



Formalización de proceso de integración de proveedores críticos a metodología Kanban.

Cristian Gutiérrez Narváez

Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniero Industrial

Asesor

Pablo Andrés Maya Duque, Doctor (PhD) en Ingeniería Industrial

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Industrial
Medellín, Antioquia, Colombia
2022

Cita	(Gutiérrez Narváez, 2021)
Referencia	Gutiérrez Narváez, C., (2021). <i>Formalización de proceso de integración de proveedores críticos a metodología Kanban, 2021</i>
Estilo APA 7 (2020)	[Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.



Créditos a el profesor Pablo Andrés Maya Duque, a la Ingeniera Eliana Diaz Cadavid, al ingeniero Jonathan Ramírez Restrepo, al ingeniero Leonardo García Zuliani, a las áreas de desarrollo de aliados estratégicos, Logística de entrada y Kanban de Industrias Haceb.



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano: Jesús Francisco Vargas Bonilla

Jefe departamento: Mario Alberto Gaviria Giraldo

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Tabla de contenido

Resumen	10
Abstract	11
Introducción	12
Objetivos	12
2.1. Objetivo general	12
2.2. Objetivos específicos.....	12
3. Marco Teórico	13
3.1 Método Kanban	13
3.2 Filosofía Justo a Tiempo	13
3.3 Metodología Kanban en la logística de entrada	14
3.4 WMS (Warehouse Management System).....	15
3.5 Sistemas pull	15
4. Metodología	16
4.1 Caracterización proceso Kanban proveedores:	16
4.2 Proceso de cálculo de las canastas:	21
4.3 Sistema Pull.....	23
4.4 Bases para Formula Kanban:.....	23
4.5 Fórmula para el transporte Kanban:	25
5.6 Tabla resumen:	27
4.7 Selección de variables	29
4.8 Análisis proveedores:	31
4.9 Cálculo de medios solo para planta.....	32
5. Elaboración de herramienta para el cálculo de medios en planta.	32

5.3 Cálculo de canastas para enviar al proveedor	40
6. Resultados de canastas para proveedores	41
7. Conclusiones:	42
Referencias bibliográficas	43

Lista de tablas

Tabla 1 <i>Datos de entrada para cálculo actual de canastas</i>	22
Tabla 2 <i>Resumen de variables</i>	27
Tabla 3 <i>Variables a usar para método de cálculo</i>	30
Tabla 4 <i>Datos para referencia a probar</i>	31
Tabla 5 <i>Resultado preliminar haciendo uso de todas las variables</i>	32
Tabla 6 <i>Columnas de la matriz de registro de referencias</i>	33
Tabla 7 <i>Proyección de demanda</i>	36
Tabla 8 <i>Datos ref 1 y 2 plástica</i>	37
Tabla 9 <i>Resultados Ref 1 y 2 pieza plástico</i>	39
Tabla 10 <i>Resultados canastas externas Ref 1 y pieza plástico</i>	41

Tabla de Figuras

Figura 1 <i>Kanban orientado al transporte</i>	16
Figura 2 <i>Flujo de materia prima</i>	17
Figura 3 <i>Canasta convencional a la izquierda, canasta Kanban a la derecha</i>	18
Figura 4 <i>Supermercado Kanban</i>	19
Figura 5 <i>“Medio Carrito Kanban”</i>	20
Figura 6 <i>Elementos que influyen el número de kanbans de transporte</i>	26
Figura 7 <i>Formulario interno</i>	35
Figura 8 <i>Formulario con los datos capturados</i>	38
Figura 9 <i>Cuadro de dialogo con el resultado</i>	39
Figura 10 <i>Formulario para el cálculo de canastas a entregar al proveedor</i>	40

Tabla de ecuaciones

<i>Ecuación 1: Convertir tiempo en cantidades</i>	24
<i>Ecuación 2: Cantidad de partes dentro del medio</i>	24
<i>Ecuación 3: Fórmula fundamental del Kanban</i>	25
<i>Ecuación 4: Número de kanbans de transporte</i>	28
<i>Ecuación 5: Resultado preliminar de kanbans</i>	31

Siglas, acrónimos y abreviaturas

WB	Tiempo de espera de la caja Kanban
WS	Tiempo de espera en la fila para el envío
LT	Tiempo de espera
WT	Tiempo de espera para la carga completa de camión
BD	Fallas y interrupciones
OS	Gran pedido de cliente
PD.	Gran pedido de cliente
TT	Takt Time
NPC	Número de partes por canasta
NC	Número de canastas

Resumen

En las industrias manufactureras, controlar el flujo de materia prima desde los proveedores es de vital importancia para llevar a cabo la producción planeada, es por esto por lo que dentro de la empresa existen implementada la metodología Kanban, esta metodología tiene como fin controlar el flujo de materia prima entre los diferentes inventarios que se encuentran ubicados en la planta. Sin embargo, uno de los principales problemas es estandarizar el método de empaque de las piezas traídas desde el proveedor. Haciendo que se gaste recursos valiosos como tiempo y mano de obra en el reempaque de cajas, bolsas y canastas convencionales a canastas diseñadas y que son conocidas como medios kanban. Es por esto por lo que como objetivo principal de este trabajo de grado se presenta una forma de como calcular el número óptimo de canastas necesarias tanto para llevar a cabo la operación dentro de la planta como el número de canastas a entregar al proveedor para que este pueda hacer el empaque de la materia prima desde su planta de producción. Con esto en mente se elabora una herramienta en VBA para agilizar y registrar las referencias a calcular, permitiendo así una ágil y fácil manera de que cualquier persona pueda registrar los datos para una referencia y con esto calcular la cantidad de medios necesarios.

Palabras clave: Kanban, Industria manufacturera, Desarrollo de Proveedores, Kanban de transporte, Excel VBA.

Abstract

In manufacturing industries, controlling the flow of raw material from suppliers have a vital importance to carry out the planned production, order to do so, the Kanban methodology is implemented within the company. This methodology is intended to control the flow of raw materials between the different inventories in the plant. However, one of the main problems is standardizing the packaging method of the parts brought from different suppliers. Causing wasting valuable resources such as time and labor to repackage conventional boxes, bags, and baskets to designed baskets known as kanban packaging media. Therefore, the main objective of this work is to calculate the optimal number of baskets necessary, both to carry out the operation within the plant, and the number of baskets to deliver to the supplier so that he can do the packaging of the raw material from his production plant. A tool is developed in VBA to speed up and register the references to be calculated, thus allowing an agile and easy way for anyone to register the data for a reference and with this calculate the number of necessary means.

Keywords: Kanban, Manufacturing Industry, Supplier Development, Transportation Kanban, Excel VBA.

Introducción

Las empresas manufactureras de electrodomésticos suelen tener un amplio número de proveedores estratégicos, de servicios y materia prima, que en conjunto tienen como misión proveer de todos los recursos necesarios para llevar a cabo los procesos que se requieran para cumplir con los objetivos estratégicos. Es por esto, que dentro de la empresa se tiene el programa: Desarrollo de Aliados estratégicos, cuya función es establecer planes de mejora, que brinden resultados ganadora y además presenten un ahorro monetario tanto para el proveedor como para la compañía.

Durante el semestre de prácticas, las actividades se enfocarán en llevar a cabo estos planes de mejora con los proveedores, en donde pueden intervenir todas las áreas claves del proceso a mejorar, tales como: logística, producción, economía circular, recursos humanos y demás. Dentro de los planes de mejora habrá un énfasis especial en la aplicación del método de control de proceso, Kanban. El cual ya funciona dentro de las líneas de producción, y se planea extender hasta los proveedores, por lo tanto, uno de los objetivos principales es determinar la cantidad óptima de medios o canastas tipo Kanban al proveedor, con el fin que desde la planta de producción del proveedor empaque los productos en los medios Kanban estandarizados y con esto se pueda integrar todo el proceso sin la necesidad de establecer zonas de reempaques.

Objetivos

2.1. Objetivo general

Implementar la herramienta Kanban con el uso de canastas como medio para el flujo de materia prima desde los proveedores hasta la línea de producción.

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el proceso actual de abastecimiento de los proveedores con ideas relacionadas al Kanban
- Documentar el método de cálculo de medios tipo kanban

- Diseñar herramienta en VBA que permita registrar las referencias y automatizar el cálculo

3. Marco Teórico

Con el fin de mostrar los sistemas Kanban utilizados en la logística de entrada de las plantas de producción, es necesario presentar los principales conceptos que se usan actualmente para implementar esta poderosa herramienta en la industria

3.1 Método Kanban

La palabra Kanban es una metodología proveniente del Japón cuyo significado es tarjeta con signos o seña visual, y es la base del sistema, mediante tarjetas o celdas se representa las tareas por hacer, que se están haciendo y la que ya están hechas, esto con el objetivo de visualizar en todo momento el flujo de trabajo. Con esto se pueden establecer límites e indicadores de rendimiento fácilmente medibles, como por ejemplo la cantidad de trabajo, avance de los proyectos y seguimiento del tiempo entre otros. Además, puede ayudar a respetar fechas límites, establecer metas alcanzables, identificar cuellos de botella y no priorizar aquello que puede resultar descartable. (KANBANIZE, 2021)

Ahora bien, la definición clásica que se mencionó anteriormente tiene variables de implementación dependiendo del sistema en donde se quiere aplicar, en este caso específico, se implementara en la logística de entrada, por lo que también es importante destacar la aplicación de la filosofía Justo a Tiempo.

3.2 Filosofía Justo a Tiempo

La intención principal del Justo a tiempo es optimizar los procesos y los procedimientos mediante la búsqueda de reducción de desperdicios y mejoramiento de la calidad. (Wakode et al., 2015)

Esta filosofía se implementó a finales de los años 40 en el sistema de producción de Toyota, en la cual gracias a la implementación de este sistema su producción se basó en el arrastre de la demanda y no en almacenar producto terminado. (Wakode et al., 2015)

El ingeniero de Toyota: Shego Shingo, una autoridad en el Justo a tiempo establece 5 desperdicios que deben ser identificados para una mejora continua en el proceso de producción:

Desperdicio en la producción: Se elimina reduciendo tiempos de preparación, tiempos entre procesos y problemas de diseño de planta

Desperdicio en la espera: Se elimina reduciendo los cuellos de botella y el desbalance de cargas de trabajo, junto con un aumento en un equipo de trabajo flexible.

Desperdicio en el transporte: Se establece distribuciones y locaciones para hacer de traspaso de material y transporte innecesario si es posible, o minimizar si no es posible.

Desperdicios de procesos: Cuestionarse las razones de existencia de los productos y por qué cada proceso es necesario.

Desperdicio de productos defectuosos: Desarrollar el proceso de producción previene los defectos desde su origen, así que elimina la inspección. (Wakode et al., 2015)

Como se muestra, si se identifica estos desperdicios se puede pensar en un mejoramiento continuo, en el caso de la herramienta Kanban ayudaría a identificar y reducir los desperdicios de transporte, espera y en los procesos, ya que con la entrada en línea de las canastas para entrega de materia prima y usando el sistema de tarjetas desde el proveedor, se reducen los tiempos de espera, reempaques, uso de empaques, espacio de almacenamiento, tiempos de entrega e incrementa la flexibilidad. (Wakode et al., 2015)

3.3 Metodología Kanban en la logística de entrada

Cuando se trata de la recepción de materia prima, la metodología Kanban debe pensarse en función de la información requerida para llevar a cabo el proceso, es por esto que existen diferentes tipos de tarjetas:

Kanban de transporte: Se marca cuánto producto se debe reponer para cumplir con el siguiente paso de la cadena.

Kanban de producción: Se usa para solicitar la fabricación de un producto.

Anteriormente se usaban tarjetas físicas para plasmar la información importante en cada etapa del proceso de producción y transporte, actualmente en las grandes empresas de producción se adoptaron los sistemas de gestión de almacenes los cuales se encargan de almacenar y gestionar toda la información importante. (MECALUX, 2021)

3.4 WMS (Warehouse Management System)

El sistema de administración de almacenes es un software que ofrece visibilidad de todo el inventario de una empresa, además de que administra todas las operaciones de procesamiento dentro de la cadena de suministro. Presenta una ventaja primordial con otros sistemas de gestión al brindar una capacidad de respuesta rápida. (ORACLE, 2021)

3.5 Sistemas pull

Es un sistema de ordenamiento con Stock fijos, los cuales son mantenidos para cada artículo y se emiten pedidos para el reemplazo inmediato de cualquier artículo que sea retirado del stock. Ejemplos de sistemas pull son control de *stock* base y Kanban. (Deleersnyder et al., 1989) Este último busca extender su operación desde el proveedor hasta la línea de producción. Dado que los pedidos se manejan con punto de reorden, el sistema Kanban estará sistematizado teniendo en cuenta las restricciones propias de cada proveedor.

4. Metodología

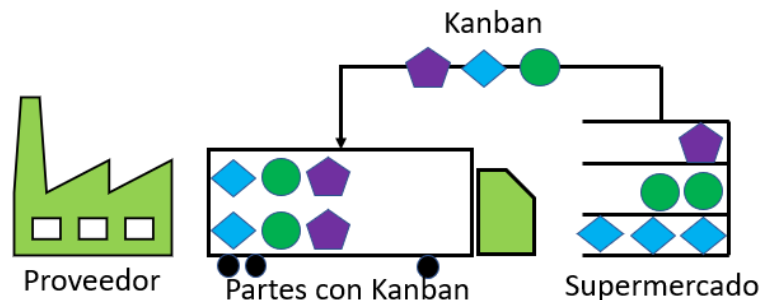
Para entender cómo funciona el sistema kanban actualmente dentro de las plantas de producción es importante hacer una caracterización del proceso kanban a nivel interno, para continuar con la propuesta de cálculo de las canastas, donde en base a la literatura existente se hace el diagnóstico sobre cuál es el método correcto para encontrar la cantidad de canastas necesarias para la operación, anteriormente claro está, identificando el sistema pull y se procede a identificar las variables principales, para después concluir con el desarrollo de la herramienta en Excel, que permita facilitar y agilizar el proceso.

4.1 Caracterización proceso Kanban proveedores:

El método de Kanban implementado en la empresa manufacturera es una variación del método clásico de producción Kanban, esta variación es llamada Kanban de transporte (Roser, 2021), Aunque es similar al Kanban de producción se diferencia en que este método se usa solo para reponer stock de un inventario previo o del proveedor. En caso de ser aplicado con el proveedor pasa a llamarse Kanban proveedores. Como es el caso que se desea aplicar en la empresa. A continuación, se presenta un esquema simplificado del Kanban proveedores.

Figura 1

Kanban orientado al transporte



Nota. Representación gráfica de flujo de envío de piezas en método kanban. Tomado de *All About Production*(p. 110), por C. Roser, 2021, All About Lean.com

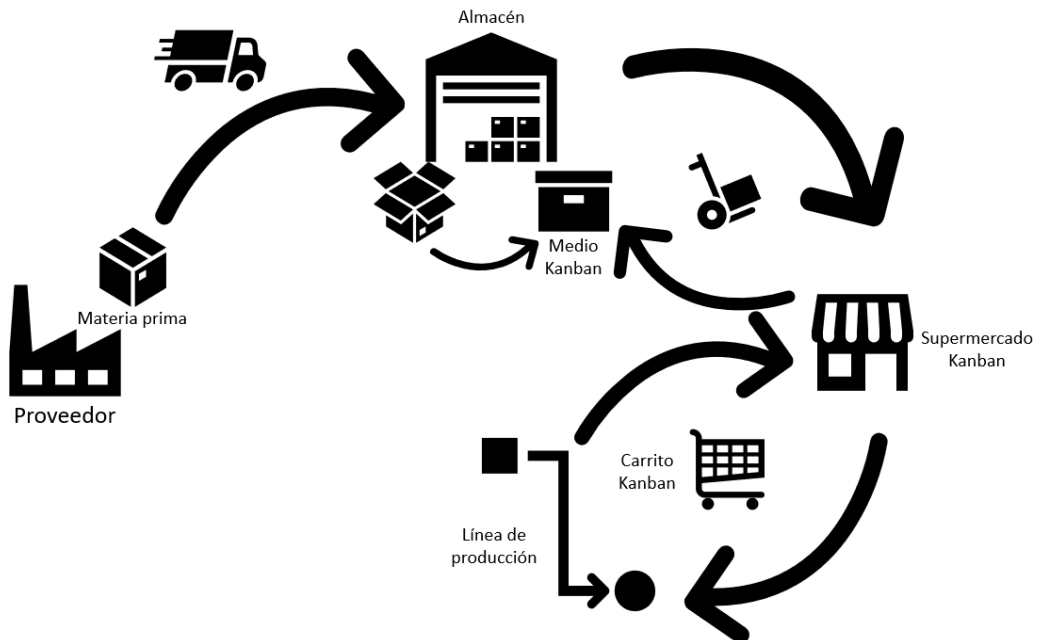
La diferencia principal con el Kanban enfocado a la producción es que este último está enfocado cuando se debe crear, transformar o ensamblar piezas para crear una nueva parte, mientras que el kanban de transporte está enfocado exclusivamente en pasar materia prima de un inventario a otro.

Para conocer a fondo el proceso de Kanban en proveedores, se debe conocer proceso general interno de cómo se asocia un proveedor crítico al sistema de Kanban y luego como se integra la recepción de materia prima al sistema de Kanban interno, el cual tiene como propósito controlar el abastecimiento de toda la materia prima necesaria en las diferentes plantas de producción al borde de línea.

Para hacer esta caracterización se hicieron varios encuentros con los líderes de logística de entrada y el líder analista en ingeniería de procesos. Durante estos encuentros se mapeo la forma en cómo se aplica el Kanban al interior de la empresa:

Figura 2

Flujo de materia prima



El proceso comienza desde que se hace el pedido de orden al proveedor para un nuevo lote con materia prima, esta materia prima suele llegar en empaques tipo estiba, con material *stretch* para mantener junto el material, además de esquineros de cartón, bolsas plásticas y demás material necesario para mantener en su totalidad la integridad de las características físicas relacionadas a la calidad, como puede ser: pintura, forma, brillo y demás. A continuación, se procede a retirar el material de empaque para ser re empacado en las canastas tipo Kanban.

Figura 3

Canasta convencional a la izquierda, canasta Kanban a la derecha



Estas canastas pueden variar de tamaño y calidad del material y a partir del peso junto con el volumen de la materia prima, se escoge el tipo de canasta en el cual se transporta el material. Este material es almacenado en el inventario hasta que se da la orden de llevar las canastas en montacargas, a los puntos demarcados dentro de las plantas de producción como supermercado Kanban,

Figura 4

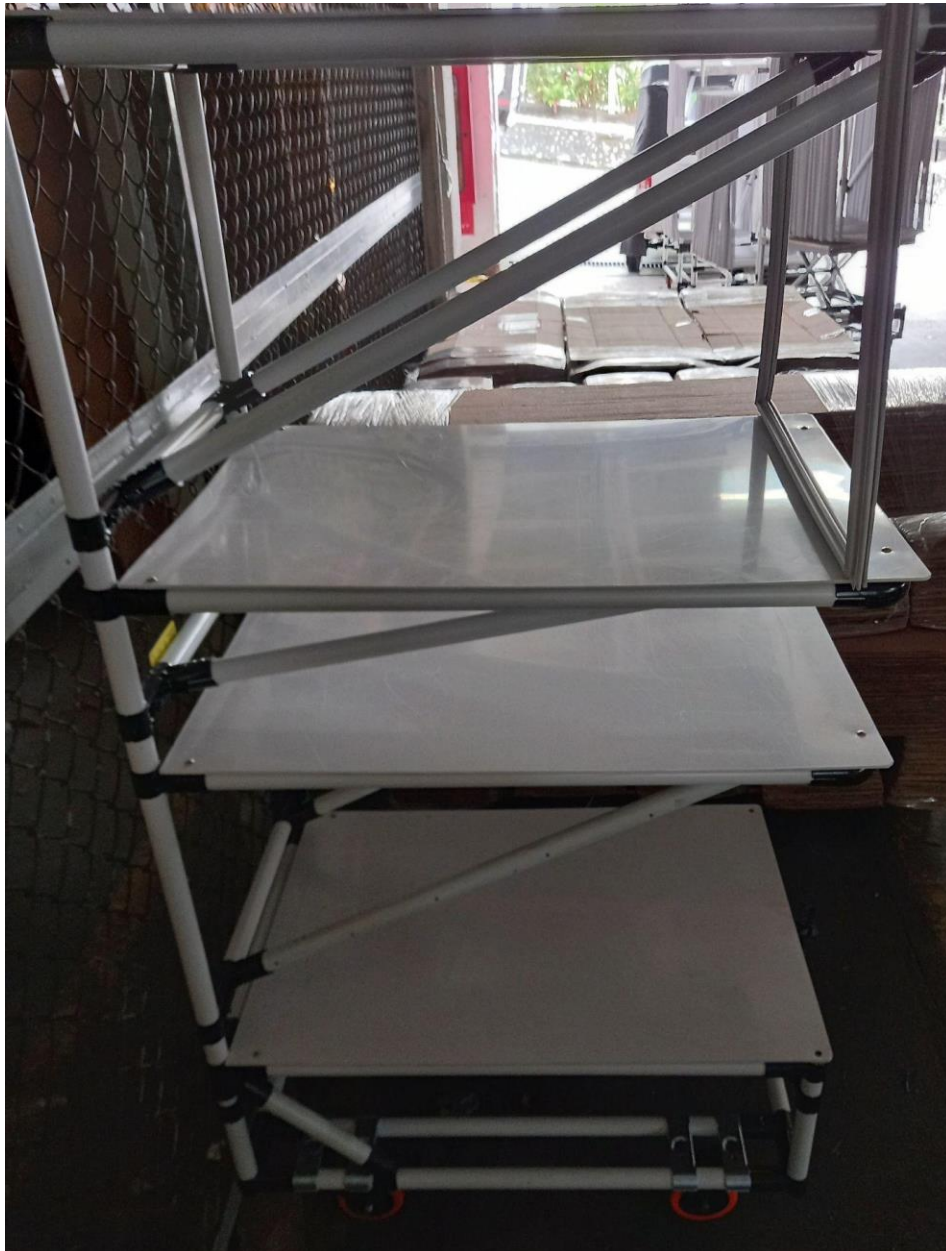
Supermercado Kanban



Estos supermercados Kanban tienen como función almacenar la materia prima en los medios Kanban cerca de las líneas de producción. Una vez se solicita la orden de transportar el material a la línea, los carritos Kanban (conocidos coloquialmente dentro de la planta).

Figura 5

“Medio Carrito Kanban”



llegan para reponer material y llevarlo hasta la línea, en el momento en que la canasta está en la línea de producción, se usa la materia prima para el ensamble general del electrodoméstico hasta

que se agote. Cuando esto ocurre, la canasta es tomada por los carritos Kanban hasta los supermercados y luego transportados por los montacargas que depositan las canastas llenas hasta el almacén general donde se reinicia el ciclo.

Hay que tener en cuenta que en cada uno de los puntos de almacenamiento de material, se encuentra personal encargado de generar las órdenes de envío al siguiente punto de almacenamiento, es decir, una vez llega el carrito Kanban a los supermercados para abastecerse y dejar las canastas vacías, el operario líder genera la orden en el sistema ERP al encargado del almacén de recepción de material, para enviar las canastas correspondientes, se debe tener en cuenta que las canastas deben tener un espejo, es decir tener dos lotes iguales para reponer material en todo momento, esto con el fin de nunca quedarse sin stock en los diferentes puntos de almacenamiento. Por ejemplo, si en un supermercado Kanban se consumen 2 canastas de material por hora, deben haber 4, con el objetivo de que cuando las 2 primeras canastas sean llevadas por los carros, queden 2 para suplir, con esto se genera la orden al almacén el cual debe tener también 4 canastas llenas para igualmente nunca quedarse sin stock durante todo el turno y reponer las 2 canastas en el supermercado.

4.2 Proceso de cálculo de las canastas:

Una de las variables más importantes en el método Kanban es el número de canastas necesarias para conservar el flujo dentro de la empresa, ósea, el número de canastas donde se almacena material que se deben tener para conservar el ciclo del proceso.

Este cálculo es hecho dentro de la compañía mediante la recolección de datos básicos de la materia prima tales como: Proyección de la demanda en el año, el tipo de canasta, la cantidad de materia prima que cabe en las canastas tipo Kanban. Entre otros datos relacionados con el costo de los empaques enviados desde el proveedor.

Luego de tener los datos, para cada una de las referencias a trabajar en el Kanban proveedores, se procede a hacer el cálculo mediante la cantidad en inventarios, tanto de seguridad, como en los supermercados, con esto se le añade un 12% extra sobre el total de las canastas, para mantener los medios en tránsito. Así se define el total de canastas a utilizar en todo el flujo. Cabe anotar, que ese 12% extra de medios fue calculado empíricamente mediante la experiencia del personal encargado en trabajar todo el sistema de Kanban.

Tabla 1
Datos de entrada para cálculo actual de canastas

Etapa	Código	Referencia	Proveedor	Unidad De Empaque Prov.	Cantidad Unid. Empaque Prov.
1	1	Componente ejemplo	Proveedor Ejemplo	BOLSA	100
Costo Empaque X Unidad Proveedor	Proyección Año 2021	Proyección Consumo De Cajas	Costo Empaque	Modalidad De Empaque	Promedio De Reempaque Día
\$ 100	100,000	1,000	\$ 1,000	PESAJE	10

Para realizar el cálculo de los medios, se debe tener en cuenta las restricciones propias para cada proveedor, como por ejemplo: Tiempos de reposición de canastas vacías, Lote mínimo de producción de la referencia específica y otra información que se pueda requerir. Esto con el objetivo de hacer el empaque en canastas tipo kanban desde la planta de producción del proveedor.

Esto presenta problemas, debido a que, si los proveedores no tienen los medios disponibles para hacer el empaque, utilizaran otros medios que no son compatibles y por lo tanto la actividad de reempaque no se elimina del proceso general, sino que se traslada al proceso de empacado del proveedor. Además, no es posible garantizar que siempre haya material disponible para entregar en el almacén, tema delicado ya que si el *stock* de seguridad se agota tiene como consecuencia el paro de la línea de producción específica que requiera esa materia prima.

Es por esto, que se tiene como objetivo presentar de manera formalizada, simple, con la mayor reducción de costos posible y riesgos por desabastecimiento, el cálculo de la cantidad de medios a adquirir con el fin de asegurar en todo momento el flujo de material dentro de la planta y que el

proveedor tenga siempre medios disponibles para el empaque una vez termine su proceso de producción.

Para determinar la forma de cálculo correcta primero se identifica que sistema pull esta implementado dentro de la empresa.

4.3 Sistema Pull.

El sistema pull que se lleva dentro de la planta es de *ship-to-stock*. Denominación utilizada dentro de la compañía. debido a que siempre se está produciendo y la orden del cliente no es necesaria para comenzar la producción. La meta es siempre tener producto disponible, mientras se requiera la menor cantidad de inventario posible. Esto hace que se produzca para reponer inventario y con esto el cliente tenga el menor tiempo de espera posible. Además de esto se debe tener en cuenta que el inventario tiene un límite separado para cada parte única que se encuentra integrada en el proceso.

4.4 Bases para Formula Kanban:

Según el libro “All About Pull Production (Roser, 2021), para el cálculo de los medios Kanban es necesario hacerlo para cada referencia que se tiene en inventario. Esto con el fin de tener la mayor precisión posible

La meta de la fórmula de kanban es calcular el límite de inventario superior, por lo que es posible expresar esto como el número de kanban.

Algunas variables necesarias para el cálculo del Kanban son tiempos, y a su vez estos tiempos deben ser convertidos en cantidad de producción y luego en número de kanban. Para transformar tiempos en cantidades se necesita el *Takt time* del cliente, o la frecuencia de la demanda. En este

caso como se trata de un kanban de transporte se entiende como cliente, la demanda de la línea de producción por nuevas piezas.

A continuación, se presenta la fórmula de para convertir tiempo en cantidades:

$$Q = \frac{T}{TT} = T * DF \quad \text{Ecuación 1}$$

Nota. Fuente (Roser, 2021)

Donde:

Q = Cantidades

T = Tiempo (General)

TT = Takt Time (Tiempo por cantidad)

DF = Frecuencia de la demanda.

Igualmente, para transformar de cantidad a número de kanbans se debe tener en cuenta, la cantidad de partes que van dentro del medio, por lo que la fórmula es:

$$NC_{Kanban,n} = \frac{Q_n}{NPC_n} \quad \text{Ecuación 2}$$

Nota. Fuente (Roser, 2021)

Donde:

NC_{Kanban} = Número de Kanbans

Q_n = Cantidad de materia prima n

NPC_n = Número de partes en medio kanban n

La fórmula fundamental del Kanban es la siguiente:

$$NC_{Kanban,n} = \frac{RT_n}{TT_n * NPC_n} = \frac{RT_n * DF_n}{NPC_n} \quad \text{Ecuación 3}$$

Nota. Fuente (Roser, 2021).

Sin embargo, esta fórmula requiere tener en cuenta unas consideraciones, por lo que será modificada para trabajar con el kanban de transporte.

DF_n = Frecuencia de la demanda (Cantidad por tiempo)

NC_{Kanban} = Número de Kanbans (Cantidad en tarjetas)

NPC_n = Número de partes en medio kanban n (Tiempo)

RT_n = Tiempo de reposición para un tipo de parte n (Tiempo)

TT_n = Tiempo takt del cliente para tipo de parte n (Tiempo por cantidad)

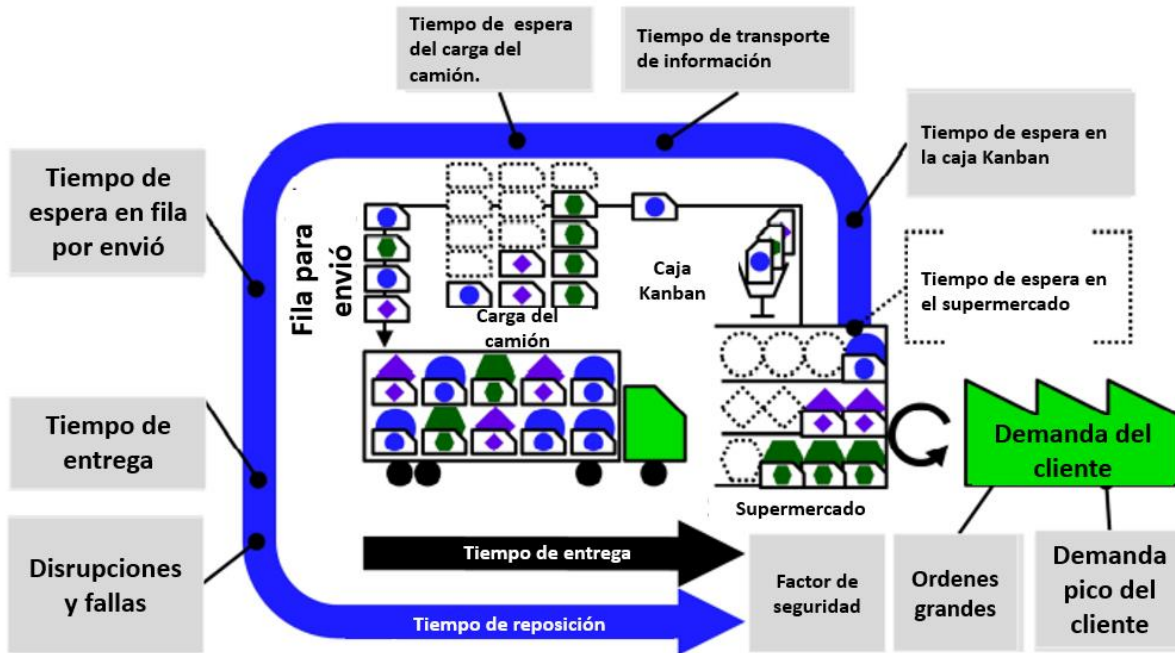
La dificultad de usar esta fórmula radica en cómo se calcula el tiempo de reposición, y más difícil aun, cuales fluctuaciones incluir, ya que en un ship-to-stock, el sistema de pull debe ser uniforme en su demanda y las fluctuaciones se incluyen dentro del límite del inventario.

4.5 Fórmula para el transporte Kanban:

Para establecer el cálculo del transporte en Kanban se deben tener en cuenta los elementos únicos del sistema,

Figura 6

Elementos que influyen en el número de kanbans de transporte



Nota. Representación gráfica del flujo de piezas dentro de la planta de producción. Tomado de *All About Production*(p. 189), por C. Roser, 2021, All About Lean.com

-Tiempo de espera de la caja Kanban: Hace referencia al tiempo que se demora en llegar una nueva unidad de Kanban desde que abandona el supermercado Kanban.

-Tiempo de transporte de información: Debido a que el Kanban implementado usa tarjetas con código de barras el transporte de la información es de unos cuantos milisegundos por lo que no se tendrá en cuenta.

-Tiempo de espera para la carga completa de camión: Los proveedores esperan a tener la suficiente cantidad de unidades para hacer el envío de materia prima, por lo que el tiempo de espera se tendrá en cuenta debido a su importancia en el cálculo y que se tiene su tiempo mapeado para cada proveedor, sin embargo, no es el caso para cada referencia.

-Tiempo de espera en la fila para él envió: Cuanto tiempo le toma a la orden esperar hasta que el vehículo de transporte esté listo y pueda ser cargado. Esta variable se tendrá en cuenta, sin embargo, su precisión representa un reto debido a otras consideraciones que se deben tomar tales como: tiempo de producción de lote mínimo, tiempo de preparación de máquinas (si aplica), tiempo de empaque, entre otros.

-Tiempo de espera: Es el tiempo que le toma a los bienes para ser cargados y trasladados a su destino.

-Fallas y disrupciones: Se puede agregar tiempo adicional para fallas y disrupciones en la cadena de suministro que pueda afectar la disponibilidad de material.

-Gran pedido de cliente: Esta es la estimación de cuál puede ser el mayor pedido por parte del cliente convertido en kanbans.

-Demanda pico del cliente: El sistema de cubrir el pico de la demanda. La diferencia entre la demanda promedio y la demanda más grande es el pico de la demanda.

-Factor de seguridad: Encima de estos se puede añadir un factor de seguridad como un número de medios o como un porcentaje.

5.6 Tabla resumen:

Tabla 2

Resumen de variables

Grupo	Elemento	Unidad	Usualmente relevante	Variable
	Tiempo de espera de la caja Kanban	Tiempo	Sí	WB
	Tiempo de transporte de información	Tiempo	No	TI

Tiempo de reposición	Tiempo de espera para la carga completa de camión	Tiempo	Sí	WT
	Tiempo de espera en la fila para el envío	Tiempo	Sí	WS
	Tiempo de espera	Tiempo	Sí	LT
	Fallas y disrupciones	Tiempo	Sí	BD
Cliente	Gran pedido de cliente	Cantidad	Sí	OS
	Demanda pico del cliente	Cantidad	Sí	PD
Otros	Factor de seguridad	Kanban	Sí	S
	Otros elementos			

Basados en estos elementos se puede calcular el número de Kanbans de transporte:

$$NC_{Kanban,n} = \frac{WB+TI+WT+WS+LT+BD}{TT_n * NPC_n} + \left(\frac{OS_{Max,n}}{NPC_n} - 1 \right) + \frac{PD_n}{NPC_n} + S \quad \text{Ecuación 4}$$

Nota. Fuente (Roser, 2021).

Las variables indicadas para la ecuación son las siguientes:

BD = Tiempo adicional para cubrir Fallas y disrupciones (Tiempo)

LT = Tiempo de entrega (Tiempo)

NC_{Kanban,n} = Número de Kanbans para tipo de parte n (Cantidad de tarjetas)

NPC_{Kanban,n} = Número de partes por kanban por tipo de parte n (Cantidad por tarjeta)

OS_{Max,n} = Máxima orden esperada por parte tipo n (Cantidad)

PD_n = Demanda pico del cliente para parte tipo n (Cantidad)

S = Factor de seguridad (Cantidad de tarjetas)

TI = Tiempo para el transporte de información (Tiempo)

TT_n = Takt cliente por tipo de parte n (Tiempo por cantidad)

WB = Tiempo de espera en la caja kanban (Tiempo)

WS = Tiempo de espera en la fila de envío (Tiempo)

WT = Tiempo de espera para la carga del camión (Tiempo)

4.7 Selección de variables

Debido a información limitada que se puede conseguir en planta, además del limitado tiempo, se debe hacer una selección de aquellas variables que pueden ser obtenibles para cada una de las referencias que se encuentran en el Kanban interno de la empresa, también se debe tener en cuenta que el Kanban será aplicado desde diferentes puntos de la cadena de suministro, es decir, el proveedor de cierta materia prima, después de su proceso de producción empacará el lote en los medios tipo Kanban para ser recibidos directamente sin necesidad de reempaque por el almacén de logística de entrada.

Otra consideración por tomar es que, en este Kanban de transporte, el cliente se entiende como la línea de producción, por lo que la producción puede variar dependiendo de la demanda de que haya en el mes.

Teniendo en cuenta la tabla, se hará la revisión de variables por grupos, comenzando por el tiempo de reposición:

En resumen, solo se eliminará la variable de transporte de la información, ya que su valor es casi cercano a 0 segundos.

Tabla 3

Variables por usar para método de calculo

Grupo	Elemento	Unidad	Usualmente parte específica	Usualmente relevante	Variable
Tiempo de reposición	Tiempo de espera de la caja Kanban	Segundos	No	Sí	WB
	Tiempo de espera para la carga completa de camión	Segundos	No	Sí	WT
	Tiempo de espera en la fila para el envío	Segundos	No	Sí	WS
	Tiempo de espera	Segundos	No	Sí	LT
	Fallas y disrupciones	Tiempo	No	Sí	BD
Cliente	Gran pedido de cliente	Unidades	Sí	Sí	OS
	Demanda pico del cliente	Unidades	Sí	Sí	PD
Otros	Factor de seguridad	Kanbans	A veces	Sí	S
	Otros elementos				

4.8 Análisis proveedores:

Debido a la restricción de la información, para probar la fórmula del cálculo, se usará la información dada por un proveedor de inyección de plásticos, en una de sus referencias.

Haremos el cálculo para la primera referencia:

Tabla 4

Datos para referencia a probar

Variable	Unidad	valor
WB	Segundos	15597
WT	Segundos	28800
WS	Segundos	28800
LT	Segundos	5400
BD	Segundos	10800
OS	Unidades	160
PD	Unidades	291

Los datos fueron obtenidos a partir de la información dada por el área de abastecimiento.

$$NC_{Kanban} = \frac{15597+28800+172800+5400+10800}{\frac{25_{seg}}{u} * 160_n} + \left(\frac{291_{Max}}{160_n} - 1 \right) + \frac{160_n}{160_n} + 0.9 * NC_{Kanban}$$

Ecuación 5

Con el cálculo anterior el resultado fue de 45 medios tipo kanbans, con un 90% de factor de seguridad, el resumen de los resultados para las anteriores referencias es el siguiente:

Tabla 5*Resultado preliminar haciendo uso de todas las variables*

Referencia	Número de kanbans sin seguridad	de Seguridad (Kanban)	Número de kanbans con seguridad	Porcentaje de seguridad
Pieza plástico lateral campana	46	40	86	90%

4.9 Cálculo de medios solo para planta

Debido a que la variable WT (Tiempo de espera para la carga completa de camión). Tiene un peso muy grande al ser la variable con mayor valor, gracias a los largos tiempos de espera para que se cargue el camión por completo desde el proveedor. Se propone hacer el cálculo en dos fases, la primera será calcular la necesidad de medios solo para la planta, en la cual se limitará la variable WT como 0 segundos, ya que se hace la suposición de que siempre hay disponibilidad en la planta para medios. Esto con el fin de identificar la necesidad de medios en planta exclusivamente.

Después de identificar la necesidad en planta, se documenta la cantidad de medios para completar el flujo desde el proveedor.

5. Elaboración de herramienta para el cálculo de medios en planta.

Con el objetivo de establecer una herramienta que permita la automatización de los cálculos y con esto, poder establecer el número de medios dentro de la planta para garantizar el flujo correcto de producción. Se propone el diseño de un archivo en Excel. Mediante macros y el lenguaje de programación de VBA se elabora la herramienta que permita recibir solamente los datos de entrada para luego encontrar el número de medios referencia a referencia.

Esta herramienta está basada en el uso de formularios, y tiene como objetivo, además del cálculo de medios, que se pueda controlar como una base de datos, donde se pueda registrar, agregar, modificar, editar, eliminar y buscar información para todas las referencias.

La base de datos está construida a partir de la denominada Matriz Kanban, elaborada por el personal de ingeniería de producción de industrias Haceb.

La base de datos consta de 19 columnas donde se caracterizan de la siguiente manera:

Tabla 6

Columnas de la matriz de registro de referencias

Nombre	Descripción
Código	Número único asociado a la base de datos, hace referencia al número de entrada en la tabla.
Número de referencia	Número asociado desde el sistema ERP (Sistema de planificación recursos empresariales)
Referencia	Descripción de la pieza a registrar
Proveedor	Empresa externa que produce la materia prima
Unidad actual de empaque	Forma de empaque como se envía la materia prima
Cantidad unidad de empaque	Número de unidades de materia prima, que se pueden empaquetar en las canastas tipo kanban
Consumo año	Consumo proyecto en el presente año
Costo de empaque	Costo de la canasta Kanban
Tipo de canasta	Selección de canasta entre: Micro, pequeña, Media Baja, media alta, Grande baja, Grande intermedia, Grande alta.
Total canastas en planta	Canastas actuales que se tienen para la referencia
Tiempo de espera Kanban	Hace referencia al tiempo que se demora en llegar una nueva unidad de Kanban desde que abandona el supermercado Kanban.
Tiempo de espera para el envío	Cuánto tiempo le toma a la orden esperar hasta que el vehículo de transporte esté listo y pueda ser cargado. Esta variable se tendrá en cuenta, sin embargo, su precisión

	representa un reto debido a otras consideraciones que se deben tomar.
Tiempo de espera	Es el tiempo que le toma a los bienes para ser cargados y trasladados a su destino.
Fallas y disrupciones	Se puede agregar tiempo adicional para fallas y disrupciones en la cadena de suministro que pueda afectar la disponibilidad de material.
Gran pedido cliente	Esta es la estimación de cuál puede ser el mayor pedido por parte del cliente convertido en kanban.
Demanda pico	El sistema debe cubrir el pico de la demanda. La diferencia entre la demanda promedio y la demanda máxima es el pico de la demanda.
Factor seguridad	Se puede añadir un factor de seguridad como un número de kanban o un porcentaje.
TaktTime	corresponde al ritmo en el que las unidades deben ser producidas para cumplir con las exigencias de los consumidores.
Total canastas Kanban	Cálculo final del total de canastas Kanban necesarias para esa referencia.

5.1 Estructura de formulario:

A continuación, se presenta el formulario elaborado en Excel VBA con las diferentes opciones adicionales para la creación de una base de datos y el manejo de los datos.

Figura 7
Formulario interno

La herramienta está diseñada con el objetivo de visualizar los datos en el cuadro de las listas, y a partir de ahí se puede tomar la decisión de editar los datos al modificar cada una de las entradas que aparecen en los cuadros de texto, que representan las variables explicadas anteriormente.

Igualmente se puede agregar nuevos datos al elegir la opción de registrar, desde ahí se activan las opciones de ingresar nuevos datos, con esto se genera un nuevo código único que representa la cantidad de referencias registradas en la herramienta. A partir de ahí es posible editar desde la misma hoja de Excel en caso de que el usuario prefiera la facilidad de ingresar los datos de manera manual.

También se añade la opción de eliminar todo un registro, esto permite que la línea de la matriz pueda ser eliminada en caso de que la referencia salga del uso del Kanban.

Y por último está el botón de calcular medios, esta opción recoge todos los datos de entrada que se necesitan para el cálculo de las canastas para cada una de las diferentes referencias que se tienen bajo el modelo de Kanban. Con esto se puede obtener el cálculo de los medios en la columna destinada para dicho dato.

Por lo tanto, se tiene una herramienta muy visual que integra la base datos junto con el cálculo de las canastas necesarias para llevar a cabo la operación interna de la compañía.

6.2 Resultados de la herramienta cálculo de medios interno.

Debido al limitante de la data para las referencias, ya que mucha de la información debe ser consultada con los proveedores de la materia directamente, las pruebas se harán solo con 2 referencias cuyos datos ya se encuentran disponibles y fueron compartidos al equipo de Desarrollo de aliados estratégicos.

Para el uso de la herramienta se utilizará las siguientes referencias:

Tabla 7

Proyección de demanda

Referencia			Proyección demanda (Sep-Dec)
Pieza campana	Plástico ref1	Lateral	15180
Pieza Campana	Plástico ref2	Lateral	1177

Los datos de entrada son los siguientes para las referencias:

Tabla 8

Datos referencia 1 y 2 pieza plástico

Elemento	Unidades	Lat Campana 1	Lat Campana 2
WB	Segundos (Horas)	15567 (4.3)	273600 (76)
WS	Segundos (Horas)	28800 (8)	28800 (8)
LT	Segundos (Horas)	5400 (1.5)	5400 (1.5)
BD	Segundos (Horas)	10800 (3)	10800 (3)
OS	Unidades	160	160
PD	Unidades	261	7
S	Porcentaje	90%	90%
TT	Unidades/Segundos	25	146
NPC	Unidades	160	228

Figura 8
Formulario con los datos capturados

Haceb
Un hogar, mil historias felices

Calculo Canastas Kanban

Busqueda

1	1006841	KIT LATERAL CAR	PLASTICOS TRUH	CANASTA	160
2	1006843	KIT LATERAL CAR	PLASTICOS TRUH	CANASTA	228

Registrar

Editar

Eliminar

Limpiar

Código: 1

Tiempo de espera de la caja Kanban: 15567

Tiempo de espera en la fila para el envío: 28800

Tiempo de espera: 5400

Fallas y disrupciones: 10800

Total canastas: 32

Gran Pedido de cliente: 160

Gran demanda pico del cliente: 291

Factor de seguridad: 0,9

TaktTime: 25

Número de partes por Kanban: 160

Modificar

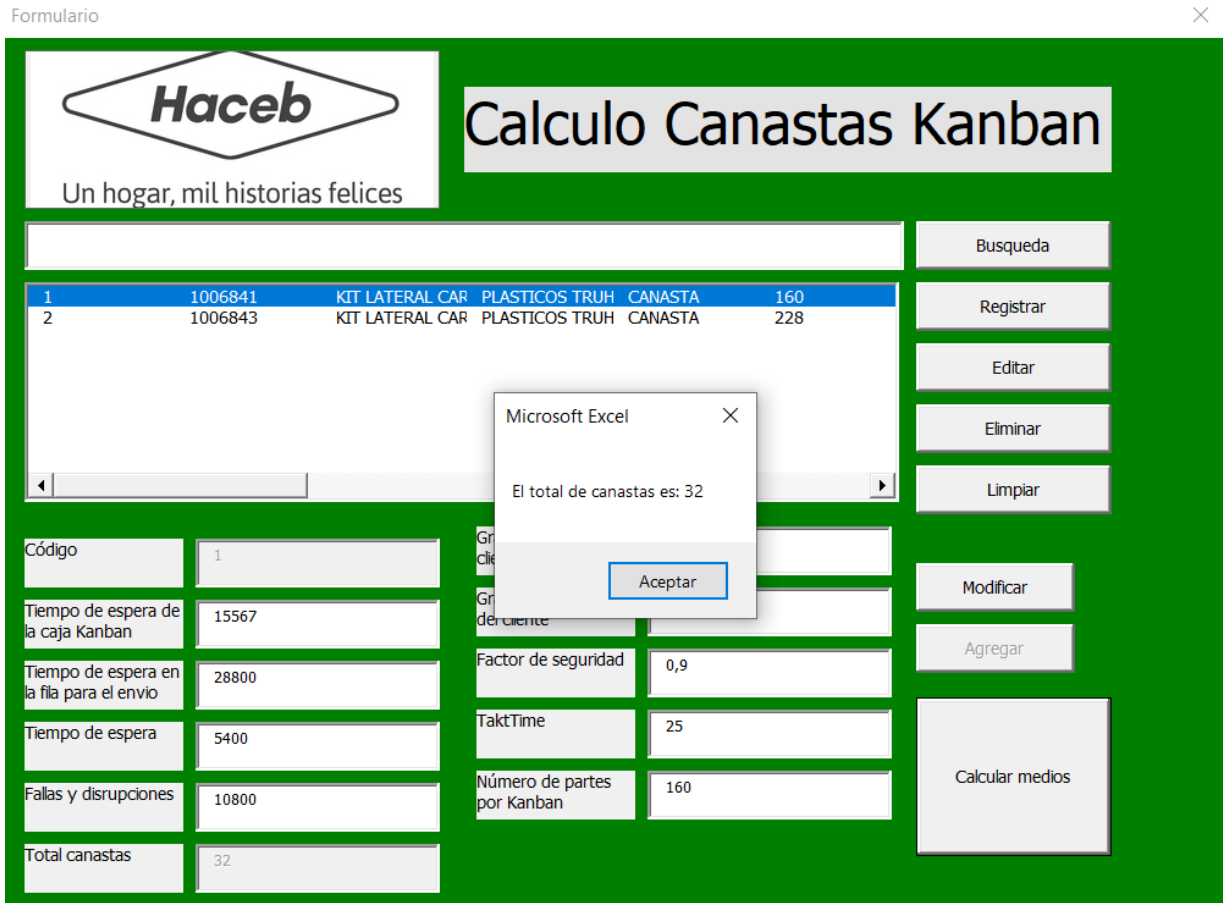
Agregar

Calcular medios

Con los datos capturados por el formulario tenemos la opción de editar los datos internos, al ver que todos los datos son correctos, se procede a dar clic en el botón de calcular medios, con esto aparece un cuadro de diálogo donde aparece el resultado, además de registrar el valor final, se guarda en la tabla general de los datos. Vale agregar que dentro de la tabla se encuentra el costo de compra de la canasta, por lo que al hacer el cálculo automáticamente aparecerá el costo total al comprar esa referencia en específico.

Figura 9

Cuadro de dialogo con el resultado



Los resultados para las referencias anteriormente mencionadas son las siguientes:

Tabla 9

Resultados Ref 1 y 2 pieza plástico

Referencia	Resultado
Pieza Plástico Lateral campana ref1	32
Pieza Plástico Lateral campana ref2	18

Este resultado es preliminar, ya que es necesario calcular además el número de canastas necesarias para entregar al proveedor con el objetivo de que este empaque desde su planta, la materia prima en el momento que salga de la línea de producción.

5.3 Cálculo de canastas para enviar al proveedor

Una de las razones por la cual se suele perder tiempo y recursos en la zona de *picking* es debido al reempaque de materia prima por parte del proveedor, ya que este trae su material en canastas, bolsas o cajas propias de su material de empaque, esto hace que, si dicha materia prima se encuentra dentro del sistema Kanban, se deba pasar a las canastas con las que se maneja el flujo dentro de la compañía. Para esto se usará la variable que fue descartada en el proceso anterior, WT (Espera de carga en el camión) Esta variable como se expresó anteriormente representa el tiempo que se debe esperar para que el camión se llene completamente, es decir el tiempo que se debe esperar desde que inicia la producción el proveedor hasta que completa los lotes necesarios de la orden de compra.

Dado que ya se tiene la información preliminar, el objetivo es integrar esta nueva variable al formulario y a la matriz ya construida, para esto se crea un nuevo formulario con solo la información necesaria para el nuevo cálculo, ofreciendo la oportunidad de ingresar el valor que representa la variable WT, y con esto poder completar el procedimiento del cálculo.

Figura 10

Formulario para el cálculo de canastas a entregar al proveedor

The screenshot shows a web application window titled "Formulario Externo" with a close button (X) in the top right corner. The main content area has a green background. At the top left is the Haceb logo with the tagline "Un hogar, mil historias felices". To the right of the logo is a grey box containing the text "Calculo Canastas Kanban proveedor". Below the logo is a search bar with a "Busqueda" button. Underneath is a table with two rows of data:

1	1006841	KIT LATERAL CAR	PLAST
2	1006843	KIT LATERAL CAR	PLAST

Below the table is an "Editar" button. Further down are several input fields arranged in a grid:

- Código
- TaktTime
- Gran Pedido de cliente
- Número de partes por Kanban
- Gran demanda pico del cliente
- Tiempo de espera carga del camión
- Factor de seguridad

At the bottom left is a "Modificar" button, and at the bottom center is a larger "Calcular medios" button.

El cuadro anterior, parecido al formulario de canastas internas, contiene la información necesaria para el nuevo cálculo, con esto se completa el cálculo de las canastas necesarias para él envío al proveedor, y el consumo interno dentro de las plantas.

6. Resultados de canastas para proveedores

Es necesario tener en cuenta que el proveedor para esta referencia en especial usa maquinas inyectoras de plástico, por lo que es necesario levantar una orden de compra de por lo menos 6400 unidades para empezar la inyección, con esto es necesario saber el tiempo de inyección de estas 6400 unidades para tener las canastas mínimas para entregar a planta. En consulta con el proveedor se sabe que en un turno de 8 horas puede completar la inyección del material, por lo que la variable WT (Tiempo de espera de carga en el camión) es 28800 segundos.

Con lo anterior, el resultado de canastas a entregar al proveedor es:

Tabla 10

Resultados canastas externas Ref 1 y 2 pieza plástico

Referencia	Canastas Internas	Canastas Externas	Total Canastas
Pieza Plástico Lateral campana ref1	32	86	118
Pieza Plástico Lateral campana ref2	18	5	23

La anterior tabla presenta el resultado de canastas calculadas tanto canastas para consumo interno como para externo, dando así el total de 118 y 23 canastas respectivamente para las referencias.

Para anotar, la matriz también calcula automáticamente el costo de las canastas con precios de referencia de mercado, en caso de que se requiera dicha información.

Al comparar estos datos con los usados en las bases de datos, se tienen resultados similares para ambas referencias, sin embargo, representa una reducción 6% con respecto al número de canastas que se está usando actualmente, lo cual puede representar un ahorro en la adquisición de canastas.

7. Conclusiones:

- El método kanban como forma de controlar el flujo de materia prima a los diferentes inventarios es vital al reducir tiempos y costes permitiendo tener estandarizado todo el flujo de material, además de ayudar a reducir desperdicios causados por los diferentes tipos de empaques como puede ser cartón o plástico al ser sustituidos por medios retornables como lo son las canastas tipo kanban.
- El desarrollo de la herramienta y la caracterización presenta una nueva forma, ágil y confiable de calcular la cantidad a canastas a obtener para cada referencia y en conjunto para cada proveedor.
- Es importante reconocer la comunicación entre las diferentes áreas, en este caso el área de desarrollo de aliados estratégicos hizo una labor importante a la hora de servir como puente entre los proveedores y el área de logística de entrada.
- Cada proveedor requiere un estudio único de su situación, algunos proveedores al manejar flota propia.
- Es importante recalcar que no toda la información se puede conseguir de manera ágil, por lo que la colaboración con los proveedores sobre los tiempos de producción es vital para saber poder llevar a cabo un cálculo correcto de los medios tipo Kanban a utilizar.

Referencias bibliográficas

Deleersnyder, J.-L., Hodgson, T. J., Muller-Malek, H., & O'Grady, P. J. (1989). Kanban Controlled Pull Systems: An Analytic Approach. *Management Science*, 35(9), 1079–1091. <https://doi.org/10.1287/mnsc.35.9.1079>

KANBANIZE. (2021). *¿Qué es Kanban: Definición, características y ventajas?*. KANBANIZE. [https://kanbanize.com/es/recursos-de-kanban/primeros-pasos/que-es-kanban#:~:text=Kanban%20es%20un%20m%C3%A9todo%20para,Toyota%20Production%20System%20\(TPS\).&text=Si%20se%20aplica%20bien%20y,trabajo%20sea%20continuo%20e%20ininterrumpido](https://kanbanize.com/es/recursos-de-kanban/primeros-pasos/que-es-kanban#:~:text=Kanban%20es%20un%20m%C3%A9todo%20para,Toyota%20Production%20System%20(TPS).&text=Si%20se%20aplica%20bien%20y,trabajo%20sea%20continuo%20e%20ininterrumpido).

MECALUX. (2021). *Método Kanban: ¿qué es y cómo funciona en logística?*. MECALUX. <https://www.mecalux.com.co/blog/metodo-kanban#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20Kanban%20se%20encarga,necesaria%20en%20el%20momento%20adecuado>.

ORACLE. (2021). *¿Qué es un sistema de administración de almacenes (WMS)?* ORACLE. <https://www.oracle.com/co/scm/what-is-warehouse-management/>

Roser, C. (2021). *All About Pull Production*. AllAboutLean.com Publishing.

Wakode, R., Raut, L., & Talmale, P. (2015). Overview on Kanban Methodology and its Implementation. *International Journal for Scientific Research & Development*, 3(2), 2518–2521.

Anexos

Anexo 1. Herramienta para cálculo de medios

https://drive.google.com/drive/folders/19dbZyraA4DTRE0_ckU9cqpKzqex23FFI?usp=sharing