

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MATERIALES PARA UNA LÍNEA DE ENSAMBLE

DEVELOPMENT OF A MATERIALS MANAGEMENT SYSTEM FOR AN ASSEMBLY LINE

José María Terrazas Mata ¹, Manuel Alonso Rodríguez Morachis ², Luz Elena Terrazas Mata³, Francisco Zorrilla Briones⁴

¹Ingeniero Industrial Mecánico en Térmica. Estudiante de la Maestría en Ingeniería Administrativa. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, División de Estudios de Posgrado e Investigación. jmterrazas12@gmail.com. 6566882500. Av. Tecnológico No. 1340, Fraccionamiento El Crucero, Ciudad Juárez, Chihuahua, México, C.P. 32340.

²Doctora en Ciencias en Ingeniería Industrial. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, División de Estudios de Posgrado e Investigación. mmorachis@itcj.edu.mx. 6566882500. Av. Tecnológico No. 1340, Fraccionamiento El Crucero, Ciudad Juárez, Chihuahua, México, C.P. 32340.

³Doctora en Ciencias de la Ingeniería. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, División de Estudios de Posgrado e Investigación. lterrazas@itcj.edu.mx. 6566882500. Av. Tecnológico No. 1340, Fraccionamiento El Crucero, Ciudad Juárez, Chihuahua, México, C.P. 32340.

⁴Doctor en Ciencias en Ingeniería Industrial. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, División de Estudios de Posgrado e Investigación. fzorrilla@itcj.edu.mx. 6566882500. Av. Tecnológico No. 1340, Fraccionamiento El Crucero, Ciudad Juárez, Chihuahua, México, C.P. 32340.

Resumen -- Este artículo presenta la problemática que tiene una empresa manufacturera durante los últimos lanzamientos de nuevos productos a producción, al no ser constante con el correcto suministro de materiales en tiempo y cantidad para así poder lograr una eficiente entrega de producto final al cliente. Para determinar la situación inicial se realizó un mapeo de actividades del proceso en conjunto con los programadores de materiales y se plasmó en un diagrama PERT, posterior a esto, se capturaron los tiempos de espera por la falta de materiales en la línea de producción, se seleccionó el tipo de material con mayor tiempo de espera, posteriormente se realizó una investigación más profunda, se elaboraron entrevistas uno a uno con todos los integrantes de los diferentes departamentos participantes en el tipo de material con mayor tiempo de espera, una vez identificadas todas las posibles causas de tiempo de espera se realizaron correcciones y mejoras en los tiempos y secuencias de ejecución de tareas, así como se identificaron responsables para cada una de las tareas.

El resultado de esta investigación arrojó una correcta secuencia y tiempo propuestos de ejecución de las tareas para asegurar que los tiempos de espera por materiales no impactaran a la línea de producción, esta investigación arroja un gráfico PERT más complejo y con nuevas tareas que permiten una mejor gestión de materiales para una línea de ensamble, por lo que se concluye que el uso de herramientas estandarizadas permite una mejor gestión de materiales para una línea de ensamble.

Palabras Clave-- Correcta secuencia, diagrama PERT, mapeo de proceso.

Abstract -- This paper presents the problem that a manufacturing company has during the last launches of new products to production, by not being constant with the correct supply of materials in time and quantity in order to achieve an efficient delivery of the final product to the client. To determine the initial situation, a mapping of the process activities was carried out in conjunction with the materials programmers and it was captured in a PERT diagram, after this, the waiting times due to the lack of materials in the production line were captured, The type of material with the longest waiting time was selected, later a more in-depth investigation was carried out, one-on-one interviews were carried out with all the members of the different departments participating in the type of material with the longest waiting time, once all the possible causes of waiting time, corrections and improvements were made in the times and sequences of execution of tasks, as well as those responsible for each of the tasks were identified.

The result of this investigation yielded a correct sequence and proposed execution time of the tasks to ensure that the waiting times for materials did not impact the production line. This investigation yields a more complex PERT chart with new tasks that allow better materials management for an assembly line, therefore it is concluded that the use of standardized tools allows a better management of materials for an assembly line.

Keywords-- Correct sequence, PERT diagram, process mapping.

INTRODUCCIÓN.

El inicio de producción de una nueva línea de ensamble automotriz dentro de una planta manufacturera, es un gran reto para organizar la llegada de la materia prima dentro de los diferentes almacenes que tiene una empresa, también se habla de recibo de materia prima, resinas, partes compradas, etc., la distribución de materia prima para crear subcomponentes en cantidad y forma, el aprovechamiento del espacio dentro de la planta, así como la correcta distribución de la materia prima, por todo esto, si no se cuenta un sistema correcto de compra o fabricación interna, en el tiempo correcto y en la cantidad correcta, podría llevar a generar grandes pérdidas por tiempo muerto, sobreproducción, espacios mal utilizados dentro de los diferentes almacenes, provocando una cadena de desperdicios que al paso del tiempo pueden generar numerosos paros de línea. El propósito de esta implementación es eliminar el desperdicio de materia prima, almacenajes innecesarios, tiempos extras, etc. y establecer un trabajo estándar para los próximos lanzamientos de nuevas líneas de producción.

En la figura 1 se muestra los problemas que diariamente se encuentran las áreas de suministro de componentes a las líneas de producción, los inventarios, no se encuentran balanceados o no cuentan con suficiente cantidad para cubrir el requerimiento de la línea de producción, lo que provoca cambios inesperados afectando la producción de la línea.

DESCRIPCION	Real	Atrazado	1/9	1/20	1/21	1/22	1/23
CARCAZA A LADO IZQUIERDO	1100	720	360	360	360	360	360
CARCAZA A LADO DERECHO	882	720	360	360	360	360	360
LENTE EXTERNO A LADO DERECHO	0	720	360	360	360	360	360
LENTE EXTERNO A LADO IZQUIERDO	0	720	360	360	360	360	360
LENTE EXTERNO B LADO DERECHO	540	0	0	0	0	20	0
LENTE EXTERNO B LADO IZQUIERDO	230	0	0	0	0	20	0
LENTE INTERNO A LADO IZQUIERDO	1498	720	360	360	360	360	360
LENTE INTERNO A LADO DERECHO	578	720	360	360	360	360	360
LENTE INTERNO B LADO IZQUIERDO	980	0	0	0	0	0	0
LENTE INTERNO B LADO DERECHO	1554	0	0	0	0	0	0
REFLECTOR A LADO DERECHO	0	720	360	360	360	360	360
REFLECTOR A LADO IZQUIERDO	150	720	360	360	360	360	360
REFLECTOR B LADO DERECHO	0	0	0	0	0	0	0
REFLECTOR B LADO IZQUIERDO	150	0	0	0	0	0	0

Figura 1. Ejemplo de Lista de Materiales en Inventario Mal Balanceado

Durante los últimos inicios de nuevos productos a producción que se han tenido en planta, no se ha logrado tener un suministro de materiales adecuados en tiempo y en cantidad afectando considerablemente los lanzamientos de los proyectos en su fase de arranque de producción, impactando directamente a no cumplir la meta de desempeño de la línea durante esta fase. Por lo que este estudio pretende identificar, analizar y evaluar los faltantes de materia prima para desarrollar una correcta gestión de suministro de materiales para una línea nueva de producción.

Este estudio propone identificar y evaluar los métodos actuales para la gestión de materiales, con resultado

sobre esta investigación se busca desarrollar e implementar una mejor gestión de materiales para una línea nueva.

La investigación de las diferentes causas raíz para el incorrecto abastecimiento de materia prima, así como un desbalance en los inventarios en el área del almacén, se centra en el impacto negativo que tiene en la empresa manufacturera en la que se realiza este estudio con todos sus clientes directos que participan en una cadena su suministro de materiales en serie, en donde la principal consecuencia es un descontento por parte de los clientes y un retraso en la meta establecida por la empresa.

Conocer estas causas raíz permitirá desarrollar mejores metodologías basadas en una entrega de material, con un enfoque específico a mejorar el esfuerzo y tiempo para el surtido de la materia prima, ya que en la empresa donde se desarrolla esta investigación no cuenta con una metodología formal para resolver la problemática.

MARCO TEÓRICO

Un sistema de manufactura es el grupo de tareas que están relacionados con un grupo de recursos para obtener un producto. Las tareas realizadas son los procesos de fabricación, maquinado, uso de materiales y procesos de información; que son parte de un proceso de producción. Los recursos son el personal, las máquinas, los materiales, etcétera; que son necesarios para la ejecución de las actividades [1]. El sistema de manufactura mantiene las necesidades de una línea de producción para que funcione dentro de un ambiente de manufactura con objetivos y procedimientos claros. Dentro de este estudio se llamará línea de producción o línea de ensamble refiriéndose por igual a ambos conceptos.

Las líneas de producción, parte fundamental en casi todos los sistemas de producción, están formadas por un número determinado de estaciones de trabajo y de tareas, los cuales tienen definido un tiempo de proceso y un conjunto de relaciones de precedencias que determinan el orden de proceso de las tareas. Básicamente, la problemática de equilibrado de líneas consiste en definir las tareas a la secuencia ordenada de las operaciones, de tal modo que cumplan las relaciones de precedencia y se optimice una función objetivo [2]. Por otro lado, [3] menciona que una línea de ensamble es una disposición de trabajadores y máquinas en una fábrica, donde cada trabajador se ocupa de una sola parte de un producto, donde el producto pasa de un trabajador a otro hasta que se termina.

[4] mencionan que la gestión de materiales es la coordinación de actividades de trabajo, de tal manera que se realicen de un modo eficiente y eficaz en conjunto con otras personas y a través de ellas, por lo que se convierte en el principal objetivo de toda gestión. En este estudio la gestión de materiales se

refiere a partes compradas y partes moldeadas que se utilizan dentro de una línea de ensamble. Para [5], el objetivo de la logística es el conjunto de tareas que desarrollan las compañías en relación con el abastecimiento de productos y materiales, su tratamiento y posterior incorporación a un proceso de fabricación para adquirir un bien o producto terminado, el almacenaje de éste y la distribución a los clientes.

En la actualidad hay varios criterios para definir la demanda, de acuerdo a los expertos en mercadotecnia y economía, la demanda es el factor más preponderante para las empresas, así, [6] definen demanda como: La aspiración de un producto respaldado por la capacidad de adquisición. Según [7], la demanda se refiere a “las cantidades de un bien o producto que los consumidores están dispuestos a adquirir a los diferentes precios del mercado”.

Tomando en cuenta las anteriores definiciones se puede establecer el concepto de demanda para ser utilizado como demanda de cliente. Por otra parte, por medio de las funciones (finanzas, mercadotecnia y operaciones) se define el valor para el cliente. En cambio, es poco común que las compañías creen valor por sí mismas. En lugar de eso, se apoyan con diferentes proveedores que suministran desde materia prima hasta los servicios administrativos como la contabilidad. En grupo estos proveedores son considerados como una cadena de suministro, formando una organización global de actividades que proveen de bienes y servicios a una compañía [8].

Como lo cita [9], la lista de materiales (BOM, *Bill of materials* por sus siglas en inglés) es una lista estructurada de las partes que se utilizan para obtener un producto, [10] también lo definen la completa descripción de los productos y enlista los materiales, componentes y piezas, también la secuencia en que se construyen los productos.

Los inventarios son aquellos artículos o almacenes utilizados en la producción (productos en proceso y materia prima), tareas de soporte (suministro de reparación y mantenimiento) y servicio al cliente (repuestos y servicio al cliente) [11].

También son clasificados en inventarios de materias primas que se compran para ser procesadas o cambiarles las propiedades físicas, este inventario también puede ser usado para separar a los proveedores del proceso de producción. Por otra parte, se tiene el inventario en proceso (WIP, *Work In Process* por sus siglas en inglés) es de materias primas o componentes que han sido modificados, pero sin estar terminados. A su vez el inventario para mantenimiento, reparación y revisión (MRO, *Maintenance, Repair and Overhaul* por sus siglas en inglés) es inventario asignado a mantenimiento, reparación y operaciones necesarios para mantener productivos la maquinaria equipo y los procesos. Finalmente, el inventario de bienes

terminados que son los productos completados que esperan su embarque. Los productos terminados pueden entrar en el inventario por no estar definidas las demandas futuras del cliente como lo mencionan [12].

Los riesgos de la administración de proyectos son altos para el administrador de operaciones en la programación de un proyecto, los altos costos y los retrasos innecesarios ocurren debido a la deficiente programación.

Los proyectos que necesitan meses o años para realizarse suelen ser desarrollados fuera de los sistemas normales de elaboración. Las compañías pueden establecer organizaciones de proyecto específicas para administrar dichos trabajos, y a menudo las eliminan después de su conclusión. Los proyectos pueden ser solo una parte del trabajo de un administrador, la gestión de proyectos consta de tres fases:

a) Planeación: Esta etapa incluye el establecimiento de objetivos, la definición del proyecto y la organización de los integrantes del equipo.

b) Programación: En esta etapa interactúan las personas, el dinero y los suministros con tareas específicas, y se establece la relación de las tareas entre sí.

c) Control: Aquí la empresa monitorea recursos, costos, calidad y presupuesto. Además supervisa y modifica los planes y asigna los recursos para satisfacer requisitos de costo y tiempo.

En etapa empieza con una visión general de estas funciones. También describe las tres técnicas más comunes que permiten a los gerentes planear, programar y controlar el proyecto utilizando gráficas de Gantt, PERT y CPM [13].

[14] mencionan que la (Técnica de planificación y revisión de proyectos (PERT, *Program Evaluation and Review Technique* por sus siglas en inglés), que es técnica de revisión y evaluación de programas. Un gráfico PERT, también conocido como diagrama de red o método ruta crítica con datos probabilísticos, es una herramienta de planificación y control que representa gráficamente la mejor manera de lograr un objetivo predeterminado, generalmente en términos de tiempo.

Como marco referencial se encontró en la diferente literatura que [15] describe que el sistema diseñado para administrar los tiempos y costos de todo el programa Polaris en 1958, así fue llamado el primer misil lanzado desde un submarino por la armada norteamericana, se le dio el nombre de PERT, una herramienta de coordinación enraizada tanto en el programa investigación de operaciones, desarrollado en Inglaterra en los treinta e implementado exitosamente en la Segunda Guerra Mundial, como en los más recientes avances de la naciente cibernética. El método PERT ampliamente implementado por la industria y el empresariado en los años de 1960 jugó un rol fundamental en el éxito del programa Polaris.

[16] menciona como se utilizó el método PERT como herramienta principal de planeación en su investigación para el control de la construcción de vías peatonales donde menciona que usando las metodologías programáticas se tiene una idea clara de la duración de cada actividad que conforman este proyecto, también [17] utilizaron el método PERT en la implementación de la campaña comunicacional para la organización Cooperativa de Ahorro y Crédito Ambato Ltd. con el fin de fortalecer la imagen institucional, donde han identificado una ruta crítica las actividades del proyecto que optimiza el tiempo y los costos de ejecución. [18] menciona el uso del método PERT en la compañía minera Suyamarca S.A. – UO Pallancata donde el trabajo de investigación “Aplicación del método PERT-CPM en la mejora y control de gestión de procesos y equipos en Compañía Minera Suyamarca S.A. – UO Pallancata”, trata sobre cambiar la estrategia original de gestión operativa soportada en procesos que solo contempla dos subprocesos a una estrategia que contempla 6 subprocesos y sus equipos, se enfoca en la mejora anual debido a la situación actual del sector minero.

DESARROLLO

Para el desarrollo de la metodología se realizaron entrevistas uno a uno con diferentes miembros de la empresa de las áreas de ingeniería, logística, calidad, áreas de moldeo. En estas entrevistas no se usa una metodología en específico, solo se lleva una charla informal con el personal de estas áreas y se hacen notas en un cuaderno. Se desarrollan cada uno de los pasos a seguir para asegurar la correcta gestión de materiales para una línea de ensamble. La figura 2 muestra de manera general los pasos a seguir para este proyecto la gestión de materiales.

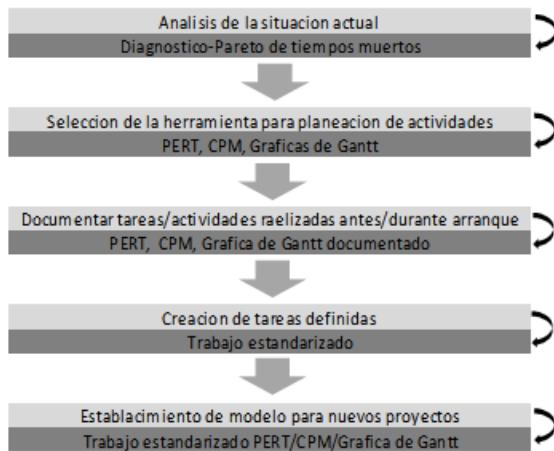


Figura 2. Esquema Para la Gestión de Materiales de una Línea de Ensamble

Análisis de la Situación Actual

La figura 3 representa la recopilación de los tiempos de producción retrasados ocurridos durante el periodo enero-diciembre 2021, se identifican las diferentes clasificaciones de afectación respecto del tiempo relacionado con el origen del retraso. La escala de tiempo se presenta en minutos.

Como resultado de la captura de datos se obtiene que la mayor incidencia está en los componentes internos, donde la figura 3 representa que:

- a) Componentes internos acumuló 13,242 minutos.
- b) Componentes externos acumuló 10,016 minutos.
- c) Empaque para producto terminado acumuló 328 minutos.

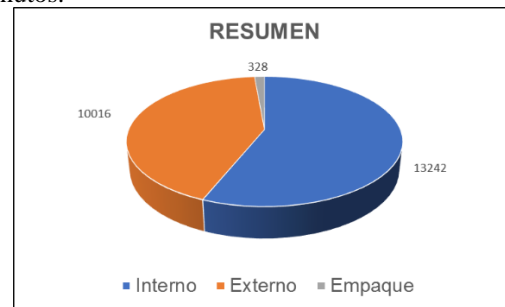


Figura 3. Minutos Acumulados en el Periodo 2021

Analizando la figura 3, se obtiene la tabla 1 que muestra de manera descendente en los dos grupos con mayor aportación de minutos de espera por componentes internos y externos.

Tabla 1. Tiempos de Retraso 2021 por Componente y Clasificación

Interno	Tiempo	Externo	Tiempo
Lente interno	5414	Tablilla	9049
Carcaza	2008	Arnés	531
Lente externo	1134	Guía de luz	186
Reflector	865	Etiqueta	140

Seleccionando el conjunto de componentes internos se obtiene la figura 4 mostrando el mayor contribuyente.

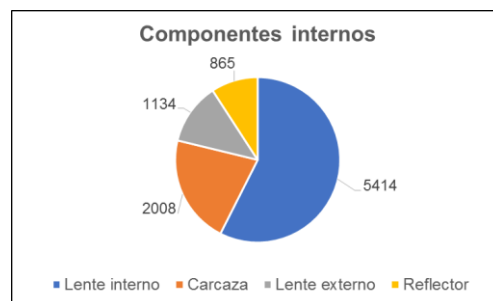


Figura 4. Tiempos de Retraso 2021 por Componente y Clasificación.

Descripción de la Situación Actual

Durante el trabajo de investigación se realizaron entrevistas a diferentes empleados relacionados con la línea de producción lámpara trasera de cajuela, la secuencia de empleados entrevistados que a continuación se mencionan se describen de acuerdo con el nombre a su puesto laboral, se enlistan solo los empleados entrevistados, es necesario mencionar que existen más empleados relacionados con el área, pero solo el siguiente listado muestra a los empleados entrevistados, las entrevistas fueron de acuerdo con el siguiente orden:

- a) Servicio al Cliente: Es el empleado que está en contacto directo con el cliente para conocer y entender los requerimientos de las lámparas traseras.
- b) Planeador de producción: Es el empleado que recibe por parte del servicio al cliente la demanda del cliente.
- c) Procuración de partes externas: Es el empleado que es el responsable de adquirir los componentes externos necesarios.

Del resultado de las entrevistas con los diferentes empleados, se elabora el diagrama que se denomina Diagrama de Planeación, y se muestra en la figura 5 de manera de flujo del trabajo.

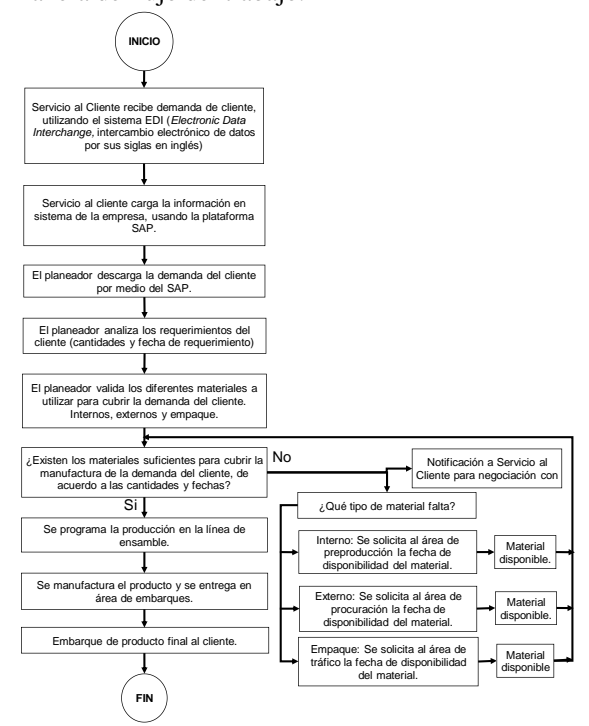


Figura 5. Diagrama de Planeación

Descripción de los Tiempos de Retraso

Durante la investigación se selecciona el lente interno debido a que es el mayor contribuyente en tiempos de retraso de los componentes internos, para encontrar la o las causas por las que el lente interno fue el mayor

contribuyente se utiliza el mismo método de investigación.

En la figura 5 se hace la siguiente pregunta: ¿Existen los materiales para cubrir la manufactura de la demanda del cliente de acuerdo con las cantidades y fechas?, se encontraron al menos los siguientes tipos de eventos:

- a) El material se encontraba disponible en el WIP como material listo para ser usado, pero al momento de ser llevado a la línea de ensamble y extraerlo del contenedor mostró defectos de calidad que no permitían su uso para el proceso.
- b) El material se encontraba disponible en el WIP como disponible, pero la cantidad física era inferior a lo que el sistema registraba.
- c) El material no se encontraba disponible en el WIP, esto debido a retrasos del área de preproducción.
- d) El material no se encontraba disponible en el WIP, esto debido a herramental no disponible por daño.

Análisis de los Tiempos de Retraso

Durante la investigación, se continuó con el análisis de los tiempos de retraso. A continuación, se muestran algunos de los hallazgos en los diferentes escenarios en los que el componente lente interno impacto a la línea de ensamble.

a) El material disponible en el WIP presentó problemas de calidad, a continuación, se enlistan los posibles fallos encontrados:

- a.1. No se llevó a cabo la liberación de las primeras piezas de acuerdo con el procedimiento interno en el área de moldeo.
- a.2. El proceso de moldeo fue llevado a otra máquina que no es la titular para el molde que corresponde al lente interno, en esta otra máquina el molde o proceso de moldeo se comporta de manera diferente y produce lentes internos fuera de calidad, o bien con defectos nuevos que el operador de la máquina no conoce.
- a.3. No se siguió el trabajo estándar en la estación de salida de piezas moldeadas, una falla recurrente es el no uso de los escantillones de enfriamiento.
- a.4. Retraso en la inspección de primeras piezas en el área de ensamble.

b) Material no disponible en WIP debido a retrasos en el área de preproducción:

- b.1. Baja productividad por ausentismo al inicio de semana.
- b.2. Problemas propios de administración del área de preproducción.
- b.3. Problemas puntuales propios del medio ambiente o el entorno de la ciudad.

c) Material no disponible en WIP debido a retrasos por herramientas no disponibles en tiempo para el área de preproducción.

- c.1. Herramental dañado por causas naturales del proceso.

c.2. Mantenimiento preventivo no terminado en tiempo.

Selección de Herramienta de Planeación

Para la elaboración de un método estándar de planeación, se propone el método de PERT, durante el ensayo se elabora la siguiente propuesta para las tareas descritas en la figura 5, por lo que en la tabla 2 se muestra la propuesta recomendada a seguir. De la tabla 2, se muestra de manera más ilustrativa la red de secuencia de las tareas de planeación, como se muestra en la figura 6.

Tareas Recomendadas del Análisis de los Tiempos de Retraso

En la sección de análisis de los tiempos de retraso, se identificaron las causas por las que el material no estaba disponible al momento de que el material era requerido para ser utilizado en la manufactura de las lámparas traseras, siguiendo la metodología aplicada de entrevistas con los participantes del equipo de soporte en las áreas de preproducción en conjunto con el planeador, se llega a las siguientes propuestas para prevenir la falta de algún componente interno.

Tabla 2. Tareas de Planeación

ACTIVIDAD	Predecesora	Tiempo Optimista	Tiempo Probable	Tiempo Pesimista
A Servicio al cliente recibe demanda de cliente	No aplica	1	1	2
B Servicio al cliente carga demanda de cliente en plataforma SAP	A	2	3	4
C Planeador descarga la demanda del cliente por medio de SAP	B	1	1	2
D El planeador analiza los requerimientos de cliente	C	2	2.5	3
E El planeador valida los materiales de componentes internos a utilizar para cubrir la demanda del cliente	D	1	1	1.5
F El planeador valida los materiales de componentes externos a utilizar para cubrir la demanda del cliente	D	0.75	0.75	1
G El planeador valida los materiales de empaque a utilizar para cubrir la demanda del cliente	D, F	0.5	0.5	0.75
H Se programa la producción en la línea de ensamble	E, F, G	1	2	4
I Se manufactura el producto y se entrega en área de embarques	H	24	36	43
J Embarque de producto final al cliente	I	3	3	5

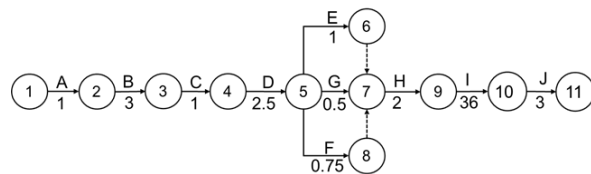


Figura 6. Red de Tareas de Planeación

Con el propósito de prevenir los hallazgos de problemas de calidad se llevó a cabo una entrevista grupal, participando el responsable de calidad del área de preproducción, el supervisor de preproducción y los técnicos de moldeo, durante la entrevista se llegaron al menos a los siguientes acuerdos para atacar los 4 puntos

relacionados a la mala calidad de los componentes internos:

1. Se mejoró el proceso de liberación de primeras piezas, se revisó el formato, los miembros del equipo mejoraron el proceso de liberación haciendo más efectivo los puntos de inspección por parte de cada miembro, no se le dejó todo el trabajo al operador, se repartieron tareas entre operador, técnico de moldeo e inspector de área de moldeo
2. Actualmente existe una hoja de puesta a punto para cada molde, sin embargo, la necesidad es usar el mismo molde en diferentes moldeadoras, por lo que el área responsable de procesos de moldeo en conjunto con el equipo de planeación definió un máximo de tres opciones de máquina para cada molde, y a su vez el equipo de procesos de moldeo entregara una hoja de puesta a punto de cada molde en cada máquina moldeadora.
3. Para mejorar el uso de los escantillones de enfriamiento, el equipo del área de manufactura de preproducción y tomando en cuenta la opción de un molde podrá ser usado en un máximo de tres moldeadoras, se comprometió a que sus escantillones de enfriamiento tendrán una base de sujeción estándar que fácilmente podrá ser instalada en cualquier estación de moldeo.
4. Para mejorar el proceso de liberación de primeras piezas, se acordó con el laboratorio que recibirá por parte del área de programación, el mismo reporte de planeación de producción para poder hacer una mejora en su servicio.

Diagrama de Planeación Propuesto

En la tabla 3 se muestra la propuesta de cómo se puede modificar el gráfico PERT después de haber hecho el ejercicio con los diferentes equipos de trabajo que participan en asegurar que el inventario que se encuentra en el WIP esté en condiciones de uso. De la tabla 3, se elaboró la red de actividades mostrada en la figura 7, donde se muestra de manera más ilustrativa la red de secuencia de las tareas de planeación mejorada que incluyen las nuevas tareas asignadas.



Figura 7. Red de Tareas Planeación Mejorada

DISCUSION Y ANALISIS DE RESULTADOS

A continuación muestran y analizan los potenciales resultados de la implementación de un sistema PERT para la gestión de materiales para una línea de ensamble. Como se menciona en la sección análisis de los tiempos de retraso, se hace la evaluación del lente interno, el cual fue el de mayor contribución en los tiempos de retraso.

Con la presentación del panorama general del 2021 al equipo multifuncional, se iniciaron las juntas de trabajo para analizar las diferentes causas de la falta de material interno en las áreas de ensamble.

La primer razón a analizar fue que la materia prima se encontraba pero no cumplía con las características de calidad, por lo cual se agregaron tareas estándar para el proceso de moldeo y que estas estén relacionadas al termino de ellas con el planeador de producción cuando este acude a verificar que la cantidad de material disponible en el WIP sea correcto en cuanto al tema de calidad.

Las tareas estandarizadas a la gestión de materiales enlistadas nos permiten prevenir que en los nuevos proyectos por iniciar se vuelva a presentar el mismo modo de falla. En la investigación que se realizó con el equipo de la lámpara trasera de cajuela, no solo fueron nuevas tareas asignadas a las diferentes áreas de servicio, si no que esas nuevas tareas o tareas documentadas se originaron en el mismo equipo, incluso del área de servicio que potencialmente fue la causa de los tiempos de retraso.

En el ejemplo de la rama de los nodos 12 al 16 el equipo logró que los departamentos de servicios acudan con tareas ya realizadas para asegurar el cumplimiento del programa tales como:

- Una correcta preparación del molde en máquina.
- Una correcta hoja de puesta a punto de molde contra máquina de inyección.
- Un correcto entrenamiento en criterios de calidad para los nuevos componentes que se moldean en la planta.
- Un correcto balanceo y distribución de operaciones, desde recoger pieza, inspeccionar y empaclar el material de manera correcta para prevenir daños en el lente interno o cualquier otro componente moldeado
- Un correcto inventario físico en el WIP al inicio, durante y al finalizar cada turno y entrega de turno.

A continuación, con las tareas arriba descritas de mejora, se elaboró la siguiente gráfica utilizando el programa DS for Windows® en donde se capturan todas las tareas iniciales y las tareas nuevas definidas por el grupo multifuncional resultando un gráfico donde se muestra la ruta crítica, que son las tareas que no pueden tener demora para la correcta gestión de materiales para la línea de ensamble como se muestra en la figura 8 donde las actividades mostradas en color rojo, son las integrantes de la ruta crítica.

En la figura 8, ahora es posible identificar de manera visual la importancia del proceso de moldeo, así como las tareas de los diferentes departamentos del equipo multifuncional al mismo tiempo que las tareas administrativas del departamento de logística.

Tabla 3. Tareas de Planeación Mejora

ACTIVIDAD	Predecesora	Tiempo Optimista	Tiempo Probable	Tiempo Pesimista
A Servicio al cliente recibe demanda de cliente	No aplica	1	1	2
B Servicio al cliente carga demanda de cliente en plataforma SAP	A	2	3	4
C Planeador descarga la demanda del cliente por medio de SAP	B	1	1	2
D El planeador analiza los requerimientos de cliente	C	2	2.5	3
E El planeador valida los materiales de componentes internos a utilizar para cubrir la demanda del cliente	D	1	1	1.5
F El planeador valida los materiales de componentes externos a utilizar para cubrir la demanda del cliente	D	0.75	0.75	1
G El planeador valida los materiales de empaque a utilizar para cubrir la demanda del cliente	D	0.5	0.5	0.75
H Se programa la producción en la línea de ensamble	E, F, G	1	2	4
I Se manufactura el producto y se entrega en área de embarques	H	24	36	43
J Embarque de producto final al cliente	I	3	3	5
K El tecnico de moldeo realiza el set up de molde	No aplica	1	2	2
L El operador de preproducción libera su proceso correctamente	K	1	1	2
M El supervisor de preproducción y supervisor de calidad libera arranque de primeras piezas	L	1	1	2
N Proceso de moldeo	M	1	4	6
O Transporte de material moldeado al área correspondiente y alta en sistema de inventarios	N	1	1	1
P El Ing de Procesos de moldeo valida que el molde tenga a la vista la hoja de puesta a punto en la máquina de inyección	No aplica	0.25	0.5	0.75
Q El Ing de Procesos valida que las fixturas de enfriamiento se encuentren montadas en la mesa de trabajo	P	0.25	0.5	0.75
R El Ing de Procesos en conjunto con el supervisor de preproducción y supervisor de calidad validan que las fixturas de enfriamiento estan siendo utilizadas para la liberación de primeras piezas	Q	0.25	0.5	0.75
S El supervisor de entrenamiento se asegura que en la estación de trabajo se cuente con la información necesaria para inspeccionar la nueva parte a moldear	No aplica	0.25	0.5	0.75
T El supervisor de entrenamiento se asegura y entrena que el operador utilice la carpeta con la información necesaria para inspeccionar la nueva parte	S	0.25	0.5	0.75
U El departamento de ingeniería industrial crea los diferentes escenarios para el área de moldeo anticipando las potenciales ausencias durante la semana	No aplica	0.25	0.5	0.75
V El ingeniero industrial valida que el proceso de moldeo se corra con el escenario correcto de acuerdo al nivel de ausentismo que presente el área de moldeo	U	0.25	0.5	0.75
W Materialista de preproducción revisa inventarios de componentes moldeados y empaque vacío y detecta materiales cortos	No aplica	0.25	0.25	0.75
X Materialista notifica a team leader	W	0.25	0.25	0.5
Y Team leader revisa asistencias al inicio de turno	X	0.25	0.25	0.5
Z Team leader notifica a supervisor asistencia operativa, disponibilidad de materiales y empaque	Y	0.25	0.25	0.75
AA Supervisor notifica a planeador de preproducción componentes cortos	Z	0.25	0.25	0.5
AB Materialista de almacen cuenta los inventarios de componentes externos contra inventario minimo definido previamente entre compras, área de procuración y planeador	No aplica	1	1.5	2
AC Materialista de almacen notifica a supervisor de almacen resultado de conteo del inventario y envía al procurador inventarios de partes externas	AB	0.25	0.5	1
AD El procurador de partes externas notifica a proveedor la cantidad requerida para cubrir la demanda del planeador	AC	.5	1	1.5
AE El proveedor envía las partes externas al almacen de la compañía	AD	2	3	4
AF El área de recibos ingresa el material de partes externas, les da entrada en sistema y las coloca en el almacen de la compañía	AE	1	1.5	2
AG El supervisor de almacen notifica al procurador el nuevo inventario de partes compradas	AF	.25	.5	1

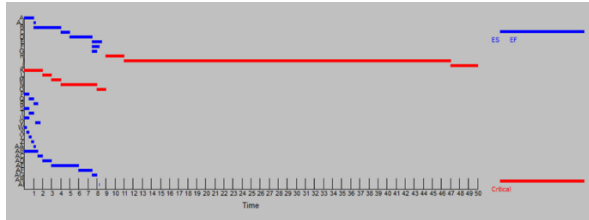


Figura 8. Gráfica PERT de Tareas Planeación Mejorada.

CONCLUSIONES

Se concluye que mediante la utilización de una metodología estandarizada como PERT resulta eficiente para la mejora en el desempeño de los nuevos proyectos en cuestión de la gestión de materiales para los nuevos proyectos en coordinación con las diferentes áreas de suministros.

A su vez, se logró identificar y evaluar los métodos actuales para la gestión de materiales mediante la creación de un esquema que mostró las tareas realizadas para la gestión de materiales, con el nuevo esquema de tareas definidas con tiempos determinados y una secuencia determinada se logró desarrollar e implementar una mejor gestión de materiales para una línea nueva.

Este estudio recomienda el uso de PERT sobre otras metodologías por su facilidad de interpretación de resultados en los gráficos y la fácil disponibilidad *softwares*, también se recomienda como herramienta estandarizada para los diferentes tipos de partes internas dentro de la lámpara trasera de cajuela del proyecto evaluado, la recomendación se extiende también al uso para partes internas, partes externas y empaques de otros nuevos proyectos y a su vez para los proyectos actuales dentro de la planta donde el estudio fue realizado.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Mata G., Mendez A., Cardillo J, y Chacon E. (2016), Análisis de Sistemas de Manufactura Conteniendo una Exclusión Mutua Usando Redes de Petri, Revista Ingeniería UC, Carabobo, Venezuela, vol. 23, núm. 1, abril, 30-40.

[2] Murillo G.R, Peñaherrera F., Borja. S.E y Vanegas V. (2018), Líneas de ensamble y balanceo y su impacto en la productividad de los procesos de manufactura", Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, 2018.

[3] Collins, (2022), Collins COBUILD Advanced Learner's Dictionary. Copyright © HarperCollins Publishers.

[4] Robbins S. y Coulter M. (2020), Management, Pearson, 15th edition, Hoboken, NJ.

[5] Ferrín, A. (2007). Gestión de stocks en la logística de almacenes. 2 da. Edición. Madrid: Editorial Fundación Confemetal.

[6] Kotler P. y Keller K.L. (2012), Dirección de Marketing, Pearson Educación, México, Decimocuarta Edición

[7] Fisher de la Vega L.E y Espejo Callado (1985) Mercadotecnia, McGraw- HILL/Interamericana Editores S.A de C.V.

[8] Heizer J. y Reinder B. (2014), Principios de Administración de Operaciones, Pearson Educación, 9ª edición, México.

[9] Vegetti M., Hanning G. y Leone H. (2003), Un modelo de objetos para Bills of Materials complejos, Red de Universidades con Carreras en Informática (RedUNCI), Argentina.

[10] Chase R.B, Jacobs F.R y Aquilano N.J, Administración de Operaciones Producción y Cadena de Suministros, McGraw Hill, 12ª edición.

[11] Duran Y, (2012), Administración del Inventario: Elemento Clave Para la Optimización de las Utilidades en las Empresas, Visión Gerencial, núm. 1, Pp 55-78, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.

[12] Heizer J. y Reinder B., (2009), Dirección de la Producción y de Operaciones, Decisiones Tácticas, Pearson Educación, 8ª edición, Madrid

[13] Heizer J. y Reinder B. (2014), Principios de Administración de Operaciones, Pearson Educación, 9ª edición, México.

[14] Niebel B.W. y Freivalds A. (2009), Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo, McGraw Hill, 12ª edición.

[15] Moder J.J., Phillips C.R & Davis E.W. (1983), Project Management whit CPM, PERT & Precedence Diagram, Van Nostrand Reinhold Company, NY

[16] Gracia Delgado S.G (2018), Uso de las Metodlogias PERT y GANT para el control de la construcción de Vias Peatonales, UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, Guayaquil, Ecuador.

[17] Flores Tapia C. E., & Flores Cevallos K. L. (2021). Aplicación del Modelo PERT-CPM a la Gestión de Proyectos de Marketing Empresarial. Revista De Investigación Aplicada En Ciencias Empresariales.

[18] Peralta Camarena A.J. (2016), Aplicación del Método PERT-CPM en la mejora y Control de gestión de procesos y equipos en compañía minera Suyamarca S.A.—UO Pallancata, Huancayo, Perú.

ROL DE CONTRIBUCIÓN

Rol	Autor (es)
Conceptualización	José María Terrazas Mata –principal Manuel Alonso Rodríguez Morachis – igual
Curación de datos	José María Terrazas Mata –principal

	Manuel Alonso Rodríguez Morachis – apoya
Metodología	José María Terrazas Mata –principal Manuel Alonso Rodríguez Morachis – apoya Luz Elena Terrazas Mata – apoya
Administración del proyecto	José María Terrazas Mata –principal Francisco Zorrilla Briones - apoya
Recursos	Luz Elena Terrazas Mata - principal Manuel Alonso Rodríguez Morachis – apoya Francisco Zorrilla Briones - apoya
Software	José María Terrazas Mata –principal Manuel Alonso Rodríguez Morachis – igual Francisco Zorrilla Briones – igual
Supervisión	Manuel Alonso Rodríguez Morachis – principal Luz Elena Terrazas Mata - apoya Francisco Zorrilla Briones - apoya
Validación	José María Terrazas Mata –principal Manuel Alonso Rodríguez Morachis – igual
Visualización	José María Terrazas Mata –principal
Redacción	José María Terrazas Mata –principal Manuel Alonso Rodríguez Morachis – igual
Redacción	José María Terrazas Mata –principal Manuel Alonso Rodríguez Morachis – igual Luz Elena Terrazas Mata - apoya

Francisco Zorrilla Briones - apoya



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.