



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**MEDICIÓN DE EFICIENCIAS Y ACTUALIZACIÓN DE
ESTÁNDARES DE ETAPAS DE LOS PROCESOS DE
PRODUCCIÓN DE LA PLANTA DE PINTURAS DE
INVESA S.A.**

Paula Andrea García Castaño

Universidad de Antioquia

**Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería
Química**

Medellín, Colombia

2021



Medición de eficiencias y actualización de estándares de etapas de los procesos de
producción de la planta de pinturas de Invesa S.A.

Paula Andrea García Castaño

Informe de práctica empresarial presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniera Química

Asesores:

Elías de Jesús Gómez Macías, Ingeniero Químico

Jaime Alberto Galeano Angel, Ingeniero de Productividad y Calidad

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química.

Medellín, Colombia

2021.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen.....	1
Introducción.....	1
Objetivos.....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos.....	3
Marco teórico.....	3
Pintura.....	3
Definición.....	3
Proceso de producción.....	3
1. Materia Prima.....	3
2. Equipos de proceso.....	4
3. Etapas de proceso.....	5
4. Control de calidad.....	6
Indicadores de producción.....	7
OEE.....	7
Tecnología 4.0.....	8
Distribución t-Student.....	8
Metodología.....	9
Medición de eficiencias.....	9
Actualización de estándares de tiempo.....	9
Propuestas de mejora.....	11
Resultados y análisis.....	11
Medición de eficiencias.....	11
Revisión y actualización de estándares.....	12
Propuestas de mejora.....	15
1. Automatización del proceso de descarga de resinas RA-293 y RA-109.....	15
2. Sistema de información entre todas las áreas involucradas en la planta.....	17
3. Estandarización del caudal de molienda.....	17
Conclusiones.....	18
Referencias bibliográficas.....	19

MEDICIÓN DE EFICIENCIAS Y ACTUALIZACIÓN DE ESTÁNDARES DE ETAPAS EN LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA DE PINTURAS DE INVESA S.A.

RESUMEN.

Durante la práctica académica realizada en la planta de pinturas de Invesa S.A, se continuó con el proyecto de la estandarización de las etapas de los procesos de producción, con el objetivo de realizar una medición más precisa de las eficiencias de dichas etapas y recolectar información para el cálculo de uno de los indicadores fundamentales de una planta de producción, el cual es el OEE (eficiencia global de planta).

Se realizó la medición de eficiencias de etapas utilizando los estándares de tiempo con los que se cuenta actualmente, obteniendo resultados por debajo del 80% y encontrando que esta desviación se debe principalmente a la etapa de tinturación, además de esto, para algunas referencias coloreadas en la zona de vinilos, el estándar de cargue de materia prima se encontraba desactualizado.

Para la revisión y actualización de estándares se utilizaron registros de tiempo en un intervalo de 2 años y se les realizó un tratamiento estadístico, obtenido el estándar de 53 referencias en total; además de esto se actualizaron los estándares de las referencias coloreadas Vicoltex, Vinicryl, Colvinilo y Capri, ya que los estándares anteriores correspondían a un proceso diferente al que se realiza actualmente. Mediante la actualización de estos estándares se visualizó que otra de las etapas que presenta fluctuaciones es la de molienda, esto debido principalmente a que no se tiene una estandarización del caudal.

Finalmente, después de realizar acompañamiento a los procesos y del análisis de los datos recolectados, se formularon tres propuestas de mejora para optimizar los tiempos de producción y tener un mejor control del proceso, estas propuestas son apoyadas en la transición a la industria 4.0.

INTRODUCCIÓN

Invesa S.A. es una compañía que fabrica y comercializa productos para los sectores agropecuario, industrial, de la construcción y decoración, para el tratamiento de metales y la fabricación de envases de hojalata (Somos Invesa, 2021). El proyecto a desarrollar se enfoca en la planta de pinturas de la empresa, la cual cuenta con equipos y personal calificado para la producción de más de 550 referencias de pinturas base agua, base solvente y productos intermedios (pastas y kolortones para tinturación), procesos se realizan en batch (por lotes).

Desde hace 4 años la planta de Pinturas viene implementado la medición de indicadores de producción y aumentando el grado de exigencia de los mismos, ya que permiten visualizar el cumplimiento de los objetivos y realizar mejoras continuas, el indicador más utilizado y que recoge otros indicadores fundamentales es el OEE (eficiencia global de planta), el cual es el que mide las empresas de clase mundial y permite identificar el foco de las fallas y perfeccionarlas. La mayor dificultad que se encuentra a la hora de implementar el cálculo de este indicador es en la medición de eficiencias de las etapas de proceso, ya que estas dependen del registro adecuado en el sistema por parte de los operarios, tienden a cambiar con las variaciones de las formulaciones y existen múltiples referencias que no cuentan con estándar de tiempo.

El objetivo de la práctica es darle continuación al proyecto de cálculo del OEE mediante la medición de las eficiencias de manera continua para cada etapa de la producción y al mismo tiempo realizar revisión y actualización de estándares mediante el acompañamiento de los procesos necesarios y el uso de la estadística, visualizar cuales son las variables que más influyen en la desviación de dichas eficiencias y realizar propuestas de mejora que logren optimizar los tiempos de producción, siendo de gran ayuda la transición a la tecnología de industria 4.0.

La medición de las eficiencias se realiza mediante una comparación entre los estándares existentes de cada producto y los tiempos registrados en el sistema por parte de los operarios, esta medición se realiza cada semana y se presenta un promedio de eficiencia global cada mes.

La revisión y actualización de estándares se realiza mediante el uso de registros de tiempo en un intervalo de 2 años y se tratan los datos estadísticamente mediante la distribución t-student. Esta distribución permite obtener intervalos de confianza y tener un criterio para descartar datos.

Mediante esta medición de eficiencias y actualización de estándares es posible avanzar con el objetivo que se tiene desde el área administrativa, el cual es el cálculo del OEE e identificar las actividades que se deben mejorar para optimizar los tiempos de producción.

OBJETIVOS.

Objetivo general:

Brindar herramientas que mejoren y permitan un buen control del proceso de producción a través de la medición de eficiencias y actualización de estándares de las etapas de proceso.

Objetivos específicos:

- Realizar la medición de eficiencias de las etapas de producción de las referencias fabricados en la planta de pinturas que cuentan con estándar de tiempo.
- Actualizar estándares de tiempo de etapas para los productos más importantes que no lo poseen a través del seguimiento de registros y uso de la estadística.
- Realizar propuestas de mejora para lograr un mejor control del proceso y optimización de los tiempos de producción, apoyadas en el acompañamiento a la transición a la tecnología de Industria 4.0.

MARCO TEÓRICO

PINTURA

Definición.

Una pintura es una mezcla fluida homogénea que, aplicada sobre una superficie se transforma por un proceso de secado o curado en una película sólida, cuyo objetivo es recubrir, proteger, decorar y señalizar. (Garcés & Vaquero, 2011)

Proceso de producción.

La planta de pinturas de Invesa S.A se divide en tres secciones de producción principales, la sección de vinilos donde se fabrican los productos a base de agua para aplicaciones arquitectónicas, la sección de esmaltes donde se fabrican productos a base de solvente para aplicaciones industriales y la sección de molinos donde se fabrican los productos intermedios como pastas y kolortones para tinturación, secantes y pregeles.

A continuación, se describen los aspectos principales del proceso de producción en la planta:

1. Materia prima.

Una pintura se encuentra compuesta de cuatro elementos principales (Garcés & Vaquero, 2011):

- Resina o ligante (Vehículo fijo): Es una sustancia química macromolecular que al reaccionar entre sí o con el oxígeno del aire, polimerizan para dar películas lisas, duras y continuas.
- Cargas o pigmentos: Son compuestos químicos en forma de polvo micronizado, que confieren color, opacidad y otras características, como poder anticorrosivo.
- Disolvente (Vehículo volátil): Son compuestos químicos líquidos, que se evaporan durante el proceso de secado, pueden ser solventes orgánicos o agua.
- Aditivos: Son compuestos químicos añadidos en proporciones bajas que aportan o mejoran diversas características, como ejemplo de estos se tienen dispersantes, antiespumantes, espesantes, secantes y biosidas.

2. Equipos de proceso.

Para el proceso de producción de las pinturas en la planta de Invesa S.A se utilizan tres equipos principales (Oliver+Batlle, 2021):

- Dispensor: Es un equipo de agitación con disco tipo cowles, cuyo objetivo es conseguir que los pigmentos o cargas se desagloren y se dispersen en la mezcla mediante la acción de esfuerzos de cizalla. En la planta se cuenta con 13 dispensores para cubas empotradas en plataforma y para cubas móviles.
- Agitador o dilusor: Es un equipo de agitación de paletas que se utiliza para la homogenización de productos que no llevan cargas sólidas directas. En planta se cuenta con 7 agitadores empotrados en plataforma en la sección de esmaltes.
- Molino: Es un equipo que permite la desaglomeración de pigmentos que no se logran separar completamente en un dispensor, esto se logra mediante esfuerzos de impacto, al hacer pasar el producto previamente humectado o predispersado por una cámara que contiene perlas pequeñas que son aceleradas gracias al movimiento angular de discos, cuenta con un sistema de refrigeración mediante agua de enfriamiento o agua de chiller, ya que la temperatura sube debido a la acción mecánica. Este equipo es utilizado principalmente para la fabricación de pastas y kolortones, que son adicionados a las pinturas base solvente y base agua respectivamente para darles color. En planta se cuenta con 5 molinos para producción y 1 para pruebas piloto y lotes considerablemente pequeños.

Además de estos equipos se cuenta también con una máquina tintométrica en la sección de vinilos que permite dosificar cantidades de kolortones para su uso en productos base agua.

3. Etapas de proceso.

Dentro de la planta se definen las siguientes etapas de proceso para vinilos y esmaltes:

- **Cargue de materia prima:** Hace referencia al cargue de aditivos, pigmentos, cargas y vehículo antes del proceso de dispersión, en la mayoría de los casos, para vinilos el vehículo de dispersión es el agua y para esmaltes es la resina.
- **Dispersión:** Es la agitación continua de la mezcla hasta obtener homogeneidad y desaglomeración de pigmentos o cargas. Para los productos de esmaltes que no llevan cargas sólidas directas esta etapa se conoce como agitación.
- **Completado:** Es el cargue de los aditivos restantes y el segundo vehículo, resina para vinilos y solvente para esmaltes, dando agitación hasta conseguir homogenización.
- **Tinturación:** Esta etapa se realiza en los productos coloreados, corresponde a la adición de tintes de diferente color (pasta o kolortone) y ajuste de los mismos hasta obtener el tono deseado.
- **Análisis de laboratorio:** Corresponde a los chequeos de las diferentes propiedades del producto y a los ajustes necesarios para obtener los valores adecuados.
- **Empacado:** Corresponde a la etapa final, donde después de la aprobación del producto, este es envasado para su posterior distribución.

Para los productos intermedios se definen las siguientes etapas:

- **Cargue de materia prima:** Corresponde al cargue de aditivos, pigmentos y vehículo, resina para pastas y agua para kolortones.
- **Humectación:** En esta etapa se le da agitación a la mezcla mediante un dispersor, con el fin de que todas las partículas de pigmento queden rodeadas con el vehículo. Para los intermedios que no requieren proceso de molienda esta etapa se nombra como dispersión.
- **Completado:** Esta etapa corresponde a la disminución de la viscosidad mediante la adición de solvente.

- Molienda: En esta etapa el producto se hace pasar por un molino, ya sea por recirculación o de cuba a cuba, hasta lograr la finura deseada.
- Análisis de laboratorio: Se realizan chequeos de finura Hegman, esfuerzo tintóreo y tendencia de color hasta obtener los valores adecuados.
- Descarga: Corresponde a la etapa final, cuando el producto es aprobado, este se descarga en tambores que son almacenados en logística interna para su posterior uso.

4. Control de calidad.

Una de las etapas cruciales en el proceso de producción es el análisis de laboratorio, donde se realizan chequeos de diferentes propiedades y se recomiendan ajustes para obtener los valores deseados y lograr la aprobación de un producto que cumpla con todas las exigencias del mercado.

Dentro de las propiedades más importantes se encuentran las siguientes:

- Viscosidad: Es la resistencia de una sustancia a fluir. Para la medición de esta propiedad se cuenta con un viscosímetro de Stormer para la mayoría de los productos, un viscosímetro de Brookfield para productos muy viscosos, como estucos y macillas, y para la medición de la reología de top coats y gel coats, y además se cuenta con una copa Ford para productos poco viscosos, como lo son las lacas y las tintillas.
- Densidad: Es la relación entre la masa de una sustancia y su volumen. Para la medición de esta propiedad se cuenta con un picnómetro.
- Porcentaje de sólidos: Es la cantidad de sólidos con respecto a la cantidad total de sustancia. Esta propiedad se mide mediante la aplicación de una pequeña masa de producto sobre un recipiente y la relación de esta con la masa después de la evaporación del solvente al haber sido calentada en un horno.
- Finura de dispersión: Corresponde al tamaño de los aglomerados de sólidos. Esta propiedad se mide mediante una piedra Hegman.
- pH: Es una medida de la acidez o basicidad de una sustancia, esta solo es verificada en los productos base agua. Para la medición de esta propiedad se cuenta con un pHmetro.
- Tiempo de secado: Se realiza principalmente para los productos base solvente, esta medición se realiza mediante un reloj de cuerda que va realizando presión dejando un rastro sobre la aplicación, es a través de este rastro que se cuantifica el tiempo de secado.

- Tono, poder cubriente y tendencia: Estas propiedades se miden mediante un espectrofotómetro digital, el cual realiza la lectura de una aplicación en leneta y la compara con un estándar. La tendencia es una propiedad que se mide a los productos intermedios e indica la tendencia de color que poseen.
- Esfuerzo tintóreo: Es una propiedad que se mide a los productos intermedios, indicando cual es su capacidad de dar color a una pintura.

INDICADORES DE PRODUCCIÓN

Son aquellas variables que ayudan a las empresas a identificar defectos o procedimientos erróneos a la hora de elaborar un producto u ofrecer un servicio a los clientes. Gracias a ellos, se puede conocer la eficiencia tanto de los recursos humanos como de los materiales que se utilizan en cada proyecto o en el conjunto de la empresa (Control Group, 2019).

Dentro de los indicadores que se miden en la planta de pinturas de Invesa S.A se encuentra la eficiencia, que es un indicador que muestra cómo se encuentra la planta en cuanto al uso del tiempo por parte del personal en las diferentes etapas de producción. Este se calcula como una relación entre el estándar definido (tiempo ideal) y el tiempo empleado en una actividad determinada.

$$Eficiencia = \frac{Tiempo\ estándar}{Tiempo\ empleado} * 100 \quad (1)$$

OEE

La eficiencia global de planta permite medir el rendimiento y la productividad mediante los parámetros fundamentales de la producción, los cuales son disponibilidad, eficiencia y calidad. Es el porcentaje de unidades que se fabricaron correctamente respecto al total que se podrían haber producido. Este indicador es usado como herramienta para la mejora continua de los procesos de producción. (Touron, 2016)

$$OEE = D * E * C \quad (2)$$

Donde:

D es la disponibilidad de equipo, la cual se calcula de la siguiente manera:

$$D = \frac{TO}{TPO} * 100 \quad (3)$$

Donde

TPO es el tiempo planificado de producción:

$$TPO = \textit{Tiempo total de trabajo} - \textit{Tiempo paradas planificadas} \quad (4)$$

Las paradas planificadas corresponden a los mantenimientos preventivos y correctivos.

TO es el tiempo de operación de la máquina:

$$TO = TPO - \textit{paradas no planificadas (Averías)} \quad (5)$$

E es la eficiencia de producción, la cual se calcula mediante la ecuación (1)

C es el indicador de calidad, que da cuenta de la cantidad de productos que lograron fabricarse con las especificaciones correspondientes.

$$C = \frac{TUC}{TU} * 100 \quad (6)$$

Donde TUC es el total de unidades conformes y TU es el total de unidades fabricadas.

TECNOLOGÍA 4.0

Hace referencia a un proceso de automatización completo, que se basa en las tecnologías IoT y Big Data, lo que permite que las máquinas trabajen en conexión unas con otras y los procesos se puedan automatizar como nunca antes se había visto, dentro de estas tecnologías se encuentran los encoders, sistemas de visión artificial y PLC's o autómatas programables. (INFAIMON, 2018).

Actualmente la planta de pinturas cuenta con un nivel de automatización bajo, ya que solo cuenta con un PLC para la dosificación de agua y una máquina tintométrica para la dosificación de kolortones, sin embargo en este momento se está trabajando en realizar esta transición a la industria 4.0.

DISTRIBUCIÓN T-STUDENT

La distribución t-Student es una distribución de probabilidad que surge del problema de estimar la media de una población normalmente distribuida

cuando el tamaño de la muestra es pequeño (menor a 30) y la desviación estándar poblacional es desconocida. (Montgomery & George, 1996)

El estadístico de esta función está definido como:

$$t_o = \frac{\bar{X} - \mu_o}{S\sqrt{n}} \quad (7)$$

Donde:

X es la media aritmética de la muestra.

μ_o es un valor determinado de la muestra.

S es la desviación estándar de los valores de la muestra.

n es el tamaño de la muestra.

El objetivo de utilizar esta distribución es obtener los intervalos de confianza para la media de la muestra, estos están definidos de la siguiente manera:

$$\mu \geq \bar{X} - \frac{T_{\alpha/2;n-1}S}{\sqrt{n}} \quad (8)$$

$$\mu \leq \bar{X} + \frac{T_{\alpha/2;n-1}S}{\sqrt{n}} \quad (9)$$

Donde:

μ es la media de la muestra.

$T_{\alpha/2;n-1}$ es el punto porcentual en el límite del área de rechazo para un nivel de significancia α .

METODOLOGÍA

Medición de eficiencias.

Para la medición de eficiencias se hizo uso de los sistemas de información con los que se cuenta en la empresa, el sistema de registro de tiempos de proceso, donde se guarda el tiempo total empleado por etapa, y el sistema de manufactura donde se encuentran los estándares actuales.

Cada semana se realizó una recolección de datos y se aplicó la ecuación (1) para obtener la eficiencia de cada etapa para cada lote fabricado de las referencias que cuentan con estándar. Se realizaron promedios de eficiencia semanales y posteriormente, promedios mensuales, ya que estos indicadores se revisan mensualmente.

Actualización de estándares de tiempo.

Para la actualización de estándares de tiempo, inicialmente se realizó un levantamiento de datos para identificar las referencias que no contaban con estándar y aquellas que mantenían un estándar que no corresponde al proceso realizado actualmente.

Posteriormente, se hizo uso del sistema de manufactura para obtener el reporte del tiempo total empleado en cada etapa (en minutos) para las referencias con mayor rotación que no poseen estándar, este reporte clasifica los tiempos por etapa y por equipo utilizado, esto es importante ya que el tiempo empleado depende del tamaño del lote fabricado y la capacidad del equipo da cuenta de este factor. El levantamiento de esta información se realizó de tal manera que los datos correspondan a los dos últimos años.

Los datos se filtraron por etapa y por equipo, y se realizó un tratamiento estadístico mediante la distribución t-Student en Excel, ya que el tamaño de cada muestra era menor a 30. Para cada muestra se comprobó que la distribución fuera simétrica y se utilizó una confiabilidad del 95%, es decir, un nivel de significancia (α) del 5%.

Los intervalos de confianza se calcularon mediante las ecuaciones (8) y (9), para esto se determinaron media aritmética, la desviación y el punto porcentual correspondiente a $\alpha = 5\%$. Para el cálculo de estas variables se utilizaron las funciones PROMEDIO, DESVEST y DISTR.T.INV en Excel. Teniendo estos intervalos se descartan los datos que se encuentren por fuera de estos y se calcula el estándar partiendo de la media de la muestra, teniendo en cuenta la máxima desviación de la siguiente manera:

Tabla 1. Criterios para la definición de estándares dependiendo de la máxima desviación.

CRITERIOS PARA LA DEFINICIÓN DE ESTÁNDARES		
CONDICIÓN		INTERPRETACION
$0 < \text{Máxima Desviación} \leq 0,25$	20%	Media + (Desviación * 20%)
$0,25 < \text{Máxima Desviación} \leq ,50$	40%	Media + (Desviación * 40%)
$0,50 < \text{Máxima Desviación} \leq 0,75$	60%	Media + (Desviación * 60%)
$0,75 < \text{Máxima Desviación} \leq 1$	80%	Media + (Desviación * 80%)
$\text{Máxima Desviación} > 1$	100%	Media + (Desviación * 100%)

La máxima desviación se calcula de la siguiente manera:

$$\text{max desviacion} = \frac{S}{S + \bar{X}} \quad (10)$$

De esta manera, se obtuvo para equipo y etapa el estándar de tiempo y se determina la duración total del proceso mediante la suma de las etapas.

Propuestas de mejora.

Para el planteamiento de las propuestas de mejora se identificaron diferentes actividades con oportunidad de optimización del tiempo, esta identificación se realizó mediante el acompañamiento a procesos de producción y análisis de los datos recolectados.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Medición de eficiencias.

El promedio de eficiencia de tiempo por mes calculado se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2. Porcentaje promedio de eficiencia por mes.

Mes	% Eficiencia
Febrero	67.44
Marzo	76.01
Abril	77.47
Mayo	78.19
Junio	69.5

En la Tabla 2 se observa que para los últimos 5 meses la eficiencia promedio se encuentra por debajo de la meta definida por la planta, la cual es 80%.

Para identificar cuáles son las etapas que más influyen en este resultado se realiza el promedio de eficiencia por etapa para las últimas 10 semanas. Se realiza por semana para tener una mejor visualización. Los resultados se presentan en la siguiente gráfica:

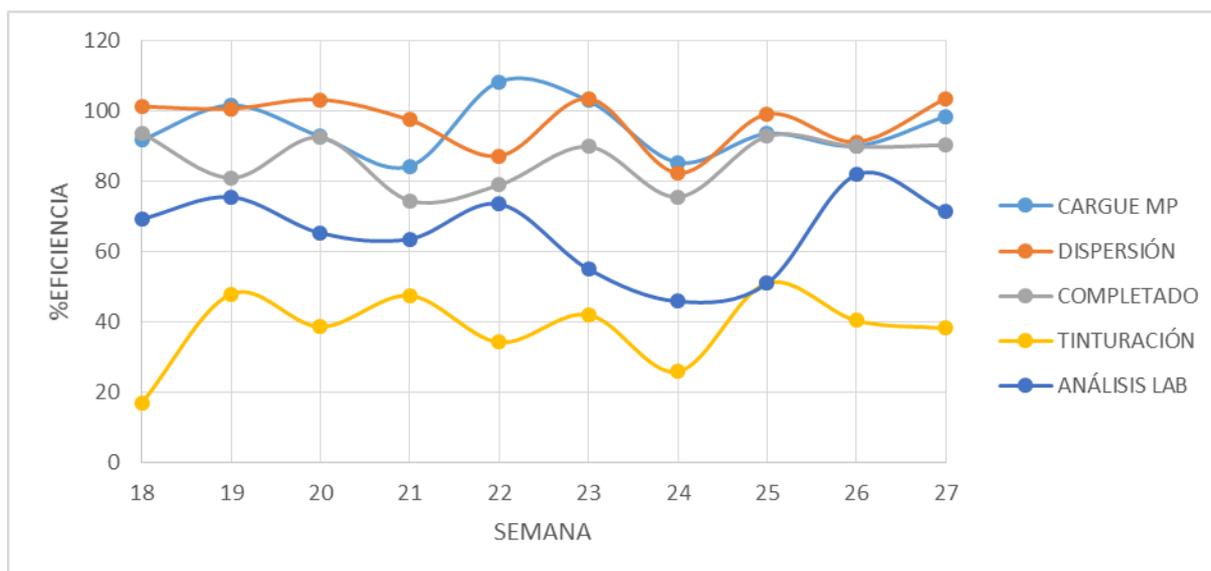


Figura 1. Porcentaje de eficiencia por etapa para las últimas 10 semanas.

En la Figura 1 se aprecia que las propiedades más críticas son la tinturación y el análisis de laboratorio, en la primera se observa que el promedio de eficiencia es considerablemente bajo, por debajo de 60, esto se debe principalmente a que el proceso de tinturación es complejo, ya que a pesar de que se tiene la formulación de la cantidad y color de pastas o kolortones, las propiedades de estos productos intermedios varían de lote a lote y en el laboratorio de calidad no cuentan con la información del lote que se está utilizando en el momento de la producción. Las propiedades de esfuerzo tintóreo y tendencia poseen un rango muy amplio de aprobación, dependiendo del esfuerzo tintóreo se requiere más o menos producto y el tono que da depende de la tendencia, por lo que para muchos productos se deben realizar múltiples ajustes, los cuales pueden variar entre 1 y 10. De acuerdo a este análisis se debe trabajar en una forma de tener conocimiento de las propiedades de esfuerzo tintóreo y tendencia de las pastas y kolortones que se van a utilizar en la fabricación de un producto determinado.

Con respecto al análisis de laboratorio, el bajo porcentaje se debe principalmente a que el tiempo de esta etapa incluye también los ajustes, por ejemplo, para los productos tinturados, la etapa de análisis de laboratorio incluye el tiempo de la tinturación, así que si la etapa de tinturación es ineficiente, el tiempo de análisis de laboratorio también lo será.

Revisión y actualización de estándares

Al realizar la recolección de datos se encontró que existen 562 referencias, de las cuales 125 no contaban con estándar, dentro de las cuales se encontraron 42 base agua, 42 base solvente y 41 productos fabricados en

molinos. Se logró calcular el estándar de 53 referencias en total ya que la mayoría de las referencias restantes no contaban con registros suficientes para dicho cálculo. Además de esto, se calculó el estándar para 13 referencias fabricadas en el equipo nuevo de vinilos (D604), instalado el año pasado, el cual tiene una capacidad de 850 galones más con respecto a los demás equipos donde se suelen fabricar, es decir, el tiempo de las etapas de cargue y completado es mayor. También se identificó que los productos tinturados en vinilos, los cuales se tinturan a partir de una base de tinturación fabricada con anterioridad, poseían estándares de fórmula completa, lo cual es inconsistente ya que para estos productos los materiales usados solo son la base de tinturación y los kolortones, los cuales se homogenizan mediante agitación, debido a esto se actualizaron los estándares de cargue de materia prima de 138 referencias y se eliminaron las etapas de dispersión y de completado del sistema.

De esta manera, se obtuvo un avance de 42% en el cálculo de los estándares de las referencias que no lo poseían.

Durante este proceso se encontró que las etapas de tinturación y molienda poseen tiempos que presentan una gran variación, esto debido a la diferencia en el número de ajustes para la tinturación y a que el caudal de molienda se fija por criterio del operario, es decir, no existe un estándar de tiempo de residencia óptimo en el molino.

A continuación, se muestra una comparación entre los tiempos de tinturación y molienda con respecto a la etapa de cargue de materia prima para una misma referencia.

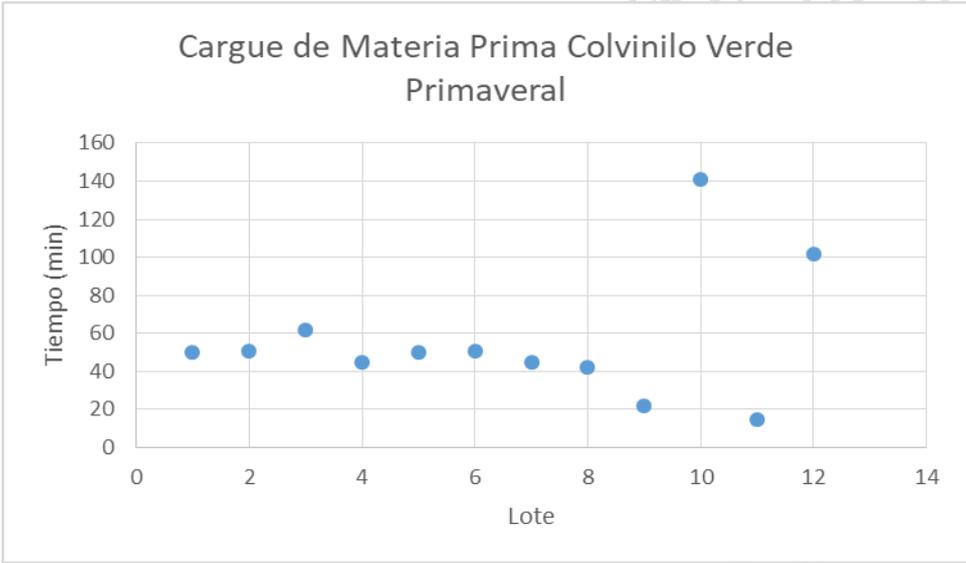


Figura 2. Tiempos de cargue de materia prima del Colvinilo Verde Primavera para 12 lotes diferentes.

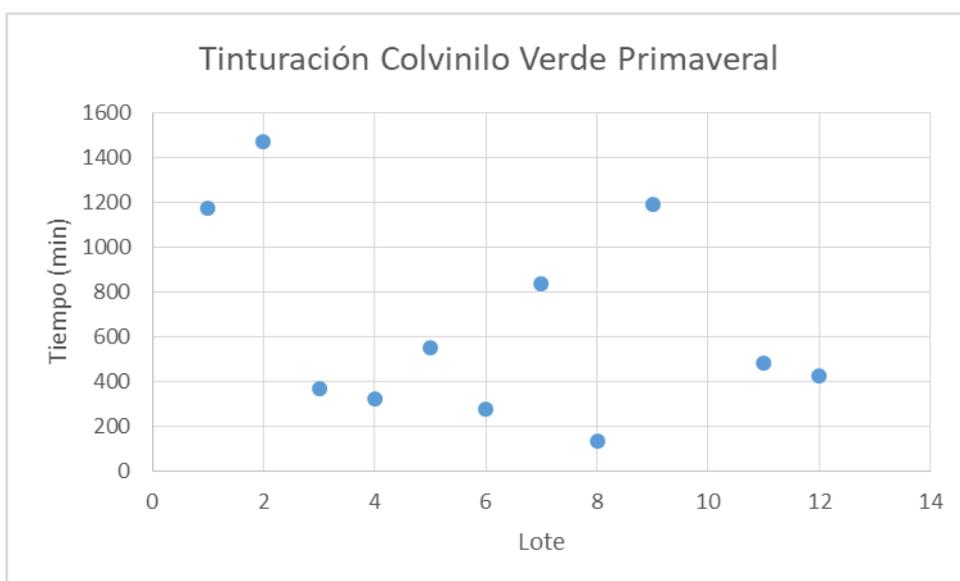


Figura 3. Tiempos de tinturación del Colvinilo Verde Primavera para 12 lotes diferentes.

Al comparar las Figuras 2 y 3 se puede apreciar la gran dispersión de los datos correspondientes a la etapa de tinturación.

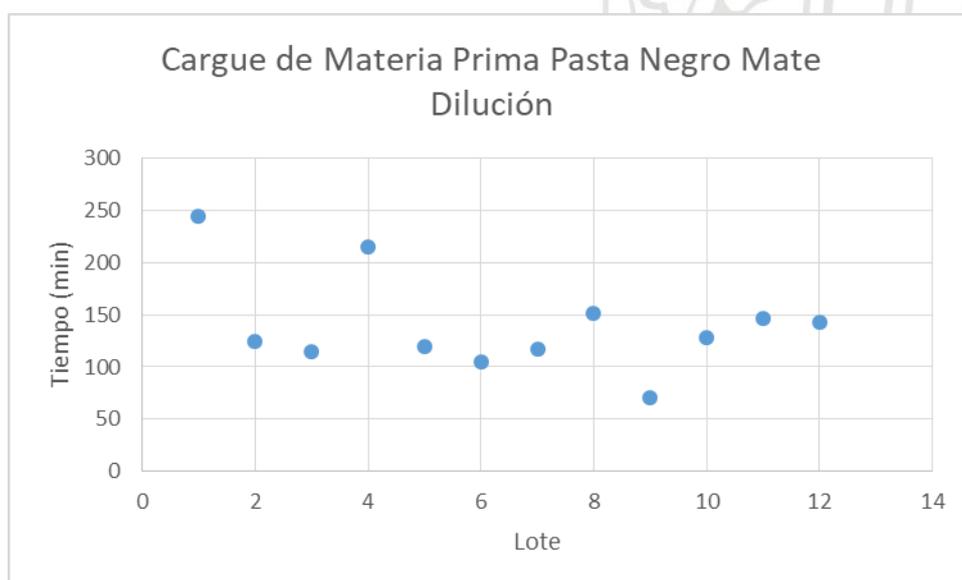


Figura 4. Tiempos de cargue de materia prima de la pasta negro mate dilución para 12 lotes diferentes.

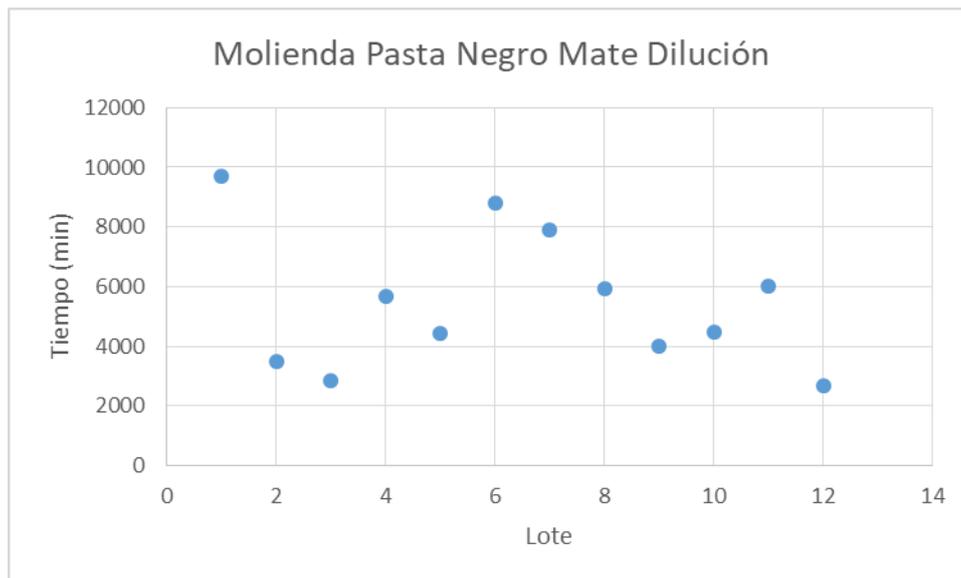


Figura 5. Tiempos de molienda de la pasta negro mate dilución para 12 lotes diferentes.

Al comparar las Figuras 4 y 5 se puede apreciar la gran dispersión de los datos correspondientes a la etapa de molienda, debido a esto es necesario trabajar en establecer caudales óptimos que permitan una molienda adecuada en el menor tiempo posible y estandarizar el tiempo de molienda.

Propuestas de mejora

A partir de los acompañamientos realizados en planta y el análisis de los datos se plantean tres propuestas de mejora, dos de ellas apoyadas en la transición que se está realizando a la industria 4.0:

1. Automatización del proceso de descarga de resinas RA-293 y RA-109.

Una de las actividades que más tiene oportunidad de ser optimizada y controlada haciendo uso de la automatización, es la descarga y bombeo de las resinas RA-293 y RA-109 desde los tanques pulmón en la plataforma de la zona de esmaltes.

Actualmente la descarga de estas resinas se realiza de manera manual mediante la apertura y cierre de válvulas que dejan caer la resina por gravedad a través de unas pequeñas tuberías, la resina cae en una cuba móvil que se encuentra sobre una báscula para el control del peso, tal como se muestra en la Figura 6. Este sistema cuenta con dos válvulas por tanque, una de bola y otra que es actuada mediante un pedal que el operario debe dejar presionado durante toda la descarga.

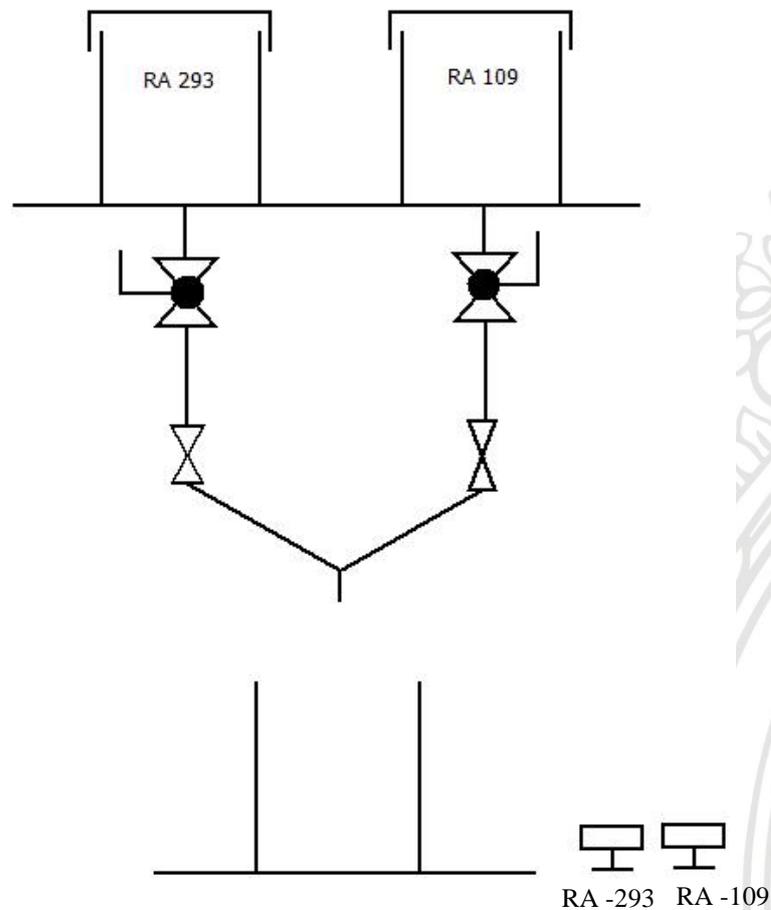


Figura 6. Esquema del proceso de descarga de resinas RA-293 y RA-109.

Para los lotes más grandes, que son fabricados en plataforma, la resina es descargada y posteriormente bombeada desde la cuba móvil hacia los tanques de agitación o de dispersión.

Debido a la alta viscosidad que presentan estas resinas, el tiempo de descarga es alto, lo que genera tiempos muertos considerables en el proceso, principalmente cuando se trata de lotes que llevan gran cantidad de resina, donde se pueden requerir un poco más de 1000 kg. En la siguiente tabla se muestran las viscosidades de las resinas y el tiempo promedio que puede tardar la descarga por cada 100 kg. El tiempo puede variar dependiendo de la temperatura ambiente.

Tabla 3. Propiedades de las resinas RA-293 y RA-109.

Resina	Viscosidad (Cp)	Tiempo descarga (min/100kg)
RA-293	2000-3000	4.3
RA-109	10000-14000	8.6

De la tabla anterior se puede concluir que para lotes que requieren gran cantidad de resina RA-109, el operario debe esperar más de 1 hora para que finalice la descarga y posteriormente debe realizar el bombeo hacia los tanques empotrados.

Debido al largo tiempo que se debe esperar, en algunas ocasiones se han presentado derrames con pérdidas de resina, debido a que el operario decide dejar un peso sobre el pedal para continuar con otras actividades.

Para esto se propone la implementación de un PLC que permita programar la cantidad de resina necesaria, para lo cual sería necesario la instalación de un sensor de celda de carga para cada tanque pulmón, de esta manera el operario puede programar la cantidad y desempeñar funciones en otras actividades mientras se realiza la descarga. Además de esto, para los lotes que se realizan en los tanques empotrados en plataforma, se podría implementar el uso de mangueras más largas para un bombeo directo desde los tanques pulmón, de esta manera el tiempo empleado en esta descarga disminuiría hasta en 8.6 minutos por kilogramo.

2. Sistema de información entre todas las áreas involucradas en la planta.

Pará evitar la variación en el número de ajustes en la etapa de tinturación se propone un sistema de información entre el laboratorio de control de calidad y el área de logística interna, con el fin de realizar un seguimiento a los lotes utilizados para la tinturación de un determinado producto, de tal manera que el personal del laboratorio conozca las propiedades de la pasta o kolortone a utilizar y sea más fácil la toma de decisiones con respecto a los ajustes que se deban realizar.

3. Estandarización del caudal de molienda.

Para optimizar los tiempos de molienda y evitar las variaciones de los mismos, es necesaria la estandarización del caudal de paso por el molino, para esto se propone realizar un análisis experimental haciendo uso del molino piloto

M654, recolectando datos de tiempo de molienda versus caudal y de esta manera encontrar el caudal que permita obtener la molienda adecuada en el menor tiempo posible.

Además de esto, para el molino M656, el cual cuenta con la posibilidad de controlar la velocidad de rotación, se propone realizar un diseño de experimentos con las variables de caudal y velocidad de rotación de los discos, con el fin de encontrar los valores que permitan obtener un tiempo de molienda óptimo.

Después de tener esta estandarización, mediante sensores de flujo, temperatura y presión puede ser posible el control del caudal y velocidad de rotación sin que dependa del operario evitar afectar el molino por subidas de presión o temperatura.

Conclusiones

- Se identificó que la etapa que más influye en la baja eficiencia de los procesos es la de tinturación, actividad que se puede optimizar mejorando los sistemas de información entre todas las áreas involucradas en el proceso de producción.
- Se logró avanzar en un 42% con el cálculo de los estándares de tiempo y se actualizaron todas las referencias coloreadas de vinilos, con esto se alcanza progreso con el objetivo de implementar el cálculo del OEE.
- Se identificó que es necesario trabajar en disminuir la variación de tiempo de las etapas de tinturación y molienda, con el fin de tener mayor certeza en la duración de la fabricación de los productos que llevan estas etapas.
- Existen múltiples oportunidades de mejora en automatización y sistemas de información que se pueden aplicar en la planta de pinturas de Invesa S. A, con las cuales se pueden optimizar los tiempos de producción y tener un mejor control de los procesos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Control Group. (2019). Obtenido de <https://blog.controlgroup.es/utilizar-los-indicadores-produccion-saber-proceso-correcto/>

Garcés, J., & Vaquero, J. (2011). *Química Y Tecnología De Pinturas*. 2011, 13. <https://caumas.org/wp-content/uploads/2018/03/Quimica-y-Tecnologia-Pinturas.pdf>

INFAIMON. (2018). Obtenido de <https://blog.infaimon.com/tecnologia-4-0/>

Montgomery, D., & George, R. (1996). *Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería*.

Oliver+Batlle. (2021). *EQUIPOS DE FABRICACIÓN DE PINTURAS*. Obtenido de <https://oliverbatlle.com/blog/>

Somos Invesa. (2021). Obtenido de <https://www.invesa.com/invesa/nosotros/>

Touron, J. (2016). *Sistemas oee technology to improve*. Obtenido de <https://www.sistemasoe.com/definicion-oe/>