- Espectrofotómetro marca Konica Minolta Mod. CM-3301
- Cámara de luces marca GTi Mini Matcher
- Balanza analítica marca OHAUS Mod. AR2140
- Inyectora marca Asian Plastic SM 50
- Molde de fichas (2 cavidades)



## 2.2. DIAGRAMAS DE FLUJO

### 2.2.1. PROCESO DE NUEVOS DESARROLLOS DE COLOR LÍQUIDO

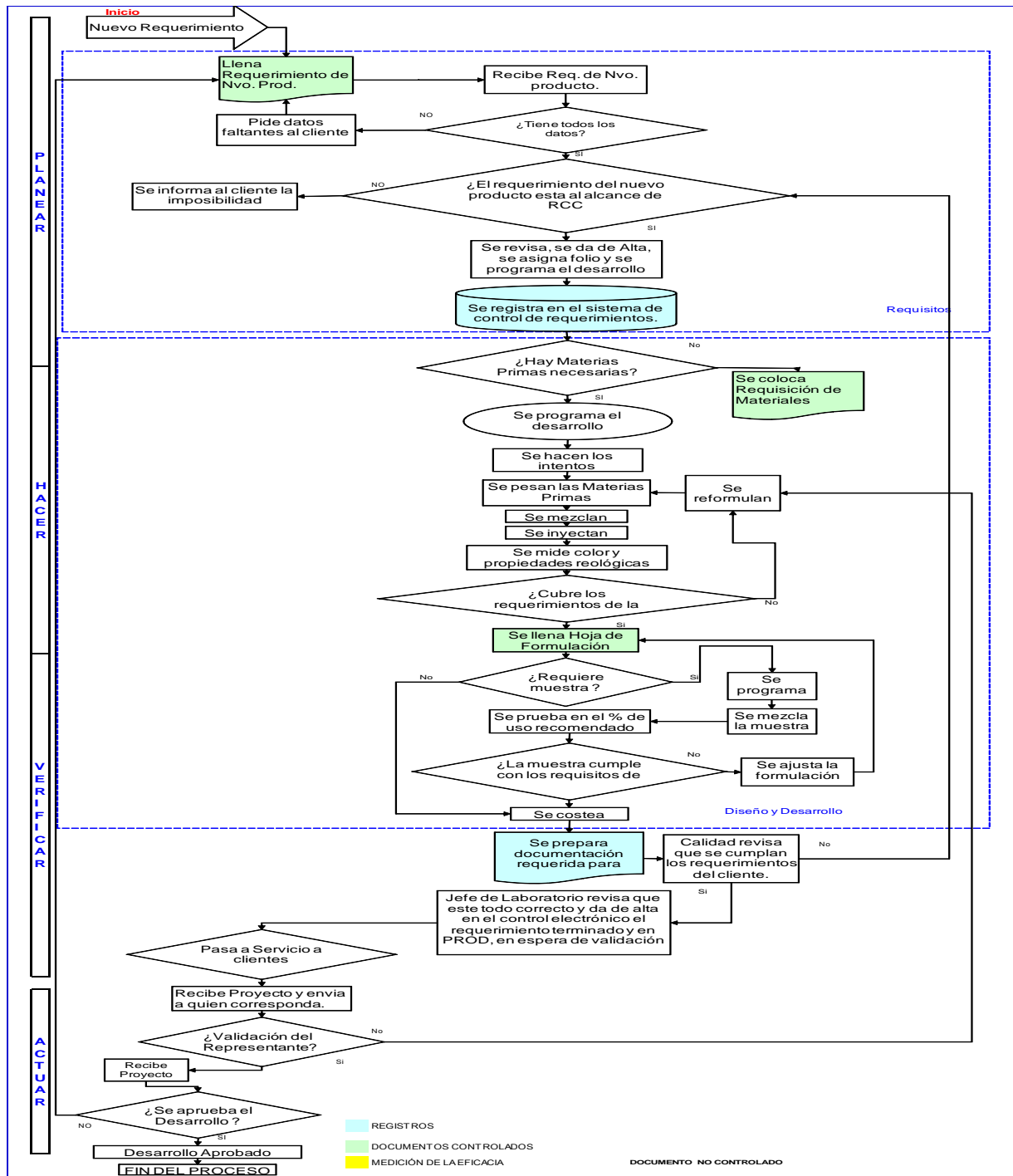


Diagrama 1. Proceso de nuevos desarrollos color líquido



## 2.2.2. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE COLOR LÍQUIDO

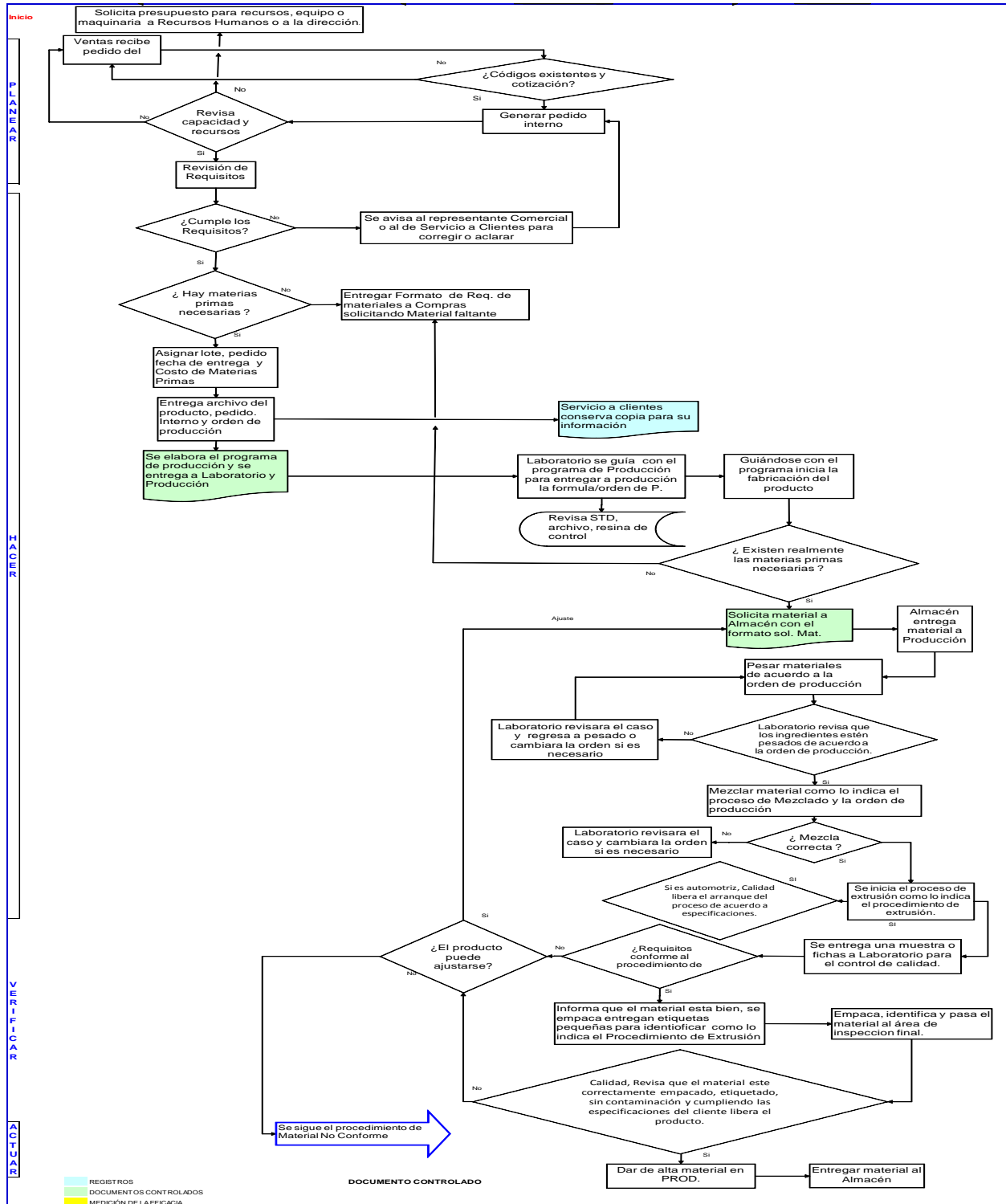


Diagrama 2. Proceso de producción de color líquido



## 2.2.3. PROCESO DE FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN DE COLOR LÍQUIDO

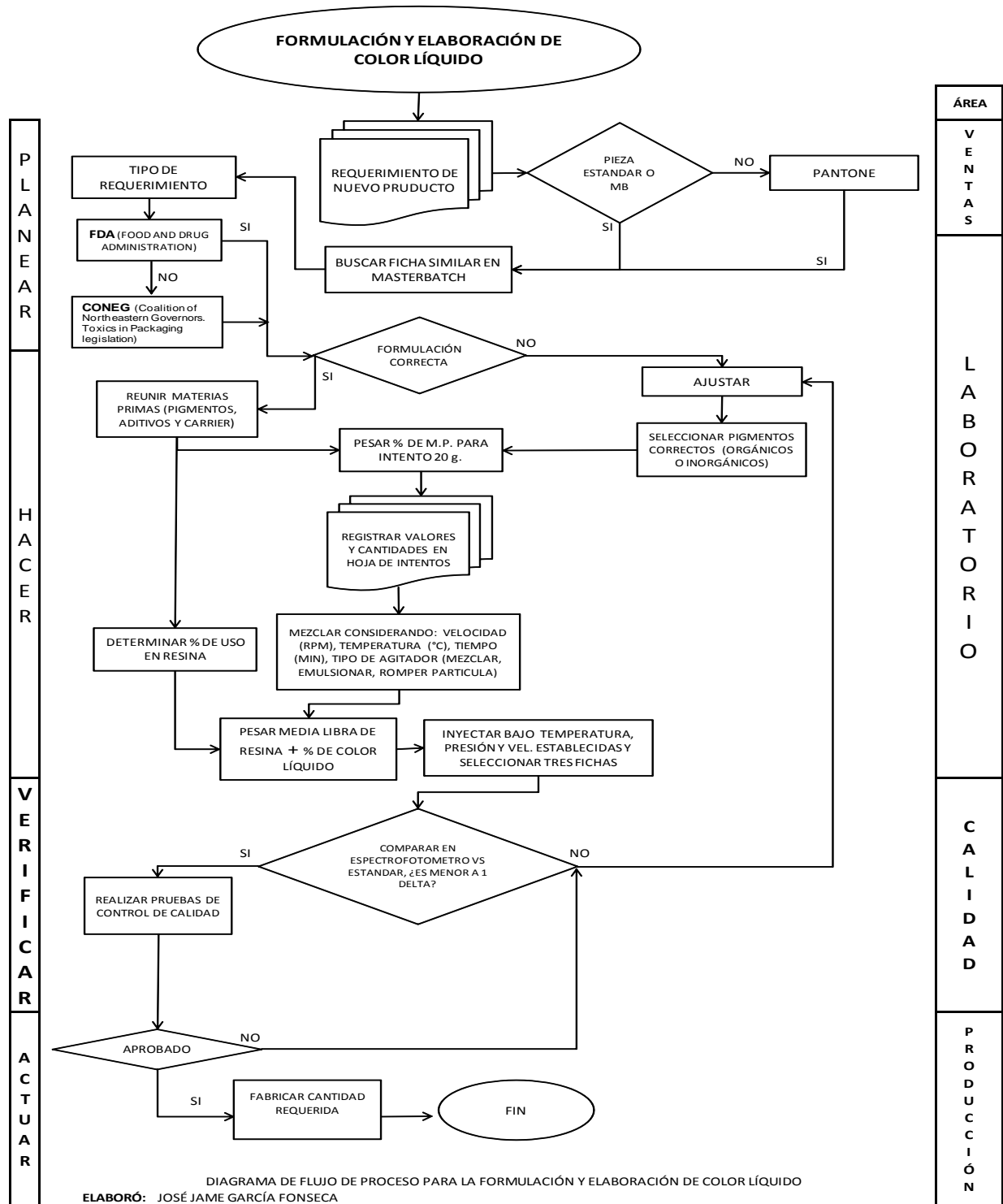


Diagrama 3. Proceso de formulación y elaboración de color líquido



## 2.2.4. PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD DE COLOR LÍQUIDO

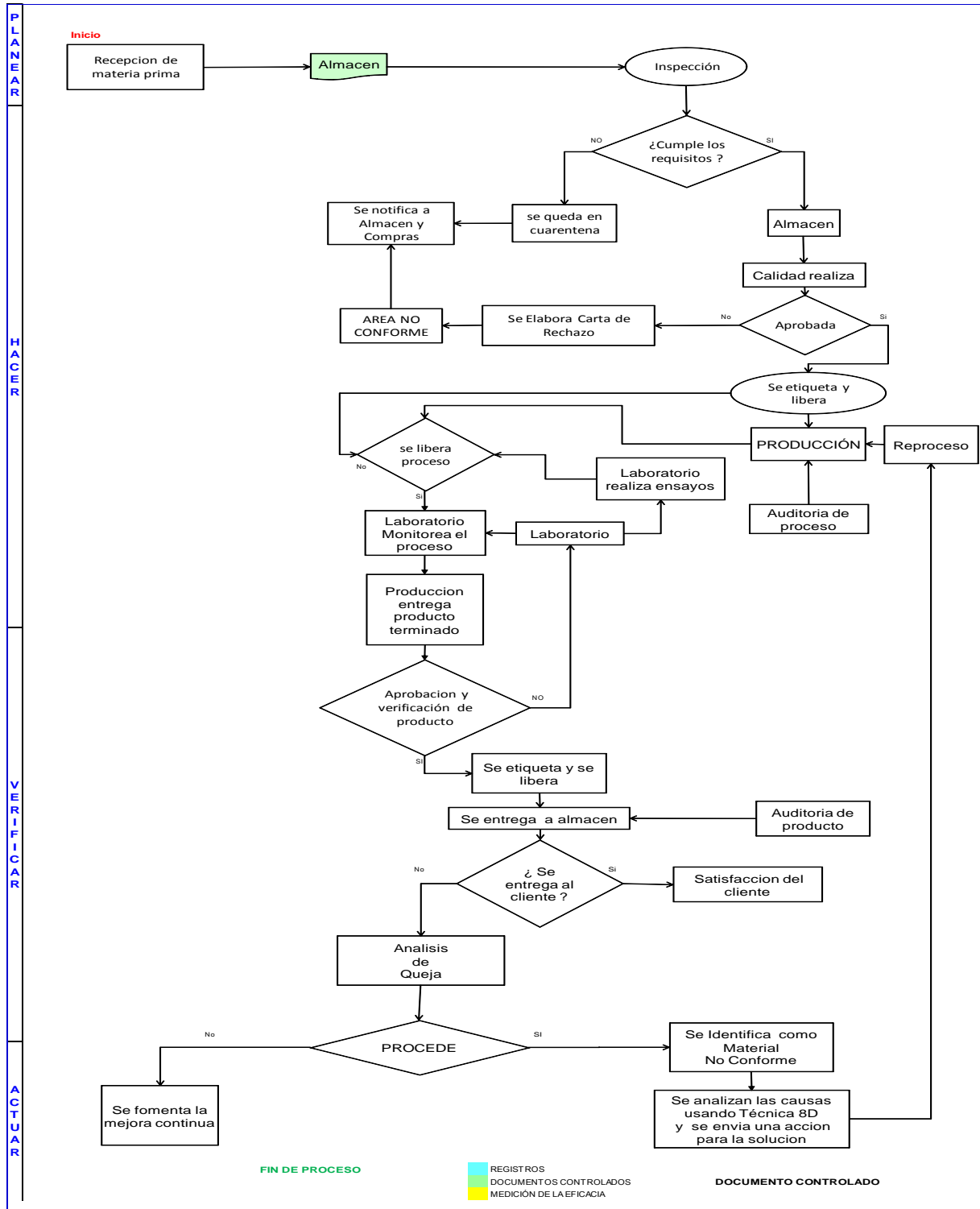


Diagrama 4. Proceso de control de calidad de color líquido



## **2.3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA**

### **2.3.1. REQUERIMIENTO DE NUEVO PRODUCTO**

El proceso de fabricación de color líquido se inició con los requerimientos del cliente esto es, la organización en una hoja denominada **Requerimiento de nuevo producto** (ver anexo 1), en el cual se hace saber las características con las cuales debe cumplir, así como las pruebas (en caso de ser necesario) a las que deben ser sometidos.

Cabe mencionar, que en caso de que el producto no pueda ser fabricado en planta por alguna limitante en diseño y/o proceso, se debe notificar al cliente, de lo contrario se inicia con el desarrollo del color, que en este caso fue mediante consulta del archivo de laboratorio para seleccionar un color similar al estándar del cliente, posteriormente se revisó que cumpliera con sus requerimientos.

### **2.3.2. SELECCIÓN DE PIGMENTOS**

Una vez que el archivo de planta cumplió con los requerimientos que solicitó el cliente, se comenzó la selección de pigmentos (FDA, CONEG, BASE METALES PESADOS). Posteriormente, se eligió el aditivo dispersante, dependiendo de la resina y tipo de pigmento (orgánico o inorgánico). También se especificó si el cliente requería algún tipo de aditivo en particular tal como estabilizadores UV, inhibidores estáticos, agentes de liberación de molde, y/o agentes espumantes. La combinación de las materias primas determinó la fluidez, tono, sedimentación y porcentaje de solubilidad que debe tener el color en base líquida.

### **2.3.3. IGUALACIÓN DEL COLOR**

Cuando se ha determinado que las materias primas son las adecuadas para el desarrollo del color líquido, se realizó la igualación en la hoja de intentos.

Un paso importante consiste en controlar el tiempo de estabilidad de la mezcla, para lo que se emplearon embudos y tubos de ensayo con el fin de vigilar la sedimentación de cada una de las muestras obtenidas.



#### **2.3.4. MEDICIÓN DEL COLOR Y PRUEBAS**

La medición de color se realizó a través de la experiencia del laboratorista, ya que él evalúa y a su vez toma las lecturas en el espectrofotómetro, asegurándose que el tono/color esté dentro de los parámetros permitidos.

El siguiente paso fue hacer pruebas del color deseado mediante mezclado en un equipo para tal fin y posteriormente su inyección (en la resina base, ya sea polietileno o polipropileno) con cierto porcentaje de color líquido para comparar el color y concentración con respecto al estándar y de esta manera, se efectuaron los intentos necesarios hasta que se obtuvo el color deseado.

El último paso consistió en seleccionar la mejor opción de acuerdo al color y opacidad requerida para generar el material en el volumen deseado y así obtener un producto final que satisfaga las necesidades de cada uno de los clientes de la empresa fabricante y distribuidora de materias primas plásticas.

#### **2.3.5. SELECCIÓN DE MATERIALES A USAR**

Uno de los puntos clave para lograr un color líquido de calidad, fue la buena selección de materiales (aditivo, vehículo y pigmentos) los cuales cumplieran las necesidades del cliente (FDA, Coneg, Ninguno o Especial) lo que les permitirá fabricar productos de mayor valor agregado.

De la misma manera, las principales características que debían cumplir estos materiales fueron: tener estabilidad en la mezcla (evitar que sedimente), dar el color deseado, y disminuir precio al cliente tanto como sea posible.

Existen distintos tipos de pigmentos comerciales en la industria tanto del plástico como en la de pinturas y recubrimientos. Para el caso del presente trabajo de tesis, éstos (vehículos, aditivos y pigmentos) se eligieron de acuerdo a su aplicación final. La combinación de cada uno de dichos materiales, determinó el color deseado y/o de lo contrario, se hicieron las modificaciones necesarias para obtener (sin saturar) el color líquido.





### **2.3.6. ADITIVOS**

Una buena fabricación de colores líquidos así como la calidad de los mismo depende directamente de las materias primas que sean empleadas en el diseño y desarrollo de estos materiales; por lo tanto una de las materias primas más importantes son los aditivos. En este caso, se agregó un aditivo humectante y dispersante para concentrados de pigmentos líquidos, no polares basados en un pigmento orgánico.

### **2.3.7. PARÁMETROS DE PROCESO**

Para obtener un producto de calidad, deben establecerse las condiciones correctas en diseño; así como en la fabricación, lo que las empresas no solo del sector plástico traducen como “lo que no es medido no puede ser mejorado.”; Esta frase se refiere a que en cada una de las operaciones y proceso deben tener un número establecido, lo cual pueda definir si el proceso es estable o no.

En el diseño y/o desarrollo de colores líquidos realizado en este trabajo de tesis se controlaron los parámetros siguientes:  $\Delta E$ , color, velocidad de mezclado, tamaño de partícula, compatibilidad con la resina, sedimentación, densidad y viscosidad.

En el mismo contexto, se observó estrictamente el tipo de requerimiento utilizado (FDA, Coneg, ninguno, etcétera) ya que de eso dependieron los pigmentos, aditivos y vehículo que fueron utilizados en las formulaciones.

### **2.3.8. CALIBRACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE BOMBA PERISTÁLTICA**

Este dispositivo se empleó únicamente en el desarrollo del color azul, dado que se trató de una formulación innovadora. Para poder utilizar la bomba peristáltica correctamente se calibró la misma para cada uno de los colores, determinado el número de pulsaciones (goteo)/ciclo, para dosificar el color líquido. En los procesos de inyección y extrusión también se calibró la bomba utilizando las siguientes fórmulas.



## Fórmulas alternas

### INYECCIÓN

### FÓRMULA

#### Datos necesarios

Tamaño de disparo  
% de color líquido  
g/100 cts

$$\frac{\text{Tamaño de disparo} \times \% \text{ de color líquido}}{\text{g/100 cts}} = \text{No. pulsaciones}$$

Fórmula (3)

#### FORMULAS ALTERNAS PARA PROCESO DE INYECCIÓN

Tamaño de disparo  
% de color líquido  
lb/gal de color líquido  
g/L de color líquido

TAMAÑO DE MANGUERA	FACTOR "C"
1/8" I.D. VERDE	1.3
3/16" I.D. ROJA	0.66
1/4" I.D. TRANSPARENTE	0.39

$$1) \quad \frac{\text{Tamaño de disparo} \times \% \text{ de color líquido} \times \text{FACTOR "C"}}{\text{lb/gal de color líquido}} = \text{No. pulsaciones}$$

Fórmula (4)

$$2) \quad \frac{\text{Tamaño de disparo} \times \% \text{ de color líquido} \times \text{FACTOR "C"} \times 120}{\text{g/L de color líquido}} = \text{No. pulsaciones}$$

Fórmula (5)

### EXTRUSIÓN

### FÓRMULA

#### Datos necesarios

Lb/h extruidas  
% color  
g/100 cts

$$\frac{\text{Lb/h extruidas} \times \% \text{ color}}{\text{g/100 cts}} \times .71 = \text{No. pulsaciones}$$

Fórmula (6)

#### FORMULAS ALTERNAS PARA PROCESO DE EXTRUSIÓN

Lb/h extruidas  
% color  
lb/gal de color líquido  
g/L de color líquido

TAMAÑO DE MANGUERA	FACTOR "E"
1/8" I.D. VERDE	0.93
3/16" I.D. ROJA	0.47
1/4" I.D. TRANSPARENTE	0.28

$$1) \quad \frac{\text{Lb/h extruidas} \times \% \text{ color} \times \text{FACTOR "E"}}{\text{lb/gal de color líquido}} = \text{No. Pulsaciones}$$

Fórmula (7)

$$2) \quad \frac{\text{Lb/h extruidas} \times \% \text{ color} \times \text{FACTOR "E"} \times 120}{\text{g/L de color líquido}} = \text{No. Pulsaciones}$$

Fórmula (8)

Fórmulas de proveedor Maguire



## **CAPÍTULO 3.**

# **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**



## CAPÍTULO 3.- DISCUSIÓN Y RESULTADOS

### 3.1. PRUEBAS REALIZADAS

Se realizaron 4 formulaciones una para cada color rojo, verde, negro y azul.

#### 3.1.1. PRUEBA NÚMERO 1: DESARROLLO DEL COLOR LÍQUIDO ROJO

Un cliente conocido solicita un color líquido rojo, el cual será aplicado en HDPE de Pemex con código 60120 (ver anexo 7) para la fabricación de tapas por el proceso de inyección, este debe ser aplicado al 1% y el tipo de requerimiento debe ser FDA ya que irá en contacto directo con bebidas.



Figura 22. Pieza estándar color rojo

Con los requerimientos que otorga el cliente al representante comercial (ver anexo 2), se inició el desarrollo del color líquido.

##### 3.1.1.1. DISEÑO Y DESARROLLO DEL COLOR LÍQUIDO

Es sabido que cada color que existe en el archivo de planta es diferente con respecto a otros, así que la mejor opción es ajustar el color. Por tal motivo, se fabricó un color líquido rojo de acuerdo a los requerimientos, el cual se identificó con un número de 5 dígitos). Para este color fue asignado el **07650** con el cual se dio seguimiento durante y después del desarrollo.



En la tabla 6, se muestra la hoja de intentos empleada para el color líquido rojo Tabla

Tabla 6. Hoja de intentos color rojo

No. de requerimiento: x **Automotriz** NO  
 Cliente: x Código: LROHD21434F Laboratorista responsable del desarrollo: **José Jaime García Fonseca**  
 Color :ROJO Pieza final: Tapa % Aplicación: 100:1 Resina a usar: HDPE Lote: 300913L13060  
 Tipo de producto: COLOR LÍQUIDO Apariencia: Pulido Aditivos: N/A Regulación: FDA(X) CONEG( ) Ninguno( ) Doc.Extra: \_\_\_\_\_  
 Estabilidad a la luz: N/A Evaluación: Visual(X), Instrumental( ) Aprobación igualación visual: **José Jaime García Fonseca**

Materia Prima	Intento 1		Intento 2		Intento 3		Intento 4		Intento 5	
	gr. requeridos	gr. reales	gr. requeridos	gr. reales	gr. requeridos	gr. reales	gr. requeridos	gr. reales	gr. requeridos	gr. reales
PIGMENTO ROJO 254	0.2796	0.2795								
PIGMENTO BLANCO 6	0.2138	0.2138								
PIGMENTO VIOLETA 19	0.0019	0.0019								
PIGMENTO AMARILLO 191	0.0267	0.0266								
DISPERSANTE X	-	-								
ACEITE MINERAL	-	-								

La aprobación visual fue satisfactoria: SI (X) NO ( )

Aprobación de cumplimiento de requisitos

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

**ALS**

Nombre y Firma

La preparación consistió en pesar cada uno de los pigmentos en polvo para determinar el porcentaje al cual fue aplicado finalmente, utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de pigmento} = \frac{\text{Intento(g)}}{2.27} \times \text{uso} + 1$$

Fórmula (9)

**Datos:**

Pigmento rojo 254 = .2795

Pigmento blanco 6 = .2138

Pigmento violeta 19 = .0019

Pigmento amarillo 119 = .0266

Dispersante X = 3%

Aceite mineral = ?

**Sustitución de fórmula**

$$\% \text{ de pigmento rojo 254} = \frac{.2795 \text{ g}}{2.27} \times 100 + 1$$

Fórmula (10)

Este proceso se llevó a cabo para cada uno de los pigmentos. De la misma forma se determinó el porcentaje de aplicación del aditivo (del 3% con respecto la fórmula total).



### 3.1.1.2. INYECCIÓN DE FICHAS

Una vez que se tiene la resina (227 g, media libra que es una cantidad establecida dentro de la empresa) y color líquido (2.27 g o 1%) se mezcló hasta lograr que su incorporación fuera uniforme. En este paso, se utilizó un mezclador de vibración durante tres minutos. Como el color líquido se dispersó uniformemente, no fue necesario dar un mayor tiempo de mezclado o hacer una nueva formulación.

Durante el proceso de inyección se purgó el equipo, es decir, que se removió todo el material de algún color o resina diferente que pudiera estar como contaminante en el cañón de inyección.

Una vez que se obtuvo el color líquido con resina y se aseguró que el material virgen con el cual se limpió el cañón salió totalmente limpio (sin color, pigmento o resina) se inyectó en la máquina SM 50 para obtener las fichas que permitieron determinar si el color obtenido en el intento, era el deseado.

Para el HDPE se establecieron las condiciones de proceso de acuerdo al molde y resina a utilizar como:  $T_1 = 200^{\circ}\text{C} - 210^{\circ}\text{C}$  en la boquilla (zona 1). La temperatura en la zona 2, se mantuvo en los  $190^{\circ}\text{C}$  aproximadamente y en la zona 3 (garganta/debajo de la tolva) fue de  $T_3 = 170^{\circ}\text{C}$ .

Posteriormente se comenzó la inyección del material, el cual se colocó en la tolva para dosificarlo uniformemente.

Una vez que se obtuvieron 5 pares de fichas con el color uniforme se realizó la evaluación con respecto al estándar de manera visual (de acuerdo a la experiencia del laboratorista) y posteriormente de manera numérica (en espectrofotómetro).

Es importante mencionar que la evaluación numérica debe estar dentro del parámetro permitido y solicitado por el cliente, es decir, ser menor a 1  $\Delta E$  y el espectrofotómetro debe dar la palabra "PASS" lo que significa que el color es adecuado, cada  $\Delta E$  es un equivalente a un 10% de diferencia aproximadamente y con base a este valor se ajustó el color.

Una vez obtenido el color deseado se comenzó con la fabricación de la muestra que



posteriormente fue enviada al cliente para su veredicto (aceptada/rechazada). Antes de comenzar fue necesario asignar un código y lote al producto para tenerlo correctamente identificado.

### 3.1.1.3. ASIGNACIÓN DE CÓDIGO Y LOTE:

En el caso específico del color líquido rojo se designó de la siguiente manera:

**LROHD21434F**

El código hacen referencia a los siguientes datos en donde:

L = Color líquido

RO = Color rojo

HD = Polietileno de alta densidad

21434 = Número consecutivo de acuerdo al historial de códigos por color.

F = FDA (grado alimenticio)

El número de lote designado fue: **300913L13060**

En donde:

300913 = Fecha de fabricación del producto (30/Septiembre/2013)

L1 = Referencia al mezclador de líquidos número 1.

3060 = Número consecutivo de acuerdo al historial de lotes.

Los datos de código y lote se registraron en los formatos correspondientes, así mismo en el requerimiento de nuevo producto y hoja de intentos; posteriormente, se comenzó el desarrollo. Una vez determinados los porcentajes de cada uno de los materiales, se procedió a fabricar la cantidad solicitada de muestra; es decir, se solicitaron 1000g de muestra, pero como se almacena una muestra de retención (100 g) para tener como antecedente, se fabricaron un total de 1100g, usando la siguiente fórmula:

$$\text{Cantidad de materia prima} = \frac{(\% \text{ material}) \times (\text{cantidad total de lote}/100)}{\text{número de mezclas}} \quad \text{Fórmula (11)}$$



Para el caso especial del carrier (aceite mineral), se calculó de acuerdo a la diferencia del 100% con respecto al % de pigmentos y aditivos según la siguiente expresión.

$$\% \text{ carrier} = 100 - \Sigma\% \text{ pigmentos y aditivos} \quad \text{Fórmula (12)}$$

Específicamente del color líquido rojo se fabricaron dos mezclas. La tabla 7 muestra la formulación.

Tabla 7. Formulación/Orden de producción color rojo

FORMULACIÓN / ORDEN DE PRODUCCIÓN									
PRODUCTO AUTOMOTRIZ			( SI )	( NO )					
Requerimiento ó PO:	X	Cliente:	X	Color:	ROJO	Código:	LROHD21434F	Fecha:	4-feb-2014
Resina de control:	HDPE	Lote:	300913L13060	Producto:	Color líquido	Uso:	100:1		
Instrucciones Especiales de Procesamiento:									
Requisitos específicos del producto:									
Resina :	HDPE	Uso:	100:1	Evaluación:	VISUAL	Delta max.			
STD Tapa	Opacidad:	igual STD	Requerimiento especial:	FDA	Tamaño de Pellet:	N/A			
Nombre y/o Firma de quien VoBo STD.o (Suficiente hoja de validación)									
<b>Formula:</b>									
Cantidad Total del lote:		1.1	Peso por Mezcla		0.55	No. de mezclas: 2			
No.	Descripción:	Material y Código:	% de materiales:	Kilogramos	Gramos	Ajustes			
1		PIGMENTO ROJO 254	6.1564	0.034	33.86				
2		PIGMENTO BLANCO 6	4.7093	0.026	25.90				
3		PIGMENTO VIOLETA 19	0.0419	0.000	0.23				
4		PIGMENTO AMARILLO 191	0.5859	0.003	3.22				
5		DISPERSANTE X	3.0000	0.017	16.50				
6		ACEITE MINERAL	85.5066	0.470	470.29				
<b>Totales:</b>		<b>100.0000</b>	<b>550.00</b>	<b>550.00</b>	<b>1100.00</b>				
Máquina Usada: ASIAN PLASTIC SM 50 Mezclador: 1 Fabricó José Jaime García Fonseca									
Anotar la cantidad de mallas y de que número									

### 3.1.1.4. PROCESO

Una vez que se determinó la cantidad en gramos de cada una de las materias primas se pesaron las formulaciones en forma separada y se mezclaron de la misma manera. En el caso de los pigmentos se tamizaron en una malla de 80 x100, para asegurar que no quedaron grumos difíciles de romper durante el proceso de mezclado, lo cual es uno de los causas de rechazo por el departamento de calidad y/o el cliente.

El mezclado del color líquido se llevó a cabo a distintas velocidades y a temperatura ambiente, evitando que el color fuera contaminado por algún material externo (pigmentos diferentes, polvo, objetos, etcétera).





En la tabla 8 se presentan los parámetros que fueron considerados para el mezclado de las muestras.

Tabla 8. Parámetros de mezclado para muestras

VELOCIDAD	RPM	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (min)
Baja	16,000	23-24°C	5
Media	20,000	23-24°C	4
Alta	24,000	23-24°C	3

Una vez que se tuvo la mezcla homogénea con los requerimientos del cliente y que el líquido fluyó sin problema, se tomó la muestra de retención inyectándose en fichas para asegurarse que el color se comportara de la misma manera.

Como el desarrollo de este color líquido no tuvo variación, se realizó la papelería (que quedo en archivo y se envió al cliente).

Los documentos que se realizaron fueron:

- Plan de control del producto.
- Requerimiento de nuevo producto.
- Hoja de intentos.
- Fórmula/orden de producción.
- Costo de materias primas
- Precio.
- Certificado de calidad.
- Fichas inyectadas y debidamente identificadas.
- Etiquetas de producto.



Los documentos que se emitieron al cliente fueron:

- Certificado de calidad
- Hoja de validación del producto
- Pieza estándar
- Fichas inyectadas de HDPE con color líquido

La figura 23 muestra el estándar de color rojo en comparación con la ficha inyectada con color líquido desarrollado en la organización, teniendo un desarrollo satisfactorio del mismo.



**Figura 23. Estándar color rojo vs ficha con color líquido**

### **3.1.2. PRUEBA NÚMERO 2: DESARROLLO DEL COLOR LÍQUIDO VERDE**

El segundo desarrollo de color consistió en generar un líquido de color verde para su aplicación en HDPE, siendo para el mismo cliente anterior. (Ver anexo 3)

En las tablas 9 y 10, se muestran la hoja de intentos y la orden de producción, respectivamente, para el desarrollo de este color líquido.



Tabla 9. Hoja de intentos color verde

No. de requerimiento: x Automotriz NO  
 Cliente: x Código: LVEHD21142F Laboratorista responsable del desarrollo: **José Jaime García Fonseca**  
 Color : VERDE Pieza final: Tapa % Aplicación: 100:1 Resina a usar: HDPE Lote: 300913L13045  
 Tipo de producto: COLOR LÍQUIDO Apariencia: Pulido Aditivos: \_\_\_\_\_ Regulación: FDA(X)CONEG( ) Ninguno( ) Doc.Extra: \_\_\_\_\_  
 Estabilidad a la luz: N/A Evaluación: Visual ( X ), Instrumental( ) Aprobó igualación visual: **José Jaime García Fonseca**  
 Nombre y Firma

Materia Prima	Intento 1		Intento 2		Intento 3		Intento 4		Intento 5	
	gr. requeridos	gr. reales	gr. requeridos	gr. reales	gr. requeridos	gr. reales	gr. requeridos	gr. reales	gr. requeridos	gr. reales
PIGMENTO VERDE 7	0.5	0.505								
PIGMENTO AMARILLO191	0.02	0.0201								
PIGMENTO NEGRO 7	0.05	0.05								
DISPERSANTE X	-	-								
ACEITE MINERAL	-	-								

La aprobación visual fue satisfactoria: SI ( X ) NO ( )

Aprobación de cumplimiento de requisitos

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

ALS

Nombre y Firma

Tabla 10. Formulación/Orden de producción color verde

FORMULACIÓN / ORDEN DE PRODUCCIÓN

PRODUCTO AUTOMOTRIZ ( SI ) ( NO )

Requerimiento ó PO:	<u>X</u>	Cliente:	<u>X</u>	Color:	<u>VERDE</u>	Código:	<u>LVEHD21142F</u>
Resina de control:	<u>HDPE</u>	Lote:	<u>300913L13045</u>	Producto:	<u>Color líquido</u>	Uso:	<u>100:1</u>
Instrucciones Especiales de Procesamiento: _____							
Requisitos específicos del producto:	Resina :	<u>HDPE</u>	Uso:	<u>100:1</u>	Evaluación:	<u>VISUAL</u>	Delta max. <u>N/A</u>
STD <u>Tapa</u>	Opacidad:	<u>igual STD</u>	Requerimiento especial:	<u>FDA</u>	Tamaño de Pellet:	<u>N/A</u>	
Nombre y/o Firma de quien VoBo STD.o (Suficiente hoja de validación)							
Formula:	Cantidad Total del lote:	<u>1.1</u>	Peso por Mezcla	<u>0.55</u>	No. de mezclas:	<u>2</u>	
No.	Descripción:	Material y Código:	% de materiales:	Kilogramos	Gramos	Ajustes	
1		PIGMENTO VERDE 7	22.0264	0.121	121.15		
2		PIGMENTO AMARILLO191	0.8811	0.005	4.85		
3		PIGMENTO NEGRO 7	2.2026	0.012	12.11		
4		DISPERSANTE X	3.0000	0.017	16.50		
6		ACEITE MINERAL	71.8899	0.395	395.39		
Totales:			<b>100.0000</b>	<b>550.00</b>	<b>550.00</b>		<b>1100.00</b>
Máquina Usada:	<u>ASIAN PLASTIC SM 50</u>	Mezclador:	<u>1</u>	Fabricó:	<u>José Jaime García Fonseca</u>	Anotar la cantidad de mallas y de que número	



En la figura 24 se muestra la comparación del estándar de color verde así como las fichas obtenidas con color líquido.



**Figura 24. Estándar color verde vs ficha con color líquido**

El color líquido verde para su aplicación en HDPE no presentó ningún problema en cuanto a diseño y desarrollo del mismo; por tal motivo, se considera que el producto fue satisfactorio y cumple cada uno de los requerimientos del cliente.

### 3.1.3. PRUEBA NÚMERO 3: DESARROLLO DE COLOR LÍQUIDO NEGRO

El tercer desarrollo de color consistió en generar un líquido de color negro para su aplicación en HDPE, (Ver anexo 4). Las tablas 11 y 12 presentan los resultados para la hoja de intentos y formulación de color líquido negro.

**Tabla 11. Hoja de intentos color negro**

No. de requerimiento: x **Automotriz** NO  
 Cliente: x Código: LNEHD20468C Laboratorista responsable del desarrollo: **José Jaime García Fonseca**  
 Color :Negro Pieza final: Cubeta % Aplicación: 100:1 Resina a usar: LDPE Lote: 020113L13067  
 Tipo de producto: COLOR LÍQUIDO Apariencia: Pulido Aditivos: \_\_\_\_\_ Regulación: FDA( ) CONEG( X) Ninguno( ) Doc.Extra: \_\_\_\_\_  
 Estabilidad a la luz: N/A Evaluación: Visual( X), Instrumental(X) Aprobación igualación visual: **José Jaime García Fonseca**  
 Nombre y Firma

Materia Prima	Intento 1		Intento 2		Intento 3		Intento 4		Intento 5	
	gr. requeridos	gr. reales	gr. requeridos	gr. reales	gr. requeridos	gr. reales	gr. requeridos	gr. reales	gr. requeridos	gr. reales
PIGMENTO NEGRO 7	0.64	0.505								
PIGMENTO AZUL 15:3	0.032	0.05								
PIGMENTO AMARILLO 119	0.008	0.008								
DISPERSANTE X	-	-								
ACEITE MINERAL	-	-								

La aprobación visual fue satisfactoria: SI ( X) NO ( )

Aprobación de cumplimiento de requisitos

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

**ALS**

Nombre y Firma



Tabla 12. Formulación/Orden de producción color negro

FORMULACIÓN / ORDEN DE PRODUCCIÓN							
PRODUCTO AUTOMOTRIZ			( SI )	( NO )			
Requerimiento ó PO:	<u>X</u>	Cliente:	<u>X</u>	Color:	<u>NEGRO</u>	Código:	<u>LNEHD20468C</u>
Resina de control:	<u>LDPE</u>	Lote:	<u>020113L13067</u>	Producto:	<u>Color líquido</u>	Uso:	<u>100:1</u>
Instrucciones Especiales de Procesamiento:							
Requisitos específicos del producto:	Resina :	<u>LDPE</u>	Uso:	<u>100:1</u>	Evaluación:	<u>Numerica/VISUAL</u>	Delta max. <u>1.0</u>
STD <u>CUBETA</u>	Opacidad:	<u>igual STD</u>	Requerimiento especial:	<u>Coneg</u>	Tamaño de Pellet:	<u>N/A</u>	
Nombre y/o Firma de quien VoBo STD.o (Suficiente hoja de validación)							
<b>Formula:</b>		Cantidad Total del lote:	<u>1.1</u>	Peso por Mezcla	<u>0.55</u>	No. de mezclas:	<u>2</u>
No.	Descripción:	Material y Código:	% de materiales:	Kilogramos	Gramos	Ajustes	
1		PIGMENTO NEGRO 7	14.3789	0.079	79.08		
2		PIGMENTO AZUL 15:3	0.7189	0.004	3.95		
3		PIGMENTO AMARILLO 119	0.1795	0.001	0.99		
4		DISPERSANTE X	2.0000	0.011	11.00		
6		ACEITE MINERAL	82.7225	0.455	454.97		
<b>Totales:</b>		<b>100.000</b>		<b>550.00</b>	<b>550.00</b>		<b>1100.00</b>
Máquina Usada:	<u>ASIAN PLASTIC SM 50</u>	Mezclador:	<u>1</u>	Fabricó	<u>José Jaime García Fonseca</u>		
<small>Anotar la cantidad de mallas y de que numero</small>							

En la figura 25 se observa la ficha con el 1% de color líquido negro el cual hace saber que es una prueba satisfactoria de acuerdo a la evaluación visual y numérica presentada posteriormente.



Figura 25. Ficha con color líquido negro



### 3.1.3.1. LECTURAS EN ESPECTROFOTÓMETRO COLOR NEGRO

En las figura 26 y 27 se muestran los espectros obtenidos para el color líquido negro.

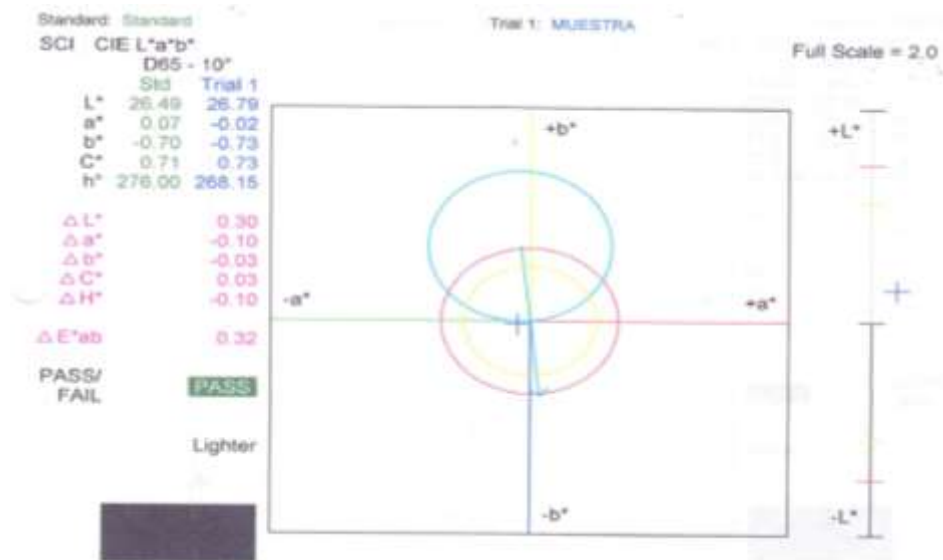


Figura 26. Espectro (CIE L\*a\*b\*) obtenido para la formulación del color líquido negro.

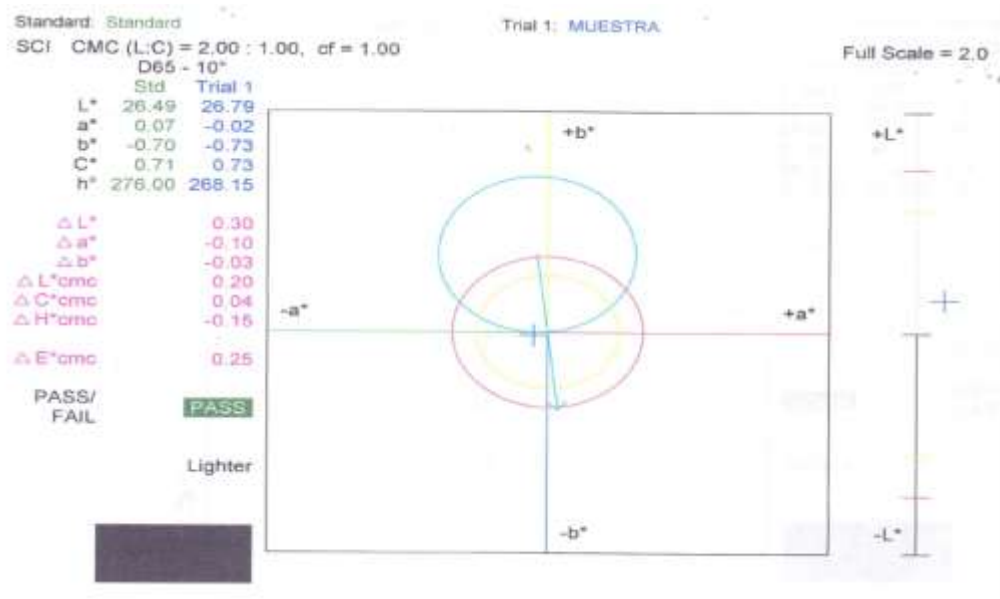


Figura 27. Espectro (CMC) obtenido para la formulación del color líquido negro.



En las lecturas emitidas por el espectrofotómetro se puede destacar que el color fue desarrollado y aprobado en la evaluación a la que fue expuesto mostrando una variación en  $\Delta E = 0.32$ . Lo cual está dentro del parámetro permitido por parte del cliente tanto visual como numéricamente de acuerdo al estándar (*Masterbatch* del cliente).

De acuerdo a las lecturas de CIE L\* a\* b\* la variación de color con respecto a estos cuadrantes es mínima y que se encuentra ligeramente desviada hacia el lado verde (-a\*) y al lado blanco (+L\*).

### 3.1.4. PRUEBA NÚMERO 4: DESARROLLO DE COLOR LÍQUIDO AZUL

El cuarto desarrollo de color consistió en generar un líquido de color azul para su aplicación en HDPE y LDPE. (Ver anexo 5). La tabla 13 y 14 muestran los resultados de la hoja de intentos y la formulación del color azul.

Tabla 13. Hoja de intentos color Azul

No. de requerimiento: x **Automotriz** NO  
 Cliente: x Código: LAZHD21586C Laboratorista responsable del desarrollo: **José Jaime García Fonseca**  
 Color :Azul Pieza final: Cazueleta % Aplicación: 100:1 Resina a usar: HDPE-LDPE Lote: 221113L13385  
 Tipo de producto: COLOR LÍQUIDO Apariencia: Pulido Aditivos: Regulación: FDA( ) CONEG(X) Ninguno( ) Doc.Extra: \_\_\_\_\_  
 Estabilidad a la luz: N/A Evaluación: Visual(X), Instrumental( ) Aprobo igualación visual: **José Jaime García Fonseca**  
 Nombre y Firma

Materia Prima	Intento 1		Intento 2		Intento 3		Intento 4		Intento 5	
	gr. requeridos	gr. reales	gr. requeridos	gr. reales	gr. requeridos	gr. reales	gr. requeridos	gr. reales	gr. requeridos	gr. reales
PIGMENTO AZUL B 15:1	0.7956	0.7957								
PIGMENTO AZUL B 15:3	0.1416	0.1416								
PIGMENTO VIOLETA 15	0.1114	0.1114								
PIGMENTO VERDE 7	0.0009	0.0008								
DISPERSANTE X	-	-								
ACEITE MINERAL	-	-								

La aprobación visual fue satisfactoria: SI (X) NO ( )

Aprobación de cumplimiento de requisitos

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

ALS  
Nombre y Firma



Tabla 14. Formulación/Orden de producción color azul

FORMULACIÓN / ORDEN DE PRODUCCIÓN							
PRODUCTO AUTOMOTRIZ			( SI )	( NO )			
Requerimiento ó PO:	X	Cliente:	X	Color:	NEGRO	Código:	LAZHD21586C
Resina de control:	HDPE-LDPE	Lote:	221113L13385	Producto:	Color líquido	Uso:	100:1
Instrucciones Especiales de Procesamiento:							
Requisitos específicos del producto:							
Resina :	HDPE-LDPE	Uso:	100:1	Evaluación:	Visual	Delta max.	N/A
STD <u>Cazueleta</u>	Opacidad:	igual STD	Requerimiento especial:	Coneg	Tamaño de Pellet:	N/A	
Nombre y/o Firma de quien VoBo STD.o (Suficiente hoja de validación)							
<b>Formula:</b>		<b>Cantidad Total del lote:</b>	1.1	<b>Peso por Mezcla</b>	0.55	<b>No. de mezclas:</b>	2
No.	Descripción:	Material y Código:	% de materiales:	Kilogramos	Gramos	Ajustes	
1		PIGMENTO AZUL B 15:1	35.4860	0.195	195.17		
2		PIGMENTO AZUL B 15:3	6.2400	0.034	34.32		
3		PIGMENTO VIOLETA 15	4.9067	0.027	26.99		
4		PIGMENTO VERDE 7	0.0400	0.000	0.22		
5		DISPERSANTE X	4.0000	0.022	22.00		
6		ACEITE MINERAL	49.3273	0.271	271.30		
<b>Totales:</b>			100.000	550.00	550.00		1100.00
<b>Máquina Usada:</b>		CHENG HSONG SM 110	<b>Mezclador:</b>	1	<b>Fabricó</b>	José Jaime García Fonseca	
							<small>Anotar la cantidad de mallas y de que numero</small>

En la figura 28 se puede observar una comparación entre el estándar del color azul y la ficha de color líquido desarrollado es satisfactoria de acuerdo a la evaluación visual y numérica.

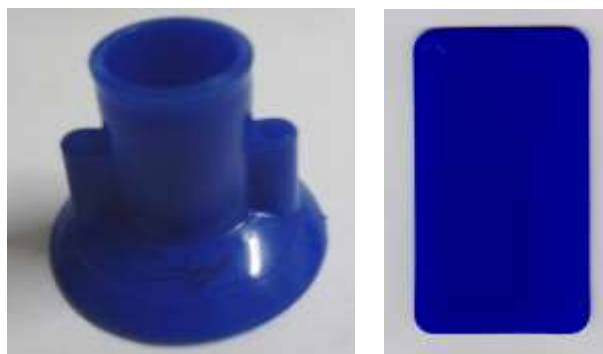


Figura 28. Estándar color azul vs ficha color líquido

Cabe mencionar que el desarrollo del color azul fue un proceso completamente nuevo, e involucró desde la solicitud hasta la prueba del color líquido en producción, por lo cual fue necesario aplicarlo en un 80% de HDPE y 20% LDPE con código (20020 y 60120 respectivamente). La formulación y proceso se llevaron a cabo de manera normal, sin embargo, la innovación consistió en el uso de una bomba peristáltica.





### 3.1.4.1. LECTURAS EN ESPECTROFOTÓMETRO COLOR AZUL

En las figura 29 y 30 se muestran los espectros obtenidos para el color líquido azul

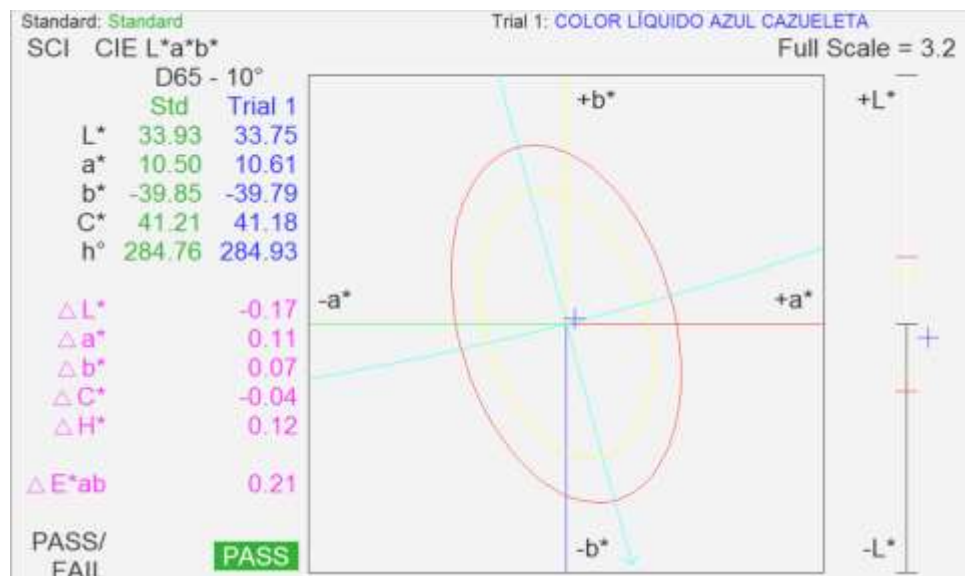


Figura 29. Espectro (CIE L\*a\*b\*) obtenido para la formulación del color líquido azul.

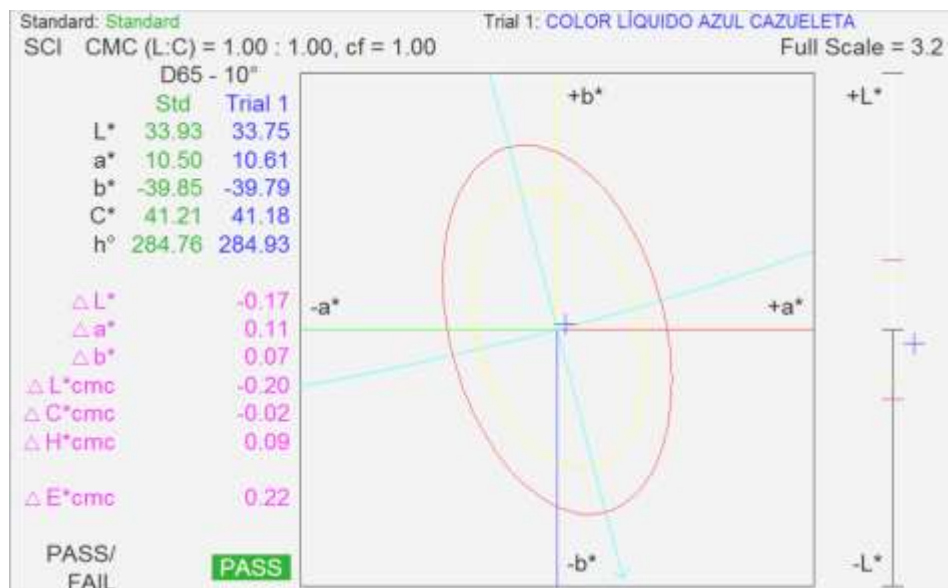


Figura 30. Espectro (CMC) obtenido para la formulación del color líquido azul



En las lecturas emitidas por el espectrofotómetro se puede destacar que el color azul fue desarrollado y aprobado en la evaluación a la que fue expuesto mostrando una variación en  $\Delta E = 0.22$ , lo cual está dentro del parámetro permitido por parte del cliente tanto visual como numéricamente de acuerdo al estándar (polvo del cliente).

De acuerdo a las lecturas de CIE  $L^* a^* b^*$  la variación de color con respecto a estos cuadrantes es mínima y que se encuentra ligeramente desviada hacia el lado rojo y amarillo ( $+a^*$  y  $+b^*$ ), y lado negro ( $-L^*$ ).

A continuación, se presentan los resultados de la calibración de la bomba peristáltica para la dosificación del color líquido azul con el fin de fabricar la cazueleta en planta.

## DATOS

Prueba: Color líquido	Código: LAZHD21586C
Color: Azul	Material: HDPE 80% y LDPE 20%
Grado: 60120 y 20020	Molde: Cazueleta
Proveedor: Pemex	Cantidad de resina inyectada: 20kg
% de aplicación de color líquido: 1%	Máquina: Cheng Hsong SM110
Bomba: MPA-6 Maguire	Tamaño de disparo en g. 15.9
Determinación de kg de color líquido en 100 kg de material: 1	

## DETERMINACIÓN DE TASA DE MEDICIÓN

7.39	7.41	7.45	7.43	7.41	<b>7.418</b>
------	------	------	------	------	--------------

## DETERMINACIÓN DE NÚMERO DE PULSACIONES (FÓRMULA)

$$\text{Número de pulsaciones por ciclo} = \frac{(\text{tamaño del disparo}) \times (\text{lb}/100\text{ct})}{\text{g}/100\text{ct}}$$

Sustitución

$$\text{Número de pulsaciones por ciclo} = (15.9 \text{ g}) \times (1.0) / (7.418)$$

$$\text{Número de pulsaciones por ciclo} = 2.14$$

(Colocar el número 2 o 3 en el contador según el color)



Figura 31. Calibración de bomba



Figura 32. Configuración de bomba

### 3.1.4.2. ACTIVIDADES Y DISPOSITIVOS UTILIZADOS PARA BOMBA PERISTÁLTICA



Figura 33. Instalación eléctrica de máquina-carga



Figura 34. Placa de adaptación para garganta



Figura 35. Manguera



Figura 36. Placa sobre garganta



**Figura 37. Instalación**

### **3.1.4.3. PROBLEMAS PRESENTADOS**



**Figura 38. Variación de color**



**Figura 39. Desgarre en cuerda interna**



**Figura 40. Estándar vs piezas con color líquido**



### 3.2 PROBLEMAS DE DISEÑO Y PROCESO

Algunos de los principales problemas que se presentaron en el diseño y fabricación de los colores líquidos fueron:

- Migración de carrier (aceite mineral).
- Patinamiento del husillo.
- Esgurrimiento de color-material en boquilla.
- Desgarre de piezas (Cuerdas principalmente).
- Variaciones de color.
- Incompatibilidad de carrier con resina.
- Calibración incorrecta de bomba peristáltica.

Cabe destacar que cada color que se desarrollo se comportó de manera diferente tanto en apariencia como en proceso.

Durante el desarrollo se notó que la mezcla de carrier con pigmentos generó una mezcla con textura pastosa lo cual en ocasiones evitó el flujo correcto, lo que dificultó el mantenimiento de un producto de calidad. Otro punto clave fue el aditivo dispersante que se adicionó a cada mezcla ya que modificó totalmente los productos. El carrier que se utilizó en la fabricación de muestras de color líquido fue el mismo ya que las resinas a aplicar son poliolefinas (polietileno y polipropileno).

Finalmente se puede establecer que la elaboración de un color líquido de alta calidad, funcionalidad y procesabilidad dependió prácticamente de la buena selección de las materias primas que se emplearon, por lo que el primer paso para la fabricación fue la correcta selección de pigmentos de origen orgánico o inorgánico, según el requerimiento de organismos tales como FDA (por sus siglas en inglés Food and Drug Administration) ya que en este caso, son colorantes que van a estar en contacto directo con alimentos de consumo humano.



# **CAPÍTULO 4.**

# **CONCLUSIONES**



## CAPÍTULO 4.- CONCLUSIONES

- El objetivo general se cumplió al desarrollar las formulaciones de colores líquidos (rojo, verde, negro y azul) para emplearlos en polietileno de alta densidad, baja densidad y polipropileno.
- Cabe destacar que los pigmentos con mayor facilidad a ser generados como líquidos son los verdes, negros y azules por su baja densidad así como la compatibilidad con el vehículo líquido, por lo tanto los pigmentos rojos no son tan convenientes ya que en el proceso de fabricación se genera una mezcla inestable.
- Una conclusión es que el pigmento con mayor dificultad a ser homogeneizado es el  $TiO_2$ , debido a su compatibilidad limitada con aceite.
- El desarrollo de los colores líquidos logró ser una buena alternativa en el proceso de fabricación de productos plásticos, capaz de evitar los problemas de proceso presentados con los polvos.
- Los colores líquidos desarrollados se aplicaron al 1% ya que la opacidad requerida es alta, de otro modo el porcentaje podría oscilar de 0.5 a 0.9 %
- Durante el diseño y desarrollo del color líquido rojo se presentó patinamiento de husillo a causa del contenido excesivo de vehículo líquido, por lo que se realizó una nueva formulación.
- En desarrollo del color líquido rojo para su aplicación en HDPE, del cual se concluye que fue satisfactorio debido a la evaluación visual así como física y durante el proceso inyección.
- El desarrollo del color líquido verde se considera satisfactorio en base al proceso de inspección y prueba final.



- Una de las materias primas de mayor importancia fue el vehículo en la cual se dispersaron los pigmentos y aditivos, ya que esta en base de la compatibilidad con la resina termoplástica
- Los pigmentos son lo que determinan la densidad y viscosidad de cada color de inicio, pero ciertamente el aditivo es el más importante ya que permite cambiar las propiedades reológicas de material y proporcionar estabilidad al mismo.
- Para los colores líquidos desarrollados, el porcentaje de uso podría ser menor en caso de que estos colores fueran translucidos o transparentes.
- En el caso del color rojo y verde no fue posible obtener las lecturas en el espectrofotómetro ya que son piezas plásticas de HDPE (tapas), lo cual es difícil colocar en el lector del equipo y son propiedad del cliente.
- Cabe destacar que el desarrollo de color líquido para polipropileno no se hace notar en el presente trabajo de tesis, puesto que no se concretó.
- Se desarrolló un proceso totalmente diferente en planta ya que nunca se habían fabricado colores líquidos en la misma.
- El proyecto de color líquido tiene una amplia oportunidad de mercado y de mejora continua por la demanda constante de estos productos.





# REFERENCIAS



## LIBROS

- [1] Gili, Bas. 1990 "Coloración de Materias Plásticas". Scirus. Vol. 8, no. 12, Enero 1990, pp. 169-171.
- [2] Petrie, James. 2011. "Time for a new look at liquid color?". *Plastics Technology*, Abr. 2011, pp.25-26.
- [3] López Carrasquero, F. 2004. Fundamentos de Polímeros VI. Escuela Venezolana para la enseñanza de la Química Mérida, pp.47-52.
- [4] Hermeida. Éleida B. 2008. Módulo materiales poliméricos. Centro Nacional de Educación Tecnológica. pp. 10-12
- [5] Centro Empresarial del Plástico, *Revista Ambiente Plástico* 2012.
- [6] W. Fred. Billmeyer, Jr. 2004. Ciencia de los polímeros. pp. 385-392.
- [7] López Carrasquero, F. 2004. Fundamentos de Polímeros. Escuela Venezolana para la enseñanza de la Química. Mérida, Diciembre 2004. pp. 49-51.
- [8] Ramos, Luis Francisco.2008. Extrusión de plásticos, Principios básicos. Limusa. México pp. 69-73
- [9] Spaniol, Jared. Rulander, Jack. Leo, Mike. Polypropylene. pp. 1
- [10] Beltrán, M y Marcilla A. Tecnología de Polímeros. Bases del procesado de polímeros. Publicaciones de la Universidad de Alicante. pp. 88-90.
- [11] Naranjo C, Alberto. Noriega E. María del Pilar. Sierra M, Juan Diego. Rodríguez Sanz, Juan. Osswald A. Tim. 2001. *Plastics pocket power. Extrusion processing data*. pp. 5-10.
- [12] Rebollo Lang, José María. 2013. Principios básicos en la extrusión de compuestos. Polietileno. 1ra Edición. pp. 49-52
- [13] IBIDEM pp. 50-52.
- [14] Sherin, Aaris. 2011. *Design elements: Color fundamentals, Communicating with color*. Rockport Publishers. Cap. pp. 10-12
- [15] Müller, Albrecht. 2003. *Coloring of Plastics: Fundamentals, Colorants, Preparations*. pp. 56-59
- [16] Mollica, Patti. 2013. *Color theory, An essential guide to color-from basic principles to practical applications*. Walter Foster Publishing. 1st. Edition. pp. 8-10
- [17] Zweifel, Hans. Scherrer, R.2001.*Plastics Additives Handbook. Colorants. Color; Pigments and Dyes*. Cap. 15. 5ta Edición. pp. 813-821.



- [18] Zweifel, Hans. Scherrer, R. 2001. *Plastics Additives Handbook*. Colorants. Cap. 15. Liquid Color Concentrates. 5ta Edición. pp. 858-865.
- [19] Bredenkamp, Peter. González, Diana. 2013. *ColorMatrix*. Enfasis Packaging. Color líquido para plásticos. pp.

## **PÁGINAS WEB**

- [20] <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/03/codigos-de-los-plasticos.html>. Código de los plásticos, Consulta Enero 2014
- [21] <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2012/07/polietileno-pe.html>. Polietileno. Consulta diciembre 2013
- [22] <http://practifinanzas.com/2011/11/reciclaje-de-plasticos-necesario-divertido-y-redituable/>. Reciclaje de los plásticos. Consulta noviembre 2013.
- [23] <http://teordelcolor.blogspot.mx/2013/03/teoria-del-color.html>, Teoría del color, Consulta Diciembre 2013
- [24] [http://ctmalagunas.blogspot.mx/2012\\_09\\_01\\_archive.html](http://ctmalagunas.blogspot.mx/2012_09_01_archive.html), Espectro electromagnético, Consulta Diciembre 2013
- [25] <http://www.hablandodeciencia.com/articulos/2012/07/24/7548/>, Consulta
- [26] [http://www.picstopin.com/364/the-cie-lab-color-space-is-derived-from-xyz-although-http://www.codeproject.com/7CKB%7Cmiscctrl%7CRevisedKnownColorsPalette%7CCIE\\_Lab.png/](http://www.picstopin.com/364/the-cie-lab-color-space-is-derived-from-xyz-although-http://www.codeproject.com/7CKB%7Cmiscctrl%7CRevisedKnownColorsPalette%7CCIE_Lab.png/) Espacio de color Cie LAB, consulta enero 2014.
- [27] [http://en.wikipedia.org/wiki/Munsell\\_color\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Munsell_color_system), Munsell, Sistema de color Munsell, Consulta Enero 2014.
- [28] <http://www.packaging.enfasis.com/articulos/15103-los-colores-el-packaging-y-la-percepcion-del-consumidor>. Los colores en el packaging y la percepción del consumidor. Consulta Enero 2014.
- [29] <http://www.packaging.enfasis.com/articulos/17924-cuando-el-color-hace-la-diferencia>, Cuando el color hace la deferencia, Consulta Enero 2014.
- [30] <http://www.packaging.enfasis.com/articulos/67254-color-liquido-plasticos>, Color líquido para plásticos, Consulta Enero 2014.
- [31] <http://www.maguire.com/product.php/282.htm>. Bomba peristáltica, consulta Noviembre 2013
- [32] <http://www.canplastics.com/news/making-a-mark-with-liquid-colorant/1002357> 435, Color líquido, consulta Noviembre 2013



# ANEXOS



# ANEXO 1

## Hoja de requerimiento de nuevo producto

<b>Cliente:</b> _____	<b>Representante Comercial:</b> _____		
Dirección: _____	Teléfono de localización: _____		
_____	Fecha requerida: _____		
_____	Forma de entrega: _____		
Teléfono: _____	Si existe alguna duda podemos contactar a: _____		
e-mail : _____	_____ que es quien nos puede ayudar a aclararla, su _____		
	Teléfono es : _____ Ext.: _____		
<b>TIPO DE CLIENTE</b>	<input type="checkbox"/> AUTOMOTRIZ <input type="checkbox"/> OTRO		
<b>Código final:</b> _____	<b>Lote:</b> _____ <b>Uso:</b> _____		
Para poder brindarle un servicio de calidad, por favor ayúdenos a establecer los requisitos que debe cumplir el producto anote los datos en donde lo requiere o marque con una X el requerimiento adecuado, estos requisitos serán tomados en cuenta para el desarrollo de su producto, si tiene algún requisito adicional anótelos en el espacio de observaciones.			
Requerimos(*) _____ del color: _____ Para ser usado en (resina) _____			
Código: _____ Del proveedor _____ por lo que le proporcionamos PZA _____ kg. de resina para la igualación.			
Si no contamos con la resina que solicitan anotar en este espacio la <u>resina utilizada:</u> _____			
El STD adjunto es: _____ si es MB a: _____ % o Pantone PMS No _____			
<b>El producto que deseamos es:</b> MB (___) POLVO (___) CON USO _____ Precoloreado( ___) Maquila ( ___) Sal y Pimienta ( ___) Compuesto ( ___)			
La pieza final de este producto será: _____ Con apariencia de superficie: Mate (___) Pulido (___)			
Cuidando que sea: Opaco (___) Transparente (___) Translúcido(___) Perlado (___) Igual al STD (___)			
<b>El proceso es:</b> _____ A una temperatura de: _____ Con ___ seg. de tiempo de ciclo			
¿Se expondrá a la luz? No (___) Si( ___) ¿Cuánto tiempo? _____			
Si requiere algún otro tipo de aditivo anótelos en este espacio _____ y que tiempo o que cantidad.			
<b>Evaluación:</b> Visual (___) En que tipo de luz _____ Numérica( ___) CIE Lab (___) CMC (___) Otra: _____			
<b>Requerimientos Especiales:</b> FDA(___) Coneg(___) RoSH (___) Ninguno(___) Otro (___)			
Este producto tiene contacto con: _____			
<b>SI REQUIERE PRUEBAS ESPECIALES, ESPECIFIQUELAS</b>			
PRUEBA	VALOR ESPERADO	METODO	Requerimos: _____ Fichas
			_____ Kg. De muestra
			El potencial del producto es: _____ Kg./mes
			Precio estimado: _____ Precio Competencia: _____
REQUIERE INSERCIÓN EN IMDS?	_____		Con los siguientes documentos: _____
REQUIERE PSW	_____		Esta información es validada por: _____
REQUIERE PPAP	_____		(Nombre y /o firma)
Observaciones:	_____		
	_____		
	_____		

(\*) Ajuste, Muestra, igualación, reformulación, código, pruebas físicas o precio.

Información mínima requerida.



# ANEXO 2

## Hoja de requerimiento de nuevo producto LROHD21434F (color rojo)

<b>Cliente:</b> _____	<b>Representante Comercial:</b> _____															
Dirección: _____	Teléfono de localización: _____															
_____	Fecha requerida: _____															
_____	Forma de entrega: _____															
Teléfono: _____	Si existe alguna duda podemos contactar a: _____															
e-mail : _____	_____ que es quien nos puede ayudar a aclararla, su _____															
	Teléfono es : _____ Ext.: _____															
<b>TIPO DE CLIENTE</b> <input type="checkbox"/> AUTOMOTRIZ <input checked="" type="checkbox"/> OTRO																
<b>Código final:</b> LROHD21434F <b>Lote:</b> 300913L13060 <b>Uso:</b> 100:1																
Para poder brindarle un servicio de calidad, por favor ayúdenos a establecer los requisitos que debe cumplir el producto anote los datos en donde lo requiere o marque con una X el requerimiento adecuado, estos requisitos serán tomados en cuenta para el desarrollo de su producto, si tiene algún requisito adicional anótelo en el espacio de observaciones.																
Requerimos(* Igualación del color Rojo) Para ser usado en (resina) HDPE																
Código: ### Del proveedor Pemex por lo que le proporcionamos PZA kg. de resina para la igualación.																
Si no contamos con la resina que solicitan anotar en este espacio la resina utilizada:																
El STD adjunto es: Tapa si es MB a: % o Pantone PMS No																
<b>El producto que deseamos es:</b> MB ( ) POLVO ( ) CON USO 100:1 Precoloreado( ) Maquila ( ) Sal y Pimienta ( ) Color líquido( X )																
La pieza final de este producto será: Tapa Con apariencia de superficie: Mate ( ) Pulido ( X )																
Cuidando que sea: Opaco ( X ) Transparente ( ) Translúcido( ) Perlado ( ) Igual al STD ( )																
<b>El proceso es:</b> Inyección A una temperatura de: 210 °C Con 10 seg. de tiempo de ciclo																
¿Se expondrá a la luz? No ( X ) Si( ) ¿Cuánto tiempo? _____																
Si requiere algún otro tipo de aditivo anótelo en este espacio _____ y que tiempo o que cantidad.																
<b>Evaluación:</b> Visual ( X ) En que tipo de luz _____ Numérica( ) CIE Lab ( ) CMC ( ) Otra: _____																
<b>Requerimientos Especiales:</b> FDA( X ) Coneg( ) RoSH ( ) Ninguno( ) Otro ( )																
Este producto tiene contacto con: Bebidas																
<b>SI REQUIERE PRUEBAS ESPECIALES, ESPECIFIQUELAS</b> Requerimos: 4 Fichas																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>PRUEBA</th> <th>VALOR ESPERADO</th> <th>METODO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	PRUEBA	VALOR ESPERADO	METODO													1 Kg. De muestra
PRUEBA	VALOR ESPERADO	METODO														
El potencial del producto es: _____ Kg./mes																
Precio estimado: _____ Precio Competencia: _____																
REQUIERE INSERCIÓN EN IMDS? _____	Con los siguientes documentos: _____															
REQUIERE PSW _____	Esta información es validada por: _____															
REQUIERE PPAP _____	(Nombre y /o firma)															
Observaciones: _____																

(\*) Ajuste, Muestra, igualación, reformulación, código, pruebas físicas o precio.

Información mínima requerida.



# ANEXO 3

## Desarrollo de nuevo producto LVEHD21142F (color verde)

<b>Cliente:</b> _____	<b>Representante Comercial:</b> _____															
Dirección: _____	Teléfono de localización: _____															
_____	Fecha requerida: _____															
_____	Forma de entrega: _____															
Teléfono: _____	Si existe alguna duda podemos contactar a:															
e-mail : _____	_____ que es quien nos puede ayudar a aclararla, su _____															
	Teléfono es : _____ Ext.: _____															
<b>TIPO DE CLIENTE</b> <input type="checkbox"/> AUTOMOTRIZ <input checked="" type="checkbox"/> OTRO																
<b>Código final</b> LVEHD21142F	<b>Lote:</b> 300913L13045 <b>Uso:</b> 100:1															
Para poder brindarle un servicio de calidad, por favor ayúdenos a establecer los requisitos que debe cumplir el producto anote los datos en donde lo requiere o marque con una X el requerimiento adecuado, estos requisitos serán tomados en cuenta para el desarrollo de su producto, si tiene algún requisito adicional anótelo en el espacio de observaciones.																
Requerimos(* Igualación del color: Verde    Para ser usado en (resina) HDPE																
Código: ### Del proveedor Pemex por lo que le proporcionamos PZA kg. de resina para la igualación.																
Si no contamos con la resina que solicitan anotar en este espacio la resina utilizada:																
El STD adjunto es: Tapa si es MB a: _____ % o Pantone PMS No _____																
<b>El producto que deseamos es:</b> MB ( ) POLVO ( ) CON USO _____ Precoloreado( ) Maquila ( ) Sal y Pimienta ( ) Color líquido( )																
La pieza final de este producto será: Tapa Con apariencia de superficie: Mate ( ) Pulido (X)																
Cuidando que sea: Opaco (X) Transparente ( ) Translúcido( ) Perlado ( ) Igual al STD ( )																
<b>El proceso es:</b> Inyección A una temperatura de: 210°C Con 10 seg. de tiempo de ciclo																
¿Se expondrá a la luz? No (X) Sí( ) ¿Cuánto tiempo? _____																
Si requiere algún otro tipo de aditivo anótelo en este espacio _____ y que tiempo o que cantidad.																
<b>Evaluación:</b> Visual (X) En que tipo de luz _____ Numérica( ) CIE Lab ( ) CMC ( ) Otra: _____																
<b>Requerimientos Especiales:</b> FDA(X) Coneg( ) RoSH ( ) Ninguno( ) Otro ( )																
Este producto tiene contacto con: Bebidas																
<b>SI REQUIERE PRUEBAS ESPECIALES, ESPECIFIQUELAS</b> Requerimos: 4 Fichas																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>PRUEBA</th> <th>VALOR ESPERADO</th> <th>METODO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	PRUEBA	VALOR ESPERADO	METODO													1 Kg. De muestra
PRUEBA	VALOR ESPERADO	METODO														
El potencial del producto es: _____ Kg./mes																
Precio estimado: _____ Precio Competencia: _____																
REQUIERE INSERCIÓN EN IMDS? _____	Con los siguientes documentos: _____															
REQUIERE PSW _____	Esta información es validada por: _____															
REQUIERE PPAP _____	(Nombre y /o firma)															
Observaciones: _____																

(\*) Ajuste, Muestra, igualación, reformulación, código, pruebas físicas o precio.

Información mínima requerida.



# ANEXO 4

## Desarrollo de nuevo producto LNEHD20468F (color negro)

<b>Cliente:</b> _____	<b>Representante Comercial:</b> _____															
Dirección: _____	Teléfono de localización: _____															
_____	Fecha requerida: _____															
_____	Forma de entrega: _____															
Teléfono: _____	Si existe alguna duda podemos contactar a:															
e-mail : _____	_____ que es quien nos puede ayudar a aclararla, su _____															
	Teléfono es : _____ Ext.: _____															
<b>TIPO DE CLIENTE</b> <input type="checkbox"/> AUTOMOTRIZ <input checked="" type="checkbox"/> OTRO																
<b>Código final:</b> LNEHD20468C	<b>Lote:</b> 020113L13067 <b>Uso:</b> 100:1															
Para poder brindarle un servicio de calidad, por favor ayúdenos a establecer los requisitos que debe cumplir el producto anote los datos en donde lo requiere o marque con una X el requerimiento adecuado, estos requisitos serán tomados en cuenta para el desarrollo de su producto, si tiene algún requisito adicional anótelos en el espacio de observaciones.																
Requerimos(* Igualación del color: Negro    Para ser usado en (resina) HDPE																
Código: 60120 Del proveedor Pemex por lo que le proporcionamos PZA kg. de resina para la igualación.																
Si no contamos con la resina que solicitan anotar en este espacio la resina utilizada: _____																
El STD adjunto es: Masterbatch si es MB a: _____ % o Pantone PMS No _____																
<b>El producto que deseamos es:</b> MB (___) POLVO (___) CON USO _____ Precoloreado( ___) Maquila ( ___)																
Sal y Pimienta ( ___) Color líquido (X)																
La pieza final de este producto será: _____ Con apariencia de superficie: Mate (___) Pulido (X)																
Cuidando que sea: Opaco ( X ) Transparente ( ___) Translúcido( ___) Perlado ( ___) Igual al STD ( ___)																
<b>El proceso es:</b> Inyección    A una temperatura de: 220°    Con 20 seg. de tiempo de ciclo																
¿Se expondrá a la luz? No ( X ) Sí( ___)    ¿Cuánto tiempo? _____																
Si requiere algún otro tipo de aditivo anótelos en este espacio _____ y que tiempo o que cantidad.																
<b>Evaluación:</b> Visual ( X ) En que tipo de luz _____																
Numérica( X )    CIE Lab (X)    CMC ( X )    Otra: _____																
<b>Requerimientos Especiales:</b> FDA( ___) Coneg( X )    RoSH ( ___) Ninguno( ___) Otro ( ___)																
Este producto tiene contacto con: Líquidos																
<b>SI REQUIERE PRUEBAS ESPECIALES, ESPECIFIQUELAS</b> Requerimos: 4 Fichas																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>PRUEBA</th> <th>VALOR ESPERADO</th> <th>METODO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	PRUEBA	VALOR ESPERADO	METODO													1 Kg. De muestra
PRUEBA	VALOR ESPERADO	METODO														
El potencial del producto es: _____ Kg./mes																
Precio estimado: _____ Precio Competencia: _____																
REQUIERE INSERCIÓN EN IMDS? _____	Con los siguientes documentos: _____															
REQUIERE PSW _____	Esta información es validada por: _____															
REQUIERE PPAP _____	(Nombre y /o firma)															
Observaciones:    Anexas lecturas    < 1 Delta																

(\*) Ajuste, Muestra, igualación, reformulación, código, pruebas físicas o precio.

Información mínima requerida.





# ANEXO 5

## Desarrollo de nuevo producto LAZHD20468F (color azul)

<u>Cliente:</u> _____	<u>Representante Comercial:</u> _____															
Dirección: _____	Teléfono de localización: _____															
_____	Fecha requerida: _____															
_____	Forma de entrega: _____															
Teléfono: _____	Si existe alguna duda podemos contactar a: _____															
e-mail : _____	_____ que es quien nos puede ayudar a aclararla, su _____															
	Teléfono es : _____ Ext.: _____															
<b>TIPO DE CLIENTE</b> <input type="checkbox"/> AUTOMOTRIZ <input checked="" type="checkbox"/> OTRO																
<b>Código final:</b> LAZHD21586C <b>Lote:</b> 221113L13385 <b>Uso:</b> 100:1																
Para poder brindarle un servicio de calidad, por favor ayúdenos a establecer los requisitos que debe cumplir el producto anote los datos en donde lo requiere o marque con una X el requerimiento adecuado, estos requisitos serán tomados en cuenta para el desarrollo de su producto, si tiene algún requisito adicional anótelos en el espacio de observaciones.																
Requerimos(* Igualación del color Azul) Para ser usado en (resina) HDPE-LDPE 80-20%																
Código: 60120-20020 Del proveedor Pemex por lo que le proporcionamos PZA kg. de resina para la igualación.																
Si no contamos con la resina que solicitan anotar en este espacio la resina utilizada: _____																
El STD adjunto es: Cazueleta si es MB a: _____ % o Pantone PMS No _____																
<u>El producto que deseamos es:</u> MB (___) POLVO (___) CON USO _____ Precoloreado( ___) Maquila ( ___) Sal y Pimienta ( ___) Color líquido (X)																
La pieza final de este producto será: Cazueleta Con apariencia de superficie: Mate (___) Pulido (X)																
Cuidando que sea: Opaco (X) Transparente (___) Translúcido(___) Perlado (___) Igual al STD (___)																
<u>El proceso es:</u> Inyección A una temperatura de: 215°C Con 12 seg. de tiempo de ciclo																
¿Se expondrá a la luz? No (X) Si( ___) ¿Cuánto tiempo? _____																
Si requiere algún otro tipo de aditivo anótelos en este espacio _____ y que tiempo o que cantidad.																
<u>Evaluación:</u> Visual (X) En que tipo de luz _____ Numérica( ___) CIE Lab (___) CMC ( ___) Otra: _____																
<u>Requerimientos Especiales:</u> FDA(___)Coneg(X) RoSH (___) Ninguno(___) Otro (___)																
Este producto tiene contacto con: _____																
<b>SI REQUIERE PRUEBAS ESPECIALES, ESPECIFIQUELAS</b> Requerimos: 4 Fichas																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>PRUEBA</th> <th>VALOR ESPERADO</th> <th>METODO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	PRUEBA	VALOR ESPERADO	METODO													1 Kg. De muestra
PRUEBA	VALOR ESPERADO	METODO														
El potencial del producto es: _____ Kg./mes																
Precio estimado: _____ Precio Competencia: _____																
REQUIERE INSERCIÓN EN IMDS? _____	Con los siguientes documentos: _____															
REQUIERE PSW _____	Esta información es validada por: _____															
REQUIERE PPAP _____	(Nombre y /o firma)															
Observaciones: _____																

(\* Ajuste, Muestra, igualación, reformulación, código, pruebas físicas o precio.

Información mínima requerida.



# ANEXO 6

Ficha técnica del polietileno de baja densidad.

FICHA TÉCNICA: PX 20020-P



## POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD PX 20020-P

**Densidad:** 0.920 g / cm<sup>3</sup>  
**Índice de fluidez:** 2.0 g / 10 min.

### CARACTERÍSTICAS

Homopolímero con aditivos antioxidantes, deslizantes, antiestáticos y antibloqueo. El producto ofrece un magnífico balance en propiedades ópticas y mecánicas, que permiten dar estabilidad a la resina, logrando una combinación de baja nebulosidad y excelente brillo. Además de obtener alta resistencia mecánica y estupenda procesabilidad, impermeable al agua y relativamente poco permeable al vapor de agua y gases.

### APLICACIONES

- Laminación para productos pesados
- Tubería conduit
- Película tubular, plana y termoencogible
- Tapas para botellas
- Bolsas impresas para pañales y toallas sanitarias desechables
- Recubrimiento para alambre y cable

### CONDICIONES

**Temperatura de inyección:**

160-190°C

**Dado:**

170-190°C

**Relación de soplado:**

1.5 a 3 veces el diámetro del dado

### ADITIVOS:

Contiene antioxidante, antibloqueo y deslizante.

### PRESENTACIÓN

Saco de 25 Kgs.

Granel

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO DE PRUEBA	VALOR TÍPICO
Índice de fluidez	g/ 10min	ASTM-D - 1238	2.0
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	ASTM-D - 1505	0.920
Resistencia máxima a la tensión	MPa	ASTM-D - 638	10.9
Elongación Máxima	%	ASTM-D - 638	635
Resistencia al Impacto (cal 50 µm)	gr	ASTM-D - 1709	150
Resistencia al rasgado	Nw/mm	ASTM-D - 1004	63.7
Claridad	Unidades	ALKATHENE 57	22
Nebulosidad	%	ASTM-D - 1003	4

Los valores típicos reportados son obtenidos en laboratorio bajo los métodos de prueba descritos, son una guía y no constituyen una garantía implícita o explícita para la aplicación propuesta.



## ANEXO 7

Hoja técnica del polietileno de alta densidad

### Polietileno Alta Densidad Grado 60120

Especificación	Unidad	Especificación De venta	Método De prueba	Valor Típico
Índice de fluidez	gr/10 min.	10.0 – 14.0	ASTM-D-1238	12.0
Densidad	gr/cm <sup>3</sup>	0.9585 – 0.9645	ASTM-D-1505	0.9615
Resistencia máxima a la tensión	Mpa (psi)	-	ASTM-D-638	26.5 (3840)
Alargamiento máximo	%	-	ASTM-D-638	650
Impacto IZOD (Ranurado)	Nm/m (Ib*ft/in)	-	ASTM-D-256	98 (1.84)
Modulo de flexión	Mpa (psi)	-	ASTM-D-790	1470 (213350)
Dureza SHORE	Tipo D	-	ASTM-D-1706	70
Temperatura de reblandecimiento (VICAT)	°C	-	ASTM-D-1525	124
Temperatura de fragilidad	°C	-	ASTM-D-746	- 70
Distancia de flujo en espiral (SFD)	cm	82 - 90	ASTM-D-3123 O QC-2B-2103-A	86
Corte (inspección de Pellets)	-	A	ASTM-D-1921	A
Contaminación	-	A	QC-2B-1101-A	A
Color	-	A	ASTM-E-308	A
Antioxidante primario	-	CONTIENE	ASTM-D-5524	CONTIENE
Antiácido /Lubricante	-	CONTIENE	ASTM-E-1024 o ASTM-D-4927	CONTIENE

Condiciones \*: Temperatura de inyección: 210 – 250 °C recto o descendente

\* Los valores típicos reportados son obtenidos en laboratorio bajo los métodos de pruebas descritos. Estos parámetros y condiciones de procesado, deben utilizarse sólo como referencia y no constituyen una garantía implícita o explícita para la aplicación propuesta.



# ANEXO 8

## Hoja técnica de polietileno lineal de baja densidad

**EQUISTAR**  
A Lyondell Company

Petrothene®

# GA574189

**Linear Low Density Polyethylene  
Injection Molding Grade  
Melt Index 50 Density 0.926**

<b>Applications</b>	PETROTHENE GA574189 exhibits excellent flow and impact with good stiffness. Typical applications include lids, closures, containers, housewares and medical items.			
<b>Regulatory Status</b>	GA574189 meets the requirements of the Food and Drug Administration regulation, 21 CFR 1 77.1 520. This regulation allows the use of this olefin polymer in "...articles or components of articles intended for use in contact with food..." Specific limitations or conditions of use may apply. Contact your Equistar sales representative for more information.			
<b>Processing Techniques</b>	Specific recommendations for processing GA574189 can only be made when the processing conditions, equipment and end use are known. For further suggestions, please contact your Equistar sales representative.			
<b>Suggested Start-up Conditions</b>	<b>Extruder Zone</b>	<b>Rear</b>	<b>Center</b>	<b>Front</b>
<b>Typical Properties</b>	<b>Cylinder Temperature °F (°C)</b>	350 (177)	375 (190)	400 (204)
	<b>Property</b>	<b>Nominal Value</b>	<b>Units</b>	<b>Test Method</b>
	Melt Index	50	g/10 min	ASTM D 1238
	Density	0.926	g/cc	ASTM D 1505
	Spiral Flow <sup>1</sup>	19.3 (49.0)	in (cm)	Equistar
	Tensile Strength @ Break	1,500 (10)	psi (MPa)	ASTM D 638
	Tensile Strength @ Yield <sup>2</sup>	2,100 (15)	psi (MPa)	ASTM D 638
	Elongation @ Yield <sup>2</sup>	8.2	%	ASTM D 638
	1% Secant Modulus <sup>3</sup>	64,000 (440)	psi (MPa)	ASTM D 790
	2% Secant Modulus <sup>3</sup>	60,000 (410)	psi (MPa)	ASTM D 790
	Vicat Softening Point	205 (96)	°F (°C)	ASTM D 1525
	Hardness, Shore D	52		ASTM D 2240
	Heat Deflection Temperature, 66 psi <sup>4</sup>	122 (50)	°F (°C)	ASTM D 648
	Low Temperature Brittleness, F <sub>50</sub> <sup>5</sup>	< -105 (<-76)	°F (°C)	ASTM D 746

<sup>1</sup> Measures the number on inches of flow produced when molten resin is injected into a long, spiral channel (0.625" insert), at a constant injection pressure of 1000 psi with a melt temperature of 440°F.

<sup>2</sup> Crosshead speed - 20 in/ min

<sup>3</sup> Crosshead speed - 1/2 in/ min

<sup>4</sup> Data is for control and development work and not intended for use in design or predicting endurance at elevated temperatures.

<sup>5</sup> Test method has been found useful for specification purposes, but does not necessarily indicate the lowest temperature at which the material may be used.

The information on this document is, to our knowledge, true and accurate. However, since the particular uses and the actual conditions of use of our products are beyond our control, establishing satisfactory performance of our products for the intended application is the customer's sole responsibility. All uses of Equistar products and any written or oral information, suggestions or technical advice from Equistar are without warranty, express or implied, and are not an inducement to use any process or product in conflict with any patent.

Equistar materials are not designed or manufactured for use in implantation in the human body or in contact with internal body fluids or tissues. Equistar makes no representation, promise, express warranty or implied warranty concerning the suitability of these materials for use in implantation in the human body or in contact with internal body tissues or fluids.

More detailed safety and disposal information on our products is contained in the Material Safety Data Sheet (MSDS). All users of our products are urged to retain and use the MSDS. A MSDS is automatically distributed upon purchase/order execution. You may request an advance or replacement copy by calling our MSDS Hotline at 800.700.0946.

<sup>®</sup> Petrothene is a registered trademark of Equistar Chemicals, LP.



# ANEXO 9

## Ficha técnica de Homopolímero de polipropileno



# PROFAX

## PL835N

### HOJA DE DATOS DE PRODUCTO

Homopolímero de Polipropileno Grado Fibra.

El Pro-fax PL835N es un homopolímero de polipropileno de alta fluidez con distribución de peso molecular angosta. Está diseñado para líneas de spunbond y aplicaciones de filamentos continuos de deniers bajos, además puede ser usado en procesos de inyección de ciclos rápidos y de pared delgada. Se produce en Indelpro usando el proceso Spheripol. El Pro-fax PL835N es una resina disponible en forma de gránulo (pellet).

La resina base de este producto, cumple con los requerimientos contenidos en el código 21 CFR 177.1520 (a) (1) (i) y (c)1.1a. Y de acuerdo a nuestra información, los demás ingredientes utilizados en este producto cumplen con los requerimientos regulados con respecto a FDA y en 21 CFR 177.1520(b). Este producto cumple con el criterio de FDA en 21 CFR 177.1520 para aplicaciones de contacto con alimentos, listados para condiciones de uso C, D, E, F, G, H en 21 CFR 176.170 (c), Tabla 2 y puede ser usado en contacto con todo tipo de alimentos, listados en 21 CFR 176.170 (c), Tabla 1.

#### Características:

- Excelente estabilidad de proceso para altas velocidades de producción de fibra.
- Excelente consistencia y uniformidad de fibra.
- Distribución de peso molecular angosta.
- Excelente estabilidad dimensional.

#### Aplicaciones Típicas:

- Telas no tejidas por Spunbonded.
- Multifilamento en procesos continuos.
- Inyección de pared delgada

### PRO-FAX PL835N: HOMOPOLÍMERO PARA USOS ESPECIALES GRADO FIBRA.

PROPIEDADES FISICAS TÍPICAS <sup>(a)</sup>	VALOR TÍPICO	METODO ASTM <sup>(b)</sup>
- Índice de fluidez (MFR), dg/min	34	D1238
- Resistencia a la tensión en el punto de cedencia, N/mm <sup>2</sup> (psi)	37 (5417)	D638
- Resistencia al impacto Izod con muesca a 23°C, J/m (ft-lb/in)	24.0 (0.45)	D256A
- Alargamiento en el punto de cedencia, %	11.7	D638
- Módulo de flexión, N/mm <sup>2</sup> (psi)	1,665 (241245)	D790B
- Densidad, g/cm <sup>3</sup>	0.9	D792A
- Dureza Rockwell, escala R	98	D785A
- Temperatura de deflexión a 0.46 N/mm <sup>2</sup> (66 psi), °C (°F)	101 (214)	D648

(a) Los valores mostrados aquí son promedios y no deberán ser interpretados como especificación.

(b) Los Métodos de prueba ASTM son los últimos editados por la sociedad.

Con excepción de lo descrito aquí, INDELPRO, S.A. de C.V. no da garantías adicionales expresas o implícitas, como por ejemplo, garantías de comercialización o de aplicaciones específicas en el uso de este material. La solución a cualquier reclamación con respecto al material, es la reposición del mismo y en ningún caso INDELPRO, S.A. de C.V. será responsable de daños incidentales o consecuentes. El uso del producto indica la aceptación de lo anteriormente mencionado.

MR Pro-fax es una marca registrada de basell Polyolefins Incorporated.  
Producto fabricado en MEXICO bajo los normas y estándares acordados con basell Polyolefins.

Impreso en México  
20/10/04