

IMPLEMENTACIÓN DE UNA METODOLOGÍA BASADA EN ESTRATEGIAS DE SECUENCIACIÓN DE TAREAS PARA UNA PYME DEL SECTOR MUEBLERO

1

Sinuhé Ginés Palestino^{1*}, Ruby Sheila Gines Palestino², Martha Patricia González Leyva³, Consuelo Ginés Palestino¹, Daniel Montalvo Salinas⁴

1. Instituto Tecnológico de Orizaba, Avenida Oriente 9 No. 852. Col. Emiliano Zapata. Orizaba, Veracruz, México, C.P. 94320.

*sinuhe.gines@gmail.com

2. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Oriente 6 No. 1009, Col. Rafael Alvarado, Orizaba, Veracruz, Mexico, C.P. 94340.

3. Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Serdán. Avenida Tecnológico S/N, Col. La Gloria, Ciudad Serdán, Puebla, México, C.P. 75520.

4. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos. CARRETERA, Antigua a Minatitlán KM 16.5, Reserva Territorial, Coatzacoalcos, Veracruz, México. C.P. 96536.

Resumen – En este estudio se desarrolló un sistema de planificación de la producción basado en reglas de secuenciación para una PyMEs del sector mueblero, con el objetivo de mejorar significativamente el cumplimiento de fechas de entrega y reducir los tiempos promedio de flujo total. Se aplicaron seis reglas de secuenciación sobre un conjunto de pedidos reales en una empresa manufacturera de mobiliario escolar y de oficina. Los resultados demuestran que la regla Shortest Processing Time (SPT, por sus siglas en inglés) minimiza significativamente el tiempo total de flujo y reduce el porcentaje de pedidos atrasados, mostrando superioridad en eficiencia operativa frente a otras reglas. Además, se integró una herramienta computacional basada en Excel-VBA para la automatización del cálculo de tiempos de procesamiento y la aplicación de las reglas, facilitando la toma de decisiones en la programación diaria. La metodología propuesta permite a las PyMEs muebleras mejorar su capacidad de respuesta ante la demanda, incrementar la puntualidad en entregas y usar los recursos productivos de manera estratégica.

Índice de Términos – EDD, PyMEs, Secuenciación, SPT.

Abstract - This study develops and implements a production planning system based on sequencing rules for a SMEs in the

furniture sector, with the aim of significantly improving delivery date compliance and reducing average total flow times. Six sequencing rules were applied to a set of actual orders in a school and office furniture manufacturing company. The results show that the Shortest Processing Time (SPT) rule significantly minimizes total flow time and reduces the percentage of late orders, demonstrating superior operational efficiency compared to other rules. In addition, an Excel-VBA-based computational tool was integrated to automate the calculation of processing times and the application of rules, facilitating decision-making in daily scheduling. The proposed methodology allows furniture SMEs to improve their responsiveness to demand, increase delivery punctuality, and use productive resources strategically.

Keywords – EDD, Sequencing, SMEs, SPT.

I. INTRODUCCIÓN

Las pequeñas y medianas empresas (PyMEs) del sector mueblero enfrentan desafíos críticos en la planificación y control de la producción, lo que frecuentemente deriva en retrasos en la entrega de pedidos y pérdida de credibilidad ante los clientes. Esta problemática, agudizada por la alta

¹Documento recibido el 02 de febrero de 2026.

Autores: 1. Sinuhé Ginés Palestino. Doctorante adscrito al Instituto Tecnológico de Orizaba. Avenida Oriente 9 No. 852. Col. Emiliano Zapata. Orizaba, Veracruz, México, C.P. 94320. Correo: sinuhe.gines@gmail.com

2. Ruby Sheila Gines Palestino. Dra. adscrita a la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Oriente 6 No. 1009, Col. Rafael Alvarado, Orizaba, Veracruz, Mexico, C.P. 94340. Correo: rgines@uv.mx

3. Martha Patricia González Leyva. Mtra. adscrita al Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Serdán. Avenida Instituto Tecnológico S/N, Col. La Gloria, Ciudad Serdán, Puebla, México, C.P. 75520. Correo: patriciaglezleyva@gmail.com

4. Consuelo Ginés Palestino. Doctorante adscrita al Instituto Tecnológico de Orizaba. Avenida Oriente 9 No. 852. Col. Emiliano Zapata. Orizaba, Veracruz, México, C.P. 94320. Correo: consuelo_gp@hotmail.com

5. Daniel Montalvo Salinas. Dr. adscrito al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos. CARRETERA, Antigua a Minatitlán KM 16.5, Reserva Territorial, Coatzacoalcos, Veracruz, México. C.P. 96536. Correo: ibq.dmontalvos@gmail.com

variabilidad de productos y la falta de estandarización de procesos, requiere de metodologías robustas que permitan una programación eficiente de las operaciones. La importancia de sistemas de control de producción que regulen el flujo de materiales para alcanzar un buen desempeño dentro de los objetivos empresariales. Con base a lo que fundamenta [1], [2], la incapacidad para estimar tiempos de procesamiento de forma precisa debido al carácter artesanal y variable de los productos, exige el desarrollo de herramientas adaptadas a este entorno específico.

En este contexto, las reglas de secuenciación surgen como una herramienta fundamental como parte de la Ingeniería Industrial, para mejorar la asignación de recursos y el orden de procesamiento de pedidos. De acuerdo a los planteamientos de [3], [4], la aplicación de reglas como SPT (Shortest Processing Time) o EDD (Earliest Due Date) puede minimizar el tiempo de flujo total y reducir los retrasos en entornos de manufactura diversificada. Con base a lo expuesto por [5], estas reglas permiten establecer prioridades con base en criterios como el tiempo de procesamiento, la fecha de entrega o la holgura disponible, facilitando una toma de decisiones más informada y eficaz. Para implementar estas reglas de manera práctica en PyMEs con limitaciones técnicas y recursos escasos, se propone el uso de herramientas computacionales accesibles, como MS Excel con programación Visual Basic for Applications (VBA) [6].

Por lo anterior, la integración de un sistema de este tipo permite no solo calcular tiempos de producción con base en indicadores estandarizados, sino también simular escenarios de secuenciación para seleccionar la regla más adecuada según las condiciones específicas de la empresa. Este artículo está estructurado en seis secciones principales. Tras esta introducción, se presenta un estado del arte mediante la revisión de la literatura que profundiza en los fundamentos de las reglas de secuenciación y los contrastes con otras aportaciones para eficientar la programación de la producción. La sección de materiales y métodos describe el diseño e implementación de la herramienta computacional desarrollada. Posteriormente, se analizan los resultados obtenidos tras la aplicación de seis reglas de secuenciación en un caso real, seguido de la discusión de resultados conforme a sus implicaciones prácticas. Finalmente, se exponen las conclusiones y se listan las fuentes de información utilizadas.

II. ESTADO DEL ARTE

En esta sección se abordan tópicos asociados a la administración de la producción, resaltando la importancia que tiene la programación de pedidos en un proceso productivo de características artesanales y las herramientas básicas de mejora para medir el desempeño del trabajo. También, se contempla la descripción de los fundamentos de la propuesta de reglas de secuenciación en un sistema computacional. Finalmente, la discusión de investigaciones que han revolucionado el uso de esta y otras técnicas de ingeniería, que propician una distinción

entre los precedentes planteados, así como la implementación que se desarrolló en este trabajo.

De acuerdo a la aportación de [7], la planeación y control de la producción en entornos de manufactura con alta variabilidad de productos, como el sector mueblero artesanal, requiere del establecimiento de estándares de tiempo confiables que permitan una programación efectiva. Los sistemas de tiempos predeterminados, constituyen una técnica moderna para establecer estándares mediante la descomposición de trabajos en movimientos básicos asignados a tiempos específicos. Esta aproximación resulta particularmente útil en etapas de diseño previas a la producción, permitiendo evaluar y mejorar métodos operativos, calcular costos de mano de obra y justificar la inversión en herramientas o maquinaria. Su aplicación facilita la creación de bases de datos de tiempos estandarizados que son esenciales para la planeación precisa en empresas con producción diversificada.

Con base a lo establecido en [8], la calificación del desempeño operativo es fundamental para ajustar los tiempos medidos a las condiciones reales de trabajo. El Sistema Westinghouse, evalúa cuatro factores determinantes: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia. Este sistema asigna valores porcentuales a cada factor, para desempeño deficiente, combinándose algebraicamente para obtener un factor de calificación global. Este sistema requiere capacitación considerable para diferenciar los niveles de cada atributo, pero proporciona una evaluación del desempeño del operario considerando variables ambientales y humanas que afectan la productividad.

La secuenciación de operaciones representa la culminación del proceso de planeación, donde las reglas de despacho organizan el flujo de trabajo. En los análisis planteados por [4], [5] se identifican múltiples reglas de prioridad, incluyendo FCFS (First-Come, First-Served), SPT (Shortest Processing Time), EDD (Earliest Due Date), y CR (Critical Ratio), cada una con objetivos específicos de mejora. La regla WSPT (Weighted Shortest Processing Time) minimiza el tiempo de flujo medio compensado cuando existen diferentes niveles de importancia entre tareas. Estas reglas permiten minimizar indicadores clave como el tiempo de terminación promedio, el número de trabajos en el sistema y el retraso máximo, mientras se maximiza la utilización de instalaciones.

Según la obra de [9], la implementación práctica de estas metodologías en PyMEs requiere herramientas accesibles que integren el cálculo de tiempos, la calificación del desempeño y las reglas de secuenciación. La estandarización efectiva debe involucrar a todos los miembros del proceso en la selección y documentación de métodos, utilizando formatos que preserven el conocimiento y experiencia acumulada. Para las directrices que se abordan en [10], la programación en VBA para Excel, permite crear interfaces amigables basadas en la Programación Orientada a Objetos, manipulando propiedades, métodos y eventos de objetos como celdas, rangos y hojas de cálculo. Esta integración tecnológica hace posible desarrollar sistemas de planeación adaptados a la terminología y procesos específicos

de cada empresa, facilitando la adopción de prácticas de Ingeniería Industrial en contextos de recursos limitados.

Existen investigaciones recientes que han propuesto numerosos modelos enfocados a la mejora para incrementar el desempeño de un proceso productivo, tal es el caso del trabajo propuesto por [11], donde se desarrolla un enfoque integrador de la planificación de la producción apoyado en herramientas informáticas, considerando múltiples escenarios y restricciones de recursos. Aunque se reconoce la importancia de la programación, el énfasis está puesto en la coherencia del plan y la optimización del uso de capacidades, más que en la secuenciación dinámica de órdenes. También, los autores que desarrollaron la investigación [12], indican una visión general de los desafíos contemporáneos en la planificación y programación de la producción, destacando la necesidad de enfoques integrados y el apoyo de modelos cuantitativos.

Por otro lado, en implementaciones tangibles, se encuentra la aportación de los autores de [13], que se enfocan en la mejora del OEE a través de la aplicación de Herramientas Lean, como estandarización, reducción de tiempos muertos y eliminación de desperdicios. La propuesta de investigación considera que una secuenciación inadecuada puede ser una causa raíz de bajos niveles de desempeño, incluso en sistemas con buenas prácticas Lean. Así, el uso de reglas como SPT o EDD se plantea como complemento a las herramientas Lean, permitiendo no solo mejorar la eficiencia del equipo, sino también el cumplimiento de plazos y la satisfacción del cliente en un entorno de producción artesanal.

Contemplando los sistemas informáticos, la investigación de [14] propone una aplicación integral para apoyar las etapas de planificación y programación de la producción, integrando métodos de balance, capacidades y modelación matemática. Su principal aporte radica en la sistematización del proceso decisional mediante tecnologías de la información. El artículo prioriza la planificación agregada y el control global.

En ciertos casos, los retos que se enfrentan las organizaciones para programar la producción son altos, por eso se recurre a estrategias de optimización como se planteó en [15]-[17], donde de emplean modelos matemáticos y heurísticas avanzadas aplicadas a entornos industriales complejos. El enfoque se centra en contextos productivos relativamente estables y homogéneos, donde las restricciones tecnológicas son bien definidas. Estos estudios priorizan soluciones de carácter algorítmico, buscando una solución óptima global, por ello se presentan altos costos computacionales. En ciertos casos se contempla el uso de algoritmos híbridos, sin embargo, no se minimiza el costo computacional y la complejidad para diseñarlos. En ningún caso se contempla la utilización de enfoques clásicos que pudieran mitigar esta variable recurrente.

Es relevante hacer énfasis en el uso de técnicas de Inteligencia Artificial, tal es el caso de la aportación de [18], donde se propone un sistema inteligente que combina aprendizaje automático, clustering y programación lineal para recomendar modelos de producción alternativos ante escasez de insumos.

Su fortaleza radica en la adaptabilidad frente a la incertidumbre logística y en la toma de decisiones basada en datos históricos y similitud entre productos. Sin embargo, el enfoque privilegia la sustitución de modelos más que la optimización fina de la secuencia en el piso de producción. Mientras el artículo aborda el qué producir, la secuenciación clásica profundiza en cómo y cuándo producir cada pedido.

Vale la pena resaltar los resultados que se demuestran en [19], [20], donde se aborda empíricamente el desempeño de reglas clásicas de secuenciación en distintos escenarios productivos. Por ejemplo, SPT minimiza el tiempo promedio en sistema, mientras que EDD reduce la tardanza máxima. No obstante, el enfoque se mantiene en entornos genéricos y controlados. La propuesta para una empresa de muebles introduce una capa contextual: pedidos con rutas variables, operaciones artesanales y tiempos altamente dispersos. A diferencia del enfoque teórico, se plantea una adaptación híbrida de reglas según el tipo de producto y urgencia del cliente. También, se centra en modelos determinísticos que buscan estabilidad y eficiencia global, pero tienden a asumir condiciones relativamente estáticas. La propuesta basada en reglas introduce flexibilidad táctica en el nivel operativo.

Por último, de manera específica y contraponiendo el desempeño de algunas reglas de secuenciación, la aportación hecha por [21], indica que estos enfoques pueden ser útiles en empresas de diseño y manufactura de muebles. Se plantean como algoritmos competitivos que tienen como principal propósito el ordenar los pedidos, resultando en ciertos casos, un mayor desempeño que es poco usual, derivado de que existe una regla de secuenciación por excelencia que es mayormente eficiente. En contraste con la investigación propuesta, este trabajo es un referente para futuras aportaciones que potenciarían los resultados de una manera notable en las variables y métricas de desempeño que los caracterizan.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Descripción del Método

La implementación de la metodología de mejora en la empresa de manufactura de mobiliario se basa en las particularidades de su proceso productivo, el cual incluye no solo carpintería sino también soldadura, tapizado y acabados especializados. Dado que la empresa presenta una mayor variabilidad de productos y materiales como MDF, plásticos y metales, el primer paso consiste en un análisis exhaustivo de sus operaciones para identificar los productos más representativos y las actividades críticas que impactan sus tiempos de entrega. Se utilizó el sistema MOST para medir los tiempos de procesamiento, considerando las operaciones únicas de la empresa, como el tapizado y la soldadura, para establecer indicadores de tiempo por unidad de superficie o unidad de medida relevante (por ejemplo, por metro lineal para soldadura o por pieza para tapizado). Adicionalmente, se calibra el desempeño mediante el Sistema Westinghouse para ajustar los tiempos a las

condiciones reales de trabajo, incorporando tolerancias por tiempos muertos específicos de sus procesos, como el secado de pinturas o el tiempo de soldadura.

Posteriormente, se desarrolló una herramienta computacional en Excel-VBA personalizada para la empresa, que integró indicadores y permitió calcular los tiempos de procesamiento de sus productos más comunes, como sillas escolares, escritorios y mobiliario especializado. La aplicación incluye módulos para capturar órdenes de trabajo, incorporando variables como material, dimensiones y complejidad de acabados, e incorpora las Reglas de Secuenciación de Tareas (RST) más adecuadas para su operación, como SPT y WSPT, dada la urgencia y variabilidad de sus pedidos. La herramienta facilitará la simulación de escenarios de producción y la asignación realista de fechas de entrega, considerando la capacidad instalada y la disponibilidad de materiales. En la Fig. 1, se presentan las etapas del método propuesto, posteriormente, el listado de instrucciones para su implementación.

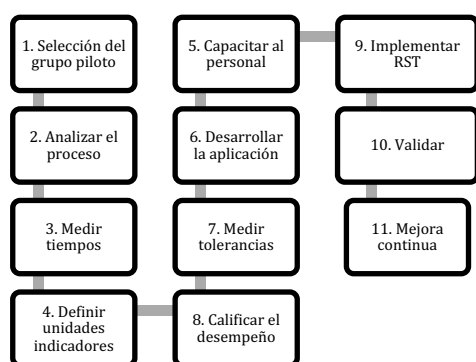


Fig. 1. Etapas del método propuesto

1. Seleccionar el grupo piloto: Identificar los cinco productos más representativos en volumen de ventas e ingresos para que sean referentes de posibles indicadores (ejemplo: sillas con paleta, mesas escolares, archivadores).

2. Analizar el proceso productivo: Realizar diagramas de flujo detallados para cada producto piloto, identificando todas las operaciones (corte, soldadura, ensamble, tapizado, acabado, entre otros).

3. Medir tiempos con MOST: Aplicar el sistema MOST para cada operación de los productos piloto, determinando los TMU (Time Measurement Unit) y convertirlos a tiempos reales.

4. Establecer unidades de medida e indicadores: Definir la unidad de medida base para cada operación (centímetro cuadrado, metro lineal, unidad) y calcular los indicadores de tiempo por unidad.

5. Calificar el desempeño (Sistema Westinghouse): Evaluar y ajustar los tiempos medidos aplicando los factores de habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia.

6. Determinar tolerancias: Medir y calcular los tiempos muertos

propios de la empresa (secado, cambios de herramienta) para establecer un porcentaje de tolerancia general.

7. Desarrollar la aplicación en Excel-VBA: Crear una interfaz personalizada que permita ingresar las características del mueble y calcule automáticamente su tiempo estándar.

8. Capacitar al personal: Instruir al supervisor y al personal administrativo en el uso de la aplicación para la captura de órdenes y el cálculo de tiempos.

9. Implementar reglas de secuenciación: Configurar y aplicar las reglas SPT y WSPT dentro de la herramienta para programar la producción diaria y semanal.

10. Validar y ajustar: Monitorear el desempeño del sistema durante un periodo de prueba (cuatro semanas).

11. Ajustar: Comparar las fechas de entrega estimadas contra las reales y adecuar los indicadores o tolerancias si es necesario.

A. Caracterización de las Reglas de Secuenciación de Tareas

Este artículo únicamente hará énfasis en los análisis asociados a la implementación de las RST, ya que es el tema central que se busca discutir, no obstante, en la metodología se indican todos los pasos que fueron necesarios para el alcance de un resultado favorable en la programación de la producción de la empresa. En la Tabla I, se visualiza el concentrado de RST y sus características principales que propician la toma de decisiones en la planificación de la producción.

Tabla I. Caracterización de Reglas de Secuenciación de Tareas

RST	Característica
EDD	La regla "Tiempo de vencimiento más próximo" opera bajo el criterio de priorizar las órdenes que se deban entregar en el menor tiempo posible.
HOLGURA	La regla de "Holgura" prioriza los pedidos en los que se cuenta con un tiempo adicional de entrega, es decir, que no cuenta con una restricción estricta de cumplimiento.
SPT	El "Tiempo de procesamiento más corto" ordena en primer lugar todas las órdenes que tengan el menor tiempo de procesamiento en el taller, de manera descendente.
LPT	La regla de "Tiempo de procesamiento más largo" indica la prioridad para los pedidos que tengan el mayor tiempo de procesamiento.
FCFS	La regla de "El primero en llegar, es el primero en ser atendido" indica prioridad de acuerdo a la llegada de pedidos.
WSPT	El "Tiempo de procesamiento más corto ponderado" es flexible a considerar dos criterios , la ponderación por la asignación del programador y el tiempo de procesamiento más corto.

La Tabla I, es el reflejo de los criterios considerados al momento de programar los pedidos, en la mayoría de los casos hay mejores resultados con SPT, en otros con EDD y WSPT, por diferentes circunstancias asociadas a las características de

los pedidos. En la siguiente sección se detalla la implementación de las RST y las etapas complementarias para la obtención de mejoras en la planificación de la producción.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Etapa 1 y 2: Selección del grupo piloto y análisis del proceso

El análisis de los registros de ventas e ingresos, permitió identificar y priorizar un grupo piloto de siete productos críticos: la silla escolar con paleta, la silla giratoria para oficina, el escritorio tipo modular, el archivador de dos gavetas, la mesa rectangular para reuniones, el sillón tapizado para espera y el librero de 90 cm de ancho. Estos productos representaban en conjunto más del 75% del volumen de facturación anual, lo que garantizó que la mejora impactara a la mayor parte de la operación (ver Fig. 2). Se elaboraron diagramas de flujo de proceso detallados para cada producto piloto, lo que reveló una secuencia operativa más compleja que en una carpintería tradicional, al integrar flujos paralelos para subensambles de soldadura y de tapicería que convergían en la etapa de acabado final. Este análisis fue crucial para entender las interdependencias y cuellos de botella, especialmente en la preparación de materiales (MDF, tubo estructural) y la asignación de operarios entre las áreas de carpintería y soldadura.

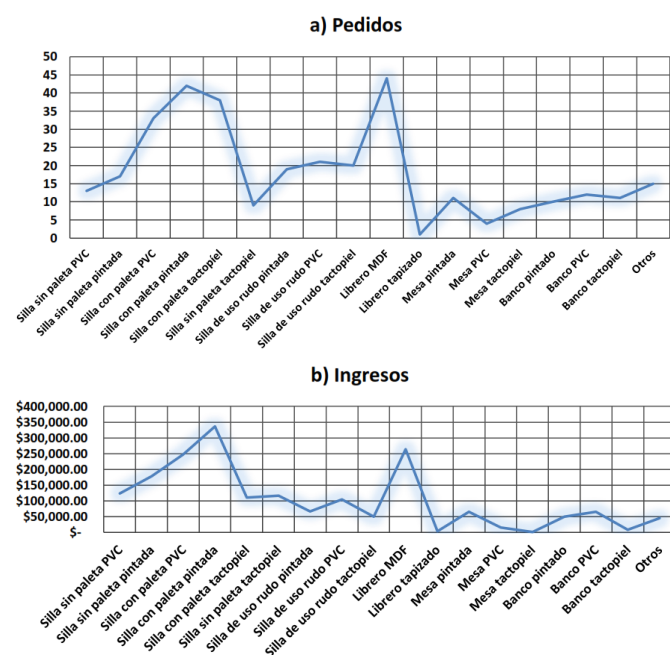


Fig. 2. a) Listado de pedidos b) Ingresos de muebles obtenidos en un año

En retrospectiva, se puede determinar que la selección del grupo piloto y el análisis del proceso, otorgan un diagnóstico preliminar de cuáles son las características de la organización. En las etapas siguientes, se lleva a cabo un análisis enfocado a

la medición del proceso desde la perspectiva que estas dos primeras etapas indican. Antes de la implementación de las Reglas de Secuenciación, fue fundamental tener el diagnóstico y las métricas necesarias para propiciar la toma de decisiones dentro de la programación de la producción.

B. Etapa 3 y 4: Tiempos MOST y establecimiento de unidades de medida e indicadores

La aplicación del sistema MOST, adaptado a las operaciones de soldadura (cortar, calibrar, soldar) y tapizado (cortar tela, enguatar, embutir), permitió obtener una base de tiempos precisa y objetiva. Se calcularon los TMU para cada elemento de trabajo y se convirtieron a minutos, estableciendo por primera vez en la empresa un estándar de tiempo confiable y desglosado para cada actividad, lo que eliminó la estimación subjetiva basada únicamente en la experiencia. En la Tabla II, se puede apreciar la definición de unidades de medida específicas para cada tipo de operación. Para la carpintería y el MDF se utilizó el centímetro cuadrado (cm²), para las operaciones de soldadura el metro lineal (metros) de tubo cortado o soldado, y para el tapizado se utilizó unidades como la cantidad de cojines o metros lineales de costura. Esto permitió calcular indicadores de tiempo sumamente precisos (min/cm², min/m, min/unidad) que podrían aplicarse a nuevos diseños. Cabe mencionar que la información que ahí se condensa es el resumen de todos los análisis descritos anteriormente y que fue la base para programar la aplicación para el cálculo de tiempos, en caso de que llegara un nuevo pedido y la implementación de RST.

Tabla II. Concentrado de indicadores por operación

Operaciones	Tiempo (min)	cm ² trabajados	Indicadores
Elección de material	0.42	14972	0.0000281
Medición	1.37	14884	0.0000920
Corte	3.33	1775.78	0.0018752
Lijado (Router)	1.23	1775.78	0.0006927
Ensamble	4.77	1775.78	0.0026861
Pintado de MDF	1.72	14972	0.0001148
Almacenado	0.30	14972	0.0000200

C. Etapa 5 y 6: Sistema Westinghouse y determinación de tolerancias

Tras la observación prolongada, se aplicó el Sistema Westinghouse, obteniendo un factor de calificación conjunto de 0.96. Este resultado reflejó una ligera merma en el desempeño debido principalmente a condiciones deficientes (factor -0.07) en el área de soldadura por calor y ventilación, a pesar de una habilidad buena (+0.06) y un esfuerzo aceptable (+0.02) de los operarios. Este factor se utilizó para ajustar a la baja los tiempos medidos, normalizándolos a un ritmo estándar. El estudio de tiempos muertos identificó y cuantificó paradas específicas de

la empresa, como el cambio de mechas en las soldadoras, el tiempo de espera para el secado de pintura horneada en metales y la organización del área de tapizado. La sumatoria de estos tiempos arrojó una tolerancia del 19%, la cual se incorporó al cálculo del tiempo estándar para reflejar de manera realista la duración total del proceso. Aquí se encuentra un área de oportunidad para un trabajo futuro, que podría radicar en minimizar ese 19% con herramientas de mejora, como un posible seguimiento de la propuesta de esta investigación.

D. Etapa 7 y 8: Aplicación de Excel-VBA y capacitación

En la Fig. 3 a), se visualiza el panel principal de la aplicación, también las RST de acuerdo al ordenamiento de la caracterización de la Tabla I. Se creó una aplicación personalizada con interfaces (UserForms) adaptadas al lenguaje de los operarios. La herramienta permite seleccionar el tipo de producto ("Silla", "Escritorio") y despliega campos específicos para ingresar variables como "metros de tubo", "metros cuadrados de MDF" o "cantidad de cojines". En la Fig. 3 b), se logra apreciar el resultado del cálculo de tiempo estándar aplicando los indicadores, el factor de calificación y la tolerancia, mostrando el resultado final en horas y días de trabajo. Adicionalmente, se realizaron sesiones de capacitación práctica con el supervisor de producción y el responsable de ventas. El entrenamiento se centró en el uso de la aplicación para calcular tiempos durante la cotización y en la interpretación de la programación generada por las Reglas de Secuenciación, logrando que se familiarizaran a la lógica del sistema y pudieran usarlo de forma independiente sin la necesidad del especialista.

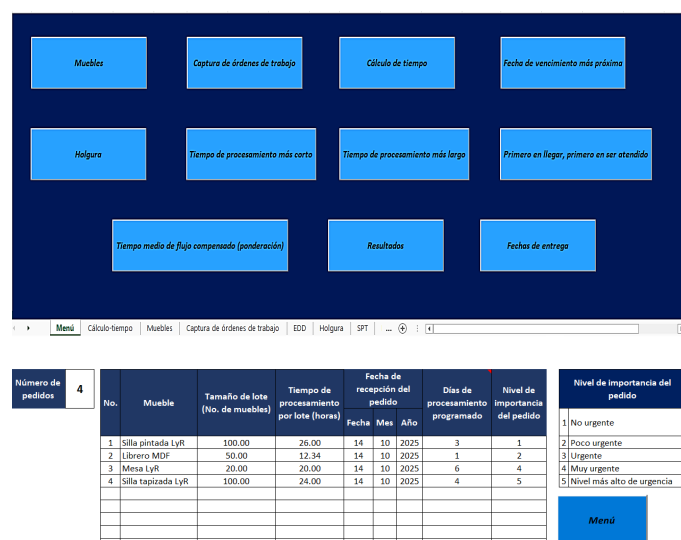


Fig. 3. a) Panel principal de la herramienta de programación de pedidos
b) Implementación de Algoritmos de Secuenciación con MS Excel-BVA

E. Etapa 9 y 10: Implementación de Secuenciación y validación

En la Fig. 3 b), se demuestra que la aplicación que se configuró para implementar la regla Weighted Shortest Processing Time (WSPT, por sus siglas en inglés), considera también la urgencia del pedido (ponderación). Esta regla se eligió porque prioriza

las órdenes más cortas y urgentes, minimizando el tiempo de flujo promedio y reduciendo la cantidad de pedidos atrasados, lo que se alineaba perfectamente con el objetivo principal de la empresa mobiliaria: mejorar la puntualidad. Tras un mes de pruebas, la comparativa entre las fechas de entrega estimadas por el sistema y las reales, mostraron una desviación promedio de apenas ± 4.5 horas. Los únicos ajustes necesarios fueron refinar los indicadores de dos operaciones de tapizado que inicialmente se habían subestimado. La metodología demostró ser robusta y adaptable, proporcionando a la PyME una capacidad de planeación confiable.

Por último, en la Fig. 4 se diseñó un procedimiento, producto de la experiencia lograda después de la implementación de la aplicación, generando aprendizaje de cómo y en qué momento seleccionar cada regla. Por ejemplo, cuando existen pedidos atrasados, la regla EDD se vuelve prioritaria, ya que permite minimizar la tardanza máxima y atender primero los compromisos más críticos. En escenarios donde los pedidos no están aún vencidos, pero se aproximan a su fecha de entrega, la incorporación de holgura facilita anticiparse a futuros retrasos y proteger el nivel de servicio. Si la empresa enfrenta trabajos con tiempos de procesamiento extensos, la regla LPT ayuda a evitar cuellos de botella al liberar tempranamente cargas de gran duración. Por el contrario, cuando el objetivo es reducir el tiempo promedio de flujo y mejorar la utilización de recursos, la regla SPT resulta más efectiva.

En contextos donde coexisten urgencia y valor estratégico del pedido, WSPT permite ponderar prioridades según la importancia relativa de cada trabajo. Finalmente, en ambientes estables o cuando no existen criterios diferenciadores, la regla FCFS aporta simplicidad y equidad. En conjunto, el diagrama evidencia que la eficiencia del sistema productivo depende de aplicar de manera flexible las seis reglas, ajustándolas a las condiciones reales de operación y a los objetivos estratégicos de la empresa.

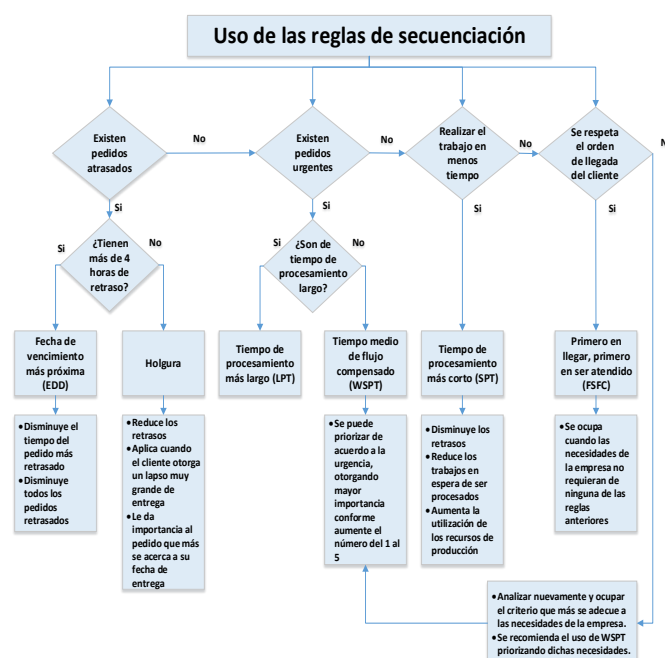


Fig. 4. Procedimiento para el uso de Reglas de Secuenciación

V. CONCLUSIONES

La metodología propuesta para la planificación eficiente de la producción fue implementada con éxito en la empresa manufacturera de mobiliario, ajustando aspectos clave debido a su esquema de trabajo en línea y la elaboración de pedidos de gran volumen. Se realizaron estudios de tiempo, utilizando el sistema MOST, se obtuvieron indicadores por operación y se calificaron los factores de desempeño mediante el Sistema Westinghouse, encontrando una tolerancia promedio del 7% en las operaciones. Además, se desarrolló y adaptó una aplicación informática en VBA para el cálculo de tiempos de producción y la secuenciación de órdenes de trabajo, lo que permitió una mejor organización y planificación de pedidos.

A futuro, se propone aplicar la metodología en más empresas de distintos sectores, integrar módulos de análisis de capacidad y simulación de escenarios de producción, así como explorar su automatización mediante tecnologías de Industria 4.0 para incrementar su alcance y robustez. También se sugiere la utilización de Algoritmos de Optimización Combinatoria, como proyección para el acomodo de pedidos cuando el número de variables y restricciones incrementa, como estrategia de apoyo para la toma de decisiones.

REFERENCIAS

- [1] Biegel, J. E. (1974). Control de producción. "Procedimiento cuantitativo". México: Herrero Hermanos, S.A. Editores.
- [2] Benjamin W. Nebel, A. F. (2009). Ingeniería Industrial, Métodos, estándares y diseño del trabajo. México: Mc Graw Hill.
- [3] Krajewski, L. J. (2000). Administración de operaciones: estrategia y análisis. Pearson Educación.
- [4] David D. Bedworth, J. E. (1992). Sistemas integrados de control de producción: Administración análisis y diseño. México: Limusa.
- [5] Donald W. Fogarty, J. H. (1991). Production and Inventory Management. Western. Western.
- [6] Texier, M.-L. (2000). VBA Excel 97: manual práctico. Ediciones ENI.
- [7] Meyers, F. E. (2000). Estudios de tiempos y movimientos. Pearson Educación.
- [8] Lowry, S. M. (1940). Time and Motion Study and Formulas for Wage Incentives. McGraw-Hill.
- [9] Martínez, M. R. (2005). El método MR, maximización de resultados para la pequeña empresa de servicios. México: Norma.
- [10] Condor, I. (2008). Aplicaciones del Excel 2007 con Macros y VBA. México: Limusa.
- [11] Tania Rojas, Josefa Mula, Raquel Sanchis. Modelos cuantitativos para la planificación de la producción de impresión bajo enfoque de fabricación ajustada bajo incertidumbre (2025) *Dirección y Organización*, (85), pp. 93–101. [doi:10.37610/85.693](https://doi.org/10.37610/85.693).
- [12] Hernández Rodríguez, Norma Rafaela, Lora Freyre, Raimundo Juan, Moreno García, Roberto René, Parra Pérez, Katia María, & Fajardo Alcolea, Edith. (2017). Planificación de la producción industrial con enfoque integrador asistido por las tecnologías de la información. Retos de la Dirección, 11(1), 38–59.
- [13] Rodríguez Bustos, Norma. (2024). Mejora del OEE en empresa de la región mediante herramientas Lean Manufacturing. CIM Journal. 11. 13–22. https://www.researchgate.net/publication/381510773_Mejora_del_OEE_en_empresa_de_la_region_mediante_herramientas_Lean_Manufacturing.

- [14] M. del R. Ávila Gonzáles de Trinidad, "Sistema informático para la planificación de la producción en micro y pequeñas empresas de confecciones", *Ing. ind. (Lima)*, vol. 40, no. 40, pp. 15–32, Jun. 2021, doi: [10.26439/ing.ind2021.n40.5146](https://doi.org/10.26439/ing.ind2021.n40.5146).
- [15] Uribe, A., López Duque, S., Mesa López, J.P. y Montoya Echeverry, J.A. 2024. Optimización de la tardanza total en máquinas paralelas: caso de estudio en la industria del café. *Revista EIA*. 21, 41 (ene. 2024), 4102 pp. 1–20. DOI: <https://doi.org/10.24050/reia.v21i41.1710>.
- [16] Jablonsky, Josef, & Skocdopolova, Veronika. (2017). Análisis y Optimización del Proceso de Producción en una Empresa Procesadora de Leche. *Información tecnológica*, 28(4), 39–46. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000400006>.
- [17] Medina, A. A., Miranda, F. A., Medina, D. E., Huatuco, M. M., Sanchez, H. E., (2025). Herramienta de planificación de la producción para la maximización de las ventas en fábricas multi productoras. *Boletín de Estadística e Investigación Operativa*. 41(3), 23–37. <https://doi.org/10.63552/beio.2025.41.3.03>.
- [18] Rodrigues, J. R. da S., Filho, L. R. A., Ruiz, L. O. C. A., Silva, J. O. da, Silva, V. X. da, Júnior, H. R. C., Gouvea, N. A., & Souza, C. O. F. de. (2025). Automatic production planning using hybrid semi-supervised learning and optimization algorithms. *OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA*, 23(8), e11144. <https://doi.org/10.55905/oelv23n8-119>.
- [19] Gómez-Rocha, J., Rivera-Gómez, H., Hernández-Gress, E., Ortega-Reyes, A. (2020). MULTI-STAGE STOCHASTIC MODELS FOR PRODUCTION PLANNING OF A FURNITURE MANUFACTURING COMPANY UNDER UNCERTAINTY. *DYNA Management*, 8(1). [13 p.]. DOI: <https://doi.org/10.6036/MN9702>.
- [20] Siddiqui, Muhammad & Tabassum, Adeel. (2025). Application of Six Sigma Methodology for Enhancement of Soft Plastic Extrusion Process. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*. 193–221. 10.36561/ING.28.14.
- [21] Martha Patricia González Leyva (2023). Evaluación del desempeño de algoritmos de secuenciación de tareas en una PyME del sector productivo. *FEGLININ*. Vol. 2.2. pp. 37–44. ISSN 2594-2298. <https://federacionglobal.com/dic2023.html>