

Reduction of delivery times for orders in small and medium-sized paint businesses based on Standard Work and Raw Material Management

Luis Montoya, Bachellor¹, Martin Avalos, Bachellor¹, y Iliana Macassi, Magister¹

¹Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, u201824401@upc.edu.pe, u201610947@upc.edu.pe, pcdlmac@upc.edu.pe

Abstract— *The paint industry at the SME level concentrates on various critical processes in the production process. This is due to the lack of planning and engineering support systems, which result in issues such as low on-time delivery rates, defective products, stockouts, and others. In this context, a case study is presented, which is 24% below the standard for on-time deliveries. To address this issue, a production model based on Standard Work and Raw Material Management is proposed for a paint SME in Peru. The diagnosis is carried out through a time and activity analysis that encompasses paint manufacturing, as well as the analysis of production stops due to raw material shortages. The model will be implemented through a hybrid approach that combines implementation and simulation. Through this approach, the production cycle time is optimized by 33.6% (from 301.13 minutes to 225.39 minutes), and therefore, the production capacity is increased by 13.51% (from 1377 gallons/shift to 1563 gallons/shift). Additionally, stockouts are reduced from 6.52% to 0.22%, and On-Time Delivery (OTD) rates improve by 17.85%.*

Keywords— *standard work, lean manufacturing, on-time delivery, raw material management, paint manufacturing.*

I. INTRODUCCIÓN

The paint industry sector is considered one of the manufacturing activities that is associated with the country's economic performance, especially in the domestic market. It is linked to sectors such as construction, metalworking, automotive, and households, among others [1]. The recession of industrial activity in the country due to COVID-19 in 2020 resulted in a 17.1% reduction in the physical volume index of paint production and an 11.8% utilization of installed capacity [2] and [3]. Furthermore, according to the Industrial Opinion Survey conducted by the National Society of Industries, other factors that restrict production include raw material shortages for the manufacturing process, political uncertainty, reduced product demand, and price increases. Additionally, the container crisis is another logistical factor that affects international trade, thereby impacting the country's production chain, as it leads to high freight rates and long waiting periods [4].

Ensuring that orders are delivered on the scheduled date is an important factor for companies. The indicator of On-Time Delivery, which is related to the reliability and potential return of future sales, as it involves the standard level of service provided to customers. However, according to the review of

scientific literature, improvement proposals focused on the paint sector are limited to companies with high economic and workforce levels. These proposals assume high capital requirements to adopt the developed tools. Therefore, in the case of micro and small enterprises (MSEs), the application of these models is relative, as the productive reality of MSEs has been one of the most affected after the economic recession caused by the COVID-19 pandemic. In light of this, a contribution model is proposed that integrates two tools. On one hand, Standard Work aims to establish the best methods and production sequences for each subprocess involved in paint manufacturing. On the other hand, the Q Inventory Renewal System seeks to establish control over raw materials by implementing an inventory model that aligns with the company's statistical reality.

II. ESTADO DEL ARTE

A. Productivity Improvement Model through Lean Manufacturing Implementation

More than just a set of tools, Lean Manufacturing is a philosophy that can be summarized as "doing more with less," which means using fewer resources while producing a greater quantity. Its main objective is the elimination of waste. Waste is defined as anything that does not add value to the process [5].

Efficiency and competitiveness are two important challenges in the market that have motivated many manufacturing companies to plan new manufacturing management strategies. The most critical question manufacturers face today is how to deliver their products or materials quickly, at a low cost, and with good quality [6] [7]. Therefore, these mechanisms can help SMEs eliminate waste, improve productivity and product quality, reduce delivery time, and gain better operational control to enhance company competitiveness and compete for internal resources. Furthermore, in small and medium-sized enterprises, the use of tools for process improvement is limited, and based on this, it is necessary to select and prioritize improvement actions and use them appropriately [8] [9]

B. Impacto de Standard Work en la industria de manufactura

The objective of Standard Work (SW) encompasses the following aspects: a) takt time, which refers to the production rate needed to meet demand; b) work sequence, which involves a set of work procedures aimed at defining the best methods and sequences for each process; and c) standard inventory, which refers to the amount of work-in-process needed to

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

Reducción de los tiempos de entrega de pedidos en Mypes de pinturas basado en Standard Work y Gestión de la materia prima

Luis Montoya, Bachiller¹, Martin Avalos, Bachiller¹, y Iliana Macassi, Magister¹

¹Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, u201824401@upc.edu.pe, u201610947@upc.edu.pe, pcdlmac@upc.edu.pe

Resumen— *La industria de pinturas a nivel de las Mypes, concentra diversos procesos críticos en el proceso productivo. Esto es debido a que carecen de un sistema de planificación y soporte ingenieril, los cuales desencadenan en problemáticas tales como: bajo índice de entregas a tiempo, productos defectuosos, roturas de stock, entre otros. En base a ello, se presenta el caso de estudio que se encuentra 24% por debajo del estándar respecto a las entregas a tiempo. Para ello, se propone un modelo productivo de Standard Work y Gestión de materia prima en una Mype de pinturas en el Perú. El diagnóstico se da mediante un análisis de tiempos y actividades que comprende la manufactura de pinturas, así también el análisis de paradas de producción respecto al desabastecimiento de materia prima. El modelo se aplicará bajo un modelo híbrido de implementación y simulación. A través de ello se logra optimizar el tiempo de ciclo de producción en un 33.6% (301.13 min a 225.39 min) y, por lo tanto, aumentar la capacidad de producción en un 13.51% (1377 galones/turno a 1563 galones/turno). Asimismo, la rotura de stock disminuye de 6.52% a 0.22% y las entregas a tiempo (indicador On Time Delivery) presentan una mejora de 17.85%.*

Palabras clave— *standard work, lean manufacturing, on time delivery, gestión de materia prima; paint manufacturing.*

I. INTRODUCCIÓN

La industria del sector de pinturas es considerada una de las actividades manufactureras que se encuentra asociada al desempeño económico del país, especialmente en el mercado interno, dado que, está vinculado a sectores como: construcción, metalmeccánico, automotriz, hogares, entre otros [1]. La recesión de la actividad industrial en el país a costa de la COVID 19 en el año 2020, trajo consigo la reducción del índice de volumen físico de la producción de pinturas en un 17.1% y la utilización de capacidad instalada en 11.8% [2] y [3] Además, de acuerdo a la encuesta de Opinión Industrial de la Sociedad Nacional de Industrias, otros de los factores que restringen la producción es el desabastecimiento de materia prima para el proceso de fabricación, la incertidumbre política, la menor demanda de productos y el incremento de precios. Además, la crisis de contenedores es otro de los factores logísticos que afecta al comercio internacional; por ende, a la cadena productiva del país, al presentarse altas tarifas de fletes y largos periodos de espera [4].

Garantizar que los pedidos serán entregados en la fecha prevista, es un factor importante para las empresas. El indicador (On Time Delivery), el cual está relacionado con la confiabilidad y retorno potencial de las próximas ventas, dado

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

que involucra el nivel de servicio estándar hacia los clientes. Sin embargo, de acuerdo con la revisión de la literatura científica, las propuestas de mejora enfocadas al sector de pinturas son limitadas a compañías con grandes niveles económicos y de colaboradores. Donde, dichas propuestas establecen supuestos de capitales altos para adoptar las herramientas que se desarrolla. Por lo tanto, en el caso de las micro y pequeñas empresas (Mypes), la aplicación de los modelos es relativa, pues después de la recesión económica a partir de la pandemia COVID-19, la realidad productiva de las Mypes ha sido una de las más afectadas. Frente a ello, se propone el modelo de aporte que integra 2 herramientas. Por un lado, con Standard Work se busca establecer los mejores métodos y secuencias de producción de pinturas para cada subproceso que comprende su fabricación. Por otro lado, con el Sistema de Renovación de Inventarios Q se busca establecer el control de materia prima mediante un modelo de inventarios que se ajusta a la realidad estadística de la empresa.

II. ESTADO DEL ARTE

A. Modelo de mejora de la productividad a través de la implementación de Lean Manufacturing

Mas que un conjunto de herramientas, Lean Manufacturing es una filosofía que se puede resumir en “hacer más con menos”, lo que significa que se usarán menos recursos y se producirá una cantidad mayor. Su principal objetivo es la eliminación de desperdicios. Un desperdicio se define como todo aquello que no agrega valor al proceso [5].

La eficiencia y la competitividad de las empresas son dos retos importantes en el mercado han motivado a muchas empresas manufactureras a planificar nuevas estrategias de gestión de la fabricación. La cuestión más crítica a la que se enfrentan los fabricantes hoy en día es cómo entregar sus productos o materiales rápidamente a bajo coste y con buena calidad [6] [7]. Así pues, estos mecanismos pueden ayudar a las Pymes a eliminar los residuos, mejorar la productividad y la calidad del producto, reducir el tiempo de entrega y obtener un mejor control operativo para mejorar la competitividad de la empresa y competir por los recursos internos. Más aun, en las pequeñas y medianas empresas, el uso de herramientas es escaso para mejorar los procesos y en base a ello, se deben seleccionar y priorizar las acciones de mejora y utilizarla adecuadamente [8] [9].

B. Impacto de Standard Work en la industria de manufactura

El objetivo del SW refiere a lo siguiente: a) takt time o el ritmo de producción que refiere a lo que se necesita para

satisfacer la demanda; b) la secuencia del trabajo o el conjunto de procedimientos de trabajo, cuyo objetivo es definir los mejores métodos y secuencias para cada proceso y c) el inventario estándar que refiere a la cantidad de productos en proceso (WIP) que se necesitan para asegurar el flujo de la operación y lograr un tiempo de ciclo óptimo para alcanzar el takt time deseado [10].

De acuerdo con TPS, la implementación de un procedimiento operativo estandarizado ayudará a disminuir el NVA en el flujo de producción y generando así una alta productividad, a través de actividades que no son duras, sino eficientes y activas: para alcanzar el equilibrio de la línea de producción entre todos los procesos y para reducir el tiempo de producción y determinar el proceso de lote mínimo, eliminando así el inventario y los desperdicios [11] [12]. Además, la manipulación y los movimientos ineficientes de los materiales no añaden ningún valor al producto y en consecuencia existe una prolongación de los tiempos del ciclo de producción. Varios estudios han confirmado que los cuellos de botella provocan las paradas de producción que afectan de forma crítica al rendimiento de todo el sistema de producción. En general, los cuellos de botella disminuyen la productividad de los sistemas de fabricación, limitando así la capacidad total de producción del sistema [13] [14].

C. Modelo de Gestión de materia prima bajo el Sistema de revisión continua Q

La importancia del manejo de inventarios radica en los costos que se generan, pues los niveles de existencia muy altos o bajos pueden generar pérdidas económicas importantes, debido a los costos de almacenaje, operación, y gestión [15]. Los componentes más importantes para el desarrollo de una política de inventarios son la demanda y los costos asociados al manejo de este. Dentro de los sistemas de revisión continua existen dos tipos, sistema Q y sistema S. En el primero, la cantidad de pedido es siempre la misma y se realiza el pedido cuando se llega al punto más bajo del nivel de inventario. El segundo, al igual que el anterior, se realiza el pedido en el punto más bajo pero la cantidad a pedir es tal que el nivel de inventario llegue a un valor máximo, este método es también conocido como método min-max, ya que el nivel de inventario siempre oscila entre estos dos valores [16]. En el sistema de revisión continua Q, el lote de compra se calcula tomando como base los costos que se generan al momento de realizar un pedido y los costos ocasionados por el almacenaje. Otra variable necesaria para el desarrollo de este modelo es el Lead Time que es el tiempo en el que un proveedor demora en entregar el pedido, durante este intervalo de tiempo, los niveles de inventario no dejan de bajar, debido a esto, es necesario calcular en que tanto disminuirán los niveles de inventarios mientras el proveedor entrega el pedido [17]. Adicionalmente, una variable vital para el modelo de inventarios es determinar un nivel de stock de seguridad, el cual se basa en el nivel de servicio. Las empresas que apuntan a la reducción de costos y el aumento de la eficiencia tienen un bajo nivel de servicio, ya que considerar un stock de seguridad no aumenta la eficiencia de la producción. En

cambio, las empresas que se enfocan en la satisfacción de los clientes como su estrategia de negocios, necesitan un nivel de servicio alto ya que perder una venta es devastador para su estrategia [18].

III. APORTE

A. Fundamentación

De acuerdo con la revisión de la literatura científica, el modelo propuesto está articulado bajo 2 modelos de referencia. Por un lado, lo que respecta al modelo del trabajo estandarizado [19] se menciona que el diseño propuesto está distribuido en cuatro fases: 1) Análisis del estado actual de los procesos de producción, 2) Análisis del tiempo, los movimientos, las posturas y el diseño antropométrico, 3) Implementación y 4) Estandarización visual de la tarea. Esta última comprende la formalidad y estandarización a nivel operativo de las actividades de producción que se deben desarrollar para un eficiente ciclo de producción. Por otro lado, el modelo de inventarios [20] este compuesto por los siguientes componentes: 1) Gestión de la demanda, 2) Control de inventarios y 3) Control de almacenamiento. Dichas fases refieren a la gestión de almacenamiento e inventarios de materia prima.

En base a ello, el modelo propuesto está compuesto por los siguientes componentes: Estandarización de las actividades y Gestión de almacén de materia prima.

B. Componentes del modelo

1) Componente 1: Estandarización de actividades

El presente componente ha sido desarrollado bajo la herramienta Standard Work, la cual pretende reducir el tiempo de ciclo de producción total comprendidas en las estaciones de: molido, filtrado, mezclado, llenado y empaquetado. Asimismo, el tiempo de búsqueda de insumos herramientas y el tiempo de traslado de materiales y operarios. Esto, a través de la optimización y estandarización de las actividades que comprende cada proceso. Como etapa inicial se debe desarrollar una capacitación a los operarios, para el entendimiento de la Filosofía Lean Manufacturing y la herramienta Standard Work, asignación de responsabilidades de los procesos establecidos.

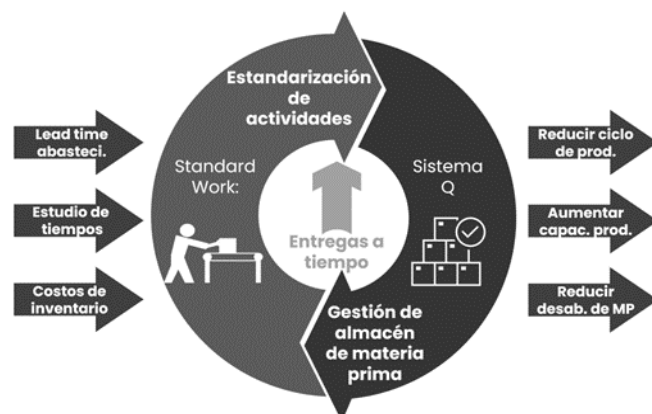


Fig. 1 Modelo propuesto

- Primera actividad

Corresponde a la determinación de la secuencia de actividades a través del Time Measurement Sheet (TMS) donde se identifica los tiempos de las actividades y para su fácil entendimiento, dicha hoja es segmentada por tiempos de operación, tiempos de transporte, tiempos de control y tiempos de espera.

- Segunda actividad

Corresponde al desarrollo del Procedimiento Operativo Estándar (3) que corresponde al volcamiento de operaciones registrados en la anterior actividad. Está comprendido por tres factores (columnas): Actividad, Descripción y Control.

- Tercera actividad

Corresponde al desarrollo del control visual del proceso (Visual AID) que son distribuidas en cuatro elementos u espacios. Los cuales comprenden la descripción específica del uso de la herramienta de forma narrativa y visual por medio de una imagen. Debe establecerse los parámetros de calidad o normativa que aseguren la calidad del producto por estación o proceso.

- Cuarta actividad

Corresponde al desarrollo del nuevo tiempo estándar bajo la metodología Westinghouse que refiere al rango de observaciones por actividad y valor de actuación del operario. Además, la Organización Internacional del Trabajo refiere a los valores fijos y variables de suplementos por descanso. Esto después de haber implementado las actividades estándar a nivel operativo del Standard Operating Procedure y el control Visual AID.

- Quinta actividad

Corresponde al desarrollo de la tabla de combinación de trabajo estándar (SWCT), la cual permite visualizar de manera gráfica la secuencia de operaciones que se ejecutan para la fabricación del producto. Dicha herramienta está compuesta por el tiempo de operación manual, automático que corresponde al tiempo de máquina y el tiempo de traslado definido entre estaciones y procesos.

2) Componente 2: Gestión de almacén de materia prima

Para el desarrollo del componente 2 se ha utilizado el sistema de revisión continua Q, esto se debe a que es el Sistema que mejor se ajusta a la situación operativa de la empresa que refiere a una demanda estocástica y costo de implementación es menor a otros sistemas de inventario. El objetivo de este sistema es mantener un nivel de inventario óptimo de materia prima que pueda satisfacer los requerimientos de las líneas de producción.

- Primera actividad

Corresponde a la determinación del lead time de abastecimiento del proveedor, costos de mantenimiento de inventario y costos de orden. La recopilación de datos debe ser autentica y el periodo no debe ser mayor a un mes; esto con el objetivo de recaudar data histórica que exponga la situación actual de la empresa.

- Segunda actividad

Corresponde al cálculo de la cantidad de stock de seguridad. Para ello previamente es necesario recaudar

información estadística respecto a la desviación estándar de la demanda del último año y el nivel de servicio que ofrece la empresa. Los datos recopilados deben ser auténticos y convincentes para un correcto cálculo.

- Tercera actividad

Corresponde al cálculo del punto de punto de pedido o reorden (R) y al cálculo de la cantidad óptima de pedido (Q*). Si bien la determinación de dichas variables es a través de una fórmula matemática, es admisible el soporte del conocimiento del movimiento mercado. Dado que el punto (R) refiere a que cuando la cantidad de inventario llegué a dicho valor, se debe realizar el pedido al proveedor por la cantidad de lote (Q*).

- Cuarta actividad

Corresponde al desarrollo de políticas de inventario que permitan controlar el proceso de abastecimiento e inventarios de la materia de prima. Para ello, a través del desarrollo de formatos de control de entrada de materia prima se puede monitorear la fecha, cantidad, calidad y proveedor que abasteció los insumos. Asimismo, el reporte de causas permite identificar las casuísticas de presentarse en el almacén y abastecimiento de materia prima.

C. Indicadores de resultado

De acuerdo con la investigación de datos estándares del mercado al que pertenece a la empresa, se pudo determinar el valor To Be esperado para el On Time Delivery y Rotura de Stock. La frecuencia del indicador es mensual y como input principal se utiliza el registro de pedidos de la empresa.

TABLA I
SITUACIÓN ESPERADA

Indicador	Situación As Is	Situación To be
On Time Delivery	50.8%	74.6%
Rotura de Stock	6.28%	0.10%

A continuación, se muestran los indicadores

- Indicador On Time Delivery

1. Nombre:	On time delivery
2. Objetivo:	Medir el índice de entregas a tiempo del total de pedidos entregados al cliente.
3. Fórmula de Cálculo:	$On\ Time\ Delivery = \frac{Pedidos\ entregados\ a\ tiempo}{Total\ de\ pedidos} \times 100\%$
4. Nivel de Referencia:	<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #00FF00; margin-right: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 2px;">Mayor a 75%</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #FFD700; margin-right: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 2px;">Entre 65% y 74%</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #FF0000; margin-right: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 2px;">Menor a 64%</div> </div> </div>

Fig. 2 Indicador On Time Delivery

- Indicador Capacidad de producción

1. Nombre: Capacidad de producción
2. Objetivo: Identificar la capacidad de producción según el tiempo disponible y el tiempo de ciclo de producción.
3. Fórmula de Cálculo: $\text{Capacidad de producción} = \frac{\text{Tiempo disponible de producción}}{\text{Tiempo de ciclo}}$
4. Nivel de Referencia: <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div> Mayor a 1500 galones</div> <div> Entre 1301 a 1499 galones</div> <div> Menor a 1300 galones</div> </div>

Fig. 3 Capacidad de producción

- Indicador Rotura de stock de materia prima

1. Nombre: Rotura de stock
2. Objetivo: Identificar la rotura de stock de referencias en el almacén de materia prima en un determinado tiempo.
3. Fórmula de Cálculo: $\text{Rotura de stock} = \frac{\text{Referencias que se han quedado sin stock}}{\text{Referencias totales}} \times 100\%$
4. Nivel de Referencia: <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div> Menor a 1.5%</div> <div> Entre 1.6 % a 6.4%</div> <div> Mayor a 6.5%</div> </div>

Fig. 4 Indicador rotura de stock de MP

IV. VALIDACIÓN

La validación será bajo un sistema híbrido. Es decir, el componente 1: Estandarización de actividades será a través de la Implementación y el segundo componente: La gestión de Inventarios de materia prima será a través de la Simulación con ayuda del software ARENA. La investigación propone un modelo integral de dos herramientas, consideradas por la literatura científica, de un manejo de instalación no complicado para micros y pequeñas empresas.

A. Implementación de Estandarización de actividades

La propuesta de Standard Work radica en la implementación de procedimientos de trabajos estándar mediante el Standard Operating Procedure (SOP) y Visual AID, dado que el operario de producción recurre a la improvisación y al conocimiento empírico, teniéndose en cuenta que cada producto presenta 6 variedades de color, es decir, son en total 30 variedades de preparación de pintura con diferentes métodos de preparación.

Es importante mencionar que parte de las restricciones funcionales correspondía a que los operarios de producción compartían herramientas de producción y control, lo cual indiscutiblemente ocasionaba un alargamiento (cuello de botella) en el tiempo de ciclo de producción. Para ello, de acuerdo con la disposición de la empresa se optó la compra de 4 herramientas sujetos a depreciación y considerados en el flujo de caja económico del presente proyecto.

Asimismo, parte de los feedbacks recogidos en las charlas de capacitación se identificó una alta preocupación de la gerencia a que los insumos sean descritos explícitamente en el procedimiento operativo estándar (SOP). A partir de ello, la propuesta del proyecto fue desarrollar SKUs a los diferentes insumos (pigmentos, disolventes, cargas, aditivos y aglutinantes) previamente validados por la jefatura de producción. Por temas de confidencialidad no serán descritos en el presente artículo.

Seguidamente, para que el operario pueda interpretar el insumo y el peso a utilizar de la fabricación de las pinturas se propuso que el peso este anexo al insumo en el procedimiento operativo estándar con el objetivo de una optimización del tiempo de ciclo de producción a través de una lectura rápida y eficiente del SOP.

Tal cual se mencionó en la descripción detalla de Standard Work (Ver pág. 2) la primera actividad corresponde a identificar las operaciones lean para la fabricación de pinturas. Para ello, del análisis de operaciones recogidos en la herramienta Time Measurement Sheet (TMS), se procede a volcar las operaciones en el SOP. El cual comprende tres factores (columnas): Actividad, Descripción y Control. Por ejemplo, la actividad 03 corresponde a Ejecutar filtrado, la descripción comprende el insumo, la cantidad y el tiempo a ejecutarse en la máquina de filtrado; y el control corresponde a seguir el Visual AID 1 que refiere a la otra herramienta de Standard Work respecto al uso de las herramientas y control del producto en proceso. En la figura 6 se observa el Standard Operating Procedure propuesto para la fabricación de pintura GL001 (Gloss).



VOLCAN		Instructivo visual: Control de finura del grano	Versión: 01
		Nombre del producto: GL001-245 GL	
Área: Molido		Actividad: Refiere a la actividad 04 del SOP	
Dueño del proceso: Jefe de Producción		Responsable del proceso: Operario químico	
Elemento 1: Establecer la posición del grindómetro sobre la superficie horizontal plana. El código asignado al grindómetro (ubicado en la base) debe estar alineado a la mesa de control).		Elemento 2: Retirar una muestra de la molienda de 500 ml en el recipiente asignado a cada operario. El concentrado de sustancias debe agitarse por dos minutos en forma giratoria con la espátula asignada.	
			
Elemento 3: Asignar el concentrado de sustancias (500 ml) en el extremo izquierdo del grindómetro y con el raspador de borde (rasqueta) arrastrar en posición contraria hasta el otro extremo poco profundo del grindómetro. El arrastre debe situarse entre un lapso de 1 a 3 segundos.		Elemento 4: Levantar el grindómetro a la altura de los ojos (posición recta), examinar el lugar de la medición, oblicuamente, a contraluz. Leer el resultado, en donde sean visibles muchas partículas de pigmento en la fina capa superficial. La finura del grano no debe exceder de 5mm de dispersión.	
			

Fig.5 AID

Standard Operating Procedure			
Procedimiento: Fabricación de Pinturas			Versión: 01
Nombre del producto: GL001-245 GL			Operarios: 1
Áreas: Molido, Filtrado, Mezclado, Llenado, Empaquetado			
Dueño del proceso: Jefe de Producción			
Responsable del proceso: Operario Químico			
Equipos: Torre de molido, Torre de filtrado, Torre de mezclado y Máquina empaquetadora			
Herramientas de control: Grindómetro y Viscosímetro			
Nº	Actividad	Descripción	Control
1	Pesar solventes y cargas	El operario químico identifica los solventes en el almacén y los pesa: SSF147: 14.7 L SRS128: 12.8 L F17F: 5L El operario se traslada al área de molido.	Validar peso
2	Pesar aditivos	El operario químico identifica la carga aditiva en el almacén y lo pesa: CA32: 3.2 kg El operario se traslada al área de molido	Validar peso
3	Ejecutar filtrado	El operario químico enciende la torre de filtrado, agrega la carga aditiva CA32 en la molienda y ejecuta el filtrado por 25 minutos. El operario se traslada al área del almacén.	Medir tamaño de grano (Ver Visual AID 1)

Fig.6 Standard Operating Procedure

La implementación de los controles visuales o Visual AID refieren a los controles del proceso de fabricación de pinturas. En el caso del control del tamaño del grano, se presenta el Visual AID 1 que corresponde al uso eficiente de la herramienta grindómetro y los parámetros a respetar según los estándares de calidad o normativa que el Estado en cuestión proponga en su base de leyes.

Por ejemplo, en el último elemento o paso se especifica que la finura del grano no debe exceder los 3 mm de dispersión; de ser así, el operario debe levantar la observación y evitar un posible reproceso posterior que desencadena un alargamiento del tiempo de ciclo de producción. En la Figura 6 se observa el control visual 1 propuesto para el control del grano.

Finalmente, una vez definidas las actividades a desarrollarse operativamente se procede a calcular el nuevo tiempo estándar bajo la metodología Westinghouse y la Organización Internacional del Trabajo; pues la propuesta radica en establecer actividades a nivel operativo: Standard Operating Procedure y Visual AID; y a nivel de tiempos bajo estándares ingenieriles según lo predicado por dichas instituciones internacionales. A continuación, las ecuaciones que definen el tiempo normal y estándar respectivamente.

$$T_{normal} = T_{observado} * Valor\ de\ actuación. \quad (1)$$

$$T_{estándar} = T_{normal} * (1 + suplementos). \quad (2)$$

Entonces, en base a lo mencionado anteriormente se identifica primero el tiempo de ciclo utilizado para las operaciones; donde según Westinghouse se procede a calcular el promedio (tiempo observado) por actividad u operación de las 5 observaciones tomadas.

El valor de actuación será definido por las conductas de valoración que presente el operario con mayor experiencia y

desarrollo productivo señalado únicamente por la jefatura de producción y validado por la Gerencia. La valoración total presenta un valor de 12%

Seguidamente, se valoriza los suplementos tomando como referencia el método A (suplementos por descanso) de la Organización Internacional de Trabajo; lo cuales considera como suplementos fijos a Necesidades Personales y Fatiga para el operario de sexo hombre. La calificación de suplementos presenta un total de 23%.

De acuerdo con los datos identificados anteriormente se puede calcular el nuevo tiempo estándar para la fabricación de un lote de 245 galones. En la tabla II se presenta el número de operaciones (según SOP), el proceso al cual corresponde y el tiempo observado (promedio de 5 observaciones por actividad), tiempo normal (tiempo observado multiplicado por 12%) y tiempo estándar (tiempo normal multiplicado por 23%).

B. Simulación de Gestión de inventario de materia prima

El desarrollo de esta herramienta propuesta se realiza mediante el uso de simulación, utilizando el programa Arena Simulation. Este nos permite desarrollar modelos para analizar los cambios que traerían consigo la propuesta sin la necesidad de llevarla a cabo. Además, permite simular extensos periodos de tiempo, meses o años, en cuestión de horas. El resultado que se espera obtener es la reducción o eliminación de la rotura de stock generando el menor costo de almacenamiento. Para el desarrollo de la simulación primero se elabora la representación del sistema, segundo, se analizan los datos de entrada, tercero, se diseña el modelo de simulación dentro del programa Arena Simulation y finalmente, se analizan los datos de salida.

TABLA II
CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR

Elemento	Proceso	T.O.	T.N.	T. E.
1-10	Molido	41.19	46.14	56.75
11-15	Filtrado	27.16	30.42	37.41
16-24	Mezclado	43.54	48.76	56.98
25-28	Llenado	23.65	26.49	32.58
29-30	Empaquetado	28.07	31.44	38.67
TOTAL		163.61	183.24	225.39

Entonces, para el cálculo de la capacidad de producción se identifica el tiempo efectivo (480 minutos) de operación que dispone la empresa para la fabricación y es dividida contra el ciclo de producción.

TABLA III
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN

Ítem	Valor	Unidad
Capacidad de producción	2.12	lotes/turno
Capacidad de producción	519	galones/turno

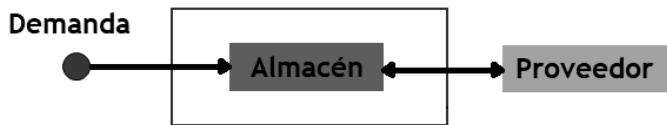


Fig. 7 Representación del Sistema

TABLA V
DATOS DE ENTRADA

Parámetro	Tipo
Cantidad demandada	Constante
Tiempo entre demandas	Variable aleatoria
Tiempo de entrega	Variable aleatoria

- Representación del sistema

El sistema empieza con la demanda de las líneas de producción. Estas solicitan al almacén los insumos necesarios para la elaboración de un lote de pintura. El almacén provee este insumo y observa que faltan o quedan pocos insumos, realiza un pedido al proveedor. El proveedor, luego de un determinado tiempo, entrega el pedido al almacén y este finalmente se envía a las líneas de producción.

- Análisis de datos de entrada

En este punto se determinan los valores de todos los parámetros involucradas en el sistema, es decir, los valores constantes y las variables aleatorias (Ver Tabla VIII).

La cantidad demandada es constante debido a que un lote de pintura siempre es de 245 galones y la receta no varía. Para las variables aleatorias se tomaron 100 mediciones, se eliminaron las mediciones anómalas y esta información se procesó en el programa Input Analyzer, el cual brinda la distribución estadística de estas variables aleatorias, así como también, las pruebas de bondad de ajuste Chi Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov. Para las dos variables aleatorias se tienen un p-value que indica que ambas variables son válidas y pasan las pruebas (Ver Fig. 13 y 14)

- Diseño del modelo

En este punto empezamos a usar el programa Arena Simulation. Se modela la situación de la empresa: Modelo As Is (Ver Fig. 8) utilizando las variables previamente obtenidas. Se inicia la simulación con un número de corridas igual a 30, valor que no cumple con el 95% de confianza. Se realiza el ajuste y se tiene como resultado un número de como mínimo 160 corridas para satisfacer el nivel de confianza. Este modelo no puede variar en más de un 5% de la situación real. Para validar esto se usa el indicador rotura de stock. Como se aprecia en la siguiente tabla, se tiene una diferencia de 3.76%, lo que significa que el modelo es válido.

A continuación, se procede a realizar la simulación del modelo propuesto (modelo To Be). Es importante delimitar las condiciones reales del modelo. En este caso, la única restricción es la cantidad de pedido Q^* , el proveedor vende los insumos al por mayor en paquetes de diez sacos de insumos, es decir, solo se puede pedir una cantidad de sacos múltiplo de diez.

TABLA VI
SIMULACIÓN DE SITUACIÓN ACTUAL

Variable	As Is	Real	Diferencia
Lote producido	713	746	-4.42%
Lote no producido	49.7	50	-0.60%
Rotura de stock	0.0652	0.0628	+ 3.76%

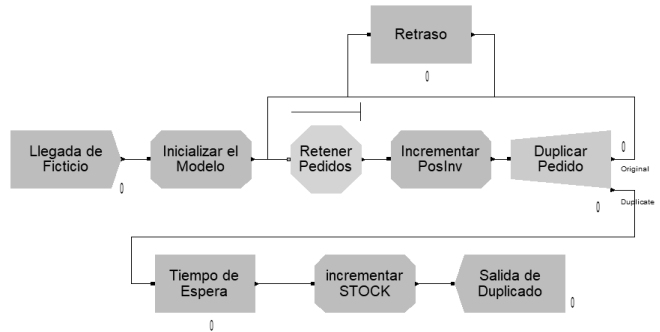
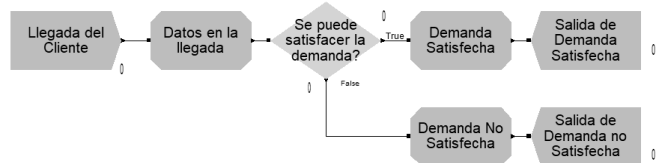


Fig.8 Modelo

TABLA VII
ANÁLISIS DE COSTOS DE INVENTARIO

Q^*	C. Almacenaje	C. Pedidos	Costo total
700	S/ 11,100.37	S/ 11,779.69	S/ 22,880.06
710	S/ 11,206.42	S/ 11,713.49	S/ 22,919.91
720	S/ 11,377.31	S/ 11,628.37	S/ 23,005.67
730	S/ 11,515.37	S/ 11,391.92	S/ 22,907.29
740	S/ 11,638.30	S/ 11,141.29	S/ 22,779.59
750	S/ 11,684.40	S/ 10,975.78	S/ 22,660.17
760	S/ 11,887.79	S/ 10,857.56	S/ 22,745.35

Para el desarrollo de este modelo, se inició con los valores teóricos del sistema de punto de repedido como base y se tabula de diez en diez la cantidad de pedido Q con el fin de obtener el menor costo asociado.

Como resultado, con una cantidad de pedido Q^* de 750 sacos se obtiene el menor costo total y el punto de repedido es de 731 sacos. Es decir, cuando el nivel de inventario llegue o baje de 731 sacos, se debe realizar un pedido al proveedor por una cantidad de 750 sacos.

- Análisis de datos de salida

Luego de realizada la simulación, y se obtiene con un 95% de confianza una reducción del índice de rotura de stock de 6.52% a 0.22%.

C. Evaluación de impacto económico

Se evaluará la viabilidad de la propuesta mediante el uso del flujo de caja a través de indicadores como el VAN y el TIR. Este flujo de caja será por un periodo de 5 años, para los

cuales, se utiliza un valor de inflación de 10% debido al contexto socio económico que atraviesa el país y la región.

- Beneficios económicos

Para la propuesta el beneficio económico está representado mediante la disminución de penalidades, es decir, a medida que los indicadores de la empresa mejoren, se dejara de pagar parte de estas penalidades. Cabe señalar que las penalidades están directamente relacionadas a la cantidad de pedidos retrasados.

- Inversión y costos asociados a la implementación

Esto refiere a los costos e inversiones involucrados en el desarrollo de la propuesta. Por un lado, la inversión comprende la compra de materiales y equipos sujetos a depreciación. Por otro, el costo fijo correspondiente al sueldo anual de un almacenero que llevará el adecuado control de los inventarios.

- Indicadores financieros

Para el desarrollo del flujo de caja se utiliza un COK de 9.287%, valor obtenido mediante la siguiente formula:

$$COK = r_f + \beta * (r_m - r_f) + r_{pa\ is} \quad (3)$$

En la tabla (X) se muestran las variables económicas asociadas al mercado peruano y al mercado de productos químicos derivados necesarios para calcular el COK.

Los valores de las variables económicas fueron obtenidos de la base de datos de la Universidad de Nueva York (2022). Luego de desarrollar el flujo de caja se obtuvieron los siguientes resultados financieros.

TABLA VIII
ROTURA DE STOCK

Variable	As Is	To Be
Lote producido	713	746
Lote no producido	49.7	50
Rotura de stock	0.0652	0.0022

TABLA IX
INVERSIONES Y COSTOS

Concepto	Monto
Inversión en equipos	S/ 8,141.00
Inversión en materiales	S/ 11,061.20
Costo fijo anual	S/ 22,832.91

TABLA VIII
REDUCCIÓN DE PENALIDADES

	As Is	To Be
On Time Delivery	50.75%	74.60%
Pedidos retrasados	49.25%	25.40%
Penalidad asociada	S/ 79,735.50	S/ 41,121.43
Disminución	S/ 38,614.07	

TABLA X
INDICADORES FINANCIEROS

Indicador	Valor
COK	9.287%
VAN	S/ 34,222.14
TIR	61.29%
Periodo de recuperación	1.89 años

Como se observa la Tasa Interna de Retorno (TIR) es mayor al Costo de Oportunidad del Capital (COK), lo que significa que el proyecto es rentable y se estima que a partir de 1.89 años se recupera la inversión en el proyecto.

VI. CONCLUSIONES

A través de la implementación del Standard Operating Procedure (SOP) se logró establecer actividades lean que agregan valor al proceso de fabricación y mediante la implementación del Visual AID se obtuvo un control de producción más fluido sin embotellamientos o reprocesos. Esto permitió optimizar el tiempo de ciclo de producción en un 33.6% (301.13 min a 225.39 min) y, por lo tanto, aumentar la capacidad de producción en un 13.51% (1377 galones/turno a 1563 galones/turno).

Mediante la simulación del modelo de inventario Q se logró identificar el punto de repedido y la cantidad óptima de compra optimizándose los costos de inventario y ordenamiento. Así también del cálculo de stock de seguridad para el abastecimiento fluido en eventos emergentes que atraviese la empresa. Esto permitió reducir la rotura de stock de materia prima de 6.52% a 0.22%.

De acuerdo con el análisis financiero se obtiene una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 61.29% y un Valor Actual Neto (VAN) de S/34,222.14, lo que significa que el proyecto es viable. Asimismo, la recuperación de la inversión del proyecto se presentará en 1.89 años.

REFERENCIAS

- [1] "Elaboración de pinturas, barnices y productos similares," *Sociedad Nacional de Industrias*, Lima, Peru, 2019 . Available: <https://sni.org.pe/julio-2019-fabricacion-pinturas-barnices-lacas-otros-similares/>
- [2] "Desempeño del Sector Industrial Manufacturera - Julio 2021," *Ministerio de la Producción*, Lima, Peru, Jul. 2021. Available: <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/estadistica-oece/estadisticas-manufactura>
- [3] "Anuario Estadístico Industrial, Mipyme y Comercio Interno," *Ministerio de la Producción*, Lima, Peru, 2020. Available: <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oece-documentos-publicaciones/publicaciones-anauales/item/996-anuario-estadistico-industrial-mipyme-y-comercio-interno-2020>
- [4] "Resultados encuesta de opinión industrial (EOI) III trimestre 2021," *Sociedad Nacional de Industrias*, Lima, Peru, Nov. 2021. Available: <https://sni.org.pe/encuesta-opinion-industrial/>
- [5] C. Pérez, E. Olivares, H. Minor, P. Pacheco and M. Pérez, "Implementation of Lean Manufacturing to Reduce the Delivery Time of a Replacement Part to Dealers: A Case Study," *Applied Sciences*, vol 9, no 18, Set. 2019, Art. 3932, doi: 10.3390/app9183932.

- [6] S. Zahraee, A.Hashemi, A. Abdi and A. Shahpanah, "Lean Manufacturing Implementation Through Value Stream Mapping: A Case Study," *Jurnal Teknologi*. Vol. 68, 2014, pp. 119–124, doi: 10.11113/jt.v68.2957.
- [7] M. Holweg, "The genealogy of lean production", *Journal of Operations Management*, Vol. 25, No 2, March 2007, pp. 420-437, doi: 10.1016/j.jom.2006.04.001
- [8] D. Rajenthirakumar, R. Shankar and R. Gowtham, "Analyzing the benefits of lean tools: a consumer durables manufacturing company case study," *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara - International Journal of Engineering*, Vol. 9 Issue 3, September 2011, pp. 335-339, doi: 10.1016/j.ijpe.2006.09.009.
- [9] C. Roriz, E. Nunes and S. Sousa, "Application of Lean Production Principles and Tools for Quality Improvement of Production Processes in a Carton Company," *Procedia Manufacturing*, Vol. 11, 2017, Pages 1069-1076, doi: 10.1016/j.promfg.2017.07.218
- [10] W. Fazinga, F. Saffaro, E. Isatto and E. Lantelme, "Implementation of standard work in the construction industry," *Revista Ingeniería de Construcción*, vol.34, no 3, pp. 288-298, 2019.
- [11] S. Nallusamy, "Efficiency Enhancement in CNC Industry using Value Stream Mapping, Work Standardization and Line Balancing," *International Journal of Performability Engineering*, Vol. 12, No. 5, September 2016, pp. 413-422, doi: 10.23940/ijpe.16.5.p413.mag.
- [12] J. Fin, G. Vidor, I. Cecconello and V. Campos (2017). "Improvement based on standardized work: an implementation case study," *Brazilian Journal of Operations & Production Management*. Vol. 14, No. 3, September 2017, pp. 388, doi: 10.14488/BJOPM.2017.v14.n3.a12.
- [13] El-Namrouty, M. AbuShaaban, "Seven wastes elimination targeted by lean manufacturing case study: gaza strip manufacturing firms." *International Journal of Economics, Finance and Management Sciences*, Vol. 1, No. 2, April 2013, pp. 68-80, doi: 10.11648/j.ijefm.20130102.12
- [14] Roser and M. Nakano, "A Quantitative Comparison of Bottleneck Detection Methods in Manufacturing Systems with Particular Consideration for Shifting Bottlenecks". *Advances in Production Management Systems: Innovative Production Management Towards Sustainable Growth*, Vol. 340, No. January 2015, doi: 10.1007/978-3-319-22759-7_32.
- [15] J. Cardona., J. Orejuela and C. Rojas, "Gestión de inventario y almacenamiento de materias primas en el sector de alimentos concentrados," *Revista EIA*, vol 15, no 30, pp. 195–208, 2018, doi: 10.24050/reia.v15i30.1066.
- [16] B. Cobb, "Optimization Models for the Continuous Review Inventory System," *International Journal of Operations Research and Information Systems*, vol 8, no 1, Art. 1, 2017, doi: 10.4018/IJORIS.2017010101
- [17] A. Malik and B. Sarkar, "Optimizing a Multi-Product Continuous-Review Inventory Model With Uncertain Demand, Quality Improvement, Setup Cost Reduction, and Variation Control in Lead Time," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 36176-36187, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2849694
- [18] F. Tuffaha and M. Aldurgam, "An integrated process targeting and continuous review system with sampling inspection," *International Journal of Engineering Business Management*, vol 13, no 1, pp. 1-13, 2021, doi: 10.1177/1847979021999271.
- [19] Realyvásquez, K. Arredondo, J. Blanco, J. Sandoval, E. Jiménez and J. García, "Work Standardization and Anthropometric Workstation Design as an Integrated Approach to Sustainable Workplaces in the Manufacturing Industry," *Sustainability*, Vol. 12, No. 9, May 2020, pp. 3728; doi: 10.3390/su12093728.
- [20] Cardona, J., Orejuela, J., Rojas, C. (2018) Gestión de inventario y almacenamiento de materia prima en el sector de alimentos concentrados. *Revista EIA*. <https://doi.org/10.24050/reia.v15i30.1066>