



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR
DECANATO DE ESTUDIOS PROFESIONALES
COORDINACIÓN DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN
Y ORGANIZACIÓN EMPRESARIAL

**OPTIMIZACIÓN DE FÓRMULAS USADAS EN LA ELABORACIÓN DE
PINTURAS PARA DIFERENTES LOTES DE PRODUCCIÓN**

Por:

Karen Marie Martínez Hernández

INFORME DE PASANTÍA

Presentado ante la Ilustre Universidad Simón Bolívar
como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero de Producción

Sartenejas, noviembre de 2021



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR
DECANATO DE ESTUDIOS PROFESIONALES
COORDINACIÓN DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN
Y ORGANIZACIÓN EMPRESARIAL

**OPTIMIZACIÓN DE FÓRMULAS USADAS EN LA ELABORACIÓN DE
PINTURAS PARA DIFERENTES LOTES DE PRODUCCIÓN**

Por:

Karen Marie Martínez Hernández

Realizado con la asesoría de:

Tutor Académico: Gerardo Febres

Tutor Industrial: Marcos Fonseca

INFORME DE PASANTÍA

Presentado ante la Ilustre Universidad Simón Bolívar
como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero de Producción

Sartenejas, noviembre de 2021

OPTIMIZACIÓN DE FÓRMULAS USADAS EN LA ELABORACIÓN DE PINTURAS PARA DIFERENTES LOTES DE PRODUCCIÓN

Realizado por: Karen Marie Martínez Hernández.

RESUMEN

Couttenye & Co., S.A es una empresa que se dedica a la fabricación, comercialización y distribución de pinturas, pegamentos y recubrimientos industriales. Actualmente, el entorno cambiante ha generado nuevos requerimientos de producción, evidenciándose que los procesos no se encontraban adaptados a estos, obteniéndose elevados tiempos de manufactura. A partir de esto, surge la necesidad de optimizar los procesos de fabricación y de establecer lotes de producción adaptados a las necesidades actuales. El objetivo del proyecto fue optimizar las fórmulas de composición usadas en la elaboración de pinturas para disminuir los tiempos de fabricación. La metodología empleada inició con la delimitación del alcance del proyecto según los requerimientos inmediatos de la empresa. Se identificaron los elementos claves, asociados a las máquinas de fabricación y las materias primas. Por medio de estudios de tiempo, se realizó un análisis del proceso productivo y se detectaron los cuellos de botella. A partir de esto, se redujo la diversidad de lotes de producción y se realizó la optimización de las fórmulas, estableciendo las restricciones para no afectar la calidad, reduciendo el número de materias primas con cantidades no enteras y estandarizando la mezcla de lavado, obteniendo como resultado la reducción de tiempos y errores en el proceso productivo. Con la aplicación del Punto de Fluidez de Daniel se redujo el volumen de molienda, disminuyendo el tiempo de este proceso en un 50%. Finalmente, se entregó un documento con los lotes establecidos para cada producto y la ruta de fabricación de cada línea de pintura.

Palabras claves: estudios de tiempo, proceso, calidad, optimización, lotes, cuellos de botella, fórmula, materia prima, Punto de Fluidez de Daniel.

DEDICATORIA

A mis papas y Stephanie, por ser mi mayor apoyo en cada etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A mis papás, por todos los sacrificios que hicieron para ayudarme a cumplir mis sueños, por su apoyo incondicional, por siempre creer en mí y darme la fortaleza para siempre seguir adelante.

A Stephanie, por ser mi modelo a seguir y siempre guiarme para alcanzar mis metas y convertirme en la profesional que aspiro ser.

A Carlos, por ser mi gran apoyo en todo este camino, por llegar en el momento adecuado para motivarme, creer en mí, escucharme y ayudarme a superar los diferentes retos que se presentaron.

A Isabel y Jhonny, por haberme ayudado a iniciar esta etapa de la mejor manera, por las risas, la compañía, los consejos y el apoyo en cada paso de la carrera.

A Liliana, por estar conmigo desde el inicio y comenzar este camino juntas, apoyándome para superar cada dificultad. A Estefanía, por darme ánimos en todo momento y por escucharme cuando más lo necesitaba.

A mis compañeros de la carrera David, Marisabel y Valentina, por su apoyo a lo largo de este camino y por convertirse en grandes amigos. A Lorena, por siempre estar ahí, por escucharme y ayudarme sin importar el momento.

Al Profesor Gerardo Febres, por aceptar guiarme en este proyecto, motivarme a hacer el mejor trabajo posible y por su dedicación para alcanzar siempre los mejores resultados.

A Marcos Fonseca, Yadexi Farías, William Escobar y todo el equipo de producción en Couttenye, por brindarme la oportunidad de trabajar con grandes personas, por apoyarme y enseñarme durante todo este proceso y por hacerme sentir parte del equipo.

A la Universidad Simón Bolívar, a los profesores y a todos los que forman parte de ella, por haberme dado la oportunidad de aprender y formarme como una mejor persona, no solo a nivel académico sino personalmente también.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
Planteamiento del problema.....	1
Justificación del proyecto.....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos.....	2
Alcance.....	2
Limitaciones.....	3
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	4
1.1 Reseña Histórica.....	4
1.2 Principios organizacionales.....	5
1.2.1 Misión.....	5
1.2.2 Visión.....	5
1.2.3 Valores.....	5
1.3 Marcas y productos.....	5
1.3.1 Pegamentos C&C.....	6
1.3.2 Pinturas Cromas.....	6
1.3.3 C&C Coatings.....	6
1.4 Plantas y líneas de producción.....	7
1.5 Estructura organizativa.....	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 Pintura y sus componentes.....	10
2.1.1 Pigmentos.....	10
2.1.2 Cargas.....	10

2.1.3 Ligantes o resinas	11
2.1.4 Disolventes	11
2.1.5 Aditivos	11
2.2 Proceso productivo de pinturas	12
2.2.1 Etapa 1: Preparación y pesaje de materia prima.....	12
2.2.2 Etapa 2: Mezcla y dispersión.....	13
2.2.3 Etapa 3: Molienda, terminación y ajustes.....	13
2.2.4 Etapa 4: Filtrado y envasado	14
2.3 Pruebas de calidad de pinturas.....	14
2.3.1 Prueba de viscosidad	15
2.3.2 Prueba de densidad	15
2.3.3 Prueba de aplicación de pintura.....	15
2.4 Punto de Fluidez de Daniel.....	16
2.5 Optimización de procesos productivos.....	17
2.6 Teoría de restricciones.....	17
2.6.1 Pasos de la TOC	18
2.6.2 Principios básicos de la TOC	18
2.7 Estudios de tiempo	19
2.7.1 Estudios de tiempo de ciclos largos.....	21
2.7.2 Componentes del tiempo	21
2.8 Diagrama de Causa-Efecto	22
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	23
3.1 Delimitación del proyecto	24
3.2 Identificación de los elementos claves del proceso productivo.....	25
3.2.1 Máquinas de fabricación.....	25
3.2.2 Materias primas de interés.....	26
3.3 Detección de los cuellos de botellas.....	27
3.3.1 Análisis del proceso productivo	27
3.3.2 Estudio de tiempos	28
3.4 Optimización de las fórmulas de composición de pinturas	30
3.4.1 Reducción de la diversidad de los lotes de producción.....	32
3.4.2 Reducción de materias primas con cantidades no enteras.....	33

3.4.3 Aplicación del Punto de Fluidez de Daniel	37
3.4.4 Estandarización de la mezcla de lavado	38
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS	40
4.1 Detección de los cuellos de botella.....	40
4.1.1 Diagnóstico de la situación actual del proceso productivo.....	44
4.2 Optimización de las fórmulas de composición de pinturas	46
4.2.1 Reducción de la diversidad de los lotes de producción	46
4.2.2 Reducción de materias primas con cantidades no enteras	47
4.2.3 Aplicación del Punto de Fluidez de Daniel	52
4.2.4 Estandarización de la mezcla de lavado	56
4.3 Resultados obtenidos con la optimización	58
CONCLUSIONES.....	61
RECOMENDACIONES	63
REFERENCIAS	64
APÉNDICE A. Listado de materias primas de interés.....	66
APÉNDICE B. Mediciones de tiempo	67
APÉNDICE C. Bases y colores de las líneas de pinturas emulsionadas.....	72
APÉNDICE D. Tiempo total de las pinturas en cada etapa de fabricación.....	73
APÉNDICE E. Cálculos del estudio de tiempo.....	74
APÉNDICE F. Rutas de fabricación de cada línea de pintura	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Marcas de Couttenye & Co., S.A.....	6
Figura 1.2 Planta de Pintura en Couttenye & Co., S.A.	7
Figura 1.3 Estructura organizacional de Couttenye & Co., S.A.....	8
Figura 1.4 Estructura organizacional de la Gerencia de Producción	9
Figura 2.1 Sistema Westinghouse para calificar al trabajador en cada categoría.....	20
Figura 2.2 Tolerancias típicas en porcentaje.	21
Figura 2.3 Esquema de un Diagrama de Causa-Efecto (Chase, et al., 2009).	22
Figura 3.1 Secciones de trabajo del proyecto.	23
Figura 3.2 Líneas de pinturas según las marcas de fabricación.	24
Figura 3.3 Plano de las máquinas de fabricación	26
Figura 3.4 Diagrama Causa-Efecto de la ineficiencia en las etapas del proceso productivo.	28
Figura 3.5 Acciones para disminuir los cuellos de botellas	32
Figura 4.1 Gráfico de barras con los tiempos de duración de cada producto en la Etapa 1.	41
Figura 4.2 Gráfico de barras con los tiempos totales de cada categoría en la Etapa 1.	41
Figura 4.3 Gráfico de barras con los tiempos de duración de cada producto en la Etapa 2.	42
Figura 4.4 Gráfico de barras con los tiempos de duración de cada producto en la Etapa 3.	44
Figura 4.5 Resultados obtenidos con cada acción de la optimización.....	46
Figura 4.6 Optimización de pinturas del grupo restante	48
Figura 4.7 Cumplimiento de especificaciones de pinturas del grupo restante	49
Figura 4.8 Resultado de optimización de pinturas del grupo restante.....	49
Figura 4.9 Optimización de producto terminado de emulsionadas.	50
Figura 4.10 Optimización de base de pinturas emulsionadas.....	50
Figura 4.11 Cumplimiento de especificaciones de emulsionadas	51
Figura 4.12 Resultado de optimización de pinturas emulsionadas.....	51
Figura 4.13 Resultados del Método de Daniel	54
Figura 4.14 Resultados de la mezcla obtenida	54
Figura 4.15 Resultados de la aplicación del Método de Daniel para el lote establecido.....	55
Figura 4.16 Prueba de aplicación de pintura	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Máquinas y tanques de fabricación de pinturas.....	25
Tabla 4.1 Lotes de producción establecidos.....	46
Tabla 4.2 Tamaño de lotes de fabricación según la línea de pintura.....	47
Tabla 4.3 Factibilidad de la aplicación del Método de Daniel para cada línea y color.....	53
Tabla 4.4 Resultado del volumen de molienda de las diferentes mezclas.....	55
Tabla 4.5 Resultados de reducción del volumen de molienda para las diferentes líneas.....	56
Tabla 4.6 Resultados de viscosidad para las diferentes resinas.....	57
Tabla 4.7 Lavado de esmaltes alquídicos según el lote de fabricación.....	57
Tabla 4.8 Mezcla de lavado para Poliuretanos.....	58
Tabla 4.9 Resultados de la optimización de las fórmulas de composición de pinturas.....	59

LISTA DE ABREVIATURAS

APT	Almacén de producto terminado
KU	Unidades Krebs (del inglés “Krebs Units”)
MP	Materias primas
TOC	Teoría de las Restricciones (del inglés “Theory of Constraints”)

INTRODUCCIÓN

Hoy en día las organizaciones se encuentran bajo un entorno cada vez más dinámico y competitivo, viéndose en la necesidad de adaptarse y mejorar sus procesos constantemente para alcanzar sus objetivos y reducir costos. Por lo tanto, es esencial minimizar los errores y reducir los tiempos de entrega para obtener los mejores resultados y satisfacer todas las necesidades de los clientes.

Couttenye & Co., S.A es una empresa que se dedica a la fabricación y suministro de pinturas y recubrimientos de uso doméstico e industrial, y pegamentos para diferentes sectores, que representan soluciones integrales para sus clientes. Esta empresa cuenta con una trayectoria de 63 años, la cual le ha permitido consolidarse en los distintos mercados a los que se dedica. Sin embargo, debido a los actuales requerimientos económicos y de producción del país, surge la necesidad de optimizar ciertos procesos para mantenerse como una empresa competitiva, caracterizada por la fabricación de productos de calidad en el ámbito en el que se desenvuelven.

Planteamiento del problema

La empresa Couttenye & Co., S.A desde sus inicios se ha distinguido por la fabricación de sus productos en grandes cantidades. Sin embargo, las necesidades actuales del mercado han llevado a una disminución de la demanda, presentándose una alta variabilidad en el tamaño de los lotes de producción para los distintos productos. Actualmente, las solicitudes de fabricación se están realizando en base a pedidos, sin considerar los requerimientos de producción. Por otro lado, han detectado retrasos en los tiempos de fabricación de las diferentes etapas del proceso productivo, lo cual no les permite alcanzar las metas e índices de productividad establecidos.

Esto se encuentra asociado a la diversidad de lotes, lo que trae como consecuencia una variabilidad en los procesos y, por ende, en los resultados finales. Asimismo, el no tener tamaños de lotes definidos, no permite establecer proporciones en unidades enteras de las materias primas en las fórmulas de composición de los distintos productos. De esta manera, se incrementan los errores en los procesos de pesaje y carga de la materia prima, afectando así la calidad de los productos finales. Por su parte, esta variabilidad ha impactado directamente en la planificación y los inventarios de materia prima, lo que trae como consecuencia no poder realizar proyecciones confiables en cuanto a sus necesidades a largo plazo.

En base a esto, la Gerencia de Producción ha identificado que, para optimizar sus procesos y mejorar el rendimiento de la producción, es necesario definir tamaños de lotes fijos para los diferentes productos, tomando en cuenta tanto sus requerimientos de ventas como de fabricación. Esto con la finalidad de poder optimizar a su vez, las fórmulas de composición de los productos y con ello, las diferentes etapas del proceso productivo.

Justificación del proyecto

En la actualidad es fundamental adaptarse a las nuevas necesidades del mercado para poder permanecer como una organización competitiva, cumpliendo con los tiempos de entrega y satisfaciendo las necesidades de sus clientes con productos de calidad. Por lo tanto, es vital la optimización de los procesos de fabricación para lograr la misión y objetivos de la empresa.

Con la realización de este proyecto, se podrán identificar las necesidades de cada etapa de fabricación de las distintas líneas de pinturas, las cuales permitirán detectar las oportunidades de mejora para incrementar la productividad de la empresa. A partir de la reducción de la diversidad de lotes y la optimización de las fórmulas de composición, se podrán reducir los errores en la fabricación y los tiempos de manufactura, así como también el reproceso de productos y merma.

Objetivo general

Optimizar las fórmulas usadas en la elaboración de pinturas para lotes pequeños, medianos y estándar de producción en Couttenye & Co., S.A.

Objetivos específicos

1. Conocer el funcionamiento de la organización, procesos y procedimientos del área del trabajo.
2. Recopilar los datos e información del proceso actual.
3. Analizar y evaluar la información recolectada.
4. Realizar un diagnóstico de la situación actual.
5. Elaborar la propuesta de optimización de las fórmulas.
6. Probar y verificar la aceptación de la propuesta desarrollada.

Alcance

La propuesta de mejora a desarrollar se centrará en la estandarización de lotes de producción y optimización de las fórmulas de los productos para obtener una disminución de los errores y

tiempos de manufactura. El proyecto se realizará en el área de pinturas y recubrimientos bajo la supervisión de la Gerencia de Producción, debido a que es el departamento encargado de la fabricación de los distintos productos, mejoramiento continuo de procesos y uso eficiente de recursos. A su vez, se contará con el apoyo de la Gerencia Técnica, debido a que es el departamento encargado de la formulación y calidad de los productos terminados.

Limitaciones

Debido a la elevada cantidad de productos fabricados en las diferentes marcas ofrecidas por Couttenye & Co., S.A, las propuestas de mejoras se enfocarán únicamente en los productos de pinturas y recubrimientos que presentan más demanda actualmente. Por lo tanto, los diferentes productos de la marca de pegamentos serán excluidos de esta investigación.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA “COUTTENYE & CO., S.A”

Couttenye & Co., S.A es una empresa que se dedica a la fabricación, comercialización y distribución de pinturas, pegamentos y recubrimientos industriales de primera calidad, a través de sus tres marcas: Pegamentos C&C, Pinturas Cromas y C&C Coating. La empresa se encuentra ubicada en San Antonio de Los Altos, estado Miranda; y con una trayectoria de más de 60 años, ofrece una amplia variedad de fórmulas propias probadas para sus productos que permiten cumplir con los requerimientos específicos de sus clientes en cualquiera de sus áreas de producción ofreciendo la mejor relación precio/valor.

1.1 Reseña Histórica

La empresa fue fundada en 1958 por Rodolfo Couttenye en Boleita Norte, Caracas, Venezuela. En sus inicios, Couttenye & Co. S. A. sólo producía pegamentos para la industria del calzado, pero con los años se fueron expandiendo en pegamentos para maderas, papeles y otros, utilizando licencias provenientes de Suiza. Con el tiempo y la experiencia, descartaron las licencias y comenzaron a producir bajo sus propias fórmulas. Para 1975, debido a la creciente expansión de la empresa, se mudaron a la localidad en la que se encuentran hoy en día, en San Antonio de los Altos (Couttenye, 2021a).

En 1981 la empresa comenzó a incursionar en el ámbito de la pintura, inaugurando una planta para su producción y llegando a producir un millón de pinturas domésticas al año. Sus inicios en la pintura comenzaron con acuerdos con la marca belga Levis y la marca holandesa Sigma Coatings B.V., de los cuales obtuvieron una importante transferencia tecnológica, siendo licenciataria para la producción de recubrimientos para el mantenimiento industrial y marino. Con el paso del tiempo y considerando el mercado venezolano, Couttenye comenzó el desarrollo de formulaciones propias de pinturas, comercializadas bajo su propia marca “Pinturas Cromas”. Así, en el 2016 nace en la división de pinturas industriales y marinas bajo el nombre de C&C Coatings, siendo esta la marca más reciente de la empresa (Couttenye, 2021a).

La empresa se encuentra certificada bajo norma de calidad ISO 9000 en ambas divisiones de fabricación, pegamentos y pinturas. Así mismo, poseen una planta para la fabricación de sus propios envases, tanto de plásticos como metálicos. Con más de 60 años de experiencia, Couttenye & Co., S.A, no ha detenido su expansión y se caracteriza por su inversión en tecnología e investigación, siendo reconocidos como una marca líder en pinturas y con la pintura más blanca del mercado venezolano (Couttenye, 2021a).

1.2 Principios organizacionales

Los principios organizacionales de la empresa se encuentran representados por su misión, visión y valores, los cuales son descritos a continuación.

1.2.1 Misión

Fabricar y comercializar adhesivos, recubrimientos, resinas y productos complementarios de alta calidad, desarrollados por el mejor talento humano para satisfacer a sus clientes, fortaleciendo y embelleciendo sus ambientes (Couttenye, 2021b).

1.2.2 Visión

Ser un grupo empresarial internacional de referencia en el mercado de adhesivos y recubrimientos, y en los sectores químicos, de empaque, logística y comercio, por la calidad de sus productos y el valor generado a sus clientes (Couttenye, 2021b).

1.2.3 Valores

Los valores de Couttenye se destacan por: la innovación, la integridad, la pasión, el compromiso en prestar un servicio de excelencia con soluciones profesionales dentro de una gran gama de productos y cumpliendo con los más altos estándares de calidad teniendo todos sus productos bajo la garantía ISO 9000 (Couttenye, 2021b).

1.3 Marcas y productos

La empresa Couttenye & Co., S.A posee tres marcas para sus productos (Figura 1.1): Pegamentos C&C, Pinturas Cromas y C&C Coating, siendo las dos últimas las de interés para este proyecto.



Figura 1.1 Marcas de Couttenye & Co., S.A.

1.3.1 Pegamentos C&C

Esta marca abarca la fabricación de diferentes tipos de pegamentos, con alrededor de 27 productos distribuidos en cuatro sectores de aplicación (Couttenye, 2021c):

- Calzado, tapicería y marroquinería. Entre algunos de los productos más vendidos para este sector, se encuentran: el Isarcoll 500, el Balatex 600, el Contac 40 y Contac 1000
- Marquetería, carpintería y ebanistería. En este sector, uno de los productos con mayor demanda es el Madecoll 611.
- Empaques, etiquetas y embalajes. Los productos más vendidos y utilizados en este sector son el Ipatherm y el Ipacoll.
- Papelería y cartón. En este sector, se tienen productos como el Ipadex 751 y el Ipacoll C01.

1.3.2 Pinturas Cromas

Los productos fabricados en esta marca son pinturas para interiores, exteriores y para la decoración de ambientes con una alta variedad de colores y presentaciones. Esta marca posee productos para tres sectores de aplicación (Couttenye, 2021d):

- Pinturas arquitectónicas (domésticas), donde destacan cinco líneas: Maxima, Topal, Gala, Galaseda y Cromavin.
- Pinturas para madera, con una variedad de tipos de barnices, tales como: brillantes, natural, mate y de secado rápido.
- Pinturas industriales, resistentes a la intemperie en donde destacan: Esmaltes de Secado Rápido y Pinturas para Zonas de Tráfico.

1.3.3 C&C Coatings

En esta marca se fabrican productos para el segmento de pinturas MPC (del inglés *Marine and Protective Coatings*) (Couttenye, 2021e). C&C Coatings tiene como finalidad satisfacer las exigencias de protección industrial y marina, destacándose en el recubrimiento de:

- El sector marino, como en tanques y buques.
- Estructuras metálicas, como refinерías.
- Pisos y piscinas.

1.4 Plantas y líneas de producción

Couttenye & Co., S.A cuenta con seis plantas de producción, todas ubicadas en las mismas instalaciones en San Antonio de Los Altos. Tres de las plantas se encuentran destinadas a la fabricación de pegamentos. La planta Neopreno se encarga de la fabricación de pegamentos de contacto utilizados en la industria del calzado y madera. La planta PVA (Pegamentos a base de Vinil Acetato), en donde se fabrican pegamentos utilizados en el laminado de materiales como el papel, cartulina y cartón. Por último, la planta Hot Melt, para la producción de pegamentos en caliente.

La cuarta planta es la de Resina, la cual tiene como finalidad la producción de una variedad de resinas alquídicas de consumo interno utilizadas como materia prima en distintos productos, entre ellos, las diferentes pinturas. La quinta planta es la de Envases, destinada a la producción de diferentes envases metálicos y plásticos, utilizados para envasar los productos que se fabrican en la empresa. Por último, se encuentra la planta de Pintura (Figura 1.2), en donde se fabrican los diferentes productos de las marcas Cromas y C&C Coatings, objeto de estudio de este proyecto.



Figura 1.2 Planta de Pintura en Couttenye & Co., S.A.

Esta planta tiene una estructura en cascada, donde el proceso de fabricación sigue una secuencia vertical distribuida en tres pisos con la finalidad de aprovechar la gravedad en los procesos de descarga. En la planta baja se realiza el proceso de descarga final y envasado del producto

terminado, mientras que los pisos 1 y 2 son utilizados en las diferentes etapas de elaboración de los productos que se fabrican.

1.5 Estructura organizativa

La empresa Couttenye & Co., S.A posee una estructura organizativa en la cual destacan tres niveles principales (Figura 1.3). En el nivel superior se encuentra la Junta Directiva, seguida de una Gerencia General y en tercer nivel, un conjunto de Gerencias destinadas a cada una de las áreas de la empresa.



Figura 1.3 Estructura organizacional de Couttenye & Co., S.A (Couttenye, 2021).

En la Figura 1.3 se destaca la Gerencia de Producción, pues el proyecto desarrollado se realizó bajo la dirección de esta gerencia. Esta área es la responsable de planificar y fabricar los diferentes productos en base a los requerimientos de ventas, haciendo uso eficiente de los recursos y mediante la mejora continua de sus procesos. Es la encargada de identificar las oportunidades de mejoras en la producción con la finalidad de incrementar la productividad y satisfacer todas las necesidades de sus clientes con productos de calidad.

En la Figura 1.4 se puede observar el organigrama de la Gerencia de Producción, el cual se encuentra estructurado en cuatro niveles. Se identifica en el primer nivel al Gerente de Producción, encargado de coordinar, dirigir y controlar las operaciones del área productiva de la planta, garantizando los planes de producción y dentro de los estándares de productividad establecidos por la empresa.

Seguidamente se encuentra el Planificador de la Producción, encargado de velar por el cumplimiento de la planificación anual de producción, llevar el inventario de materia prima para poder cumplir con la planificación y participar en el diseño e implementación de estrategias de mejoras. En este nivel también se encuentran los supervisores de producción, uno para pegamentos y otro para pintura y resina, encargados de garantizar la continuidad de los procesos de producción, así como también de cumplir con los lineamientos establecidos en el sistema de gestión de la calidad de la empresa y las normas de seguridad e higiene industrial. A su vez, se encuentra el

Analista de Calidad de Procesos, encargado de asegurar que las inspecciones de los productos en procesos y terminados, cumplan con lo establecido en la documentación de control para evitar, prevenir y corregir las no conformidades.

Por último, en el tercer y cuarto nivel, se encuentran los operarios y montacarguistas, encargados de operar los equipos en área de producción y de despachar y trasladar cualquier material que requiera el uso de montacargas, respectivamente. Ambos se encuentran bajo la responsabilidad de los supervisores.

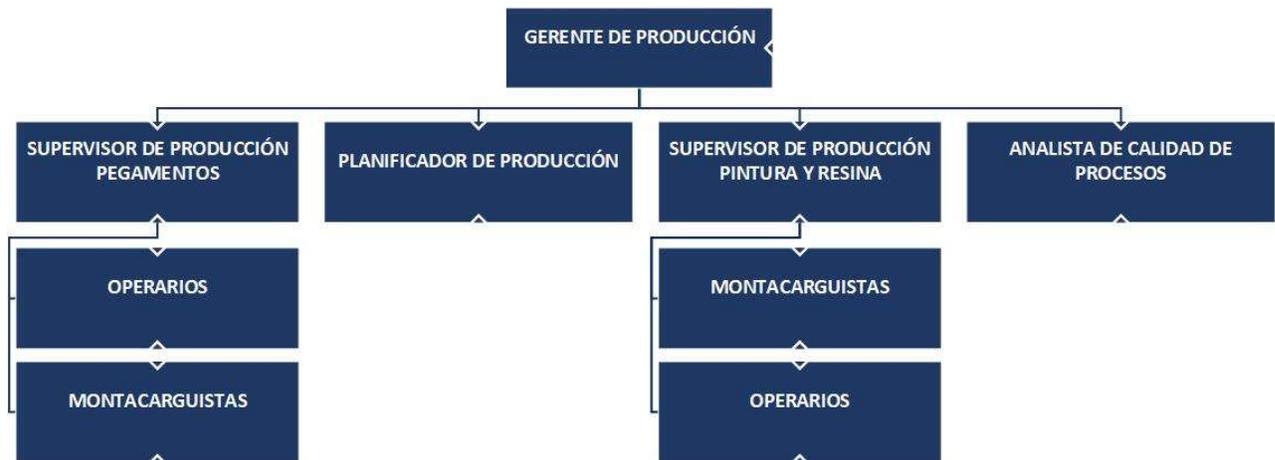


Figura 1.4 Estructura organizacional de la Gerencia de Producción (Couttenye, 2021).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentan los fundamentos teóricos y herramientas necesarias para la realización y comprensión de este proyecto. Se incluyen conceptos asociados a la fabricación de pintura tales como: pintura, sus componentes, pruebas de calidad y Punto de Fluidez de Daniel. También, se incluyen conceptos como: optimización de procesos, teoría de restricciones y cuellos de botella, estudios de tiempo, y diferentes herramientas de análisis.

2.1 Pintura y sus componentes

Una pintura se define como “una mezcla heterogénea de productos que una vez aplicada y seca se transforma en una película continua sin pegajosidad y con las características para las que ha sido concebida” (Calvo, 2009).

La composición general de las pinturas consta de cinco partes: pigmentos, cargas, resinas, disolventes y aditivos, los cuales una vez mezclados permiten obtener las distintas propiedades que caracterizan una pintura. Por su parte, estos componentes se dividen en dos partes:

- Parte sólida o no volátil: conformado por los pigmentos, las cargas y resinas.
- Parte volátil: en donde solo se encuentran los disolventes.

2.1.1 Pigmentos

Son compuestos que pueden ser orgánicos o inorgánicos sólidos, los cuales son insolubles en agua y otros disolventes, capaces de aportar color, poder de cubrición y opacidad a las pinturas. Algunos ejemplos de pigmentos son: el dióxido de titanio para el color blanco, y los óxidos de hierro utilizados según los diferentes colores (Cruz, 2014).

2.1.2 Cargas

Generalmente de naturaleza inorgánica; las cargas aportan cuerpo, materia sólida y dan estructura, viscosidad y reología (capacidad de deformación y fluidez) a las pinturas. Tienen como

función disminuir costos, aportar mejoras a las propiedades mecánicas, servir como sistema de soporte a los pigmentos y regular el brillo. Se diferencian de los pigmentos en su bajo índice de refracción, por lo que el aporte de cubrimiento es despreciable. Las cargas se distinguen en dos tipos: de relleno y *extenders* (Cruz, 2014).

- a. Cargas de relleno: su función se limita a servir como aporte de materia sólida. Una de las cargas más típicas de este tipo es el carbonato de calcio.
- b. Cargas *extenders* o laminares: además de servir como aporte de materia sólida, la forma laminar que presentan estas partículas permite mejorar el rendimiento de los pigmentos. Algunas cargas de este tipo son los caolines y talcos.

2.1.3 Ligantes o resinas

Sirven para mantener de forma unida y homogénea las partículas sólidas: cargas y pigmentos, una vez la pintura se seca. Según el tipo de resina, se obtienen características de secado y resistencias diferentes (Calvo, 2009). Las funciones principales de las resinas son: formar una película, promover el secado y la adherencia de la pintura, aglutinar los pigmentos, dar dureza, flexibilidad, resistencia a la intemperie y brillo.

2.1.4 Disolventes

Son la parte volátil de las pinturas, es decir, la parte que se evapora una vez seca la pintura, y promueven un medio para que este haga contacto con el sustrato. Permiten darle a la pintura la viscosidad óptima, a su vez influyen en la reología y estabilidad del producto, y son los encargados de establecer el tiempo y uniformidad de secado (Cruz, 2014). Algunos ejemplos de disolventes son: el agua, los alcoholes y cetonas.

2.1.5 Aditivos

Son utilizados en pequeñas cantidades con la finalidad de facilitar la fabricación de pinturas, aportando características que mejoran las propiedades del producto terminado (Calvo, 2009). Los aditivos se clasifican en:

- a. Humectantes y dispersantes: utilizados para mantener separadas las cargas y pigmentos y así, facilitar su mojado y su posterior dispersión y estabilización.
- b. Antiespumantes: son los que evitan o corrigen la formación de espuma.
- c. Espesantes: permiten obtener una consistencia determinada.

- d. Agentes reológicos: aportan viscosidad, promueven nivelación, evitan salpique, entre otros. Además, aportan características que se encuentran durante y después de su aplicación.
- e. Secantes: disminuyen o retardan el tiempo de secado de la película.
- f. Bactericidas y conservantes: evitan el crecimiento de bacterias, hongos y levaduras en las pinturas acuosas.

2.2 Proceso productivo de pinturas

Según Calvo (2009), el proceso de fabricación de pinturas consta de cuatro procesos fundamentales: dispersión, molido, dilución y ajuste de viscosidad. Sin embargo, para un mejor entendimiento del proyecto se explicará el proceso en base a las etapas establecidas por la empresa, las cuales son:

1. Etapa 1: Preparación y pesaje de materia prima.
2. Etapa 2: Mezcla y dispersión.
3. Etapa 3: Molienda, terminación y ajustes.
4. Etapa 4: Filtrado y envasado.

2.2.1 Etapa 1: Preparación y pesaje de materia prima

Esta etapa es realizada en el centro de pesaje, el cual es un almacén que contiene las diferentes materias primas utilizadas en la elaboración de pinturas. Estas materias primas son productos en polvo y productos líquidos, los cuales vienen en diferentes presentaciones, como sacos y tambores, con una variedad de pesos. A su vez, existen contenedores que contienen materias primas líquidas que son utilizados principalmente para pequeñas cantidades.

El proceso de fabricación de pinturas comienza en esta etapa, donde una vez recibido el documento de control correspondiente para el área, los operarios son los responsables de realizar las actividades de preparación y pesaje de las materias primas según las cantidades requeridas en el orden de producción. Antes de iniciar el proceso, se colocan paletas vacías cerca de las balanzas, una para cada orden, donde se van colocando las materias primas pesadas. Se pesan primero los sólidos, calculando la cantidad de sacos que se requieren y pesando las cantidades que no constituyen unidades enteras en las balanzas. Luego, se sigue el mismo procedimiento para los líquidos. Si se tienen cantidades menores a 25 kg, se cargan y pesan en envases de plásticos, mientras que, para cantidades mayores, se descarga la cantidad necesaria en tambores.

Una vez finalizado todo el proceso de pesaje, se transportan las paletas con los materiales al área de carga ubicada en la zona donde se realiza la etapa de mezcla y dispersión. Junto con las paletas se entregan los documentos de control que son utilizados en las siguientes etapas, los cuales incluyen las instrucciones de producción y la carta de envasado.

2.2.2 Etapa 2: Mezcla y dispersión

Esta etapa comienza cuando el supervisor indica a los operarios de esta área las pinturas que se fabricarán. En función de la pintura, disponibilidad y estado de salubridad de las máquinas, se escoge la más adecuada. Si algún tanque se encuentra sucio, se realiza primero la limpieza para evitar que cualquier remanente de pintura afecte la calidad de la que será preparada.

En esta etapa, las materias primas son incorporadas en los dispersores para que la solución o suspensión creada sea convertida en una distribución homogénea de sus componentes (mezcla) y se descomponen los aglomerados de polvos en unidades más pequeñas (dispersión). El procedimiento consiste en cargar los disolventes, resinas y aditivos líquidos los cuales ayudan a dispersar y estabilizar la pintura, luego se añaden en agitación los pigmentos y cargas para efectuar la dispersión a alta velocidad para romper los polvos (Calvo, 2009). Las propiedades que se miden para poder determinar si se puede continuar con la siguiente etapa son grumos, viscosidad y finura. En caso de no cumplir con el rango establecido, se debe dispersar por más tiempo la mezcla de pintura. Una vez terminado el proceso de mezcla y dispersión, se notifica al personal de molienda, terminación y ajuste para que se encargue del traspaso de la mezcla, según sea el caso.

2.2.3 Etapa 3: Molienda, terminación y ajustes

En esta etapa, la molienda solo aplica para aquellas pinturas donde el producto obtenido en la fase anterior no posee el tamaño de partícula homogénea o suficientemente pequeña para cumplir con las especificaciones que se espera de ella (Calvo, 2009). Generalmente esto ocurre en los esmaltes. De esta manera, la molienda consiste en hacer pasar la mezcla dispersa a través del molino, con la finalidad de hacer que las unidades de aglomerados de pigmentos en la pasta se conviertan en unidades de aglomerados de menor tamaño.

Una vez terminado el proceso de molienda, en los casos que lo requiera, se procede a culminar la pintura final con el proceso de terminación y ajustes. Esta etapa comienza cuando la mezcla se encuentra completamente descargada en los tanques correspondientes. El procedimiento consiste

en añadir, con agitación sencilla, el resto de las materias primas indicadas en la orden de producción. Este proceso corresponde a la dilución mencionada por el autor.

Al terminarse este procedimiento, los operarios extraen una muestra de la pintura para ser entregada al Laboratorio de Calidad de Pintura. Este se encarga de realizar las respectivas pruebas de calidad para determinar e indicar a los operarios los ajustes que deben realizarse, ya sea de color o de algún otro parámetro, como la viscosidad. Una vez realizadas las modificaciones indicadas, se agita la mezcla por aproximadamente 30 minutos y se repite el mismo procedimiento hasta que el laboratorio indique que el producto alcanzó todas las especificaciones establecidas para el mismo. Una vez la pintura ha sido aprobada, se llenan los documentos de control de esta etapa y se entregan a la siguiente etapa de filtrado y envasado.

2.2.4 Etapa 4: Filtrado y envasado

Esta etapa inicia cuando el supervisor decide la forma y equipo de descarga a utilizar. Para ello, primero se determina el tipo de malla filtrante requerido, el cual es usado para filtrar los residuos que pueden encontrarse en la tubería por donde se descargará la pintura.

El envasado es un proceso que consta de tres partes: etiquetado, llenado y embalado. El etiquetado es realizado con tiempo de anticipación y es un proceso manual que inicia cuando el supervisor comunica el orden de los productos a rotular. Al terminar el proceso de etiquetado, se embala el conjunto de envases y se identifica con el nombre y lote del producto que será descargado en estos envases.

Por su parte, el llenado se realiza una vez aprobado el producto, donde previamente se preparó la línea de envases debajo del tanque que contiene el producto. Una vez culminada la descarga de la pintura, se trasladan los envases con los productos a la zona de embalado; donde se realiza el empacado, paletizado y amarre del producto terminado. Una vez finalizada esta etapa, el montacarguista es el encargado de entregar el producto a APT. Previamente, se hace una verificación de que se hayan cumplido con todas las actividades y se hayan llenado todos los documentos de control necesarios

2.3 Pruebas de calidad de pinturas

Estas pruebas se realizan con la finalidad de asegurar la calidad y garantizar que se cumplan con las características que se definieron en el momento de su formulación. Existen una gran variedad

de pruebas, sin embargo, en la siguiente sección se definirán las que son relevantes para la comprensión del proyecto: viscosidad, densidad y prueba de aplicación de pintura.

2.3.1 Prueba de viscosidad

La medición de la viscosidad se realiza con la finalidad de verificar si se cumple con el rango de valor establecido para cada tipo de pintura, para así poder determinar si deben realizarse ajustes. En el caso de pinturas, la medición suele realizarse con un viscosímetro de tipo Krebs-Stormer (Cruz, 2014).

El viscosímetro Krebs-Stormer es un equipo de tipo rotacional, el cual mide la viscosidad en función del esfuerzo necesario para hacer girar un usillo en el interior de la muestra de pintura manteniendo la velocidad; en donde el esfuerzo es proporcional a la viscosidad de la muestra (González & Salinas, 2016). La medición debe realizarse con una muestra que se encuentre a una temperatura de 25 °C y las unidades de medida son Krebs (KU).

2.3.2 Prueba de densidad

La densidad es una propiedad intensiva y característica de las sustancias, en donde se relaciona la masa de estas con el volumen que ocupan (Raviolo, et. al, 2005). Esta prueba permite determinar si la composición de un producto, en cuanto a la relación de polvos con los líquidos, es la establecida. Además, es una propiedad que permite conocer el volumen que ocupa cada pintura, importante para el uso de las capacidades de las máquinas y el posterior envasado del producto terminado.

Para su medición, se utiliza un instrumento llamado picnómetro, el cual consiste en un cilindro de volumen y peso fijo con un tapón con un orificio en el centro. El procedimiento consiste en llenar el cilindro y taponarlo, de forma que el excedente de pintura salga por el orificio y se limpie (Calvo, 2009). El cálculo de la densidad viene dado por la Ecuación 2.1, en donde ρ es la densidad y V_{pic} el volumen del picnómetro.

$$\rho = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso picnómetro}}{V_{pic}} \quad (\text{Ec. 2.1}).$$

2.3.3 Prueba de aplicación de pintura

Esta prueba se realiza con la finalidad de medir el cubrimiento de una pintura, en donde se mide el porcentaje de luz absorbida sobre una cartulina de contraste (opacidad) en donde se tiene un

fondo mitad negro y mitad blanco. Además, se divide en dos partes, para poder comparar la muestra objeto de estudio con un estándar. Este ensayo debe realizarse de forma que se consiga un espesor uniforme para poder realizar comparaciones. Para ello, se utilizan aplicadores, los cuales son “un tipo de utillaje que permite la aplicación de una banda de pintura de un espesor predeterminado” (Calvo, 2009). Existen varios tipos de aplicadores, sin embargo, el de interés para este proyecto es el de tipo alámbrico, el cual consiste en una varilla metálica envuelta con un hilo metálico cuyo espesor puede variar entre 10 y 150 micras.

El procedimiento de este ensayo consiste en colocar en la parte superior de la cartulina el aplicador a utilizar. Luego, se coloca una cantidad suficiente de pintura con una espátula, tanto de la muestra objeto de estudio como de la muestra estándar utilizada para realizar la comparación. Una vez posicionado el aplicador y las cantidades de pinturas necesarias, se arrastra el aplicador a una velocidad y presión de desplazamiento constante hacia la parte inferior de la cartulina, sobre la cual queda una película de pintura del espesor escogido (Cruz, 2014).

2.4 Punto de Fluidéz de Daniel

Es un método que se aplica con la finalidad de determinar la formulación de pastas de pinturas óptimas que pasan por el proceso de molienda, en la fabricación de pinturas que utilizan resinas alquídicas, es decir, en base a aceites.

Según García (2003), para obtener una pasta óptima de molienda el vehículo líquido que envuelve y transporta al pigmento debe satisfacer dos condiciones en general: en primer lugar, el pigmento debe humectarse a fondo y lo más rápido posible; y, en segundo lugar, para que el molino sea más eficiente, el vehículo líquido de la pasta debe tener mayor cantidad de resina y la mínima de disolvente. De esta manera, se debe alcanzar un equilibrio entre los tres componentes principales de la pasta: pigmento, resina y disolvente.

El Punto de Fluidéz de Daniel consiste en obtener una pasta que contenga la mayor proporción de pigmento posible; esto debido a que cuanto más pigmento contenga la pasta, se obtendrá más cantidad de pintura acabada, lo que a su vez permitirá una mayor capacidad de producción y un menor costo por litro de pintura terminada (García, 2003). En este punto, se obtiene una pasta de pigmento o de carga, o una mezcla de ellos, que al humectarse y empastarse con una resina o ligante, pasa a ser de una masa grumosa y suelta, a convertirse primero en una sola bola cohesionada, conocido como punto de bola y luego, en una pasta espesa que ya fluye o se desliza por una superficie inclinada, siendo este el Punto de Fluidéz de Daniel.

El procedimiento consiste en pesar una cantidad de pigmento en un crisol o vaso de precipitado, en el cual se irán añadiendo poco a poco cantidades del vehículo líquido, mezclando la pasta con una espátula plana. A medida que se añade el líquido, se va disminuyendo la cantidad hasta alcanzar el punto deseado. Cerca del punto final, se obtiene una apariencia característica que consiste en una bola de pigmento coherente, denominado punto de bola. Seguidamente, se continúa añadiendo el líquido hasta obtener la cantidad justa y suficiente para formar una pasta que fluya libremente por una superficie inclinada (García, 2003). Durante todo el proceso se deben anotar las cantidades añadidas para alcanzar cada punto. Es importante mencionar que el punto final es subjetivo, sin embargo, con la práctica se puede reconocer el punto de bola y de fluidez.

2.5 Optimización de procesos productivos

Según la Real Academia Española (RAE), la palabra optimización viene de la acción y efecto de optimizar, siendo esta definida como “buscar la mejor manera de realizar una actividad”. En función de esto, la optimización de procesos se puede definir como una combinación de estrategias que permitan maximizar la productividad de una organización al mismo tiempo que se minimizan los costos operativos (Lipták, 1999). Para ello, es fundamental realizar un análisis detallado de todas las actividades que involucran el proceso productivo, para poder determinar las estrategias y metodologías adecuadas que permitan una mejor utilización de recursos y así cumplir con los objetivos establecidos por la organización (Granizo, 2018).

2.6 Teoría de restricciones

La Teoría de las Restricciones (TOC, por sus siglas en inglés *Theory of Constraints*) es una filosofía para optimizar y gestionar los procesos de una organización, desarrollada por Eliyahu Goldratt en 1984 en el libro “La meta: un proceso de mejora continua”. Según Heizer & Render (2008), es un “conjunto de conocimientos que tratan con cualquier cosa que limite la capacidad que tiene una organización para alcanzar sus objetivos”. De esta manera, la TOC reconoce que todas las organizaciones poseen al menos una restricción o cuello de botella que afecta el desempeño de esta, la cual debe ser tratada y optimizada para mejorar la productividad de la organización y poder así alcanzar las metas deseadas.

Según Aguilera (2000), la TOC se fundamenta en la teoría de sistemas, es decir, se considera a la empresa como un sistema “constituido con la intencionalidad de conseguir una meta”. Esta visión estudia a la empresa como un conjunto de partes menores o subsistemas, que se encuentran interrelacionados entre sí para así alcanzar los objetivos establecidos por la misma. Una empresa

será eficaz en la medida en que alcance los objetivos para los que fue creada y en el contexto de la Teoría de las Restricciones la única medida global para la excelencia empresarial es “la utilidad continua a través del tiempo” (Aguilera, 2000). Así, la TOC consiste en la mejora continua para alcanzar la meta establecida, explotando y optimizando las restricciones o cuellos de botellas que no permiten obtener los resultados deseados.

Las restricciones pueden ser: físicas, como la disponibilidad de procesos, materias primas y suministros; o inmateriales, originadas por la manera de administrar la empresa, tales como procedimientos, formación y capacitación (Heizer & Render, 2008). A partir de todo esto, la TOC se basa en un proceso de cinco pasos para reconocer y gestionar estas limitaciones.

2.6.1 Pasos de la TOC

Según Heizer & Render (2008) y Chase, et. al (2009), los pasos en los que se basa la Teoría de las Restricciones para identificar, administrar y gestionar los cuellos de botella son:

1. Identificar las restricciones, debido a que las mejoras solo se logran al definir los eslabones débiles presentes en los procesos.
2. Elaborar un plan para superar las restricciones identificadas, es decir, aprovecharlas para volverlas efectivas.
3. Concentrar recursos en lograr el paso 2, es decir, articular el resto del sistema para apoyar estas restricciones.
4. Elevar las restricciones del sistema. Esto consiste en reducir los efectos de las restricciones descargando trabajo o aumentando capacidad. Asegurarse de que las restricciones son reconocidas por todos aquellos que pueden tener influencia sobre ellas para aumentar la capacidad del cuello de botella.
5. Una vez que se haya superado un conjunto de restricciones, volver al primer paso e identificar nuevas restricciones. Es un proceso de mejora continua, no dejar que la inercia del sistema se convierta en la nueva restricción.

2.6.2 Principios básicos de la TOC

Aguilera (2000), explica que los principios básicos de la TOC para gestionar una organización en función de la meta, establecidos por Eliyahu Goldratt en su libro son:

1. Balancear el flujo productivo: trabajar teniendo como punto de partida los cuellos de botella, es decir, los puntos que limitan el flujo de la empresa como un todo.

2. La utilización y activación de un recurso no son sinónimos: la activación es el uso de recursos no restrictivos (no cuello de botellas) en volumen superior al requerido por aquellos que sí lo son, lo que puede llevar a un proceso ineficiente. La utilización consiste en utilizar el recurso no restrictivo en función de la capacidad del recurso restrictivo del proceso productivo.
3. El nivel de utilización de un recurso no restrictivo no debe determinarse por su propio potencial sino por los cuellos de botella del sistema.
4. Una hora perdida en un cuello de botella, es una hora perdida en todo el sistema de la empresa.
5. Una hora economizada en un recurso no restrictivo es apenas una alucinación, no lleva a ninguna mejora en la eficiencia global del sistema.
6. Los cuellos de botella gobiernan la ganancia de una organización.
7. El lote del proceso debe ser variable.
8. Analizar todas las restricciones simultáneamente.

Según Heizer & Render (2008) “Los centros de trabajo cuello de botella son restricciones que limitan el resultado de la producción”. Son los que limitan el desempeño y rendimiento de los procesos productivos, afectando directamente en el cumplimiento de las metas establecidas.

Por su parte, Chase, et. al (2009) indican que existen dos maneras de encontrar los cuellos de botellas de un sistema. La primera consiste en realizar un perfil de recursos de capacidad, estudiando las cargas que se imponen sobre cada recurso. La segunda manera es a través del aprovechamiento del conocimiento que se tiene de una planta, examinando el sistema en operación y entrevistando a los trabajadores.

2.7 Estudios de tiempo

El estudio de tiempos consiste en la “toma de una muestra de los tiempos de trabajo de un empleado y utilización de esta para establecer un tiempo estándar” (Heizer & Render, 2007). Este es utilizado para determinar la duración de las actividades de los diferentes procesos de estudio, para así poder detectar oportunidades de mejoras. Los autores establecen los siguientes pasos para determinar los tiempos estándar:

1. Definir el trabajo a estudiar.
2. Dividir el trabajo en elementos.
3. Decidir cuántas veces se va a medir el trabajo.

4. Cronometrar y anotar los tiempos de los elementos
5. Calcular el tiempo observado promedio con la Ecuación 2.2.

$$Tiempo\ promedio = \frac{\sum Tiempos\ de\ un\ elemento}{Número\ de\ observaciones} \quad (Ec. 2.2).$$

6. Calificar a los operarios.
7. Calcular el tiempo normal con la Ecuación 2.3.

$$Tiempo\ normal = Tiempo\ promedio * Factor\ de\ calificación\ de\ desempeño \quad (Ec. 2.3).$$

8. Calcular tolerancias u holguras.
9. Calcular el tiempo estándar con la Ecuación 2.4.

$$Tiempo\ estándar = \frac{Tiempo\ normal}{1 - \sum Tolerancias} \quad (Ec. 2.4).$$

Para calificar a los operarios existen varios métodos, uno de los más conocidos es el Método Westinghouse desarrollado por Westinghouse Electric Corporation. Según Meyers (2000), se consideran cuatro factores para evaluar el desempeño (Figura 2.1).

Sistema Westinghouse para calificar la consistencia			Sistema Westinghouse para calificar las condiciones		
+0.04	A	Perfecta	+0.06	A	Ideal
+0.03	B	Excelente	+0.04	B	Excelente
+0.01	C	Buena	+0.02	C	Bueno
0.00	D	Promedio	0.00	D	Promedio
-0.02	E	Aceptable	-0.03	E	Aceptable
-0.04	F	Mala	-0.07	F	Malo

Sistema Westinghouse para calificar el esfuerzo			Sistema Westinghouse para calificar habilidades		
+0.13	A1	Excesivo	+0.15	A1	Superior
+0.12	A2	Excesivo	+0.13	A2	Superior
+0.10	B1	Excelente	+0.11	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente	+0.08	B2	Excelente
+0.05	C1	Bueno	+0.06	C1	Buena
+0.02	C2	Bueno	+0.03	C2	Buena
0.00	D	Promedio	0.00	D	Promedio
-0.04	E1	Aceptable	-0.05	E1	Aceptable
-0.08	E2	Aceptable	-0.10	E2	Aceptable
-0.12	F1	Malo	-0.16	F1	Mala
-0.17	F2	Malo	-0.22	F2	Mala

Figura 2.1 Sistema Westinghouse para calificar al trabajador en cada categoría (Castro, 2019).

El factor de calificación será la sumatoria de los valores obtenidos en las cuatro categorías, las cuales tienen los siguientes significados:

- a. Destreza: se refiere a la habilidad del operario para seguir un método.
- b. Consistencia: se refiere a la capacidad del operario de durar el mismo tiempo, ciclo tras ciclo, la realización de una actividad.
- c. Condiciones de trabajo: se refiere a los aspectos que afectan el trabajo del operario.
- d. Esfuerzo: es la eficacia y disposición de trabajo del operario.

Por otro lado, según Meyers (2000), la tolerancia u holgura hace referencia al tiempo añadido al tiempo normal para hacer que el estándar sea práctico y alcanzable. Las tolerancias pueden ser del tipo: necesidades personales, fatiga o retrasos. En la Figura 2.2 se pueden observar valores de tolerancias típicas, en unidades de porcentaje, que se consideran para los cálculos según las condiciones del trabajo en estudio.

1. Suplementos fijos:	(ii) Bastante inadecuada	5
(A) Suplementos y necesidades personales		5
(B) Suplemento básico por fatiga	(E) Condiciones atmosféricas (calor y humedad):	
2. Suplementos variables:	Variable	0-10
(A) Suplementos por estar de pie	(F) Prestar mucha atención:	
(B) Sptos. por adoptar alguna posición anormal:	(i) Tarea precisa o muy exigente	2
(i) Incómoda (estar inclinado, flexionado)	(ii) Tarea muy afinada o muy exacta	5
(ii) Muy incómoda (estar tumbado, estirado)	(G) Nivel de ruido:	
(C) Utilización de la fuerza o la energía muscular para	(i) Intermitente-fuerte	2
elevar, tirar y empujar	(ii) Intermitente-muy fuerte o de tono alto	5
Peso levantado (libras):	(H) Esfuerzo mental:	
20	(i) Complejo o que requiere una gran atención	4
40	(ii) Muy complejo	8
60	(I) Pesadez:	
(D) Mala iluminación:	(i) Aburrido	2
(i) Por debajo de la recomendada	(ii) Muy aburrido	5

Figura 2.2 Tolerancias típicas en porcentaje (Heizer & Render, 2007).

2.7.1 Estudios de tiempo de ciclos largos

Es un tipo de estudio de tiempo que es utilizado bajo las siguientes condiciones (Heizer & Render, 2007): un tiempo de ciclo largo de 15 minutos o más; una secuencia no uniforme de los elementos del trabajo y estudios de desempeño de 8 horas. Según los autores, en este tipo de estudios, los trabajos presentan muchos elementos extraños que tienden a formar parte del estudio y la secuencia no es siempre la misma.

2.7.2 Componentes del tiempo

Según Chase, et al., (2009), los componentes del tiempo que conforman el ciclo de producción son:

- a. Tiempo de preparación: se refiere al tiempo de espera durante la preparación de un recurso o equipo para realizar el trabajo.

- b. Tiempo de procesamiento: tiempo de procesamiento del producto.
- c. Tiempo de cola: tiempo que se debe esperar para utilizar un recurso o equipo que se encuentra ocupado con otra cosa.
- d. Tiempo de espera: tiempo que se debe esperar mientras se fabrica alguna parte que se debe agregar o unir al producto final.
- e. Tiempo ocioso: tiempo sin utilizar, equivalente al tiempo del ciclo menos los tiempos de preparación, procesamiento, cola y espera.

2.8 Diagrama de Causa-Efecto

Este diagrama, también conocido como diagrama de Ishikawa o gráfico de espina de pez, es una herramienta que permite determinar los elementos del proceso (causas) que pueden influir en los resultados (efecto) (Heizer & Render, 2007). Es una técnica esquemática utilizada para identificar las posibles localizaciones de los problemas que afectan la eficiencia de los procesos.

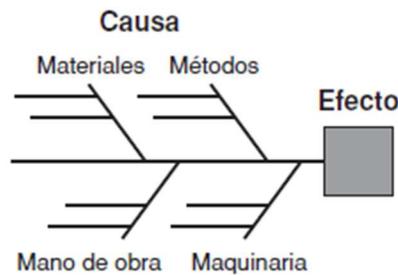


Figura 2.3 Esquema de un Diagrama de Causa-Efecto (Chase, et al., 2009).

En la Figura 2.3 se puede observar un esquema del diagrama, en donde se demuestra su similitud con una cola de pescado. Según Chase, et al (2009), en cada espina se representan las posibles fuentes de error, en donde se parten de unas categorías como la mostrada en la figura. Las categorías más comúnmente utilizadas son: materiales, métodos, mano de obra y maquinaria, sin embargo, se pueden agregar las que sean necesarias según el problema de estudio. A partir de estas, se identifican causas individuales asociadas a cada una, las cuales se representan como espinas separadas a lo largo de cada rama. Por su parte, en la punta del diagrama se coloca el problema detectado, es decir, el efecto ocasionado por las distintas causas identificadas.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se presenta la metodología empleada para la elaboración del proyecto, la cual fue de tipo investigación-acción con un enfoque en la Teoría de las Restricciones, estructurándose el proyecto en seis grandes fases. Primero, hubo un proceso de adaptación a la empresa, en el que se procedió a adquirir los conocimientos asociados al funcionamiento de la organización y sus normativas de trabajo. Luego, se procedió con el levantamiento de información, con la finalidad de recopilar toda la información necesaria sobre los procedimientos y procesos actuales del proceso productivo. En base a esto, se realizó un análisis y evaluación de la información recolectada para así poder realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa. Una vez entendidos y definidos los procesos actuales, identificando las restricciones del sistema y oportunidades de mejoras, se procedió con la propuesta de optimización. Para finalizar, hubo un proceso de prueba y verificación, en el cual se realizó la comprobación de la factibilidad de la propuesta para su aceptación y posterior documentación.

En función de esto, para tener un mejor entendimiento de las actividades realizadas para alcanzar los objetivos establecidos, se dividió el proyecto en cuatro secciones (Figura 3.1).



Figura 3.1 Secciones de trabajo del proyecto.

3.1 Delimitación del proyecto

Para delimitar el alcance del proyecto, en primer lugar, se asistió a una serie de inducciones que permitieron adquirir conocimientos sobre la empresa, sus normativas de trabajo y sus necesidades para poder mejorar el proceso productivo.

En función de los requerimientos de la empresa, basados en las pinturas que más se venden, se establecieron las líneas de pinturas a optimizar. En la Figura 3.2 se presentan todas las líneas de productos que se fabrican en la empresa, resaltándose en color azul las que formaron parte del alcance del proyecto.

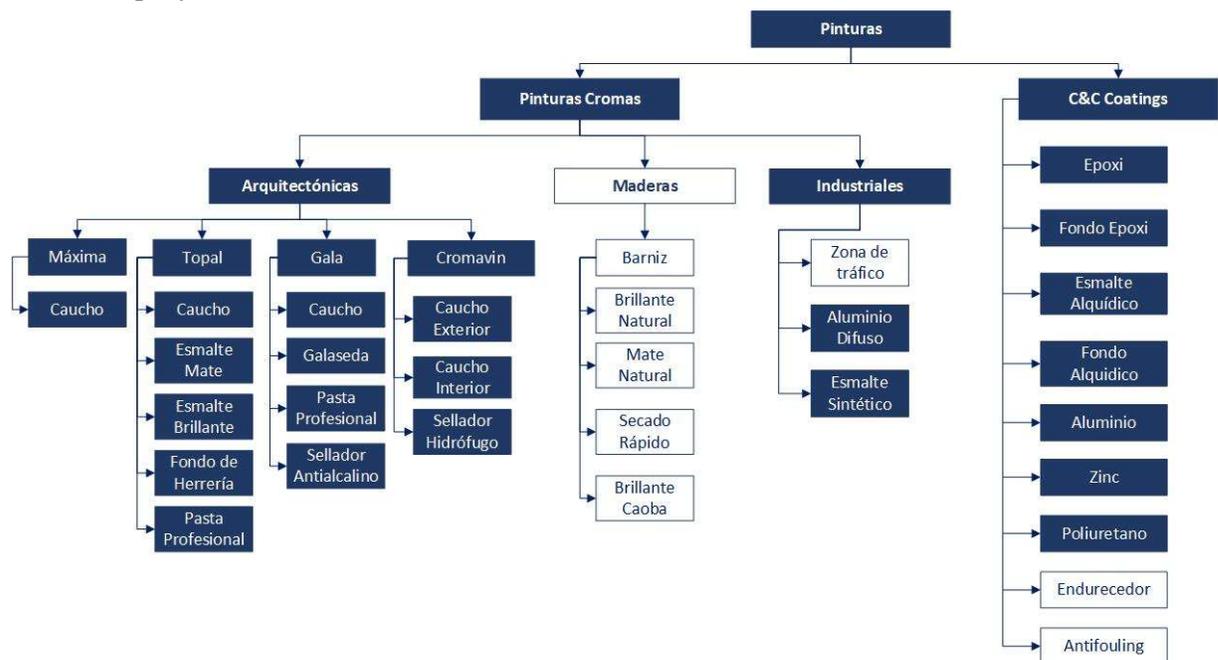


Figura 3.2 Líneas de pinturas según las marcas de fabricación.

Para el desarrollo del proyecto se utilizó la clasificación de las pinturas según su componente base de fabricación; esto con el objetivo de distinguirlas según las necesidades que requieren dependiendo de su proceso de fabricación. De esta manera, se clasifican en tres tipos:

1. Pinturas emulsionadas: elaboradas a base de resinas de látex cuyo solvente utilizado es agua. En este tipo se encuentran las pinturas arquitectónicas (Cromas), a excepción de los esmaltes de esta marca.
2. Pinturas alquídicas: elaboradas a base de resinas alquídicas, donde se usa varsol como solvente. Este tipo describe a todos los esmaltes, tanto de la marca Cromas como de C&C Coatings.

3. Pinturas grupos restantes: se agrupan el resto de las pinturas fabricadas, tales como Aluminios, Epoxis, Poliuretanos y Zinc. En el caso de los Epoxis y Poliuretanos, por ejemplo, se utilizan resinas epóxicas e hidroxiladas, respectivamente.

3.2 Identificación de los elementos claves del proceso productivo

En esta sección se presenta la información recolectada de los diferentes elementos involucrados en el proceso productivo que fueron considerados para realizar la optimización de las fórmulas de composición de las pinturas.

3.2.1 Máquinas de fabricación

Se determinaron las máquinas presentes en la planta junto con sus capacidades, tipos de pinturas a fabricar y posibles tamaños de lotes (Tabla 3.1). Se identificó que la instalación de las máquinas estaba distribuida en base a las diferentes etapas de fabricación del proceso. En la Etapa 2: Mezcla y dispersión, se utilizaban dispersores, mientras que en la Etapa 3: Molienda, terminación y ajustes, se utilizaban molinos y tanques con agitadores.

Tabla 3.1 Máquinas y tanques de fabricación de pinturas.

Máquina / Tanque	Capacidad (L)	Tipo de pintura	Tamaño de lote
Susmeyer 1000	1070	Emulsionadas	Pequeño y Medio
Molteni	1176	Todas	Pequeño y Medio
Susmeyer 3000-1	3000	Emulsionadas	Grande
Susmeyer 3000-2	3630	Emulsionadas	Grande
Susmeyer 3000-3	3112	Emulsionadas	Grande
Susmeyer 3000-4	3112	Emulsionadas	Grande
Dispermix	2000	Alquídicas y Poliuretanos	Medio y Grande
HS-80	3150	Grupo restante	Grande
A1- A8	8134 - 8482	Emulsionadas	Grande
R5 - R14	2300 - 2610	Emulsionadas y Alquídicas	Pequeño y Medio
R15 - R20	8188 - 8598	Alquídicas	Grande

En la Etapa 2, se contó con cuatro tipos de dispersores: Dispermix, Susmeyer 1000 y 3000, Molteni y la HS-80 (por sus siglas en inglés *High Speed*), las cuales eran utilizados en función del tipo y la cantidad de pintura a fabricar. Por su parte en la Etapa 3, se contó con cuatro molinos, todos del mismo tamaño con una capacidad de 100 L/min utilizados según el color a fabricar. En el caso de tanques con agitadores, se contó con ocho tanques cilíndricos, denominados con la letra A, seis tanques cilíndricos, denominados con la letra R enumerados del 15 al 20, y diez tanques rectangulares, denominados con la letra R y enumerados del 5 al 14.

En la Figura 3.2 se presenta la distribución de las diferentes máquinas en la planta. Se observa que en el piso 2 se encuentran los dispersores, a excepción de la HS-80, mientras que en el piso 1 se encuentran los molinos y los tanques de terminación y ajustes. Esta distribución con la finalidad de aprovechar el uso de la gravedad en los procesos de descarga.

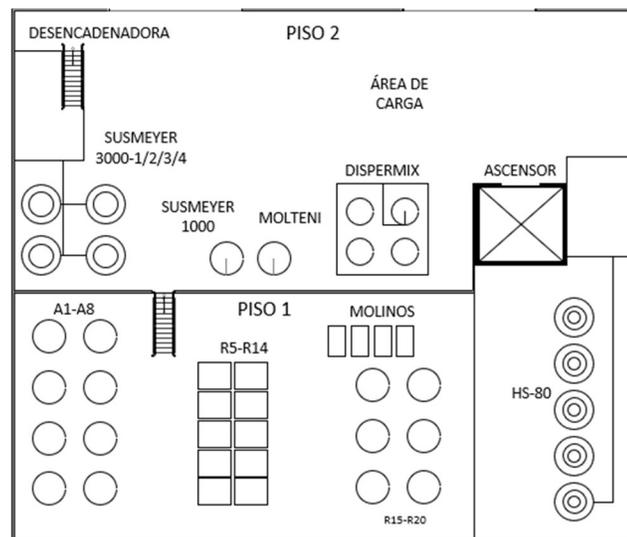


Figura 3.3 Plano de las máquinas de fabricación

3.2.2 Materias primas de interés

Para realizar la optimización de las fórmulas de composición, reduciendo el número de materias primas con cantidades diferentes a la unidad entera según sus presentaciones, fue necesario identificar aquellas que podían ser modificadas o ajustadas. Se detectó que cada línea de producto poseía las mismas materias primas bases, variando solamente en las cantidades y los pigmentos a utilizar según los diferentes colores, permitiendo así seguir el mismo procedimiento de estandarización según línea.

Se determinó que las materias primas de interés se encontraban representadas por las cargas y las resinas que no eran agregadas a través de tuberías, sino con tambores. Los pigmentos no podían ser modificados, debido a que afectarían la tonalidad del color de la pintura y las especificaciones de calidad del producto final. Por su parte, los aditivos tampoco debían ser modificados, ya que en las fórmulas su representación porcentual era muy pequeña y las cantidades a utilizar nunca llegarían a unidades enteras. En el caso de los disolventes utilizados, como el agua, el xileno y el varsol, tampoco era necesario modificar sus cantidades, ya que estos eran agregados a las mezclas a través de tuberías.

Una vez determinadas las materias primas de interés, se recolectaron todas las presentaciones y los kilogramos en las que se encontraban. Se obtuvo la información de 45 materias primas. En el caso de las resinas, se obtuvo, además, la viscosidad para poder establecer prioridades al momento de optimizar las fórmulas. A partir de esta información se elaboró una lista con todas las materias primas y datos de interés (Apéndice A).

3.3 Detección de los cuellos de botellas

Esta sección tuvo como finalidad obtener una mejor comprensión de la situación actual del proceso productivo de las diferentes pinturas. Para ello, se utilizaron diferentes herramientas de análisis para poder identificar las causas que estaban generando errores y retrasos en la fabricación de pinturas. A su vez, se realizó un estudio de tiempo de las diferentes etapas de fabricación que se encontraban directamente relacionadas con las fórmulas de composición de los productos.

3.3.1 Análisis del proceso productivo

Por medio de la observación directa se pudo identificar que el proceso productivo presentaba ineficiencias en las diferentes etapas de producción, lo que traía como consecuencia un incumplimiento de la planificación, errores durante la fabricación y retrasos en los tiempos de entrega. A partir de esto, mediante la elaboración de un Diagrama de Causa-Efecto, se identificaron las principales causas asociadas a este problema (Figura 3.4).

Se determinó que en general, los largos tiempo de manufactura y los diferentes errores que se presentaban en la fabricación, se debían principalmente a una falta de estandarización en los procesos, en la diversidad de lotes de producción y en el elevado número de materias primas por fórmula que poseían cantidades diferentes a la unidad entera.



Figura 3.4 Diagrama Causa-Efecto de la ineficiencia en las etapas del proceso productivo.

3.3.2 Estudio de tiempos

Se realizaron estudios de tiempo de tipo ciclo largo, tomando los tiempos de las diferentes actividades presentes en las etapas de fabricación de interés. Esto con el objetivo de determinar los cuellos de botellas del proceso productivo, y poder establecer los requerimientos y prioridades necesarias para disminuir los tiempos de fabricación por medio de la optimización de las fórmulas de composición de pintura.

Las etapas a las que se les realizó el estudio fueron: pesaje y preparación de materia prima, mezcla y dispersión, y molienda, terminación y ajustes. Para documentar los valores obtenidos, se elaboraron dos hojas de trabajos; una de ellas fue utilizada para la primera etapa, donde se indicó la descripción del elemento de estudio, la lectura de tiempo, la categoría a la que pertenecía y la cantidad pesada, y la otra hoja de trabajo fue utilizada en las siguientes dos etapas, donde solo se indicó el tiempo para cada actividad estudiada en la etapa correspondiente.

- **Etapa 1: Pesaje y preparación de materia prima**

Para esta etapa se midió el tiempo desde que se inició la distribución de fórmulas a preparar entre los operarios hasta la entrega de las materias primas al área de carga en la zona de mezcla y dispersión. Para tomar los tiempos se dividieron las actividades a medir en cinco categorías:

1. Líquidos (tambor): pesaje de materias primas líquidas en tambores.
2. Líquidos (envases): pesaje de materias primas líquidas en envases.
3. Sólidos: pesaje de materias primas en polvos (cargas y pigmentos).

4. Otro: interrupciones, movimiento de paletas, necesidades personales, entre otros.
5. Anotación de lotes: referente a la actividad que se realiza antes de entregar las materias primas pesadas a la siguiente etapa, la cual consiste en la anotación de lotes de todas las materias primas usadas.

Durante tres días de trabajo, se midieron los tiempos para la preparación y pesaje de nueve fórmulas diferentes, en los que se incluyeron productos de los tres tipos de pinturas, los cuales fueron: Epoxi 456 Blanco, Zinc 19 y Epoxi 456 Gris RAL7035 (grupo restante); Gala Rojo Sevilla, Gala Amarillo Trigo, Maxima Verde Paraíso, Topal Azul Pacífico y Maxima Amarillo Radiante (emulsionadas); y Fondo Alquídic 20 Gris (alquídic). En el Apéndice B se encuentran las mediciones de tiempo para cada caso.

- **Etapa 2: Mezcla y dispersión**

En esta etapa se realizó la medición de tiempos desde la preparación hasta la descarga a la siguiente etapa. Para tomar los tiempos se dividieron las actividades a medir en seis categorías:

1. Preparación: referente a la revisión y traslado de la materia prima a la máquina donde será fabricada. Además, se incluye la limpieza de los tanques en caso de ser necesario.
2. Carga de líquidos: tiempo que se tarda en agregar todos los líquidos.
3. Carga de sólidos: tiempo que se tarda en agregar todos los sólidos.
4. Mezcla: referente a todo el periodo de mezcla y dispersión (agitación de la mezcla).
5. Otros: interrupciones inesperadas, necesidades personales.
6. Descarga a la siguiente etapa: periodo que tarda en descargarse la mezcla en los tanques de terminación y ajustes. Esto se realizó únicamente para las pinturas que no requerían del proceso de molienda.

Durante cuatro días de mediciones, se recolectó información para un total de ocho fórmulas, distribuidas entre las siguientes pinturas: Cromavin Base Z, Galaseda Salmón, Topal Blanco y Topal Flor de Jamaica (emulsionadas); y Esmalte Alquídic 48 Gris RAL 7001, Topal Esmalte Brillante Rojo, Topal Fondo de Herrería Blanco y Esmalte Sintético de Secado Rápido (alquídic). En el Apéndice B se encuentran las mediciones de tiempo para cada caso.

- **Etapa 3: Molienda, terminación y ajustes**

Para esta etapa se realizaron las mediciones desde la molienda, en caso de ser una pintura alquídica o un Poliuretano, hasta la aprobación del producto final una vez realizado todos los ajustes para cumplir con las especificaciones de calidad. Para tomar los tiempos se dividieron las actividades a medir en cuatro categorías:

1. Molienda: tiempo de molienda, desde que se inicia el proceso hasta que toda la pasta esté descargada en los tanques de terminación y ajustes.
2. Carga y mezcla de MP: se refiere a la carga y agitación de las materias primas agregadas.
3. Pruebas de laboratorio: se refiere todas las veces que se llevaron muestras para los diferentes ajustes hasta la aprobación final de la pintura, incluyendo el tiempo consumido durante la realización de las pruebas de calidad.
4. Ajustes: comprende la búsqueda de las materias primas para los ajustes indicados por el laboratorio, incluyendo la carga y mezcla de las mismas. Esta categoría abarca todos los ajustes que tuvieron que ser realizados a lo largo de todo el proceso.

En tres días de mediciones se recolectaron los tiempos de las diferentes actividades para un total de cuatro productos diferentes, los cuales fueron: Galaseda Salmón y Galaseda Dorado Intenso (emulsionadas); y Esmalte Alquídico 48 Gris RAL 7001 y Topal Fondo de Herrería Blanco (alquídicas). En el Apéndice B se encuentran las mediciones de tiempo para cada caso.

3.4 Optimización de las fórmulas de composición de pinturas

En base al análisis del proceso productivo y los estudios de tiempo, se estableció como objetivo reducir el tiempo empleado y los errores asociados a la elaboración de pinturas.

Se definieron las restricciones para realizar la optimización de las fórmulas de composición de pinturas. Estas se basaron en el uso óptimo de las capacidades de las máquinas y en los aspectos necesarios a tomar en cuenta para no afectar las especificaciones del producto terminado.

Las restricciones establecidas, asociadas a las máquinas de fabricación, fueron:

- No establecer lotes que utilizaran el 100% de la capacidad de las máquinas y tanques, debido a que no quedaría espacio para ningún tipo de ajustes.
- En el caso de productos que se fabricaran en la HS-80, no establecer lotes que utilizaran menos de dos tercios de su capacidad. Esto debido a que, gracias a las altas velocidades a

las que trabaja la máquina, se doblaría el eje de tracción por no contener la cantidad necesaria de mezcla. Por otro lado, aumentaría las probabilidades de presentar turbulencia y formar espuma, característica que afecta la calidad de la pintura.

- La cantidad mínima para fabricar en los tanques de terminación y ajuste rectangulares pequeños (R5-R14), debía ocupar un medio de la capacidad del tanque. Esto debido a que, por la geometría de los tanques, esta era la cantidad mínima requerida para evitar la turbulencia y, por ende, la espuma.

Por su parte, las restricciones establecidas, asociadas a los ajustes en las cantidades de las materias primas, fueron:

- El porcentaje total de polvos ajustados debía encontrarse dentro del rango ± 4 y el porcentaje total de resinas ajustadas debía encontrarse dentro del rango ± 1 . Esto para no afectar la calidad ni las propiedades de la pintura.
- Para las pinturas que poseían cargas laminares (emulsionadas), como el caolín y el talco, se debía tomar en cuenta que su representación porcentual, en base a los polvos totales, debía mantenerse entre el 20% y 30%, ya que este es el tipo de carga que genera la propiedad de brochabilidad, es decir, la facilidad con la que puede aplicarse una pintura a brocha.

Una vez identificados los cuellos de botellas y las diferentes restricciones, se procedió a realizar la optimización de las fórmulas de composición de pinturas. Para ello, no se aplicó un método clásico de optimización, sino que se elaboró un plan de acción que permitiera alcanzar el objetivo establecido en base a los requerimientos de cada línea y tipo de pintura.

A partir de esto, el método aplicado para la optimización consistió en cuatro acciones, cada una de estas orientadas a la disminución de los cuellos de botellas detectados en las diferentes etapas de fabricación. Estas acciones fueron:

1. Reducción de la diversidad de lotes de producción.
2. Reducción del número de materias primas con cantidades diferentes a la unidad entera según sus presentaciones.
3. Aplicación del Punto de Fluidez de Daniel.
4. Definición y estandarización de la mezcla de lavado.

En la Figura 3.5 se presentan qué acciones corresponden a la disminución de los diferentes cuellos de botellas detectados.

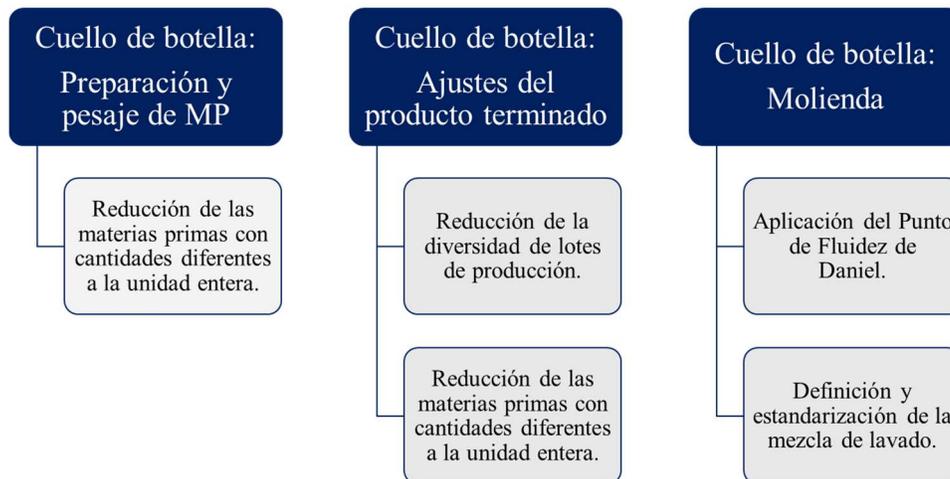


Figura 3.5 Acciones para disminuir los cuellos de botellas

3.4.1 Reducción de la diversidad de lotes de producción

Esta acción se realizó con el propósito de reducir la diversidad de lotes que se estaban fabricando, ya que, por ejemplo, si se fabricaba un lote pequeño, este podía variar en tamaño las distintas veces que se producía, lo que traía como consecuencia una alta variabilidad en las especificaciones obtenidas en el producto terminado, dificultando obtener los mismos resultados para un mismo producto. De esta manera, fijando tamaños de lotes para cada pintura, se simplificaron las cantidades a fabricar por cada pintura, lo que permitirá obtener una mejor trazabilidad de los diferentes productos, definiéndose los tamaños necesarios para satisfacer los requerimientos de ventas y haciendo uso óptimo de las máquinas de fabricación, evitando la planificación de lotes que no consideraran las capacidades reales de estas.

Para determinar los tamaños de lotes a fabricar, se realizó, en primer lugar, una revisión del presupuesto de ventas, el historial de fabricación y la planificación semanal, para poder tener una visión de la demanda de los diferentes productos. A partir de esto, y tomando en cuenta las distintas capacidades de las máquinas de mezcla y dispersión, se determinaron las cantidades estándares de lotes a fabricar por línea. Se realizó la definición del tamaño del lote en función de estas máquinas debido a que son las que establecen la cantidad máxima que se puede fabricar de una pintura.

Para ello, se determinó el volumen ocupado por las pastas, en el caso de alquídicos y Poliuretanos y bases, en el caso de emulsionadas, en los dispersores. Luego, se verificó que el volumen final se encontrara dentro de la capacidad de los tanques de ajustes. Por su parte, en las pinturas del grupo

restante se fabrica todo el producto en las máquinas de dispersión, por lo tanto, para este caso se consideró que toda la mezcla entrara dentro de las capacidades de los dispersores.

Para poder determinar que la cantidad de pintura se encontrara dentro de las capacidades de las máquinas, se utilizó como referencia la densidad teórica de los productos, donde el volumen es inversamente proporcional a la densidad, es decir, una mayor densidad ocupa menos volumen, y viceversa.

3.4.2 Reducción del número de materias primas con cantidades no enteras

Esta acción consistió en la disminución de materias primas que requerían ser pesadas debido a que sus cantidades no constituían unidades enteras según sus presentaciones. Esto con la finalidad de reducir el tiempo empleado en el pesaje de las cantidades decimales y las que no formaban parte de la presentación completa de la materia prima. A su vez, permitirá cumplir con mayor precisión, las cantidades requeridas por la fórmula de composición y se reducen los sobrantes que luego deben ser pesados nuevamente para la fabricación de otras pinturas.

La reducción del número de materias primas con cantidades no enteras se realizó en todas las pinturas que tenían cargas y resinas en tambores en la composición de sus fórmulas, donde para este tipo de materias primas, se establecieron unidades enteras y en el caso de los tambores, se consideró la posibilidad de media unidad. Las líneas de pinturas que formaron parte de esta acción fueron:

- Marca C&C: Epoxi, Fondo Epoxi, Zinc, Poliuretanos y Aluminios (grupo restante).
- Marca Cromas: Maxima, Topal Caucho, Gala y Cromavin (emulsionadas), Aluminio Difuso y Fondo Anticorrosivo (grupo restante).

Teniendo en consideración los estudios de tiempo realizados, se estableció la siguiente prioridad al momento de optimizar:

1. Se estableció como primera prioridad los líquidos que requerían tambores, es decir, las resinas. Para las fórmulas con más de un tipo de resinas que utilizaran tambores, se estableció un orden basado en la viscosidad de la materia prima, esto debido a que las resinas con mayor viscosidad tardaban más en traspasarse de un sitio a otro.
2. Seguidamente, se establecieron los sacos de cargas como segunda prioridad; sin ningún orden de importancia entre los diferentes tipos de estas materias primas. La prioridad en este caso se basó en cumplir con las restricciones definidas.

3. Para los casos particulares en los que se utiliza una pasta de aluminio, presentes en los Aluminios y Zinc, la primera prioridad se basó en esta materia prima. Esto debido a que siempre debe utilizarse la unidad entera, ya que, en caso contrario, se perdería la pasta de aluminio no utilizada. Luego, se estableció el mismo orden descrito anteriormente.

Para realizar la reducción del número de materias primas con cantidades no enteras, se consideraron las máquinas a utilizar en cada línea y los posibles lotes. En función de esto, se establecieron dos enfoques diferentes basados en las necesidades de cada tipo de pintura (emulsionadas y del grupo restante).

- **Pinturas del grupo restante**

A excepción de los Poliuretanos, todas las pinturas de este tipo solo se fabrican en la Molteni y la HS-80, donde las dos etapas de fabricación se llevan a cabo en estas máquinas, es decir, no se descarga en los tanques de terminación y ajuste. En base a esto, se determinaron solo dos posibles lotes a fabricar para las diferentes líneas de pinturas de este tipo.

Teniendo en consideración las capacidades de las máquinas presentadas en la Tabla 3.1, se realizó la aproximación de que la Molteni poseía una capacidad de 1000 L y la HS-80 de 3000 L, para establecer que la HS-80 poseía tres veces la capacidad de la Molteni. De esta manera, se realizó la optimización estableciendo el lote más pequeño a fabricar, tomando en cuenta que los productos ocuparan valores alrededor del 85% de la capacidad de las máquinas. A partir de esto, el otro lote se definió como tres veces el lote pequeño; así al establecer las materias primas en unidades enteras del primero, el otro quedaba en unidades enteras también.

Determinados los posibles lotes, se calculó el tamaño de estos haciendo uso de la ecuación 3.1. En esta ecuación lote hace referencia a las unidades en galones a fabricar, la resina deseada es la cantidad de resina a utilizar en kilogramos, considerando que sea una unidad entera según la presentación del tambor. Por su parte, la resina actual es la cantidad de kilogramos actuales de resina no optimizados y los galones actuales, son la cantidad de galones del lote para la cantidad de resina actual.

$$lote = \frac{(resina\ deseada)}{(resina\ actual)} * galones\ actuales \quad (Ec. 3.1).$$

Una vez definidos los galones para la propuesta, se procedió a calcular la cantidad de kilogramos del lote con la Ecuación 3.2. En la ecuación el peso neto es el peso del producto envasado, el cual ya se encontraba previamente establecido para cada producto de este tipo de pintura.

$$\text{cantidad total de materia prima} = \text{lote} * \text{peso neto} \quad (\text{Ec. 3.2}).$$

Para poder determinar que el lote establecido era factible, se calculó el volumen ocupado por el producto haciendo uso del valor de densidad del producto final teórico y los kilogramos propuestos. Establecidos estos parámetros, se calcularon las cantidades requeridas por cada materia prima y se ajustaron a unidades enteras las diferentes cargas. Después se realizó la revisión del cumplimiento de especificaciones, considerando que las modificaciones realizadas se encontraran dentro del rango de tolerancia establecido: $\pm 1\%$ para las resinas y $\pm 4\%$ para los polvos. Finalizado esto, se calcularon los valores del lote más grande.

Al culminar la optimización de la fórmula de composición de cada producto, se presentaron los resultados obtenidos en un formato resumen establecido en el que se presentaron tres partes claves: la fórmula actual junto con la propuesta para los dos lotes. Se incluyeron también las cantidades necesarias de cada materia prima, los galones a fabricar y el volumen ocupado en cada máquina de fabricación.

- **Pinturas emulsionadas**

Para este caso, las pinturas se fabrican en dos tipos de máquinas: la base, fabricada en los dispersores (Susmeyer 1000, 3000 y Molteni), y el producto terminado, en los tanques de terminación y ajustes. Para realizar la optimización, primero se estableció el lote más pequeño a fabricar, como en el caso anterior. A partir de este, se definió el lote medio como dos veces el pequeño y el lote grande como siete veces el pequeño; así al establecer las materias primas en unidades enteras en el lote pequeño, el resto de los lotes quedaban en unidades enteras también.

Se identificó que estas pinturas poseían dos fórmulas separadas: una para la base y otra para el producto terminado. En base a esto, la optimización de las fórmulas de composición de estas pinturas requirió un enfoque diferente al anterior. La fórmula de la base es compartida por diferentes colores y la fórmula del producto terminado es la que contiene los diferentes componentes que permitirán alcanzar los colores deseados. Por ejemplo, la Base A para Topal es compartida por las pinturas Topal: champaña, gris plata, marfil, ostra claro, rosado bebé, salmón,

verde menta y violeta ilusión. En el Apéndice C se presentan las diferentes bases y sus respectivos colores para cada línea de pintura que fue optimizada.

En el caso de las bases, no se poseían datos de las densidades para calcular el volumen, sin embargo, según el levantamiento de información realizado, estas debían tener valores superiores a 1,5 g/cc. En función de esto se estableció que las bases no podían superar los 1600 kg para el uso de la S1000 y Molteni, y 5400 kg para el uso de las S3000. Para el producto terminado, sí se pudo determinar el volumen final que ocuparían en los tanques de terminación y ajustes haciendo uso de la densidad teórica.

A partir de esto, el ajuste de las materias primas en unidades enteras se realizó en las fórmulas de las bases, ya que es en estas donde se encontraban las cargas. A su vez, se estableció para que, sin importar el producto terminado, los kilogramos requeridos de base siempre fueran los mismos para cada color que la compartiera. Asimismo, en la fórmula del producto terminado se llevó a unidades enteras la resina utilizada, donde si bien esta es cargada a los tanques a través del uso de tuberías, hay veces donde debe recurrirse al uso de tambores por fallas en las bombas.

Cabe destacar que, si bien los ajustes de las materias primas se realizaron en la fórmula de la base, el lote se debía definir en función del producto terminado. Para ello, se determinaron los kilogramos requeridos de base por los diferentes productos para 270 galones, o un valor cercano a este. En general, todas las pinturas que compartían una misma base poseían el mismo porcentaje de esta mezcla en la composición de la fórmula del producto terminado. Si sumado a esto, todos los productos poseían la misma densidad; estos iban a tener el mismo peso neto y, por ende, los mismos kilogramos totales de lote, calculados con la Ecuación 3.2. Cumpliéndose todos estos criterios, todas las pinturas requerían de los mismos kilogramos de base, facilitando así la optimización de las distintas fórmulas. Asimismo, esto significaba que el peso neto sería el mismo para todos los productos debido a que para las pinturas emulsionadas, este es definido por la Ecuación 3.3. En esta ecuación el volumen es un valor definido por la empresa, equivalente a 3,83 L, el cual hace referencia al volumen total que debe ocupar la pintura en un galón.

$$\text{peso neto} = \text{densidad} * \text{volumen} \quad (\text{Ec. 3.3}).$$

En caso de que las pinturas que compartían una misma base tuvieran densidades diferentes, esto significaba que el peso neto sería diferente y, por ende, los kilogramos totales también lo serían. En estas situaciones la decisión se basó en considerar los kilogramos obtenidos para 270 galones

del color que más se fabricaba y se ajustó el resto de los colores a la cantidad de base requerida por dicho color.

Definida la cantidad de base, se procedió a ajustar las materias primas a unidades enteras en las diferentes cargas y la resina. Luego, se realizó la verificación de cumplimiento de especificaciones, donde las modificaciones debían contemplar un rango de tolerancia de $\pm 4\%$ en los polvos y la representación de las cargas de tipo laminar con respecto al total del polvo debía encontrarse dentro de un rango entre 20% y 30%. Finalizado esto, se calcularon los valores de los otros dos lotes. Al culminar la optimización de la fórmula de cada producto, se presentaron los resultados obtenidos en un formato resumen igual al del caso anterior.

3.4.3 Aplicación del Punto de Fluidéz de Daniel

El Punto de Fluidéz de Daniel, o comúnmente conocido como Método de Daniel, fue aplicado en las pinturas alquídicas y Poliuretanos, con la finalidad de disminuir el volumen de pasta que pasaba por el proceso de molienda, y así, disminuir el tiempo de este proceso. Esto debido a que la etapa de molienda, terminación y ajustes podría definirse con dos caminos: el “crítico”, que es proceso de molienda, y el “no crítico”, que se refiere a la materia prima que no requiere pasar por los molinos y se carga directamente en los tanques de terminación y ajustes. De esta manera, con la aplicación de este método se redujo la cantidad de mezcla que pasaba por el camino “crítico” a exclusivamente lo necesario a moler, disminuyendo así el tiempo total de esta etapa.

Las líneas que formaron parte de este método fueron:

- Marca C&C: Esmalte Alquídico 48 y 49 y Poliuretanos.
- Marca Cromas: Topal Esmalte Brillante y Esmalte Sintético de Secado Rápido.

Este método consistió en determinar experimentalmente, en el Laboratorio de Calidad de Pintura, la menor cantidad de resina necesaria para humectar el pigmento y así alcanzar el volumen de molienda óptimo para las diferentes pinturas. El procedimiento seguido fue:

1. Se identificaron las materias primas (mp) de interés (polvos, resinas y disolventes).
2. Se utilizó como punto de partida una muestra, en gramos (g), con el pigmento y/o la carga a estudiar.

3. Se determinó el punto de bola. Para ello, se fueron agregando cantidades de resina hasta detectar que el polvo estuviese bien humectado. Una característica de este punto es que se puede apreciar que la mezcla ha formado una bola coherente.
4. Se determinó el punto de fluidez. Se agregó un 20% de la resina previamente añadida con una tolerancia de $\pm 2\%$, obteniendo una mezcla que fluía libremente sobre una superficie.
5. Se agregó disolvente con un valor entre el 5 y 10% de la resina total agregada para obtener una mezcla más líquida.
6. Se calculó la representación porcentual de las materias primas obtenidas en la mezcla final.
7. Con los valores de 6, se calcularon los gramos requeridos de cada materia para una mezcla más grande (800-900 g). Luego, se agregó disolvente hasta alcanzar la viscosidad deseada y se midió la densidad obtenida en la mezcla final.
8. Se calculó la relación del pigmento y/o carga con el resto de las materias primas estudiadas.
9. Utilizando las relaciones obtenidas en el paso 8, se determinó la nueva distribución de las materias primas en la fórmula, partiendo de la cantidad requerida de polvo para el lote de producción establecido.
10. Se calculó el volumen de molienda actual y de la propuesta, en litros, con la Ecuación 3.4, para determinar la reducción del volumen obtenida.

$$\text{volumen de molienda} = \frac{\sum \text{kg de las mp de la molienda}}{\rho} \quad (\text{Ec. 3.4}).$$

En la Ecuación 3.4, ρ es la densidad de la mezcla de interés, es decir, de la mezcla actual y de la obtenida con la aplicación del Método de Daniel.

3.4.4 Estandarización de la mezcla de lavado

El lavado es un proceso que se realiza en las pinturas alquídicas y Poliuretanos después del proceso de molienda cuando la pasta ya se encuentra en los tanques de terminación y ajustes. Esto con el objetivo de limpiar el dispersor, las tuberías y el molino por donde pasó la pasta luego de culminar las dispersión y molienda, para no contaminar las próximas pinturas que puedan fabricarse. Para ello, se utiliza una mezcla de lavado compuesta por la resina y disolvente utilizada según la pintura fabricada; donde el componente que realmente limpia es la resina, mientras que el disolvente tiene como función disminuir la viscosidad de este. Luego, esta mezcla es descargada en los tanques como parte de la composición final del producto terminado.

De esta manera, para evitar daños por contaminación en la fabricación de pinturas por un mal lavado o una mezcla insuficiente para el tamaño de lote fabricado, se procedió a estandarizar la mezcla de lavado determinando las cantidades necesarias de las materias primas de esta mezcla según la pintura a fabricar. Para realizar la estandarización, se midieron las viscosidades de las resinas de interés para determinar la cantidad de disolvente a agregar para alcanzar una viscosidad que estuviera dentro del rango necesario para pasar por los molinos. Luego, se determinaron los litros de lavado a utilizar en base al tamaño del lote y la máquina utilizada. A partir de esto, se estableció que la mezcla siempre fuera la misma cantidad para cada lote, sin importar la línea de pintura a fabricar.

Para verificar la eficiencia del lavado establecido, se tomaron dos muestras: una del primer fragmento de lavado, en el que se tiene el color de la pintura que pasó por el molino, y otra, en el último fragmento, en donde ya debería haberse lavado la pintura de los equipos y tuberías. Con estas dos muestras, se realizó la prueba de Aplicación de Pintura, utilizando un aplicador de 80 micras, para poder determinar el nivel de cubriente y observar la eficiencia de lavado.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se presentan y analizan los resultados obtenidos a partir de la elaboración de este proyecto, al aplicar los métodos y actividades presentados en el capítulo anterior. Se presentarán los cuellos de botellas detectados en el proceso productivo, lo que llevó a un diagnóstico de la situación actual que permitió la optimización de las fórmulas de composición de pinturas en base a las necesidades y requerimientos de la empresa.

4.1 Detección de los cuellos de botella

Con los estudios de tiempo realizados en las etapas de fabricación relacionadas directamente con el uso de las fórmulas, se obtuvieron los siguientes resultados:

- **Etapas 1: Pesaje y preparación de materia prima**

En esta etapa se obtuvo que el tiempo total de las actividades variaba entre 2 horas y 5 horas, dependiendo del producto. A partir de esto se determinó que entre más componentes tuviera la fórmula y más grande fuera el lote de producción, mayor tiempo tomaba realizar todas las actividades que involucraba esta etapa; como fue el caso del Fondo Alquídicó 20 Gris. Para este producto, con una cantidad de 17 componentes a pesar y siendo un lote grande de 4225 kg, la etapa duró alrededor de 5 horas. Mientras que para el caso del Epoxi 456 Blanco, siendo un lote de 1219 kg y con un total de 9 componentes, la etapa duró 2 horas. En el Apéndice D se encuentra el tiempo total que duró esta etapa para cada una de las fórmulas de los productos a los cuales se les realizó el estudio de tiempo, incluyendo el tamaño del lote y el número de componentes presentes en cada pintura.

Para determinar las actividades con más tiempo de duración en cada producto, se realizaron gráficos comparativos por fórmulas y por categorías (Figura 4.1 y Figura 4.2).

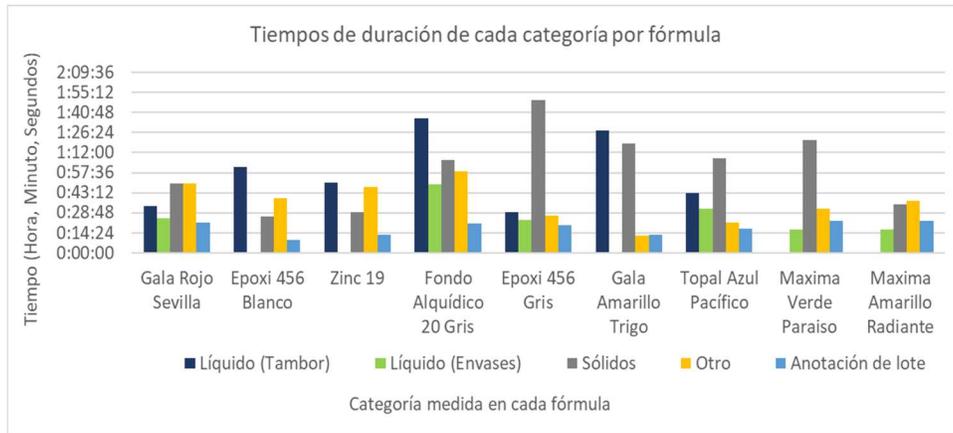


Figura 4.1 Gráfico de barras con los tiempos de duración de cada producto en la Etapa 1.

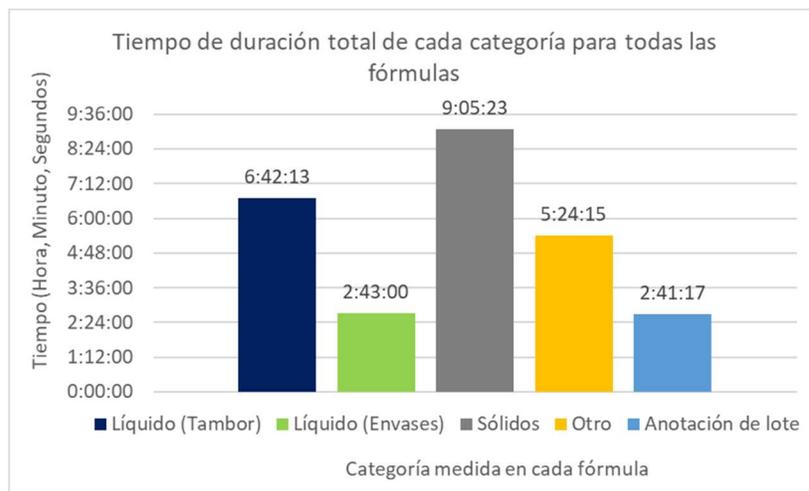


Figura 4.2 Gráfico de barras con los tiempos de duración totales de cada categoría en la Etapa 1.

Se observó que, de las cinco categorías, las que más consumían tiempo eran los pesajes de los líquidos y sólidos, con 9 horas y media y 9 horas, respectivamente, para el total de las fórmulas estudiadas en los cuatro días de mediciones. Por otro lado, al realizar todos los cálculos necesarios (Apéndice E), se obtuvo el tiempo estándar de pesaje de las distintas materias primas.

En el caso de los líquidos, se obtuvo que el tiempo estándar del pesaje de los diferentes líquidos era de 88 min. Asimismo, se detectó que requería más tiempo pesar los que debían ser traspasados a tambores en comparación a los que se pesaban en envases de plásticos. Esto debido a que el pesaje en envases se realiza para cantidades pequeñas, menores a 25 kg, y estas materias primas suelen ser aditivos, los cuales se encuentran en tambores a nivel del piso, en los que solo hay que abrir una llave para pesar la cantidad requerida. Mientras que, en el uso de tambores, necesarios para grandes cantidades de materias primas como las resinas, deben movilizarse con montacargas

y luego se deben manipular con diferentes carretillas para poder pesar la cantidad requerida. En este caso, se deben traspasar las cantidades necesarias a tambores vacíos y la velocidad de descarga dependerá de la viscosidad de la materia prima.

Por su parte, en el pesaje de los sólidos se obtuvo un tiempo estándar de 85 min, el cual incluye el pesaje de los diferentes pigmentos, los cuales suelen ser cantidades pequeñas, y el pesaje de las cargas que superan las cantidades de las unidades enteras. Todo este proceso requiere del movimiento de los diferentes sacos y de realizar diferentes viajes a las balanzas para pesar las cantidades requeridas. Seguidamente, se encuentra la categoría otros con un tiempo de 50 min. En esta categoría se pueden apreciar los diferentes inconvenientes que se pueden presentar y las necesidades personales, pero también el tiempo que se emplea en los diferentes movimientos de paletas tanto para materias primas líquidas como sólidas.

- **Etapa 2: Mezcla y dispersión**

En esta etapa se observó que el tiempo varió entre 2 horas y 5 horas, donde se concluyó que los lotes más grandes de producción tomaron más tiempo en realizar todas las actividades que involucraba esta etapa. Este fue el caso del Topal Fondo de Herrería Blanco con 3 horas y 40 minutos y el Topal Blanco con casi 5 horas, a diferencia del Cromavin Base Z con un total de 2 horas y 20 minutos y el Esmalte Alquídicó 48 Gris RAL 7001 con alrededor de 2 horas, ambos lotes pequeños. En el Apéndice D se presenta el tiempo total que duró toda la etapa de cada una de las fórmulas de los productos a los cuales se les realizó el estudio de tiempo

Con el objetivo de determinar las actividades con más tiempo de duración en cada producto, se realizaron gráficos comparativos por fórmulas y por categorías (Figura 4.3).

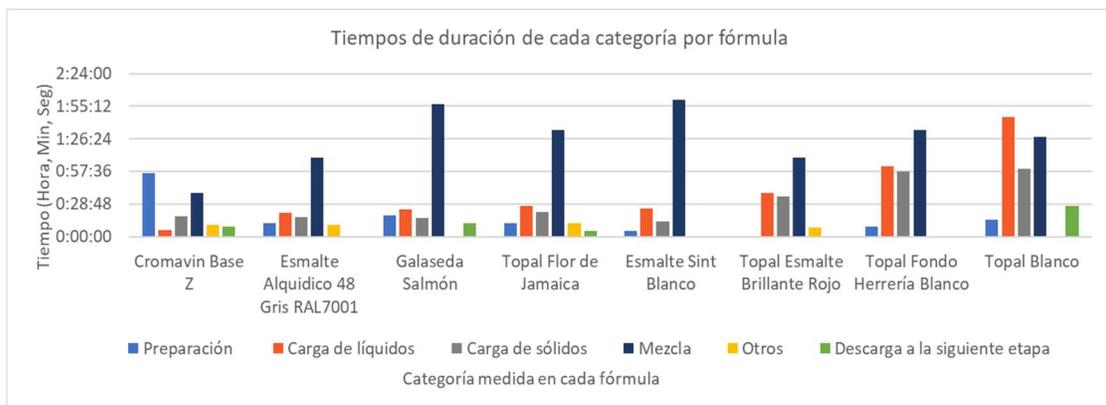


Figura 4.3 Gráfico de barras con los tiempos de duración de cada producto en la Etapa 2.

En la figura se detectó que la actividad con más tiempo hace referencia al proceso en sí de mezcla y dispersión; el cual era directamente proporcional al tamaño del lote. Por otro lado, no se detectó que existiera una diferencia marcada entre los tiempo de carga de sólidos y líquidos, sino más bien asociada al tamaño del lote a fabricar. Por su parte, durante la observación del proceso, se notó que los operadores, dependiendo de la fórmula, se apoyaban más en su experiencia que en las instrucciones indicadas en la orden de producción. Estos, a su vez, distribuían las cantidades de líquidos en función de la experiencia también, dejando algunas cantidades de los componentes para la siguiente etapa.

Por otro lado, en las pinturas alquídicas: Esmalte Alquídico 48 Gris RAL 7001, Esmalte Sintético de Secado Rápido Blanco, Topal Esmalte Brillante Rojo y Topal Fondo de Herrería Blanco, no se tomó el tiempo de descarga a la siguiente etapa; esto debido a que pasan por el proceso de molienda primero. Cabe destacar que en esta etapa no se calcularon los tiempos estándares de las diferentes categorías debido a que en general, los tiempos de la etapa variaban mucho, dependiendo del tamaño del lote a fabricar y de las máquinas utilizadas.

- **Etapa 3: Molienda, terminación y ajustes**

Para esta etapa se observó que el lote más grande fabricado (Topal Fondo de Herrería Blanco) duró un total de casi 11 horas, a diferencia del lote pequeño (Galaseda Dorado Intenso) con un tiempo total de 4 horas. A partir de esto, se concluyó que el tiempo de duración de esta etapa era directamente proporcional al tamaño del lote de producción; en el que, a mayor tamaño, mayor tiempo de duración. A su vez, se detectó que las pinturas alquídicas tomaban más tiempo que las emulsionadas, debido al proceso de molienda. En el Apéndice D se presenta un resumen de los resultados obtenidos en esta etapa, en los que se indican los tiempos de duración de cada una de las fórmulas estudiadas.

Por otro lado, en la Figura 4.4 se presenta un gráfico comparativo de los resultados obtenidos en cada categoría de las diferentes fórmulas de los productos estudiados. Con esta figura se observó que el proceso que más tardaba en las pinturas alquídicas era la molienda, con aproximadamente dos y cuatro horas para los dos casos de estudios, dependiendo del tamaño del lote de producción. Asimismo, tanto para pinturas alquídicas como emulsionadas, se detectó que todo el proceso de ajustes era una actividad que consumía mucho tiempo. En esta etapa tampoco se calcularon los tiempos estándares debido a que se adquirieron datos de productos muy diferentes entre sí, en cuanto, a tamaños de lotes y tipo de pinturas, teniendo diferentes procesos de fabricación.

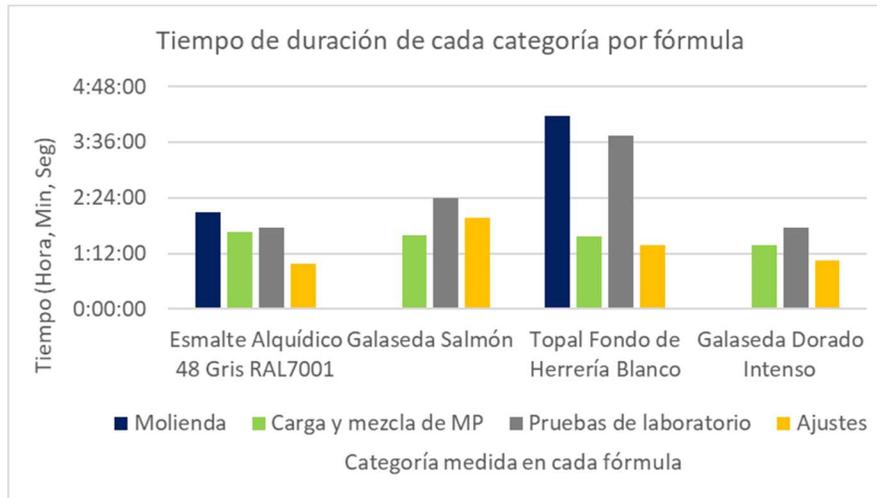


Figura 4.4 Gráfico de barras con los tiempos de duración de cada producto en la Etapa 3.

4.1.1 Diagnóstico de la situación actual del proceso productivo

Con los resultados obtenidos en el estudio de tiempos, se determinó que los principales cuellos de botellas se encontraban en dos etapas: pesaje y preparación de materia prima, y molienda, terminación y ajuste. El enfoque de este estudio permitió descartar los de la Etapa 2, ya que no se encontraban relacionados con las fórmulas de los productos, sino con el proceso en sí de fabricación. De esta manera, los cuellos de botella según tipo de pintura fueron:

- Etapa 1: el pesaje de resinas (en tambores) y cargas, el cual aplicó para los tres tipos de pinturas (emulsionadas, alquídicas y del grupo restante).
- Etapa 3: los ajustes, el cual estuvo presente para los tres tipos de pinturas, y la molienda, en el caso de alquídicos y Poliuretanos. En general, para esta etapa la prioridad fue la molienda.

Además de estos cuellos de botella, se detectaron otros problemas que los intensificaban y generaba mayores retrasos en los tiempos de producción. Estos fueron:

- a. Alta variedad de lotes en un mismo producto

La fabricación de lotes se encontraba basada en lo solicitado por ventas, lo cual era muy variable. Esto generaba que un producto llegaba a la Etapa 3 siempre con diferentes características, requiriendo así de diferentes ajustes. De esta manera, los ajustes, al ser siempre diferentes, no se podía seguir un procedimiento estándar para alcanzar las especificaciones necesarias.

b. Planificación inconsistente con las capacidades de las máquinas

Al fabricar los lotes según lo solicitado por el departamento de ventas, no se tomaba en cuenta las capacidades de las máquinas. Se creaban órdenes de producción cuyas cantidades no cabían y los operarios, en base a su experiencia, modificaban las cantidades de resina a agregar en esta etapa, dejando la parte sobrante para la siguiente etapa. Esto también era una razón por la cual los productos no llegaban siempre con características similares al laboratorio de calidad.

A su vez, se observó que, si había una mala planificación, al momento en el que faltaba el operario principal de algún área y el operario alterno realizaba el trabajo, cargaban las materias primas siguiendo las instrucciones y sin conocer las consecuencias de lo que podría ocurrir. Esto generaba problemas en todo el proceso, pues los productos no contaban con las características que debían presentarse para las distintas etapas, requiriendo más ajustes de lo normal y más tiempo en el proceso de producción.

c. Daños por contaminación de pinturas previas

Se detectó que en algunos casos ocurrían daños en las pinturas por falta de un lavado eficiente de los tanques, tuberías y molinos utilizados en la fabricación de una pintura previa. Se detectó que no existía una estandarización de esta mezcla, y también, como se explicó anteriormente, cuando los operarios tenían que manipular las fórmulas, se generaban situaciones donde no quedaban suficientes cantidades para este procedimiento. También podía ocurrir que la cantidad establecida para la fórmula no era suficiente para el volumen de la pintura fabricada. De esta manera, cuando ocurría la contaminación de la pintura, esta no cumplía con sus especificaciones y se presentaban dos situaciones: requerían de muchos ajustes y tiempo para alcanzar las especificaciones, o la pintura no podía ajustarse y debía ser reprocesada.

d. Procedimientos ineficientes

Se observó que la Dispermix era la única máquina conectada directamente a los molinos y debido a esto, por comodidad, si alguna pintura alquídica o Poliuretano de lote pequeño era fabricada en la Molteni o Susmeyer 1000, en lugar de realizar las conexiones a través de tuberías hacia los molinos, se vertía la mezcla en alguna olla de la Dispermix.

Esta actividad generaba mucho tiempo de espera, debido a que se necesitaba un montacarga para mover la olla y verter la mezcla, asegurándose de que quedara en una buena posición para no derramar la pintura. A su vez, esta situación significaba no tener la suficiente cantidad de mezcla

para hacer una limpieza eficiente, ocurriendo lo especificado en punto anterior. Además, se perdía pintura impactando esto directamente en la merma.

4.2 Optimización de las fórmulas de composición de pinturas

En esta sección se presentan los resultados obtenidos con la optimización de las fórmulas de composición de pinturas, reduciendo la diversidad de los lotes de producción y las materias primas con cantidades no enteras, estandarizando la mezcla de lavado, y con la aplicación Método de Daniel. En la Figura 4.5 se puede observar un resumen de los resultados obtenidos con la optimización según cada una de las acciones realizadas.

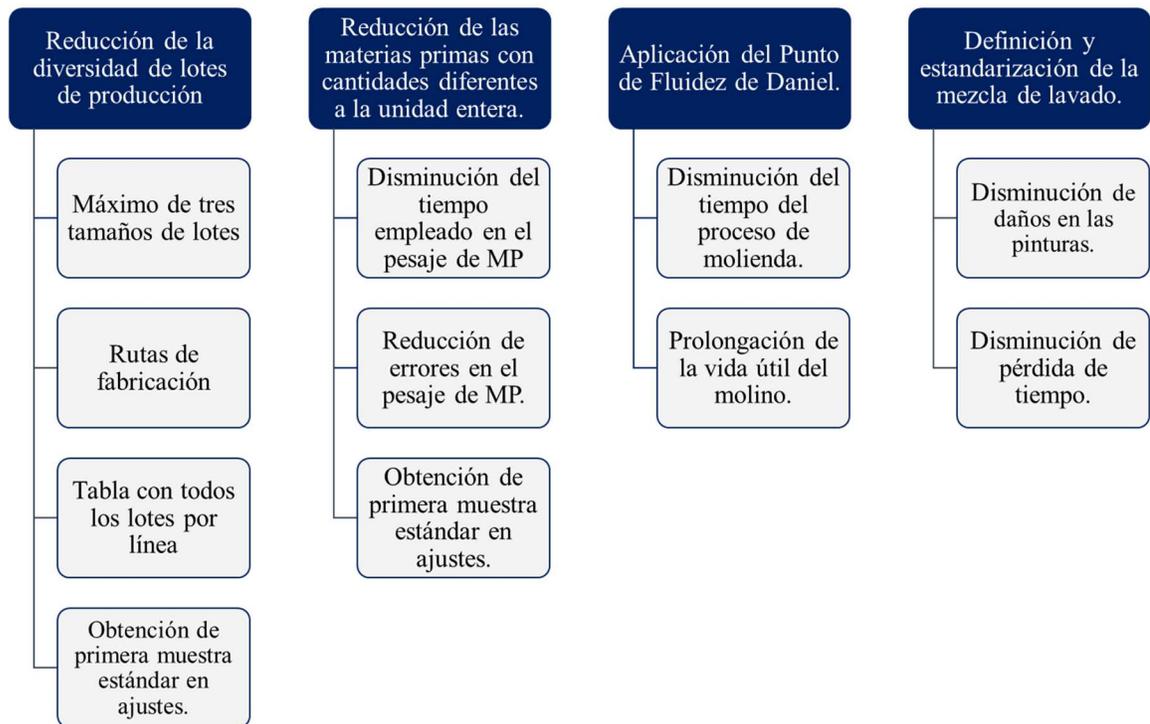


Figura 4.5 Resultados obtenidos con cada acción de la optimización.

4.2.1 Reducción de la diversidad de lotes de producción

En la Tabla 4.1 se presentan los tres tipos de lotes que se podrían fabricar. Se establecieron como referencia lotes de: 270, 540 y 1890 galones, sin embargo, estos valores podrían variar entre las diferentes líneas y, por ello, se estableció un rango para cada tamaño de lote.

Tabla 4.1 Lotes de producción establecidos.

Mínimo (gal)	Estándar (gal)	Óptimo (gal)
Entre 220 y 350	Entre 351 y 850	Mayores a 850

El lote mínimo es la menor cantidad que se podría fabricar del producto. El lote estándar, que es la cantidad media que se podría fabricar, recibe este nombre por ser la cantidad más común que se encuentra vendiendo la empresa en base a las condiciones del mercado. Por último, el lote óptimo es la mayor cantidad que se podría fabricar, y recibe este nombre por ser la cantidad de fabricación que hace uso óptimo de las capacidades de las máquinas. Asimismo, en la Tabla 4.2 se presentan los lotes que se podrían fabricar por línea.

Tabla 4.2 Tamaño de lotes de fabricación según la línea de pintura.

Línea de pintura	Lotes
Maxima, Topal Caucho, Gala y Cromavin	Mínimo, Estándar, Óptimo
Topal Esmalte Brillante, Esmalte Alquídico y Esmalte Sintético	Mínimo, Estándar, Óptimo
Epoxi, Fondo Epoxi, Fondo Alquídico, Aluminios	Mínimo, Óptimo
Topal Esmalte Mate y Fondo de Herrería y Poliuretano	Mínimo, Estándar
Zinc	Mínimo

Para establecer estos lotes se tomó en consideración el presupuesto de ventas de producción, el historial de fabricación de los diferentes productos, y las distintas capacidades de las máquinas de mezcla y dispersión. El establecimiento de tres tamaños de lotes para las pinturas indicadas en la Tabla 4.2, se debe a que las máquinas poseen las capacidades necesarias para fabricarlos y sus demandas lo justifican. Por su parte, el motivo por el cual se establecieron dos lotes para otras pinturas, como los Epoxis y Topales Esmaltes, se debe a que estas se encuentran restringidas por las capacidades de las máquinas. Los Poliuretanos son una excepción, ya que, en este caso no se fabrican lotes más grandes porque no poseen la demanda para ello. Mientras que, en el caso del Zinc, se estableció un solo lote por su demanda y la capacidad de las máquinas.

4.2.2 Reducción del número de materias primas con cantidades no enteras

La reducción del número de materias primas con cantidades no enteras se realizó con la finalidad de disminuir el tiempo del cuello de botella asociado, en primer lugar, a la Etapa 1: preparación y pesaje de materia prima. A su vez, esto tendrá efectos en la Etapa 3: molienda, terminación y ajustes, específicamente en la actividad de ajustes. Esto debido a que, a largo plazo, permitirá que el laboratorio obtenga una primera muestra estándar de la pintura a ajustar. De esta manera, al

prepararse siempre las mismas cantidades de pinturas, siguiendo siempre los mismos procedimientos, las muestras llevadas al laboratorio podrán llegar con características similares las distintas veces que se fabriquen, permitiendo así que el laboratorio pueda levantar un libro de ajustes estándar para cada pintura y reducir así el tiempo de este proceso.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos según el enfoque utilizado en base a las líneas de pinturas.

- **Pinturas del grupo restante**

Teniendo en consideración las prioridades establecidas en la sección 3.4.2 del marco metodológico para poder reducir el tiempo de preparación y pesaje de materia prima, se presentan los resultados obtenidos en las siguientes figuras. Debido a la elevada cantidad de fórmulas optimizadas, se presenta el resultado de solo una fórmula: C&C Epoxi 456 Blanco 9003. En las Figuras 4.6 y 4.7 se presenta la reducción realizada y el cumplimiento de especificaciones, respectivamente.

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN											
DATOS						PROPUESTA					
Densidad:	1,38			Resina deseada	500	Galones:	287				
Peso:	4,3					Lote (Kg):	1235,79				
						Volumen:	895				
FÓRMULA ESTÁNDAR				FÓRMULA PROPUESTA SIN AJUSTE				FÓRMULA PROPUESTA CON AJUSTE			
Código	Materia prima	representación	%	Kg	Tambor/Saco	Kg nuevos	% nuevo	Tambor/Saco	Kg nuevos	% nuevo	Tambor/Saco
21012280900	Epikote Ester 05	200	40,46	687,82	3,44	500,00	40,46	2,500	500,00	40,46	2,50
106100325	Alcohol Isobutilico		1,00	17,00		12,36	1,00		12,36	1,00	
106735008	Thixatrol St		0,55	9,35		6,80	0,55		6,80	0,55	
106751105	Dioxido de Titanio Kron 2360		8,43	143,24		104,13	8,43		104,13	8,43	
106826012	Printex A		0,05	0,85		0,62	0,05		0,62	0,05	
106703090	Talco Cam2032	20	6,94	117,91	5,90	85,71	6,94	4,286	80,00	6,47	4,00
106703906	Minex S7	25	31,02	527,29	21,09	383,30	31,02	15,332	400,00	32,37	16,00
106100309	Xileno		1,05	17,92		13,03	1,05		13,03	1,05	
106739281	Byk 085		0,10	1,70		1,24	0,10		1,24	0,10	
106100309	Xileno		6,48	110,19		80,10	6,48		80,10	6,48	
10654908047	Nebotint M8047 Negro		0,22	3,74		2,72	0,22		2,72	0,22	
10654901041	Nebotint M1041 Azul		0,05	0,88		0,64	0,05		0,64	0,05	
10654906069	Nebotint M6069 Rojo		0,01	0,24		0,17	0,01		0,17	0,01	
10654903131	Nebotint M3131 AM Oxido		0,01	0,00		0,06	0,01		0,06	0,01	
106100309	Xileno		3,63	61,78		44,91	3,63		33,93	2,75	
			100,00	1699,92		1235,79	100,00		1235,79	100,00	

Figura 4.6 Optimización de pinturas del grupo restante - Caso: C&C Epoxi 456 Gris 7001.

En la Figura 4.5 las materias primas resaltadas en amarillo son las que fueron llevadas a unidades enteras, mientras que la resaltada en azul es la que fue ajustada para mantener el balance de los kilogramos totales del lote establecido, esto con el objetivo de no alterar la distribución porcentual del resto de las materias primas. En general, estos ajustes consistieron en agregar o eliminar en los disolventes de terminación y ajustes, los kilogramos que fueron modificados en las materias primas

estandarizadas. Asimismo, en la Figura 4.6 se observa que tanto las consideraciones de resinas como de polvos se encuentran dentro de las especificaciones establecidas, con valores entre ± 1 y ± 4 respectivamente.

Resina	40,46		40,37	
Polvo	22,72		22,24	
Variación resina	-0,09		Variación polvo	-0,48
% Sólidos Epikote Ester OS	75		Especificación ± 4 :	OK
Porcentaje resina	-0,06			
Especificación ± 1:	OK			

Figura 4.7 Cumplimiento de especificaciones de pinturas del grupo restante - Caso: C&C Epoxi 456 Gris 7001.

Por su parte, el resultado final se presenta en la Figura 4.8, en el que se incluyen todos los lotes establecidos. Se puede observar que para ambos casos el volumen ocupado por las pinturas se encuentra alrededor del 85% de las capacidades de las máquinas. Por su parte, la resina fue llevada a unidad y media, y todos los sacos de cargas quedaron en unidades enteras. En el caso del Talco el porcentaje disminuyó en un 0,47%, mientras que el Minex aumentó en 1,35% para balancear la carga disminuida. De esta manera, el 0,88% de aumento que quedaba de la diferencia de los porcentajes anteriores, fue disminuida en el solvente de ajuste (Xileno).

Código	Materia Prima	Present.	% Actual	Carga Actual (Kg)	Cantidad neta	LOTE MÍNIMO			LOTE ÓPTIMO		
						MOLTENI			HS-80		
						% Propuesto	Carga Propuesta (Kg)	Cantidad neta	% Propuesto	Carga Propuesta (Kg)	Cantidad neta
21012280900	Epikote Ester OS	TB 200 kg	40,46	687,82	3 TB + 87,82 Kg	40,46	500,00	2,5 TB	40,46	1500,00	7,5 TB
106100325	Alcohol Isobutilico		1,00	17,00		1,00	12,36		1,00	37,07	
106735008	Thixatrol St		0,55	9,35		0,55	6,80		0,55	20,39	
106751105	Dioxido de Titanio Kron 2360		8,43	143,24		8,43	104,13		8,43	312,38	
106826012	Printex A		0,05	0,85		0,05	0,62		0,05	1,85	
106703090	Talco Cam2032	Scs 20 kg	6,94	117,91	5 Scs + 17,91 Kg	6,47	80,00	4 Scs	6,47	240,00	12 Scs
106703906	Minex S7	Scs 25 kg	31,02	527,29	21 Scs + 3,14 Kg	32,37	400,00	16 Scs	32,37	1200,00	48 Scs
106100309	Xileno		1,05	17,92		1,05	13,03		1,05	39,08	
106739281	Byk 085		0,10	1,70		0,10	1,24		0,10	3,71	
106100309	Xileno		6,48	110,19		6,48	80,10		6,48	240,31	
10654908047	Nebotint M8047 Negro		0,22	3,74		0,22	2,72		0,22	8,16	
10654901041	Nebotint M1041 Azul		0,05	0,88		0,05	0,64		0,05	1,93	
10654906069	Nebotint M6069 Rojo		0,01	0,24		0,01	0,17		0,01	0,52	
10654903131	Nebotint M3131 AM Oxido		0,01	0,00		0,01	0,06		0,01	0,19	
106100309	Xileno		3,63	61,78		2,75	33,93		2,75	101,79	
			100,00	1.699,9		100,00	1235,79		100,00	3707,37	
Galones				395			287			862	
Volumen (L)							895,50			2686,50	

Figura 4.8 Resultado de optimización de pinturas del grupo restante - Caso: C&C Epoxi 456 Gris 7001.

- **Pinturas emulsionadas**

En las Figuras 4.9, 4.10 y 4.11 se presentan los resultados obtenidos para el caso del Topal Champaña con base A. Debido a la gran cantidad de fórmulas optimizadas se presenta el resultado de solo una fórmula. En las diferentes figuras se presentan los ajustes realizados para el producto terminado y su base junto con el cumplimiento de especificaciones, respectivamente.

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN									
DATOS					PROPUESTA				
Densidad:	1,3				Galones:	270			
Peso:	4,98				Lote (Kg)	1344,6			
					Volumen:	1034			
FÓRMULA ESTÁNDAR					FÓRMULA PROPUESTA				
Código	Materia prima	Presentación	%	Kg	Tambor/Sacdo	Kg nuevo	% nuevo	Tambor/Sacdo	
20615162020	Base A para Topal		56,02	745,23		753,24	56,02		
101100000	Agua		32,97	438,60		445,11	33,10		
20131013700	Resvinyl CVS-122	200	7,57	100,66	0,50	100,00	7,44	0,50	
101100000	Agua		1,00	13,30		13,45	1,00		
106100312	Metanol		1,00	13,30		13,45	1,00		
106100078	Acido Fosforico		0,00	0,00		0,00	0,00		
106302815	Bermocoll EHM300		0,50	6,65		6,72	0,50		
106302612	MCR-95		0,13	1,76		1,77	0,13		
20613020980	Tinta Amarillo Oxido 32/80		0,66	8,78		8,87	0,66		
20613020985	Tinta Rojo Oxido 32/80		0,14	1,82		1,84	0,14		
106302381	Negro Colanyl NV		0,01	0,13		0,13	0,01		
101100000	Agua		0,00	0,00		0,00	0,00		
106100312	Metanol		0,00	0,00		0,00	0,00		
106100078	Acido Fosforico		0,00	0,00		0,00	0,00		
106302815	Bermocoll EHM300		0,00	0,00		0,00	0,00		
			100,00	1330,24		1344,60	100,00		

Figura 4.9 Optimización de producto terminado de emulsionadas - Caso: Topal Champaña.

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN											
DATOS					PROPUESTA						
Densidad:					Lote (Kg)	753,24					
Peso:											
FÓRMULA ESTÁNDAR					FÓRMULA PROPUESTA SIN AJUSTE						
Código	Materia prima	Presentación	%	Kg	Tambor/Sacdo	Kg nuevo	% nuevo	Tambor/Sacdo	Kg nuevo	% nuevo	Tambor/Sacdo
101100000	Agua		34,85	1815,28		262,50	34,85		267,06	35,45	
106960100	Forez 6037		0,64	33,39		4,83	0,64		4,83	0,64	
106302868	Mergal 680		0,36	18,54		2,68	0,36		2,68	0,36	
201302611	Dispersante de Pigmentos A Para Colores		0,49	25,32		3,66	0,49		3,66	0,49	
106302800	Hexametafosfato de sodio TG		0,25	13,13		1,90	0,25		1,90	0,25	
106302757	Antifoam 117		0,19	10,00		1,45	0,19		1,45	0,19	
106749013	Benzoato de Sodio		0,36	18,60		2,69	0,36		2,69	0,36	
106751996	Dioxido de titanio LOMON R-996		7,68	400,00		57,84	7,68		57,14	7,59	
106109010	Caolin G-30M	20	6,53	339,99	17,00	49,16	6,53	2,46	40,00	5,31	2,00
106109011	Caolina MicroCao 38	25	8,16	425,00	17,00	61,46	8,16	2,46	75,00	9,96	3,00
106302044	Kamin 70C	22,68	4,79	249,51	11,00	36,08	4,79	1,59	45,36	6,02	2,00
106302062	Carbonato HiWhite 1HD	25	15,36	800,00	32,00	115,68	15,36	4,63	100,00	13,28	4,00
106302061	Carbonato de Cal. MicroCarb 20	25	20,16	1050,03	42,00	151,84	20,16	6,07	150,00	19,91	6,00
106302643	Rhodoline 643		0,20	10,21		1,48	0,20		1,48	0,20	
			100,00	5209,00		753,24	100,00		753,24	100,00	

Figura 4.10 Optimización de base de pinturas emulsionadas - Caso: Base A, Topal Champaña.

En las Figuras 4.9 y 4.10 se resaltan celdas en color verde, donde se observa cómo coincide la cantidad de base requerida en la fórmula del producto terminado con la cantidad de base

establecida. Las materias primas resaltadas en amarillo y azul tienen el mismo significado que en el caso presentado anteriormente. En la Figura 4.11 se observa que la estandarización realizada se encuentra dentro del rango $\pm 4\%$ en los polvos y que la representación de las cargas de tipo laminar con respecto al total del polvo se encuentra dentro del 20% y 30% con un valor de 24,6%.

Polvo	Actual SIMAC	Propuesta	
Dioxido de titanio LOMON R-996	7,68	7,59	
Caolin G-30M	6,53	5,31	
Caolina MicroCao 38	8,16	9,96	
Kamin 70C	4,79	6,02	
Carbonato HiWhite 1HD	15,36	13,28	
Carbonato de Cal. MicroCarb 20	20,16	19,91	Diferencia
	62,67	62,07	-0,61
Laminares			
Caolin G-30M	6,53	5,31	
Caolina MicroCao 38	8,16	9,96	Diferencia
	14,69	15,27	0,58
Representación % Laminar-Polvo	23,43%	24,60%	

Figura 4.11 Cumplimiento de especificaciones de emulsionadas - Caso: Base A, Topal Champaña.

Materia Prima	% Actual	Carga Actual (Kg)	Cantidad neta	LOTE MÍNIMO			LOTE ESTÁNDAR			LOTE ÓPTIMO		
				SUSMEYER 1000/ MOLTENI			SUSMEYER 1000/ MOLTENI			SUSMEYER 3000-1/2/3/4		
				% Propuesto	Carga Propuesta (Kg)	Cantidad neta	% Propuesto	Carga Propuesta (Kg)	Cantidad neta	% Propuesto	Carga Propuesta (Kg)	Cantidad neta
Agua	34,85	1815,3		35,45	267,1		35,45	534,1		35,45	1869,4	
Forez 6037	0,64	33,4		0,64	4,8		0,64	9,7		0,64	33,8	
Mergal 680	0,36	18,5		0,36	2,7		0,36	5,4		0,36	18,8	
Dispersante de Pigmentos A Para	0,49	25,3		0,49	3,7		0,49	7,3		0,49	25,6	
Hexametfosfato de sodio TG	0,25	13,1		0,25	1,9		0,25	3,8		0,25	13,3	
Antifoam 117	0,19	10,0		0,19	1,4		0,19	2,9		0,19	10,1	
Benzato de Sodio	0,36	18,6		0,36	2,7		0,36	5,4		0,36	18,8	
Dioxido de titanio LOMON R-996	7,68	400,0		7,59	57,1		7,59	114,3		7,59	400,0	
Caolin G-30M	6,53	340,0	17 Scs	5,31	40,0	2 Scs	5,31	80,0	4 Scs	5,31	280,0	14 Scs
Caolina MicroCao 38	8,16	425,0	17 Scs	9,96	75,0	3 Scs	9,96	150,0	6 Scs	9,96	525,0	21 Scs
Kamin 70C	4,79	249,5	11 Scs	6,02	45,4	2 Scs	6,02	90,7	4 Scs	6,02	317,5	14 Scs
Carbonato HiWhite 1HD	15,36	800,0	32 Scs	13,28	100,0	4 Scs	13,28	200,0	8 Scs	13,28	700,0	28 Scs
Carbonato de Cal. MicroCarb 20	20,16	1050,0	42 Scs	19,91	150,0	6 Scs	19,91	300,0	12 Scs	19,91	1050,0	42 Scs
Rhodoline 643	0,20	10,2		0,20	1,5		0,20	3,0		0,20	10,3	
	100,00	5.209,0		100,00	753,2		100,00	1506,5		100,00	5272,7	

Materia Prima	% Actual	Carga Actual (Kg)	Cantidad neta	LOTE MÍNIMO			LOTE ESTÁNDAR			LOTE ÓPTIMO		
				R5-R14			R5-R14			A1-A8		
				% Propuesto	Carga Propuesta (Kg)	Cantidad neta	% Propuesto	Carga Propuesta (Kg)	Cantidad neta	% Propuesto	Carga Propuesta (Kg)	Cantidad neta
Base A para Topal	56,02	745,2		56,02	753,2		56,02	1506,5		56,02	5272,7	
Agua	32,97	438,6		33,10	445,1		33,10	890,2		33,10	3115,8	
Resvinyl CVS-122	7,57	100,7	100,7 Kg	7,44	100,0	0,5 TB	7,44	200,0	1 TB	7,44	700,0	3,5 TB
Agua	1,00	13,3		1,00	13,4		1,00	26,9		1,00	94,1	
Metanol	1,00	13,3		1,00	13,4		1,00	26,9		1,00	94,1	
Acido Fosforico	0,00	0,0		0,00	0,0		0,00	0,0		0,00	0,0	
Bermocoll EHM300	0,50	6,7		0,50	6,7		0,50	13,4		0,50	47,1	
MCR-95	0,13	1,8		0,13	1,8		0,13	3,5		0,13	12,4	
Tinta Amarillo Oxido 32/80	0,66	8,8		0,66	8,9		0,66	17,7		0,66	62,1	
Tinta Rojo Oxido 32/80	0,14	1,8		0,14	1,8		0,14	3,7		0,14	12,9	
Negro Colanyl NV	0,01	0,1		0,01	0,1		0,01	0,3		0,01	0,9	
Agua	0,00	0,0		0,00	0,0		0,00	0,0		0,00	0,0	
Metanol	0,00	0,0		0,00	0,0		0,00	0,0		0,00	0,0	
Acido Fosforico	0,00	0,0		0,00	0,0		0,00	0,0		0,00	0,0	
Bermocoll EHM300	0,00	0,0		0,00	0,0		0,00	0,0		0,00	0,0	
	100,00	1330,2		100,00	1344,6		100,00	2689,2		100,00	9412,2	

Figura 4.12 Resultado de optimización de pinturas emulsionadas - Caso: Base A, Topal Champaña.

En la Figura 4.12 se presenta el resultado final, en el que se incluyen todos los lotes establecidos con las materias primas de tipo cargas en unidades enteras. Se puede observar que, si bien las cargas del lote que se encontraba establecido se encontraban en unidades enteras, esto era exclusivamente para ese lote y cualquier otro que se fabricara distinto a este no mantendría la estandarización. De esta manera, con la propuesta realizada, los tres lotes establecidos quedaban estandarizados. Además, se estandarizó la resina, la cual, si bien es fabricada en la Planta de PVA y es suministrada a través de tuberías, es común que se tenga que recurrir a tambores por fallas en la bomba.

4.2.3 Aplicación del Punto de Fluidez de Daniel

La aplicación del Punto de Fluidez de Daniel, o Método de Daniel se realizó para disminuir el cuello de botella asociado al proceso de molienda de la Etapa 3 en las pinturas alquídicas y Poliuretanos. En el estudio de tiempos se detectó que estas pinturas tenían en su composición una cantidad excesiva de resina que era cargada en la Etapa 2, lo cual significaba que el volumen a pasar por los molinos era elevado, traduciéndose esto en tiempos altos para todo el proceso. A partir de esto, se aplicó el método para disminuir la cantidad de resina en esta etapa y agregar el resto en la siguiente etapa, directo en los tanques de terminación y ajustes. De esta manera, se redujo el volumen de molienda y, por ende, el tiempo del proceso.

Inicialmente, la aplicación del método sería para todos los colores de las líneas. Sin embargo, a medida que se fueron realizando los estudios, se detectó que esto no podría ser factible en todos los casos al ser llevados al ámbito de producción.

En la Tabla 4.3 se presentan los resultados obtenidos de factibilidad para cada caso, donde se puede observar que el método fue aplicado a nivel experimental en los blancos y grises de las cuatro líneas. Sin embargo, la factibilidad al ser llevados a la escala de producción en planta es positiva únicamente en los colores blanco, a excepción del Poliuretano, en el que fue factible para ambos colores. En función de estos resultados, se pudo determinar que la aplicación del método solo podría ser factible para el resto de los colores de la línea de Poliuretanos. La razón de esto fue que, a diferencia de los blancos, en el resto de los colores las cantidades de pigmentos en las fórmulas eran muy bajas en comparación al resto de los componentes y no poseían cargas. Así, al reducir la cantidad de resina a solo la necesaria para humectar el pigmento, la cantidad de la mezcla total ocupaba un volumen muy pequeño y no óptimo para las máquinas de fabricación. De esta manera, la cantidad “excesiva” en estos casos, era realmente necesaria para alcanzar un buen volumen para las máquinas.

Tabla 4.3 Factibilidad de la aplicación del Método de Daniel para cada línea y color.

Línea	Color	Aplicación del método	Factible
Esmalte Sintético de	Blanco	Sí	Sí
Secado Rápido	Gris	Sí	No
	Resto	No	No
Poliuretano	Blanco	Sí	Sí
	Gris	Sí	Sí
	Resto	No	Sí
Esmalte Alquídico	Blanco	Sí	Sí
	Gris	Sí	No
	Resto	No	No
Topal Esmalte Brillante	Blanco	Sí	Sí
	Gris	Sí	No
	Resto	No	No

Por su parte, se determinó que en el resto de los colores no sería factible la aplicación sin haber realizado el método, analizando la composición de las fórmulas en base a los resultados obtenidos en los colores grises. En función de esto, se detectó que, si el porcentaje total de pigmentos era menor al 25%, la aplicación del método no sería factible a nivel de la planta. Esta fue la razón por la cual se determinó que no era necesario aplicar el método al resto de los colores, a excepción de los Poliuretanos, ya que estos, al poseer cargas en su composición, siempre superaba el 25% la cantidad de polvos de la fórmula.

Para disminuir la extensión de este informe y considerando que para las diferentes pinturas se obtuvieron resultados finales similares, se presentarán los resultados obtenidos para una sola pintura: C&C Poliuretano 550 Blanco 9003. Para este caso, las materias primas de interés para el estudio fueron: el Dióxido de Titanio (pigmento), Baristar (carga), Resina Hidroxilada, Disperbyk (aditivo de tipo dispersante de pigmentos) y Shellsol (disolvente). En la Figura 4.13 las cantidades agregadas para alcanzar el punto de bola y de fluidez del Método de Daniel, y una foto de la apariencia de este último.

	Punto de bola	Punto de fluidez
Materia prima	Cantidades agregadas (g)	
Dioxido Titanio	103,1	0
Baristar	46,9	0
Resina	49,2	8,71
Aditivo	0	1,8
Disolvente	0	4,62
Total (g)	199,2	15,13
	Total final de mezcla (g)	
	214,33	



a)

b)

Figura 4.13 Resultados del Método de Daniel: a) Punto de bola y de fluidez; b) Apariencia del punto de fluidez.

Con estos resultados se puede observar que la cantidad total de resina agregada (57,91 g) necesaria para humectar el pigmento fue menor que la cantidad total del polvo total utilizado entre carga y pigmento (150 g). En la Figura 4.14 se presenta la representación porcentual de esta mezcla, utilizada para reproducir una mezcla de mayor tamaño (900 g) para realizar los ajustes de viscosidad necesarias para poder pasar por los molinos.

Materia prima	%
Dioxido Titanio	48,1
Baristar	21,88
Resina	27,02
Aditivo	0,84
Disolvente	2,16
Total %	100



a)

b)

Figura 4.14 Resultados de la mezcla obtenida: a) Composición porcentual de la mezcla; b) Apariencia de la mezcla en el dispersor.

Para alcanzar un valor dentro del rango establecido (entre 105 y 120 KU), se agregó una cantidad total de 46,59 g de disolvente, obteniendo como resultado una viscosidad de 111,17 KU. Alcanzado el valor de viscosidad, se obtuvo la relación del Dióxido de Titanio con el resto de las materias primas de la mezcla obtenida y se determinó la nueva distribución de los porcentajes de los distintos componentes de la fórmula para el lote estándar establecido (Figura 4.15).

En la Figura 4.15 las celdas resaltadas en azul claro son aquellas materias primas cuya distribución de kilogramos fue modificada al aplicar el método. El resto, como puede apreciarse, se mantuvo igual sin alterar ninguna relación entre los diferentes componentes. Por su parte, en las columnas se encuentra la comparación de resultados de la fórmula actual con la propuesta realizada y con la propuesta final en donde se estandarizó la resina, ya que para este caso la materia prima

venía en tambores de 200 kg. La mayor diferencia se encuentra en la cantidad de resina utilizada en la mezcla que pasa por el proceso de molienda.

Proceso	Materias primas	Cantidades (kg)		
		Actual	Propuesta	Propuesta estandarizada
Mezcla, dispersión y molienda	Resina Hidroxilada	800,0	305,56	400,0
	Shellsol A100	48,6	48,91	48,9
	Disparlon 6650	13,2	13,2	13,2
	Disperbyk 163	9,5	9,39	9,4
	Dioxido de titanio KRON 2360	550,0	550	550,0
	Baristar 8815	250,0	250	250,0
	Shellsol A100	59,0	59,8	59,8
	Dowanol PMA	97,2	97,2	97,2
Lavado	Resina Hidroxilada	400,0	894,4	800,0
	Shellsol A100	47,2	40,15	40,1
Terminación	Solucion de Fascat	2,9	2,9	2,9
	Tinuvin 292	11,8	11,8	11,8
	Byk 066N	16,5	16,5	16,5
	Byk 300	2,4	2,4	2,4
	Dowanol PMA	35,4	35,4	35,4
Ajustes	Shellsol A100	34,0	40	40,0
Total (kg)		2377,6	2377,6	2377,6

Figura 4.15 Resultados de la aplicación del Método de Daniel para el lote establecido.

En base a los resultados, la cantidad mínima necesaria para humectar el pigmento y la carga fue de 305,56 kg, reduciéndose la cantidad utilizada actualmente en un 61,81%. El resto de la cantidad fue añadida en la próxima etapa en la que era utilizada la resina. Sin embargo, para estandarizar los tambores, se llevó la resina a un total de 400 kg (2 tambores), siendo esto igual una cantidad menor a la establecida en la fórmula actual. En el caso del Shellsol, se mantuvo unos valores similares a los de la fórmula actual. Cabe destacar que estos resultados corresponden al tamaño de lote estándar establecido, donde el lote mínimo sería la mitad y quedaría estandarizado igualmente.

En la Tabla 4.4 se presentan las densidades y los volúmenes de molienda obtenidos tanto de la mezcla actual como de la obtenida con la aplicación del método. Con estos resultados se puede apreciar que la mezcla obtenida tuvo una mayor concentración de carga en relación con el líquido, dando como resultado una reducción del volumen de molienda del 41,47%. Este resultado a su vez significó una reducción del tiempo de molienda y de todo el proceso productivo en general, en un 41,47%.

Tabla 4.4 Resultado del volumen de molienda de las diferentes mezclas.

Fórmula	Densidad (g/cc)	Volumen de molienda (L)
Actual	1,49	1226,53
Propuesta estandarizada	1,99	717,84

En la Tabla 4.5 se presenta el resultado final de reducción del volumen de molienda obtenido en las otras líneas a las cuales se les aplicó el método. En esta tabla se incluyen los resultados obtenidos en los grises a pesar de que no fue posible su aplicación a nivel de planta, a excepción del Poliuretano. Se determinó que, para los grises, la reducción fue bastante elevada, con valores superiores al 55%. El motivo de esto se debe a la poca cantidad de pigmento de la fórmula, como se mencionó anteriormente. Por su parte, se aplicó el método al Topal Esmalte Brillante Blanco, no obstante, al realizar el estudio, se determinó que la fórmula ya se encontraba optimizada en cuanto a la cantidad mínima necesaria de resina. Finalmente, se obtuvo que para los blancos la reducción estuvo dentro de un rango entre el 46 y 52%. Cabe destacar que, por razones de tiempo y el alcance del proyecto, el método no pudo ser aplicado para el resto de los colores de los Poliuretanos.

Tabla 4.5 Resultados de reducción del volumen de molienda para las diferentes líneas.

Línea	Color	Reducción del volumen de molienda (%)
Poliuretano	Gris	47,56
Topal Esmalte Brillante	Gris	58,92
Esmalte Sintético de	Blanco	50,11
Secado Rápido	Gris	72,80
Esmalte Alquídico 48	Blanco	51,70
	Gris	78,46

4.2.4 Estandarización de la mezcla de lavado

Se midieron las viscosidades de las diferentes resinas utilizadas en las líneas, para determinar la cantidad de disolvente necesario para obtener una mezcla que se encontrara dentro del rango establecido para pasar por el molino (80 y 110 KU). Cabe destacar que las resinas alquídicas son fabricadas en la Planta de Resina, siendo estas suministradas a través de tuberías, mientras que la Acrílica Hidroxilada es comprada y suministrada en tambores. En la Tabla 4.6 se muestran los resultados de viscosidad obtenidos para cada resina de interés. Se determinó que la única mezcla que necesitaba disolvente era el Poliuretano. Después de realizar diferentes pruebas, se determinó que la mezcla de lavado para esta pintura debía estar compuesta por un porcentaje de disolvente entre el 5 y 10%. Por otro lado, para las pinturas compuestas por resinas alquídicas, se propuso

lavar exclusivamente con resina, ya que este componente es el que realmente limpia y su viscosidad entraba en el rango especificado.

Tabla 4.6 Resultados de viscosidad para las diferentes resinas.

Línea	Resina	Viscosidad (KU)
Esmalte Alquídico	Alquídica 29-50	102,6
Topal Esmalte y Fondo de Herrería	Alquídica 37-30	104,7
Esmalte Sintético Secado Rápido	Alquídica 37-55	103,5
Poliuretano	Acrílica Hidroxilada	124,8

A partir de esto, se estableció la cantidad necesaria de lavado en base a las capacidades de las máquinas, para garantizar que la limpieza fuera efectiva según el tamaño del lote. En la Tabla 4.7 se observan las cantidades establecidas en base al lote de fabricación, considerando las distintas máquinas de uso.

Tabla 4.7 Lavado de esmaltes alquídicos según el lote de fabricación.

Lote	Cantidad de resina (L)
Mínimo	200
Estándar	500
Óptimo	700

En la Figura 4.16 se muestran los resultados obtenidos al realizar la verificación en planta de la eficiencia de la mezcla de lavado propuesta para tres pinturas diferentes: Esmalte Alquídico 49 Caterpillar, Esmalte Alquídico 49 Verde Oscuro y Topal Esmalte Brillante Amarillo. Con la prueba de Aplicación de Pintura se determinó que la propuesta de lavado era factible a nivel planta para los diferentes tipos de pinturas.

En la figura se muestra el resultado de las tres pruebas realizadas, donde se comparan las dos muestras tomadas para cada caso; a la izquierda se encuentra el resultado final de lavado, demostrando que la última fracción que pasa por el molino es una mezcla bastante transparente y, por ende, eficiente. En función de estos resultados, se validó la propuesta de lavado para todos los esmaltes alquídicos.

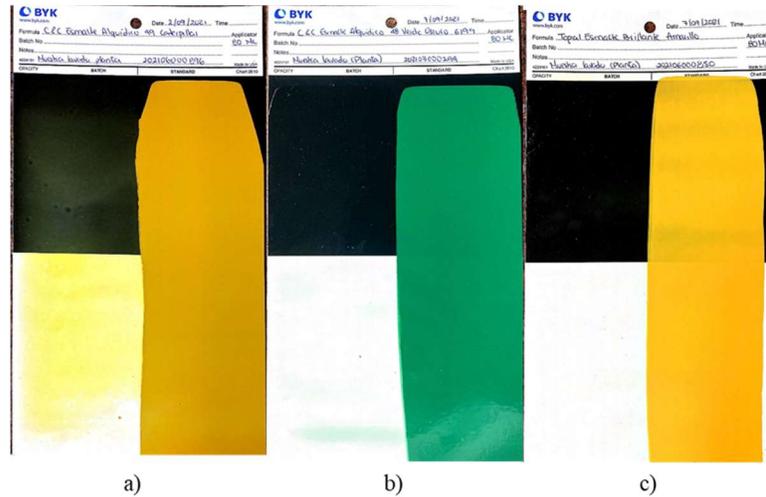


Figura 4.16 Prueba de aplicación de pintura: a) Esmalte Alquídicó 49 Caterpillar; b) Esmalte Alquídicó 48 Verde; c) Topal Esmalte Brillante Amarillo.

Para el caso particular de los Poliuretanos, en base a los requerimientos establecidos para su lavado, la presentación en tambores de la resina y las máquinas de fabricación, se estableció la mezcla para cada tamaño de lote (Tabla 4.8).

Tabla 4.8 Mezcla de lavado para Poliuretanos.

Lote	Cantidad de resina (Kg)	Cantidad de resina (Tambor)	Disolvente (Kg)	Representación del disolvente en la mezcla (%)
Mínimo	200	1	20	9,1
Estándar	600	3	40	6,25

4.3 Resultados obtenidos con la optimización

En total se realizó la optimización de 189 fórmulas distribuidas entre las diferentes líneas, en las cuales se aplicaron las 4 acciones establecidas en las secciones anteriores según el caso de pintura y los cuellos de botellas. Cada una de las acciones realizadas para optimizar las fórmulas de composición de pinturas tuvo diferentes impactos en el proceso productivo, y eso, a su vez, permitió disminuir los tiempos de manufacturas y los errores asociados en cada una de las etapas.

En la Tabla 4.9 se presenta un resumen de todos los resultados obtenidos con cada una de las acciones implementadas. Cabe destacar que se podrán obtener mejores mediciones de estos resultados a mediano plazo, una vez que todas las acciones tengan un mayor tiempo de implementación a nivel de planta y fabricación.

Tabla 4.9 Resultados de la optimización de las fórmulas de composición de pinturas.

Acción de optimización	Resultados
Reducción de la diversidad de lotes de producción	Rutas de fabricación. Uso de capacidades óptimas de las máquinas. Obtención de primera muestra estándar en ajustes, reduciendo el tiempo de este proceso. Tabla de lotes para planificación y departamento de ventas.
Reducción del número de materias primas con cantidades no enteras	Reducción estimada del tiempo empleado en pesaje de un 30%. Disminución de errores en el pesaje de MP. Obtención de primera muestra estándar en ajustes, reduciendo el tiempo de este proceso.
Aplicación del Método de Daniel	Reducción del tiempo de molienda entre un 46 y 52%. Prolongación de la vida útil del molino. Disminución en los tiempos de reposición de las partes del molino. Puesta en uso un nuevo dispersor (Zaneli).
Estandarización de la mezcla de lavado	Reducción de daños en pinturas. Disminución del consumo de solventes. Disminución de pérdida de tiempo.

La reducción de la diversidad de lotes de producción permitió establecer la cantidad de lotes a fabricar por cada línea considerando las capacidades óptimas de producción, evitando así la manipulación de las materias primas a cargar por parte de los operarios y la solitud de pedidos que no consideren las capacidades reales de las máquinas y tanques. A su vez, permitió establecer la ruta de fabricación para cada una de las pinturas, esencial para la planificación y para hacer el mejor uso de las máquinas y del tiempo en la elaboración de los distintos productos (Apéndice F).

Por otro lado, al fabricar siempre las mismas cantidades con los mismos procedimientos, permitirá obtener una primera muestra estándar de la pintura. De esta manera, el Laboratorio de Calidad podrá levantar un libro de ajustes que reducirá el tiempo de todo este proceso. A su vez, se realizó un documento indicando todos los lotes para cada línea y color; esto con la finalidad de facilitar la realización del presupuesto anual y tener la información sobre los lotes que se pueden fabricar. A partir de todo esto, se podrán realizar proyecciones más confiables de los requerimientos de materias primas a lo largo del año al tener un presupuesto estandarizado y no variable.

Por su parte, la reducción del número de materias primas con cantidades no enteras permitió reducir el tiempo de la etapa de preparación y materia prima al disminuir la cantidad de componentes a pesar. Además, al tener unidades enteras, se disminuirán los errores en el pesaje y se garantizará poder cumplir con las cantidades establecidas en las fórmulas de composición. De esta manera, al cumplir con las cantidades de materias primas establecidas en las fórmulas, las pinturas llegarán con características similares al laboratorio, contribuyendo con la elaboración del libro de ajustes mencionado.

La aplicación del Método de Daniel en las pinturas con molienda permitió reducir el volumen de molienda de estas pinturas en valores entre el 46 y 52%, lo que significó a su vez una reducción del tiempo del proceso en este porcentaje. A su vez, permitirá obtener una mayor eficiencia en el proceso productivo de estas pinturas, ya que, al reducir el tiempo de molienda, no solo disminuye el tiempo de todo el proceso, sino que a su vez se prolonga la vida útil del molino y se disminuyen los tiempos de reposición de las partes del molino. Por otro lado, la aplicación del método permitió poner en uso una máquina que se encontraba sin funcionamiento en el almacén de reproceso. Esta máquina, llamada Zaneli, es un dispersor como la Susmeyer 1000, con una variedad de ollas de 500 y 1000 L. De esta manera, se detectó la oportunidad de ponerla en uso para extender la variedad de máquinas disponibles en la etapa de mezcla y dispersión.

Finalmente, la estandarización de la mezcla de lavado permitirá evitar daños en la fabricación de las pinturas por contaminación debido a un lavado ineficiente. A su vez, se redujo el consumo de disolventes, lo que se traduce en un ahorro en la materia prima. Por su parte, al establecer la mezcla de lavado según las capacidades de las máquinas, se eliminará la acción de verter lotes pequeños fabricados en la Molteni o Susmeyer 1000 en la Dispermix para realizar el proceso de molienda. Para ello se estableció un espacio con las tuberías a utilizar para conectar la olla utilizada al molino. Esto reducirá el tiempo invertido en esta acción, lo que impactará en el tiempo total del proceso, y se evitará la pérdida de pintura durante el traspaso.

CONCLUSIONES

Con la elaboración de este proyecto, se logró el objetivo de desarrollar una propuesta de optimización de las fórmulas de composición usadas en la elaboración de pinturas para diferentes lotes de producción, que se adaptara a los nuevos requerimientos de producción de la empresa y permitiera reducir los errores y tiempos de manufactura. En base a los resultados obtenidos en cada fase del estudio, se llegaron a las siguientes conclusiones:

Se comprendió el funcionamiento de la empresa, identificando que todos los procesos y las metas de la organización se encuentran orientados a una política de calidad basada en la satisfacción del cliente, el fomento de las mejores prácticas de trabajo, y el entrenamiento y equipamiento de todo el personal para asegurar la calidad en los procesos. Todos estos aspectos permitieron delimitar el alcance del proyecto para desarrollar la propuesta de optimización en base a las necesidades inmediatas de la empresa

La recolección de información, a través de entrevistas, la observación directa y la revisión del historial de fabricación permitieron definir los elementos claves del proceso productivo necesarios para la optimización. Estos se encontraban representados por las capacidades de las máquinas y tanques de fabricación, las materias primas de interés y los lineamientos necesarios para no afectar las especificaciones establecidas para obtener productos de calidad.

El análisis de la información recolectada permitió identificar las causas de las ineficiencias presentes en las etapas del proceso productivo, donde los largos tiempos de manufactura y los diferentes errores que se presentaban, se debían principalmente a una falta de estandarización en los procesos, en la diversidad de lotes de producción y en los elevados números de materias primas con cantidades no enteras que debían ser pesadas.

Los estudios de tiempo permitieron realizar un diagnóstico de la situación actual del proceso productivo. Se identificaron los cuellos de botellas presentes en las etapas relacionadas directamente con el uso de las fórmulas, los cuales estaban asociados a la preparación y pesaje de la materia prima, la molienda y la terminación y ajustes del producto final. A su vez se detectaron diferentes problemas que intensificaban estos cuellos de botellas, asociados a procedimientos y planificaciones ineficientes.

Determinando los principales problemas y los cuellos de botellas, se establecieron cuatro acciones para minimizar los errores y disminuir los tiempos de manufactura. Se redujo la diversidad de lotes de producción, se redujo el número de materias primas con cantidades no enteras, se aplicó el Método de Daniel para disminuir el volumen de molienda y se estandarizó la mezcla de lavado de las pinturas con molienda.

La reducción y definición de los lotes permitió establecer la cantidad a fabricar en base a las capacidades óptimas de las máquinas y tanques y los requerimientos de ventas. A su vez permitió elaborar la ruta de fabricación de las diferentes pinturas para mejorar la planificación de la producción semanal.

La reducción del número de materias primas con cantidades no enteras permitió reducir el tiempo de preparación y pesaje de materia prima. A su vez permitirá a largo plazo crear un libro de ajustes que disminuya el tiempo de este proceso.

La aplicación del Método de Daniel permitió disminuir el volumen de molienda y, por ende, el tiempo de este proceso, en un 50%. A su vez, permitirá prolongar la vida útil del molino y se disminuirán los tiempos de reposición de las partes del molino.

La estandarización de la mezcla de lavado permitirá evitar daños en las pinturas por contaminación de residuos en los tanques y tuberías provenientes de productos fabricados anteriormente. A su vez, se redujo el consumo de solventes, ahorrando así la materia prima que se estaba usando y no era necesario.

La reducción de lotes y materias primas no enteras, así como la estandarización de la mezcla de lavado, permitió eliminar actividades ineficientes, que solo generaban errores y mayor consumo del tiempo. Cada una de estas propuestas fue probada y verificada, permitiendo así mejorar el proceso productivo de pinturas.

RECOMENDACIONES

Con la finalidad de proponer posibles mejoras para la empresa y en base a los resultados obtenidos en este trabajo, se recomienda:

Incluir a los operarios en los nuevos cambios para que la aplicación de las diferentes propuestas sea eficiente y se mantengan en el tiempo. Se deben realizar capacitaciones donde se expliquen las razones de los cambios y los nuevos procedimientos, esto para poder implementar las propuestas sin problemas y con la menor resistencia posible.

Aplicar el Punto de Fluidéz de Daniel en el resto de los colores de los Poliuretanos para disminuir el volumen de molienda de estos productos durante la etapa de molienda, terminación y ajuste.

Realizar un estudio más detallado de la etapa de filtrado y envasado del proceso de fabricación de pinturas para mejorar los procesos del área, disminuyendo los errores y los tiempos asociados a esta etapa.

Replicar todo el estudio realizado en las diferentes líneas de pegamento para optimizar los diferentes procesos en sus tres plantas.

REFERENCIAS

- Aguilera, C. (2000). *Un enfoque gerencial de la Teoría de las Restricciones*. Estudios Gerenciales, 53 69.
- Calvo, J. (2009). *Pinturas y recubrimientos. Introducción a su tecnología*. Aetepa. Asociación española de técnicos en pinturas y afines. Madrid, España.
- Castro, A. (2015). *Estudios de tiempos I - Apuntes de Gestión de la Producción III*. Caracas, Venezuela. Universidad Simón Bolívar.
- Chase, R, Jacobs, F. R, & Aquilano, N. (2009). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros* (Duodécima Edición). McGraw Hill. México.
- Couttenye & Co., S.A. (2021a). *Historia*. Disponible en Internet: <http://www.couttenye.com.ve/historia.html>, consultado el 10 de julio de 2021.
- Couttenye & Co., S.A. (2021b). *Nosotros*. Disponible en Internet: <http://www.couttenye.com.ve/nosotros.html>, consultado el 10 de julio de 2021.
- Couttenye & Co., S.A. (2021c). *Pegamentos C&C*. Disponible en Internet: <http://www.pegamentoscyc.com.ve/>, consultado el 10 de julio de 2021.
- Couttenye & Co., S.A. (2021d). *Pinturas Cromas*. Disponible en Internet: <http://pinturascromas.com.ve/>, consultado el 10 de julio de 2021.
- Couttenye & Co., S.A. (2021e). *C&C Coatings*. Disponible en Internet: <http://www.cyccoatings.com.ve/>, consultado el 10 de julio de 2021.
- Cruz, A. (2014). *Optimización de pinturas decorativas base agua mediante aditivos dispersantes y espesantes*. UPC Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona (ETSEIB).
- García, J. (2003). *Cuadernos de tecnología de pinturas. Cuaderno V. Producción de pinturas*. Aetepa. Asociación española de técnicos en pinturas y afines. Barcelona, España.
- González, L, & Salinas, A. (2016). *Propuesta de mejora del proceso productivo en la fábrica de Pinturas ALCOR S.A.S*. Fundación Universidad de América.

- Granizo, C. (2018). *Optimización de los procesos de una empresa comercial. Caso: BC Llantas*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Heizer, J, & Render, B. (2007). *Dirección de la producción y de operaciones. Decisiones estratégicas* (Octava Edición). Pearson. Prentice Hall. México.
- Heizer, J, & Render, B. (2008). *Dirección de la producción y de operaciones. Decisiones tácticas* (Octava Edición). Pearson. Prentice Hall. México.
- Lipták, B. (1999). *Optimization of industrial unit processes* (Segunda Edición). CRC Press. Estados Unidos.
- Meyers, F. (2000). *Estudios de tiempos y movimientos para la manufactura ágil* (Segunda Edición). Pearson. Prentice Hall. México.
- Raviolo, A. (2005). *Enseñanza del concepto de densidad a través de un modelo analógico*. Revista de Enseñanza de la Física. Vol 18, 93-103.
- Real Academia Española, (s/f). *Optimizar*. Diccionario de la lengua española (23a ed.). Disponible en Internet: <https://dle.rae.es/optimizar>, consultado el 26 de septiembre de 2021.

APÉNDICE A. Listado de materias primas de interés

MATERIA PRIMA	TIPO DE COMPONENTE	PRESENTACIÓN	PESO (KG)	% Solidos
Epikote Ester OS	Resina	Tambor	200	75
Epon 828	Resina	Tambor	220	100
Epon 1001	Resina	Tambor	200	75
Resina Acrilica Hidroxilada 2265	Resina	Tambor	200	55
Desmodur N75 MPA-X	Resina	Tambor	215	75
Novares LA-700	Resina	Tambor	215	100
Versam 140/Ancamide 350	Resina	Tambor	180	100
Dynasylan 40	Resina	Tambor	190	60
Special Pitch N° 5	Resina	Tambor	225	86
Actiron NX3	Resina	Tambor	200	N.A
Versam 115x70	Resina	Tambor	190	70
MXDA Metixililendiamida	Resina	Tambor	200	100
Isoforondiamida	Resina	Tambor	180	100
Talco Cam 2032	Carga	Saco	20	N.A
Caolin M-400	Carga	Saco	30	N.A
Caolin C-2	Carga	Saco	25	N.A
Baristar 8815	Carga	Saco	25	N.A
Portaryte B15	Carga	Saco	25	N.A
Dioxido de Titanio	Pihmento	Saco	25	N.A
Talco 400M	Carga	Saco	20	N.A
Talco Fin M40	Carga	Saco	25	N.A
Pasta Aluminio Stapa 4	Carga	Cuñete	50	N.A
Pasta Aluminio Stanlux	Carga	Cuñete	25	N.A
Silverbond M-500	Carga	Saco	25	N.A
Silice M-400	Carga	Saco	25	N.A
Talco Luzenac 20 MO	Carga	Saco	25	N.A
Talco Luzenac ST 60	Carga	Saco	25	N.A
Minex S-4	Carga	Saco	25	N.A
Minex S-7	Carga	Saco	25	N.A
Omyacarb 2GU	Carga	Saco	25	N.A
Pic 5120	Carga	Saco	25	N.A
Caolin PZ-600	Carga	Saco	25	N.A
Caolina Microcao 38	Carga	Saco	25	N.A
Microcarb 20/Carbonato B-97	Carga	Saco	25	N.A
Kamic 70-C	Carga	Saco	22,68	N.A
Micro Mica W-1	Carga	Saco	25	N.A
Sikron M-500	Carga	Saco	25	N.A
Talco Exp. Micronizado	Carga	Saco	30	N.A
Caolin G-30	Carga	Saco	20	N.A
Carbonato 1HD	Carga	Saco	25	N.A
Talco 625 9M	Carga	Saco	25	N.A
Omyacarb UF	Carga	Saco	25	N.A
Omyacar 4	Carga	Saco	25	N.A
Polvo Zinc Z-4	Carga	Carbolla	50	N.A
Talco Monoma	Carga	Saco	25	N.A

APÉNDICE B. Mediciones de tiempo

Hora de inicio:	7:31 a. m.	Área:	Centro de pesaje
Hora final:	10:08 a. m.	Descripción de la operación:	Pesaje de materia prima
Nº Componentes:	9	Fórmula:	Epoxi 456 Blanco

Nº Elemento	Descripción del elemento	Lectura del cronómetro	Categoría	Kg requeridos
1	Solicitud de material de MP	0:15:09	Otro	
2	Pesaje de Bermocoll EHM300	0:07:49	Otro	
3	Revisión del aceite del montacarga	0:08:15	Otro	
4	Búsqueda de pantalón	0:08:23	Otro	
5	Reposicionamiento de paleta	0:15:17	Otro	
6	Movimiento con montacargas de paleta con Minex S-7	0:12:54	Sólido	230,1
7	Solicitud MP	0:11:17	Otro	
8	Pesaje de Epikote Ester OS (Tambor)	0:28:47	Líquido	496
9	Movimiento de paleta en el área de carga	0:03:40	Otro	
10	Pesaje del Dowanol PMA / Arcosolv PMA (Tambor)	0:32:45	Líquido	
11	Anotar número de lote	0:09:17	Número de Lote	
12	Movimiento de la paleta al área de carga	0:03:54	Otro	
TOTAL		2:16:44		

Hora de inicio:	12:13 p. m.	Área:	Centro de pesaje
Hora final:	2:37 p. m.	Descripción de la operación:	Pesaje de materia prima
Nº Componentes:	6	Fórmula:	Zinc 19

Nº Elemento	Descripción del elemento	Lectura del cronómetro	Categoría	Kg requeridos
1	Pesaje del Sylosiv A4 / Syloid ZN-1 / Molsiv T Powder	0:21:35	Sólido	12,7
2	Verter un tambor de Rhodoline 643	0:09:51	Otro	
3	El personal se fue a quitar el Rhodoline que le cayó en la ropa	0:19:02	Otro	
4	Pesaje del Bentone 38 / Tixogel TE / Viscogel S8	0:05:00	Sólido	15,6
5	Pesaje del Dowanol PMA / Arcosolv PMA (tambor)	0:50:34	Líquido	94,6
6	Solicitud de ubicaciones de inventario	0:03:39	Otro	
7	Búsqueda de MP	0:10:06	Otro	
8	Movimiento de Polvo ZN 2-4 / VM 4P / 16 / Super Fine 5 a la paleta	0:02:52	Sólido	1450
9	Colocar número de los lotes a la fórmula	0:12:57	Número Lote	
10	Movimiento de la paleta al área de carga	0:04:54	Otro	
11	Firma y entrega del documento	0:03:14	Otro	
TOTAL		2:20:05		

Hora de inicio:	2:03 p. m.	Área:	Centro de pesaje
Hora final:	3:31 p. m.	Descripción de la operación:	Pesaje de materia prima
Nº Componentes:	20	Fórmula:	Máxima Amarillo Radiante

Nº Elemento	Descripción del elemento	Lectura del cronómetro	Categoría	Kg requeridos
1	Pesaje de varios líquidos	0:16:56	Líquido	
2	Pesaje del Carbonato de Cal. Microcarb 20 / Omycarb 4	0:19:27	Sólido	37
3	Pesaje del Caolin G-30M / Kaopaque 10S / Q-289	0:08:58	Sólido	130
4	Pesaje del Dióxido de Titanio Kron. 2360 / 2190 / 2059 / TR88 / 82	0:21:57	Sólido	34
5	Malfuncionamiento del montacargas y entrega al área de carga	0:37:06	Otro	
TOTAL		1:51:56		

Hora de inicio:	7:21 a. m.	Área:	Centro de pesaje
Hora final:	1:51 p. m.	Descripción de la operación:	Pesaje de materia prima
Nº Componentes:	17	Fórmula:	Fondo Alquídicco 20 Gris

Nº Elemento	Descripción del elemento	Lectura del cronómetro	Categoría	Kg requeridos
1	Distribucion de fórmulas	0:39:39	Otro	
2	Comunicación de informacion	0:10:00	Otro	
3	Pesaje secativo Zn 24% (Tambor)	0:13:50	Líquido	
4	Pesaje de varias cargas	0:18:16	Sólido	1224,9
5	Movimiento de tambores	0:06:24	Líquido	
6	Se translada el tambor de Epikote Ester OS (Tambor)	0:09:18	Líquido	
7	Pesaje del Talco CAM2032 / Talco 400 - 1M	0:06:57	Sólido	400
8	Pesaje del PIC 5120 / YL120 /Norsol. S125 / Nevchem120	0:18:27	Sólido	380,7
9	Pesaje del Dióxido de Titanio Kron. 2360 / 2190 /2059 /TR88 /82	0:07:13	Sólido	616,8
10	Pesaje de Fosfato Zinc Zp / Zp-M Type 2 / PZ-20 /Delaphos / BS	0:07:54	Sólido	42,3
11	Pesaje de Carbonato de Cal. Microcarb 20 / Omyacarb 4	0:08:08	Sólido	1224,9
12	Se bajan los tambores de Epon 828 y Hidroxilada 2265 (Tambor)	0:13:48	Líquido	
13	Movimiento del Epon 828 (Tambor)	0:03:26	Líquido	
14	Movimiento del Secativo ZR 24% (Tambor)	0:11:52	Líquido	
15	Movimiento del Secativo ZR 24% (Tambor)	0:08:16	Líquido	
16	Pesaje de la Resina Alquídicca SPG 37-55 (Tambor)	0:33:35	Líquido	950
17	Pesaje del Secativo ZR 24% (Tambor)	0:26:10	Líquido	22,8
18	Pesaje del Secativo CA 6% (Tambor)	0:03:01	Líquido	12,1
19	Colocar número de los lotes a la fórmula	0:21:15	Número Lote	
20	Llevar las paletas al área de carga	0:08:29	Otro	
TOTAL		4:52:49		

Hora de inicio:	7:21 a. m.	Área:	Centro de pesaje
Hora final:	10:56 a. m.	Descripción de la operación:	Pesaje de materia prima
Nº Componentes:	12	Fórmula:	Epoxi Gris 456 Ral 7035

Nº Elemento	Descripción del elemento	Lectura del cronómetro	Categoría	Kg requeridos
1	Cálculo del número de sacos	0:08:41	Otro	
2	Se solicitó material a Materia Prima	0:04:39	Materia Prima	
3	Pesaje del Thixahol ST	0:11:21	Sólido	2
4	Pesaje del Disparlon 6650	0:06:42	Sólido	2
5	Reajuste de los objetos en la paleta	0:02:48	Otro	
6	Pesaje del Dióxido de Titanio Kron. 2360 / 2190 /2059 /TR88 /82	0:17:00	Sólido	143,3
7	Pesaje del Silverbond M500	0:02:15	Sólido	269
8	Búsqueda del mueve paletas en la zona de carga	0:02:00	Otro	
9	Pesaje del Silverbond M500	0:06:21	Sólido	269
10	Pesaje del Plastorit Naintsh Super	0:04:42	Sólido	118
11	Pesaje del Silverbond M500	0:05:48	Sólido	269
12	Pesaje del Plastorit Naintsh Super	0:12:09	Sólido	118
13	Búsqueda de envases para el pesaje de líquidos	0:06:30	Líquido	
14	Pesaje del Disperbyk 163	0:05:52	Líquido	
15	Pesaje del Epikote Ester OS (Tambor)	0:29:28	Líquido	
16	Pesaje del Byk 1615	0:06:15	Líquido	
17	Pesaje del Alcohol Isobutilico	0:04:55	Líquido	
18	Anotar número de lote	0:19:41	Número Lote	
19	Transporte de paleta al área de carga	0:07:51	Otro	
20	Firma de la orden	0:05:09	Otro	
TOTAL		3:29:07		

Hora de inicio:	10:51 a. m.	Área:	Centro de pesaje
Hora final:	1:49 p. m.	Descripción de la operación:	Pesaje de materia prima
Nº Componentes:	21	Fórmula:	Máxima Verde Paraíso

Nº Elemento	Descripción del elemento	Lectura del cronómetro	Categoría	Kg requeridos
1	Pesaje de diferentes cargas	0:39:00	Sólidos	
2	Pesaje del Dióxido de Titanio Kron	0:09:55	Sólido	34
3	Pesaje del Benzonato de sodio	0:07:29	Sólido	2,6
4	Pesaje del Bermocoli EHM300	0:14:54	Sólido	5,5
5	Parada baño	0:17:37	Otro	
6	Búsqueda de envases para el pesaje de líquidos	0:08:00	Otro	
7	Pesaje del Rhodoline 643	0:01:00	Líquido	
8	Pesaje del Antifoam 117	0:05:33	Líquido	
9	Pesaje del Mergal 680	0:03:16	Líquido	
10	Pesaje del Dispersante de Pigmentos A para colores	0:02:05	Líquido	
11	Pesaje del Quimet-50P	0:05:02	Líquido	
12	Anotar número de lote	0:23:05	Número de Lote	
13	Malfuncionamiento del montacargas	0:26:04	Otro	
TOTAL		2:32:54		

Área:	Mezcla y dispersión
Descripción de la operación:	Carga de MP, mezcla y dispersión.
Fórmula:	Cromavin Base Z
Lote:	pequeño

Nº Elemento	Actividad	Lectura del cronómetro
1	Preparación	0:56:25
2	Carga de líquidos	0:05:58
3	Carga de sólidos	0:18:07
4	Mezcla	0:38:40
5	Otros	0:10:33
6	Descarga de la pasta a la siguiente etapa.	0:08:39
TOTAL		2:18:22

Área:	Mezcla y dispersión
Descripción de la operación:	Carga de MP, mezcla y dispersión.
Fórmula:	Galaseda Salmón
Lote:	medio

Nº Elemento	Actividad	Lectura del cronómetro
1	Preparación	0:18:32
2	Carga de líquidos	0:24:21
3	Carga de sólidos	0:16:48
4	Mezcla	1:57:03
5	Otros	0:00:00
6	Descarga de la pasta a la siguiente etapa.	0:12:14
TOTAL		3:08:58

Área:	Mezcla y dispersión
Descripción de la operación:	Carga de MP, mezcla y dispersión.
Fórmula:	Topal Flor de Jamaica
Lote:	medio

Nº Elemento	Actividad	Lectura del cronómetro
1	Preparación	0:11:49
2	Carga de líquidos	0:27:03
3	Carga de sólidos	0:21:55
4	Mezcla	1:34:33
5	Otros	0:11:38
6	Descarga de la pasta a la siguiente etapa.	0:05:09
TOTAL		2:52:07

Área:	Mezcla y dispersión
Descripción de la operación:	Carga de MP, mezcla y dispersión.
Fórmula:	Esmalte Sintetico Sec Rap Blanco
Lote:	medio

Nº Elemento	Actividad	Lectura del cronómetro
1	Preparación	0:04:45
2	Carga de líquidos	0:24:48
3	Carga de sólidos	0:13:20
4	Mezcla	2:00:41
5	Otros	0:00:00
6	Descarga de la pasta a la siguiente etapa.	0:00:00
TOTAL		2:43:34

Área:	Mezcla y dispersión
Descripción de la operación:	Carga de MP, mezcla y dispersión.
Fórmula:	Topal Esmalte Brillante Rojo
Lote:	medio

Nº Elemento	Actividad	Lectura del cronómetro
1	Preparación	0:00:00
2	Carga de líquidos	0:38:27
3	Carga de sólidos	0:35:42
4	Mezcla	1:10:00
5	Otros	0:08:22
6	Descarga de la pasta a la siguiente etapa.	0:00:00
TOTAL		2:32:31

Área:	Mezcla y dispersión
Descripción de la operación:	Carga de MP, mezcla y dispersión.
Fórmula:	Topal Fondo de Herrería Blanco
Lote:	grande

Nº Elemento	Actividad	Lectura del cronómetro
1	Preparación	0:09:13
2	Carga de líquidos	1:02:34
3	Carga de sólidos	0:57:48
4	Mezcla	1:33:57
5	Otros	0:00:00
6	Descarga de la pasta a la siguiente etapa.	0:00:00
TOTAL		3:43:32

Área:	Mezcla y dispersión
Descripción de la operación:	Carga de MP, mezcla y dispersión.
Fórmula:	Topal Blanco
Lote:	grande

Nº Elemento	Actividad	Lectura del cronómetro
1	Preparación	0:14:59
2	Carga de líquidos	1:45:22
3	Carga de sólidos	1:00:00
4	Mezcla	1:28:14
5	Otros	0:00:00
6	Descarga de la pasta a la siguiente etapa.	0:27:02
TOTAL		4:55:37

Área:	Molienda, terminación y ajustes.
Descripción de la operación:	Molienda, terminación y ajustes.
Fórmula:	Esmalte Alquídico 48 Gris RAL7001
Lote:	pequeño

Nº Elemento	Actividad	Lectura del cronómetro
1	Molienda	2:04:59
2	Carga y mezcla de MP	1:39:00
3	Pruebas del laboratorio	1:45:00
4	Ajustes	0:58:00
TOTAL		6:26:59

APÉNDICE C. Bases y colores de las líneas de pinturas emulsionadas.

Línea	Base	Color
Maxima	A	Ostra Claro, Rosado Salmón
	B	Amarillo Radiante, Champaña, Marfil, Rosado, Turquesa
	Blanco	Blanco
	C	Azul Mediterraneo, Coral Intenso, Naranja Luminoso, Rosal Florar, Verde Paraiso
	D	Azul, Naranja, Violeta
	E	Amarillo
	F	Fucsia, Verde Bambu
	G	Negro
Topal	H	Verde Aceitura
	A	Champaña, Gris Plata, Marfil, Ostra Claro, Rosado Bebé, Salmón, Verde Menta, Violeta Ilusion
	B	Azul Laguna, Azul Rocio, Lavanda, Verde Lima
	Blanco	Blanco
	C	Amarillo Girasol, Azul Martinica, Melocoton, Naranja, Rosado Apamate, Turquesa, Turquesa Mar
	D	Azul Marino, Purpura
	E	Azul Pacifico
	F	Flor de Jamaica
	G	Araguaney
H	Teja Rustica	
Gala	I	Verde Esmeralda
	A	Blanco Ostra, Marfil Suave, Porcelana, Rosa Primavera, Salmon, Vainilla, Verde Jade
	B	Amarillo Trigo, Azul Manantial, Azul Nube
	Blanco	Blanco
	C	Arena Dorada, Mandarina, Rosa Tulipan
Galaseda	D	Azul Mediterraneo, Gris Concreto, Rojo Sevilla, Verde Prado
	E	Azul Intenso, Azul Maritimo, Negro, Pomarrosa, Rojo Arcilla
	No 1	Azul Artico, Blanco Ambar, Blanco, Crema Suave, Marfil, Menta Helada, Ostra Claro, Rosa Sereno, Verde Jade
	No 2	Amarillo Tierno, Lila, Verde Agua
	No 3	Azul Manantial, Salmon, Verde Caribe
	No 4	Guayaba, Rosado Flamingo
	No 5	Ciruela, Fucsia
	No 6	Dorado Intenso
No 7	Naranja Amanecer	
Cromavin Interior	No 8	Verde Citrico
	A	Costa Coral, Marfil, Vainilla Claro
	B	Aguamarina, Azul Sereno, Blanco Ostra, Verde Pistacho
	Blanco	Blanco
	C	Amarillo Tropical, Naranja Tropical
Cromavin Exterior	D	Mostaza
	E	Verde Imperial, Violeta Seductor
	A	Amarillo Sutil, Marfil Arena
	B	Canela Suave
	Blanco	Blanco
	C	Azul Los Roques, Gris Concreto
	D	Azul Profundo, Borgoña, Verde Bosque
E	Rojo Cascada, Terracota, Verde Aceituna	
Cromavin Exterior	F	Amarillo Tropical, Naranja Tropical
	J	Dorado Piramide

APÉNDICE D. Tiempo total de las pinturas en cada etapa de fabricación**Etapa 1**

Producto	Lote (Kg)	Nº Componentes	Duración (Hora, Min, Seg)
Maxima Verde Paraiso	1257	21	2:32:54
Maxima Amarillo Radiante	1284	21	1:51:56
Topal Azul Pacífico	1223	21	3:01:29
Gala Amarillo Trigo	1138	21	3:11:57
Gala Rojo Sevilla	1245	20	2:59:07
Epoxi 456 Blanco	1219	9	2:16:44
Epoxi 456 Gris RAL7035	1169	12	3:29:07
Zinc 19	2169	6	2:20:05
Fondo Alquídico 20 Gris	4225	17	4:52:49

Etapa 2

Producto	Lote	Duración (Hora, Min, Seg)
Cromavin Base Z	Pequeño	2:18:22
Esmalte Alquídico 48 Gris RAL 7001	Pequeño	2:09:33
Galaseda Salmón	Medio	3:08:58
Topal Flor de Jamaica	Medio	2:52:07
Esmalte Sintético Blanco	Medio	2:43:34
Topal Esmalte Brillante Rojo	Medio	2:32:31
Topal Fondo de Herrería Blanco	Grande	3:43:32
Topal Blanco	Grande	4:55:37

Etapa 3

Producto	Lote	Duración (Hora, Min, Seg)
Esmalte Alquídico 48 Gris RAL 7001	Medio	6:26:59
Galaseda Salmón	Medio	5:56:00
Topal Fondo de Herrería Blanco	Grande	10:49:19
Galaseda Dorado Intenso	Pequeño	4:11:00

APÉNDICE E. Cálculos del estudio de tiempo

Factor de desempeño	Calificación operarios	Valor
Destreza	B2	0,08
Consistencia	D	0
Condiciones	C	0,02
Esfuerzo	B1	0,1
Total		0,2
		1,2

Factor holgura	Valor
Fatiga	4
Pie	2
Peso	9
Porcentaje	15

Categoría	Tiempo promedio (Horas, Min, Seg)	Tiempo promedio (min)	Calificación operario	Tiempo normal (min)	Holgura	Tiempo estándar (min)
Líquido (Tambor)	0:44:41	44,41	1,20	53,292	0,15	62,696
Líquido (Envases)	0:18:07	18,07	1,20	21,684	0,15	25,511
Sólidos	1:00:36	60,36	1,20	72,432	0,15	85,214
Otro	0:36:02	36,02	1,20	43,224	0,15	50,852
Anotación de lote	0:17:55	17,55	1,20	21,06	0,15	24,776

APÉNDICE F. Rutas de fabricación de cada línea de pintura

Ruta de fabricación de pinturas alquídicas y Poliuretanos.

C&C Y CROMAS - ALQUÍDICAS
MEZCLA Y DISPERSIÓN – Pastas MOLIENDA TERMINACIÓN Y AJUSTE - Producto Terminado

PRODUCTO	Lote mínimo		Lote estándar			Lote óptimo	Todos los lotes Molino I, II, III, IV	Lote mínimo		Lote estándar	Lote óptimo
	Zaneli (pequeña)	Molteni	Molteni	Zaneli (grande)	Dispermix 55-VF	Dispermix 55-VF		R5-R14	Molteni	R5-R14	R15-R20
	500 L	1000 L	1000 L	1000 L	2000 L	2000 L		2200 - 3200 L	1000 L	2200 - 3200 L	8000 L
Esmalte Sint 88c Rápido (Todos)	Estd	N.A	Estd	Alt. 1	N.A	Estd	Estd	N.A	Estd	Estd	
Topal Esmalte Brillante (Todos)	Estd	N.A	Estd	Alt. 1	N.A	Estd	Estd	N.A	Estd	Estd	
Topal Esmalte Mate (Todos)	N.A	Estd	N.A	N.A	Estd	N.A	Estd	N.A	Estd	N.A	
Poliuretano 550 Blanco, Gris 7001	Estd	N.A	Estd	Alt. 1	N.A	N.A	Estd	N.A	Estd	N.A	
Poliuretano 550 (Resto de colores)	N.A	Estd	N.A	N.A	Estd	N.A	Estd	N.A	Estd	N.A	
Esmalte Alquídico 48	Estd	Alt. 1	Estd	Alt. 1	N.A	Estd	Estd	N.A	Estd	Estd	
Esmalte Alquídico 49	Estd	Alt. 1	Estd	Alt. 1	N.A	Estd	Estd	N.A	Estd	Estd	
Topal Fondo Herrería (Todos)	N.A	Estd	N.A	N.A	Estd	N.A	Estd	N.A	Estd	Estd	

Ruta de fabricación de pinturas emulsionadas.

CROMAS – EMULSIONADAS

PRODUCTO	MEZCLA Y DISPERSIÓN - Bases								TERMINACIÓN Y AJUSTE - Producto Terminado					
	Lote mínimo			Lote estándar				Lote óptimo	Lote mínimo			Lote estándar	Lote óptimo	
	S1000 1000 L	Molteni 1000 L	Zaneli (pequeña) 500 L	S1000 1000 L	Molteni 1000 L	Zaneli (grande) 1000 L	S3000/1/ 2/3/4 3000 L	S3000/1/2/3/4 3000 L	R5-R14 2200 - 3200 L	S1000 1000 L	Molteni 1000 L	R5-R14 2200 - 3200 L	S3000/1/ 2/3/4 3000 L	A1-A8 8000 L
Maxima	Estd	Alt. 1	Alt. 2	Estd	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Estd	Estd	N.A	N.A	Estd	N.A	Estd
Topal	Estd	Alt. 1	Alt. 2	Estd	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Estd	Estd	N.A	N.A	Estd	N.A	Estd
Gala	Estd	Alt. 1	Alt. 2	Estd	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Estd	Estd	N.A	N.A	Estd	N.A	Estd
Galaseda	Estd	Alt. 1	Alt. 2	Estd	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Estd	Estd	N.A	N.A	Estd	N.A	Estd
Cromavin	Estd	Alt. 1	Alt. 2	Estd	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Estd	Estd	N.A	N.A	Estd	N.A	Estd
Topal / Gala Pasta Profesional	Estd	Alt. 1	N.A	N.A	N.A	N.A	Estd	N.A	N.A	Estd	Alt.1	N.A	Estd	N.A
Cromavin Sellador Hidrofugo	Estd	Alt. 1	N.A	N.A	N.A	N.A	Estd	N.A	N.A	Estd	Alt. 1	N.A	Estd	N.A
Gala Sellador Antialcalino	Estd	Alt. 1	N.A	Estd	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Estd	Estd	N.A	N.A	Estd	N.A	Estd

Ruta de fabricación de pinturas del grupo restante.

C&C - EPOXI, FONDO ALQUÍDICO, ALUMINIO Y ZINC / CROMAS

**MEZCLA Y DISPERSIÓN / TERMINACIÓN
Y AJUSTE**

PRODUCTO
Epoxi (Todos)
Fondo Epoxi 256, 280 y 435
Fondo Alquídico 20, 24
Aluminio 175, 500 y 540
Zinc 19, 102, 158 y 750
Aluminio Difuso
Fondo Anticorrosivo

Lote mínimo	Lote estándar	Lote óptimo
Molteni 1000 L	HS-80 3000 L	HS-80 3000 L
Estd	N.A	Estd
Estd	N.A	Estd
Estd	Estd	N.A
Estd	N.A	Estd
Estd	N.A	N.A
Estd	Estd	N.A
Estd	Estd	N.A