



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Vicerrectoría de Posgrados

e Investigación

Escuela de Ingeniería

Maestría en Sistemas Integrados de Manufactura y Estrategias de
Calidad

TITULO DE LA TESIS.

“Diseño de nuevo proceso de manufactura para ensamble de fascias clase premium
en empresa ensambladora Tier 1”

Tesis que para obtener el Grado de Maestro
en Sistemas Integrados de Manufactura y Estrategias de Calidad

Presenta

Emma Alejandra Cuatecontzi Rodriguez

Director

Dr. Hertwin Minor Popocatl

Puebla, México.

Octubre, 2019



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyla**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Vicerrectoría de Posgrados

e Investigación

Escuela de Ingeniería

Maestría en Sistemas Integrados de Manufactura y Estrategias de
Calidad

Se aprueba la Tesis:

Título del proyecto: “Diseño de nuevo proceso de manufactura para ensamble de
fascias clase premium en empresa ensambladora Tier 1”

Comité de Revisión.

Dr. Hertwin Minor Popocatl

Director

Dr. Omar Aguilar Mejía

Asesor

Dr. Alex Toledo Vazquez

Asesor

Puebla, México.

Octubre, 2019

Villa de Reyes, S.L.P. a 23 de Julio del 2019

Dr. Prudencio Fidel Pacheco García
Director del Posgrado

Por medio de la presente damos constancia de que la Ing. Emma Alejandra Cuatecontzi Rodríguez alumna de la Maestría en Sistemas Integrados de Manufactura y Estrategias de Calidad del Centro Interdisciplinario de Posgrados e Investigación de la UPAEP, como parte de su Proyecto Profesional estuvo a cargo del desarrollo del diseño de un nuevo proceso de ensamble que nuestra empresa Minghua de México S. A. de C. V. tenía comprometido este proyecto con nuestros directivos, el cual validaría la factibilidad del proceso para la futura implementación.

Las actividades realizadas por la Ing. Emma Alejandra Cuatecontzi Rodríguez consistieron, como ya se mencionó, en el desarrollo de propuestas de diseño de línea de ensamble, la cual dará producción a dos de los mas importantes productos de la empresa y permitirá tener líneas flexibles de manufactura y así ser mas competitivos ante futuros clientes.

Las propuestas brindadas contaron con la colaboración del equipo de producción, ingeniería industrial y mantenimiento aportando información para la realización del proyecto "Diseño de nuevo proceso de manufactura para ensamble de fascias clase premium en empresa ensambladora Tier 1" bajo la dirección de Ing. Francisco Norato Palacios. El análisis y propuestas permitieron a la empresa revisar la factibilidad y así elegir la opción que será implementada en un corto plazo.

Agradecemos el invaluable apoyo del equipo de trabajo de la Ing. Emma Alejandra Cuatecontzi Rodríguez, y su contribución en la propuesta de diseños y toma de decisión para la futura línea de ensamble.

Agradeciendo de antemano su atención se extiende la presenta para los fines que convengan a la interesada.

ATENTAMENTE


Minghua de México, S.A. de C.V.
23 JUL. 2019
Av. Munich #640 Parque industrial
Logistik II, SLP

Ing Francisco Norato Palacios

Dirección Proyectos

Av. Munich #640, Parque Ind. Logistik, Villa de Reyes, S.L.P., Teléfono 444 492 6283
Correo-e: francisco.norato@minghua.tech

RESUMEN

En el presente trabajo se muestra el análisis realizado para el diseño de la nueva línea de manufactura donde se dará la fabricación de fascias Premium, las cuales pertenecen al proyecto de autos alemanes denominado MSP, que serán manufacturadas en la empresa Minghua de México S.A de C.V. con sede en la ciudad de San Luis Potosí. Se desarrolló un primer escenario o propuesta, la cual mediante el uso del software SIMIO permitió observar cuáles serían los principales problemas en una producción diaria. Por lo que, con ayuda de análisis de tiempos y movimientos, se balanceó la línea y se generó un segundo escenario que se simuló de nueva cuenta y se obtuvo un mejor resultado. Esta nueva configuración permitió generar un análisis de capacidad de línea de producción y equipo necesario para la operación.

ÍNDICE

1. Introducción	5
1.1 Planteamiento del problema	6
1.2 Objetivos.....	7
1.3 Descripción de la compañía.....	8
2. Marco teórico.....	10
2.1 Distribución de planta.....	10
2.2 Estudio del trabajo.....	14
2.3 Simulación de líneas de producción.....	16
3. Caso de estudio.....	17
3.1 Descripción de la problemática.....	17
3.2 Descripción del proceso.....	18
3.3 Lay out de línea de ensamble.....	21
3.4 Simulación de proceso	24
4. Resultados.....	27
5. Conclusión.....	30
6. Referencias.....	31

1. INTRODUCCION

La industria automotriz en nuestro país ha tomado fuerza en los últimos años debido a la contribución a la economía. La primera planta que estuvo en el país fue Ford en el año de 1925, le siguió GM en 1938 y Automex quien se convertiría en Chrysler, sin embargo sólo ensamblaban autos para consumo local. Estas plantas eran exclusivamente de montaje con menos del 20% de componentes nacionales. En la década de los sesenta se emite el primer decreto automotriz que buscaba el fortalecimiento de la industria automotriz enfocada a la limitación de importaciones y mayor consumo de ensambles internos. En la década de los ochenta llegan nuevas plantas al país como Nissan y Mazda y abren nuevas instalaciones General Motors, Chrysler y Ford, sin embargo, la situación no era favorable por lo que se establece el Decreto para la racionalización de la industria automotriz la cual favorecía la exportación de autos y con la combinación de varios factores como tipo de cambio, incrementos de productividad y demanda interna provocó un superávit. Con la llegada del Libre Comercio de América del Norte (TLACAN) obligó a las ensambladoras a tener autos con mayor contenido de partes locales, pero también trajo consigo la disminución de tasas arancelarias, así como 16 por ciento de las fracciones de autopartes sufrieron reducciones de las tarifas, todo esto propició que las industrias ensambladoras y de autopartes pasaran de procesos con poca integración a integradoras mayores y con una evolución tecnológica competitiva (amia, 2018).

En la actualidad la producción de autopartes en Mexico ha tenido gran crecimiento gracias a su dinamismo y competitividad con el mercado internacional, se convirtió en el 5° productor a nivel mundial de autopartes y el 1° en América Latina en el 2017 así como que el 91% de los 100 mejores fabricantes de autopartes están instalados en México (amia, 2018).

En el estado de San Luis Potosí se han establecido muchas de las empresas de autopartes, así como General Motor y recientemente BMW. Esto debido a que San Luis Potosí se localiza en un punto estratégico por dos aspectos: es el enlace entre las entidades del Centro-Occidente y Norte del país que producen vehículos y, por ser parte del eje de transporte (carretero y ferroviario) para exportar los vehículos hacia Estados Unidos (ruta TLC) y marítima hacia otros países. (Neri Guzmán, 2018), este estado no sólo produce productos automotrices si no también alimenticios, eléctricos, metálica, sin embargo; está desarrollando cada vez más competencias para llegar a ser unos de los principales manufactureros de autopartes automotrices.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa Minghua de México S.A. de C.V. cuenta con una línea de ensamble de fascias para el proyecto actual con la cual cumple los lineamientos de cero defectos y entregas JIS (Just in sequence) es decir, de acuerdo con la solicitud de tiempo de entrega establecido por el cliente. Con la finalidad de ser una empresa líder en su ramo, Minghua ha competido por diversos proyectos de los cuales ha sido elegido para el desarrollo de uno de ellos, en el cual debe garantizar un inicio de operaciones con entregas vendibles a inicios del 2020, sin embargo la condición para este nuevo reto es entregar ambos productos en las diferentes ventanas logísticas que el cliente solicita cumpliendo con los estatutos de cero defectos para lo cual se requiere diseñar una nueva línea de manufactura que combine el proyecto actual y el futuro, garantizando la configuración correcta, la calidad en el montaje y cuidando cumplir la meta de ningún defecto con cliente, considerando optimizar costos de cambio de lay out, instalaciones, personal y equipos que la empresa tiene y debe adquirir.

1.2 OBJETIVO GENERAL

Proponer una configuración de línea de ensamble de fascias delanteras la cual opere en serie a inicios del año 2020, dicha línea proporcione productos con cero defectos y suministre 45 unidades por hora lo que garantice tener un tiempo ciclo igual o menor a 80 seg.

1.2.2 Objetivo específico:

1. Definir el lay out de línea de ensamble de fascia delantera que permita obtener el producto actual y el producto futuro cumpliendo con los requerimientos de cero defectos y 45 unidades por hora.

2. Proporcionar listado de equipo, maquinaria y estaciones de trabajo necesarios para la operación de la línea de ensamble de fascias delanteras considerando mínimo el 5% de la cantidad de elementos de la línea actual.

3. Realizar balanceo de línea propuesto que garantice el ensamble de 45 unidades por hora comprobado mediante simulación.

1.3 DESCRIPCIÓN DE LA COMPAÑÍA

La empresa de giro automotriz de origen chino Minghua de Mexico S.A. de C.V. pertenece al consorcio Jiangnan Moul and Plastic Technology, el cual cuenta con más de 50 años de experiencia enfocado en el desarrollo, manufactura y ventas de componentes automotrices. El consorcio tiene presencia en las ciudades de Beijing, Shenyand, Yantai, Wuhan, Jiangyin y Shanghai en China, para el año 2016 iniciaron operaciones las dos primeras plantas fuera China situadas en México y Estados Unidos.

La empresa Minghua de México se encuentra localizada en la ciudad de San Luis Potosí en la Av. Múnich #640, Parque Industrial Logistik Villa de Reyes, S.L.P. Dentro de los procesos que la empresa ofrece se encuentran inyección, pintura y ensamble de diversos productos automotrices, dentro de sus productos figuran piezas inyectadas de soportería como arcos de rueda, parrillas y conductos de aire y componentes de ensamble interno, piezas pintadas como alerones y productos ensamblados como fascias y estribos.

La compañía trabaja para clientes gama premium como BMW, Tesla y Volkswagen de México y busca ampliar sus horizontes buscando nuevos proyectos de empresa de clase mundial como Mercedes Benz, GM, Skoda, entre otros.

1.3.1 Política, misión y visión de la compañía.

La empresa cuenta con su política de calidad la cual busca los siguientes compromisos:

1. Cumplir los objetivos en la calidad de nuestros productos.
2. Posicionar la marca Minghua entre los mejores proveedores de nuestros OEM's (Original Equipment Manufacturer)
3. A través de la mejora continua de todos nuestros empleados y de Sistema de Gestión de Calidad (SGC), así como del análisis de riesgos, trabajamos en alcanzar nuestros objetivos de cumplir y sobrepasar las expectativas de nuestros clientes.

La visión que persigue la empresa es ser el mejor proveedor de sistemas para automóviles de lujo en el mundo y su misión que enuncia “enfoque en el cliente es la excelente tradición que sostenemos persistentemente en la compañía lo que convirtió en una ventaja inimitable.

Tratamos de satisfacer e incluso superar las necesidades de los clientes para mejorar la satisfacción de los clientes con un espíritu desinteresado, que se refleja especialmente en ofrecer a los clientes productos rentables, formar una asociación estratégica, entregar oportunamente con una garantía en calidad y cantidad, servicio y una respuesta rápida a las necesidades de los clientes y sus quejas”. Por su parte los valores diligencia, tolerancia y mejora continua son fundamentales para la compañía los cuales fomentan entre todos sus colaboradores permitiendo el crecimiento de la empresa y de cada uno de sus colaboradores.



Fig. 1 Imagen de la empresa en 2018.

1.3.2 Estructura Organizacional de la empresa

La compañía cuenta con su estructura organizacional liderada por el director general, el director de operaciones y el director administrativo. La primera dirección con la que la empresa cuenta es la dirección de operaciones, como se muestra en la figura 2 cuenta con 4 subgerencias: Inyección, Puntura y ensamble, las cuales cuentan con una estructura conformada por supervisor de producción quien es el responsable de los operadores, supervisor de mantenimiento con los técnicos a su cargo y los ingenieros de procesos, la gerencia de Logística con los supervisores y montacarguistas y facilidades conformado por supervisores y técnicos. La otra estructura con la que cuenta está conformada por las gerencias de Recursos Humanos, Administración y Finanzas, Fig. 3.

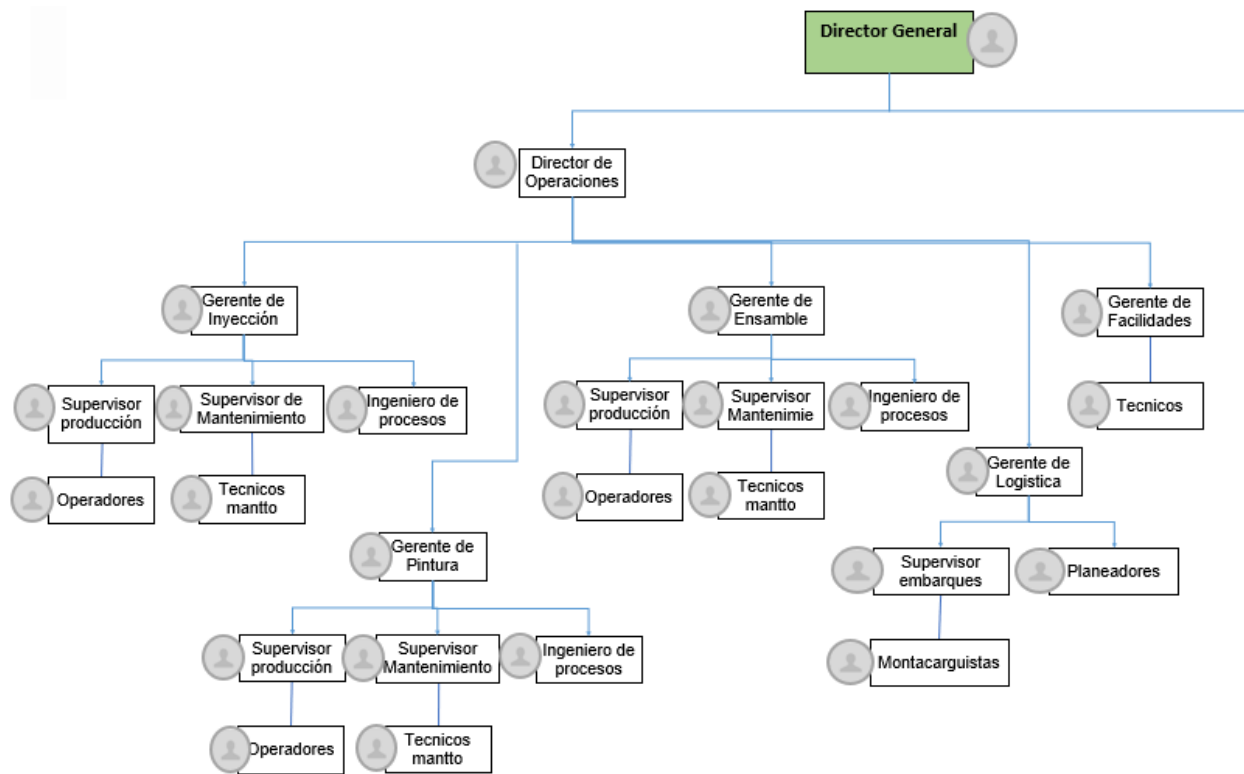


Fig. 2 Organigrama área operativa

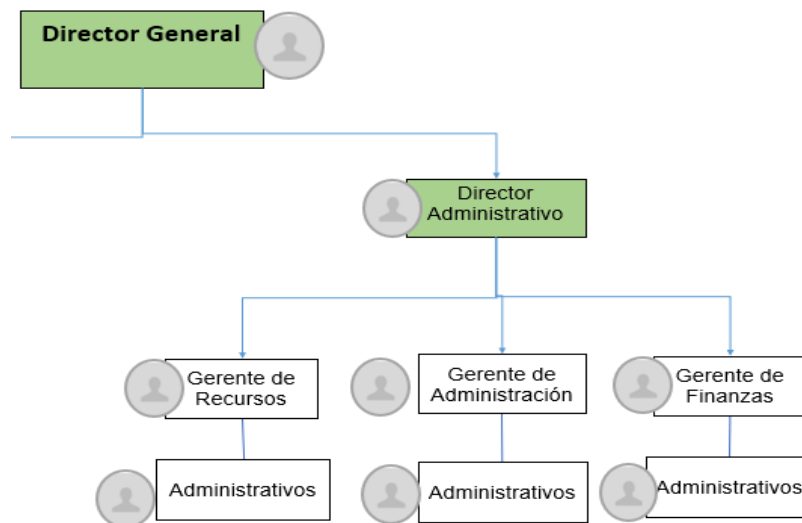


Fig. 3 Organigrama área administrativa.

Una peculiaridad que hace único a este tipo de proveedores automotrices es que trabajan bajo un esquema llamado justo en secuencia JIS (Just in Sequence) por sus siglas en inglés, el cual es un modelo que busca la habilidad del proveedor para poder entregar componentes o subsistemas en tiempo con la secuencia y configuración solicitada por el cliente minimizando costos de almacenaje e inventarios. Dicho en otras palabras, JIS significa que los componentes de los proveedores llegan a la línea de ensamble, en un momento específico, cuando ellos lo necesitan no antes como en el esquema justo a tiempo (JIT) y cada componente llega justo a la hora que la línea de producción lo requiere con la secuencia correcta y con la versión adecuada de acuerdo al requerimiento. La finalidad de esta forma de trabajar es que el operador de la línea de ensamble tome el componente directo de los contenedores del cliente y los instale en el producto final. (Anđelković, 2017). De acuerdo con Meissner (2010) para tener un sistema JIS estable se requiere que el control de proceso sea eficiente, el suministro de material sea rentable, sea un proceso de calidad, estabilidad en la planeación del producto y por supuesto una infraestructura y diseño de lay out de la planta confiable y analizado.

Las empresas buscan nuevos proyectos con los cuales se vuelvan altamente rentables y sean capaces de satisfacer las necesidades y requerimientos de los clientes cumpliendo con los estándares de calidad. Al obtener un nuevo proyecto las empresas se ven obligadas a desarrollar nuevos flujos, estructuras, maquinarias, distribuciones y consideraciones para poder cumplir con los requisitos de calidad, entregas y performance que el cliente ha establecido desde un inicio, para ello requiere el soporte de herramientas de calidad como Core tools, las cuales apoyarán en evitar modos de fallas, plantear sistemas más confiables y siempre respaldados mediante un sistema de gestión de calidad el cual permitirá vender los productos de forma segura y confiable.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Distribución de planta

La distribución en planta o lay out, es el proceso de ordenamiento de los elementos que conforman el sistema productivo en el espacio físico, de manera que se alcancen los objetivos de producción de la forma más adecuada y eficiente posible. (Perez Gosende, 2016) La distribución de planta algunos de los autores lo definen como la forma física de acomodo de máquinas y

equipos para la producción, estaciones de trabajo, personal , ubicación de materiales de todo tipo y en toda etapa de elaboración, y el equipo de manejo de materiales. (Meyers & Stephens, 2006) Otros lo definen como la determinación de dónde se colocarán los departamentos, estaciones de trabajo y almacenes, con el objetivo de ordenarlos y provocar que se garantice un flujo continuo de trabajo o un patrón de tránsito si se habla de una empresa de servicios. (Krajewski & Ritzman, Administración de operaciones, Estrategia y Análisis, 2000)

El tener un nuevo proyecto representa tener un objetivo y una meta que debe ser definida por la alta dirección, dirigido a cumplir con los requerimientos del cliente. Para poder obtener un buen diseño o distribución de la planta y una línea de producción no es cuestión de sólo diseñar el plano por lo que implica analizar a detalle datos y restricciones por ello algunos autores sugieren seguir metodologías como es el caso de Meyer quien siguiere los siguientes pasos:

1. Determinar qué producto se producirá.
2. Cantidad de unidades que se producirán por unidad de tiempo, es decir, las piezas por turno.
3. Definir qué partes se fabricarán o ensamblarán, ya que esto determinará el equipo para realizarlas.
4. Planear el proceso que implica definir cómo se realizará, así como la herramienta, equipo e instalaciones de trabajo.
5. Determinar la secuencia de ensamblado o bien conocido como balanceo de la línea de ensamble.
6. Establecer el tiempo de cada operación.
7. Determinar el tiempo de procesamiento también conocido como tasa de la planta, en algunas empresas lo llaman takt time. Se determina mediante la meta de producción entre el tiempo disponible o asignado para esta tarea.
8. Calcular las máquinas necesarias, una vez que se conoce la tasa de la planta y el tiempo estándar hay que dividir el tiempo estándar entre la tasa de línea y el resultado será el número de máquina.
9. Balancear líneas de ensamble o celdas de trabajo lo cual consiste en dividir el trabajo entre los operadores de cada estación de acuerdo a la tasa de la línea.
10. Revisar el flujo del material a lo largo de la línea con la finalidad de tener la distancia más corta a través de la instalación. Todo, con ayuda de diversos gráficos como lo es el diagrama de flujo o gráfica de procesos.
11. Determinar las relaciones entre actividades, es decir, cuál debe estar más cerca una de otra o si pueden ser independientes.
12. Distribución de cada estación de trabajo.
13. Identificación de los servicios para el personal y planta.

14. Necesidades de oficina y su espacio.
15. Selección de equipo de manejo de materiales.
16. Asignar el área de acuerdo con el espacio determinado y las actividades que se relacionan.
17. Desarrollo de plano.
18. Construcción de plan maestro donde se tiene el diseño de la instalación de manufactura.
19. Búsqueda de fallas y ajuste de estas.
20. Aprobaciones tanto internas como de cliente si se requiere.
21. Instalar la distribución, es decir, la implementación.
22. Arranque de producción.
23. Ajustes después de implementación e informe final.

Por su parte (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009) propone solo 5 etapas:

1. Especificar los objetivos y criterios para evaluar el diseño siendo los más importantes la cantidad de espacio que se requiere y la distancia que se deberá recorrer entre cada elemento.
2. Calcular la demanda de productos o servicios del sistema.
3. Definir el número de operaciones y la cantidad de flujo entre los elementos de la distribución.
4. Determinar el espacio que se requiere.
5. Conocer la disponibilidad de espacio dentro de la instalación misma o, si se trata de una nueva, las configuraciones posibles para el edificio.

Una forma de determinar la distribución de la producción es definiendo el sistema de producción, el volumen del producto, así como su especialización: por centro de trabajo donde se agrupan funciones o equipamientos similares y pasan al siguiente centro. El segundo es por la línea de ensamble o distribución de flujo de trabajo donde el equipo o procesos de trabajos están ordenados siguiendo los pasos siguientes del producto siguiendo pieza a pieza y el tercero que se refiere a la celda de manufactura donde reúne distintas máquinas para trabajar productos similares y procesamientos casi iguales.

Algunos otros autores toman de la literatura clásica la distribución de una línea de manufactura basada en cuatro categorías, distribución por producto donde las máquinas y equipos están distribuidos en una línea dependiendo de la secuencia requerida por el producto y el material se mueve de una estación a la otra. La segunda configuración es por proceso, donde las máquinas similares están en un lugar similar, la variedad de productos es alta pero la escala es pequeña. El

tercero es la distribución por posición donde el producto principal es reparado en una localización y las máquinas, equipo y operadores están en el sitio como es el caso de la manufactura de productos pesados y a gran escala como los aviones, por último se cuenta con la configuración por células de trabajo donde el sistema de operación mantiene una variedad de productos y volumen moderado en el cual el producto pasa por ciertos procesos similares. (Hosseini-Nasab.Hasan, Fereidouni, Taghi Fatemi Ghomi, & Fakhrza, 2017)

Los cambios de productos y demandas de mercados provocan que los volúmenes de producción y las características de los productos cambien, por lo que provoca diferentes escenarios dinámicos que modifican las operaciones y los tiempos de las operaciones que puede llegar a provocar una disminución en el desempeño del lay out, y por ende; del sistema de manufactura. (Romero Duque, Mejía Moncayo, & Torres Martínez, 2015)

En la actualidad, las empresas buscan tener líneas de producción flexibles, es decir que son capaces de incrementar o disminuir los niveles de producción con rapidez, pasar un de un producto a otro en poco tiempo debido a que el equipo es movable, los muros desmontables y los suministros de energías fáciles de moverse. También es cierto que planear pensando en procesos flexibles permitirán el uso de los equipos simples y fáciles de preparar para la producción del próximo producto altamente competitivo y si a esto agregamos que los empleados son instruidos para ser multihabilidades y capaces de adaptarse a diferentes tipos de tareas hace que la empresa sea altamente competitiva.

En las líneas de ensamble lo que se asume es que los pasos siguen un ritmo común y es por ello que la forma como se distribuyen cada una de las estaciones es de suma importancia y evitar así ser el cuello de botella, es decir, la estación que es más lenta y puede llegar a convertirse en un problema, por ello existen diferentes tipos de líneas las cuales deben considerar cómo moverán los materiales, ya sea en bandas o rodillos transportadores, en grúas o polipastos o simplemente el operador moverá el producto, la configuración como lo es una línea en “U”, en línea recta o con ramificaciones, cómo se marcará el ritmo, si mecánico o humano, la mezcla de productos, las condiciones de la estación de trabajo (trabajadores sentados, de pie, caminando o siendo transportados por la línea) y cuál será la cantidad de operadores que se requieren en la línea. Una vez que se determinó el tiempo ciclo y se conoce cuál será la configuración de la línea, es necesario equilibrar la línea o bien llamado balanceo de línea, es decir, asignar todas las tareas a

cada una de las estaciones de trabajo de modo que cada una de ellas tenga la cantidad de tareas las cuales pueda realizar en el tiempo ciclo de la estación sin quedarse sobrada o falta de tiempo. (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009)

Una vez que se tienen las alternativas propuestas es importante poder evaluarlas ya que determinarán si es factible la redistribución de una línea o permita realizar pequeños ajustes que impliquen costos menores con la finalidad de tener un mayor impacto aunque no se realice el cambio completo de las líneas con el uso del índice de desempeño del lay out. (Perez Gosende, 2016). La bibliografía propone algunos métodos de evaluación de alternativas de lay out como es el caso de la flexibilidad de lay out (FL) el cual considera la ponderación de factores primarios, secundarios y terciarios los cuales al interactuar asignan una calificación (Ruppenthal & Sanson, 2013).

2.2 Estudio del trabajo

El estudio del trabajo está compuesto por dos elementos: el estudio de métodos y estudio de tiempos. La ingeniería de métodos o estudio de métodos se definió por H.B. Maynard y asociados en 1932 como una técnica que analiza cada actividad delicadamente con la finalidad de eliminar toda acción innecesaria y encontrar el método más rápido para realizar completamente la operación, todo realizado mediante la estandarización de equipos, métodos y condiciones de trabajo así como entrenamiento de los operadores. Otra definición dice que es un registro y examinación crítica y sistemática de los modos actuales y futuros a realizar un trabajo. Por otra parte el estudio de tiempos se define como la aplicación de técnicas para determinar la duración de una acción (Mosquera, Duque, & Villada, 2008) la cual combina los principios de la economía de los movimientos para el diseño de estaciones cómodas y eficientes para el cuerpo humano y desarrolle su operación. (Meyers F. E., 2000). Con el paso del tiempo ha mejorado su enfoque ya que adicional a la dirección original busca incrementar el bienestar económico y social de la población ya que mejora la productividad, rentabilidad y competitividad de los procesos productivos tomando siempre como principal factor de cambio al ser humano. (López Peralta, Alarcón Jiménez, & Rocha Pérez, 2014)

El objetivo de un estudio de tiempos y movimientos es determinar las causas por las cuales una línea de ensamble o en general cualquier proceso pierde o disminuye su rendimiento. Dentro de

cualquier industria los procesos de manufactura están obligados a contar con equipos y maquinarias en óptimas condiciones para evitar paros, así mismo contar con una operación en tiempo que optimice los movimientos dentro de ellas es el complemento perfecto para alcanzar la eficiencia de cualquier sistema de manufactura.

Para el análisis de las operaciones, el método clásico consta en analizar la operación en la estación, cada movimiento que realiza y la toma de tiempos mediante cronómetro. Para la toma de tiempos no solo se puede usar el cronómetro debido a que existen herramientas que definen la duración de los movimientos en una operación considerando diversos factores algunas de estas herramientas son el MTM (Methods Time Measurement) el cual consiste en un procedimiento que permite el análisis de los métodos manuales descomponiéndolos en movimientos básicos asignados y requeridos a cada movimiento en un tiempo estándar predeterminado. Otra herramienta es MOST (Maynard Operation Sequence Technique) la cual define secuencias de actividades considerando pesos, distancias y movimientos. (Ruíz-Ibarra, Ramírez-Leyva, Luna-Soto, Estrada-Beltran, & Soto-Rivera, 2017)

El estudio de método sirve no solo para optimizar las actividades y tiempos sino también para determinar la cantidad de operadores que se requieren en una línea de producción y como estarán distribuidos. Determinar la cantidad ideal de operadores que se deben asignar a la línea o a una estación de trabajo se realiza mediante el análisis y cálculo matemático de acuerdo al contenido de las tareas y el tiempo de cada una de ellas, por lo general existe siempre una actividad más tardada que el resto la cual marcará el ritmo de la línea, si alguna actividad sobrepasa el ciclo de trabajo se realiza una división de tareas teniendo consideraciones de flujo, secuencia y espacio o zonas. (Niegel & Freivalds, 2009) Cuando se trata de solucionar el problema de balanceo de línea los esfuerzos están orientados a decidir cómo agrupar los elementos de trabajo en las estaciones de trabajo, de tal forma que ubiquen la misma cantidad de trabajo para cada una de ellas considerando que cada elemento de trabajo cuenta con un tiempo de procesamiento y relaciones de precedencia que definen y limitan el orden de la ejecución del proceso. (Ramírez Campos, González Múzquiz, & González Flores, 2010)

2.3 Simulación de líneas de producción.

La simulación de procesos permite reproducir cómo se comporta un proceso usando un modelo que contempla todos los elementos que interactúan permitiendo realizar cambios al instante y observar la nueva condición.

La manufactura asistida por computadora (CAM por sus siglas en inglés computer aided manufacturing) se usa para diseñar procesos de producción y controlar máquinas, herramientas y flujos de materiales mediante la automatización programable. (Krajewski & Ritzman, 2000) Una de las ventajas del uso de CAM es traducir las especificaciones del cliente con menos errores debido a que permite visualizar la interacción entre máquinas, flujos y operativos sin tener que tener las líneas de producción ya instaladas.

El diseño de un proceso y la determinación de la distribución se ha visto apoyada por el uso de simulación, la cual permite predecir el comportamiento de un sistema de manufactura mediante el registro real de los movimientos y conocer la interacción entre los diversos componentes del sistema con la finalidad de poder optimizándolo (Meyers & Stephens, 2006). Con ayuda de todos los reportes que los diversos paquetes de simulación proporcionan permiten generar varias veces aquellos cambios pensados para la optimización haciendo una forma más rápida y segura de ejecutarlos y sin costo. (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009)

Los métodos de simulación están estrechamente ligados a la optimización ya que es una promesa de solución de problemas dentro de una línea de producción, facilitando la planeación de producción ya que considera factores como cantidad de producción, capacidad de inventarios, niveles de almacenaje, capacidad de producción y el personal que interactúa permitiendo estar en un escenario real sin poner en riesgo las entregas con los clientes por lo que permite determinar los niveles óptimos de cada uno de los aspectos antes mencionados. (Esmaeiliana, Behdad, & Wang, 2016)

Una ventaja del uso de la herramienta de la simulación es poder tomar decisiones con base en escenarios, los cuales parten de algo real o un primer bosquejo y dependiendo de los resultados de las diferentes interacciones se realizan mejoras, la cantidad de interacciones dependen del

analista. El uso de la simulación ha permitido ayudar en la toma de decisiones para los tiempos de mantenimiento de un parque vehicular y con ello generar un escenario de mejora (Fuentes Rosas, Raymundo Villarreal, Rojas Mora, Moras Sánchez, & López Cabrera, 2015), así mismo permite poder observar el comportamiento de las variables a lo largo del tiempo y garantizar el equilibrio comprobando que las líneas de ensamble cuentan con la capacidad necesaria para cumplir con los requerimientos del cliente (Rodríguez Alvarado, Loyo Quijada, López Ontiveros, & Gonzalez Sosa, 2019). La simulación permite que cualquier empresa productiva y de servicios pueda realizar diferentes propuestas, y éstas puedan ser probadas sin necesidad de inversión considerable. En la actualidad, las empresas buscan poder comprobar que las decisiones que tomarán cumplirán los objetivos de capacidad y entregas del producto siendo eficientes y considerando cualquier posible falla durante su ejecución.

3. CASO DE ESTUDIO

3.1 Descripción de problemática.

En la línea de producción se realiza el ensamble de la fascia delantera de un proyecto actual pasa por diversas estaciones de trabajo en las cuales poco a poco lleva su transformación y se requiere que en la misma línea se pueda ensamblar el modelo actual y el futuro. El proyecto cuenta con ciertas premisas como tiempo ciclo de línea de ochenta segundos, es decir, producir cuarenta piezas por hora, se deben realizar ambos proyectos en la misma línea, se puede realizar cambio de lay out, se requieren mesas de ensamble interior y exterior para cada modelo debido a que este hecho a la forma de la pieza, así como diferente máquina de perforado y simular el escenario de 5 % de scrap en la inspección final.

El producto está compuesto por una pieza plástica pintada principal (armazón de la fascia), en su interior contiene de 6 a 8 soportes de sensores, los cuales dependen de la configuración que se solicite por el cliente, además, contienen cinta con pegamento que permite se mantengan en la fascia, una parrilla central inyectada al alto brillo, tapas de parrilla inyectada, soportes de extremos de fascia (derecho e izquierdo) inyectados, brackets inyectados al alto brillo, sensores de aparcamiento, arnés eléctrico, lámpara y soportes de esquinas con sus respectivos tornillos, en su parte exterior se encuentra tira de parachoques y bordes laterales ambos inyectados al alto

brillo, para el nuevo modelo contiene dos adornos en la parte exterior los cuales son cromados y en la parte interior cuenta con coberturas adicionales.

3.2 Descripción del proceso

El proceso actual y en el cual los directivos quieren se realice la misma línea puede describirse de la siguiente forma dividiéndose en estaciones para su mejor explicación:

Estación 1 Inspección. Como primer paso para la transformación del producto actual se realiza una inspección en la cual se examina la apariencia de la pieza (a). Una vez que la pieza se encuentra bien, se envía a la siguiente estación en un pequeño conveyor de gravedad (b) que se encuentra dentro de la cabina de luz, figura 4 .

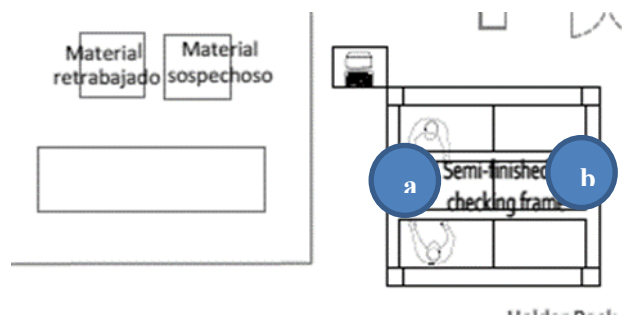


Fig. 4 Estación de inspección.

Estación 2 Perforado. En esta estación se toma la pieza del conveyor (a) y se introduce en una máquina la cual realiza el perforado de seis u ocho posiciones para posteriormente llevar a cabo el pegado de soporte de sensores (b), el método que se requiere para este proceso solo es con fuerza de sostenimiento en la posición del soporte, una vez terminado el ciclo se retira la pieza y se coloca en un conveyor de gravedad (c), ver figura 5.

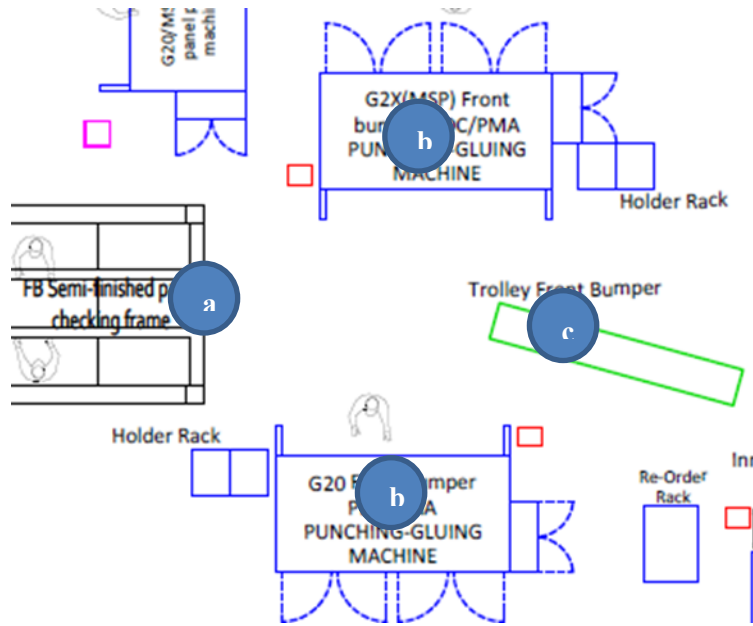


Fig. 5 Estación de perforado.

Estación 3 Ensamble de componentes interiores. Se toma la pieza del conveyor (a), por su parte llegan los componentes en una charola la cual fue transportada en una banda (b), el operador toma los componentes en una secuencia pre establecida y realiza el ensamble de cada uno de los componentes de forma manual (c), por ultimo se realiza con ayuda de un atornillador eléctrico el ensamble de 2 subcomponentes, ver figura 6.

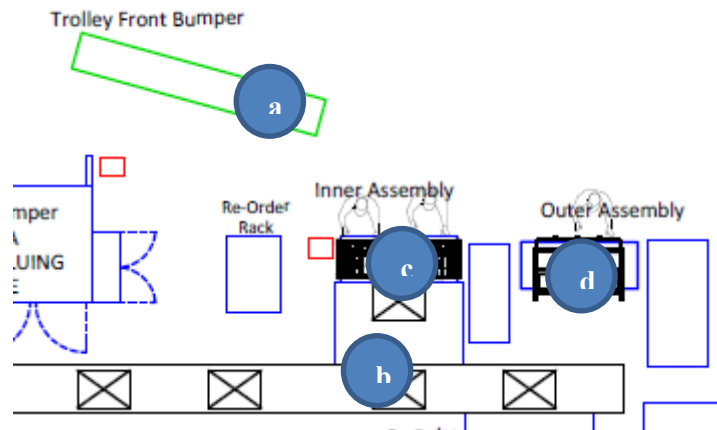


Fig. 6 Estaciones de ensamble.

Estación 4 Ensamble componentes exteriores. Se toma la pieza de la estación anterior, se toman los componentes de la charola y se ensamblan, ver inciso “d” en figura 6.

Estación 5 Inspección Final. Se toma la pieza de la estación anterior y examina de la pieza ya ensamblada, tanto apariencia de la pieza, así como el correcto ensamble de cada uno de los componentes, figura 7.

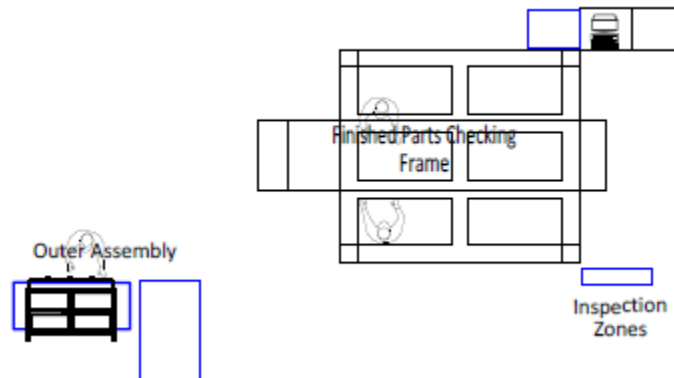


Fig. 7 Estación de Inspección Final.

Estación 6 Empaque. Se toma la pieza y se acomoda en el rack de acuerdo con la secuencia que el cliente envía (a) y se realiza un escaneo de las piezas montadas, figura 8.

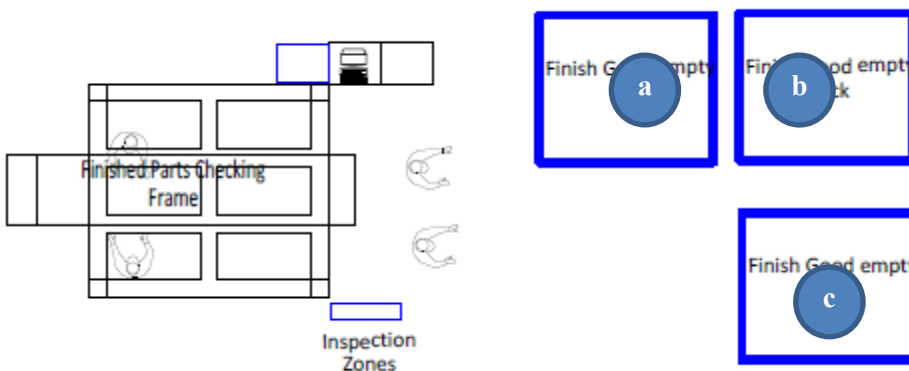


Fig. 8 Estación de empaque.

Estación 3. 5 armado de charola. En esta estación se encuentran racks con todos los componentes que el ensamble puede requerir (a), una vez que llega la señal por parte de inspeccion inicial comienza el armado de la charola para una vez terminada, enviarla en la banda hasta la estación de ensamble interior (b), ver figura 9. Se hace mención ya que se pretende eliminarla y el surtimiento sea directo en la estación mediante pick to light (piqueo por luz) el cual indicará, mediante una luz, qué componente tomara del rack.

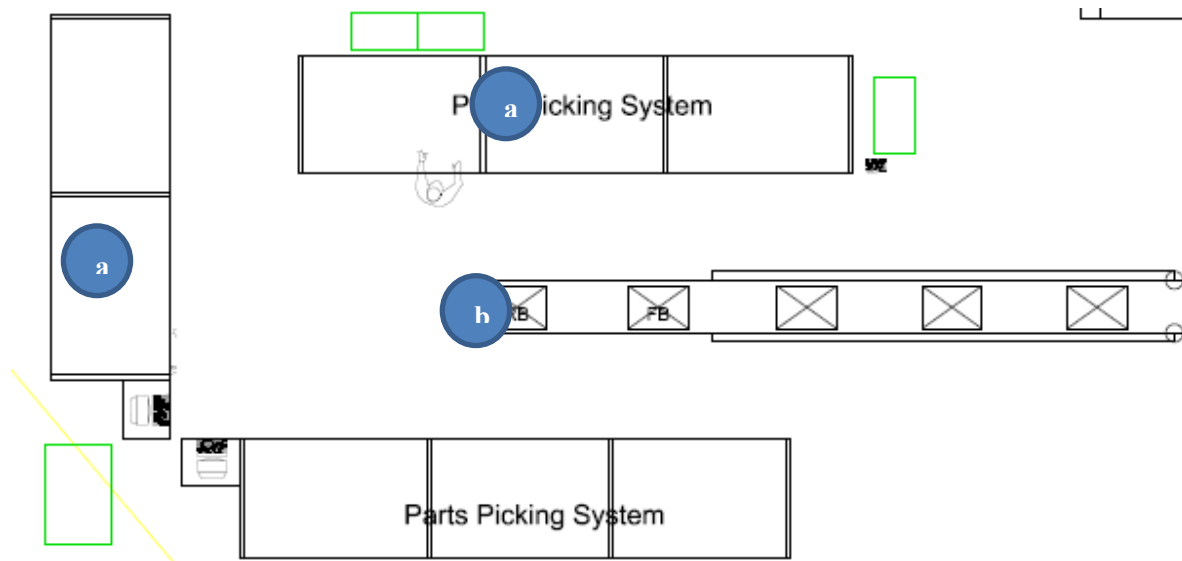


Fig. 9 Estación de armado de charola.

En la alineación actual se cuenta con la siguiente cantidad de operadores, en la mayoría de las estaciones se requieren dos personas para la manipulación de la pieza y como se observa en la tabla 1 se cuenta con catorce personas en la línea.

Estación	Operadores
Inspección inicial	2
Perforado	1
Ensamble Interior	2
Ensamble exterior	2
Inspeccion Final	4
Empaque	2
Armado de charola	1

Tabla 1. Operadores por estación.

3.3 Lay out de línea de ensamble.

Como se observa en la figura 10 el lay out tiene un acomodo lineal, en la parte trasera se encuentra la estación de armado de charola (número 1) la cual contiene dos racks de material que se alimentan por la parte posterior del rack y son tomadas las piezas por el operador de ensamble por la parte delantera, una vez que se arma la charola se coloca en la banda y viaja hasta la estación de ensamble interior. En el número 2 se encuentra la estación de inspección inicial. El número 3 identifica las máquinas perforadoras con las que se cuenta. El número 4 es la estación de ensamble interior. En el numero 5 se encuentra la estación de ensamble exterior, le sigue la estación de inspeccion final con el numero 6 y al final esta el empaque en el numero 7.

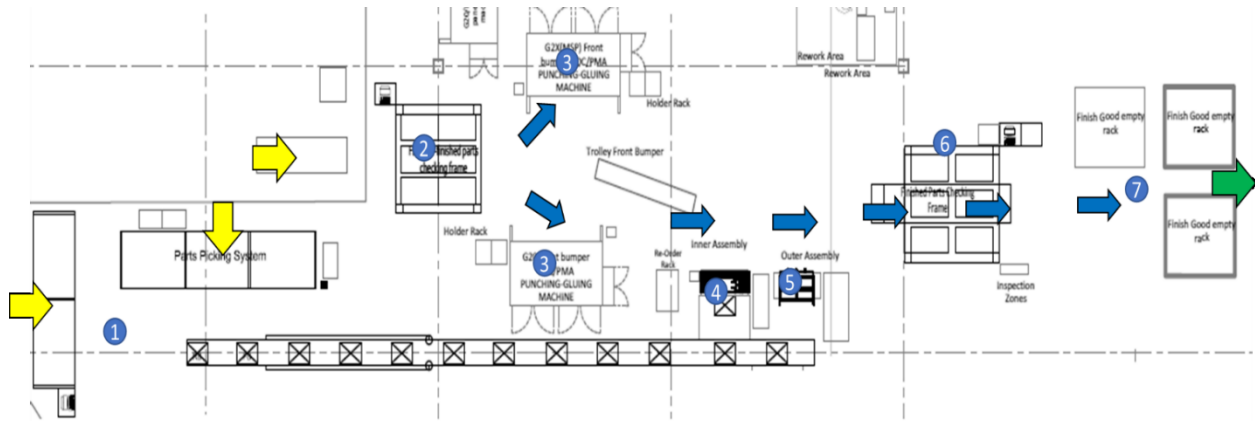


Fig. 10 Lay out general de línea de ensamble.

Cada una de las estaciones tiene sus propias entradas y salidas, así como su tiempo ciclo. En la estación 1 se realiza la inspección, sus entradas las obtiene del almacén y la salida es pasar la pieza a la siguiente estación con el conveyor como se muestra en la figura 11, en esta estación se encuentran 2 operadores debido a la magnitud de la pieza y la posición como debe ser inspeccionada, el tiempo ciclo promedio de esta estación es de 77 segundos para ambos modelos.

En la estación 2 se realiza el perforado y pegado de soportes de sensores, sus entradas son las piezas inspeccionadas de la estación 1, dependiendo de la version que se debe ensamblar se realiza la elección de la máquina ya sea version básica o sport y las salida para ambas maquinas es una pieza perforada y con soportes, la cual se coloca en el conveyor de gravedad, el tiempo máquina de la estación es de 60 segundos y el tiempo de manejo por parte del operador es de 20 segundos, solo se cuenta con una persona para esta estación, el flujo se puede observar en el lay out de la figura 12, para el nuevo producto sólo se cuenta con una versión, sin embargo se requiere un tiempo ciclo de máquina mayor dando como tiempo total 85 segundos.

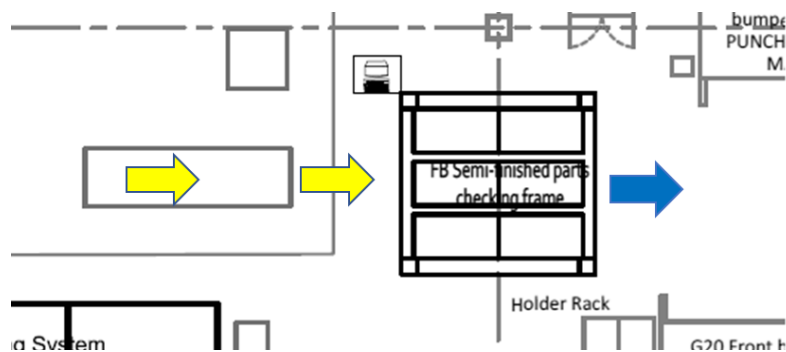


Figura 11 Lay out de estación 1.

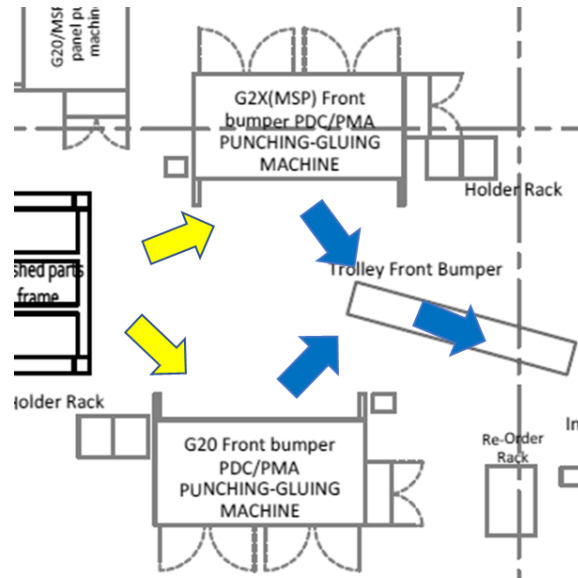


Figura 12 lay out de estación 2: Perforado y pegado.

Como se observa en la figura 13, la estación 3 de ensamble interior es alimentada por las bandas, las cuales se encuentran por detrás de la estación con los componentes a ensamblar, así como por la pieza perforada que se encuentra en el conveyor de gravedad, la salida de este paso es una pieza ensamblada por parte interior, el ensamble se realiza con dos operadores y el tiempo ciclo observado es de 86 segundos para el producto actual y estimado para el producto nuevo de 110 segundos. Esta estación presenta un tiempo ciclo mayor del requerido y por ser un proceso manual siempre dependerá de la habilidad del operador para ser más rápido.

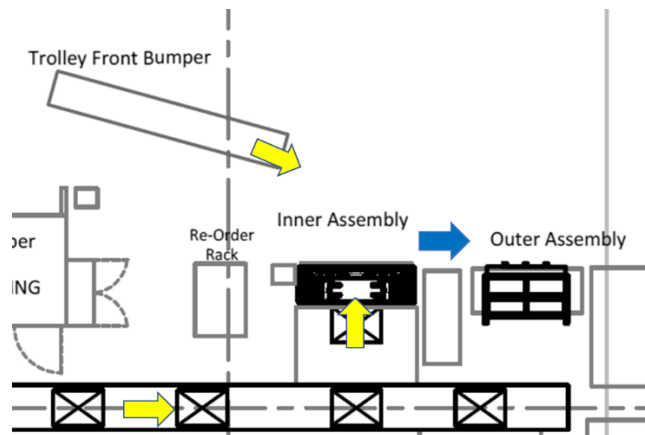


Figura 13 Lay out de estación 3: Ensamble interior.

En la estación de ensamble exterior se realiza el ensamble de piezas de vista, el material a ensamblar se encuentra en racks y la pieza semi ensamblada proviene de la estación 3, la salida de esta estación es una pieza terminada la cual se coloca en la estación de la inspeccion final. El

tiempo ciclo de esta estación es de 67 segundos para ambos modelos y se realiza entre dos operadores.

En la estación de inspeccion final se cuenta con dos operadores para inspeccionar parte interior y dos para apariencia y parte exterior, el tiempo ciclo de la inspeccion final interior es de 77 segundos y para la inspeccion final exterior es de 78 segundos, los flujos de entrada es la pieza terminada y la salida el empaque de la pieza en un rack de cliente. Como se muestra en la figura 14 el flujo para la estación de empaque proviene de las piezas que se liberan por parte de inspeccion final y se colocan en los racks de producto terminado y termina el flujo cuando los racks se llevan al área de embarque, para la estación de empaque se cuenta con dos personas y un tiempo ciclo de 50 segundos.

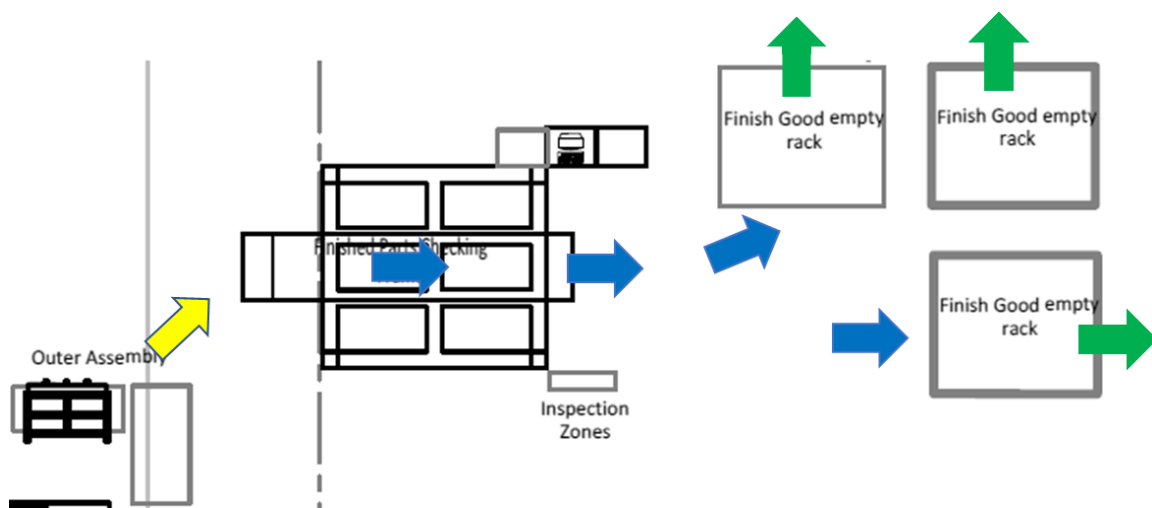


Figura 14 Lay out de inspeccion final y empaque.

3.4 Simulación de proceso

Para el producción de ambos modelos en la misma línea están estimados los tiempos de proceso que se muestran a continuación en la tabla 2, para la propuesta se mantendrá el lay out actual, sólo se cambiará la cuna de las mesas de forma rotatoria y se eliminará la estación de armado de bandeja desde el fondo de la línea por lo que se realizará detrás de la estación de ensamble.

Estación	Producto Actual (seg)	Producto Nuevo (seg)
Inspección Inicial	77	77
Perforado Actual	80	
Perforado Nuevo		85
Ensamble Interior	86	110
Ensamble Exterior	67	67
Inspección Final Interior	77	77
Inspección Final Exterior	78	78
Empaque	50	50

Tabla 2. Tiempos de proceso ambos productos.

Se realiza la primera simulación con el escenario uno, en el cual se elimina la estación de armado de charola asumiendo que los componentes se tomarán directamente en la estación que se muestra en la fig. 5, se configura el ambiente de acuerdo a los requerimientos de llegada de órdenes de producción con una distribución exponencial de 80 segundos entre fascias y una duración de 16 horas, esta duración se considera ya que representa dos turnos cuando la capacidad sea la máxima, cada estación cuenta con sus propias muestras de tiempos las cuales proporcionan la distribución que sigue su comportamiento.

La simulación se realizó mediante una configuración de línea de producción lineal, como se muestra en la figura 15. Después de realizar la simulación se observa el comportamiento del sistema mediante la saturación de cada una de las estaciones que muestra la tabla 3, sobresaliendo sobresaliendo la estación de inspección inicial y el ensamble interior con 93.8% y 98.5%, las cuales podemos decir que son el cuello de botella de la línea de ensamble por lo que se requiere realizar un balanceo de línea.

Station	Categoría	Unid	Value
Inspección_inicial	Capacity	Percent	93.8
Maquina_1	Capacity	Percent	28.2
Maquina_2	Capacity	Percent	71.0
Ens_interior	Capacity	Percent	98.5
Ens_exterior	Capacity	Percent	70.8
Inspeccion_final	Capacity	Percent	81.6
Inspeccion_final2	Capacity	Percent	82.9

Tabla 3. Saturación de estación primer simulación.

Otro aspecto importante para analizar es la cantidad de piezas procesadas en cada estación. Como lo muestra la tabla 4, la estación de inspeccion final registra una menor cantidad de entidades debido a la consideración de scrap que el sistema por su naturaleza tiene, lo que obliga que en el balanceo de línea se optimicen tiempos o se realice una división de estaciones, con la finalidad de hacer más capaz la línea desde su diseño y con ello evitar que durante la implementación se encuentre saturada.

Object Name	Data Source	Data Item	Statistic Type	Value
Almacén	Processing	NumberEntered	Total	724
Inspección_inicial	Processing	NumberEntered	Total	703
Maquina_1	Processing	NumberEntered	Total	206
Maquina_2	Processing	NumberEntered	Total	496
Ens_interior	Processing	NumberEntered	Total	612
Ens_exterior	Processing	NumberEntered	Total	611
Inspeccion_final	Processing	NumberEntered	Total	610
Inspeccion_final2	Processing	NumberEntered	Total	609

Tabla 4. Estatus en estaciones.

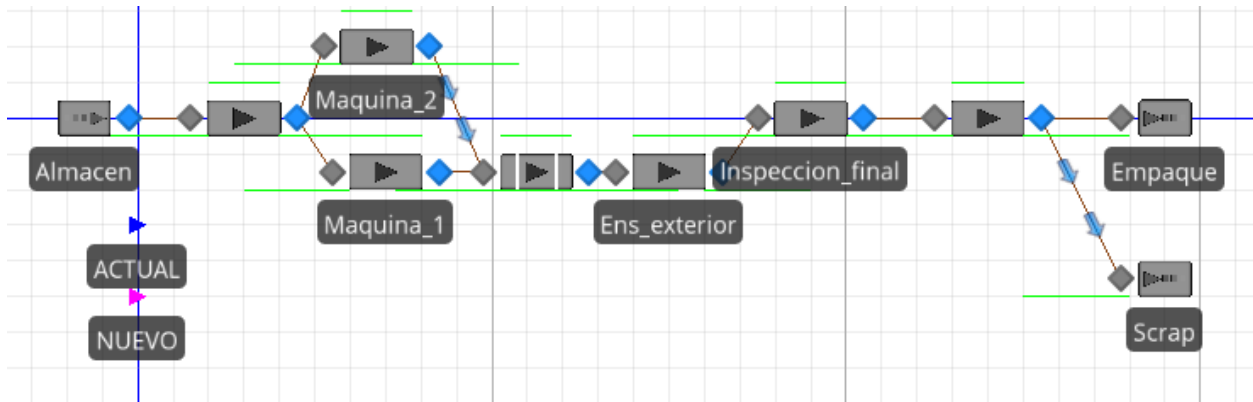


Fig. 15 Lay out de primera simulación.

Después de analizar los resultados de la saturación del sistema, se requiere realizar un análisis de los movimientos que se realizan en cada una de ellas y poder así balancear la línea o eliminar actividades que se realizan y no agregan valor. El punto de partida para el análisis fue la estación inicial, donde se realizó un estudio de movimientos detallado y se observó que se están realizando registros de calidad duplicados, es decir, se realizan de forma física y de forma digital lo que lleva 8 segundos más, así mismo se observa que el operador camina por la pieza en lugar de realizar la actividad como indica la instrucción de trabajo por lo que se realiza la corrección para estos dos hallazgos la estación disminuye 12 segundos teniendo un tiempo ciclo de 65 segundos.

Para las estaciones de perforado del nuevo producto se encuentra fuera del tiempo ciclo requerido, sin embargo; por ser un volumen menor y la máquina de perforado del producto actual está dentro de meta no se requiere un ajuste, sin importar el ajuste, se solicitará al proveedor que disminuya el tiempo de la máquina a 75 segundos. Para la estación de ensamble interior se requiere realizar una división de componentes de acuerdo con la duración de la actividad y secuencia que debe seguir. En la primera estación de ensamble se realizará el ensamble de piezas plásticas y en la segunda estación se realizará el ensamble de los componentes electrónicos y atornillado, ambas estaciones tomarán los componentes desde la estación y no llegarán a través de ninguna bandeja. Después de realizar un ajuste con los tiempos observados el resultado se muestra en la tabla 5 así como que componentes se ensamblarán en cada estación.

Estación	Componentes	Tiempo (seg)
Ensamble Interior 1 Actual	Parrilla Cover amoek Nacas Soporte de Lampara	60
Ensamble Interior 1 Nuevo	Parrilla Side Grille	78

	Cover side grille Soporte de lámpara	
Ensamble Interior 2	Sensores Arnés Tornillos Lámpara Remaches Sensor de aparcamiento	67

Tabla 5. Distribución de estación de ensamble interior.

El resultado del nuevo balanceo, así como del análisis de cada una de las estaciones actuales para la optimización se muestra en la tabla 6, la cual nos muestra el incremento de dos estaciones más.

Estación	Producto Actual (seg)	Producto Nuevo (seg)
Inspección Inicial	65	65
Perforado Actual	80	
Perforado Nuevo		85
Ensamble Interior 1	60	80
Ensamble Interior 2	67	67
Ensamble Exterior	70	70
Inspección Final Interior	77	77
Inspección Final Exterior	78	78
Empaque	50	50

Tabla 6 Nueva distribución para propuesta 2.

Se realizó la simulación con las correcciones y el balanceo, así como considerando un 5% más al entrar al sistema considerando que al final pueden rechazarse este porcentaje. Como se observa en la tabla 7 las estaciones ya están por debajo del 90%, por algunos expertos de la vida laboral es recomendado tener una saturación del 85% pero para la compañía un 90% es aceptable. El lay out propuesto en la simulación se muestra en la figura 16.

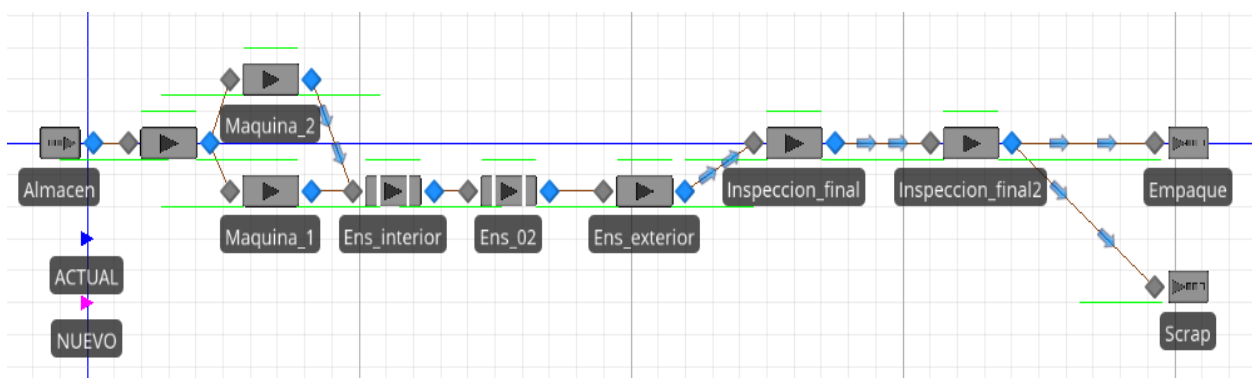


Figura 16. Lay out de simulador con balanceo de línea.

4. RESULTADO

Una vez que el sistema se encuentra dentro de la meta se debe calcular el total de operadores que la línea requiere, se realiza mediante un cálculo de capacidad dando como resultado un total de 13 operadores, es importante mencionar que la duración de las operaciones desde un inicio es considerada para dos personas en las estaciones que aplican, por ello en la columna de Operadores (teórico) de la tabla 8 se realiza una multiplicación para poder ajustar a la situación actual.

Una vez que el sistema se encuentra dentro de la meta se debe calcular el total de operadores que la línea requiere, se realiza mediante un cálculo de capacidad dando como resultado un total de 13 operadores, es importante mencionar que la duración de las operaciones desde un inicio es considerada para dos personas en las estaciones que aplican, por ello en la columna de Operadores (teórico) de la tabla 8 se realiza una multiplicación para poder ajustar a la situación actual.

Object Type	Object Name	Category	Statistic Type	Value
Server	Inspección_inicial	Capacity	Percent	89.3
Server	Máquina_1	Capacity	Percent	17.1
Server	Máquina_2	Capacity	Percent	35.9
Workstation	Ens_interior	Capacity	Percent	76.2
Workstation	Ens_02	Capacity	Percent	77.0
Server	Ens. exterior	Capacity	Percent	76.6
Server	Inspección_final	Capacity	Percent	89.1
Server	Inspección_final2	Capacity	Percent	90.2

Tabla 7 Saturación de estaciones después de balanceo

Fascias Delanteras								
OP	2019	TC	% Version	Operadores (Teórico)	Operadores (Necesarios Reales)	MOD por turno	%Capacity	Total operadores
10	Inspeccion Inicial	77.0	100%	1.733	2.0	13.00	90%	26.00
20	Perforado Actual	80.0	70%	0.630	1.0			
30	Perforado Nuevo	85.0	30%	0.287	0.0			
40	Ensamble Interior 1 G20	60.0	70%	0.945	1.0			
40	Ensamble Interior 1 MSP	80.0	30%	0.540	1.0			
50	Ensamble Interior 2	67.0	100%	0.754	1.0			
60	Ensamble Exterior	67.0	100%	0.754	1.0			
70	Inspeccion Final	77.0	100%	1.733	2.0			
70	Inspeccion Final	78.0	100%	1.755	2.0			
80	Empaque	50.0	100%	1.125	2.0			
							Turnos	
							2.0	

Tabla 8. Operadores necesarios para ensamble en línea de fascias frontales.

El siguiente paso es determinar el equipo nuevo y actual necesario y con cual ya se cuenta, para ello se realizó una tabla (Tabla 9) que describe en cuál estación y qué material se requiere para su operación. En la estación de inspeccion inicial se cuenta con lo necesario para realizar la operación debido a que la forma como se inspecciona la pieza es en posición auto, se puede realizar para ambos modelos y el conveyor tiene soportes con dos comisuras las cuales permiten que la pieza se apoye perfectamente para su transporte. En cuanto a las lámparas de inspección, sólo se requiere un ajuste de ángulo para una mejor proyección, tanto el equipo de computo para realizar la trazabilidad del producto y los pequeños contenedores ya se encuentran en el área. En la estación de perforado actual todo el equipo con el que cuenta se mantendrá y se requiere para la estación del perforado del producto nuevo es la máquina, por el tema de los racks de material se reusarán algunos con los que la empresa ya cuenta, sólo se ajustarán distancias de acuerdo con el empaque y el conveyor por ser igual al de la estación de inspeccion inicial, es útil para ambos modelos.

En la estación de ensamble interior se requiere la inversión de una mesa que contenga dos cunas donde se amolde perfectamente la forma de la pieza y evite rayas debido a que por ser ensambles en base clipaje requiere una contrafuerza para facilitar la actividad, adicional se deben construir nuevos racks con sistema pick to light así como con poka yoke por las diferentes versiones de algunos componentes. Para la estación de ensamble interior se puede usar la mesa de ensamble actual ya que por la poca complejidad de los componentes no requiere una gran precisión en el diseño del nido, sin embargo; es indispensable que se coloquen racks de material para los sensores y los arneses, para los tornillos y el componente plástico que se ensambla se coloque en la estación a un lado o en cangureras de ciclista.

Para las estaciones de inspeccion final se requiere el sistema de trazabilidad automático, así como la mesa de posición auto para la inspeccion exterior, el resto de los dispositivos ya se encuentran en la planta.

Estación	Equipo necesario	Requerido
Inspección Inicial	Mesa de inspección	
	Conveyor de transporte	
	Túnel de Luz	
	Equipo de computo	
	Botes de basura	
Perforado actual	Conveyor de transporte	
	Máquina de ponchado	
	Racks de material (2)	
	Botes de basura	
Perforado nuevo	Máquina de ponchado	X
	Racks de material (2)	
	Botes de basura	

Ensamble interior 1	Mesa de ensamble para ambos productos	X
	Racks de materiales con sistema pick to light	X
	bote de basura	X
	Equipo de trazabilidad	
Ensamble interior 2	Mesa de ensamble para ambos productos	
	Racks de materiales con sistema pick to light	X
	bote de basura	X
	Equipo de trazabilidad	X
Ensamble exterior	Mesa de ensamble para ambos productos	
	Racks de materiales con sistema pick to light	
	bote de basura	
	Equipo de trazabilidad	
Inspeccion Final 1	Cuna de posición	
	Túnel de luz	
	bote de basura	
	Equipo de trazabilidad	X
Inspeccion Final 2	Mesa de ensamble posición auto	X
	Túnel de luz	
	bote de basura	
	Equipo de trazabilidad	X

Tabla 9. Equipo necesario a adquirir.

Después de haber realizado el análisis de la propuesta se muestra el lay out sugerido con los operadores, plasmados todos los equipos, así como todos los flujos de material con los que se contará. Como se observa, se diseñó una línea de ensamble lineal con una entrada principal y una salida figura 17. En las estaciones de ensamble interior se realizaron cambios de lay out y adición de diversos racks que apoyarán en la operación, como se muestra en la figura 18, en la estación de ensamble 1 se encuentran los racks de soporte de lámpara (indicado con el numero 1) y el rack de bracket de plástico se indica con el número dos, en la parte frontal se encuentran los componentes pequeños. Para la estación de ensamble número 2 , como lo muestra la figura 18, a los lados se localizan los racks de sensores identificado con el número 3 y enfrente están los arneses indicados como el numero 4. Para la estación de ensamble exterior a los lados se encuentran los componentes que requieren dos lados (derecho e izquierdo) y en el frente los componentes pequeños que solo requieren una unidad, ver figura 18.

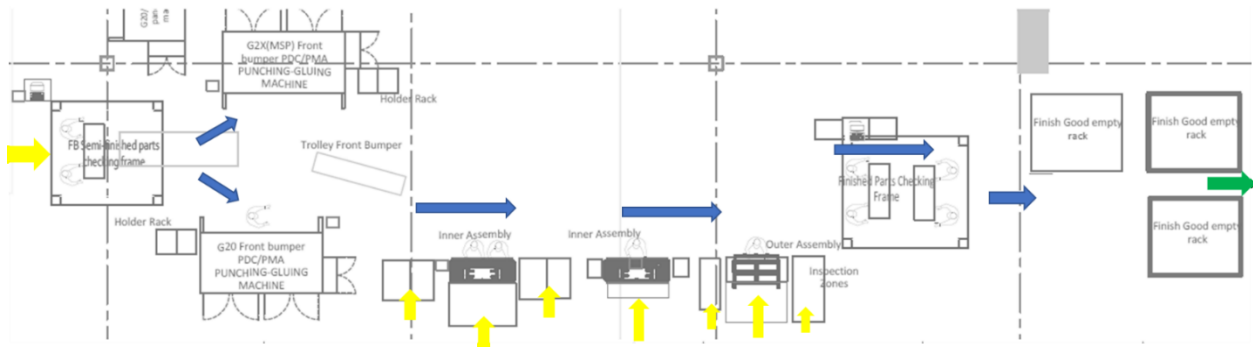


Fig. 17 Lay out general de línea de ensamble.

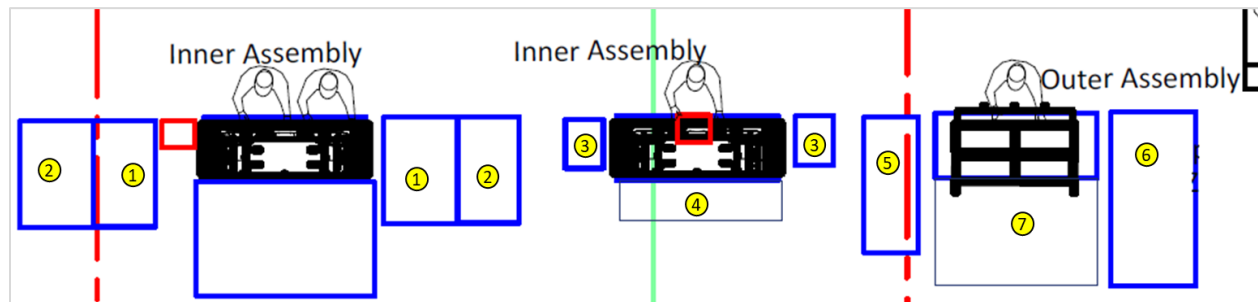


Fig. 18 Lay out general de línea de ensamble.

Dentro de las ventajas que podemos localizar con el nuevo lay out presentado son: el 70% de los equipos actuales serán reutilizados y la optimización de una persona operaria en el armado de bandeja porque se eliminara esta actividad. La principal desventaja de la propuesta es la inversión en racks de materiales que incluyen el sistema Pick to Light que envía la señal audiovisual del elemento que se requiere ensamblar.

5. CONCLUSIÓN.

En el presente se desarrolló la simulación de un sistema de producción a través del software SIMIO con el cual se pudo comprobar que la condición solicitada por parte de los directivos no era adecuada, la no factibilidad era provocada por la saturación que tenía una de sus estaciones, por lo que se realizó un ajuste dentro del sistema que permitió cumplir con el objetivo esperado. Con ayuda de herramientas como estudio de tiempos y movimientos se puede determinar que actividades son necesarias y cuales no dentro de cualquier sistema productivo reduciendo así tiempos de duración y pudiendo distribuir mejor al personal, como lo fue en este caso de estudio donde se logró tener un mejor acomodo del personal para lograr la meta de producción por hora. La distribución de planta permite considerar no solo espacio físico para equipo si no flujos, personal así como equipo complementario que en ocasiones no se llega a considerar en etapas tempranas y durante la implementación llega a causar problemas, en este proyecto la distribución se acompañó de un listado de equipo para ser considerado cumpliendo con el objetivo de

reutilización de este. Gracias a la simulación se puede mostrar un escenario cercano a la realidad con la cual el ingeniero de proyectos es capaz de tomar una decisión considerando riesgos y escenarios con los cuales se podrá encontrar sin incurrir en gastos para su realización y se vuelve una herramienta que se vuelve un arma poderosa en la etapa de factibilidad asegurando el éxito del proyecto.

6. REFERENCIAS

- AMIA. (2018). Obtenido de www.amia.com.mx/boletin/dlg20182024.pdf
- Anđelković, A. (10 de octubre de 2017). Obtenido de <https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/0350-0373/2017/0350-03731703083A.pdf>
- Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2009). Administración de operaciones Producción y cadena de suministros. México: Mc Graw Hill.
- Esmailiana, B., Behdadb, S., & Wang, B. (2016). The evolution and future of manufacturing: A review. *Journal of Manufacturing Systems*, 79-100.
- Fuentes Rosas, L., Raymundo Villarreal, J. C., Rojas Mora, L., Moras Sánchez, C. G., & López Cabrera, A. G. (2015). Aplicación de simulación para mejorar la productividad del proceso actual versus uso de kaizen y tiempos estándar en el mantenimiento del parque vehicular de una empresa en el Estado de Veracruz. *Aplicación del saber: casos y experiencias*, 670-675.
- Hosseini-Nasab, Hasan, Fereidouni, S., Taghi Fatemi Ghomi, S. M., & Fakhra, M. B. (2017). Classification of facility layout problems: a review study. *Int J. Adv Manuf Technol*, 957-977.
- Krajewski, L., & Ritzman, L. (2000). Administración de operaciones, Estrategia y Análisis. México: Pearson Educación.
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). Administración de operaciones: Procesos y cadena de valor. Mexico: Pearson Educacion.
- López Peralta, J., Alarcón Jiménez, E., & Rocha Pérez, M. A. (2014). Estudio del trabajo Una nueva visión. Mexico: Patria Cultura.
- Meissner, S. (s.f.). Controlling Just in sequence flow product. *Logistic Research*.
- Meyers, F. E. (2000). Estudio de Tiempos y movimientos para la manufactura ágil. Mexico: Pearson Educacion.
- Meyers, F., & Stephens, M. (2006). Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales. México: Pearson Educación.
- Mosquera, S. A., Duque, R. A., & Villada, D. C. (2008). UNA, ESTUDIO DE MÉTODOS Y TIEMPOS EN PLANTA DE ALIMENTOS. *Temas Agrarios*, 45-55.
- Neri Guzmán, J. (2018). La industria automotriz en San Luis Potosí: Evidencias de su desempeño 2007-2014. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/323704554_La_industria_automotriz_en_San_Luis_Potosi_Evidencias_de_su_desempeno_2007-2014

- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial Métodos, estándares y diseño del trabajo*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Perez Gosende, P. A. (2016). Evaluación de la distribución espacial de las plantas industriales mediante índice de desempeño. *Revista de Administración de empresas FGV/EAESP*, 533-546.
- Ramírez Campos, S. M., González Múzquiz, G., & González Flores, M. O. (2010). Un caso real de balanceo de líneas de ensamble con restricciones de secuencias de subprocesos resuelto con un modelo genético. *Revista de la Ingeniería Industrial*.
- Rodríguez Alvarado, L. W., Loyo Quijada, J., López Ontiveros, M. A., & Gonzalez Sosa, J. V. (2019). Simulación dinámica de un sistema de producción retroalimentado. *Ingeniería Industrial/ISSN 18-15*, 171-182.
- Romero Duque, G. A., Mejía Moncayo, C., & Torres Martínez, J. A. (2015). Modelos matemáticos para la definición del layout de las celdas de manufactura. *Revisión de literatura. Tecnura*, 135-147.
- Ruiz Duran, C. (septiembre de 2016). Obtenido de <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/mexiko/13016.pdf>
- Ruíz-Ibarra, J. I., Ramírez-Leyva, A., Luna-Soto, K., Estrada-Beltran, J. A., & Soto-Rivera, O. (2017). OPTIMIZACIÓN DE TIEMPOS DE PROCESO EN DESESTIBADORA Y EN LLENADORA. *Ra Ximbai*, 291-298.
- Ruppenthal, C. S., & Sanson, F. (2013). Sistemática para avaliação e melhoria da flexibilidade de layout em ambientes dinâmicos. *Neumann et al.*, 235-254.
- Vicencio Miranda, A. (2007). *El journal UNAM*. Obtenido de <http://www.ejournal.unam.mx/rca/221/RCA22110.pdf>