

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**“PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN
SISTEMA DE SUMINISTRO UTILIZANDO KANBAN
ELECTRÓNICO EN UN PROCESO DE LOGÍSTICA
INTERNA DE UN PROVEEDOR AUTOMOTRIZ”**

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANA LAURA RIVERA RODRÍGUEZ

Director:

Dr. Octavio López Millán

Hermosillo, Sonora, México

Mayo 2020





"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"

SECCIÓN: DIV. EST. POS. E INV.
No. OFICIO: DEPI/065/20
ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN
DE TESIS.

22 de Junio de 2020

**C. ANA LAURA RIVERA RODRIGUEZ,
PRESENTE.**

Por este conducto, y en virtud de haber concluido la revisión del trabajo de tesis que lleva por nombre **"PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUMINISTRO UTILIZANDO KANBAN ELETRÓNICO EN UN PROCESO DE LOGÍSTICA INTERNA DE UN PROVEEDOR AUTOMOTRIZ"**, que presenta para el examen de grado de la MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL, y habiéndola encontrado satisfactoria, nos permitimos comunicarle que se autoriza la impresión del mismo a efecto de que proceda el trámite de obtención de grado.

Deseándole éxito en su vida profesional, quedo de usted.

ATENTAMENTE

DR. FRANCISCO OCTAVIO LÓPEZ MILLÁN
DIRECTOR

DR. JAVIER ENRIQUE DE LA VEGA BUSTILLOS
SECRETARIO

DRA. MARTHA ESTELA DÍAZ MURO
VOCAL

M.C.O. ROSA IRENE SÁNCHEZ FERMÍN
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



S.E.P.

INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE HERMOSILLO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO

RISF/famv*





"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"

CARTA CESION DE DERECHOS

En la ciudad de Hermosillo Sonora a el día 9 de Julio del año 2020 el (la) que suscribe Ing.Ana Laura Rivera Rodríguez, alumna de la maestría en Ingeniería Industrial adscrito a la División de Estudios de Posgrado e Investigación, manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de Tesis titulado "PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUMINISTRO UTILIZANDO KANBAN ELECTRÓNICO EN UN PROCESO DE LOGÍSTICA INTERNA DE UN PROVEEDOR AUTOMOTRIZ" bajo la dirección del Dr. Octavio López Millán y ceden los derechos del mismo al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo, para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben de reproducir el contenido textual, graficas, tablas o datos contenidos sin el permiso expreso del autor y del director del trabajo. Este puede ser obtenido a la dirección de correo electrónico siguiente: anarivera_03@hotmail.com . Una vez otorgado el permiso se deberá expresar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Ing.Ana Laura Rivera Rodríguez



Agradecimientos

A Dios por permitirme llegar hasta el día de hoy,

A mi madre Sara y segunda madre Luisa,

por su fuerza y valentía para darme todo y nunca dejarme sola,

A mis hermanos José Alberto y Luz María, lo son todo, los amo.

A mi familia y amigos por su apoyo incondicional.

Al Instituto Tecnológico de Hermosillo

por darme la oportunidad de lograr mi maestría

y a todos los profesores por sus enseñanzas y apoyo.

RESUMEN

La industria automotriz busca desarrollar en las cadenas de suministro la excelencia en seguridad, calidad y entregas. La integración de estos factores es vital para alcanzar la competitividad global en el ramo. La logística interna y externa juegan un rol crítico dentro de la cadena de suministros y son primordiales para cumplir con la demanda del cliente.

El suministro de materia prima es fundamental para los procesos de manufactura, actualmente este proceso en las compañías presenta variables negativas que afectan los indicadores, también al proceso cognitivo de los operadores. En definitiva, lo mencionado anteriormente pone en riesgo a las compañías por la afectación al flujo del sistema justo a tiempo.

En la actualidad, la aplicación de la tecnología en los procesos de logística interna se considera una herramienta básica para mejorar los procesos tanto para la producción, así como para los operadores. El propósito de esta investigación es analizar y desarrollar una propuesta de un sistema kanban electrónico para el suministro de materia prima a producción, para procesar la información de manera correcta y tomar decisiones adecuadas, con el enfoque de mejorar los indicadores de la planta y disminuir los errores humanos.

El kanban electrónico es un sistema de información que se utiliza para pedir piezas que se necesitan en producción y la manera en que se realiza es a través del envío de la información utilizando la tecnología con la transmisión de datos vía electrónica (Monden, 2012). De igual manera, es la evolución del kanban tradicional mediante los recursos de sistemas de información utilizando las nuevas tecnologías para realizar sistemas con mejores funcionamientos para aumentar la eficiencia en los procesos de logística en las compañías.

Los procesos cognitivos son beneficiados gracias al soporte del kanban electrónico, como es la memoria y la percepción, así como la carga mental del operador. Los

errores humanos involucran todos los procesos mentales y es una de las principales acciones que se pretende evitar para minimizarlos y/o eliminarlos del sistema. Proactivamente, se ha diseñado y analizado las tareas jerárquicamente para predecir los errores humanos y desarrollar planes de acción. Las herramientas del sistema kanban electrónico están basadas en controles visuales con el fin de ayudar al operador a desarrollar los procesos logísticos con un soporte tecnológico que le indique paso a paso los materiales a suministrar.

Palabras Claves: kanban, kanban electrónico, logística interna, carga mental de trabajo, error humano.

ABSTRACT

The automotive industry seeks to develop excellence in safety, quality and delivery in supply chains. The integration of these factors is vital to achieving global competitiveness in the industry. Internal and external logistics play a critical role within the supply chain and are essential to meet customer demand.

The supply of raw material is essential for manufacturing processes, currently this process in companies presents negative variables that affect the indicators, also the cognitive process of the operators. As mentioned before, puts companies at risk by affecting the flow of the system just in time.

At present, the application of technology in internal logistics processes is considered a basic tool to improve both production processes as well as for operators. The purpose of this research is to analyze and develop a proposal for an electronic kanban system for the supply of raw materials to production, to process the information correctly and make appropriate decisions, with the focus of improving the indicators of the plant and reducing the human errors.

The electronic kanban is an information system that is used to order parts that are required in production and the way it is done is by sending the information using technology with electronic data transmission (Monden, 2012). Similarly, it is the evolution of the traditional kanban through the resources of information systems using new technologies to make systems with better operations to make logistics processes in companies more efficient.

Cognitive processes are benefited by the support of the electronic kanban, such as memory and perception, and also the mental workload of the operator. Human errors involve all mental processes and is one of the main actions that is intended to be avoided to minimize or eliminate them from the system. Proactively, it has designed and analyzed the tasks hierarchically to predict human errors and develop action plans. The electronic kanban system tools are based on visual controls that help the operator

to develop the logistics processes with a technological support that indicates the step by step of the materials to be supplied.

Keywords: kanban, electronic kanban, internal logistics, mental workload, human error

ÍNDICE

ÍNDICE	iv
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.1.1. Datos sobre la situación	8
1.2. Planteamiento del problema	9
1.3. Preguntas de investigación.....	9
1.4. Objetivos.....	10
1.4.1. Objetivo general	10
1.4.2. Objetivos específicos	10
1.5. Justificación	10
1.6. Delimitaciones	11
FUNDAMENTOS CONCEPTUALES Y MARCO TEÓRICO	12
2.1. Sistema de producción Toyota	12
2.1.1. Justo a tiempo.....	14
2.2. Sistemas de producción	16
2.2.1. Sistema <i>pull</i>	16
2.2.2. Plan de producción	16
2.2.3. Sistemas de comunicación.....	17
2.2.4. Lista de materiales o <i>Bill of material</i> (BOM)	17
2.3. Sistemas logísticos	18
2.3.1. Sistemas de secuenciado y <i>kitting</i>	18
2.3.2. Sistema kanban	19

2.3.3.	Kanban electrónico	21
2.3.4.	Manejo de material.....	21
2.4.	Sistemas de inventarios.....	22
2.4.1.	Niveles de inventarios	22
2.4.2.	Sistema de control visual	23
2.4.3.	<i>Picklist</i>	23
2.4.4.	<i>Poka yoke</i>	24
2.5.	Ergonomía cognitiva	26
2.5.1.	Procesos cognitivos	28
2.5.2.	Carga mental.....	29
2.5.3.	Error humano	29
2.5.4.	Diseño para soporte cognitivo.....	32
2.6.	Métodos de análisis de tareas	33
2.6.1.	Análisis jerárquico de la tarea	34
METODOLOGÍA Y MATERIALES		38
3.1.	Modelo de la investigación	38
3.2.	Metodología	38
3.2.1.	Pre planeación	44
DESARROLLO Y RESULTADOS		47
4.1.	Desarrollo	47
4.1.1.	Análisis del sistema actual	47
4.1.2.	Análisis de datos	50
4.1.3.	Análisis de cargas de trabajo	52
4.1.4.	Cálculo de punto de reorden, mínimos y máximos	55

4.1.5. Estudio del error humano	60
4.1.6. Propuesta del sistema kanban electrónico.....	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
5.1. Conclusiones	75
5.2. Recomendaciones	77
5.3. Trabajos futuros.....	77
BIBLIOGRAFIA	79
ANEXOS	83
Anexo 1. Estudio del error humano.	83
Anexo 2. Resultados del estudio del error humano.....	88

Índice de figuras

Figura 1. 1 Estructura de un asiento (Lear Corporation,2009)	5
Figura 2. 1 Estructura del sistema de producción de Toyota (Monden, 2012)	13
Figura 2. 2 Lista de materiales para un producto (Khojasteh, Y., 2016).	18
Figura 2. 3 Estructura de la administración del error (CCPS,2016)	31
Figura 2. 4 Análisis Jerárquico de la Tarea (HTA) de un proceso de etiquetado (Kloeckner, et al., 2013)	36
Figura 3. 1 Fases de la metodología propuesta (Elaboración propia,2019)	39
Figura 3. 2 Diseño de rack en almacén (Elaboración propia,2019).....	40
Figura 3. 3 Flujo del proceso de información cliente-proveedor (Lear,2019)	47
Figura 3. 4 Flujo de material e información interna (Lear,2019).....	49
Figura 3. 5 Distribución del sistema de ensamble final (Lear,2019).....	50
Figura 4. 1 Diagrama de flujo para del sistema de kanban electrónico.....	62
Figura 4. 2 <i>Picklist</i> del kanban electrónico.	67

Índice de tablas

Tabla 3.1 Descripción de información para estudio de cargas de trabajo (Lear,2019).....	42
Tabla 4.1 Información de rutas de suministro de materia prima (Elaboración propia,2019)	51
Tabla 4.2 Información del programa de producción (Lear,2019).....	52
Tabla 4.3 Información de carga de trabajo de prekitting conveyor 1 (Lear,2019) .	52
Tabla 4.4 Información de carga de trabajo de prekitting RSB 40% y 60% (Lear,2019).....	53
Tabla 4.5 Información de carga de trabajo de prekitting conveyor 2 y FSC (Lear,2019).....	54
Tabla 4. 6 Cálculo de punto de reorden, mínimo y máximo para surtido del <i>prekitting</i> RSB 40% y 60% (Lear,2019).....	57
Tabla 4. 7 Cálculo de punto de reorden, mínimo y máximo para surtido del <i>prekitting</i> conveyor 1 (Lear,2019).....	58
Tabla 4. 8 Cálculo de punto de reorden, mínimo y máximo para surtido del <i>prekitting</i> conveyor 2 y FSC (Lear,2019).....	60
Tabla 4. 9 Estudio del error humano en surtido (Lear,2019).....	61
Tabla 4. 10 Ciclo de vida de desarrollo de sistemas para kanban electrónico.	66
Tabla 4. 11 Comparación entre el sistema manual y kanban electrónico.	69
Tabla 4. 12 Análisis jerárquico de la tarea (HTA) del kanban electrónico (Parte I)	72
Tabla 4. 13 Análisis jerárquico de la tarea (HTA) del kanban electrónico (Parte II).	74
Tabla 7. 1 Estudio del error humano en surtido (Lear,2019).....	87
Tabla 7. 2 Resultados de estudio del error humano en surtido (Lear,2019).	88

INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores desafíos en las compañías del ámbito automotriz es la respuesta oportuna y correcta en un tiempo mínimo hacia sus clientes, para obtener mejores niveles en ello se requiere la elaboración e implementación de sistemas eficientes. El mercado automotriz se ha desarrollado globalmente en un ámbito donde se aplican las metodologías y estrategias desarrolladas por grandes líderes para alcanzar la excelencia y sostenerse en el negocio.

Los procesos de manufactura son vitales para la transformación de la materia prima en productos terminados, pero los procesos de logística interna y externa no deben quedarse fuera de la mejora continua dado que deben estar coordinados para mantener un flujo continuo en una planta justo a tiempo. La logística interna es un eslabón primordial, por lo cual se busca desarrollar los procesos de suministro de materia prima con la integración de la tecnología para acelerar el tiempo de respuesta y mejorar en la toma de decisiones.

Una de las herramientas claves en la logística interna es el kanban, la cual es una herramienta muy antigua, pero se ha mejorado su aplicación a través del tiempo. En investigaciones recientes se presentan comparaciones entre un sistema manual de materia prima y un sistema electrónico de kanban (e-kanban), como resultado se ha confirmado mejoras en la visualización de los problemas, establecimiento de prioridades y flexibilidad cuando se presentan fluctuaciones en la demanda del cliente.

La implementación del kanban electrónico minimiza los problemas de logística interna con un enfoque de disminución en los errores humanos.

Enfocándonos a los procesos internos de un proveedor automotriz se propone analizar el suministro de materia prima, después analizar la importancia de la implementación de un sistema de suministro de materia prima utilizando kanban para

determinar si existe diferencia en las cargas de trabajo y errores humanos. Esto es importante para la compañía en vista de que el suministro manual causa efectos negativos al sistema justo a tiempo y se debe agregar que por el área de ergonomía cognitiva se estudiará el proceso cognitivo en la interacción de los operadores con los procesos de suministro de materia prima, en resumen, es probable que se mejoren los indicadores internos y el proceso cognitivo de los operadores en la compañía.

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes

El proveedor automotriz en el cual se realizará la investigación es catalogado como nivel 1 a nivel internacional; actualmente en el Estado de Sonora es proveedor directo para la planta ensambladora OEM (Original Equipment Manufacturer), en la ciudad de Hermosillo. Esta empresa, específicamente se dedica a la producción de los asientos para los vehículos Ford Fusion y MKZ de la línea Lincoln mediante el sistema justo a tiempo, es importante hacer notar que provee asientos y arneses a 400 distintas compañías ensambladoras de automóviles a nivel mundial.

En la década de los 90's, la corporación se estableció en México a través de la adquisición de varias compañías en distintas ciudades, como: Ciudad Juárez, Villa Ahumada, Casas Grandes, Chihuahua capital, Hermosillo, Piedras Negras, Monclova, Saltillo, Ramos Arizpe, Arteaga, Apodaca, San Luís Potosí, San Felipe, Silao, León, Puebla, Huamantla, Tláhuac, Toluca, Zacatecas, Matamoros, Coahuila Torreón. Entre sus clientes automotrices principales se encuentran diferentes modelos de autos, por ejemplo: Ford Explorer, Cadillac, GMC, Ford Mustang, Chevrolet Aveo, Buick Lucern, Ford Taurus, Corvette, entre otros, de acuerdo con las necesidades de los clientes se diseñan y producen arneses eléctricos, vestiduras, poliuretanos y asientos completos. Las vestiduras y asientos se elaboran en diferentes colores y diseños, los principales tela, vinil o piel y en cuestión a arneses eléctricos específicamente para motor, tableros y puertas.

La confección de asientos inicia en el diseño que puede ser realizado por el cliente o por el proveedor o trabajar en conjunto para la obtención de un diseño final a producir. La cantidad de asientos va a depender del modelo del automóvil, por ejemplo, de un sedán por lo general se está hablando de la construcción de dos asientos piloto

y copiloto llamada línea frontal, la línea trasera está compuesta por dos respaldos y un asiento.

En el diseño se consideran las características y prestaciones que habrá de ofrecer, las dimensiones de la cabina, la posición de los cinturones de seguridad, si el automóvil será de dos o cuatro puertas, el material que se utilizará para forrar los paneles de las puertas, el piso y el techo; la ubicación de las bolsas de aire en el tablero; la distancia entre los asientos delanteros y la parte trasera; la localización de los dispositivos de control de las ventanillas y los seguros de las puertas, etcétera (Lara et al., 2005).

El subsistema de un automóvil como lo es el asiento es muy complejo, un asiento lleva alrededor de 145 piezas dependiendo la variación en el diseño las partes pueden aumentar o disminuir. La cadena de suministros empieza con la producción de las piezas en los proveedores *Tier 2*, que surten las partes a la *Tier 1* y así sucesivamente *Tier 3*, *Tier 4*, etcétera. Las *Tier* es la clasificación de proveedores por niveles que expresa el suministro de componentes, los *Tier 1* suministran directamente al cliente ensamblador u OEM (*Original Equipment Manufacturer*, por sus siglas en inglés). Estas compañías se localizan en México o en el extranjero por lo general en Estados Unidos, Europa y Asia, esta localización se considera para seleccionar el transporte adecuado terrestre, marítimo y aéreo después se diseña una ruta o varias rutas dependiendo de la cantidad y requerimientos para que las partes estén en planta en el tiempo de entrega establecido.

En la figura 1.1 se visualiza la estructura de un asiento. Básicamente, los componentes del asiento son los siguientes:

1. La estructura metálica bastidor y reclinador. En estos componentes se encuentran la mayoría de los mecanismos eléctricos para darle movilidad al asiento.
2. Uretano es el poliuretano que da la forma de esponja que compone al asiento internamente.
3. Vestiduras es el recubrimiento de tela, vinil o piel que lleva el asiento.

4. Cabecera del asiento que es un mecanismo compuesto por una estructura metálica, poliuretano y vestidura.
5. Sistemas o *software* de movilidad, de clima, bolsas de aire, etcétera, esto dependiendo del diseño inteligente del asiento.



Figura 1. 1 Estructura de un asiento (Lear Corporation,2009)

El diseño y la mejora tecnológica de los interiores del automóvil ha avanzado debido a la introducción de nuevos materiales, el uso de dispositivos eléctrico-electrónicos, los cambios en la demanda, la aplicación de nuevas normas institucionales, las presiones competitivas y el surgimiento de novedosos diseños y esquemas de producción (Lara et al., 2005) que es de suma importancia para seguir ganando mercado a nivel global. Más aun para las compañías internamente es considerable rediseñar y mejorar tecnológicamente los procesos internos.

Las plantas justo a tiempo (JIT) obliga a que los sistemas estén coordinados y que tengan un flujo continuo a una velocidad establecida. Como mencionan Vollmann et al., (2005) el tiempo y la reacción se convierten en los objetivos más importantes por

lo cual se requieren nuevas estructuras organizacionales que rindan una respuesta rápida a las necesidades de los clientes.

Uno de los procesos internos más importantes para el JIT es el flujo de la materia prima, el suministro del material en el tiempo correcto y en la cantidad correcta es la clave. Existen diferentes métodos el más básico que es el suministro manual hasta el suministro electrónico.

Los procesos de suministro interno de material a las operaciones de manufactura si es ineficiente causa problemas inmediatos en un sistema de producción JIT, por lo que las compañías buscan implementar sistemas robustos con la integración de la tecnología mejorando así la capacidad de respuesta y la calidad de la información, al integrar datos e información en toda la organización, acelerando así el tiempo de respuesta y la toma de decisiones (Graves et al., 1995).

El sistema de producción Toyota utiliza el kanban para controlar el flujo de materiales, pero a diferencia de utilizar una tarjeta única, utiliza dos tarjetas debido a que tiene almacenamiento intermedio después de la producción de componentes y adicional enfrente de los centros de trabajo de ensamble (Vollmann et al., 2005). Un sistema tradicional kanban de tarjetas en un ambiente de manufactura donde la demanda del cliente es compleja y fluctuante, no es conveniente debido a que se eleva la complejidad del mismo (Suprasith et al., 2011), en un giro con una demanda constante y poco volumen se podría implementar debido a que sería una administración menor de tarjetas.

El papel de las tecnologías de la información y las comunicaciones ha tenido gran impacto para la evolución del sistema kanban, Houti et al., (2017) presentan la relación entre el sistema tradicional kanban con tarjetas y el kanban electrónico en el cual concluyen que el sistema kanban electrónico presenta bastantes ventajas sobre el sistema tradicional, por ejemplo: mejor transparencia, trazabilidad de todos los movimientos en el sistema y se puede trabajar con una mayor cantidad de números de materiales.

Como es conocido la automatización de los sistemas genera un costo extra en la implementación, pero se deben considerar las ventajas que se obtienen con el sistema kanban electrónico como el ahorro de costos indirectos con la probabilidad de reducción de los tiempos de suministro de materia prima, rutas con distancias más cortas, tiempos de preparación de rutas reducidos, reducciones de inventarios, reducción de la mano de obra, reducción de espacios, reducción de costos de calidad, entre otros.

Debido al impacto que se ha demostrado, kanban electrónico es una evolución de la aplicación de la tecnología en sistemas tradicionales que por muchos años funcionaron con ciertas desventajas para las compañías y los operadores, el diseño adecuado para las operaciones de cada compañía contribuirá a procesar información y tomar decisiones adecuadas, con el enfoque de disminuir los errores humanos.

El estudio de Houti et al., (2017) se basó en una comparación entre los dos sistemas kanban: el sistema kanban tradicional con tarjetas y el nuevo sistema kanban electrónico donde se muestra que todas las funcionalidades básicas del sistema kanban se mantienen al nivel de kanban electrónico. Sin embargo, un sistema kanban electrónico brinda oportunidades para resolver algunas limitaciones del sistema kanban tradicional existente, como la producción mixta o cambios imprevistos en las mezclas de producción, pero genera automáticamente costos adicionales en la entidad que lo va a instalar.

En el caso de estudio de Suprasith et al., (2011) relacionan que después de implementar el kanban electrónico las organizaciones puede comprender los beneficios y desafíos que la tecnología les presenta y permitir que las empresas adopten un enfoque activo para garantizar una implementación exitosa. Como fue en ese estudio los resultados indicaron mejoras en los plazos de producción, costos financieros, procesos de trabajo efectivos y eficientes, y reducciones en el desperdicio. También se identificaron oportunidades adicionales en tecnología (por ejemplo, RFID) para mejorar el desempeño organizacional.

1.1.1. Datos sobre la situación

En Hermosillo, el proveedor automotriz construye el kit de asientos que está conformado por dos asientos delanteros (conductor y pasajero), asiento y dos respaldos traseros con sus respectivas cabeceras, están disponibles 109 modelos diferentes en 10 colores. Se producen 66 juegos/hora; distribuidos en dos turnos diarios y se reciben 690 partes aproximadamente como materia prima que está distribuida en un almacén y de ahí son suministrados a través de 4 rutas para las 139 estaciones de trabajo y 7 celdas de *prekitting*.

La comunicación con el cliente es basada en los requerimientos que envía mensual, semanal y diario vía EDI (*Electronic Data Interchange*, por sus siglas en inglés) es un formato estandarizado utilizado para el intercambio electrónico de datos donde en ellos se puede revisar la cantidad de materia prima requerida, así como los días y horas diarias por trabajar a la semana.

Además, se tiene transmisión de comunicación en tiempo real llamado *broadcast* donde se envían los códigos de modelos que se están construyendo con el cliente. Con esta información los sistemas obtienen una rotación con un modelo específico a construir de asientos.

Durante el desarrollo de la logística interna, la movilidad del material inicia con la descarga en los andenes. La materia prima tiene su flujo, es decir, si no requiere ser revisadas por calidad (inspección de recibo) se posiciona el material en su localización correspondiente en *racks* en el área de almacén. En último lugar pasan al área de producción donde se sub ensamblan con los componentes en una línea de producción para obtener el producto final: los asientos.

Con respecto al proceso de suministro de materia prima al área de producción para la manufactura de los asientos, las operaciones se realizan de manera manual. El proceso inicia cuando los operadores realizan recorridos por las estaciones y obtienen de manera visual cuales son los números de parte que se encuentran con espacios

vacíos en su localización, esta información es retenida de manera mental sin tener un soporte que los auxilie a detectar lo requerido a surtir que considere la demanda real en un tiempo determinado por número de parte y estación.

1.2. Planteamiento del problema

Debido a lo mencionado en el punto anterior se tienen 2 procesos críticos, por un lado no se estima lo necesario a surtir para cumplir con un mínimo y máximo de material según la producción real para el proceso de armado de los asientos, a causa de no existir ninguna herramienta que indique la manera correcta de armar las rutas de surtido, esto pone en riesgo a la compañía porque algunas veces se no se surte el material requerido, o en otras ocasiones se surte equivocado o en exceso, lo cual nos genera pérdida de tiempo para rearmar de nueva cuenta la ruta de surtido.

De manera semejante tenemos el ámbito cognitivo en los empleados, la información que requieren retener son los números de parte y la cantidad de cajas por número de parte requeridas en la estación de trabajo. Para ser más específicos este proceso requiere de surtir alrededor de 20 o más números de parte por ruta, el error humano ocurre a consecuencia de que el proceso se está ejecutando repetidamente en una jornada aproximadamente de 8 horas.

La carga mental es un elemento que nos está haciendo padecer estos errores aunado a esto el ámbito personal de cada operador que puede también estar afectando a la operación.

En concreto el proceso es complejo y las consecuencias de más alto impacto son la generación de paros de línea de producción y variación (ineficiencia) en las rutas de surtido.

1.3. Preguntas de investigación

La presente investigación busca responder a las siguientes preguntas: ¿Qué efectos negativos presenta el sistema manual con respecto a los indicadores internos

y al proceso cognitivo de los operadores en la compañía?, ¿Qué beneficios obtendremos con la propuesta de un sistema electrónico que reemplace al actual?

Para responder estas preguntas se analizará el sistema actual y se presentará una propuesta de un kanban electrónico para obtener las ventajas y desventajas de cada método.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Proponer un plan de acción para la implementación de un sistema kanban electrónico para el proceso de suministro de materia prima con base en la identificación de la eficiencia y el proceso cognitivo de los operadores de logística interna de la compañía.

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar el suministro manual de materia prima del proceso de logística interna para estudiar las cargas de trabajo y el proceso cognitivo de la interacción de los operadores con los procesos.
- Desarrollar una propuesta del sistema kanban electrónico para mejorar los indicadores internos y proveer un soporte al proceso cognitivo de los operadores en la compañía.

1.5. Justificación

La industria automotriz busca desarrollar en las cadenas de suministro la excelencia en seguridad, calidad y entregas. La integración de estos factores es vital para alcanzar la competitividad global en el ramo. La logística interna y externa juegan un rol crítico dentro de la cadena de suministros, y es primordial el desarrollo de procesos internos que ayuden a mejorar a las compañías a cumplir con la demanda del cliente.

Dentro de la logística interna, el suministro de materia prima es uno de los procesos base para la producción. Existen algunas variables para que este proceso disminuya la complejidad por ejemplo la cantidad de números de parte y puntos de uso, tiempos de entrega, demanda, herramientas, cargas de trabajo, complejidad, entre otros, una de las más básicas son las rutas de suministro de material al punto de uso.

La demanda del cliente es compleja y tiene cambios de una semana a otra para controlar el flujo de materiales donde el volumen diario es alto es necesario desarrollar herramientas que consideren el soporte de tecnología y comunicaciones entre los procesos de ensamble y materiales. El número de materiales que manejamos también es elevado, se requiere una herramienta que nos fortalezca en la transparencia y trazabilidad de todos los movimientos en el sistema, disminuir los tiempos de preparación de rutas y suministro de materia prima.

Debido a que no se ha desarrollado ni aplicado la tecnología en los procesos de logística interna se considera justificable analizar y desarrollar una propuesta de un sistema kanban electrónico para el suministro de materia prima a producción para procesar la información de manera correcta y tomar decisiones adecuadas, con el enfoque de mejorar los indicadores de la planta y disminuir los errores humanos.

1.6. Delimitaciones

- El periodo en el cual se desarrollará la investigación es de agosto de 2018 a junio de 2020.
- Las áreas seleccionadas dentro de la compañía son el suministro de *prekitting* “40%”, “60%”, “FSC”, “conveyor 1”, “conveyor 2”.
- La propuesta del sistema kanban electrónico se desarrollará con los recursos actuales debido a que la inversión está limitada.

FUNDAMENTOS CONCEPTUALES Y MARCO TEÓRICO

2.1. Sistema de producción Toyota

Después de la Segunda Guerra Mundial, en Toyota Motor nacen dos pilares que fueron la base del Sistema de Producción Toyota: la automatización con un toque humano (*jidoka*) y el *just in time* (JIT) o “justo a tiempo” y gracias a ello lograron mantener sus ingresos en la crisis del petróleo de 1973, fue ahí cuando todos se preguntaron qué pasaba en Toyota para conseguir la estabilidad en el mercado y es así como este sistema fue adoptado por muchas compañías japonesas.

El objetivo del TPS (*Toyota Production System*, por sus siglas en inglés) es eliminar mediante herramientas y métodos de mejora, diversos tipos de residuos que se ocultan dentro de una empresa. El principal objetivo es la reducción de los costos o mejora de la productividad en los cuales se pueden encontrar 4 tipos de desperdicios en las operaciones de producción (Monden, 2012):

1. Excesivos recursos productivos: personal, facilidades (equipo, materiales o productos) e inventario.
2. Sobreproducción
3. Exceso de inventario.
4. Inversión de capital innecesaria.

El TPS tiene una estructura (Figura 2.1) que engloba la relación entre costo, volumen, calidad y respeto hacia el personal que consiste en el desarrollo de mejoras a través de actividades e implementación de sistemas con el objetivo de disminuir el equipo de trabajo e inventarios, asegurar la calidad y reducir los desperdicios todo esto en conjunto nos llevara a la expansión de ganancias en la compañía.

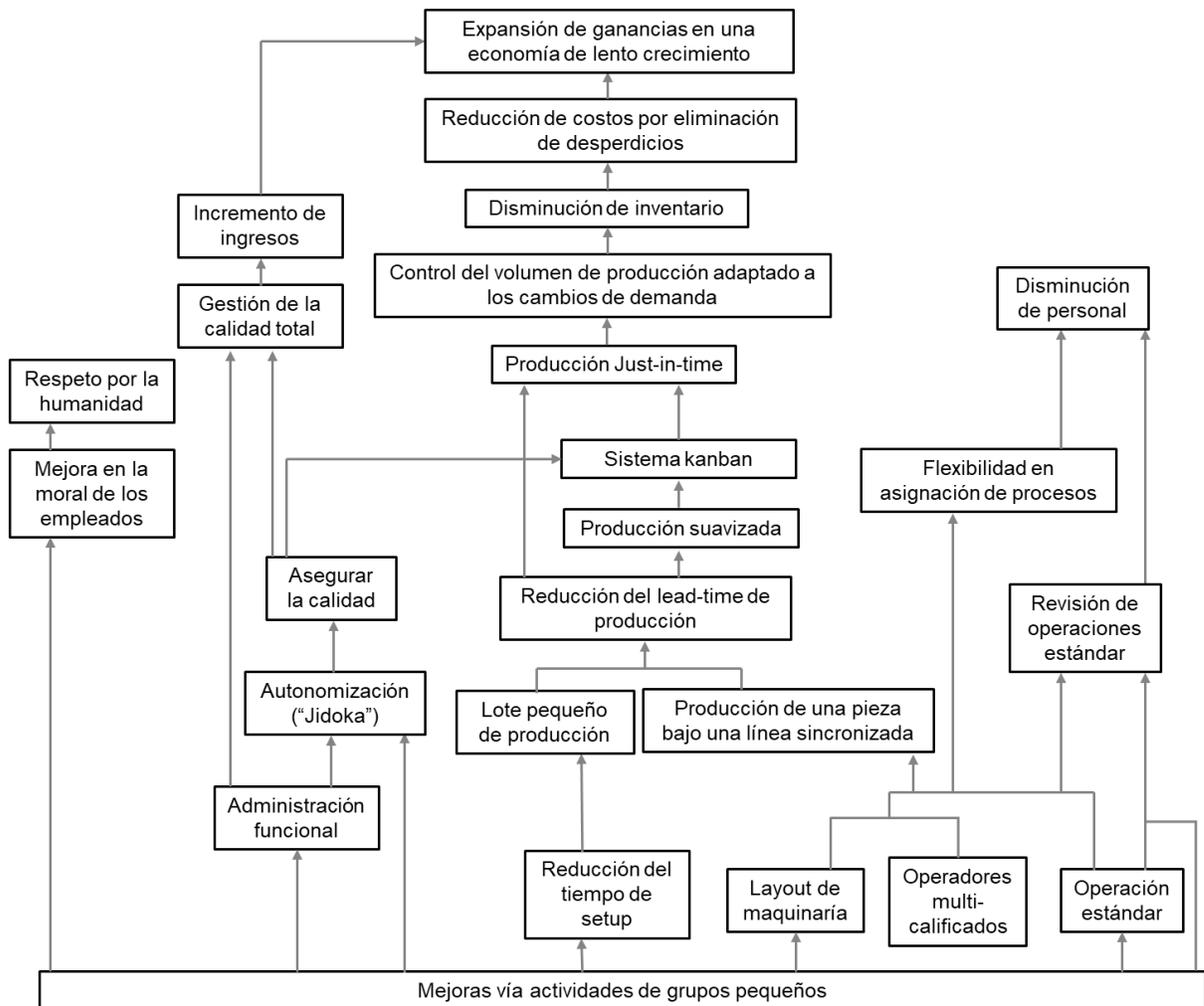


Figura 2. 1 Estructura del sistema de producción de Toyota (Monden, 2012)

La estructura nos habla de lo general a lo particular con actividades claves que toda compañía debe adoptar debido a que engloba un crecimiento en la economía pero también un crecimiento en la calidad de vida del personal. El autor Monden (2012), menciona que se deben de cumplir primero tres subobjetivos del TPS que son muy importantes antes de implementar el objetivo principal (reducción de costos):

1. Control de cantidades, es decir, ser capaces de adaptarnos a las fluctuaciones de la demanda. No recaer en el desabasto de material, pero no exceder las cantidades necesarias.

2. Asegurar la calidad, debemos de garantizar la aceptación, producción y envío de buena calidad en los procesos.
3. Respetar la humanidad, debemos de culturizar al personal en conjunto con la implementación de los sistemas.

2.1.1. Justo a tiempo

Taiichi Ohno, ingeniero de Toyota creó el sistema de producción JIT (Just In Time, por sus siglas en inglés) y lo define al mismo como un método de producción que en un proceso continuo las piezas se deben de incorporarse justo en el momento que se necesitan y la cantidad exacta que se requiere (Ohno, 1991).

Los conceptos básicos del JIT han ido evolucionando a través de los años, el más común es que con su aplicación se eliminen los desperdicios en los procesos. En otras definiciones el JIT busca cero inventarios, cero transacciones y cero retrasos y para cumplir con los objetivos se requieren modificaciones en los sistemas para lograr efectuar los cambios necesarios en el sistema (Vollmann et al., 2005).

Para implementar el JIT primero se deben controlar los problemas de herramental, calidad, tiempos ciclos y flujo de materiales para no generar atrasos en las estaciones y entorpezcan el flujo del proceso, en teoría debemos crear un balance en el sistema. La utilización del JIT nivela, sincroniza y crea un flujo pieza a pieza para evitar las demoras, también reduce el ciclo de producción y elimina los cuellos de botella lo cual ha hecho posible responder rápidamente a la demanda de los clientes y a las fluctuaciones de la demanda (Shingo,1990).

El sistema de producción Toyota identifica 7 clases de desperdicios, uno de ellos es la espera que es el rival número uno para el flujo y sincronización de producción. Los procesos inician con la disponibilidad de materia prima, sin ella no podríamos iniciar las actividades, razón por la cual es un área que requiere investigarse para controlar los movimientos de material.

2.1.1.1. Beneficios del JIT

Los beneficios del JIT están asociados a varios campos de las compañías como recursos humanos, procesos de producción, ingeniería, calidad, manejo de materiales y beneficios económicos.

Específicamente los beneficios asociados con el manejo de material según García, et al., (2016) se clasifican en 6 características:

- 1. Reducción de los números de parte.** La comunicación entre el proveedor y el cliente cuando un producto es requerido se debe de realizar de manera efectiva para la integración y desarrollo de las necesidades. Un número reducido de partes hacen que el sistema de gestión sea más sencillo y por lo tanto se reducen los costos en ambas organizaciones.
- 2. Reducción del inventario.** Manejar un inventario menor reduce la complejidad del flujo de material, así como espacios y costos: Existen varios modelos matemáticos que ayudan a determinar el tamaño de inventario óptimo para la efectividad de los entornos JIT.
- 3. Reducción del manejo de material.** La operación del transporte de material en los procesos no agrega valor esta es la razón por la cual las organizaciones se proponen reducirlos a los niveles más bajos.
- 4. Relación cercana entre cliente-proveedor.** La integración de equipos para la implementación del JIT entre el cliente-proveedor es fundamental para la implementación exitosa del JIT. Más aun el conocer los detalles entre ambos para centralizar posibles errores y poder resolverlos en tiempo.
- 5. Reducción en la compra de lotes.** Entre menos fluctuante sea la demanda del cliente es una mayor oportunidad para poder reducir la compra de lotes, también nos ayudara a calcular un safety stock y mantenerlo sin afectar al cliente.
- 6. Incrementar la rotación del inventario.** El JIT nos benefició al flujo del material debido a maneja un inventario menor y por lo tanto la rotación es

mayor. También esto nos beneficia en la calidad de los productos porque eliminamos el riesgo de causarles algún daño en el almacenamiento.

Estos elementos se enfocan en la reducción de partes, inventarios y flujo de materiales además una distribución de los almacenes en la planta es uno de los elementos importantes para el éxito del JIT. Para los operadores el conocer en donde pueden encontrar los materiales en el almacén reduce el tiempo de entrega y errores a las líneas de producción.

2.2. Sistemas de producción

2.2.1. Sistema *pull*

El sistema de producción *pull* inicia con una orden del cliente y solo se reemplaza lo consumido, este sistema tiene como ventaja la reducción de los inventarios a niveles bajos por lo cual los costos son bajos. El sistema *pull* es esencial para limitar los niveles de *WIP* (*Work In Process*, por sus siglas en inglés) (Khojasteh, 2016).

Los beneficios de un sistema *pull* son reducción del inventario, reducción de espacios, facilidad para detectar problemas o errores, reducción del *WIP*, reducción de costos, incrementar la producción, entre otros.

2.2.2. Plan de producción

Existen diferentes versiones para crear un plan de producción, las más básicas son *make-to-stock*, *make-to-order* y una combinación de ambos. El *make-to-order* es el que se utiliza en la mayoría de la industria automotriz ya que a través de un consumo de los clientes finales se programan los requerimientos diarios que son publicados a los proveedores con meses de anticipación. Los requerimientos tienen que ser explosionados en un *bill of material* (BOM) que es una lista de partes con la cantidad que contiene una unidad. El BOM es la base para la planificación del requerimiento de materiales (*MRP*, por sus siglas en inglés) debido a que planifica el inventario de cada

parte y producción con el objetivo de lograrlo con el mínimo tiempo de procesamiento y partes en proceso (Thomopoulos, 2016).

Por lo general, existe una comunicación vía electrónica y otros documentos oficiales entre el cliente-proveedor donde se publican de manera mensual, semanal, diaria y en tiempo real el consumo del cliente, estos documentos se utilizan para planear la producción en planta, así como enviar requerimientos de materia prima a los sub proveedores.

2.2.3. Sistemas de comunicación

La transmisión de información en la mayoría de las empresas del ramo automovilístico utiliza los siguientes métodos:

- 1. *Electronic Data Interchange* (EDI, por sus siglas en inglés):** Pfeiffer (1992) afirma que el intercambio electrónico de datos (EDI) es un sistema de tecnología de la información adoptado por al menos dos organizaciones empresariales asociadas para intercambiar datos de transacciones a través de enlaces de telecomunicaciones. (Citado en Suprasith et al., 2011, pp.55.2).
- 2. *Broadcast*:** es necesario cuando se tiene como objetivo que un mensaje se pueda ver en todos los sistemas que están conectados a la misma red, de manera que así es mucho más eficiente, ya que para enviar la misma información a distintos sistemas no será necesario enviársela individualmente a cada uno de ellos, sino que se puede hacer a todos a la vez (Huidobro, et al., 2005).

2.2.4. Lista de materiales o *Bill of material* (BOM)

La lista de materiales (BOM) es una lista de artículos o componentes necesarios para producir un producto terminado. Muestra la estructura de un producto que incluye

una breve descripción de cada artículo, y la cantidad de cada uno requerido para hacer una unidad del producto (Khojasteh, 2016).

Una lista de materiales para un producto se representa en la figura 2.2 donde se visualiza que el producto A consta de los artículos B y C. Se requieren dos unidades del artículo B y una unidad del artículo C para producir una unidad del producto A. Una unidad del artículo B requiere tres unidades del artículo D, una unidad del artículo E y dos unidades del elemento F. Además, una unidad del elemento C requiere tres unidades del elemento E.

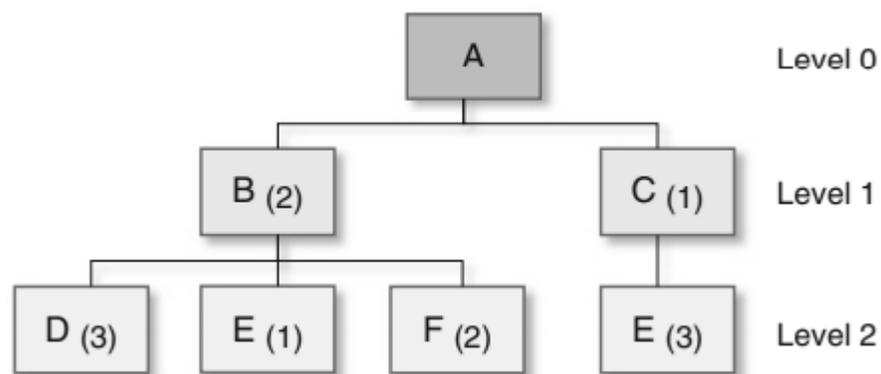


Figura 2. 2 Lista de materiales para un producto (Khojasteh, Y., 2016).

2.3. Sistemas logísticos

2.3.1. Sistemas de secuenciado y *kitting*

Para optimizar el flujo de la producción cuando la complejidad de las partes es elevada debido a que se tienen de un número de partes diferentes colores u opciones para una unidad las organizaciones optan por realizar celdas fuera de las líneas de producción que se clasifican en dos dependiendo sus características:

1. **Celdas de secuenciado:** es una estación de trabajo donde se encuentra una misma familia de materiales con características mínimas que los distinguen. Según la producción se provee al operador la información para que empiece a

organizar los materiales según el rango de secuencia y los envía a otra estación en la línea de producción donde serán utilizados.

2. **Celdas de *kitting***: es una estación de trabajo donde se encuentran distintos materiales pero que requieren organizarse en algún contenedor para enviar a otra estación en la línea de producción donde serán utilizados. Según la producción se provee al operador la información para que empiece a organizar los materiales según el rango de secuencia.

Para cada método debemos estandarizar la cantidad de piezas a secuenciar o realizar el *kitting*. Se requiere una localización en el *layout* para cada una de las partes en la celda y en los contenedores donde se colocarán las partes, además de facilidades de transportación para el surtido a las estaciones (Townsend, 2012).

2.3.2. Sistema kanban

Para lograr sincronizar el sistema de producción Toyota, nace en la década de los cincuenta el kanban como método operativo, pero no fue hasta 10 años más tarde cuando se logró adoptar en toda la compañía. El Kanban se utilizó para indicar claramente qué se necesita y en qué cantidad para controlar la producción, en términos generales, un kanban es una herramienta sencilla y directa para comunicar la recolección, traslado y producción siempre localizada en el punto donde se necesita (Ohno, 1991).

El Kanban asegura el flujo de materiales en todo el sistema de producción, ya que cada estación de trabajo sabe cómo se ensamblará el componente o subcomponente y cuándo se debe de suministrar el material al alcanzar el nivel mínimo de inventario (García et al., 2016).

Al kanban también se le conoce como sistema de arrastre en la producción, puesto que es una tecnología que hace fluir el sistema de una manera dinámica porque se inicia desde el final, es decir, donde se encuentra el cliente (Visbal, 2016). En sus inicios, el kanban eran tarjetas que viajaban de la estación final hasta el

almacenamiento de materia prima y nos indicaban el número de parte, cantidad solicitada, área de almacenamiento, hora y lugar de entrega. Hoy en día, nos podemos encontrar diferentes tipos de kanban desde los más tradicionales con uso de tarjetas y tableros hasta los más sofisticados con la utilización de la tecnología y equipos electrónicos.

En 2013 el estudio de Rahman, Sharif, & Esa exponen que para implementar exitosamente el kanban deben de considerarse factores como:

1. Gestión de inventario de materia prima, producto en proceso, producto terminado y material en reparación, así como su almacenamiento, costos de almacenamiento y espacios en la planta.
2. Participación de proveedores para asegurar la materia prima en la planta y mantener la cantidad optima de inventarios.
3. Control y mejora de la calidad para no afectar el flujo, para ello todas las partes deben de cumplir los requerimientos de calidad y sean aceptadas por la siguiente operación.
4. Compromiso de los empleados y la alta dirección para participar en el éxito del nuevo sistema y el éxito de la organización para él futuro.

Por otro lado, Monden (2012) escribió que el sistema kanban debe estar apoyado de lo siguiente:

- Producción suavizada
- Estandarización del trabajo
- Reducción del tiempo de set up
- Mejora continua
- Diseño de *layout* de maquinaria
- Automatización inteligente

Actualmente, la participación del cliente se debe incluir como un factor que participa en el logro del éxito de los sistemas que se requieren implementar debido a que las

plantas JIT requieren de la comunicación dinámica, efectiva y real, más aún con el soporte y desarrollo de la tecnología se puede obtener el intercambio electrónico de información cliente-proveedores que con el paso de los años se ha elevado la difusión en la industria automotriz.

2.3.3. Kanban electrónico

Un kanban electrónico es un sistema de información (SI) basado en computadora que acepta datos de entrada, los procesa y genera información útil para los usuarios (Gido et al., 2012). El término kanban electrónico se refiere al método que utiliza Toyota para pedir piezas a sus proveedores, mediante el cual Toyota no pasa ninguna tarjeta kanban a los responsables del manejo de material, la manera en que se realiza es a través del envío de la información utilizando la tecnología con la transmisión de datos vía electrónica (Monden, 2012). En el sistema Kanban, la producción se desencadena por una demanda (Khojasteh, 2016).

El kanban electrónico es la evolución del kanban tradicional mediante los recursos de sistemas de información utilizando las nuevas tecnologías para realizar sistemas con mejores funcionamientos para aumentar la eficiencia en los procesos de logística en las compañías. Varias herramientas del sistema kanban electrónico están basadas en controles visuales que ayudaran al operador a desarrollar los procesos de logística con un soporte tecnológico que le indique paso a paso los materiales a surtir.

2.3.4. Manejo de material

El manejo del material engloba bastantes conceptos, debemos iniciar por un diseño de almacén coordinado logísticamente acorde al *layout* de la descarga de material y a la línea de producción y cuidar que las distancias entre ellos sean lo menor posible. Dentro del almacén se debe respetar lo que es el FIFO (*First in first out*, por sus siglas en inglés) este concepto nos habla que el primer material que ingresa al almacén es el primer material por entregar a producción, cumplir con el FIFO nos ayudara a mantener la calidad del material.

Para determinar el tiempo ciclo del manejo de material considera según Townsend (2012) lo siguiente:

1. Simular el tiempo de llegada del remolcador/surtidor a la línea, la entrega de material a las estaciones de trabajo, la recogida de los contenedores vacíos y el regreso del remolcador/surtidor al almacén. Este tiempo es necesario para determinar el tiempo de ciclo del conductor del remolcador.
2. Simular el tiempo ciclo los recolectores de almacén. Su tiempo de actividad se basa en reunir un kit vacío, elegir las piezas para el kit, cerrar sesión en la lista de selección y colocar kits completos en el área de recogida del remolcador. Todo esto debe tener lugar antes de que regrese el controlador de remolcador.

Recuerde configurar el contenido del trabajo no más del 95% y no menos del 85% del tiempo ciclo. Agregar más o menos tiempo es agregar desperdicio.

2.4. Sistemas de inventarios

2.4.1. Niveles de inventarios

La cantidad de material debe ser limitada por una cantidad mínima y máxima para obtener un control que nos ayudara a lograr un balance en toda la cadena de suministro. En su libro Wild (2002) menciona la relación entre un mínimo y un máximo de material:

La cantidad mínima de material ocurre después de un embarque. El material debe ser pedido en avanzada al embarque, sin embargo, un inventario mínimo es vital para alertar un bajo *stock* y asegurar un reorden de material.

La cantidad máxima de material puede ser controlada utilizando tres parámetros revisión de la capacidad de almacenamiento, *stock* de seguridad y cantidad de embarque.

2.4.2. Sistema de control visual

El sentido de la vista es el principal utilizado por el ser humano, está conectado con la percepción, que busca activamente patrones y estructuras que el banco mental pueda reconocer como significativos (Berlin et al., 2017). La industria implementa controles visuales para comunicar a su personal información importante, lo más básico viene de una ayuda visual impresa hasta digitales.

También localizamos controles visuales para monitorear el estado de la línea de producción y su flujo, así como la relación con varios tipos de dispositivos de control de calidad que llegan a utilizar luces o algún otro tipo de señal para indicar una anomalía en la ejecución de producción (Monden, 2012). Gracias a los sistemas visuales se pueden alertar todos aquellos errores y también prevenirlos, así se detectan en el momento indicado y no enviamos al siguiente proceso no conformidades del producto.

Las pantallas digitales nos muestran el ritmo de producción por determinado tiempo, y nos indican el objetivo y la cantidad de unidades producidas en un momento real, también si tenemos un sistema de andón se puede realizar una conexión con las pantallas digitales e indicarnos algún problema o retraso indicado por estaciones de trabajo (Monden, 2012).

2.4.3. *Picklist*

El picklist es una lista de materiales derivada de un BOM de lo que se necesita seleccionar de un almacén para ser surtido a la línea de producción.

El material por seleccionar debe tener una sección de cierre de sesión del *picklist* para garantizar que todas las partes se seleccionen y no tener material faltante en producción o material equivocado. Un sistema avanzado utiliza un sistema de código de barras y escanean el código generado por el *picklist* consecutivamente, también se puede agregar el escaneo del material al seleccionarlo del almacén y al momento de

entregarlo en la línea de producción. En producción un escaneo verifica virtualmente sus materiales en una ubicación de productos terminados para que todo el inventario sea preciso en todo momento en su sistema. Además, algunas instalaciones han instalado sistemas de selección de luces para ayudar en el proceso de selección y garantizar la precisión en la selección de piezas (Townsend, 2012).

2.4.4. Poka yoke

Uno de los pilares del TPS es la automatización (jidoka) que tiene el propósito de detectar los defectos en los procesos. Los métodos de *poka yoke* están diseñados para eliminar la ocurrencia de errores en el trabajo y su transmisión en un proceso, también es importante su desarrollo para generar menos desperdicio, mayor eficiencia y seguridad (Goldsby et al., 2005).

Existen diferentes tipos de *poka yokes* los siguientes son descritos por Berlin & Adams (2017) y están enfocados en los procesos para selección de material:

1. Por códigos de barra

Este método utiliza códigos de barra y scanner ópticos para leer los códigos. Existen diferentes usos para este *poka yoke*:

- **Recolección:** Una terminal provee al operador en tiempo real información de los datos acerca de la localización de los artículos, cual es necesario y en qué cantidad, utilizando imágenes o texto. El operador utiliza el scanner para escanear el código de barras en la locación del artículo y la terminal provee la información de la cantidad deseada. Dependiendo de la programación se puede escanear el artículo (si cuenta con código de barra) y escanea los artículos que sean necesarios.
- **Surtido:** Una terminal provee al operador en tiempo real información de los datos acerca de donde tiene que surtir los artículos y en qué cantidad, utilizando imágenes o texto. El operador utiliza el scanner para escanear el

código de barras del artículo y el código de barra de la locación del artículo y la terminal provee la información de la cantidad deseada y si se surtió correctamente.

2. Por luces

Este método utiliza luces posicionadas en tableros o en las estaciones de trabajo que indican al operador cual parte debe tomar para ensamblar (*pick by light*), cual es el siguiente paso para seguir o que herramienta debe utilizar. Cuando el proceso se cumple la luz se apaga automáticamente gracias a sensores o también de manera manual por parte del operador e inicia el siguiente proceso, gracias a este método se ha eliminado la necesidad que los operadores tengan que leer los números de parte o procedimientos cada vez que inician un ciclo, por lo cual se reduce el tiempo de ciclo y los posibles errores.

3. Por voz

Este sistema es similar al de luces, pero se utiliza el sentido del oído para escuchar y comprender la operación a efectuar, para confirmar la operación el operador utiliza su voz para confirmar o también se utilizan sensores posicionados en los contenedores de las partes a seleccionar. Este sistema es útil para entrenamiento de personal de nuevo ingreso debido a la interacción que existe entre escuchar las operaciones y efectuarlas.

Para utilizar *poka yokes* lo principal es definir el proceso y analizar cuál es el adecuado para detectar lo que se requiera, también es importante medir la ocurrencia de errores en el trabajo para efectuar una mejora en los *poka yokes* diseñados, así como medir en tiempos determinados para obtener los datos de mejora en los indicadores claves de las compañías.

2.5. Ergonomía cognitiva

En la mayoría de los casos para el diseño de procesos y dispositivos, el objetivo principal es la solución de problemas, sin embargo, en este proceso se debe considerar la percepción y la interacción que tendrá el humano al momento de la implementación con la finalidad de minimizar los posibles errores humanos. Una de las ramas de la ergonomía que nos ayuda a estudiar los errores humanos que se presentan en las actividades, es la ergonomía cognitiva.

La Asociación Internacional de Ergonomía (IEA, por sus siglas en inglés) define la ergonomía como la disciplina científica que se ocupa de comprender la interacción entre los seres humanos y los elementos de un sistema, y la profesión que aplica la teoría, principios, datos y métodos para diseñar con el fin de optimizar el bienestar humano y la ejecución general de un sistema.

Según esta asociación se define como ergonomía cognitiva a la referente con los procesos mentales, como la percepción, memoria, razonamiento y la respuesta motora, los cuales influyen en las interacciones humanas y los otros elementos del sistema. También se ocupa de la carga mental del trabajo, la toma de decisiones, el aprendizaje de habilidades, la interacción persona-computadora, estrés laboral y capacitación, debido a que pueden estar relacionados con el diseño del sistema humano (IEA,2018).

La importancia de la integración de la ergonomía cognitiva, para la mejora continua en las compañías, es el valor de reducir el desperdicio en los esfuerzos humanos, es decir, que solo sea necesario un esfuerzo mínimo de los humanos para la producción. Cuando realizamos las actividades de los procesos como humanos adquirimos el conocimiento, lo almacenamos y recuperamos cuando es necesario para ejecutarlas, debido a las limitaciones que tenemos, se considera importante diseñar sistemas que nos ayuden en estas tareas (Cañas et al., 2001).

La ingeniería juega un rol específico para el desarrollo del diseño de procesos que incluye *layout* de máquinas y materiales en la estación de trabajo, controles visuales, dispositivos a prueba y error, hojas de proceso, *fixtures*, entre otros. Encontramos diferentes aspectos tanto físicos como cognitivos que tienen como finalidad crear un sistema que se pueda desarrollar sin ninguna afectación para el ser humano y para el producto.

Para lograr que este proceso se cumpla sin ninguna afectación es necesario un diseño óptimo el cual es definido como aquel que toma en consideración que la persona que debe trabajar con la máquina tiene una serie de características cognitivas que imponen limitaciones en su capacidad de procesar información y tomar decisiones, de manera que para una lograr una buena interacción entre la persona y el artefacto se debe de diseñar con cuidado, considerando cuales son las tareas que la persona quiere realizar (Cañas et al., 2001).

La mayoría de los accidentes industriales son causados por errores humanos: las estimaciones oscilan entre el 75% y el 95% (Norman, 2013).

Debemos considerar que la capacidad mental cambia con la edad (mejorar o debilitarse, dependiendo del entrenamiento o factores genéticos), y la habilidad cognitiva es una combinación de habilidades, experiencias, reconocimiento de patrones, atención, memoria, capacidad de enfoque, expectativas, asociaciones, generalización y la capacidad de clasificar la información en categorías (Berlin et al., 2017). Podemos integrar estas combinaciones para que el personal pueda mejorar en cada uno de los procesos lo cual es necesario analizar la relación que existirá entre el ser humano y las máquinas.

Uno de los beneficios que ha traído la tecnología en el diseño es que ha logrado minimizar la complejidad de las operaciones tradicionales con la intervención de artefactos automáticos, Wickens (1992) distingue tres propósitos que la industria puede tener para introducirlos: pueden ejecutar actividades que el operador no puede debido a sus limitaciones o que puede ejecutar pero deficientemente, por otra parte

son un soporte que mediante señales se realiza efectivamente la actividad en áreas en las cuales se muestran limitaciones humanas (Citado en Cañas, 2004, pp.79-80).

En definitiva, con un diseño óptimo adaptado a las características físicas y psicologías del ser humano creará una coordinación entre los operadores y el sistema de producción que deseemos implementar.

2.5.1. Procesos cognitivos

Según Berlin & Adams (2017), describen 4 procesos cognitivos humanos:

- 1. Atención:** es el procesamiento cognitivo reflejado en un estímulo (tarea o evento). Cuando la atención se divide entre dos o más fuentes de información la capacidad para procesar correctamente los estímulos e interpretar la información disminuye. Entre más concentrados estemos mayor será la capacidad de realizar bien las tareas, evitar accidentes o problemas de calidad.
- 2. Memoria:** es la capacidad de retención de información que permite el aprendizaje. Se divide en memoria a largo plazo y a corto plazo/memoria de trabajo. La capacidad de recordar y almacenar información tanto de la memoria a corto como a largo plazo se ve deteriorada por el estrés, la fatiga, el hambre, los sonidos perturbadores, etc.
- 3. Percepción:** capacidad para captar información del entorno, asociarla con el significado y organizarla mentalmente se denomina percepción. Crea los modelos mentales, o las expectativas de cómo aparecen las cosas basados en el reconocimiento, el conocimiento y las experiencias anteriores.
- 4. Modelos mentales:** son las expectativas que las personas tienen de acuerdo con los conocimientos y experiencias anteriores. Por eso es importante transmitir el modelo mental correcto de una herramienta, producto o sistema.

2.5.2. Carga mental

La carga mental es esencial para mantener la información a lo largo del tiempo lo cual nos afecta al momento de tomar acciones en un futuro. Dado que varias tareas cotidianas incluyen tener activamente en mente la información, manipularla y combinarla en la memoria, la carga mental es un elemento esencial para completar las tareas. La memoria se comprende como un sistema de procesamiento de información que se compone de un procesador sensorial, memoria a corto plazo (o de trabajo) y memoria de larga duración. Como sistema cerebral, la memoria pone a disposición el almacenamiento temporal y la información requerida para realizar las tareas cognitivas complejas (Sheikhrezaei et al.,2020).

2.5.3. Error humano

Un error humano es una acción o decisión que no fue intencionada, que involucró una desviación de un estándar aceptado y que condujo a un resultado indeseable (HES, 2009).

El error humano puede ocurrir por muchas razones la mayoría de las veces es debido a la naturaleza de las tareas y los procedimientos que requieren que las personas se comporten de manera antinatural: mantenerse alertas durante horas a la vez, proporcionar especificaciones de control precisas, todo al mismo tiempo, realizar múltiples tareas, hacer varias cosas a la vez y estar sujetas a múltiples actividades interferentes (Norman, 2013).

En su documento *Health and Safety Executive (2009)* dividen en tres categorías a los errores: resbalones, fallas y errores.

- 1. Los resbalones y fallas:** ocurren en tareas muy familiares que podemos llevar a cabo sin mucha necesidad de atención consciente. Estas tareas se denominan "basadas en habilidades" y son muy vulnerables a los errores si nuestra atención se desvía, incluso momentáneamente. Conducir un automóvil es una tarea típica

basada en habilidades para muchos de nosotros. Los resbalones y las fallas son los errores que cometen incluso las personas más experimentadas, bien capacitadas y altamente motivadas. Necesitamos ser conscientes de este tipo de errores e intentar diseñar equipos y tareas para evitar o reducir su ocurrencia. También podemos intentar aumentar las oportunidades para detectar y corregir tales errores. Puede ser útil hacer que todos sepan que existen resbalones y fallas y considerarlos durante la investigación de un accidente.

- 2. Los errores:** son un tipo más complejo de error humano en el que hacemos lo incorrecto creyendo que es correcto. La falla involucra nuestros procesos mentales que controlan cómo planificamos, evaluamos la información, hacemos intenciones y juzgamos las consecuencias. Existen dos tipos de errores, basados en reglas y basados en el conocimiento.

El error humano es una de las principales acciones que se quieren y deben evitar para minimizar o eliminar consecuencias críticas para los sistemas, en las guías para prevenir los errores humanos del *Center for Chemical Process Safety* se menciona que la gestión de errores comprende dos estrategias para reducirlos: se aplican métodos proactivos para evitar que ocurran errores y se utilizan estrategias reactivas para aprender las lecciones de los incidentes ocurridos y aplicar estas lecciones al desarrollo de medidas preventivas.

Lo indicado sería trabajar de manera proactiva para reducir el error en el sistema desarrollando los 4 puntos mencionados en la figura 2.3. Cuando un error causa una pérdida financiera o, lo que es peor, conduce a una lesión o muerte, se convoca un comité especial para investigar la causa y, en la mayoría de los casos, se encuentran personas culpables (Norman, 2013).

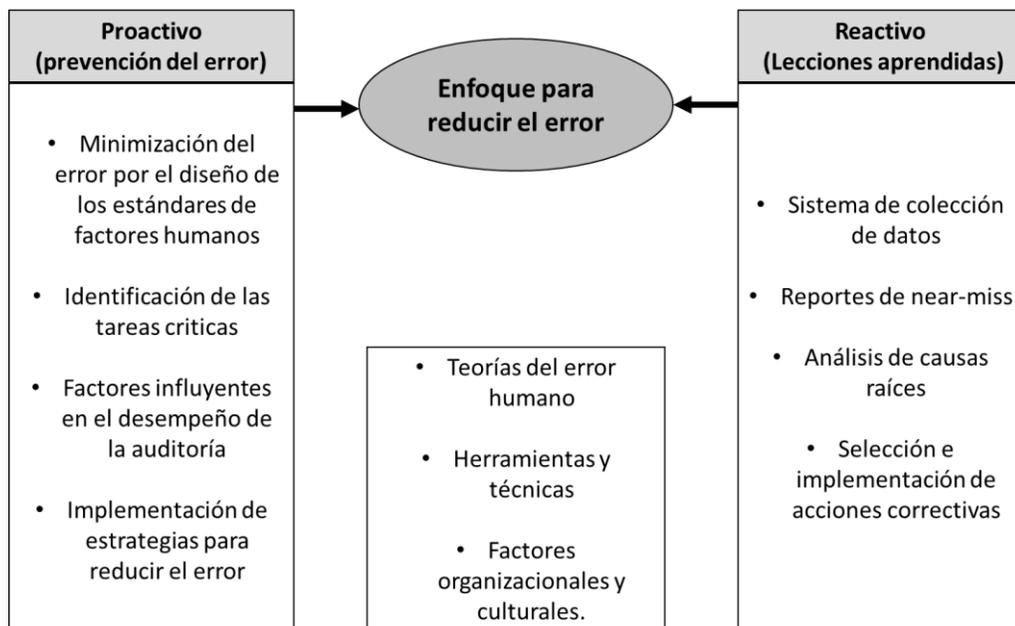


Figura 2. 3 Estructura de la administración del error (CCPS,2016)

En el estudio de Báez, et al. (2013) se demuestran 9 factores que pueden influir en el cometido de errores por parte de los trabajadores de las líneas de ensamble manual que son inteligencia, formación, personalidad, motivación, edad, memoria, experiencia, carga de trabajo y género. Con los factores mencionados se pueden crear un plan de acción para que se desarrolle una capacitación y programas para los trabajadores que nos ayuden a mejorar los indicadores del error humano.

Una causa importante de error es el estrés del tiempo. El tiempo es a menudo crítico, especialmente en lugares como la fabricación o el procesamiento químico, plantas y hospitales. Pero incluso las tareas cotidianas pueden tener presiones de tiempo. Agregue factores ambientales, psicosociales, económicos. En muchas industrias, si los operadores realmente obedecieran todos los procedimientos, el trabajo nunca se realizaría (Norman, 2013).

2.5.4. Diseño para soporte cognitivo

Existen diseños que brindan un soporte a los procesos cognitivos humanos: atención, memoria, percepción y modelos mentales. El siguiente listado es presentado por Berlin & Adams (2017) como los principios en el diseño:

- 1. Soporte para atención:** se basa en tres opciones que es minimizar el tiempo y el esfuerzo para encontrar información, el objetivo es encontrar la información de uso frecuente fácilmente y la relacionada temáticamente debe agruparse. La segunda habla sobre la vinculación que debe tener la información similar, utilizando indicadores tales como líneas, flechas, colores, patrones, etc. En el caso de las señales auditivas, utilice diferencias fácilmente reconocibles en tono, volumen, frecuencia de repetición, ritmo y melodía para distinguir información similar y no similar. Por último, involucrar múltiples sentidos cuando se necesita prestar atención a grandes cantidades de información simultánea. Se puede alternar entre visión, sonido y tacto para entregar diferentes tipos de señales.
- 2. Soporte para percepción:** Este soporte nos ayuda a realizar *displays* visibles, es decir, con la "posibilidad de leer". Debemos basarnos en texto con alto contraste, iluminación adecuada, texto suficientemente grande, una fuente clara y el ángulo de visión correcto. Desde una perspectiva auditiva, utilizar sonidos claramente distinguibles (por ejemplo, use un tono claramente diferente a los sonidos ambientales circundantes que normalmente ocurren en el entorno); en cuanto a la intensidad, recuerde que el propósito es transmitir información, no sacudir, asustar o distraer el oyente. Para ambos aspectos, tenga cuidado al diseñar para los trabajadores de edad avanzada con disminución de la visión y la audición.

Es posible reforzar la interpretación precisa de un mensaje si se presenta de más de una manera, utilizando varias modalidades o sentidos (por ejemplo, se pueden usar señales visuales y auditivas para alarmas) o más de un sentido (por ejemplo, imagen + texto, forma + color o señal de sonido + voz). Cuando los

estímulos (como objetos, símbolos o sonidos) parecen ser similares, el cerebro les asocia el mismo significado, lo que puede generar confusión o interpretaciones erróneas si tienen funciones o significados diferentes.

- 3. Soporte para memoria:** Minimice la cantidad de datos de memoria a corto plazo, en la medida de lo posible, libere la carga de la memoria a corto plazo. Use la idea del "número mágico" 7 ± 2 como máximo para estímulos sensoriales simultáneos. Diseñe el sistema o la interfaz para indicar estados futuros (por ejemplo, mostrando una barra de progreso en el *software*). Esto elimina la carga mental del operador de calcular o adivinar lo que sucederá a continuación en función de los datos disponibles, y hace que la tarea sea más simple y perceptiva. Dejar que el sistema haga el pronóstico libera la capacidad mental del operador y apoya la acción proactiva; en el caso opuesto, un operador mentalmente sobrecargado solo puede responder de manera reactiva. Si los operadores (generalmente experimentados con muchos comportamientos de rutina aprendidos) están acostumbrados a una configuración particular o diseño de interfaz, cambiar el diseño drásticamente desde el diseño familiar (como cambiar la codificación de colores) puede ser una fuente de errores. Los nuevos diseños deben corresponder a las reglas e interpretaciones aprendidas entre los operadores.

Las interrupciones son un motivo común de error, no se ven favorecidas por diseños y procedimientos que suponen una atención completa y dedicada, pero que no facilitan reanudar las operaciones después de una interrupción (Norman, 2013).

2.6. Métodos de análisis de tareas

El análisis de tareas es un paso que se establece después del proceso de recopilación de datos. Se utilizan datos específicos para realizar un análisis de la tarea, lo que permite que la tarea se describa en términos de los pasos de la tarea individual requerida, la tecnología utilizada para completar la tarea (controles, pantallas, etc.) y

la secuencia de los pasos de la tarea involucrados. La descripción de la tarea ofrecida por los métodos de análisis de tareas generalmente se usa como entrada para métodos de análisis adicionales, como las técnicas de identificación de errores humanos (HEI, por sus siglas en inglés) y las técnicas de gráficos de procesos (Stanton, et al., 2005).

2.6.1. Análisis jerárquico de la tarea

El análisis jerárquico de la tarea (*hierarchical task analysis*), HTA (por sus siglas en inglés), fue desarrollado por Annet y Duncan en 1967, el HTA se realiza una descripción de tareas en términos de operaciones y planes (Granollers, et al., 2005):

1. Las operaciones (descomposición en sub tareas), actividades que realizan las personas para alcanzar un objetivo.
2. Los planes, una descripción de las condiciones que se tienen que dar cuando se hace cada una de las actividades.

De igual manera, es un enfoque de ergonomía central el cual se basa en una teoría del desempeño y tiene solo tres principios rectores (Stanton, N., 2005). Los tres principios expresados por Annett et al, (1971) que rigen el análisis son los siguientes:

"1. En el nivel más alto, elegimos considerar una tarea consistente en una operación y la operación se define en términos de su objetivo. El objetivo implica el objetivo del sistema en términos reales de unidades de producción, calidad u otros criterios.

2. La operación se puede dividir en sub operaciones, cada una definida por una sub meta nuevamente medida en términos reales por su contribución a la producción u objetivo general del sistema y, por lo tanto, medible en términos de estándares y criterios de desempeño.

3. La importante relación entre operaciones y sub operaciones es realmente de inclusión; es una relación jerárquica. Aunque las tareas a menudo se procesan, es

decir, los objetivos secundarios deben alcanzarse en una secuencia, esto no es siempre el caso" (Citado en Stanton, N., 2005, pp.7)

El análisis jerárquico de la tarea fue originalmente desarrollado como respuesta a la necesidad de una mayor comprensión de las tareas cognitivas (Kloeckner, et al., 2013). Como menciona Stanton, et al. (2005) las ventajas y desventajas del HTA son:

1. La salida de HTA alimenta numerosas técnicas del estudio del error humano.
2. Se ha utilizado ampliamente en una variedad de dominios.
3. Proporciona una descripción precisa de la actividad de la tarea.

1. Proporciona información principalmente descriptiva.
2. No puede atender los componentes cognitivos del desempeño de la tarea.
3. Puede llevar mucho tiempo llevar a cabo tareas grandes y complejas.

En conclusión, es una descripción exhaustiva de la actividad de la tarea. Una de las principales razones de la popularidad duradera del método es su flexibilidad y las posibilidades de análisis adicionales que ofrece al estudio del error humano (Stanton, et al., 2005)

En el artículo de Kloeckner, et al. (2013) realizan un HTA en una industria de pintura artística el cual se muestra en el figura 2.4.

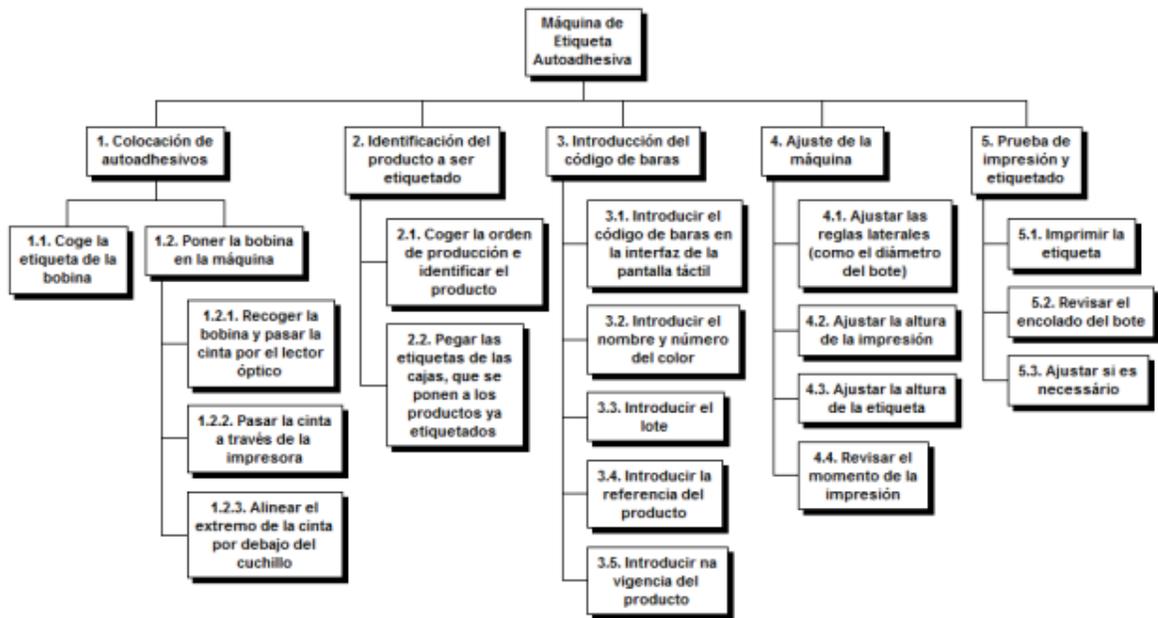


Figura 2. 4 Análisis Jerárquico de la Tarea (HTA) de un proceso de etiquetado (Kloeckner, et al., 2013)

EL HTA realizado fue basado en los 6 pasos que definieron en el libro de Stanton, et al. (2005):

1. Definir la tarea a analizar
2. Reunir datos específicos relacionados con la tarea
3. Determinar el objetivo general de la tarea
4. Detallar el objetivo general en sub metas
5. Descomponer las sub metas
6. Realizar un plan de análisis

En el plan de análisis se puede utilizar como base para predecir errores, utilizando el enfoque sistemático de reducción y predicción de errores humanos (SHERPA, por sus siglas en inglés) la idea es que cada tarea se pueda clasificar en una taxonomía de error para identificar errores creíbles asociados con una secuencia de actividad humana (Stanton, N., 2005).

Con el HTA se puede describir cada una de las sub metas a realizar para lograr un objetivo, pero es importante detallar esos posibles errores que se puedan presentar al

realizar las sub metas y logren impedir el cumplimiento del objetivo. La mayor ventaja seria realizar el HTA antes de implementar un proceso para detectar los posibles errores y tener un plan de accion si se llegan a presentar alguno o de ser posible eliminarlos.

METODOLOGÍA Y MATERIALES

3.1. Modelo de la investigación

Se adoptó un caso de estudio como menciona en su libro *Metodología de la investigación*, Hernández, et al. (2014) “es considerado como una clase de diseño donde poseen sus propios procedimientos, que al utilizar los procesos de investigación cuantitativa, cualitativa o mixta analizan profundamente una unidad holística para responder al planteamiento del problema, probar hipótesis y desarrollar alguna teoría”. Se debe agregar que se presentan datos cualitativos para analizar el proceso cognitivo y datos cuantitativos para analizar el proceso de suministro de materia prima.

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se planificará las fases para evaluar el proceso de suministro de materia prima manual. Adicional, se deberá desarrollar bases de datos para la recolección para analizar las cargas de trabajo y los posibles errores humanos para después proponer un sistema de kanban electrónico. Para ello se formará un equipo de trabajo en la empresa para proponer el diseño del sistema utilizando información electrónica.

Se programarán reuniones de trabajo con los involucrados para afinar los detalles debido ya que es un sistema que se podrá implementar por primera vez a nivel global en la planta JIT Hermosillo en un futuro, pero se cuenta con la experiencia, metodología y soportes necesarios para cumplir con los objetivos de esta investigación.

3.2. Metodología

El modelo expuesto revisado anteriormente considera la aplicación del análisis del sistema actual, instrumentos de recolección de datos, estudio de las cargas de trabajo,

cálculo del punto de reorden, mínimos y máximos, estudio del error humano y para finalizar la propuesta del sistema kanban electrónico.

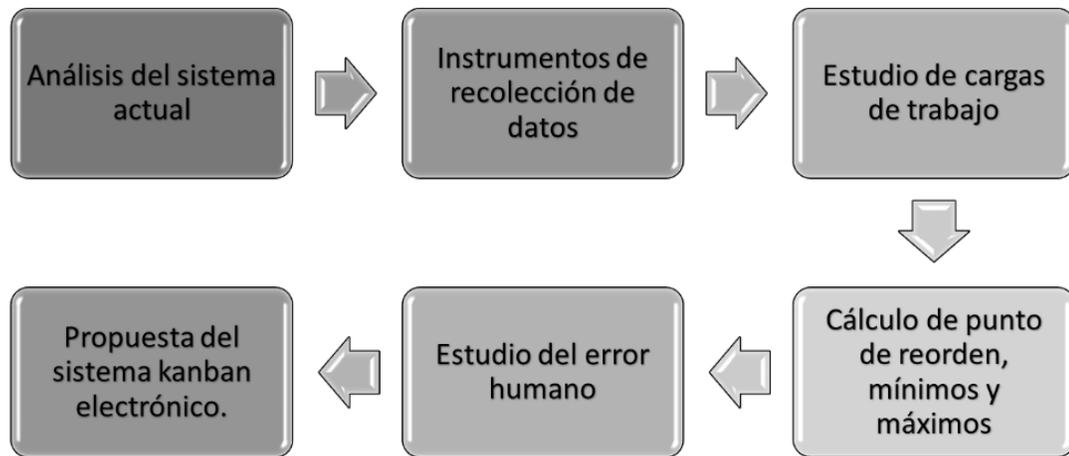


Figura 3. 1 Fases de la metodología propuesta (Elaboración propia,2019)

A continuación, se presenta por cada fase (Figura 3.1) las actividades a realizar con el fin de obtener resultados:

Fase 1. Análisis del sistema actual

Se realizará un mapa del proceso desde el envío de la información de producción del cliente, la interacción entre el consumo de material en las líneas de producción, *layout* y diseño de las localidades de suministro en las líneas de producción.

Adicional, se analizará los procesos de surtido a la línea y los posibles errores que se puedan presentar. Por último, las localidades de los números de parte en el almacén, así como las distancias para el suministro en cada localidad de uso en la línea de producción.

Fase 2. Instrumentos de recolección de datos

Se realizará una clasificación de la información dependiendo de las diferentes rutas de suministro de material. La base de datos para cargas de trabajo se considerarán

números de parte, punto de uso, localización en los racks de almacén, *standard pack* y promedio de juegos por hora.

En el almacén cada número de parte tiene su ubicación, cada rack está conformado por varias bahías y a su vez cada bahía está conformada por secciones. La sección es el nivel vertical en el rack (inicia en 1 que es el nivel inferior) y bahía es la cantidad de divisiones que contiene el rack a nivel horizontal como se explica en la siguiente figura 3.2.



Figura 3. 2 Diseño de rack en almacén (Elaboración propia,2019)

La base de datos para el cálculo de punto de reorden, mínimos y máximos se integrará por números de parte, promedio de juegos por hora y *standard pack*.

La base de datos para la obtención de los errores humanos comprenderá números de parte, punto de uso, punto de reorden, mínimo máximo, hora, fecha, operador, cajas a suministrar, dato acertado o dato erróneo.

Fase 3. Estudio de cargas de trabajo

Con los datos obtenidos en la fase anterior, se procede a calcular el porcentaje de contribución a la carga de trabajo según la clasificación de rutas con el objetivo de diferenciar la carga de trabajo del antes y después de la implementación del sistema kanban electrónico.

Además, para poder identificar las áreas de oportunidad para robustecer el suministro de materia prima realizando una nueva distribución de las rutas para garantizar un control para cualquier cambio. La tabla 3.1 que se utilizará para realizar este estudio será con la siguiente información:

Información	Descripción
Número de parte	Número de parte del material analizado
Descripción	Descripción del material analizado
Rack	Nombre del rack donde se encuentra el número de parte
Sección	Sección del rack donde se encuentra el número de parte
Bahía	Bahía del rack donde se encuentra el número de parte
Standard pack	Cantidad de piezas que tiene una caja de material
Juegos por hora (JPH)	Demanda del cliente por hora
Container / sets per hour	Cantidad de standard pack por hora que se tienen que suministrar a la línea.
Turns / sets per shift	Cantidad de vueltas o surtidos por turno
Packing time - preparing (s)	Tiempo destinado a preparar material a surtir. Esta actividad termina al momento de empezar a recorrer alguna distancia para entregar material.

Packing time - preparing per shift (s)	Tiempo destinado a preparar material a surtir por turno
Packing time - delivering (s)	Tiempo destinado a entregar el material en el punto de uso. Esta actividad termina al momento de empezar a recorrer cierta distancia para entregar otro material o, en caso de secuenciado, volver al área de trabajo
Packing time - delivering per shift (min)	Tiempo destinado a entregar el material en el punto de uso por turno.
Total packing + delivering time	Suma del packing time-preparing y el packing time-delivering
Distance (metros)	Distancia recorrida
Total distance (metros)	Total distancia recorrida
Time each travel (s)	Tiempo destinado a recorrer distancia
Total time per shift (s)	Tiempo destinado a recorrer distancia por turno
Total time per shift for additional activities (s)	Tiempo destinado para actividades adicionales
Grand total per shift (s)	Suma del total packing + delivering time + total time per shift+ total time per shift for additional activities
Time contribution (%)	Tiempo total destinado a actividad analizada

Tabla 3.1 Descripción de información para estudio de cargas de trabajo (Lear,2019)

Fase 4. Cálculo de punto de reorden, mínimos y máximos

Con los requerimientos diarios que envía el cliente se estandarizara un punto de reorden, así como el mínimo que es equivalente 2 hora de consumo y máximo equivalente a 3 horas de consumo permitido por número de parte con el objetivo de tener controlado el material y que no exista un desabasto o un exceso del mismo en el punto de uso. Estos estándares serán establecidos para respetarse en cualquier sistema de suministro de material para evitar cualquier error en el sistema.

Fase 5. Estudio del error humano

Con los datos obtenidos en las fases anteriores se realizará una investigación con los operadores de materiales analizando en cada surtido si lo hicieron correctamente o si fallaron para detectar los errores humanos y así obtener un porcentaje con los resultados para este estudio y fundamentar el requerimiento de un soporte para los operadores.

Fase 6. Propuesta del sistema kanban electrónico.

Una herramienta o metodología para la planeación de la administración de proyectos utilizada por los autores Gido & Clements (2012) es la llamada ciclo de vida del desarrollo de sistemas (CVDS), suele usarse como ayuda para planear, ejecutar y controlar los proyectos de desarrollo de sistemas de información. Los pasos que utilizaremos de esta metodología para el sistema kanban electrónico son los siguientes:

1. **Análisis del sistema.** El equipo de desarrollo define el alcance del sistema que se desarrollará, entrevista a los posibles usuarios, estudia el sistema existente (que puede ser manual) y define las necesidades de los usuarios.
2. **Diseño del sistema.** Se elaboran varios diseños conceptuales opcionales que describen detalladamente la entrada, el procesamiento, la salida, el *hardware*, el *software* y la base de datos. Cada diseño se evalúa y se selecciona la mejor.
3. **Desarrollo del sistema.** Se desarrolla el sistema real. Se adquieren el *hardware* y el *software*; el *software* se personaliza o desarrolla. También se desarrollan las bases de datos, las pantallas para introducir datos, los reportes del sistema, las redes de telecomunicaciones, los controles de seguridad y otras funciones.

4. **Pruebas del sistema.** Después de que se desarrollan los módulos individuales dentro del sistema comienzan las pruebas, las cuales consisten en buscar errores lógicos, errores en las bases de datos, errores de omisión, errores de seguridad y otros problemas que podrían impedir que el sistema sea exitoso. Una vez que los distintos módulos se prueban y que los problemas se corrigen, se hacen pruebas de todo el sistema. Cuando los usuarios los desarrolladores quedan convencidos de que el sistema está libre de errores, este puede implementarse.

5. **Implementación del sistema.** El sistema existente se reemplaza con el nuevo ya mejorado y se capacita a los usuarios. Hay varias metodologías para cambiar del sistema actual al nuevo con una interrupción mínima para los usuarios.

Para el desarrollo del sistema se formará un equipo de trabajo en la empresa, el diseño del sistema estará basado en la utilización de la información del PLC (*Programmable Logic Controller*, por sus siglas en inglés) el cual con la información que envía el cliente en tiempo real (vía *broadcast*) dirige la producción a cada estación por número de parte y a través del escaneo de los números de partes en las estaciones de trabajo obtenemos el consumo de cada uno con la finalidad de crear un sistema de surtido electrónico.

Se deberá diseñar, desarrollar, entregar y evaluar el programa para la generación de *picklist* de surtido a línea, un programa para la captura de toda la información como números de parte, descripción, *standard pack*, almacenaje, punto de uso, punto de reorden, mínimos y máximos. También en caso de algún ajuste de inventario se requiere una opción para estar actualizando estos datos.

3.2.1. Pre planeación

Antes de desarrollar la metodología debemos considerar algunos impedimentos que se pueden presentar a lo largo de las siguientes etapas, Medillina (2014) presenta diez

razones para que un proyecto de mejora continua que involucre a todo el personal falle:

- 1. Ausencia de una cultura real.** Los procesos existentes y prevalentes evitarán las metodologías de mejora, especialmente si existe una cultura de "no se puede tocar eso", "esta es la forma en que hemos trabajado siempre".
- 2. Política y juegos de culpa.** Se está más preocupado por "ocultar los problemas" y de quién se puede culpar por cualquier problema o defecto que en participar en un debate constructivo sobre cómo mejorar. No hay una gestión real de aceptación.
- 3. Resistencia general al cambio.** La gente simplemente se niega a cambiar porque cualquier cambio, especialmente uno grande, implica salir de su zona de confort.
- 4. Falta de impulso.** Cuando se implementa algún proyecto después no se da seguimiento, no hay suficiente comunicación, ni visibilidad, marketing interno de la iniciativa, ni métricas, ni proceso, ni capacitación, ni apoyo.
- 5. Sin sentido de pertenencia.** No todos están involucrados en la iniciativa y solo están interesados los apegados al proyecto.
- 6. Visión a corto plazo.** No es una prioridad real. La empresa da prioridad a los objetivos financieros y las fechas de entrega del proyecto, que a los objetivos y beneficios del proyecto.
- 7. Falta de identificación de problemas.** Los trabajadores han vivido tanto tiempo con los problemas que no logran identificarlos, presentando la ceguera de taller. Se piensa que se está trabajando de la mejor manera y no es necesario una mejora continua.

- 8. No ver las causas raíz.** Muchos de los problemas son repetitivos debido a que solo aplicamos atajos y soluciones alternativas, pero las causas reales del problema están ocultas y nunca se resuelven.

- 9. Falta de planificación y ejecución.** Se define un plan, se realizan algunas acciones y se identifican impedimentos, pero no se eliminan y no se redefine el sistema.

- 10. Falta de recursos.** No hay suficiente tiempo ni habilidades para acercarse a un proyecto de mejora de una manera productiva. En muchas ocasiones se les pedirá a los equipos que mejoren, pero no habrá tiempo estructurado para analizar, reflexionar y planificar mejoras, ni tiempo ni recursos para dedicar a las mejoras diseñadas.

Los líderes del proyecto deben de estar convencidos de los beneficios de los proyectos para así poder desarrollar una planeación y ejecución limpia, también la divulgación de los beneficios que obtendrán tanto el personal y la compañía los ayudara a impulsar la implementación del mismo.

Por otro lado, Gido et al., (2012) mencionan el riesgo tecnológico como un factor de riesgo crítico del proyecto en el caso del hardware y software utilizados, las complejidades asociadas a la integración, la funcionalidad y la compatibilidad repercuten en el éxito de un proyecto de desarrollo de sistemas de información, al igual que la velocidad del procesamiento y la seguridad del sistema. Los riesgos de la tecnología requieren recursos y están directamente relacionados con los riesgos humanos, de posibilidad de uso, organizacionales y estratégicos y políticos del proyecto.

La información se obtiene con 6 días de anticipación con el proceso llamada 866, es recibida y procesada con más de 80 componentes vía EDI. Después, el sistema interno de la compañía crea los diferentes modelos utilizando 6 números de parte específicos como claves, por lo que cada modelo no se repite. Esta combinación de partes únicas representa un modelo de producción para la compañía que contienen partes asociadas definidas por el equipo de materiales e ingeniería con la finalidad de realizar una auditoría diaria con las partes que envía el cliente y detectar cualquier anomalía para reportarla inmediatamente con el equipo interno o con el cliente.

Las partes asociadas se agregan usando una función para explotar y extraer partes cargadas en el BOM para cada modelo. Cada vez que se actualiza el BOM, las partes asociadas de cada modelo deben actualizarse diariamente con un proceso automatizado. Así es como se audita y actualiza el proceso de 866.

La información que se obtiene en tiempo real es el *broadcast* donde se utilizan las coordenadas específicas acordadas por el cliente-proveedor de toda la carta viajera de cada automóvil para la definición de los asientos y con la combinación de coordenadas calculamos un set de asientos o modelo.

Una vez con el modelo, se leen los números de parte de los asientos para crear un código de secuencia para producción y envío de los sets al cliente. Estas partes se agregan a la transmisión de rotación para uso posterior. También los números de parte de las partes asociadas se agregan a la rotación de transmisión. Al final, la rotación de transmisión contiene las partes de asientos Lear FG y las partes asociadas (BOM).

En general, tal como se muestra en la figura 3.4 el inicio del flujo de información del cliente es la base para que los sistemas envíen los datos para procesar la logística interna y externa e iniciar la producción de los juegos de asientos.

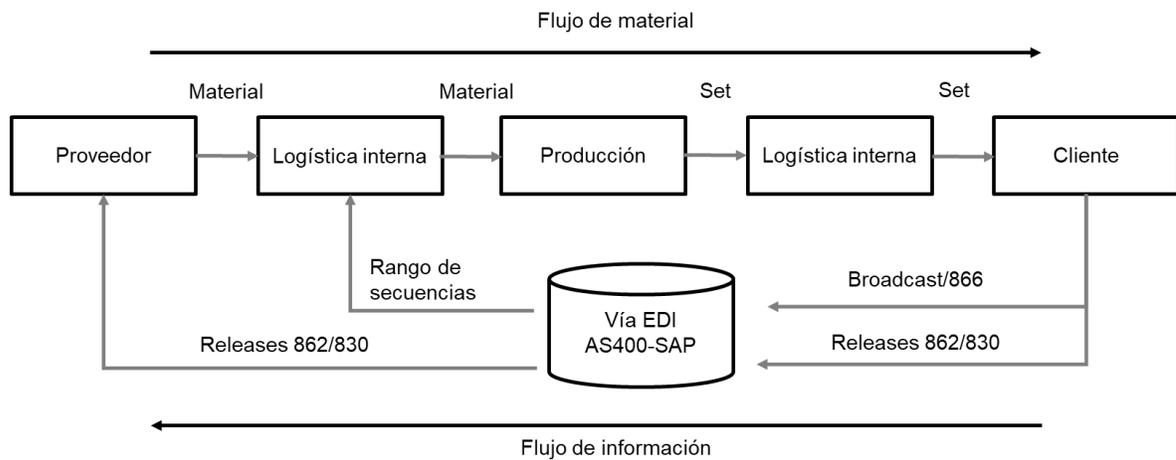


Figura 3. 4 Flujo de material e información interna (Lear,2019)

El rango de secuencias es con lo que se construye el set de asientos en ensamble final que es el área donde se ensamblan todas las partes del asiento.

El área donde se realizó el estudio es en ensamble final debido a que la mayoría del material se surte en sus líneas de producción, la cual está compuesta por línea 1 y línea 2 donde se ensamblan los asientos frontales, línea 3 donde se ensamblan los asientos traseros.

Como se puede visualizar en la figura 3.5 al inicio de estas líneas se localizan los *prekitting* del *RSB* (*Rear Seat Back*) 40% y 60%, conveyor 1, conveyor 2 y *FSC* (*Front Seat Cushion*) los cuales se eligieron para realizar el estudio.

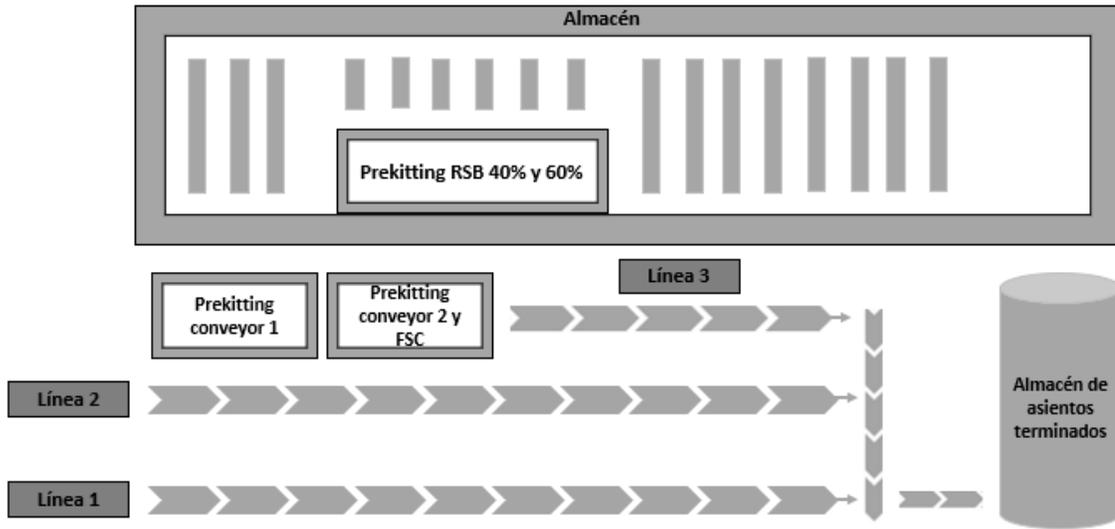


Figura 3. 5 Distribución del sistema de ensamble final (Lear,2019)

Se visualiza un área muy centralizada donde el almacén se encuentra distribuido a lo largo abarcando las líneas de producción y los *prekitting*, de igual manera los *prekitting* están al inicio de las líneas de producción lo cual complementa un flujo continuo.

4.1.2. Análisis de datos

En esta fase analizaremos las tres rutas de surtido elegidas para este estudio en la tabla 4.1 podemos visualizar un resumen de la cantidad de números de parte por ruta, así como los colores involucrados. Como se puede visualizar la ruta de “conveyor 1” es la que maneja menor cantidad de números de partes, el resto de las rutas son cifras similares.

Ruta	RSB 40% y 60%	Conveyor 1	Conveyor 2 y FSC
Total de números de parte	63	29	61

Colores	1T3, GU3, JA6, ZHE, FR6	1T3, GU3, JA6, ZHE, FR6	1T3, GU3, ZHE, 2T5
---------	----------------------------	----------------------------	-----------------------

Tabla 4.1 Información de rutas de suministro de materia prima (Elaboración propia,2019)

Después, para el análisis de las cargas de trabajo de estas rutas se considera la tabla 4.2 con la siguiente información:

RESUMEN DEL PROGRAMA DE PRODUCCIÓN	
Año	2019
Requerimiento anual	265,000
Días laborables/ Anual	235
Juegos requeridos / Día	1,128
Turnos / Día	2.0
Juegos / Turno (JPS)	564
Horas / Turno	8.5
Minutos / Turno	510
Descanso (minutos)/ Turno	15.0
Comida (minutos) / Turno	30
Tiempo muerto planeado / Turno	5.0
Tiempo disponible laborable (minutos) / Turno	460.00
Tiempo disponible laborable (horas) / Turno	7.67
Tiempo disponible laborable (segundos) / Turno	27,600
Juegos / Hora (JPH)	66
<i>Takt Time</i> (segundos)	49.0

Tabla 4.2 Información del programa de producción (Lear,2019)

La información del programa de producción nos da como resultado el cálculo del *takt time* en segundos que tenemos como máximo para realizar la operación calculada con la información de producción del cliente.

Como siguiente paso se enlistaron los números de parte por cada ruta de suministro de material y se realizaron los cálculos como base para obtener el porcentaje de contribución en el turno.

4.1.3. Análisis de cargas de trabajo

Como primera fase se analizaron las cargas de trabajo de los *prekitting* para visualizar en un futuro con los cambios si existe o no una mejora en las cargas de trabajo de las rutas, también para definir si se necesita realizar una distribución en las rutas o aumentar la eficiencia. Se realizaron las matrices con la información necesaria para ejecutar los cálculos obteniendo como resultado un porcentaje de contribución por turno.

- **Surtido del *prekitting* conveyor 1 (Tabla 4.3) con un 39.8% de tiempo de contribución.**

Part Number	Description	Rack	Sección	Bahía	Standard pack	Rate JPH	Container / sets per hour	Turns / sets per shift	Packing time - preparing (s)	Packing time - preparing per shift (s)	Packing time - delivering (s)	Packing time - delivering per shift	Total packing + delivering time	Distance (m)	Total distance (m)	Time each travel (s)	Total time per shift (s)	Total time per shift (s) for additional activities	Grand total per shift	Time Contribution
Revisión de prekitting																		624.95	718.69	2.604%
Tomar gancho /carro/ jalar material																		240.38	276.44	1.002%
HG93F61208BE31T3	conveyor 1	P	1	2	15	9.97	0.66	5.10	3.60	18.35	26.35	134.33	152.68	95.75	488.12	91.92	468.59		714.46	2.589%
HG93F61208BE3GJ3	conveyor 1	K	1	3	15	3.79	0.25	1.94	3.60	6.97	26.35	51.01	57.98	80.00	154.87	76.80	148.67		237.65	0.861%
HG93F61208BE3JA6	conveyor 1	P	1	2	15	59.98	3.60	27.59	3.60	99.33	26.35	727.05	826.38	95.75	2641.94	91.92	2536.26		3867.04	14.011%
HG93F61209AF31T3	conveyor 1	P	1	1	15	9.97	0.66	5.10	3.60	18.35	26.35	134.33	152.68	93.50	470.65	89.76	457.58		701.80	2.543%
HG93F61209AF3GJ3	conveyor 1	K	1	3	66	3.79	0.06	0.44	3.60	1.58	26.35	11.59	13.18	80.00	35.20	76.80	33.79		54.01	0.196%
HG93F61209AF3JA6	conveyor 1	P	1	1	66	53.62	0.81	6.23	3.60	22.42	26.35	164.11	186.53	93.50	582.33	89.76	559.04		857.41	3.107%
L0279339AB013GU	conveyor 1	K	2	8	66	3.79	0.06	0.44	6.33	2.78	26.35	11.59	14.38	95.75	42.13	91.92	40.44		63.04	0.228%
L0279339AB012HE	conveyor 1	N	2	5	64	5.74	0.09	0.69	6.33	4.35	26.35	18.12	22.48	98.00	67.41	94.08	64.71		100.27	0.363%
L0279340AB013GU	conveyor 1	K	2	8	64	3.79	0.06	0.45	6.33	2.87	26.35	11.96	14.83	95.75	43.44	91.92	41.71		65.01	0.236%
L0279340AB012HE	conveyor 1	N	2	5	64	5.74	0.09	0.69	6.33	4.35	26.35	18.12	22.48	98.00	67.41	94.08	64.71		100.27	0.363%
L0279341AB011T3	conveyor 1	p	1	4	64	9.97	0.16	1.19	3.60	4.30	26.35	31.48	35.78	102.50	122.47	96.40	117.57		176.36	0.639%
L0279341AB013GU	conveyor 1	K	2	8	64	3.79	0.06	0.45	6.33	2.87	26.35	11.96	14.83	95.75	43.44	91.92	41.71		65.01	0.236%
L0279341AB012HE	conveyor 1	p	1	4	64	53.98	0.84	6.47	3.60	23.28	26.35	170.40	193.68	102.50	662.86	96.40	636.34		954.53	3.458%
L0279342AB011T3	conveyor 1	p	1	3	64	9.97	0.16	1.19	3.60	4.30	26.35	31.48	35.78	98.00	117.09	94.08	112.41		170.42	0.617%
L0279342AB013GU	conveyor 1	K	2	8	64	3.79	0.06	0.45	6.33	2.87	26.35	11.96	14.83	95.75	43.44	91.92	41.71		65.01	0.236%
L0279342AB012HE	conveyor 1	p	1	3	64	53.98	0.84	6.47	3.60	23.28	26.35	170.40	193.68	98.00	633.75	94.08	608.40		922.40	3.342%
L0339083AB011T3	conveyor 1	L	1	1	480	9.97	0.02	0.16	3.60	0.57	26.35	4.20	4.77	78.00	12.43	74.88	11.93		19.21	0.070%
L0339083AB012HE	conveyor 1	N	1	2	480	48.24	0.10	0.77	3.60	2.77	26.35	20.30	23.08	89.00	68.58	85.44	65.83		102.25	0.370%
L0339083AB011T3	conveyor 1	L	1	1	480	9.97	0.02	0.16	3.60	0.57	26.35	4.20	4.77	78.00	12.43	74.88	11.93		19.21	0.070%
L0339083AB012HE	conveyor 1	N	1	2	480	48.24	0.10	0.77	3.60	2.77	26.35	20.30	23.08	89.00	68.58	85.44	65.83		102.25	0.370%
L0499131AA011T3	conveyor 1	N	2	3	480	28.69	0.06	0.46	6.33	2.90	26.35	12.07	14.97	91.25	41.81	87.60	40.14		63.38	0.230%
L0499131AA013GU	conveyor 1	K	2	8	480	7.57	0.02	0.12	6.33	0.77	26.35	3.19	3.95	95.75	11.58	91.92	11.12		17.33	0.063%
L0499131AA01FR6	conveyor 1	K	4	1	480	0.41	0.00	0.01	6.33	0.04	26.35	0.17	0.22	75.50	0.50	72.48	0.48		0.80	0.003%
L0499131AA012HE	conveyor 1	N	2	4	480	98.07	0.20	1.57	6.33	9.92	26.35	41.28	51.19	95.75	149.99	91.92	143.99		224.46	0.819%
L0499134AA013GU	conveyor 1	N	2	3	480	28.69	0.06	0.46	6.33	2.90	26.35	12.07	14.97	91.25	41.81	87.60	40.14		63.38	0.230%
L0499134AA01FR6	conveyor 1	K	2	8	480	7.57	0.02	0.12	6.33	0.77	26.35	3.19	3.95	95.75	11.58	91.92	11.12		17.33	0.063%
L0499134AA012HE	conveyor 1	N	2	4	480	98.81	0.21	1.58	6.33	9.99	26.35	41.59	51.57	95.75	151.11	91.92	145.07		226.14	0.819%
KS79F61209CB3JA6	conveyor 1	k	3	2	66	0.38	0.01	0.04	6.33	0.28	26.35	1.16	1.43	77.75	3.41	74.64	3.28		5.42	0.020%

Tabla 4.3 Información de carga de trabajo de prekitting conveyor 1 (Lear,2019)

- Surtido del prekitting RSB 40% y 60% (Tabla 4.4) con un 22.1% de tiempo de contribución.

Part Number	Description	Rack	Sección	Bahia	Standard pack	Rate JPH	Container /sets per hour	Turns / sets per shift	Packing time - preparing (s)	Packing time - preparing per shift (s)	Packing time - delivering (s)	Packing time - delivering per shift	Total packing + delivering time	Distance (m)	Total distance (m)	Time each travel (s)	Total time per shift (s)	Total time per shift (s) for Additional activities	Grand total per shift	Time Contribution
Tomar gancho /camro/ jalar																		240.38	276.44	1.002%
Revisión de prekitting																		624.95	718.69	2.604%
HG93F60045AC3JA6	60%	I	1	5	36	39.17	1.09	8.34	3.87	32.28	26.35	219.80	252.08	32.57	271.69	31.27	260.82		589.84	2.137%
HG93F611B64AC3JA6	60%	I	1	5	20	37.57	1.88	14.40	3.87	55.73	26.35	379.46	435.19	41.71	600.65	40.04	576.63		1163.59	4.216%
L0299221AA02ZHE	40%	I	2	4	350	49.04	0.14	1.07	6.33	6.80	26.35	28.30	35.11	16.24	17.44	15.59	16.75		59.63	0.216%
L0278061AB011T3	60%	I	1	6	128	14.34	0.11	0.86	3.87	3.32	26.35	22.64	25.96	39.48	33.92	37.90	32.56		67.31	0.244%
L0299221AA02ZHE	60%	I	2	4	350	98.07	0.28	2.15	6.33	13.61	26.35	56.61	70.21	36.68	78.80	35.21	75.65		167.74	0.506%
L0299220AA031T3	40%	I	2	5	350	14.34	0.04	0.31	6.33	1.99	26.35	8.28	10.27	12.13	3.81	11.64	3.66		16.02	0.058%
L0299220AA031T3	60%	I	2	5	350	28.69	0.08	0.63	6.33	3.98	26.35	16.56	20.54	41.71	26.21	40.04	25.16		52.55	0.190%
L0299221AA021T3	40%	I	2	5	350	14.34	0.04	0.31	6.33	1.99	26.35	8.28	10.27	12.13	3.81	11.64	3.66		16.02	0.058%
L0299221AA021T3	60%	I	2	5	350	28.69	0.08	0.63	6.33	3.98	26.35	16.56	20.54	32.57	20.47	31.27	19.65		46.21	0.167%
L0278061AA04ZHE	60%	I	2	6	128	49.04	0.38	2.94	6.33	18.60	26.35	77.39	96.00	39.48	115.96	37.90	111.32		238.41	0.864%
L0299220AA033GU	40%	I	2	6	350	3.79	0.01	0.08	6.33	0.53	26.35	2.19	2.71	9.90	0.82	9.50	0.79		4.02	0.015%
L0299220AA033GU	60%	I	2	6	350	7.57	0.02	0.17	6.33	1.05	26.35	4.37	5.42	30.34	5.03	29.13	4.83		11.79	0.043%
L0299221AA023GU	40%	I	2	6	350	3.79	0.01	0.08	6.33	0.53	26.35	2.19	2.71	9.90	0.82	9.50	0.79		4.02	0.015%
L0299221AA023GU	60%	I	2	6	350	7.57	0.02	0.17	6.33	1.05	26.35	4.37	5.42	30.34	5.03	29.13	4.83		11.79	0.043%
L030903AA081T3	40%	I	1	6	147	14.34	0.10	0.75	3.87	2.90	26.35	19.71	22.61	9.90	7.41	9.50	7.11		34.18	0.124%
L0309032AA081T3	60%	I	1	6	147	14.34	0.10	0.75	3.87	2.90	26.35	19.71	22.61	30.34	22.70	29.13	21.79		51.06	0.185%
L0309034AA041T3	40%	I	1	6	180	14.34	0.08	0.61	3.87	2.36	26.35	16.10	18.46	9.90	6.05	9.50	5.81		27.91	0.101%
L0309034AA041T3	60%	I	1	6	180	14.34	0.08	0.61	3.87	2.36	26.35	16.10	18.46	30.34	18.54	29.13	17.79		41.69	0.151%
L0298819AB011T3	40%	J	1	3	432	14.34	0.03	0.25	3.87	0.99	26.35	6.71	7.69	20.80	5.29	19.97	5.08		14.69	0.053%
L0298819AB011T3	60%	J	1	3	432	14.34	0.03	0.25	3.87	0.99	26.35	6.71	7.69	33.24	8.46	31.91	8.12		18.19	0.066%
L0299220AA03ZHE	40%	J	2	4	350	49.40	0.14	1.08	6.33	6.85	26.35	28.52	35.37	17.70	19.15	16.99	18.39		61.82	0.224%
L0298819AB01ZHE	40%	J	1	4	432	49.40	0.11	0.88	3.87	3.39	26.35	23.10	26.50	17.70	15.52	16.99	14.90		47.60	0.172%
L0299220AA03ZHE	60%	J	2	4	350	98.81	0.28	2.16	6.33	13.71	26.35	57.03	70.74	30.14	65.23	28.93	62.62		153.37	0.556%
L0298819AB01ZHE	60%	J	1	4	432	49.40	0.11	0.88	3.87	3.39	26.35	23.10	26.50	30.14	26.43	28.93	25.37		59.64	0.218%
L030903AA07ZHE	40%	J	2	6	147	49.04	0.33	2.56	6.33	16.20	26.35	67.39	83.59	11.70	29.92	11.23	28.73		129.16	0.468%
L030903AA03ZHE	40%	J	2	6	180	49.04	0.27	2.09	6.33	13.23	26.35	55.03	68.26	11.70	24.44	11.23	23.46		105.48	0.382%
HG93F611B64AC31T3	60%	J	1	6	10	9.97	1.00	7.65	3.87	29.59	26.35	201.49	231.08	24.14	184.59	23.17	177.21		469.54	1.701%
HG93F60045AC31T3	60%	J	1	6	36	9.97	0.28	2.12	3.87	8.22	26.35	55.97	64.19	24.14	51.28	23.17	49.22		130.43	0.473%
L0309032AA07ZHE	60%	J	2	6	147	49.04	0.33	2.56	6.33	16.20	26.35	67.39	83.59	24.14	61.74	23.17	59.27		164.29	0.595%
L0309034AA03ZHE	60%	J	1	6	180	49.04	0.27	2.09	3.87	8.08	26.35	55.03	63.12	24.14	50.42	23.17	48.40		128.25	0.465%
HG93F60045AC3GU3	60%	K	1	1	36	3.32	0.09	0.71	3.87	2.74	26.35	18.63	21.36	49.22	34.79	47.25	33.40		62.98	0.228%
HG93F611B64AC3GU3	60%	K	1	1	20	2.69	0.13	1.03	3.87	3.98	26.35	27.12	31.11	49.22	50.66	47.25	48.64		91.71	0.332%
L0316775AE033GU	60%	K	1	1	16	0.14	0.01	0.07	3.87	0.25	26.35	1.73	1.99	49.22	3.24	47.25	3.11		5.86	0.021%
L0449714AB02ZHE	60%	K	2	1	16	1.42	0.09	0.68	6.33	4.32	26.35	17.98	22.31	49.22	33.59	47.25	32.25		62.74	0.227%
L0449714AB03GU	60%	K	2	1	16	0.33	0.02	0.16	6.33	1.01	26.35	4.21	5.22	49.22	7.86	47.25	7.55		14.69	0.053%
HP53F611B64CD3GU3	60%	K	1	2	20	0.63	0.03	0.24	3.87	0.94	26.35	6.38	7.32	51.99	12.59	49.91	12.09		22.31	0.081%
HP53F611B64CD3JA6	60%	K	1	2	20	1.61	0.08	0.62	3.87	2.38	26.35	16.22	18.60	51.99	32.01	49.91	30.73		56.73	0.206%
L0316775AE03ZHE	60%	K	1	2	16	13.40	0.84	6.42	3.87	24.84	26.35	169.15	193.99	51.99	333.74	49.91	320.39		591.54	2.143%
L0298819AB013GU	40%	L	2	4	432	3.79	0.01	0.07	6.33	0.43	26.35	1.77	2.20	43.72	2.94	41.97	2.82		5.77	0.021%
L0298819AB01FR6	40%	L	1	3	432	0.21	0.00	0.00	3.87	0.01	26.35	0.10	0.11	40.91	0.15	39.27	0.14		0.29	0.001%
L0299220AA03FR6	40%	L	1	3	300	0.21	0.00	0.01	3.87	0.02	26.35	0.14	0.16	40.91	0.22	39.27	0.21		0.42	0.002%
L0299221AA02FR6	40%	L	1	3	350	0.21	0.00	0.00	3.87	0.02	26.35	0.12	0.14	40.91	0.18	39.27	0.18		0.36	0.001%
L030903AA083GU	40%	L	2	4	147	3.79	0.03	0.20	6.33	1.25	26.35	5.21	6.46	43.72	8.64	41.97	8.29		16.96	0.061%
L030903AA08FR6	40%	L	1	3	147	0.21	0.00	0.01	3.87	0.04	26.35	0.28	0.33	40.91	0.44	39.27	0.42		0.86	0.003%
L0309034AA043GU	40%	L	2	4	180	3.79	0.02	0.16	6.33	1.02	26.35	4.25	5.27	43.72	7.05	41.97	6.77		13.85	0.050%
L0309034AA04FR6	40%	L	1	3	180	0.21	0.00	0.01	3.87	0.03	26.35	0.23	0.27	40.91	0.36	39.27	0.34		0.70	0.003%
L0544569AA01ZHE	40%	L	2	4	7501	0.26	0.00	0.00	6.33	0.00	26.35	0.01	0.01	43.72	0.01	41.97	0.01		0.02	0.000%
L0558314AA01ZHE	40%	L	1	4	147	0.37	0.00	0.02	3.87	0.07	26.35	0.50	0.58	43.72	0.84	41.97	0.80		1.59	0.006%
L0552982AA01ZHE	40%	L	1	4	180	0.37	0.00	0.02	3.87	0.06	26.35	0.41	0.47	43.72	0.68	41.97	0.66		1.30	0.005%
L0278061AB013GU	60%	L	2	4	128	3.79	0.03	0.23	6.33	1.44	26.35	5.98	7.41	56.16	12.74	53.91	12.23		22.59	0.082%
L0278061AB01FR6	60%	L	1	3	128	0.21	0.00	0.01	3.87	0.05	26.35	0.33	0.37	53.35	0.66	51.22	0.63		1.16	0.004%
L0298819AB013GU	60%	L	2	4	432	3.79	0.01	0.07	6.33	0.43	26.35	1.77	2.20	56.16	3.77	53.91	3.62		6.69	0.024%
L0298819AB01FR6	60%	L	1	3	432	0.21	0.00	0.00	3.87	0.01	26.35	0.10	0.11	53.35	0.20	51.22	0.19		0.34	0.001%
L0299220AA03FR6	60%	L	1	3	300	0.41	0.00	0.01	3.87	0.04	26.35	0.28	0.32	53.35	0.56	51.22	0.54		0.99	0.004%
L0299221AA02FR6	60%	L	1	3	350	0.41	0.00	0.01	3.87	0.03	26.35	0.24	0.27	53.35	0.48	51.22	0.46		0.85	0.003%
L0309032AA083GU	60%	L	2	4																

- Surtido del *prekitting* conveyor 2 y FSC (Tabla 4.5) con un 74.5% de tiempo de contribución.

Part Number	Description	Rack	Sección	Bahia	Standar d pack	Rate JPH	Container /sets per hour	Turns / sets per shift	Packing time - preparing (s)	Packing time - preparing per shift (s)	Packing time - delivering (s)	Packing time - delivering per shift (s)	Total packing + delivering time	Distance (m)	Total distance (m)	Time each travel (s)	Total time per shift (s)	Total time per shift (s) for Additional	Grand total per shift	Time Contribution
Tomar gancho /carr/ jalar material																		240.38	276.44	1.002%
Revisión de prekitting																		624.95	718.69	2.604%
L0515959AA02ZHE	Conveyor 2	G	1	4	8	4.74	0.59	4.54	3.60	16.34	26.35	119.62	135.96	94.12	427.27	90.36	410.18		628.06	2.3%
L0427959AA031T3	Conveyor 2	G	1	5	12	9.97	0.83	6.37	3.60	22.94	26.35	167.91	190.85	98.62	628.43	94.68	603.30		913.27	3.309%
L0688227AA011T3	Conveyor 2	G	1	5	12	9.97	0.83	6.37	3.60	22.94	26.35	167.91	190.85	98.62	628.43	94.68	603.30		913.27	3.3%
L0279336AC02ZHE	Conveyor 2	G	1	6	15	5.74	0.38	2.93	3.60	10.57	26.35	77.33	87.90	101.12	296.76	97.08	284.89		428.70	1.553%
L0279338AC03ZHE	Conveyor 2	G	1	6	15	5.74	0.38	2.93	3.60	10.57	26.35	77.33	87.90	101.12	296.76	97.08	284.89		428.70	1.6%
L0423157AA03ZHE	Conveyor 2	H	1	3	12	13.03	1.09	8.32	3.60	29.97	26.35	219.36	249.33	94.12	783.54	90.36	752.20		1151.76	4.173%
L0515959AA01ZHE	Conveyor 2	H	1	4	10	4.74	0.47	3.63	3.60	13.07	26.35	95.70	108.77	98.62	356.16	94.68	343.83		520.49	1.9%
L0688227AA01ZHE	Conveyor 2	H	1	5	12	43.51	3.63	27.80	3.60	100.06	26.35	732.40	832.47	101.12	2810.65	97.08	2698.22		4060.29	14.711%
L0427959AA03ZHE	Conveyor 2	H	1	6	12	30.48	2.54	19.48	3.60	70.12	26.35	513.21	583.32	103.12	2008.42	90.00	1928.08		2888.12	10.5%
L0304529AB013GU	Conveyor 2	K	3	5	480	3.79	0.01	0.06	6.33	0.38	26.35	1.59	1.98	107.62	6.51	103.32	6.25		9.46	0.034%
L0304530AB013GU	Conveyor 2	K	3	5	480	3.79	0.01	0.06	6.33	0.38	26.35	1.59	1.98	107.62	6.51	103.32	6.25		9.46	0.0%
L0304531AB013GU	Conveyor 2	K	3	5	480	3.79	0.01	0.06	6.33	0.38	26.35	1.59	1.98	107.62	6.51	103.32	6.25		9.46	0.034%
L0304533AB013GU	Conveyor 2	K	3	5	480	3.79	0.01	0.06	6.33	0.38	26.35	1.59	1.98	107.62	6.51	103.32	6.25		9.46	0.0%
L0511582AA02ZHE	Conveyor 2	K	1	5	64	3.81	0.06	0.46	3.60	1.65	26.35	12.04	13.69	107.62	49.18	103.32	47.21		70.03	0.254%
L0511583AA02ZHE	Conveyor 2	K	1	5	64	3.81	0.06	0.46	3.60	1.65	26.35	12.04	13.69	107.62	49.18	103.32	47.21		70.03	0.3%
L0304521AB013GU	Conveyor 2	K	2	6	64	0.42	0.01	0.05	6.33	0.32	26.35	1.34	1.66	109.87	5.57	105.48	5.35		8.06	0.029%
L0304522AB013GU	Conveyor 2	K	2	6	64	0.42	0.01	0.05	6.33	0.32	26.35	1.34	1.66	109.87	5.57	105.48	5.35		8.06	0.0%
L0304523AB013GU	Conveyor 2	K	2	6	64	1.28	0.02	0.15	6.33	0.97	26.35	4.04	5.01	109.87	16.84	105.48	15.16		24.35	0.088%
L0304523AB01ZHE	Conveyor 2	K	3	6	64	1.38	0.02	0.17	6.33	1.05	26.35	4.37	5.41	109.87	18.20	105.48	17.47		26.32	0.1%
L0304524AB013GU	Conveyor 2	K	2	6	64	1.28	0.02	0.15	6.33	0.97	26.35	4.04	5.01	109.87	16.84	105.48	16.16		24.35	0.088%
L0304524AB01ZHE	Conveyor 2	K	3	6	64	1.38	0.02	0.17	6.33	1.05	26.35	4.37	5.41	109.87	18.20	105.48	17.47		26.32	0.1%
L0304529AB011T3	Conveyor 2	K	4	6	480	9.97	0.02	0.16	6.33	1.01	26.35	4.20	5.21	109.87	17.50	105.48	16.80		25.31	0.092%
L0304530AB011T3	Conveyor 2	K	4	6	480	9.97	0.02	0.16	6.33	1.01	26.35	4.20	5.21	109.87	17.50	105.48	16.80		25.31	0.1%
L0304531AB011T3	Conveyor 2	K	4	6	480	9.97	0.02	0.16	6.33	1.01	26.35	4.20	5.21	109.87	17.50	105.48	16.80		25.31	0.092%
L0304533AB011T3	Conveyor 2	K	4	6	480	9.97	0.02	0.16	6.33	1.01	26.35	4.20	5.21	109.87	17.50	105.48	16.80		25.31	0.1%
L0279343AB013GU	Conveyor 2	K	2	8	66	3.79	0.06	0.44	6.33	2.79	26.35	11.59	14.38	116.62	51.31	111.96	49.26		73.18	0.265%
L0279344AB013GU	Conveyor 2	K	2	8	66	3.79	0.06	0.44	6.33	2.79	26.35	11.59	14.38	116.62	51.31	111.96	49.26		73.18	0.3%
L0279336AC023GU	Conveyor 2	L	1	6	15	3.79	0.25	1.94	3.60	6.97	26.35	51.01	57.98	116.62	225.76	111.96	216.73		315.91	1.145%
L0279338AC033GU	Conveyor 2	L	1	6	15	3.79	0.25	1.94	3.60	6.97	26.35	51.01	57.98	116.62	225.76	111.96	216.73		315.91	1.1%
L0304521AB011T3	Conveyor 2	L	1	7	64	9.97	0.16	1.19	3.60	4.30	26.35	31.48	35.78	118.87	142.03	114.12	136.34		197.95	0.717%
L0304522AB01ZHE	Conveyor 2	L	1	7	64	13.58	0.21	1.63	3.60	5.85	26.35	42.85	48.71	118.87	193.31	114.12	185.58		269.43	1.0%
L0511582AA023GU	Conveyor 2	L	1	8	64	2.08	0.03	0.25	3.60	0.90	26.35	6.58	7.48	121.12	30.25	116.28	29.04		42.00	0.152%
L0511583AA023GU	Conveyor 2	L	1	8	64	2.08	0.03	0.25	3.60	0.90	26.35	6.58	7.48	121.12	30.25	116.28	29.04		42.00	0.2%
L0304521AB01ZHE	Conveyor 2	M	1	3	64	44.05	0.69	5.28	3.60	19.00	26.35	139.04	158.04	107.62	567.89	103.32	545.17		808.69	2.930%
L0418374AA02E	Conveyor 2	M	1	2	64	40.45	0.63	4.85	3.60	17.44	26.35	127.68	145.12	105.37	510.57	101.16	490.14		730.56	2.6%
L0304529AB01ZHE	Conveyor 2	N	2	1	480	49.24	0.10	0.79	6.33	4.98	26.35	20.73	25.71	103.12	81.11	99.00	77.86		119.11	0.432%
L0304530AB01ZHE	Conveyor 2	N	2	1	480	49.24	0.10	0.79	6.33	4.98	26.35	20.73	25.71	103.12	81.11	99.00	77.86		119.11	0.4%
L0304531AB01ZHE	Conveyor 2	N	2	1	480	49.24	0.10	0.79	6.33	4.98	26.35	20.73	25.71	103.12	81.11	99.00	77.86		119.11	0.432%
L0304533AB01ZHE	Conveyor 2	N	2	1	480	49.24	0.10	0.79	6.33	4.98	26.35	20.73	25.71	103.12	81.11	99.00	77.86		119.11	0.4%
L0279343AB01ZHE	Conveyor 2	N	2	5	66	5.74	0.09	0.67	6.33	4.22	26.35	17.58	21.80	118.87	79.28	114.12	76.11		112.60	0.408%
L0279344AB01ZHE	Conveyor 2	N	2	5	66	5.74	0.09	0.67	6.33	4.22	26.35	17.58	21.80	118.87	79.28	114.12	76.11		112.60	0.4%
L0480027AD04	FSC	E	1	1	52	12.81	0.25	1.89	3.60	6.80	26.35	49.78	56.59	63.25	119.50	60.72	114.72		197.00	0.714%
L0480028AD04	FSC	E	1	1	52	17.38	0.33	2.56	3.60	9.22	26.35	67.52	76.75	63.25	162.08	60.72	155.59		267.19	1.0%
L0279359AD01ZHE	FSC	F	1	6	140	63.96	0.46	3.50	3.60	12.61	26.35	92.29	104.90	79.00	276.69	75.84	265.62		426.10	1.544%
L0279364AB01ZHE	FSC	G	1	2	160	63.96	0.40	3.06	3.60	11.03	26.35	80.75	91.79	72.25	221.42	69.36	212.56		350.00	1.3%
L0279367AB01ZHE	FSC	G	1	2	160	63.96	0.40	3.06	3.60	11.03	26.35	80.75	91.79	72.25	221.42	69.36	212.56		350.00	1.268%
L0279362AB01ZHE	FSC	G	1	3	160	63.96	0.40	3.06	3.60	11.03	26.35	80.75	91.79	74.50	228.31	71.52	219.18		357.61	1.3%
L0279366AB01ZHE	FSC	G	1	3	160	63.96	0.40	3.06	3.60	11.03	26.35	80.75	91.79	74.50	228.31	71.52	219.18		357.61	1.296%
L0279361AC01ZHE	FSC	H	2	1	240	63.96	0.27	2.04	3.60	12.94	26.35	53.84	66.78	72.25	147.61	69.36	141.71		239.76	0.9%
L0279358AD01ZHE	FSC	H	1	2	140	63.96	0.46	3.50	3.60	12.61	26.35	92.29	104.90	74.50	280.93	71.52	250.49		408.70	1.481%
L0279360AC01ZHE	FSC	H	1	2	240	63.96	0.27	2.04	3.60	7.36	26.35	53.84	61.19	74.50	152.21	71.52	146.12		238.41	0.9%
L0304400AA02	FSC	H	1	3	130	32.17	0.25	1.90	3.60	6.83	26.35	50.00	56.83	76.75	145.62	73.68	139.80		226.12	0.819%
L0279358AD012T5	FSC	L	2	8	140	3.79	0.03	0.21	6.33	1.31	26.35	5.47	6.78	108.25	22.45	103.92	21.55		32.58	0.1%
L0279359AD012T5	FSC	L	2	8	140	3.79	0.03	0.21	6.33	1.31	26.35	5.47	6.78	108.25	22.45	103.92	21.55		32.58	0.116%
L0279360AC012T5	FSC	L	2	8																

4.1.4. Cálculo de punto de reorden, mínimos y máximos

Basados en los requerimientos diarios de todos los números de parte se obtuvo el uso por hora para obtener los siguientes datos:

Punto de reorden= Cantidad de cajas mínimas * *standard pack*

Mínimo= Uso por hora * 2 horas (mínimo)/ *standard pack*

Máximo= Uso por hora * 3 horas (máximo)/ *standard pack*

A continuación, se presentan los datos para cada número de parte por ruta.

- **Surtido del *prekitting* RSB 40% y 60% (Tabla 4.6).**

Part number	Part Control	Uso diario	Uso HORA	STD pack	Punto de reorden	Mínimo (cajas)	Máximo (cajas)
L0309034AA03ZHE	40%	7693	94	180	189	1	2
L0309034AA043GU	40%	699	9	180	180	1	2
L0309030AA081T3	40%	993	12	147	147	1	2
L0309034AA041T3	40%	1985	24	180	180	1	2
L0309030AA07ZHE	40%	3847	47	147	94	1	2
L0299221AA02ZHE	40%	11540	142	350	283	1	2
L0299220AA03ZHE	40%	11662	143	350	286	1	2
L0309030AA083GU	40%	349	4	147	147	1	2
L0299220AA033GU	40%	1048	13	350	350	1	2
L0299221AA023GU	40%	1048	13	350	350	1	2
L0298818AB01ZHE	40%	3887	48	432	432	1	2
L0298818AB011T3	40%	993	12	432	432	1	2
L0299220AA031T3	40%	2978	37	350	350	1	2
L0299221AA021T3	40%	2978	37	350	350	1	2
L0298818AB013GU	40%	349	4	432	432	1	2
L0582982AA01ZHE	40%	112	1	180	180	1	2
L0558314AA01ZHE	40%	56	1	147	147	1	2
L0299220AA03FR6	40%	52	1	300	300	1	2

L0309034AA04FR6	40%	34	0.4	180	180	1	2
L0299221AA02FR6	40%	52	1	350	350	1	2
L0309030AA08FR6	40%	17	0.2	147	147	1	2
L0298818AB01FR6	40%	17	0.2	432	432	1	2
L0401343AA01	40%	2500	31	6200	6200	1	2
L0544569AA01ZHE	40%	168	2	7501	7501	1	2
L0401343AA01	60%	2500	31	6200	6200	1	2
HG93F611B64AC3JA6	60%	2951	36	20	72	4	5
HG93F611B64AC3GU3	60%	267	3	20	20	1	2
HG93F611B64AC31T3	60%	653	8	10	16	2	3
L0316775AE03ZHE	60%	1018	12	16	25	2	3
HG93F60045AC3JA6	60%	3087	38	36	76	2	3
HG93F60045AC3GU3	60%	317	4	36	36	1	2
L0449714AB02ZHE	60%	139	2	16	16	1	2
L0278061AB013GU	60%	349	4	128	128	1	2
L0309032AA083GU	60%	349	4	147	147	1	2
HG93F60045AC31T3	60%	653	8	36	36	1	2
L0309034AA043GU	60%	699	9	180	180	1	2
L0278061AB011T3	60%	993	12	128	128	1	2
L0309032AA081T3	60%	993	12	147	147	1	2
L0309034AA041T3	60%	1985	24	180	180	1	2
L0309032AA07ZHE	60%	3847	47	147	94	1	2
L0278061AA04ZHE	60%	3847	47	128	94	1	2
L0309034AA03ZHE	60%	7693	94	180	189	1	2
L0299221AA02ZHE	60%	11540	142	350	283	1	2
L0299220AA03ZHE	60%	11662	143	350	286	1	2
L0278061AA04ZHE	60%	3847	47	128	94	1	2
L0299220AA033GU	60%	1048	13	350	350	1	2
L0299221AA023GU	60%	1048	13	350	350	1	2
L0298819AB011T3	60%	993	12	432	432	1	2
L0449714AB033GU	60%	22	0.3	16	16	1	2
L0298819AB01ZHE	60%	3887	48	432	432	1	2
L0299220AA031T3	60%	2978	37	350	350	1	2
L0299221AA021T3	60%	2978	37	350	350	1	2
L0298819AB013GU	60%	349	4	432	432	1	2
L0316775AE033GU	60%	11	0.1	16	16	1	2
L0582982AA01ZHE	60%	112	1	180	180	1	2
L0558312AA01ZHE	60%	56	1	128	128	1	2

L0558313AA01ZHE	60%	56	1	147	147	1	2
L0299220AA03FR6	60%	52	1	300	300	1	2
L0309034AA04FR6	60%	34	0.4	180	180	1	2
L0299221AA02FR6	60%	52	1	350	350	1	2
L0278061AB01FR6	60%	17	0.2	128	128	1	2
L0309032AA08FR6	60%	17	0.2	147	147	1	2
L0298819AB01FR6	60%	17	0.2	432	432	1	2
HP53F611B64CD3GU3	60%	50	1	20	20	1	2
HP53F611B64CD3JA6	60%	137	2	20	20	1	2
L0544569AA01ZHE	60%	168	2	300	300	1	2

Tabla 4. 6 Cálculo de punto de reorden, mínimo y máximo para surtido del *prekitting* RSB 40% y 60% (Lear,2019).

- Surtido del *prekitting* conveyor 1 (Tabla 4.7).

Part number	Part Control	Uso diario	Uso HORA	STD pack	Punto de reorden	Mínimo (cajas)	Máximo (cajas)
HG93F61209AF3GU3	Conveyor 1	349	4	20	20	1	2
HG93F61208BE3GU3	Conveyor 1	349	4	20	20	1	2
HG93F61209AF3JA6	Conveyor 1	4203	52	20	103	5	8
HG93F61209AF3JA6	Conveyor 1	4203	52	20	103	5	8
HG93F61208BE3JA6	Conveyor 1	4244	52	20	104	5	8
HG93F61209AF31T3	Conveyor 1	653	8	20	16	1	2
HG93F61208BE31T3	Conveyor 1	653	8	20	16	1	2
L0279341AB013GU	Conveyor 1	349	4	60	60	1	2
L0279342AB013GU	Conveyor 1	349	4	60	60	1	2
L0279341AB01ZHE	Conveyor 1	4244	52	60	104	2	3
L0279342AB01ZHE	Conveyor 1	4244	52	60	104	2	3
L0279340AB013GU	Conveyor 1	349	4	140	140	1	2
L0279339AB013GU	Conveyor 1	349	4	140	140	1	2
L0279340AB01ZHE	Conveyor 1	534	7	140	140	1	2
L0279339AB01ZHE	Conveyor 1	534	7	140	140	1	2
L0339085AB011T3	Conveyor 1	653	8	132	132	1	2

L0339083AB011T3	Conveyor 1	653	8	132	132	1	2
L0279341AB011T3	Conveyor 1	653	8	60	60	1	2
L0279342AB011T3	Conveyor 1	653	8	60	60	1	2
L0499134AA011T3	Conveyor 1	1985	24	300	300	1	2
L0499131AA011T3	Conveyor 1	1985	24	300	300	1	2
L0339085AB01ZHE	Conveyor 1	3710	46	132	91	1	2
L0339083AB01ZHE	Conveyor 1	3710	46	132	91	1	2
L0499131AA01ZHE	Conveyor 1	7693	94	300	189	1	2
L0499134AA01ZHE	Conveyor 1	7775	95	300	191	1	2
L0499134AA013GU	Conveyor 1	699	9	300	300	1	2
L0499131AA013GU	Conveyor 1	699	9	300	300	1	2
L0499134AA01FR6	Conveyor 1	34	0.4	300	300	1	2
L0499131AA01FR6	Conveyor 1	34	0.4	300	300	1	2
KS73F61209CB3JA6	Conveyor 1	50	1	36	36	1	2

Tabla 4. 7 Cálculo de punto de reorden, mínimo y máximo para surtido del *prekitting* conveyor 1 (Lear,2019).

- Surtido del *prekitting* conveyor 2 y FSC (Tabla 4.8).

Part number	Part Control	Uso diario	Uso HORA	STD pack	Punto de reorden	Mínimo (cajas)	Máximo (cajas)
L0688227AA01ZHE	Conveyor 2	3330	41	12	82	7	10
L0427995AA03ZHE	Conveyor 2	2347	29	12	58	5	7
L0279336AC023GU	Conveyor 2	349	4	15	9	1	2
L0279338AC033GU	Conveyor 2	349	4	15	9	1	2
L0423157AA03ZHE	Conveyor 2	983	12	12	24	2	3
L0279336AC02ZHE	Conveyor 2	534	7	15	13	1	2
L0279338AC03ZHE	Conveyor 2	534	7	15	13	1	2
L0688227AA011T3	Conveyor 2	653	8	12	16	1	2
L0515959AA02ZHE	Conveyor 2	380	5	8	9	1	2
L0427995AA031T3	Conveyor 2	653	8	12	16	1	2
L0418374AA02	Conveyor 2	3001	37	64	74	1	2
L0304521AB01ZHE	Conveyor 2	3374	41	64	83	1	2
L0279344AB013GU	Conveyor 2	349	4	66	66	1	2

L0279343AB013GU	Conveyor 2	349	4	66	66	1	2
L0304524AB013GU	Conveyor 2	113	1	64	64	1	2
L0304523AB013GU	Conveyor 2	113	1	64	64	1	2
L0304524AB01ZHE	Conveyor 2	123	2	64	64	1	2
L0304523AB01ZHE	Conveyor 2	123	2	64	64	1	2
L0511582AA023GU	Conveyor 2	194	2	64	64	1	2
L0511583AA023GU	Conveyor 2	194	2	64	64	1	2
L0511582AA02ZHE	Conveyor 2	367	5	64	64	1	2
L0511583AA02ZHE	Conveyor 2	367	5	64	64	1	2
L0279344AB01ZHE	Conveyor 2	534	7	66	66	1	2
L0279343AB01ZHE	Conveyor 2	534	7	66	66	1	2
L0304521AB011T3	Conveyor 2	653	8	64	64	1	2
L0304522AB01ZHE	Conveyor 2	1026	13	64	64	1	2
L0304531AB011T3	Conveyor 2	653	8	480	480	1	2
L0304530AB011T3	Conveyor 2	653	8	480	480	1	2
L0304533AB011T3	Conveyor 2	653	8	480	480	1	2
L0304529AB011T3	Conveyor 2	653	8	480	480	1	2
L0304530AB01ZHE	Conveyor 2	3864	47	480	480	1	2
L0304529AB01ZHE	Conveyor 2	3864	47	480	480	1	2
L0304531AB01ZHE	Conveyor 2	3864	47	480	480	1	2
L0304533AB01ZHE	Conveyor 2	3864	47	480	480	1	2
L0304533AB013GU	Conveyor 2	349	4	480	480	1	2
L0304531AB013GU	Conveyor 2	349	4	480	480	1	2
L0304530AB013GU	Conveyor 2	349	4	480	480	1	2
L0304529AB013GU	Conveyor 2	349	4	480	480	1	2
L0304522AB013GU	Conveyor 2	43	1	64	64	1	2
L0304521AB013GU	Conveyor 2	43	1	64	64	1	2
L0480029AD04	FSC	1374	17	52	34	1	1
L0480028AD04	FSC	219	3	52	52	1	2
L0279358AD012T5	FSC	349	4	140	140	1	2
L0279359AD012T5	FSC	349	4	140	140	1	2
L0279366AB012T5	FSC	349	4	160	160	1	2
L0279364AB012T5	FSC	349	4	160	160	1	2
L0279362AB012T5	FSC	349	4	160	160	1	2
L0279367AB012T5	FSC	349	4	160	160	1	2
L0480027AD04	FSC	1089	13	52	27	1	2
L0304400AA02	FSC	2682	33	130	66	1	2
L0279358AD01ZHE	FSC	4897	60	140	120	1	2
L0279360AC01ZHE	FSC	4897	60	240	120	1	2
L0279359AD01ZHE	FSC	4897	60	140	120	1	2

L0279362AB01ZHE	FSC	4897	60	160	120	1	2
L0279366AB01ZHE	FSC	4897	60	160	120	1	2
L0279361AC01ZHE	FSC	4897	60	240	120	1	2
L0279364AB01ZHE	FSC	4897	60	160	120	1	2
L0279367AB01ZHE	FSC	4897	60	160	120	1	2
L0279360AC012T5	FSC	349	4	240	240	1	2
L0279361AC012T5	FSC	349	4	240	240	1	2

Tabla 4. 8 Cálculo de punto de reorden, mínimo y máximo para surtido del *prekitting* conveyor 2 y FSC (Lear,2019).

Con estos cálculos se debe diseñar los racks en los puntos de uso donde se respete la cantidad mínima y máxima de surtido por número de parte para asegurar el flujo del proceso. Es un riesgo si no se respeta la cantidad mínima debido a que podemos incurrir en el desabasto del material, en caso de la cantidad máxima por el *layout* de la estación no se pueda cumplir aumentaran las vueltas de surtido lo cual se debe de considerar en las cargas de trabajo.

4.1.5. Estudio del error humano

Se realizó una muestra de 127 números de parte con 8 diferentes surtidores de las 3 diferentes rutas de surtido de *prekitting*. En la tabla 4.9 se muestra cómo se elaboró la matriz para la obtención de los datos:

Part number	Part Control	Mínimo	Máximo	Cajas elegidas	Acertada	Errónea	
						Faltante	Exceso
HG93F611B64AC3JA6	60%	5.0	10.0	8	8		
HG93F611B64AC31T3	60%	3.0	4.0	3	3		
L0316775AE03ZHE	60%	3.0	5.0	5	0	5	
HG93F60045AC3JA6	60%	3.0	3.0	5	5		
L0278061AB011T3	60%	1.0	2.0	1	1		
L0309032AA07ZHE	60%	1.0	3.0	2	2		
L0278061AA04ZHE	60%	1.0	3.0	2	2		
L0309034AA03ZHE	60%	1.0	3.0	1	1		
L0299221AA02ZHE	60%	1.0	4.0	3	3		
L0299220AA03ZHE	60%	1.0	4.0	3	3		

L0278061AA04ZHE	60%	1.0	3.0	2	2		
L0298819AB01ZHE	60%	1.0	2.0	1	1		
HP53F611B64CD3JA6	60%	1.0	2	1	1		
				37	32	5	0
					86%	14%	0%
L0688227AA01ZHE	Conveyor 2	5.0	5.0	5	3		2
L0427995AA03ZHE	Conveyor 2	5.0	5.0	3	1		2
L0279336AC023GU	Conveyor 2	4.0	5.0	2	2		
L0279338AC033GU	Conveyor 2	4.0	5.0	2	2		
L0279336AC02ZHE	Conveyor 2	3.0	5.0	3	3		
L0279338AC03ZHE	Conveyor 2	3.0	5.0	3	2		1
L0688227AA011T3	Conveyor 2	3.0	5.0	3	3		
L0427995AA031T3	Conveyor 2	2.0	5.0	3	3		
				24	19	0	5
					79%	0%	21%

Tabla 4. 9 Estudio del error humano en surtido (Lear,2019).

El proceso inicia cuando el operador elige según su experiencia por número de parte la cantidad de cajas a surtir en el punto de uso. Cuando llega al punto de uso a surtir, cuando del número de parte ya no tenía material se consideran faltantes porque hubo un retraso en el surtido. Otro modo de falla es cuando en el punto de uso solo puede surtir parcialmente la cantidad del total de las cajas debido a que excede el máximo permitido, eso se considera como exceso.

En total un 88% de las cajas a surtir son acertadas, el 11% en exceso y el 1% faltante (Véase Anexos, Tablas 7.1 – 7.2). Con los resultados podemos evaluar que una parte de los surtidos a línea son excesos lo cual conlleva a regresar ese material de exceso al almacén lo que incrementa las vueltas de surtido al operador y su carga de trabajo se eleva.

Aunque el resultado del material faltante es mínimo no debemos despreciarlo debido a que tener un material faltante en línea tiene como consecuencia un paro de producción lo cual provoca no cumplir con un objetivo por hora de producción que está comprometido con el cliente. Cuando se tiene un material faltante y se detecta por

algún llamado de producción o por el mismo operador de materiales cuando va a surtir otro material a la estación se activa un plan de surtido el cual detiene el proceso del surtidor y da prioridad a surtir ese material, también el tiempo de ir a buscar ese material al almacén y surtirlo a línea es un tiempo que eleva la carga de trabajo.

4.1.6. Propuesta del sistema kanban electrónico

4.1.6.1. Sistema kanban electrónico

Para construir el sistema, una manera esquemática de representarlo (Figura 4.1) es iniciando con la transmisión de *broadcast* (paso 1) para producción que sería en este caso la entrada de información, como segundo paso utilizaremos el escaneo del material a consumir por cada modelo para mandar una señal a través del PLC y descontar el material del sistema.

Después el sistema cuando llegue al mínimo de piezas requeridas para cada número de parte mandará una señal de información a través de la impresión de un *picklist* (paso 3) en un tiempo específico para el armado de la ruta de surtido. El personal tomará este *picklist* para seleccionar de almacén cada pedido (paso 4) y surtirlo a la línea de producción (paso 5) y en caso de que el empaque sea retornable deberá de regresar los vacíos al almacén.

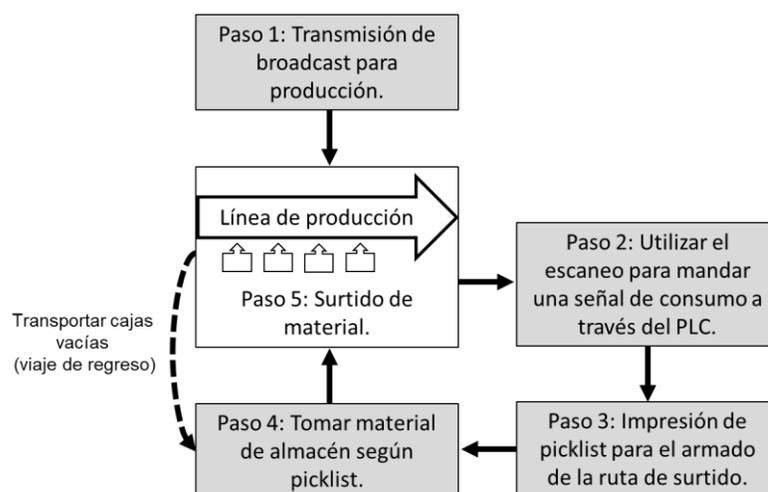


Figura 4. 1 Diagrama de flujo para del sistema de kanban electrónico.

El proceso después de la impresión del *picklist* será el siguiente:

1. **Recolección:** el *picklist* provee al operador en tiempo real información de los datos acerca de la localización del material, cual es necesario y en qué cantidad. El operador utiliza el *picklist* para seleccionar los materiales del almacén.
2. **Surtido:** el *picklist* provee al operador en tiempo real información de los datos acerca de donde tiene que surtir el material y en qué cantidad. El operador utiliza el scanner de cada estación para escanear el código de barras de los materiales, la terminal provee la información si se surtió correctamente.

La clave para que el diagrama (Figura 4.1) se pueda implementar es el desarrollo del kanban electrónico (*software* y *hardware*) con el ciclo de vida de desarrollo de sistemas para planear la ejecución en la compañía.

En las etapas anteriores se dio a conocer toda la información necesaria para tomar como base y así poder dar seguimiento al desarrollo del sistema, a continuación, se especifica por fase las actividades necesarias requeridas:

1. Análisis del sistema

1.1 Estudiar el sistema existente

- ✓ Información de rutas de suministro de materia prima: números de parte, descripción, *standard pack*, almacenaje, punto de uso, etc.

1.2 Definir necesidades de los usuarios

- ✓ Análisis de las cargas de trabajo.
- ✓ Análisis de los errores humanos.

2. Diseño del sistema

2.1 Entrada y salida

- ✓ Recopilación de datos: números de parte, descripción, *standard pack*, almacenaje, punto de uso.
- ✓ Base de datos: punto de reorden, mínimos y máximos.

2.2 Menús

- ✓ Base de datos.
- ✓ Ajustes de inventarios.
- ✓ Historial de *picklist* y reimpresión.

2.3 Pantallas para introducir datos

- ✓ Ingresar los números de parte y sus datos.
- ✓ Edición por cambios de ingeniería, relocalización del punto de uso, empaque, etc.

2.4 Reportes

- ✓ Generación de *picklist*.
- ✓ Definir la frecuencia de impresión.

2.5 Consultas específicas

- ✓ Desarrollar opción de búsqueda para consulta de datos.

2.6 Procesamiento y base de datos

- ✓ Resumen de datos.
- ✓ Validación de datos.
- ✓ Análisis e interpretación de los datos.

2.7 Procedimientos y hojas de proceso

- ✓ Realización de los procedimientos.
- ✓ Realización de las hojas de proceso.

3. Desarrollo del sistema

3.1 Software

- ✓ Programación.
- ✓ Codificación (cifrado) de datos.
- ✓ Transformación de datos.

3.2 Hardware

- ✓ Requerimientos y validación de *hardware*: pantallas, scanner, etc.
- ✓ Compras
- ✓ Programación para conexiones con *software*.

3.3 Red

- ✓ Programación para conexiones con *software*.

4. Pruebas

4.1 Software

- ✓ Validación del sistema.

4.2 Hardware

- ✓ Validación del sistema.

4.3 Red

- ✓ Validación del sistema.

5. Implementación

5.1 Capacitación

- ✓ Entrenamiento a todo el personal de materiales.
- ✓ Certificaciones.

5.2 Pruebas

- ✓ Retroalimentación de los usuarios y equipo de trabajo.

5.3 Conversión del sistema

- ✓ Arranque del sistema.

La clave para cumplir con estas actividades es asignar a responsables que entreguen datos o den respuesta. La tabla 4.10 nos especifica por cada elemento de trabajo el responsable de la actividad en la compañía, así como los entregables:

Elemento	Elemento de trabajo	Responsable	Entregables
1	Análisis del sistema		
1.1	Estudiar el sistema existente	Materiales Materiales	Base de datos
1.2	Definir necesidades de los usuarios		Reporte de requerimientos

2	Diseño del sistema		
2.1	Entrada y salida	Ingeniería/Materiales	Programación del <i>software</i>
2.2	Menús	Ingeniería	
2.3	Pantallas para introducir datos	Ingeniería	
2.4	Reportes	Ingeniería	
2.5	Consultas específicas	Ingeniería	
2.6	Procesamiento y base de datos	Ingeniería	
2.7	Procedimientos y hojas de proceso	Materiales	
3	Desarrollo del sistema		
3.1	<i>Software</i>	Ingeniería	Aplicación/ <i>Pick list</i> Pantallas
3.2	<i>Hardware</i>	Ingeniería/Materiales	
3.3	Red	Ingeniería	
4	Pruebas		
4.1	<i>Software</i>	Ingeniería/Materiales	Checklist de verificación
4.2	<i>Hardware</i>	Ingeniería/Materiales	
4.3	Red		
5	Implementación		
5.1	Capacitación	Ingeniería/Materiales	Certificación
5.2	Pruebas	Ingeniería/Materiales	<i>Feedback</i>
5.3	Conversión del sistema	Ingeniería/Materiales	Plan alterno

Tabla 4. 10 Ciclo de vida de desarrollo de sistemas para kanban electrónico.

Para garantizar la calidad en la implementación del proyecto se realizarán los procedimientos necesarios y hojas de proceso para asegurar en la implementación del proyecto se cumpla con cada una de las fases y requisitos. Este procedimiento se publicará en el sistema de calidad para ser auditado por las auditorías internas y

externas de la compañía con el objetivo de asegurar actualizarlo cuando se presente algún cambio y se cumpla el proceso al 100% por los usuarios del sistema desarrollado.

El desarrollo del kanban electrónico tiene como entregable principal un *picklist* como herramienta visual para el operador para el surtido de material a la línea. Se diseñó el siguiente *picklist* (Figura 4.2) con las características principales que debe contener para asegurar un correcto surtido:

RAW MATERIAL SEQUENCE LISTING				DATE	USER:	PAGE		
PICK LIST NO 3496				2/01/2020		1		
				TIME	15:03:19	SFC7066P		
ROUTE: CONVEYOR								
PREFIX	BASE	SUFFIX	PART NUMBER	DESCRIPTION	STD PACK	MARKET AREA	STATION	
L0316775AE03	ZHE		L0316775AE03ZHE	SEATBELT W/RETRACTOR ASM INFLA	20	RACK R-2-1	135	
L0316775AE03	1T3		L0316775AE031T3	SEATBELT W/RETRACTOR ASM INFLA	20	RACK R-3-1	135	
L0316775AE03	3GU		L0316775AE033GU	SEATBELT W/RETRACTOR ASM INFLA	20	RACK R-4-1	135	
L0309032AA07	ZHE		L0309032AA07ZHE	RELEASE HANDLE ASM LH	54	RACK M-1-1	10-A	
L0309034AA03	ZHE		L0309034AA03ZHE	REAR SEAT HANDLE BEZEL	54	RACK M-2-1	10-B	

Figura 4. 2 *Picklist* del kanban electrónico.

- Número de *picklist*:** Un número consecutivo nos servirá para no perder el orden del surtido debido a que serán impresos debemos de contar con el consecutivo para asegurar que no se omita ningún surtido y tener un impacto negativo en la línea de producción como material faltante y/o en exceso.
- Ruta de surtido:** Debido a que se tienen varias rutas de surtido debemos de especificar a cuál pertenece cada *picklist*.
- Número de parte y descripción:** están definidos por una prefijo, base y sufijo es necesario separarlos debido a que es una ayuda visual para el operador donde puede distinguir con mayor facilidad las diferentes clasificaciones como los colores, lado RH o LH, cambios de ingeniería, entre otros, agregando la descripción mejoramos la rapidez con la que el operador puede identificar los materiales.

4. **Standard pack:** Cantidad de material que contiene la caja a surtir por número de parte.
5. **Ubicación en almacén:** Localidad del número de parte en almacén donde se identifica el nombre el rack, numero de bahía y nivel.
6. **Punto de uso:** Estación en la línea de producción donde se debe surtir el material.

Dicho lo anterior, este sistema en relación al kanban tradicional tiene como objetivo como mencionó Ohno (1991) indicar claramente que material, cantidad y localizando en qué punto se necesita para controlar la producción y el flujo. Agregando los sistemas de información pasamos de lo tradicional donde el personal llenaba manualmente la información del kanban a lo tecnológico donde toda la información se calcula automáticamente con la transmisión de datos vía electrónica.

A continuación, en la siguiente tabla 4.11 se presenta un comparativo entre el sistema manual (actual) y el sistema kanban electrónico (futuro):

	Sistema manual	Kanban electrónico
Cálculo del material a surtir		✓
Reducción de desperdicios		✓
Optimización del espacio en almacén y estaciones de uso.		✓
Disminución en los problemas de calidad		✓
Reducción del tiempo ciclo		✓
Distancias más largas	✓	

Funciona con gran cantidad de materiales		✓
Permite ejercer cambios en la demanda		✓
Flujo de material transparente		✓
Control del nivel de material		✓
Pedido de material más fácil y rápido		✓
Información rápida y precisa		✓
Proceso sencillo para los operadores	✓	✓
Minimización de errores humanos		✓
Uso de tecnología		✓
Inversión		✓

Tabla 4. 11 Comparación entre el sistema manual y kanban electrónico.

Una comparación entre el sistema manual y kanban electrónico nos muestra que el uso de la tecnología incluye más elementos que benefician al proceso, en resumen, el sistema kanban electrónico:

- ✓ Elimina desperdicios: minimiza las distancias, inventario, el tiempo y movimientos.
- ✓ Regula la cantidad a surtir y los niveles de inventarios tanto en almacén como en las estaciones de uso.
- ✓ Mejora la flexibilidad en los procesos y la calidad.
- ✓ Es una herramienta en el proceso cognitivo de los operadores.

4.1.6.2. Diseño para el soporte cognitivo

El objetivo del picklist en el kanban electrónico como entregable para los usuarios del sistema es atender a 2 procesos cognitivos humanos. Primero la memoria gracias a que se disminuirá la información a retener por el usuario por un tiempo determinado, es decir, el usuario no almacenará en su memoria alrededor de 20 números de parte a surtir y la cantidad ya que ahora en el picklist estará toda esa información en lo único que se enfocará será en surtir el picklist y realizar una confirmación.

Por otro lado, la percepción debido a que se eliminará el proceso de captar la información en las estaciones de los materiales que se necesitan surtir o las expectativas según su experiencia sobre el consumo de los materiales donde se debe de trabajar en el conocimiento para tener un tiempo aproximado donde los usuarios hacían la inspección en las estaciones.

La información contenida en este *picklist* es un diseño centrado en el usuario (DCU) para ubicar al usuario en lo preciso del proceso para prevenir errores humanos. Se recomienda que el diseño se evalúe con los operadores que serán los usuarios de estos sistemas para que puedan aportar ideas de mejoras para agregarlas o modificar el *picklist* antes de realizar las pruebas.

Las 6 características principales del *picklist* son lo mínimo requerido para que el sistema funcione, los usuarios pueden aportar agregar algún otro dato o realizar cambios en la ubicación de los datos. Es posible reforzar la interpretación como puede ser el aumentar el tamaño de las letras, colocar contrastes, entre otros.

Hay que mencionar, además que el *picklist* es un soporte para la percepción debido a que es un *display* visible y está diseñado para que se pueda leer con facilidad con solo la información necesaria para que el usuario perciba el 100% de la información.

Asi mismo, un soporte para la memoria donde el sistema realizará los cálculos para liberar la capacidad mental del usuario y apoyar a realizar procesos proactivamente,

en lugar de sólo reaccionar cuando se presentan errores al momento de surtir material de manera manual sin un soporte para el usuario.

Un punto importante es la capacitación a los usuarios regularmente cuando se está acostumbrado a un proceso en particular, cambiar el diseño puede ser una fuente de errores. En la fase de implementación esta un apartado de pruebas donde el objetivo es obtener retroalimentación de los usuarios para realizar cambios necesarios antes de la implementación final.

4.1.6.3. Análisis jerárquico de la tarea

Con este análisis (Tabla 4.12 y 4.13) lo que se quiere lograr es una jerarquización de las operaciones y sub operaciones y describirlas para identificar posibles errores asociados a estas operaciones. El detectar los posibles errores nos auxiliara para proponer planes de acciones en caso de su presencia en las operaciones.

Objetivo	Actividad principal	Sub actividad
Surtir material al punto de uso	1. Transmisión de broadcast para producción	1.1 Se recibe el broadcast
		1.2 Se crea un código de secuencia para producción con el modelo a construir
		1.3 Se transmite una rotación que contiene las partes de asientos Lear FG y las partes asociadas (BOM).
	2. Utilizar el escaneo para mandar una señal de consumo a través del PLC.	2.1 Impresión de etiqueta con modelo y rotación
		2.2 Seleccionar material de la ubicación
		2.3 Escanear material
		2.4 Secuenciar material

	3. Impresión de <i>picklist</i> para el armado de la ruta de surtido.	3.1 Cálculos de los números de parte y cantidad de <i>standard pack</i> a surtir
		3.2 Impresión del <i>picklist</i>
	4. Tomar material de almacén según <i>picklist</i> .	4.1 Seleccionar <i>picklist</i>
		4.2 Selecciona el material del almacén según <i>picklist</i> y lo coloca en la batanga
		4.3 Escaneo para cerrar <i>picklist</i>
		4.4 Surtir material en el punto de uso y escanearlo
		4.5 Tomar los retornables vacíos

Tabla 4. 12 Análisis jerárquico de la tarea (HTA) del kanban electrónico (Parte I)

Sub actividad	Descripción	Error potencial	Consecuencia	Acción
1.1 Se recibe el <i>broadcast</i>	En tiempo real se recibe el <i>broadcast</i>	Falla en la comunicación entre los sistemas cliente-proveedor	Paro de producción	Alertar al departamento de sistemas para solución del problema
1.2 Se crea un código de secuencia para producción con el modelo a construir	El sistema lo convierte a modelos de producción en un rango de secuencias			

1.3 Se transmite una rotación que contiene las partes de asientos Lear FG y las partes asociadas (BOM).	Se transmite la rotación con el modelo a ensamblar			
2.1 Impresión de etiqueta con modelo y rotación	El operador de producción selecciona el material a ensamblar	Falla en la impresión de la etiqueta	Paro de producción	Alertar al departamento de sistemas para solución del problema
2.2 Seleccionar material de la ubicación	El operador selecciona el material indicado en la etiqueta y/o <i>pick to light</i>	Seleccionar un material equivocado		Alertar a supervisor de ensamble final y materiales
2.3 Escanear material	El operador escanea el material seleccionado	No escanear material		
2.4 Secuenciar material	El operador posiciona el material seleccionado en el punto de uso y/o carrito	Posicionar el material en otro lugar		
3.1 Cálculos de los números de parte y cantidad de <i>standard pack</i> a surtir	El <i>software</i> realizará los cálculos para generar el <i>picklist</i>	Cálculos erróneos por desajustes del material	Surtido erróneo de material o faltante	Realizar un programa de conteos cíclicos
3.2 Impresión del <i>picklist</i>	EL <i>picklist</i> se imprime automáticamente	Falla en la impresora o sistema	Paro de proceso de surtido de material	Alertar al departamento de sistemas para solución del problema
4.1 Seleccionar <i>picklist</i>	El operador de materiales toma el <i>picklist</i> de la impresora	Tomar un <i>picklist</i> equivocado	Realizar una ruta errónea	Alertar a supervisor de materiales e iniciar plan de recuperación
4.2 Selecciona el material del almacén según <i>picklist</i> y lo coloca en la batanga	El operador selecciona el material de cada ubicación para colocarlo en la batanga	1.El operador puede seleccionar material erróneo 2. El operador puede no seleccionar el material	Faltante de material en el punto de uso	El operador debe validar con un <i>check</i> en el <i>picklist</i> cada material antes de llevar el material al punto de uso

4.3 Escaneo para cerrar <i>picklist</i>	El operador al finalizar de seleccionar todo el material del <i>picklist</i> , escanea el <i>picklist</i> para confirmar	1. El operador olvida escanear el <i>picklist</i>	La información no se enviará al <i>software</i>	En el <i>software</i> y escanear diseñar una alerta donde te indique este error
4.4 Surtir material en el punto de uso y escanearlo	El operador se dirige al punto de uso a surtir cada número de parte y se escanea caja por caja	1. El operador olvida escanear las cajas al momento de surtir	La información no se enviará al <i>software</i>	1. En el <i>software</i> y escanear diseñar una alerta donde te indique este error 2. Realizar un programa de conteos cíclicos
4.5 Tomar los retornables vacíos	El operador retorna las cajas al almacén	Olvida tomar los retornables	Acumulación de retornables	Realizar un recorrido cada 2 horas para revisión

Tabla 4. 13 Análisis jerárquico de la tarea (HTA) del kanban electrónico (Parte II).

La salida del análisis jerárquico de la tarea es el analizar los posibles errores potenciales que se pueden presentar en el proceso, es de gran importancia que el equipo conozca las consecuencias y contemplar un plan de acción para cada uno de los errores donde se pueda disminuir las mismas al implementar las actividades descritas en el plan de acción.

En el diseño del sistema, es primordial en la categoría de procedimientos y hojas de procesos agregar los planes de acción para que existan documentos donde nos indiquen las actividades a seguir en caso que se presente algún error, también estos procedimientos y hojas de proceso deben considerarse en el entrenamiento.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El justo tiempo es sin duda clave para mejorar la productividad de los recursos, el kanban es una herramienta que nos ayuda con la administración del suministro de material para no recaer en el desabasto de material, no exceder las cantidades necesarias y asegurando la calidad.

Gracias a la tecnología hemos evolucionado a un kanban electrónico que se puede desarrollar por las compañías dependiendo de sus necesidades como son los procesos, cargas de trabajo, vehículos industriales, sistemas de información, es decir, cada compañía puede adoptar un kanban electrónico con diferentes entradas y procesamientos, con el objetivo de tener una herramienta que sirva como soporte al operador para suministrar el material.

Todo soporte puede incluir controles visuales como una impresión de picklist, una pantalla, scanner, dispositivos portátiles o algún otro tipo de artefacto para indicar material, cantidad y lugar a suministrar.

En esta investigación se presentó una propuesta de kanban electrónico en una compañía del sector automotriz, donde se recomienda la impresión de un *picklist* debido a que se puede desarrollar internamente por la compañía y se cuenta con los recursos como impresora, scanner y sistema de información. La programación del sistema es el que probablemente se deba desarrollar por un proveedor externo.

Para implementar el kanban electrónico en un futuro, se analizaron las cargas de trabajo actuales porque es un punto que debe de controlarse debido a que la implementación sería en los procesos de surtido para no generar atrasos y entorpecer el flujo del proceso de recolección, traslado y surtido en el punto donde se necesita.

Se recomienda iniciar con el surtido del *prekitting RSB* 40% y 60% debido a que contiene la carga de trabajo menor con un 22.1% de tiempo de contribución con 63 números de partes. Después con el surtido del *prekitting conveyor 1* con un 39.8% de tiempo de contribución con 29 números de partes y finalizar con el surtido del *prekitting conveyor 2* y *FSC* con un 74.5% de tiempo de contribución con 61 números de partes.

Lo que se recomienda es empezar con la implementación en la ruta con menos contenido de carga porque muy seguro se presentaran contratiempos o lentitud en la adaptación de los nuevos procesos, entonces en esta ruta tenemos el tiempo para recuperarnos de algún atraso.

Con la ruta con la carga más elevada se recomienda primero realizar un rebalanceo para minimizar la carga y después implementar el kanban electrónico o bien tener ya controlados los posibles contratiempos que se hayan presentado en la implementación en las rutas con menos carga de trabajo para así disminuir los atrasos.

También es importante involucrar a todo el equipo en el mejoramiento continuo que nos presenta esta investigación, sin importar la posición jerárquica dentro de la compañía para que estén informados de los beneficios de la investigación y que se puedan incorporar más rápido a los cambios.

Otro de los objetivos de esta investigación es el desarrollo de la propuesta en base a toda la información obtenida de ergonomía cognitiva debido a la interacción que tendrá el operador con este sistema con la finalidad de minimizar los posibles errores humanos. En este estudio tenemos que el surtido de material se presenta con un 12% de los números de parte erróneos y el 88% acertados.

Esta propuesta ayudará a minimizar la carga mental del trabajador y le ayudará a tomar decisiones en base a información que estará obteniendo y no será necesario que el operador este almacenando información para después recuperarla cada cierto tiempo en el turno laboral. Igualmente, un soporte para la percepción gracias a las herramientas proporcionadas por el kanban electrónico.

Una ventaja será con el personal de nuevo ingreso debido a que la compañía no tendrá que esperar un periodo de tiempo para que el operador memorice todos los materiales y la frecuencia de surtido, con el kanban electrónico se lograra minimizar la complejidad de las operaciones tradicionales y solo tendrá que seguir el proceso debido a que toda la información necesaria para el suministro de material la tendrá en el *picklist*.

Debemos considerar algún otro tipo de errores con el kanban electrónico, el proceso se mejorará, pero también debemos evaluar con esta herramienta que errores pueden suscitarse. Se debe de interpretar la información correctamente, si se presenta alguna distracción puede disminuir la atención. En esta propuesta se utilizó el análisis jerárquico de la tarea para detectar errores potenciales que se pueden presentar en el proceso, así como las consecuencias y el plan de acción en cada sub actividad.

5.2. Recomendaciones

Debido a la curva de aprendizaje y ajuste al nuevo proceso es de vital importancia considerar un plan alternativo al momento de la implementación. En el plan se debe considerar personal externo al proceso de surtido para monitorear que no existan atrasos en el proceso o errores, de ser así estar preparados para solucionarlo. También es de gran importancia dar una capacitación intensa como se propone en el plan para minimizar los riesgos en la curva de aprendizaje.

Es importante que el equipo realice una lista de riesgos potenciales, utilizando la experiencia y la evidencia histórica para priorizar las que tengan más probabilidad de presentarse.

5.3. Trabajos futuros

La finalidad de estos soportes cognitivos es disminuir la carga mental en los operadores para reducir los errores humanos. Debemos analizar los errores humanos presentados con el kanban electrónico cuando se implemente para evaluar que

variación presentan en el porcentaje de cajas de material surtidas acertadas, en exceso o faltantes. Se necesita ser consciente de los tipos de errores e intentar diseñar nuevos *poka yokes* para evitar o reducir la ocurrencia.

BIBLIOGRAFIA

- Báez, Y., Rodríguez, M., De la Vega, E. & Tlapa, D. (2013). Factores que Influyen en el Error Humano de los Trabajadores en Líneas de Montaje Manual, *Información tecnológica*, vol.24(6), pp.67-78.
- Berlin, C. & Adams, C. (2017). *Production Ergonomics: Designing Work Systems to Support Optimal Human Performance*. London: Ubiquity Press, pp. 23–106.
- Cañas, J. & Waerns, Y. (2001). *Ergonomía cognitiva: Aspectos psicológicos de la interacción de las personas con la tecnología de la información*. Madrid: Editorial médica panamericana, S.A., pp.10-11,171, 195-200.
- Cañas, J. (2004). *Personas y máquinas: el diseño de su interacción desde la ergonomía cognitiva*. Madrid: Ediciones Pirámide (Grupo Anaya, S.A.), pp.79-80.
- Center for Chemical Process Safety (2004). *Guidelines For Preventing Human Error In Process Safety*, New York: Wiley-AIChE, pp.345-363.
- García, J. & Maldonado, A. (2016). *Just-in-Time Elements and Benefits*. Switzerland: Springer International Publishing, pp.53-69.
- Gido, J. & Clements, J. (2012). *Administración exitosa de proyectos*. México: Cengage Learning Editores, pp. 31-135.
- Goldsby, T. & Martichenko, R. (2005). *Lean six sigma logistics: Strategic Development to Operational Success*. USA: J. Ross Publishing, Inc., pp.227-236.

- Granollers, T., Cañas, J. , Vidal, J. (2005). *Diseño de sistemas interactivos centrados en el usuario*. Barcelona: Editorial UOC, pp.245-254.
- Graves, R., Konopka, J.M. & Milne, R.J. (1995). Literature review of material flow control mechanisms, *Production Planning and Control*, vol. 6, pp. 395-403.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México, D.F.: McGraw-Hill, pp.126-168.
- Houti, M., El Abbadi, L. & Abouabdellah, A. (2017). E-kanban the new generation of traditional kanban system, and the impact of its implementation in the enterprise, *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, vol.7, pp.1261-1270.
- HSE (2009). Reducing error and influencing behaviour, HSG48, pp. 9-17.
- Huidobro, J., Blanco, A. & Jordán, J. (2005). *Administración de sistemas informáticos: Redes de área local*. España: Paraninfo, pp.273.
- IEA (2018). *Triennial report of the International Ergonomics Association 2015-2018*.
- Khojasteh, Y. (2016). *Production Control Systems: A Guide to Enhance Performance of Pull Systems*. Japan: Springer Japan, pp.7-22.
- Kloeckner, A., Gonçalves, F., Schütt, V., Silva, C. (2013). Integrando Análisis Ergonómico del Trabajo y Análisis Jerárquico de la Tarea, *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, vol. 11, pp. 57-66.
- Lara, A., Trujano, G. & García, A. (2005). Producción modular y coordinación en el sector de autopartes en México. El caso de la red de plantas de Lear Corporation, *Región y sociedad*, vol.17, pp.33-71.
- Lear Corporation. (2009). Annual Report. 2019, de Lear Corporation Sitio web: <https://www.lear.com/>

- Medinilla, Á. (2014). *Agile Kaizen: Managing Continuous Improvement Far Beyond Retrospectives*, Berlín: Springer, pp.24-27.
- Monden, Y. (2012). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time*, Florida: Taylor & Francis Group, LLC, pp.296, 318-355.
- Norman, D. (2013). *The design of everyday things*, USA: Basic Books, pp.162-216.
- Ohno, T. (1991). *Sistema de Producción Toyota: Más Allá de la Producción a Gran Escala*. Barcelona: Ediciones Gestión 2000, S.A., pp.25-77.
- Rahman, N., Sharif, S. M., & Esa, M. M. (2013). Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. *Procedia Economics and Finance*, vol. 7, pp. 174-180.
- Sheikhrezaei, K. & Harvey, C. (2020). Relating the Learning Styles, Dependency, and Working Memory Capacity to Performance Effectiveness in Collaborative Problem Solving, *Springer Nature Switzerland*, AISC 956, pp. 53-64.
- Shingo, S. (1990). *El sistema de producción de Toyota desde el punto de vista de la ingeniería*. Madrid: Tecnologías de Gerencia y Producción, S.A., pp.259-269.
- Stanton, N. (2005). Hierarchical Task Analysis: Developments, Applications and Extensions, *Applied Ergonomics*, vol.37, pp.55-79.
- Stanton, N., Salmon, P., Walker, G., Baber, C. & Jenkins, D. (2005) *Human factors methods: a practical guide for engineering and design*, Burlington, VT: Ashgate Publishing Limited, pp. 45-53
- Suprasith, J., Andrew, P.C., Thaloengsak, C. & Chayanun, K. (2011). Supply Chain Efficiencies Through E-Kanban: A Case Study, *International Journal of the Computer the Internet and Management*, vol. 19, pp. 40-44.

- Thomopoulos, N. (2016). *Elements of Manufacturing, Distribution and Logistics*, Chicago, IL: Springer International Publishing Switzerland, pp.131-148.
- Townsend, B. (2012). *The Basics of Line Balancing and JIT Kitting*. Boca Raton, FL: Productivity Press, pp.51-65.
- Visbal, E. (2016). Herramientas tecnológicas aplicables al Kanban para la optimización de los procesos en la empresa. *Visión Gerencial*, No. 1, pp. 82–104.
- Vollmann, T., Berry, W., Whybark, D. & Jacobs, F. (2005), *Planeación y control de la producción: administración de la cadena de suministros*, México: McGraw-Hill Interamericana, pp.296, 318-355.
- Wild, Tony (2002). *Best practice in inventory management*, New York: Taylor & Francis, pp.112-127.

ANEXOS

Anexo 1. Estudio del error humano.

Se realizó una muestra (Tabla 7.2) de 127 números de parte con 8 diferentes surtidores de las 3 diferentes rutas de surtido de *prekitting*.

Part number	Part Control	Mínimo	Máximo	Cajas elegidas	Acertada	Errónea	
						Faltante	Exceso
HG93F611B64AC3JA6	60%	5.0	10.0	8	8		
HG93F611B64AC31T3	60%	3.0	4.0	3	3		
L0316775AE03ZHE	60%	3.0	5.0	5	0	5	
HG93F60045AC3JA6	60%	3.0	3.0	5	5		
L0278061AB011T3	60%	1.0	2.0	1	1		
L0309032AA07ZHE	60%	1.0	3.0	2	2		
L0278061AA04ZHE	60%	1.0	3.0	2	2		
L0309034AA03ZHE	60%	1.0	3.0	1	1		
L0299221AA02ZHE	60%	1.0	4.0	3	3		
L0299220AA03ZHE	60%	1.0	4.0	3	3		
L0278061AA04ZHE	60%	1.0	3.0	2	2		
L0298819AB01ZHE	60%	1.0	2.0	1	1		
HP53F611B64CD3JA6	60%	1.0	2	1	1		
				37	32	5	0
					86%	14%	0%

L0688227AA01ZHE	Conveyor 2	5.0	5.0	5	3		2
L0427995AA03ZHE	Conveyor 2	5.0	5.0	3	1		2
L0279336AC023GU	Conveyor 2	4.0	5.0	2	2		
L0279338AC033GU	Conveyor 2	4.0	5.0	2	2		
L0279336AC02ZHE	Conveyor 2	3.0	5.0	3	3		
L0279338AC03ZHE	Conveyor 2	3.0	5.0	3	2		1
L0688227AA011T3	Conveyor 2	3.0	5.0	3	3		
L0427995AA031T3	Conveyor 2	2.0	5.0	3	3		
				24	19	0	5
					79%	0%	21%

L0309030AA07ZHE	40%	1.0	2.0	1	1		
L0309034AA03ZHE	40%	2.0	2.0	1	1		
				2	2	0	0
				100%	0%	0%	

L0423157AA03ZHE	Conveyor 2	4.0	4.0	2	2		
L0427995AA03ZHE	Conveyor 2	5.0	5.0	4	4		
L0688227AA01ZHE	Conveyor 2	5.0	5.0	4	4		
L0279358AD012T5	FSC	1.0	2.0	1	1		
L0279358AD01ZHE	FSC	1.0	2.0	1	1		
L0279359AD01ZHE	FSC	1.0	2.0	1	1		
L0279362AB01ZHE	FSC	1.0	2.0	1	1		
L0279366AB01ZHE	FSC	1.0	2.0	1	1		
L0279367AB01ZHE	FSC	1.0	2.0	1	1		
L0480029AD04	FSC	2.0	2.0	1	1		
				17	17	0	0
				100%	0%	0%	

HG93F61208BE31T3	conveyor 1	3.0	4.0	2	2		
HG93F61208BE3GU3	conveyor 1	3.0	4.0	2	2		
HG93F61208BE3JA6	conveyor 1	4.0	4.0	4	4		
HG93F61209AF31T3	conveyor 1	3.0	4.0	2	2		
HG93F61209AF3GU3	conveyor 1	3.0	4.0	3	3		
HG93F61209AF3JA6	conveyor 1	4.0	4.0	4	4		
L0279341AB011T3	conveyor 1	1.0	2.0	1	1		
L0279341AB013GU	conveyor 1	2.0	2.0	1	1		
L0279341AB01ZHE	conveyor 1	2.0	2.0	3	1		2
L0279342AB011T3	conveyor 1	1.0	2.0	1	1		
L0279342AB013GU	conveyor 1	2.0	2.0	1	1		
L0279342AB01ZHE	conveyor 1	2.0	2.0	3	1		2
L0339083AB011T3	conveyor 1	1.0	5.0	1	1		
L0339083AB01ZHE	conveyor 1	1.0	5.0	3	3		
L0339085AB011T3	conveyor 1	1.0	5.0	1	1		
L0339085AB01ZHE	conveyor 1	1.0	5.0	3	3		
				35	31	0	4
				89%	0%	11%	

L0423157AA03ZHE	Conveyor 2	4.0	4.0	1	1		
-----------------	------------	-----	-----	---	---	--	--

L0427995AA03ZHE	Conveyor 2	5.0	5.0	2	2		
L0688227AA01ZHE	Conveyor 2	5.0	5.0	2	2		
L0279358AD01ZHE	FSC	1.0	2.0	1	1		
L0279359AD01ZHE	FSC	1.0	2.0	1	1		
L0279360AC01ZHE	FSC	1.0	2.0	1	1		
L0279361AC01ZHE	FSC	1.0	2.0	1	1		
L0279362AB01ZHE	FSC	1.0	2.0	1	1		
L0279364AB01ZHE	FSC	1.0	2.0	1	1		
L0279366AB01ZHE	FSC	1.0	2.0	1	1		
L0279367AB01ZHE	FSC	1.0	2.0	1	1		
				13	13	0	0
					100%	0%	0%

HG93F61208BE3JA6	conveyor 1	4.0	4.0	2			2
HG93F61209AF3JA6	conveyor 1	4.0	4.0	1			1
L0279341AB01ZHE	conveyor 1	2.0	2.0	1			1
L0279342AB01ZHE	conveyor 1	2.0	2.0	1			1
				5	0	0	5
					0%	0%	100%

L0423157AA03ZHE	Conveyor 2	4.0	4.0	1	1		
L0427995AA031T3	Conveyor 2	2.0	5.0	2	2		
L0427995AA03ZHE	Conveyor 2	5.0	5.0	1	1		
L0515959AA02ZHE	Conveyor 2	2.5	5.0	3	3		
L0515963AA01ZHE	Conveyor 2	2.0	5.0	3	3		
L0688227AA011T3	Conveyor 2	3.0	5.0	2	2		
L0688227AA01ZHE	Conveyor 2	5.0	5.0	4	4		
				16	16	0	0
					100%	0%	0%

L0423157AA03ZHE	Conveyor 2	4.0	4.0	1	1		
L0427995AA03ZHE	Conveyor 2	5.0	5.0	2	2		
L0688227AA01ZHE	Conveyor 2	5.0	5.0	4	3		1
L0304400AA02	FSC	1.0	4.0	2	2		
L0480027AD04	FSC	1.0	2.0	2	2		
L0480029AD04	FSC	2.0	2.0	2	2		
				13	12	0	1
					92%	0%	8%

L0298818AB01ZHE	40%	0.3	2.0	1	1		
L0299220AA03ZHE	40%	1.0	4.0	2	2		
L0299221AA02ZHE	40%	1.0	4.0	2	2		
HG93F60045AC3JA6	60%	3.0	5.0	3	3		
HG93F611B64AC3JA6	60%	5.0	10.0	2	2		
L0299220AA03ZHE	60%	1.0	4.0	2	2		
L0299221AA02ZHE	60%	1.0	4.0	2	2		
				14	14	0	0
					100%	0%	0%

L0309030AA07ZHE	40%	1.0	2.0	1	1		
L0309034AA03ZHE	40%	2.0	2.0	1	1		
HG93F60045AC31T3	60%	1.0	2.0	1	1		
HG93F611B64AC31T3	60%	3.0	4.0	2	2		
L0278061AA04ZHE	60%	1	3.0	1	1		
L0298819AB011T3	60%	0.4	2.0	1	0	1	
L0298819AB01ZHE	60%	0.3	2.0	1	0		1
L0309032AA07ZHE	60%	1.0	3.0	1	1		
L0309034AA03ZHE	60%	1.0	3.0	1	1		
				10	8	1	1
					80%	10%	10%

HG93F61208BE3JA6	conveyor 1	4.0	4.0	2	2		
HG93F61209AF3JA6	conveyor 1	4.0	4.0	2	2		
L0279340AB013GU	conveyor 1	1.0	2.0	1	1		
L0279341AB013GU	conveyor 1	2.0	2.0	1	1		
L0279341AB01ZHE	conveyor 1	2.0	2.0	1	1		
L0279342AB013GU	conveyor 1	2.0	2.0	1	1		
L0423157AA03ZHE	Conveyor 2	4.0	4.0	1	1		
L0427995AA03ZHE	Conveyor 2	5.0	5.0	3	2		1
L0688227AA011T3	Conveyor 2	3.0	5.0	4	4		
				8	7	0	1
					88%	0%	13%

L0279358AD01ZHE	FSC	1.0	2.0	1	1		
L0279359AD01ZHE	FSC	1.0	2.0	1	1		
L0279360AC01ZHE	FSC	1.0	2.0	1			1
L0279362AB01ZHE	FSC	1.0	2.0	1	1		
L0279364AB01ZHE	FSC	1.0	2.0	1	1		

L0279366AB01ZHE	FSC	1.0	2.0	1	1		
L0279367AB01ZHE	FSC	1.0	2.0	1	1		
				7	6	0	1
				86%	0%	14%	

L0309030AA07ZHE	40%	1.0	2.0	1	1		
HG93F60045AC3JA6	60%	3.0	5.0	3	2		1
HG93F611B64AC31T3	60%	3.0	4.0	1	1		
HG93F611B64AC3JA6	60%	5.0	10.0	5	5		
L0278061AA04ZHE	60%	1	3.0	1	1		
L0309032AA07ZHE	60%	1.0	3.0	1	1		
L0309034AA03ZHE	60%	1.0	3.0	2	2		
L0316775AE03ZHE	60%	3.0	5.0	2	2		
				16	15	0	1
				94%	0%	6%	

L0279336AC02ZHE	Conveyor 2	3.0	5.0	1	1		
L0427995AA031T3	Conveyor 2	2.0	5.0	1	1		
L0688227AA011T3	Conveyor 2	3.0	5.0	1	1		
				3	3	0	0
				100%	0%	0%	

HG93F61208BE31T3	conveyor 1	3.0	4.0	2	2		
HG93F61208BE3JA6	conveyor 1	4.0	4.0	4	3		1
				6	5	0	1
				83%	0%	17%	

L0423157AA03ZHE	Conveyor 2	4.0	4.0	1	1		
L0688227AA01ZHE	Conveyor 2	5.0	5.0	4	4		
L0304400AA02	FSC	1.0	4.0	2	2		
				6	6	0	0
				100%	0%	0%	

L0423157AA03ZHE	Conveyor 2	4.0	4.0	2	2		
L0515959AA02ZHE	Conveyor 2	2.5	5.0	3	3		
				5	5	0	0
				100%	0%	0%	

Tabla 7. 1 Estudio del error humano en surtido (Lear,2019).

Anexo 2. Resultados del estudio del error humano.

En total un 88% de las cajas a surtir son acertadas, el 11% en exceso y el 1% faltante (Tabla 7.2).

	Errónea	
Acertada	Faltante	Exceso
88%	1%	11%

Tabla 7. 2 Resultados de estudio del error humano en surtido (Lear,2019).

NOMBRE DEL TRABAJO

175_MII_Ana Laura Rivera Rodriguez.pdf

AUTOR

Ana Laura Rivera Rodriguez

RECUENTO DE PALABRAS

28338 Words

RECUENTO DE CARACTERES

135026 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

101 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.2MB

FECHA DE ENTREGA

Nov 11, 2022 2:47 PM GMT-7

FECHA DEL INFORME

Nov 11, 2022 2:49 PM GMT-7**● 13% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref