

KANBAN – TARJETAS DE INSTRUCCIÓN

PASO A PASO

Y

PRINCIPALES VARIANTES

KANBAN – Tarjetas de Instrucción,

Paso a Paso y Principales Variantes

Kanban es una herramienta regida por reglas, que sirve para organizar el flujo de la producción tomando como base el funcionamiento de un supermercado o proceso de jalar lo requerido, empleando etiquetas de señalización visual de instrucciones que sirven como ordenes de trabajo para:

- (1) La producción, indicando como mínimo que se tiene que producir y en qué cantidad, así como indicaciones de paro e incorporación de cambios a la producción permitiendo una acción inmediata en su programación;
- (2) El transporte, que movilizar, como hacerlo y mediante qué medios.

Es una programación expedita de la demanda del cliente basada en el consumo actual que reemplazará exclusivamente lo consumido, produciéndose solo lo indicado en las tarjetas de instrucción en lugar de usar pronósticos. Es un “sistema de control de producción sin papeles, dónde la autorización para jalar o producir viene del proceso posterior” y no de pronósticos o suposiciones. Es una parte fundamental de la Manufactura Esbelta desarrollada por Toyota, que se centra en controlar el trabajo en progreso del proceso. Comunica en forma visual que producir; buscando hacer una operación de lotes pequeños lo más fluido posible para lograr un proceso lo más continuo que sea factible, garantizando la continuidad del consumo. El objetivo buscado es minimizar el trabajo en progreso y consecuentemente minimizar los inventarios, en base a suministros continuos para que se tenga la cantidad que se necesite, donde se requiera cuando se necesite.

Una tarjeta Kanban es una autorización para producir y/o mover existencias. El sistema de tarjetas Kanban es un método que controla las existencias y pone al descubierto problemas y oportunidades de cambio. Las tarjetas pueden ser remplazadas con un sistema electrónico.



La analogía típica es la del barco navegando en un río, en la cual el nivel del río representa las existencias en el inventario, que al ser muy elevadas ocasiona que se oculten todos los desperdicios y despilfarros; pero también ocasiona problemas de flujo de efectivo, problemas de pérdida de oportunidades en otras inversiones más rentables. Cuando la empresa intenta bajar el nivel de inventario (nivel del agua), aparecen los problemas (rocas). Altos niveles de inventario compensan durante tiempo indefinido (hasta que los accionistas se percatan de la improductividad) las deficiencias, desperdicios y despilfarros. Si algo no se conoce por estar oculto, no

se puede medir su gravedad y por lo mismo no se busca corregir.

La suma de todos los Kanban de una empresa representa el nivel actual de existencias y por lo tanto se puede decir que al reducirlos se logran mejoras en la operación global de la empresa. El Sistema Kanban cumple con dos funciones principales:

- El Control de la Producción (Integración de los procesos y el desarrollo del Justo a Tiempo JIT).
- La Mejora de los Procesos (Eliminación de desperdicios/despilfarros, Organización del área de trabajo, Mantenimiento preventivo y productivo MTP, etc.).

El uso del Sistema Kanban devela de inmediato la improductividad y problemas ocultos obligando a corregir el problema de raíz (Ishikagua, 5W-1H), realizando un análisis creativo y productivo que conduzca a propuestas de solución de los problemas y de implementación de la mejora continua.

Acciones Previas a la implantación del Sistema Kanban

Este sistema no se puede implantar de la noche a la mañana en una empresa, antes de iniciar el uso del Sistema Kanban es necesario desarrollar un proceso de suavización de la producción del flujo actual de material, si existen fluctuaciones muy grandes en la integración de los procesos Kanban se presentarán problemas y se creará desorden. **LABELED/MIXED PRODUCTION SCHEDULE.**- Sirve para determinar un sistema de calendarización de producción para ensamblajes finales, desarrollando una programación de la producción mixta y etiquetada. El personal debe entrenarse en el uso de esta herramienta, conocer y practicar los sistemas de reducción de tiempos para cambios de modelo: SMED, Producción de lotes pequeños, Jidoka: automatización con autocontrol de calidad, control visual de alerta de problemas: Andon, Dispositivos a prueba de errores: Poka Yoke, Mantenimiento Total Productivo (**MTP**), etc. todo esto es prerequisite para la introducción Kanban y evitar contratiempos en la línea de producción.

SMED es una técnica empleada para reducir al máximo el tiempo de máquina parada en las preparaciones de cambio de proceso o mantenimiento, etc. Establece una forma de analizar las preparaciones diferenciando entre operaciones internas (hay que realizarlas con la máquina parada) y externas (se pueden realizar antes y después de la parada).

Poka Yoke viene de las palabras japonesas "Poka" (error inadvertido) y "Yoke" (prevenir). Un dispositivo Poka Yoke es cualquier mecanismo que ayude a prevenir los errores antes de que sucedan, o hace que sean muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y los corrija a tiempo antes que surjan. La finalidad del Poka Yoke es eliminar los defectos en un producto previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible.

Andon. Término japonés para alarma, indicador visual o señal, utilizado para mostrar el estado de producción, utiliza señales de audio y visuales. Es un despliegue de luces o señales luminosas en un tablero que indican las condiciones de trabajo en el piso de producción dentro del área de trabajo, el color indica el tipo de problema o condiciones de trabajo. Andon significa ¡AYUDA!

MTP es fundamental para poder aplicar el Kanban, razón por la cual el personal operativo debe estar familiarizado y practicar las mejoras enfocadas, entrenamiento y autoformación continua, el Mantenimiento Autónomo y contar con el apoyo especializado para el Mantenimiento Progresivo o Planificado y el Mantenimiento de Calidad. Sin estas herramientas el Kanban no será imposible pero será muy complejo y difícil; como: **Remar a**

contracorriente caudalosa. El MTP reduce y tiende a eliminar: 1. Pérdidas por fallas, 2. Pérdidas de cambio de modelo y de ajuste, 3. Pérdidas debidas a paros menores, 4. Pérdidas de velocidad, 5. Pérdidas por defectos de calidad y retrabajos, 6. Pérdidas de rendimiento. Todo lo cual reducirá y tenderá a evitar **EMERGENCIAS** en la operación.

Principios en los que se basa el Sistema Kanban:

* La Calidad requerida se debe suministrar a la primera siempre, NUNCA suministrar algo que no cumple con lo requerido o que pueda ocasionar problemas en cualquiera de las subsecuentes etapas. Al detectarse se avisará de inmediato para corregir en la estación de trabajo propia.

* Eliminar o por lo menos minimizar todos los desperdicios / despilfarros. Hacer solo lo necesario siguiendo el orden de las tarjetas de instrucción.

* Indispensable el trabajo de equipo buscando la mejora continua.

* Buscar la flexibilidad del sistema para poder ejecutar las acciones necesarias si surgiese una situación anómala que originase un cambio en la priorización de la producción.

* Establecimiento de excelentes relaciones de largo plazo y fidelización tanto con Proveedores como con Clientes.

Consideraciones antes de implantar Kanban y seguimiento continuo.

Verificar que siempre todo el personal (nuevos ingresos todos niveles) unifique criterios, lenguaje usado dentro de la empresa y esté familiarizado con:

1. Sistema de programación de producción de ensambles y el desarrollo del sistema de producción mixto y etiquetado.

2. Ruta establecida de Kanban que refleje el flujo de materiales, implicando la designación de lugares para que no haya confusión en el manejo de materiales, haciendo obvio cuando el material esta fuera de su lugar o no se tenga en existencia.

3. El uso de Kanban está ligado a sistemas de producción de lotes pequeños, todo el personal debe practicar y estar consciente de esta forma de producir.

4. Los artículos de valor especial deberán ser tratados en forma diferente.

5. Mantener buena comunicación encadenada desde el departamento de ventas a producción sin saltarse ninguna etapa del proceso evitando información distorsionada, más aún para aquellos artículos cíclicos de temporada que requieren alta producción en corto tiempo. La buena comunicación y colaboración entre la Empresa y Proveedores es fundamental.

6. Mantener el sistema Kanban actualizado y mejorarlo continuamente para reducir el **WIP (Trabajo en proceso = Work in Progress)**.

Reglas del Sistema Kanban.

Como todas las herramientas, Kanban tiene reglas para su correcto funcionamiento y deben respetarse. Un símil es el uso de un cuchillo o una guillotina, la cual tienen reglas de manejo, tales como que se debe tomar del mango y no de la hoja filosa. De no seguir esta sencilla regla que es obvia, podremos tener serios problemas. Igualmente si no se respetan las reglas de Kanban pueden surgir serios problemas en el proceso. En el caso del cuchillo no lo vemos como una regla

por la familiaridad que existe con su uso. Lo mismo acontecerá con el Kanban después de que sea un hábito su uso por emplearlo varias veces diariamente.

Regla 1. No se debe enviar producto defectuoso a la siguiente etapa o proceso subsecuente.

La etapa del proceso que produzca un producto defectuoso, lo puede y debe descubrir inmediatamente. El problema descubierto se debe divulgar a todo el personal implicado, se debe buscar una solución que elimine la causa raíz en la forma más segura y económica. Se debe analizar la posibilidad de emplear Poka Yoke. No se debe permitir la recurrencia.

El proceso o etapa subsecuente se le llama también “Cliente” y puede ser Interno o externo y al que antecede se le llama también “Proveedor” siendo interno o externo. ISO 9000 elimina la necesidad de repetir (interno o externo) y lo da como sobreentendido según sea el caso.

Regla 2. Los procesos o etapas subsecuentes requerirán únicamente lo que es necesario.

En otras palabras, el proceso subsecuente “Cliente” pedirá exclusivamente el material que necesita al proceso anterior “proveedor”, solo en la cantidad necesaria y en el momento adecuado. Se crea un desperdicio si el proceso anterior “Proveedor” suministra partes o materiales al proceso subsecuente “Cliente” en el momento que este NO los necesita o en una cantidad mayor a la que necesita, surgiendo desperdicios que pueden ser muy variados, incluyendo despilfarro por el exceso de tiempo extra empleado, desperdicio en el exceso de inventario que mantienen innecesariamente, y la pérdida en la inversión de capital para nuevos procesos sin saber que el existente cuenta con la capacidad suficiente para lo que realmente se requiere. El peor desperdicio se presenta cuando los recursos limitados que se tienen se emplean en algo que no se requiere o no sirve. Con la segunda regla se elimina este tipo de desperdicios y despilfarros.

Lo único que se enviará a la siguiente etapa es exclusivamente lo requerido en la instrucción establecida por el proceso inmediato posterior o “Cliente” cumpliendo con la calidad, cantidad, en el lugar y tiempo requerido. Al cumplir con esta Regla 2, se minimizará la acumulación de inventarios de materiales indirectos, productos en proceso, productos terminados y reproceso. Este mecanismo deberá ser utilizado desde el último proceso hasta el inicial.

Las condicionales que aseguran que los procesos subsecuentes no jalaran o requerirán arbitrariamente materiales innecesarios del proceso anterior son:

- * No se debe requerir material sin una tarjeta KANBAN.
- * Los artículos que sean requeridos no deben exceder el número de KANBAN admitidos.
- * Una etiqueta de KANBAN debe siempre acompañar a cada artículo.

Ver CASO “A” dibujo que se muestra más adelante, está emitiendo un Kanban de producción al proceso anterior o “proveedor” sin haber consumido la totalidad del material porque a su vez el proceso que emite ya ha recibido un Kanban de producción del proceso posterior o Cliente”.

Regla 3. Producir exclusivamente la cantidad exacta requerida por el proceso subsecuente o “Cliente”.

El mismo proceso debe limitar su inventario al mínimo sine qua non, para lo cual se compromete a:

- * No producir más que el número de Kanban.
- * Reducir lentamente la cantidad de Kanban que circulan para reducir el trabajo en proceso develando y solucionando los problemas que surgirán al reducir el inventario.

Regla 4. Balancear y suavizar la producción.

Si producimos solamente la cantidad necesaria requerida por los procesos subsecuentes, es indispensable para todos los procesos poder mantener al equipo y a los trabajadores de tal forma que puedan producir materiales en el momento necesario y en la cantidad necesaria. En este caso si el proceso subsecuente “Cliente” pide material de una manera irregular y discontinua con

respecto al tiempo y a la cantidad, el proceso anterior "proveedor" requerirá personal y maquinas en exceso para poder satisfacer esa necesidad. La cuarta regla se hace indispensable en estos casos, la producción debe estar balanceada o suavizada para evitar desperdicios y despilfarros. Para lograr el balance y nivelación o suavización de la producción es indispensable mantener: Equilibrio y sincronización del flujo; Calidad satisfactoria constante y la participación total de trabajadores y empleados, recomendable usar la técnica de Heijunka.

Heijunka o Producción Nivelada es una técnica que adapta la producción a la demanda fluctuante del cliente. La palabra japonesa Heijunka, significa literalmente "hacer llano y nivelado". La demanda del cliente debe cumplirse con la entrega requerida del cliente, pero la demanda del cliente es fluctuante, mientras las fábricas prefieren que ésta esté "nivelada" o estable. Un fabricante necesita nivelar estas demandas de la producción. La herramienta principal para la producción suavizadora es el cambio frecuente de la mezcla ejemplar para ser corrido en una línea dada. En lugar de ejecutar lotes grandes de un modelo después de otro, se debe producir lotes pequeños de muchos modelos en periodo cortos de tiempo. Esto requiere tiempos de cambio más rápidos (SMED), con pequeños lotes de piezas buenas entregadas con mayor frecuencia.

Regla 5. Kanban es un medio adecuado para evitar suposiciones que con lleven a desperdicios y despilfarros o escases. Permite la adaptación de pequeñas fluctuaciones de la demanda o exigencias de la producción.

Kanban, deberá ser la fuente de información para producción y transportación. Como los trabajadores dependerán de Kanban para llevar a cabo su trabajo, el balance del sistema de producción adquiere una muy alta importancia.

No se permite suponer sobre si el proceso subsecuente "Cliente" va a necesitar más material la siguiente ocasión que solicite, ni tampoco es válido que el proceso subsecuente "Cliente" pregunte al proceso anterior "Proveedor" si puede empezar el siguiente lote un poco antes de recibir el Kanban, la única información que se dará es solamente la que está contenida en las tarjetas Kanban para evitar distorsiones de información. El Sistema Kanban permite adaptarse a cambios repentinos en los niveles de demanda o de las exigencias de la producción.

Regla 6. Estabilizar y estandarizar el proceso para minimizar el Número de Kanban.

El camino a seguir para evitar defectos en lo producido es realizar el trabajo dentro de un proceso estable, estandarizado y racionalizado. Mediante el uso de técnicas estadísticas, tales como Seis Sigma. El trabajo debe hacerse bien a la primera, desde el principio y a través de cada estación de trabajo para asegurar un alto nivel de calidad, eliminando la probabilidad de tener que requerir reproceso innecesarios, haciendo uso de sistemas Poka Yoke que prevean y eliminen posibles errores. El número de Kanban expresa la cantidad máxima de existencias de material y producto, debiendo mantenerse lo más reducido como sea posible. Si un proceso es estable y se ha racionalizado es posible disminuir el Número de Kanban necesarios (*Regla 3*).

El trabajo estandarizado es un sistema de gestión para las células de fabricación. Es la clave para la productividad de la cadena de valor. Hay tres elementos clave en el trabajo estandarizado:

- Takt-time: "Ritmo" a que deben operar las células de trabajo para satisfacer al cliente.
- Secuencia de trabajo: ¿Quién hace qué? (Una secuencia para cada persona).
- WIP (Work In Process) estándar: ¿Cuál es el mínimo WIP requerido y dónde está?

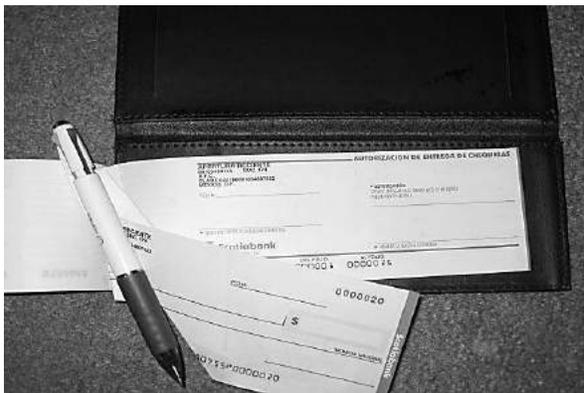
El trabajo estandarizado tiene un sistema de documentación estandarizado. Tiene que ser simple, tiene que actualizarse según se introduzcan mejoras y tiene que mantenerse su cumplimiento para eliminar la variabilidad.

Regla 7: El Kanban debe ser procesado en todos los centros de trabajo de manera estricta a lo establecido en el tablero para el orden en el que llega a éstos en procesos estabilizados.

{El orden de prioridad modifica el de llegada y se usará solo con Kanban de Emergencia equivalente a Tarjeta en Zona Roja del Tablero o Kanban Rojo} Cuando un centro de trabajo tiene en su Tablero de entradas diversos Kanban de diferentes procesos, se debe dar servicio a los Kanban de acuerdo a lo establecido en el Tablero para el orden en que han ido llegando dentro de un proceso estabilizado. Cualquier falla en esta regla ocasionará una brecha en la tasa de producción de uno o más de los procesos subsecuentes. Ver *K. Urgente, K. de Emergencia y Tarjeta Roja o en Zona Roja, los cuales deberán irse reduciendo y buscando su eliminación con un eficiente Mantenimiento Total Productivo (MTP), Poka Yoke, SMED y eficientes Proveedores Certificados.*

TIPOS DE KANBAN

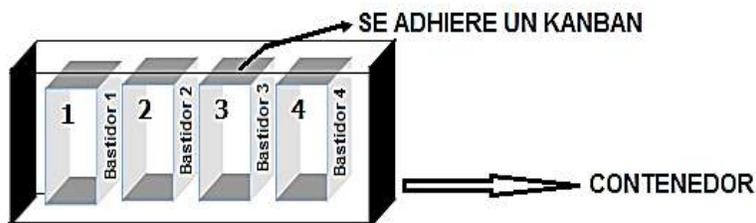
El uso de Kanban es muy común en la vida diaria, se lleva a cabo en una producción por lotes, solo que no estamos acostumbrados a conocerlos o darle tal nombre.



En la foto se ejemplifica con una actividad tan simple como la solicitud al Banco de una nueva chequera. Se muestra que antes de terminar de usar todos los cheques, quedando aún cinco cheques sin usar, ---se autoriza o se solicita- mediante el Kanban de Producción a que el Banco proceda a iniciar la “producción o reposición” de una nueva chequera para el proceso posterior o persona titular emisora del Kanban de Producción. Los cinco cheques

remanentes son el margen de operatividad o seguridad del titular de la cuenta para poder tener continuidad en su operación. A la vez, para el Banco representan el tiempo requerido para preparar y emitir una nueva chequera que satisfaga los requerimientos de seguridad y control internos del Banco, como son imprimir el nombre, el número de cuenta y la seriación de los cheques del titular de la cuenta que van a ser entregados.

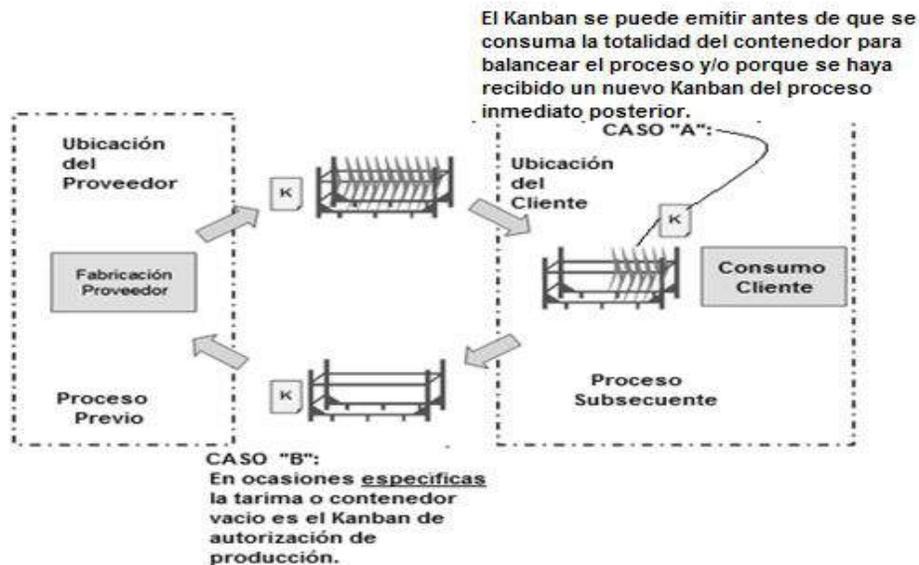
Algo similar sucede en una operación industrial como se puede ver en el ejemplo del dibujo, al empezar a trabajar con el tercer bastidor se autoriza al proceso anterior a reponer los bastidores usados por el proceso posterior. Llámense bastidores, cheques, carrocerías, motores, etc. según el proceso de que se trate.



El mejor funcionamiento de un Sistema Kanban es hacer la operación y control lo más

visual posible y tratar de manejarlo directamente por los operarios, el que requiere el servicio y el que lo proporciona; evitándose desperdicios de supervisión innecesaria o sobreproducción, etc. En la industria y el comercio se suele usar envases retornables como Kanban -(una tarima o un contenedor que se devuelve una vez que se han consumido las existencias). El envase vacío es la autorización para la reposición de las nuevas existencias (CASO “B” del dibujo).

KANBAN - Tarjetas de Instrucción Paso a Paso y Principales Variantes.



Ver comentario de la Regla 2 Se usa una u otra- CASO "A" o CASO "B".

Cuando el número de variables que se manejan en los productos que se resurten son muchas y la diferenciación es muy pequeña entre los diferentes productos, además de las instrucciones que se acostumbran indicar en el Kanban estándar de acuerdo al producto mismo, para agilizar la operación del proveedor, en ocasiones se acostumbra a incluir código de barras para acelerar la visualización detallada de todos los requerimientos y automatiza el sistema. Si el proveedor está a una distancia considerable normalmente se usan Kanban electrónicos, aun cuando es preferible el control visual para asegurar una respuesta inmediata como establece el JIT. Cuando se manejan familias de productos es factible usar Kanban Genéricos, que autorizan el inicio de producción sin suministrar la información específica sobre qué miembro específico de la familia se debe preparar el siguiente surtimiento.

Como se continuará viendo más adelante, existen variantes que presentan distintas características muy particulares, en algunas implementaciones del sistema Kanban se utilizan tres tarjetas, en otras dos clases de tarjetas, mientras que en otras únicamente usan una y en algunos casos más se utilizan solo contenedores de materiales y no se emplean tarjetas. Por otra parte, existen variantes del sistema Kanban en que se manejan tarjetas de colores, algunos solo usan tres colores (verde, amarillo y rojo) y en otras variaciones del sistema Kanban se usan más de seis diferentes colores de tarjetas por contemplar condiciones especiales. Otra variante son las tres zonas de colores verde, amarillo y rojo que se pueden contemplar en algunos tableros de tarjetas.

Adicionalmente, algunos otros sistemas Kanban presentan peculiaridades en relación a la manera en que fluye a través del proceso productivo, la información entre los centros de trabajo a coordinar y controlar. Adicionalmente se puede llevar a cabo la operación del sistema Kanban en forma manual y en otros casos es indispensable emplear sistemas asistidos por software y hardware, dependiendo de una serie de factores como es la gran cantidad de partes a emplearse en un subensamble y la integración de esos numerosos subensambles en una línea de ensamble final (ver optimizaciones realizadas por Georg Krieg).

En conclusión, NO existe un criterio único de clasificación aceptado en forma general, lo importante es entender primeramente el problema y de ahí las reglas en que se basa el sistema Kanban para poder aplicarlo correctamente y buscar su optimización reduciendo el WIP.

CONTENIDO, TIPOS, FORMAS, CANTIDAD Y MODO DE USO DE LAS TARJETAS KANBAN.

El contenido específico y formas de cada tarjeta son diferentes de empresa a empresa, deben suministrar la información necesaria para que cualquier operador del interior de cada empresa pueda tomar las acciones necesarias sin lugar a duda, mediante un previo entrenamiento. Lo mismo sucede con los proveedores externos. En algunas empresas se usan "bolas" y no tarjetas.

Kanban de Señal o de Proveedores: Los sistemas que usan esta tarjeta específicamente bajo este nombre, la emplean como el primer Kanban y sirve de autorización a la última estación de trabajo (generalmente el de ensamblado final) para que ordene a los centros de trabajo o proveedores anteriores a empezar a procesar los materiales. *No todos los sistemas Kanban manejan esta tarjeta con este nombre específico. Ya que algunos otros sistemas Kanban emplean el nombre de Kanban de Señal para casos en que una tarjeta de producción no puede ser colocada cerca al material (p.ej. si el material está siendo tratado bajo calor), y se tiene que colgar cerca del puesto donde este material es procesado para "señalarlo" y de ahí que lo llamen los operadores de "Señal". Otros usan una tarjeta que llaman "Kanban de Señal, Señalador o de Material" para especificar el lote de fabricación para controlar máximos y mínimos. Por lo mismo, no es de uso generalizado como tal y puede llegar a crear confusión inicialmente para personal proveniente de diferentes instalaciones productivas. Es necesario aclararlo para evitar confusiones.*

Kanban de Producción o de Proceso (P-Kanban): Indica como mínimo el Tipo y la Cantidad a producir por el proceso anterior, teniendo en cuenta sus Características, así como en ocasiones dependiendo de cada empresa, el Número de piezas por contenedor, Punto de almacenamiento de salida, Identificación y Punto de recogida de los componentes necesarios. *Este tipo de tarjeta es de uso generalizado.*

Algunas empresas utilizan diferentes "formas" de tarjetas de producción, las usuales son:



Ver: Toyota production system: an integrated approach to just-in-time. Jasuhiro Monden. *Estas tres formas de tarjeta no son de uso generalizado y varía su significado de empresa a empresa. Ver: Implementation of a Multi-triangular Kanban system.*

http://www.iinet.org/uploadedFiles/IIE/Community/Technical_Societies_and_Divisions/Lean/Lean_details_pages/Fei%20Gao%20-%20Implementation%20of%20a%20multi-triangular%20Kanban%20system%20in%20an%20electronic%20plant.pdf

<http://www.slideshare.net/mfmlmv/filosofia-de-justo-a-tiempo>

<http://www.lean.org/Common/LexiconTerm.aspx?termid=242&height=550&width=700>

Kanban de Transporte o de Retiro de Material (T-Kanban): Transmiten de una estación a la predecesora (proveedor) las necesidades de material de la estación sucesora (cliente). Va adherida al contenedor. La mínima información que contienen es la siguiente: Ítem transportado, Número de piezas por contenedor, Número de orden de la tarjeta, Origen y Destino. *Este tipo de tarjeta es de uso generalizado, pero la cantidad de contenido de información varía de empresa a empresa.*

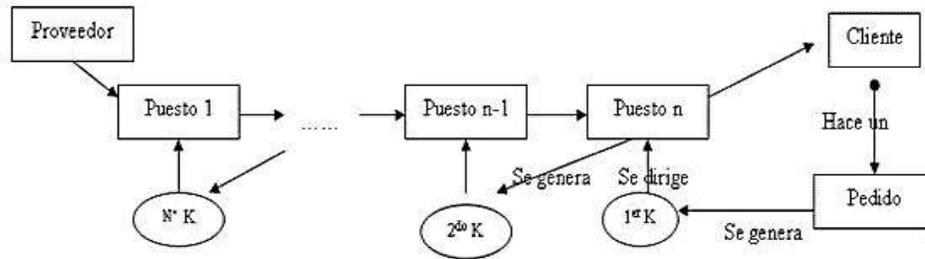
Sistema de Tres Tarjetas KANBAN

Consideremos una fábrica donde los puestos de trabajo son situados unos a continuación de otros y que el flujo de producción (flujo de materiales) circula de izquierda a derecha, según la representación siguiente:

Proveedor al Puesto 1 al Puesto 2 al... al Puesto n al Cliente

KANBAN - Tarjetas de Instrucción Paso a Paso y Principales Variantes.

En el Sistema Kanban, la petición de un producto es lo que inicia la producción (producción pull de minimización del inventario) En el dibujo se observa:



El Cliente(externo) hace un pedido

El Puesto n recibe un **KANBAN de Señal**

Entonces, el Puesto n necesita los productos para cumplir el **Kanban de Señal**

El operador del Puesto n toma los tipos (en cuanto al tipo y al lote de material) de contenedores (vacíos) de acuerdo a lo que necesita y los envía al Puesto n-1, acompañados, cada uno de ellos, de:

* "n-1" **Kanban de Transporte** (sin ninguna información y dentro de los contenedores) que van dentro de los contenedores y serán utilizados por los n-1 Puestos de trabajo restantes.

* Un **Kanban de Producción** (con toda la información necesaria) adherido dentro del contenedor y es una orden para el Puesto n-1.

El operador del Puesto n-1 toma un **Kanban de Transporte** (vacío), quita los **Kanban de Producción** de los contenedores, y coloca ambos tipos de KANBAN en un lugar cerca a su puesto, si es necesario toma más contenedores (vacíos) de acuerdo a lo que necesita y los lleva hacia el Puesto n-2, acompañados, cada uno de los contenedores que tomó, de:

* "n-2" **Kanban de Transporte** (sin ninguna información y dentro de los contenedores) que van dentro de los contenedores y serán utilizados por los n-2 Puestos de trabajo restantes.

* Un **Kanban de Producción** (con toda la información necesaria) adherido dentro del contenedor y es una orden para el Puesto n-2.

SE REPITE ESTE PROCESO HASTA LLEGAR AL PUESTO 1

AQUÍ TERMINA EL FLUJO DE INFORMACIÓN

El Puesto 1 quita los **Kanban de Producción** de los contenedores, toma los $(2-1=1)$ **Kanban de Transporte** que les fueron enviados por el Puesto 2 y es cuando empieza el procesamiento de los materiales.

AQUÍ EMPIEZA EL FLUJO DE MATERIALES

Cuando el Puesto 1 termine este procesamiento (primer procesamiento), coloca los tipos de materiales ya procesados en sus contenedores respectivos, llena la información correspondiente en los **Kanban de Transporte** y los adhiere en la parte externa del contenedor.

El contenedor entonces es enviado hacia el Puesto 2.

El Puesto 2 recibe los contenedores con los materiales ya procesados en el Puesto 1, verifica de acuerdo los **Kanban de Transporte** (que ya contiene información) y empieza a trabajar de acuerdo al **Kanban de Producción** (que colgó cerca de su puesto de trabajo y que le envió anteriormente el Puesto 3)

Cuando el Puesto 2 termine este procesamiento (segundo procesamiento), coloca los tipos de materiales ya procesados en sus contenedores respectivos, llena la información correspondiente en los **Kanban de Transporte** y los adhiere en la parte externa del contenedor.

SE REPITE ESTE PROCESO HASTA LLEGAR AL PUESTO n

Este sistema de funcionamiento es el más común en empresas pequeñas y medianas ya que se puede generalizar a diferentes tipos de productos simples sin grandes números de partes y subensambles, fábricas y/o proveedores exteriores y normalmente es de uso manual. La estación de trabajo¹ emite las órdenes de suministro a proveedores externos vía Kanban de Proveedor.

Con la Técnica del Sistema Kanban se simplifica el proceso de gestión de órdenes y su seguimiento, puesto que es el extremo final de la cadena de producción quien pone en marcha todo el proceso en función de sus propias necesidades, al contrario de lo que ocurre en otros sistemas. Es un sistema de información rápido, simple, preciso y fiable.

Sistema de Dos Tarjetas KANBAN

Cuando se usan los dos Kanban, se tiene un sistema de tarjetas duales. *Algunas veces las funciones de orden de producción y de transporte se combinan en una sola tarjeta.*

Procesos con flujo continuo

Este sistema no es para todas las empresas. Es ampliamente empleado por empresas medianas y grandes, sobre todo estas últimas auxiliada y complementadas por sistemas electrónicos con hardware y software especializado. Puede funcionar cuando el flujo es uniforme y la mezcla de productos es muy estable. Una suposición implícita es que en este sistema las operaciones de preparación son cortas en todas las estaciones de trabajo. Esto se requiere para que cada centro de trabajo pueda cambiar la producción de partes con tanta frecuencia como sea necesario para cumplir con la demanda especificada por las P-Kanban. Si la salida es lenta, todo el proceso se realiza despacio y si se acelera, el proceso se hace más rápido. La variabilidad tiende a desorganizar el sistema Kanban. Entonces deben introducirse tarjetas adicionales (o contenedores) para evitar faltantes.

Estudio descriptivo de un proceso de flujo continuo con Sistema de tarjeta dual.

El sistema tiene dos ciclos de control, un ciclo P para controlar la operación de la célula de trabajo y un ciclo T para controlar la transferencia de material entre los centros de trabajo. Las partes se almacenan en contenedores. Cada contenedor lleva una cantidad fija de producto, cuya producción autoriza una P-Kanban y cuyo movimiento autoriza una T-Kanban. Cada contenedor en la entrada de almacén (a) tiene una T-Kanban. De manera similar, cada contenedor en la salida del almacén (b) tiene una P-Kanban. Para entender cómo opera el sistema, se analiza cada ciclo por separado.

Ciclo P. Cuando un número predeterminado (lote) de P-Kanban se acumula en el buzón P-Kanban (c) del centro de trabajo i , indica que el centro de trabajo i debe producir un lote. Las P-Kanban se retiran del buzón y se llevan al punto de intercambio de tarjetas (1) a la entrada del almacén (a). Ahí, se retira la T-Kanban de cada contenedor y se sustituye por una P-Kanban. Las T-Kanban se colocan en el buzón de T-Kanban (d). El número de contenedores en este intercambio es igual al número de P-Kanban en el buzón. La producción comienza y cada contenedor tiene una P-Kanban. Al acabar, el lote terminado se coloca en la salida de almacén (b), se quita su P-Kanban y se coloca de nuevo en el buzón de P-Kanban (c). El buzón P-Kanban hace que las tarjetas estén visibles y muestra la cola de trabajo que debe realizarse en la célula de trabajo.

Ciclo T. Cuando se acumula un número predeterminado de T-Kanban, se retiran del buzón T-Kanban (d) del centro de trabajo i y se llevan al punto de intercambio de tarjetas (2) del centro de trabajo ($i - 1$). Se retiran las P-Kanban de cada caja y se sustituyen por las T-Kanban. Las P-Kanban se colocan en el buzón de P-Kanban del centro de trabajo ($i - 1$) y los contenedores con T-

Kanban se transportan a la entrada de almacén (a) del centro de trabajo i. La cantidad lanzada para que el T-Kanban mueva, en ocasiones se sustituye por el control en el que el movimiento T-Kanban se realiza en intervalos fijos.

El análisis del ciclo P y del ciclo T demuestra la manera en que funciona la interdependencia recíproca de un sistema jalar.

En los sistemas Kanban, no existe un contenedor de materiales sin una tarjeta Kanban, sólo una P-Kanban autoriza la producción y sólo un T-Kanban autoriza el transporte. Estas guías obligan a que todos los centros de trabajo estén sincronizados.

Sistema de una sola tarjeta Kanban o Kanban de Túnel.

El sistema es más sencillo a costa de perder control. El transporte de materiales se controla con las T-Kanban, no hay P-Kanban. Las partes se producen de acuerdo con un programa diario y se mueven hacia delante con las T-Kanban. El Kanban de una tarjeta controla las entregas con rigidez, el centro de trabajo usuario nunca tiene más de uno o dos recipientes de partes y el punto de abastecimiento que le sirve se elimina. El hecho de aliviar el desorden y la confusión en torno de los puntos de utilización es una ventaja. Se permite que las partes producidas se acumulen en exceso en el punto de abastecimiento que sirve al centro de trabajo productor; pero la acumulación no tiene por qué ser grave en las compañías en las cuales es relativamente fácil asociar la cantidad requerida y el momento oportuno con el programa de productos finales. Existen empresa productoras de: motocicletas, motores, bombas y generadores; aparatos de consumo, juguetes que usan este sistema Kanban de una sola tarjeta.

Por lo general el "inventario controlado amortiguador o buffer" es más alto en este sistema que en los anteriores ya que la producción está controlada por el programa. Los sistemas de una sola tarjeta operan bien cuando el tiempo de producción es corto y es posible crear un programa de producción detallado.

Kawasaki, tiene el sistema de una tarjeta, mejora su productividad retirando trabajadores de la operación de montaje final hasta que se encienden las luces amarillas del Andon indicando problemas que deben ser corregidos. Nihon Radiator Co., también usa la tarjeta única, tiene un vigoroso sistema de control total de calidad, que se caracteriza por una serie continua de proyectos de mejora continua.

Algunas empresas norteamericanas han comentado al referirse al sistema Kanban de una tarjeta que: " Se parece al viejo sistema de las 2 charolas". El sistema de las 2 charolas es una técnica visual del punto de reposición: Cuando uno ve que las existencias de un número de parte han disminuido hasta el punto de que se va a abrir la última caja (o a tomar de la segunda charola), se hace un pedido. En el Kanban de una tarjeta:

1. Se usan recipientes estándar.
2. La cantidad que contiene cada recipiente es exacta, de manera que es fácil contar y controlar el inventario.
3. El número de recipientes llenos que están en el punto de utilización es sólo de uno o dos.
4. La cantidad que contiene el recipiente es pequeña, de manera que por lo menos un recipiente (normalmente varios) se consume diariamente.
5. En la sección de producción, los recipientes se llenan con lotes pequeños, lo cual exige que anteriormente se hayan reducido los tiempos de preparación a fin de que los lotes pequeños resulten económicos. <http://www.monografias.com/trabajos6/sika/sika2.shtml>

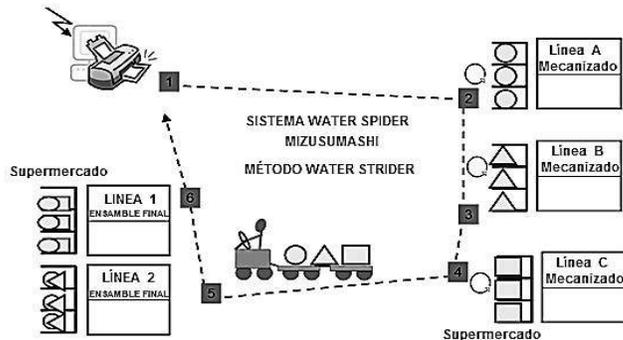
Es conveniente visualizar que en todos los casos del Sistema Kanban se prevé el posible uso de "pequeños inventarios controlados" (dependiendo de la variabilidad y del volumen de producción) empleados como amortiguadores y ayudas para el balanceo y nivelación de la operación del proceso y protección contra las variaciones. Éstos se deben ir reduciendo hasta lograr el óptimo o

KANBAN - Tarjetas de Instrucción
Paso a Paso y Principales Variantes.

al menos reducirlos hasta un valor que sea cercano al punto óptimo, ya que uno de los desperdicios que afectan la operación diaria y el flujo de efectivo de las empresas es el tener excesivos inventarios sin control, que ocultan el despilfarro y fallas corregibles. Una variante al Sistema Kanban es el Método Water Spider (Mizusumashi) o Water Strider Method (Total Flow Management). Euclides A. Coimbra. Kaizen institute. 2009).

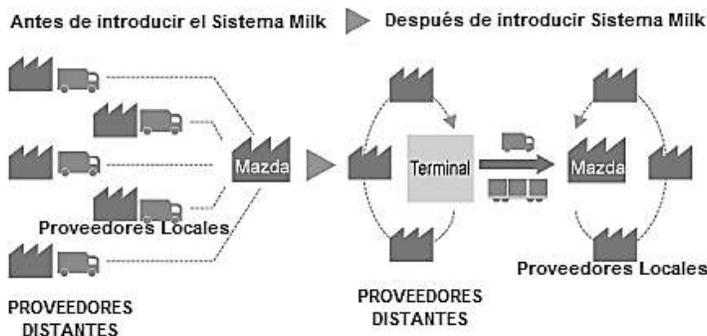
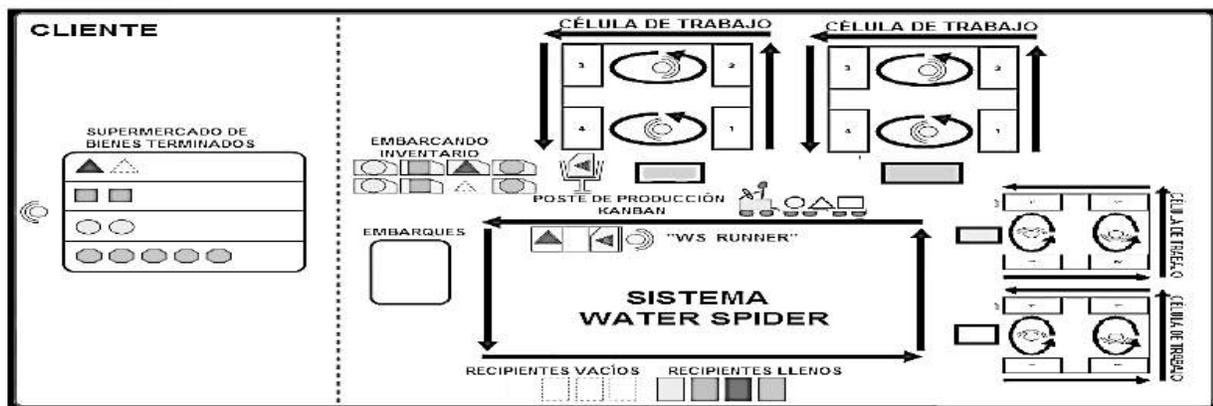
El método **Water Spider (WS)** está basado en mantener un suministro constante de partes frente al operador para reducir el número de paros en la línea. Su objetivo es tener las partes tan cerca de las estaciones de trabajo y de la línea de ensamble como sea posible. Las partes que se manejan son típicamente pequeñas y de uso repetitivo. Las partes voluminosas o de gran tamaño,

se agrupan y ordenan de acuerdo al orden en que se utilizarán y se entregan en un carro que se coloca al alcance del operador.



El WS es empleado en partes Electrónicas principalmente y con consumibles. Adicionalmente, se acostumbra dar este nombre "water spider" a la persona que maneja el material, responsable de hacer recorridos regulares alrededor del proceso de la planta, recolectando y

distribuyendo Heijunka y tarjetas Kanban, moviendo los materiales de acuerdo a la programación y Kanban. En ocasiones se usan cadenas para el transporte del surtimiento de algunas piezas.



**INTEGRACIÓN DE PROVEEDORES
SISTEMA MILK**

También se tiene lo que se denomina "Milk Run" para recoger de los proveedores las cantidades necesarias solo cuando se necesitan, de esta forma el vehículo de transporte pasa por varios proveedores y recoge la cantidad que se necesita para la producción de cada día, lo cual es otra variante del Sistema Kanban. A floor Space valuation method for automotive electronics. Gokhan Sarpkaya. Auburn University. 2009 y lean enterprice systems: using IT for continuous improvement. Steve Bell.

KANBAN - Tarjetas de Instrucción
Paso a Paso y Principales Variantes.

http://www.2dix.com/view/view.php?urllink=http://www.tbmcg.com/acrobat/Waterspider_Oct_98.pdf&searchx=water spider kaizen

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mam/sandre_z_m/capitulo3.pdf

Variantes en el uso de Tarjetas de Colores en los Sistemas Kanban.

1. **Sistemas que utilizan tarjetas de tres colores** Los colores significan requerimientos para incrementar o reducir las cantidades del amortiguador (buffer)

http://www.excellence1.com/Overcome_MRP_and_Kanban_difficiencies_using_Sigmabin.pdf

Kanban Verde: El material debe ser reabastecido en el ciclo normal de reabastecimiento .No hay problema dentro de los límites aceptables. Arriba del punto de reorden.

Kanban Amarilla: Debe atenderse a la brevedad porque puede salirse de control, está en el límite y requiere una reorden inmediata. Abajo del punto de reorden.

Kanban Roja: Significa la posición agotada del inventario y el material debe ser apresurado. Se Requiere una Acción Urgente por Inminente Escasez. Abajo del margen de Seguridad.

<http://www.flickr.com/photos/39582768@N06/4080404528/>

<http://www.sme.org/cgi-bin/get-newsletter.pl?LEAN&20040309&3&>

Cálculo de cada color de tarjetas.

Una vez que se tiene el tamaño del Kanban y la cantidad de unidades por contenedor por tarjeta, el siguiente paso es definir el número de tarjetas de cada color (Verde, Amarilla y Roja).

Verde = Tamaño del Lote / Cantidad de unidades por contenedor o tarjeta.

Ejemplo: La cantidad de unidades por contenedor es de 50 y se decide reponer en lotes de 500 unidades, con lo cual se tendrá $500/50 = 10$ tarjetas verdes para acumular las 500 unidades (tamaño de lote).

Amarilla: En su fórmula se utiliza un Inventario de Seguridad, la Demanda Media Promedio, debiéndose tomar en cuenta las variaciones del tiempo de entrega del proveedor y su nivel de Confiabilidad, el cual será un porcentaje del tamaño del Kanban dividido entre la cantidad de unidades del contenedor/tarjeta.

Roja: Es la demanda durante el tiempo de entrega dividida entre la cantidad de unidades del contenedor/tarjeta. En otras palabras, es la demanda o consumo mientras se repone. Si una tarjeta llegase al Rojo, significa que el proceso se tendrá que parar por falta de material. Antes de que suceda este caso se pensaría en usar un Kanban Transitorio, y previo a ello, verificar que siempre se cumplan las Reglas.

Otra forma sería calcular el nivel crítico que obligaría al uso de una tarjeta Roja.
Matemáticamente sería: El tiempo del ciclo Cliente/ tiempo de reposición del Proveedor.

El tiempo de ciclo del Cliente/ tiempo de reposición del Proveedor = número de tarjetas para iniciar tarjeta Roja.

2. **Sistemas que emplean una gama de tarjeta de diferentes colores**, ver detalles y características en:

<http://mdcegypt.com/Pages/Management%20Approaches/Lean%20enterprise/Kanban/Kanban.asp>.

Tarjetas de Transporte: Amarilla

Tarjeta de Producción: Verde

Kanban de autorización de retrabajo: Naranja

Kanban para autorizaciones de casos especiales y usos temporales: Azul

Kanban para autorizaciones de emergencia: Plata

Tipos Transitorios de Kanban

Mauricio Lefcovich establece "Otros tipos de Kanban" en:

<http://www.tuobra.unam.mx/publicadas/040920100740-1.html>

*En opinión del que escribe el presente documento, los dos primeros ejemplos de M. Lefcovich (K. Urgente y K. de Emergencia) son usados en primeras etapas cuando se está iniciando la implantación del **Sistema Kanban** y aún no se ha madurado y familiarizado la aplicación del **Mantenimiento Total Productivo, SMED y Poka Yoke** o se está desplegando la etapa de Mejora Continua). La participación activa de cada uno de los miembros del equipo de trabajo, vigilando el cumplimiento y aplicación de las Reglas de Kanban, el uso de MTP, SMED, Poka Yoke y una selección y constante Desarrollo de Proveedores minimizarán la necesidad de estos dos tipos de Kanban indicados por M. Lefcovich. Los cinco adicionales Kanban indicados, desde mi punto de vista son variantes del Kanban de Producción y Transporte Básicas. Considero que es una valiosa aportación por ampliar la visión de las etapas de iniciación y Mejora Continua del Sistema aunado a las otras herramientas. Hace resalta la obligación de que cada uno vigile y haga cumplir las Reglas Fundamentales a seguir y se mantenga un constante entrenamiento y desarrollo del personal en el uso de los demás pilares de Kaizen / Manufactura Esbelta. En mi opinión, se les podrían llamar genéricamente a los "otros Kanban": **Kanban Transitorias**:*

- **Kanban urgente.** Se emite en caso de escasez de una pieza o elemento. En situaciones extraordinarias se emite el Kanban urgente, que debe recogerse inmediatamente después de su uso.
- **Kanban de emergencia.** Se emitirá de modo temporal un Kanban de emergencia cuando se requieran materiales o elementos para hacer frente a unidades defectuosas, averías de

la maquinaria, trabajos extraordinarios o esfuerzos especiales en operaciones de fin de semana.

- **Kanban orden de trabajo.** En tanto que los Kanban hasta ahora mencionados resultan de aplicación a una línea de fabricación repetitiva de productos, un Kanban orden de trabajo se dispone para una línea de fabricación específica y se emite con ocasión de cada orden de trabajo.
- **Kanban único.** Cuando dos o más procesos están tan estrechamente vinculados con cada uno de los demás, que pueden verse como un proceso único, no se requiere intercambiar Kanban entre tales procesos adyacentes, sino que se utiliza una ficha Kanban común para los varios procesos. Dicho Kanban se denomina Kanban único y es semejante al “billete único” válido para dos ferrocarriles adyacentes.
- **Kanban común.** Un Kanban de movimiento (transporte) puede utilizarse también como Kanban de producción cuando la distancia entre dos procesos es muy corta y ambos tienen el mismo supervisor.
- **Carretilla utilizada como Kanban.** El Kanban resulta frecuentemente muy efectivo si se utiliza en combinación con una carretilla, container, o camión. La carretilla suele desempeñar el papel de Kanban. De tal manera el personal encargado de colocar componentes o insumos en las carretillas llevará el carro vacío hasta el proceso anterior, es decir, al proceso de montaje o generación de los mismos y recogerá allí tales insumos o elementos, cambiándolo por el vacío, otro carro lleno con los insumos o elementos necesarios. Aunque, siguiendo la regla general, las piezas deberían llevar adherido un Kanban, en este caso el número de carretillas tiene el mismo significado que el número de Kanban. *En mi opinión es parte del Water Spider.*
- **Etiqueta.** Para transportar las piezas a la línea de montaje se utiliza con frecuencia una cadena de transporte que lleva las piezas colgadas en suspensores. A cada uno de éstos, a intervalos regulares, se adhiere una etiqueta que especifica qué piezas, en qué cantidad y dónde deben suspenderse de la cadena. En este caso, la etiqueta se utiliza como un tipo de Kanban. *Vuelve a ser parte del Water Spider.*

La mejora continua nos induce a ir reduciendo el tiempo de entrega, el tamaño de lote y aumentar la confiabilidad del proceso y desarrollar más al Proveedor que alimenta el proceso en estudio. Lo anterior puede dar lugar a la necesidad de un Kanban Transitorio. Cuando dejan de ser transitorias y se requieren constantemente los Kanban Urgente y de Emergencia, es indicativo de que existen áreas que necesitan una revisión exhaustiva, empezando por entrenamientos y mayor involucración del personal en todas las herramientas auxiliares de la Manufactura Esbelta / Kaizen.

Cálculo de Kanban

Existen numerosas variantes en el método de cálculo de Kanban, se muestran algunas fórmulas de este cálculo elaboradas por diferentes autores, empresas de software etc.

Las bases para el cálculo de Kanban, obviamente deben respetar las reglas en que se fundamenta el Sistema Kanban, por lo tanto deben apegarse a un sistema de jalar únicamente lo que se necesita (factor cantidad) cuando se necesita (factor tiempo). Los inventarios son uno de los siete desperdicios identificados por Manufactura Esbelta, por lo que Kanban debe ser un inventario

controlado tanto en el tiempo que espere para su uso (factor tiempo), como la cantidad indispensable que constituya al Kanban (factor cantidad). Los factores tiempo y cantidad mencionados anteriormente obligan a considerar la demanda diaria del Cliente que usa el producto elaborado por la operación precedente, lo cual conlleva a considerar la necesidad de tomar en cuenta el ritmo de uso del producto que el Cliente consume o **Tiempo Takt** para evitar escases o sobreproducción. Los requerimientos de productos generalmente no son permanentes, ni continuos y menos aún estables, razones por las cuales se requiere tener en cuenta las variaciones para minimizar los desperdicios con lo cual es conveniente emplear un factor que cuantifique la **Desviación Media Promedio (DMP)** para suavizar las fluctuaciones de la demanda del producto a consumir del proceso anterior, tratando de reducir su exceso o escases. Todo esto, encaminado a establecer un flujo balanceado del total del inventario controlado por medio de un número determinado de tarjetas de instrucción o Tamaño del Kanban estableciendo de esta forma que cada tarjeta o contenedor controla una cantidad igual permitiendo una ligera flexibilidad, con lo cual podemos obtener el objetivo buscado.

Tamaño del Kanban = K

$$K = DDP * TR * (DMP + 1)$$

Demanda Diaria Promedio = DDP

Tiempo de Reposición = TR

Demanda Media Promedio = DMP

Número de Tarjetas = NT

$$NT = DDP * TRC * (IS + 1) / K$$

Tiempo de Reposición de un Contenedor = TRC

Inventario de Seguridad = IS

Variantes del Cálculo del N° de Kanban.

Las variaciones que se indican son válidas y las fórmulas que se muestran implican adaptaciones a la combinación de proceso, mercado, suministro, etc. Definitivamente habrá una gama más grande de posibles fórmulas, lo importante es saber que existen muchas variantes aceptables:

Opción 1.

$$N^{\circ} \text{ de Kanban} = (DD * LT + SS * SQRT (LT/TB)) / KB + (DD * EPEI) / KB$$

DD = (unidades) demanda diaria.

LT = (días) tiempo de entrega del reabastecimiento.

SS = Inventario de seguridad calculado estadísticamente.

SQRT =raíz cuadrada.

TB = (días) duración del contenedor del inventario de seguridad.

KB = (unidades) cantidad por Kanban.

EPEI = (días) Intervalo de reabastecimiento del proveedor

Opción 2.

$$\# KB = (DD * (LT + SS)) / (KBS + 1)$$

KANBAN - Tarjetas de Instrucción
Paso a Paso y Principales Variantes.

#KB = N° de Kanban.

DD = demanda diaria.

LT = tiempo de entrega.

SS = inventario de seguridad.

KBS = tamaño de Kanban

$SS = R * \text{SQRT}(W) * MAD$ Se usa cuando el tiempo de reaprovisionamiento es mayor al período de pronóstico

$SS = R * W * MAD$ Se usa cuando el Tiempo de Reaprovisionamiento \leq Período pronóstico

R = Relación entre la precisión del pronóstico y el nivel de servicio. R hace referencia al estadístico de la distribución normal. El valor que toma R va en relación directa al área bajo la curva de dicha distribución (la distribución normal tiene forma de campana de Gauss). Si se va a una tabla normal (generalmente con media cero y desviación estándar uno), se debe ingresar con 1- el nivel de servicio especificado en el sistema. Se asume que la historia de consumo sigue una distribución normal. Este es un supuesto razonable ya que a mayor cantidad de historia de consumo la distribución normal la representa mejor (según teorema del límite central).

$W = \text{Tiempo Reaprovisionamiento (en días)} / \text{Período de pronóstico (en días)}$

MAD = Desviación Media Absoluta

SQRT = Raíz Cuadrada

Opción 3.

Inventario total requerido = (Período de demanda promedio * Tiempo de reabastecimiento) + 1 ó 2 sigma + Inventario de seguridad.

Opción 4.

Inventario Total Requerido = (Período de demanda promedio * Tiempo de reabastecimiento) * 1X

X = 20 a 40%

Número de Contenedores = Inventario Total Requerido / Tamaño del Contenedor

Opción 5.

Kanban = ((AD * RT) + (SF * SD)) / SCQ

AD = periodo de demanda promedio.

RT = tiempo de reabastecimiento dentro del mismo concepto como AD.

SF = factor Z, regularmente se usa 1.28 para 90%, 1.645 para 95% y 2.33 para 98%.

SD = desviación estándar de la demanda.

SCQ = el contenedor de cantidad estándar.

KANBAN - Tarjetas de Instrucción
Paso a Paso y Principales Variantes.

Opción 6.

Kanban = demanda promedio durante el tiempo de entrega + inventario de seguridad)/ cantidad del contenedor.

Opción 7.

<http://www.transtutors.com/homework-help/Industrial+Management/Just+in+Time+Production+System/number-of-Kanban-calculation.aspx>

$$N = (dL + S) / C$$

N = N° de Kanban

d = Demanda promedio por hora

L = tiempo de entrega en horas

S = seguridad

C = cantidad del contenedor

Opción 8.

SAP en su página web

http://help.sap.com/saphelp_46c/helpdata/en/cb/7f8c3943b711d189410000e829fbbd/content.htm

$$K = ((RT * AC) / Cont) * (SF + C)$$

K = number of Kanban {N° de Kanban}.

Cont. = contenido por Kanban.

RT = tiempo de entrega del reabastecimiento por Kanban.

AC = consumo promedio por periodo de tiempo.

SF = factor de seguridad.

C = 1 {constante, valor por omisión = 1}.

Cálculo del Control del Ciclo:

<http://help.sap.com/printdocu/core/Print46c/en/data/pdf/PPKAB/PPKAB.pdf>

(N° de Contenedores – 1) x Contenido del Contenedor = Consumo en el tiempo de reaprovisionamiento de contenedores

N° de Contenedores = (((Consumo /Unidad de Tiempo) x Tiempo de entrega del reabastecimiento del contenedor en la unidad de tiempo) / Contenido del Contenedor) +1

Opción 9.

Wayne Marhel <http://elsmar.com/Forums/showthread.php?t=21902> establece:

(Daily Demand x (Run Frequency + Lead time + Safety Time)) / Container Capacity

Daily Demand = demanda diaria = consumo del cliente expresado como N° de unidades.

KANBAN - Tarjetas de Instrucción
Paso a Paso y Principales Variantes.

Run Frequency = Frecuencia de corrida = frecuencia que se decide para establecer y producir el producto en cuestión. Esto es expresado como una unidad de tiempo. Para una semana de cinco días de trabajo, la corrida del producto cada día debe ser igual a (1), cada tercer día debe ser igual a (3), etc.}

Lead Time = Tiempo de Entrega = Tiempo de entrega de manufactura (tiempo de procesamiento + tiempo para disposición + tiempo de espera en cola) + tiempo de entrega para recuperación del Kanban expresado como una unidad de tiempo}

Safety Time = Tiempo de seguridad = Ajuste por variaciones en la demanda y suministro, expresado como una unidad de tiempo. Se debe mantener tan bajo como sea posible.
Container Capacity = Capacidad del contenedor = número de unidades por contenedor (el número de unidades dentro de un contenedor es siempre el mismo número.

Opción 10.

World Class Manufacturing en su página web ofrece una calculadora para Kanban:
<http://world-class-manufacturing.com/es/Kanban/Kanban.html> Usando la fórmula:

Total Required Inventory (TRI) = Weekly Part Usage * Lead time * Number of locations for stock

{Inventario total requerido (ITR) = utilización parcial semanal * tiempo de entrega * número de localizaciones para inventario}

Kanban = TRI / Container Capacity {N° Kanban = inventario total requerido / Capacidad del contenedor}.

Opción 11.

Oracle en su página web establece la siguiente fórmula:
http://download.oracle.com/docs/cd/A60725_05/html/comnls/us/mrp/kbovw.htm

$$(C - 1) * S = D * L$$

C = Número de tarjetas Kanban

S = Tamaño del Kanban

D = Demanda diaria promedio

L = Tiempo de entrega (en días) para reabastecer un Kanban

Opción 12.

$$N^{\circ} \text{ Kanban} = (DD * TC * FS) / TL$$

DD = Demanda Diaria de unidades

TC = Tiempo de orden para el Ciclo

FS = Factor de Seguridad

TL = Tamaño del Lote

Un Factor de Seguridad igual a uno presupone que el Kanban de retiro debe ser entregado siempre a tiempo cada vez que las partes se necesiten sin defectos, implicando un desempeño de proceso continuo satisfactorio. Es decir, que en el sistema no debe haber retrasos. Inicialmente para efecto de cálculo y evitar que el proceso se detenga como resultado de la falta de partes se

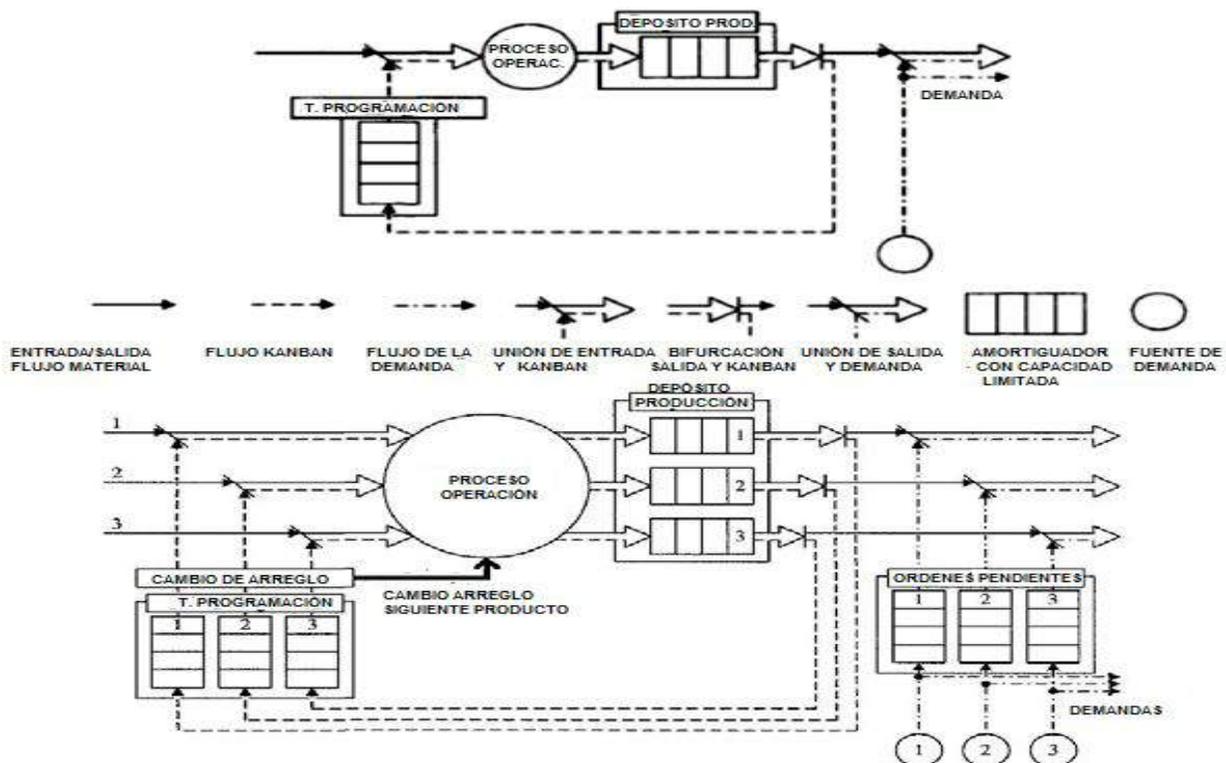
KANBAN - Tarjetas de Instrucción
Paso a Paso y Principales Variantes.

puede emplear de manera temporal, un Kanban adicional como factor de seguridad hasta que el sistema funcione adecuadamente y el personal esté plenamente familiarizado; en la práctica se usan estaciones buffer o reguladoras de flujo de inventario controlado, mismas que se deberán ir reduciendo hasta lograr el óptimo y satisfacer el Tiempo Takt, que es uno de los objetivos de la planeación de la programación de la producción.

El Tiempo Takt o Ritmo de Producción, se calcula dividiendo el tiempo de producción disponible (o el tiempo disponible de trabajo por turno) entre la cantidad total requerida (o la demanda del cliente por turno). Se calcula en unidades de tiempo, siendo los segundos los más utilizados.

$$\text{Tiempo Takt} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible}}{\text{Cantidad total requerida}} \quad \text{ó} \quad \frac{\text{Tiempo de trabajo por turno}}{\text{Demanda del cliente por turno}}$$

Hay estudios realizados por diferentes investigadores que han analizado algoritmos para encontrar el óptimo número de Kanban tanto para sistemas Kanban de un solo producto como para sistemas Kanban de multiproductos producidos en una instalación industrial. Berna Dengiz & Cigdem Alabas encontraron que la técnica llamada Tabu Search que reduce sustancialmente el tiempo de experimentación para lograr el óptimo. <http://www.informs-sim.org/wsc00papers/106.PDF> Georg N. Krieg establece que una empresa solo puede cosechar el total de beneficios de un sistema de control Kanban hasta después de determinar la configuración del sistema óptimo o lo más cercana posible a dicha meta, lo cual se complica grandemente por la cantidad de variables clave que tienen que ser simuladas en la computadora y evaluadas para analizar el comportamiento del sistema dentro de un tiempo razonable, aun para el sistema más simple de un solo producto, incrementándose la complejidad al pasar a un sistema Kanban de multiproducto. <http://www.wseas.us/elibrary/conferences/2009/genova/ICOSSE/ICOSSE-54.pdf> Ejemplos de los modelos más simples del Sistema Kanban de G.N. Krieg para optimización, los detalles y



análisis se pueden consultar en Kanban-Controlled Manufacturing Systems.

Tablero de Tarjetas Kanban



TABlero DE TARJETAS KANBAN
 SINGLE STAGE MULTIPRODUCT KANBAN SYSTEM, OPTIMIZATION AND PARAMETRIC ANALYSIS. (MURINO T., NAVIGLIO G., ROMANO E. & ZOPPOLI P. UNIVERSITY OF NAPLES.

Lineamientos de asignación de prioridades dentro del tablero Kanban

El tablero de tarjetas es el lugar donde se pretende analizar la posibilidad que se tiene en la que confluyen una serie de órdenes en una determinada secuencia como orden de las decisiones de tamaño de lote y del momento en que se envía un pedido, de modificar dicha secuencia o, por el contrario, de operar siguiendo un comportamiento Pasillo PEPS (FIFO Lane).

En un sistema pull, la etapa subsiguiente tiene la autoridad final, de manera que cualquier ajuste que se deba efectuar en una determinada estación de trabajo sobre la secuencia que debe ser realizada de acuerdo a lo solicitado por esa estación de trabajo.

Por otro lado, en un sistema push la etapa precedente es la que tiene la autoridad sobre esta decisión; de manera que puede ajustar la secuencia para mejorar el servicio o "reducir costes". Para ello, se pueden utilizar algunas reglas de despacho que optimizan algunas medidas del comportamiento del sistema y que requieren la utilización de información global, aunque también se debe destacar que algunas de las reglas de prioridad emplean información de la estación subsiguiente.

En este sentido, se debe notar con respecto a la asignación de prioridades que el sistema Kanban tiene un elemento que, en cierto modo, se puede considerar parte de una política de control push. Este puede darse en el caso de que en una determinada etapa se reciban muchas tarjetas autorizando la producción de nuevos ítems. En estas circunstancias, las tarjetas se suelen colocar en un tablero de control que permite tener una total visibilidad sobre los pedidos que se han efectuado a ese centro de trabajo. Las tres zonas que existen en un tablero de control de la producción típico indican que el sistema que se está considerando es de tipo pull, puesto que en

primer lugar se deben producir aquéllas que están en zona roja. Sin embargo, dentro de la misma zona el encargado del centro de trabajo puede producir en cualquier orden, permitiendo una disminución de las preparaciones de los equipos al producir varios lotes del mismo ítem. Este elemento, que se basa en la iniciativa local y en la información local de esa etapa, le confiere al sistema Kanban una clara ventaja sobre otros sistemas de fabricación siempre y cuando exista una fluida comunicación viendo el beneficio global de la empresa y no solo de un área en especial, teniendo como foco la satisfacción del cliente externo final siguiendo las prioridades preestablecidas por la empresa de priorización de sectores de mercado y tipos de cliente.

IMPLEMENTACIÓN DE KANBAN EN CUATRO FASES.

Fase 1. Entrenar a todo el personal en los principios de Kanban, y los beneficios de usar Kanban.

Fase 2. Implantar Kanban en aquellos componentes con más problemas para facilitar su manufactura y para resaltar los problemas escondidos. El entrenamiento con el personal continúa en la línea de producción.

Fase 3. Implantar Kanban en el resto de los componentes, esto no debe ser problema ya que para esto los operadores ya han visto las ventajas de Kanban, se deben tomar en cuenta todas las opiniones de los operadores ya que ellos son los que mejor conocen el sistema. Es importante informarles cuando se va estar trabajando en su área.

Fase 4. Esta fase consiste de la revisión del sistema Kanban, los puntos de reorden y los niveles de reorden, es importante tomar en cuenta las siguientes recomendaciones para el funcionamiento correcto de Kanban:

1. Ningún trabajo debe ser hecho fuera de secuencia
2. Si se encuentra algún problema notificar al supervisor inmediatamente.
3. Se debe verificar que el personal de nuevo ingreso está al tanto del tipo de Sistema Kanban que se maneja internamente (con las variantes manejadas específicamente).

Interrelación del Sistema Kanban con “Supermercados”, “Marcapaso”, “Pasillo PEPS (FIFO Lane)”, “CONWIP” y “POLCA”.

Se busca desarrollar flujo continuo (producir una pieza y pasarla inmediatamente al siguiente proceso sin estancamiento entre procesos para eliminar inventarios intermedios o trabajo en proceso WIP) donde sea posible.

Supermercados y Marcapaso.

Los Supermercados se emplean donde no se puede desarrollar flujo continuo, son pequeños almacenes controlados con ubicaciones predefinidas por cada referencia en los que hay un tope máximo de inventario por referencia (estándar de stock). Dado que nunca se rebasa dicho tope, los Supermercados sirven para controlar el inventario en curso y por derivación el lead time (tiempo de entrega).

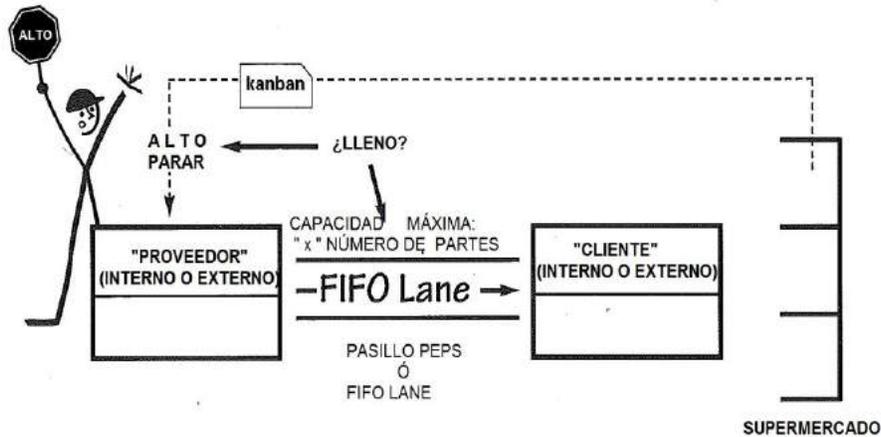
Por otro lado, los Supermercados se reponen en función del consumo registrado hasta cubrir el límite máximo de acuerdo a un criterio Pull (“Sistema Jalar”). La necesidad de reposición de una referencia concreta genera una señal Pull que activa la fabricación o reaprovisionamiento del Supermercado. De esta manera, los Supermercados se utilizan para gestionar el flujo de materiales y sincronizar la fabricación con la demanda.

Los Supermercados establecen una cantidad máxima por referencia, por lo tanto, es aplicable para componentes o productos estándar y nunca para productos con un alto grado de personalización y

KANBAN - Tarjetas de Instrucción
 Paso a Paso y Principales Variantes.

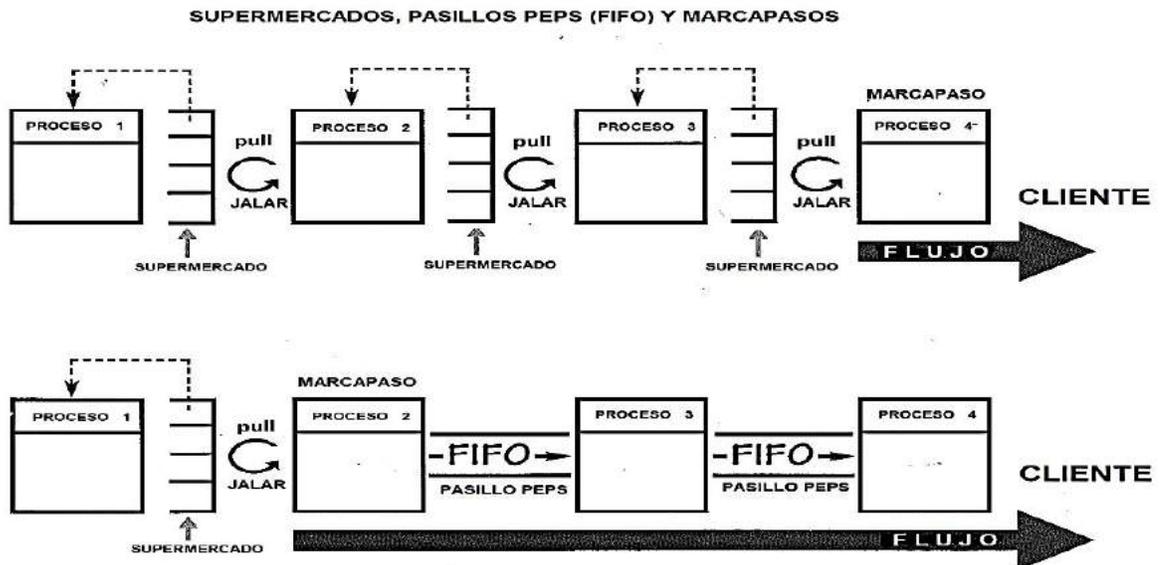
multitud de referencias potenciales.

Se llama Proceso Marcapaso (Pacemaker Process) al proceso donde se controla la producción, este marcapaso fija el paso de todos los procesos anteriores. Solo se programa este proceso y los anteriores deberán trabajar a su ritmo. Se debe fijar lo más cercano posible al cliente final o externo para que controle la mayor parte posible de procesos anteriores. Se debe tratar de distribuir la producción de diferentes productos uniformemente sobre el tiempo en el proceso marcapaso. Se debe nivelar la mezcla de productos uniformemente en un periodo de tiempo, para lo cual se deben reducir casi completamente los tiempos de cambio de herramienta (SMED).



Pasillos PEPS (FIFO Lane).

Los Pasillos PEPS o FIFO Lanes son zonas de acumulación de pequeños inventarios controlados



que enlazan dos procesos que no puedan establecerse en flujo continuo.

El concepto del pasillo PEPS {**P**rimeras **E**ntradas **P**rimeras **S**alidas} (FIFO Lane) es algo similar a un camino de rodillos por gravedad entre dos puntos:

- Lo primero que entra es lo primero que sale.
- En el transportador no puede haber más de un número máximo de cajas.

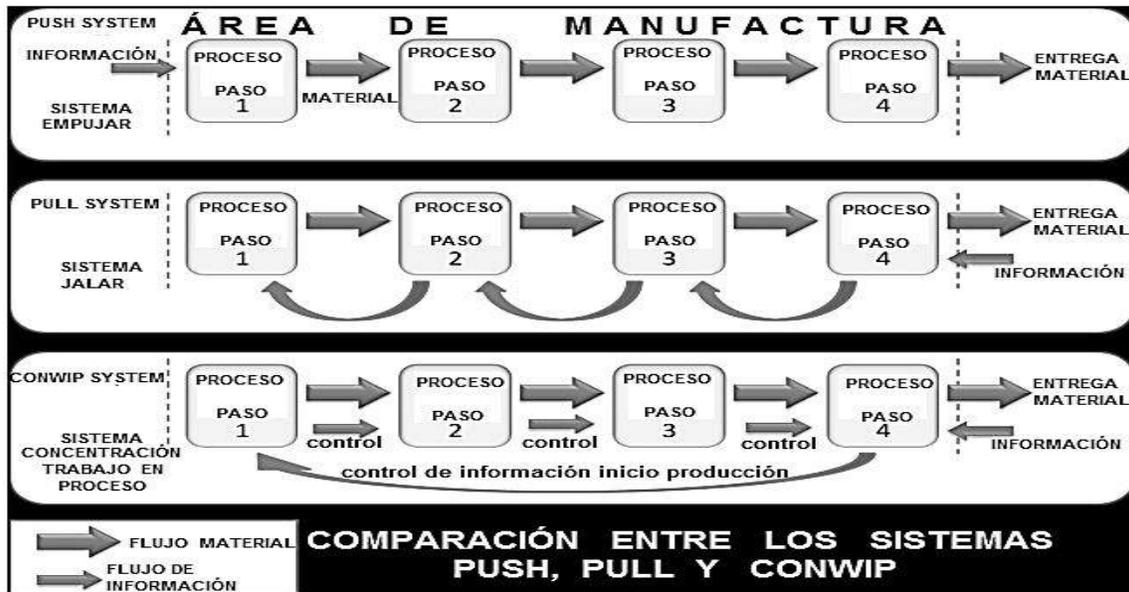
El Pasillo PEPS (FIFO Lane) pretende:

- Que lo primero que entre sea lo primero que sale para reducir la dispersión del Lead Time.
- Establece una capacidad máxima para el conjunto de productos acumulados. Si se supera la cantidad genera una señal para bloquear la entrada y limitar de esta manera el inventario en curso máximo.

A diferencia del Supermercado, el pasillo PEPS (FIFO Lane) se adapta a productos personalizados y con alto potencial de referencias. Lo que controla el Pasillo PEPS (FIFO Lane) no es el inventario máximo de cada referencia, controla el inventario máximo del conjunto de referencias acumuladas.

CONWIP. Constant Work in Process (Trabajo en Proceso Constante).

El Sistema CONWIP también se denomina como “Long Pull”. Es una variante del Sistema Pull, se podría decir que es una clase de Sistema Kanban de una sola etapa y es también un sistema de movimiento recíproco híbrido. Los Pasillos PEPS (FIFO Lanes) controlan el inventario en curso entre dos procesos consecutivos. El Sistema CONWIP controla el inventario en curso acumulado en una zona de la cadena de valor con distintos procesos y rutas.



Hopp y Spearman proponen el Sistema CONWIP como una alternativa al pasillo PEPS (FIFO Lane). Rother y Shook no diferencian estos dos sistemas, estableciendo que CONWIP ya existía sin nombre definido en la literatura japonesa expuesto por Hyer. Sistema CONWIP o Inventario en

curso constante. En el CONWIP se establecen dos puntos de control dentro de la cadena de valor: Uno de entrada y otro de salida. Se limita la cantidad máxima de trabajo en proceso, se intentará traducir las unidades de inventario a unidades de tiempo, que puede acumularse entre los dos puntos. El sistema funciona cuando sale una cantidad de material, se libera una autorización para introducir una cantidad equivalente en tiempo de trabajo (Tarjetas de Autorización de la Producción o Kanban). Por lo tanto, CONWIP sirve para controlar el inventario en curso. Las empresas que emplean CONWIP aseguran que con este sistema se logran niveles más bajos de WIP (Trabajo en Proceso) que los sistemas Kanban propiamente dichos.

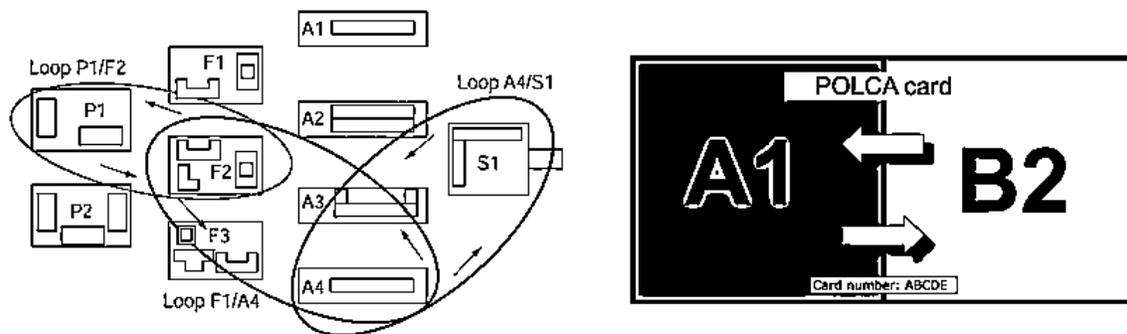
POLCA (Paired Overlapping Loops of Cards with Authorization) Superposición de pares de bucles {circuitos} de Tarjetas de Autorización

El sistema POLCA fue introducido por Rajan Suri en 1998, en su libro: Quick Response Manufacturing, A Company wide Approach to Reducing Lead Times.

El sistema POLCA pretende optimizar el flujo de trabajo en entornos discontinuos caracterizados por trabajar con Productos y Rutas de Procesos, complejos y variables. Analiza y racionaliza el flujo de materiales y procesos, agrupando los flujos de material en Células, cuando sea factible. El Layout de la Planta es definido a continuación, identificando la relación física existente entre cada Célula, no entre los distintos centros de trabajo que forman parte de la Células.

A continuación se identifica cada Célula con un nombre simple, como C1, C2, C3, etc. y se identifican los flujos comunes de material entre las Células, por ejemplo: C1-C2, C2-C3, C1-C3. De esta forma se asocia a cada pareja de Células una caja de tarjetas Kanban (Tarjetas POLCA) que controla el flujo de trabajo entre parejas de Células. De esta forma el Sistema POLCA no pretende controlar el flujo de materiales dentro de cada Célula, sino que controla el flujo de materiales entre parejas de Células.

El número de Tarjetas POLCA que son asignadas a cada pareja de Células está controlado en todo momento para minimizar el WIP (Work In Process) y se determina basándose en previsiones.



FLUJO DE TARJETAS EN EL SISTEMA POLCA Y TIPO DE TARJETA USADA: Paired Overlapping Loops of Cards with Authorization

Hay que tener en cuenta que el establecimiento de previsiones sobre un único producto o mezcla o mix variable de productos en talleres de entornos ETO (Engineering To Order) o MTO (Make To Order) puede ser muy complicado.

Es necesario realizar las previsiones sobre un "Nivel más Alto" siguiendo una estrategia lógica como puede ser la agrupación por familias de productos, de tal forma que se pueda estimar la carga de trabajo entre cada pareja de Células.

KANBAN - Tarjetas de Instrucción Paso a Paso y Principales Variantes.

El sistema HL/MRP (High Level MRP), calcula la demanda total basándose en horizontes de planificación de uno o varios meses, usando órdenes firmes de fabricación y previsiones sobre los productos. De esta forma el departamento de Planificación se encarga de añadir o quitar tarjetas en función de la carga de trabajo que se haya anticipado. Si la demanda cambia, el flujo de valor puede re-balancearse añadiendo o quitando tarjetas POLCA en las parejas de células donde se necesite.

Las previsiones se utilizan sólo para planificar y periódicamente añadir/quitar tarjetas POLCA para controlar el WIP en planta. Por tanto los trabajos no se llevan a cabo en planta hasta que:

- 1.- Existe una orden firme proveniente del cliente
- 2.- Existe autorización para comenzar la tarea
- 3.- Hay una tarjeta POLCA esperando a ser retirada para comenzar el trabajo en la Célula pertinente.
- 4.- Las tarjetas POLCA difieren radicalmente de las Tarjetas Kanban y se calcula la cantidad en diferente forma.

Para sistemas POLCA consultar: Planning and implementing POLCA: a card-based control system for high variety or custom engineered products. 2009. Ananth Krishnamurthya & Rajan Suria

MRP = **M**aterial **R**equirements **P**lanning = Planeación de Requerimientos de Material.

BIBLIOGRAFÍA.

Cuatrecasas Lluís Diseños avanzados de Procesos y Plantas de producción Flexible Editorial Profit Barcelona España. 2009

Cuatrecasas Lluís Gestión Competitiva de Stocks y Procesos de Producción. Barcelona España 2003

Krieg Georg. Kanban- Controlled Manufacturing Systems Catholic University of Eichstaett-Ingolstadt 2003. Ingolstadt, Germany

<http://www.informs-sim.org/wsc00papers/106.PDF> Berna Dengiz Cigdem Alabas. SIMULATION OPTIMIZATION USING TABU SEARCH Gazi University. 2000 Ankara/TURKEY

Gross John M. & Mcinnis Kenneth R. Kanban Made Simple: demystifying and applying Toyota's legendary Manufacturing Process. AMACOM 2003 N.Y. USA.

Vatalaro James C, Taylor Robert. & Taylor E. Robert. Implementing a mixed model Kanban System: The lean Replenishment Technique for pull production. Productivity Press 2005 NY. USA.

Louis S. Raymond. Custom Kanban: Designing the system to meet the needs of your environment. Productivity Press 2006 NY USA.

Asay D. & Wisdom L. Kanban for the shopfloor. Productivity Press 2002 NY. USA.

Crespo Franco T., Velando Rodríguez M.E. & García Vázquez J.M. Alternativas para utilizar un sistema de control de producción de tipo Kanban. Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa. Universidad de Vigo. 1998.

Ruíz Usano R., Framiñán J.M., Crespo A. & Muñoz M.A. Sistemas de control Push-Pull un estudio comparativo. CONWIP Universidad de Sevilla.

Hyer N. & Wemmerlov U. Reorganizing the Factory. Productivity Press. 2002. Portland, Oregon. USA