

## Metodología Kanban para la optimización del proceso de impresión 3D

### Kanban methodology for optimizing the 3D printing process

Salvador Pérez Martínez<sup>1</sup>, Jorge Armando López Lemus<sup>2</sup>

Departamento de estudios Multidisciplinarios, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, Yuriria, 38940, Guanajuato México.

sperezmartinez@ugto.mx<sup>1</sup>,lopezja@ugto.mx<sup>2</sup>

#### Resumen

En la presente investigación se analiza la metodología Kanban y el efecto que puede generar en el proceso de impresión 3D enfocado a la mejora a partir de la aplicación de esta metodología ágil. Mediante el empleo de la herramienta propuesta se busca saber si es posible mejorar el tiempo de producción y reducir la cantidad de resina en el proceso. Se implementó la metodología Kanban en el proceso de impresión 3d a través del análisis de las operaciones unitarias y se dio un seguimiento a cada etapa del proceso. Esto dio como resultado identificar cuáles etapas podían ser optimizadas, llegando a la conclusión del proyecto con una mejor calidad de las impresiones y mejorando los tiempos de trabajo entre cada proceso.

**Palabras clave:** Kanban, impresión 3D, metodología ágil.

#### Introducción

La relevancia de la impresión 3D ha ayudado a la mejora en diversas áreas de la ciencia como la médica y genética para mejorar la calidad de en la implementación de órganos y tejidos artificiales indica una mejor calidad de vida en los pacientes, no obstante, es necesario de una técnica de manufactura que posibilite el desarrollo de construcciones complicadas. La técnica de impresión 3D da solucionar las restricciones recientes en el desarrollo de órganos y tejidos, debido a que posibilita integrar células en los biomateriales para la regeneración de distintas construcciones biológicas (Gil, 2021).

Actualmente la industria de modelado de impresión 3D con resina a abierto nuevas posibilidades de negocio ya que ofrece al cliente modelados de productos con alta precisión y detalle, sin embargo, dificultades que todavía no han sido subsanadas y dado a que la impresión ofrece más detalles el tiempo de impresión es más tardado y un error en el procedimiento esto implica perdidas en materia prima esto puede elevar los costos del producto final o bien traer una menor utilidad (Fernández-Domínguez, 2023).

Mediante la aplicación de la metodología propuesta es posible mejorar la programación de la producción, con el objetivo de reducir la cantidad de producto en proceso que no es utilizado, de forma que se reduzca el inventario. Para analizar el efecto de aplicar la metodología Kanban en la empresa, se utilizó la técnica de simulación, para lo cual se modelizan el proceso actual y el propuesto con las reglas de dicha metodología (Lendinez, 2019).

En otro caso de estudio donde se implementó la metodología Kanban para una solución a un problema en la fabricación de puertas, explica que gracias a su implementación provee las herramientas necesarias para la gestión de la fabricación de puertas sencillas (línea de producto en estudio), enfatizada en la entrega a tiempo de órdenes y enfocada en mantener los niveles de inventario y cargas del equipo de trabajo en niveles controlados (Infante & Erazo, 2013).

La importancia de la aplicación de la metodología Kanban en la planificación de las tareas en los procesos de trabajo ayuda a definir la secuencia de las mismas, esto es visible al utilizar los tableros Kanban.

La metodología Kanban es un mecanismo de visualización del trabajo el cual se implementa por medio de tableros que representan las tareas a realizar. Se trata de un método visual de gestión de proyectos que permite a los equipos visualizar sus flujos de trabajo y la carga de trabajo (Project Management Institute, 2017). En un tablero, el trabajo se muestra en un proyecto en forma de tablero organizado por columnas. Cada columna representa una etapa del trabajo. El tablero más básico puede presentar columnas como Trabajo pendiente, En progreso y Terminado como se muestra en la ilustración 1. Las tareas individuales — representadas por tarjetas visuales en el tablero— avanzan a través de las diferentes columnas hasta que estén finalizadas (Powell & Van Der Stoel, 2017).

La impresión 3D es un proceso de fabricación que crea objetos tridimensionales capa por capa a partir de un modelo digital (Chua, 2014). Utiliza materiales como plástico, metal, resina u otros para construir los objetos de manera precisa según el diseño digital. La impresión 3D sirve para una variedad de propósitos, incluyendo la creación de prototipos, la fabricación de piezas personalizadas, la producción de objetos de arte y diseño, la fabricación de herramientas y componentes industriales, entre otros. Es una tecnología versátil que ofrece flexibilidad, rapidez y personalización en la producción de objetos tridimensionales (Bandyopadhyay, & Bose, 2015).

Por otro lado, la optimización de procesos es la disciplina de mejorar un sistema o conjunto de actividades para hacerlo más eficiente, efectivo y rentable. Implica identificar áreas de un proceso que pueden mejorarse y luego implementar cambios para lograr resultados óptimos. Esto puede implicar la reducción de costos, la mejora de calidad, la reducción del tiempo de ciclo, el aumento de la productividad o cualquier otra mejora que conduzca a un mejor desempeño (Carrasco, 2001).

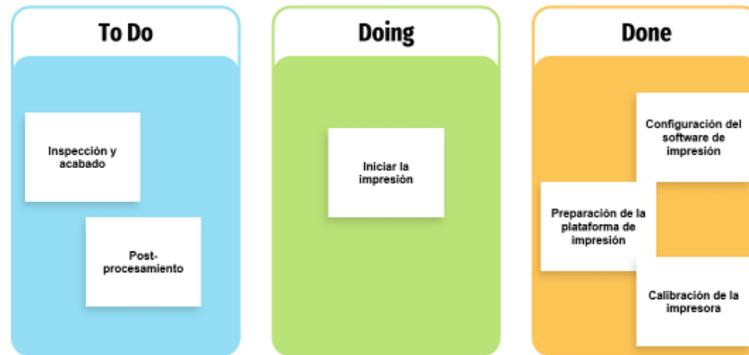


Ilustración 1. Tablero Kanban básico, elaboración propia.

Es por ello por lo que la aplicación de la metodología Kanban en la optimización de procesos ofrece una serie de beneficios y ventajas significativas, esto hace que sea una herramienta versátil para mejorar la eficiencia y la efectividad de cualquier sistema operativo. Aquí hay algunas razones clave por las cuales es importante aplicar Kanban en la optimización de procesos mediante la visualización y la gestión del flujo de trabajo (Kniberg & Skarin, 2010).

Algunas formas en las que se puede utilizar Kanban para la optimización de procesos son:

1. Visualización del flujo de trabajo
2. Limitación del trabajo en curso (WIP)
3. Flexibilidad y adaptabilidad
4. Identificación y resolución de cuellos de botella
5. Optimización del flujo de trabajo
6. Colaboración y comunicación

## Ventajas de la aplicación de la metodología Kanban.

**Visualización del flujo de trabajo:** Kanban proporciona una representación visual clara y transparente del flujo de trabajo, lo que permite a los equipos comprender fácilmente cómo se mueven las tareas a través del proceso.

**Gestión del trabajo en curso (WIP):** Kanban ayuda a limitar la cantidad de trabajo en curso en cualquier momento dado, lo que evita la sobrecarga de tareas y ayuda a mantener un flujo de trabajo equilibrado y constante. Limitar el WIP ayuda a reducir los tiempos de espera y mejora la eficiencia general del proceso.

**Flexibilidad y adaptabilidad:** Kanban es una metodología flexible que se puede adaptar a una amplia variedad de contextos y procesos. Esto permite a los equipos personalizar Kanban según sus necesidades específicas y ajustarlo fácilmente a medida que evolucionan las circunstancias.

**Identificación de cuellos de botella y mejoras continuas:** Kanban facilita la identificación de cuellos de botella y áreas de desperdicio en el proceso, lo que permite a los equipos centrarse en resolver problemas específicos y realizar mejoras continuas. Al permitir una retroalimentación rápida y un ciclo de mejora continua, Kanban impulsa la innovación y la eficiencia a largo plazo.

**Promueve la colaboración y la comunicación:** Kanban fomenta la colaboración y la comunicación entre los miembros del equipo al proporcionar una visualización compartida del trabajo en curso. Esto ayuda a mantener a todos en la misma página y facilita la resolución de problemas de manera colaborativa.

**Mejora de la previsibilidad y la productividad:** Al optimizar el flujo de trabajo y reducir los tiempos de espera, Kanban mejora la previsibilidad del proceso y aumenta la productividad general del equipo. Esto permite a las organizaciones cumplir con plazos y entregas de manera más confiable y eficiente (Lendínez, 2019).

En resumen, la aplicación de la metodología Kanban en la optimización de procesos es importante porque proporciona una forma estructurada y efectiva de visualizar, gestionar y mejorar el flujo de trabajo, lo que resulta en una mayor eficiencia, productividad y calidad en cualquier entorno operativo.

## Metodología propuesta

Aplicar la metodología Kanban en el proceso de impresión 3D correctamente implica seguir una serie de pasos para asegurar que el resultado final sea de alta calidad y satisfaga las necesidades del proyecto.

Comúnmente al comienzo de la aplicación de la metodología Kanban, se acostumbra a realizar un backlog o listado de tareas a llevar a cabo, es decir, un listado de las actividades que se necesitan para realizar en este ejemplo la impresión 3D, al identificar que el porcentaje de Scrap (desperdicio) es lo que se busca reducir para así tener una mayor rentabilidad al final del producto, se implementó una tarea más y se ubicó en el tablero, el post- procesamiento nos ayudara a separar la resina líquida y la sólida, con ello se logra reducir el Scrap y al mismo tiempo se consigue una mejor calidad en el acabado de cada impresión, por lo que en este ejemplo al aplicar la metodología Kanban y replicarla en cada proceso tenemos más utilidades, el equipo se mantiene limpio y las impresiones tienen un mejor acabado.

A continuación, se especifican cada uno de los pasos para la impresión 3D los cuales están reflejados en el tablero Kanban, ver la figura 2 y nos ayudan a tener un óptimo proceso de impresión.

Para a realizar una impresión 3D el backlog es el siguiente.

## Proceso de impresión:

1. **Preparación del modelo 3D:** El primer paso es tener un modelo 3D digital que se desee imprimir. Puede crearse utilizando software de modelado 3D o descargarse de una biblioteca en línea. Es importante asegurarse de que el modelo esté correctamente diseñado y sea adecuado para la impresión 3D.
2. **Preparación del archivo para impresión:** Una vez que se tiene el modelo 3D, se necesita prepararlo para la impresión. Esto implica convertir el archivo en un formato compatible con la impresora 3D (como STL o OBJ) y ajustar parámetros como el tamaño, la orientación y la densidad de llenado (infill).
3. **Selección del material y la impresora:** Selecciona el material de impresión adecuado para tu proyecto, teniendo en cuenta factores como resistencia, flexibilidad, transparencia y acabado superficial. Además, elige la impresora 3D que mejor se adapte a tus necesidades en términos de tamaño de construcción, resolución y tecnología de impresión.
4. **Calibración de la impresora:** Antes de imprimir, asegúrate de que la impresora 3D esté correctamente calibrada. Esto incluye ajustar la nivelación de la cama de impresión, verificar la temperatura del extrusor y calibrar los ejes para garantizar una impresión precisa.
5. **Preparación de la plataforma de impresión:** Aplica una superficie de adhesión adecuada a la plataforma de impresión para asegurar que el modelo se adhiera correctamente durante la impresión. Esto puede ser cinta adhesiva, spray adhesivo o superficies especiales como PEI o BuildTak.

6. **Configuración del software de impresión:** Utiliza un software de laminado (slicer) para generar el código G necesario para imprimir el modelo. Configura parámetros como la velocidad de impresión, la temperatura del extrusor y la plataforma, la densidad de llenado, el soporte y la raíz de impresión.
7. **Iniciar la impresión:** Carga el archivo preparado en el software de control de la impresora 3D y comienza la impresión. Asegúrate de que la impresora esté supervisada durante todo el proceso y toma medidas si surgen problemas, como obstrucciones del extrusor o desprendimiento del modelo.
8. **Post procesamiento:** Una vez que la impresión esté completa, realiza cualquier post procesamiento necesario, como la eliminación de soportes, el lijado de superficies ásperas o la aplicación de acabados decorativos.
9. **Inspección y acabado:** Inspecciona el modelo impreso para asegurarte de que cumpla con los estándares de calidad deseados. Realiza cualquier ajuste o retoque necesario para lograr el resultado final deseado.



Ilustración 2. Kanban del proceso, elaboración propia.

## Resultados

**Tabla 1. Comparación del proceso de impresión utilizando Kanban**

Variables Evento	Tiempo proceso	de	Cantidad resina	de	Scrap (Desperdicio)
Proceso antes de aplicar Kanban	120 min		45-50 ml/pz		20-25 ml/pz
Proceso después de aplicar Kanban	105 min		25-30 ml/pz		0-5 ml/pz

Los parámetros se compararon en la tabla 1, no se contemplaron con base en el tamaño ni en el tiempo de la impresión, sino en las etapas de preparación de la impresora y de los tiempos entre procesos de la línea crítica de producción.

## Discusión

El objetivo principal conseguido al implementar la metodología Kanban fue eficientizar el proceso de impresión disminuyendo al mínimo las causas de error en la impresión que pueden ser generadas por el ser humano.

Al realizar la correcta implementación de la metodología se experimentó una disminución aproximadamente del 25% en el tiempo total del proceso de impresión. De igual se logró disminuir cerca de un 50% el scrap generado por los errores de impresión, logrando así un ahorro significativo, económicamente, en cuestión de tiempo y de materia prima.

## Conclusión

La implementación adecuada de la metodología Kanban en el proceso de impresión 3D nos ofrece una serie de beneficios tangibles. uno de los principales beneficios que nos brinda la metodología es la visualización del flujo de trabajo y limitación de la cantidad de trabajo en progreso, además de mejorar la eficiencia y reducir los cuellos de botella en la producción, al priorizar tareas y asignar recursos de manera más efectiva. Se puede lograr una mayor productividad y una entrega más rápida de proyectos. Sin embargo, es importante adaptar la metodología a las necesidades específicas del proceso de impresión, considerando factores como la variabilidad en los tiempos de impresión, de diseño y la gestión de materiales. La aplicación adecuada de la metodología Kanban puede llevarnos a una optimización significativa del proceso de impresión, mejorando la calidad, la velocidad, la eficiencia general de la producción y ayudarnos a disminuir el scrap al eficientizar cada uno de los pasos que conforman el proceso de impresión.

## Referencias

1. Bandyopadhyay, A. & Bose, S. (2015). Additive Manufacturing. CRC press.
2. Carrasco, J. B. (2001). Gestión de Procesos. Santiago, Chile, Ed. Evolución S. A.
3. Chua, C. (2014). 3D Printing and Additive Manufacturing. World Scientific Publishing
4. Fernández-Domínguez, D. (2023). Estudio de diseño y construcción de una pieza para motocicleta mediante fabricación aditiva e impresión 3D (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
5. Gil, C. L. (2021). Bio impresión 3D: importancia en la actualidad. Tecno Humanismo, 1(1), 87-128. <https://doi.org/10.53673/th.v1i1.2>
6. Infante, Esteban & Erazo, Deiby. (2013). Propuesta de Mejoramiento de la Productividad de la Línea de Camisetas Interiores en una Empresa de Confecciones por Medio de la Aplicación de Herramientas Lean Manufacturing. Seminario-Taller “Gestión De Plantas Industriales”. Cali. Universidad de San Buenaventura Cali, p. 20.
7. Kniberg, H., Skarin, M., de Mary Poppendieck, P., & Anderson, D. (2010). Kanban y Scrum—obteniendo lo mejor de ambos. Prólogo de Mary Poppendieck & David Anderson. ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA: C4Media Inc . Lendínez, L. C. (2019). Kanban. Metodología para aumentar la eficiencia de los procesos. 3C Tecnología, 29(1), 30-41.
8. Lipson, H. & Kurman, M. (2015). La revolución de la impresión 3D. Anaya
9. Powell, D.J. & Van Der Stoel, A. (2017). Lean Engineer-to Order Manufacturing. In: Netland, T.H. and Powell,
10. D.J. [EDS] The Routledge Companion to Lean Management. Routledge, New York.
11. Project Management Institute. (2017). Agile Practice Guide. Project Management Institute, Inc., Pennsylvania.

