



Rio Bravo Eléctricos S. De R.L. De C.V.

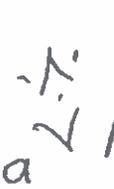
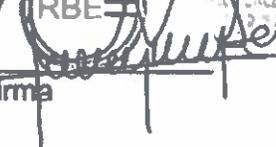
Ciudad Juárez, Chihuahua a 15 de Noviembre de 2021

DR. JESÚS ANDRES HERNÁNDEZ GÓMEZ
COORDINADOR DEL PROGRAMA DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

Presente.-

Por medio de la presente se hace constar que el (la) C. Erick Ivan Dominguez Delgado, matricula 159676, alumno(a) del Programa de Ingeniería Industrial y de Sistemas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, realizó en esta empresa el proyecto titulado "Optimización de espacio disponible para la línea de producción arnesera Cadillac E2UL" dirigido por el Dr. Luis Alberto Rodriguez Picón por parte la UACJ y el Ing. Enrique Soria de esta empresa. El proyecto se desarrolló en un periodo comprendido del 20 de agosto al 12 de noviembre del 2021, logrando resultados satisfactorios en los indicadores de espacio de la línea de producción en la empresa y optimización de sus estaciones de trabajo.

Se extiende la presente para los fines que al interesado convengan.

G. Vega   
Nombre y firma

RIO BRAVO ELECTRICOS S. DE R.L. DE C.V.
PÉREZ SERNA Y H. DUNANT
JE8-001

**Título del Proyecto
de Investigación a que corresponde el Reporte Técnico:**

Optimización de espacio disponible para la
línea de producción arnesera Cadillac E2UL

Tipo de financiamiento

Sin financiamiento

Autores del reporte técnico:

Erick Iván Domínguez Delgado
Dr. Luis Alberto Rodríguez Picón
Dr. Luis Carlos Méndez González
Dr. Iván Juan Carlos Pérez Olguín

Optimización de espacio disponible para la línea de producción Arnesera Cadillac E2UL

Resumen

En el presente proyecto se desarrolla la optimización de espacio de una línea de producción. Después de hacer los estudios pertinentes, mediante la coordinación de los distintos departamentos que tuvieron participación, se toma la decisión de presentar una propuesta al cliente y, una vez que ha sido aprobada, se pone en funcionamiento, ya que se espera obtener con esto un resultado óptimo. La finalidad de la elaboración del proyecto al que se refiere es buscar el beneficio y progreso de la empresa, ya que al lograrse esto, repercutiría de manera positiva en todo el personal, ya que todos los departamentos trabajan siempre con una mentalidad comprometida y responsable, logrando también con esta excelente actitud un gran prestigio en la planta, pues esto originaría la llegada e incorporación de nuevos clientes. La reducción del espacio que se llevó a cabo en la línea ha contribuido al crecimiento de todos los departamentos involucrados, en cuanto a conocimiento y experiencia se refiere, ya que todo proyecto que tiene lugar en una determinada empresa se tiene que revisar minuciosamente para evitar en todo lo posible alguna falla o error. Se ponen a disposición herramientas básicas de ingeniería, como lo son la toma de tiempos, el balanceo de líneas, el estudio de trabajo, la metodología de layout entre otros conceptos, esto con el fin de llegar al objetivo principal. A continuación, se estará presentando todo lo hablado de manera clara y concisa, se dio la oportunidad de presentar este proyecto en la empresa Aptiv Planta IV.

Palabras clave: Optimización, tiempo de proceso, producción, balanceo, estaciones, layout.

Abstract

In the present project it developed the optimization of the space of a production line. After the relevant studies, through the coordination of the different departments that has participate, the team took the decision of present the proposal to the client and once it is approved the multifunctional team the plan starts to move on and start working to have a good response. The finality of the elaboration of this project is looking for the profit and the progress of the company and if it is good for the company, it would be a positive benefit for the personnel because al the departments always work with commitment and the people are responsible and this good attitude is a characteristic of the plant, and this helps because of this good work the plant attracts new clients and has the recognition of prestigious brands. The reduction of the space in this plant helps to the growth of the plant and helps all the departments involve because the personnel obtain knowledge and the experience because plan a line needs a very meticulous care for all the details and its fault and error. Engineering is in charge of the most basic activities like taking times, balance the work of the lines, work studies, the methods of construction, the layout design between other activities and all these activities helps to the final product. In the next paragraphs it would be presented every here is talked about in a clearer and a concise way, the opportunity of realizing and present this project in Aptiv RBE IV.

Keywords: Optimization, process time, production, balancing, stations, layout.

Usuarios potenciales

Equipo multidisciplinario de Aptiv Rio Bravo IV

Reconocimientos

Agradezco al personal directivo y docente, de la Universidad autónoma de Ciudad Juárez, la cual se dio la oportunidad de ingresar en su momento, impartiendo los conocimientos adecuados y necesarios, mismos que se ha tenido la oportunidad de poner en práctica en la elaboración de este proyecto. Agradezco a mis compañeros que en su momento se dio la oportunidad de intercambiar conocimientos, mismos que fueron útiles para el trabajo, así mismo reitero mi agradecimiento a la empresa Aptiv RBE IV, concretamente al Ing. Enrique Soria y el Ing. Luis Dominguez que autorizaron y participaron amablemente, brindando las facilidades necesarias para la elaboración de dicho proyecto.

1. INTRODUCCIÓN

Se sabe que en las industrias maquiladoras por detalles más mínimos se pueden generar ahorros millonarios; en este reporte se explica con detalle la reducción de una línea en la empresa: APTIV RBE IV específicamente la línea CADILLAC E2UL.

En piso o área de producción, es fundamental observar detenidamente los recursos con que se cuenta y canalizarlos de la mejor manera posible, pero siempre tomando en cuenta los requerimientos del cliente. Es por lo que un buen balanceo de línea es primordial antes de hacer cualquier reducción, movimiento, transferencia etc. El objetivo principal de un balanceo de líneas es igualar los tiempos de trabajo de cada una de las estaciones de los procesos que se llevan a cabo, esto con el fin de evitar inconvenientes en la productividad, cuellos de botella, tiempos muertos entre otras cosas.

Se deben tener en cuenta dos condiciones importantes, que son la cantidad y la continuidad del proceso, el primero es más que nada la cantidad de producción, se debe tener los recursos necesarios para poder cubrir esta demanda, y lo segundo engloba desde el surtido de línea, cables, componentes, subensambles, hasta la gente de mantenimiento que garantice la menor falla en los equipos del proceso.

Para ello lo primero que se debe ver son las tareas, estas mismas tienen criterios como son la duración, costo y consumo de recursos. Después que se cuenta con los recursos estos, pueden ser renovables y no renovables. Un ejemplo de los primeros es la mano de obra y muchos tipos de maquinaria que por ser una industria de arneses tiene mucho auge, y los no renovables son los que se agotan después de ser usados, en este caso sería el capital con el que se cuenta y la materia prima. Luego se tienen las restricciones y objetivos, es el mayor reto al momento de balancear una línea, ya que se deben cumplir los objetivos, pero respetando las restricciones. (Canizales, 2005)

La toma de tiempos es fundamental en la industria maquiladora, ya que este juega un papel importante en la determinación de estándares, ya sea para la planeación de la línea, calcular la productividad, cuánta gente se necesitará y por ende los gastos que esto conlleva.

Según WK (2001) el estudio de tiempos es el procedimiento utilizado para medir el tiempo requerido por un trabajador calificado, quien trabajando a un nivel normal de desempeño realiza una tarea conforme a un método especificado.

Es por lo que, como ingeniería de métodos, no se debe enfocar en los métodos de trabajo ya que, con este, parten para una buena producción y desempeño del trabajador.

Es importante el cumplimiento de las especificaciones de un producto, ya que al momento de su producción solo salen al mercado los que cumplan con sus requerimientos; es por lo que se busca la mejora de los procesos para garantizar la más alta calidad.

La capacidad de proceso es una de las más útiles herramientas, puesto que, considera la media y la dispersión, relacionándolos con la capacidad para cumplir las especificaciones.

Un estudio de capacidad de proceso da una evidencia estadística de la calidad. (Mejía Echeverry, 2013)

2. PLANTEAMIENTO

- Antecedentes

La industria de arneses es muy importante, ya que hoy en día, se derivan muchos empleos en Ciudad Juárez, y es mucho el dinero que se genera; es por lo que cualquier ahorro de cualquier tipo puede ser de gran ayuda para la empresa; por ello se busca realizar una optimización en una línea de producción en la empresa APTIV RBE IV; esto con el fin de ahorrar espacio y equipo de la línea, para la posible llegada de nuevos clientes.

Debido a la situación que se está enfrentando, esto relacionado con la pandemia, la ensambladora de Cadillac E2UL se vio en la necesidad de suspender temporalmente sus actividades, debido a esto dicha línea no ha tenido requerimientos, es por lo que se realizó el estudio de capacidad, llegando a la conclusión que hace falta una optimización en la línea para que con esto se libere el espacio necesario.

Aptiv RBE IV es una empresa arnesera, ésta se encuentra en la calle Rafael Perez Serna y Henry Dunant 32420 Cd, Juárez Chihuahua, dicha empresa trabaja en sistemas de conectividad para vehículos autónomos, sistemas de cableado, arneses y componentes eléctricos, su misión principal es hacer posible un futuro de la movilidad más seguro, ecológico y conectado; los principales clientes de Aptiv incluyen a GM, Volkswagen y Fiat también Hyundai motor.

Aptiv está combinado a su filosofía lean 2.0, un enfoque centrado en la persona, con herramientas digitales para involucrar a todos los empleados en la seguridad de los demás. El método de filosofía lean Manufacturing (producción limpia) es ampliamente utilizado para reducir al mínimo los desperdicios y maximizar la productividad.

En el departamento de ingeniería de métodos se enfoca a la coordinación de eventos que pasan o pasarán en el área de manufactura, realización de métodos, balanceo de líneas, pre planeaciones para arranque, incluso hasta se le da el entrenamiento necesario para la elaboración del arnés a los operadores, esto es en conjunto con algunos departamentos, como los son: calidad y confiabilidad los cuales se encargan de todas las liberaciones para autorizar si la línea es apta para arrancar, o les hace falta puntos, el departamento de ATBO que son los encargados de la realización de los tableros y secuencias eléctricas para los alros, y los de procesos secundarios, estos trabajan en coordinación con el departamento de corte de cable del arnés, para después encargarse de la coordinación del surtido en línea, por último manufactura, que son el motor de este trabajo, coordina y realiza las operaciones para llegar al objetivo.

La línea de producción en la que se llevará a cabo este proyecto es Cadillac E2UL, (body) es para una camioneta XZ720 el arnés consta de 815 circuitos/cables ya sean directos, torcidos, empalmes, múltiples etc. 118 componentes, 236 clips, 6 grommet y 2 antenas, donde se utilizan tableros mecánicos de más de 6 metros de largo por 2 de alto, esta línea consta de una mini línea, que es la que surte a la línea principal y la alimentan también otros kits y subensambles, para después le hagan las pruebas eléctricas en los 3 tipos de alros que se encuentran en el área de post operaciones.

Como antes se mencionó el principal problema se origina por el paro de la ensambladora de Cadillac a principios de año, orillando al estudio de capacidad de la línea debido al gran espacio que ocupa, una vez que se tiene conocimiento de la situación, se toma la decisión de optimizar la línea. Se cuenta actualmente con 20 tableros de línea, 8 de mini línea, 3 alros de clips y 3 alros de cables, como de antemano se sabe, una línea de tal magnitud genera un ingreso muy amplio, pero, esto teniendo en cuenta el tiempo sin producir, también puede ser un gran factor en contra.

MARCO TEORICO

En la figura 1 se muestran las temáticas principales del marco teórico, las cuales se desarrollarán en esta sección.

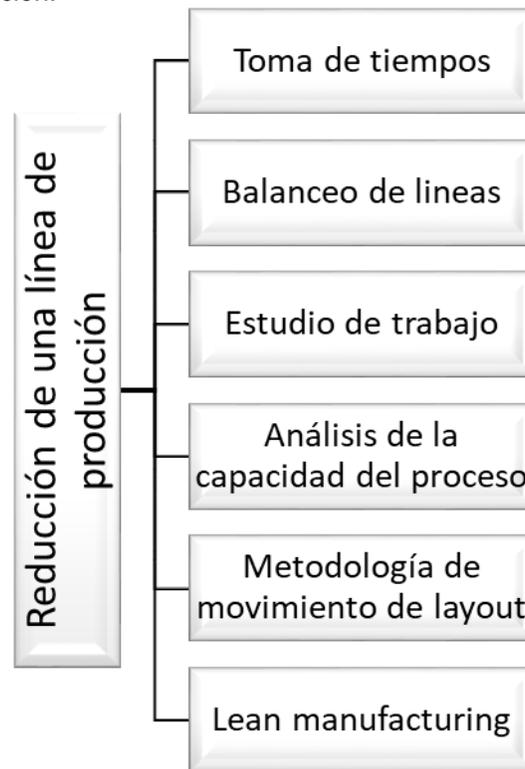


Figura 1. Mapa conceptual, temáticas del proyecto.

La toma de tiempos es una herramienta muy utilizada, consiste en medir el tiempo de una muestra que desempeña un operador, máquina etc, con el fin de tomar ese tiempo como base para establecer un tiempo estándar. El ciclo que tarda un proceso puede variar debido a un mal diseño del producto, o mal balanceo de los métodos, es por lo que se deben tomar los tiempos para que en su momento se tenga bien proporcionado el trabajo en una estación o línea de trabajo. Este estudio clásico con cronómetro fue propuesto por Federick Taylor en 1881.

Cabe mencionar que son completamente diferentes el estudio de los tiempos y el estudio de movimientos, ya que, en lo primero, se debe establecer un estándar de tiempo permisible para realizar la tarea asignada en base al contenido de trabajo considerando la fatiga, los permisos hacia los trabajadores, incluso contemplando los retrasos inevitables, y el estudio de movimientos, se encarga de contemplar con cuidado los movimientos corporales mediante la ejecución del trabajo asignado.

Entre los principales objetivos que se pueden destacar de esta herramienta de trabajo son: la optimización de tiempos requeridos para llevar a cabo la tarea, esto es de gran ayuda para manufactura, ya que, pueden aumentar la producción para poder sacar a tiempo las piezas requeridas según corresponda, nos ayuda a conservar recursos y minimizar los costos, aunque en ocasiones no les guste a los trabajadores de la industria pueden eliminar el tiempo extra, se puede llevar a cabo la producción sin sobrecargar al operario y lo más importante es que se está proporcionando un producto que cada vez se realiza de manera más confiable y de la más alta calidad, y se menciona que es importante porque como industria maquiladora es vital ofrecer los productos con la más alta calidad. (Cruelles, 2012)

El problema de diseño para encontrar formas para igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones se denomina: problema de balanceo de línea. Existen varios objetivos al implementar

el balanceo en línea, pero considerando uno de ellos que es: igualar los tiempos en todas las estaciones de trabajo, una línea de producción con un desempeño bajo puede constituirse en un grave problema, ya que puede generar costos por tiempos de espera e inventarios que no tendrían razón de ser.

Para que la producción en línea sea práctica, deberán idearse e incorporar ciertas condiciones, las cuales a continuación me voy a permitir enumerar:

Cantidad. La cantidad de producción tendrá que ser la necesaria para cubrir el costo del plan estratégico que se pretende llevar a cabo, y me refiero a la preparación de la línea. Esto depende del ritmo de producción y de la duración que tendrá la tarea.

Equilibrio. Los tiempos recomendables para cada una de las operaciones en línea deben ser aproximadamente iguales.

Continuidad. Deben tomarse las precauciones debidas para asegurar un aprovisionamiento continuo del material que se está requiriendo y la prevención de fallas de equipo.

Hay 4 principales propósitos de la técnica de balanceo de líneas; la primera es el igualar la carga de trabajo entre los operadores, esto es con el fin de no generar tiempos muertos o sobrecargar algunas personas, identificar la operación cuello de botella, esto es muy común debido a las habilidades, carga de trabajo que se le asigna a cada operador, hay con mas habilidad, para unas cosas y otros para otras, es por eso que se debe tener en cuentas todos estos aspectos por mas mínimos que parezcan, el siguiente es determinar el número de estaciones de trabajo, y por último reducir los costos de producción. (Meyers, 2006)

Estudio de trabajo

En el estudio de trabajo o estudio de movimientos, el principal objetivo es eliminar los movimientos que sean inecesarios y tener el mayor ordenamiento en cada uno de ellos, para poder sacar la eficiencia máxima de cada proceso, también se encarga de combinar las operaciones o elementos, cambiar la secuencia de operaciones y simplificar las operaciones todo con el fin de mejorar en la línea de producción. Para poder llevar a cabo esta tarea con éxito es necesario monitoriar y medir todas las actividades para poder identificar todas aquellas que requieren mayor tiempo y asi poder determinar su incidencia.

Algunas de las ventajas del estudio de trabajo, son un medio muy efectivo para aumentar la productividad mediante la reorganización del trabajo que se esta analizando, es aplicable para cualquier empresa o proceso, es un importante método de investigación. Las mejoras que se realizan son aplicables de inmediato y son de fácil aplicación. (B, 2004)



Figura 2. Se muestra una ilustración a para representar el estudio del trabajo.

<https://elinsignia.com/2017/06/29/estudio-del-trabajo-3/>

Análisis de la capacidad del proceso.

La capacidad de proceso suele interpretarse como la aptitud del proceso o de una sola máquina para cumplir los límites de tolerancia. Este análisis debe realizarse cuando dicho proceso este bajo control. Dicho análisis se suele iniciar, cuando se necesita estudiar un nuevo proceso, cuando se ha modificado alguna de las partes esenciales del proceso, cuando se han emplazado una o mas máquinas en otro lugar, cuando ha habido un reajuste en el funcionamiento de las máquinas, cuando los gráficos de control muestran cierta inestabilidad, etc.

Un estudio de capacidad de proceso da una evidencia estadística de la calidad. Así pues, cuando no se tiene claro hacia donde canalizar los recursos en el proceso de mejoramiento, esta evidencia define la prioridad; cuando se va a evaluar proveedores facilita la definición. (Schneider, 1996)

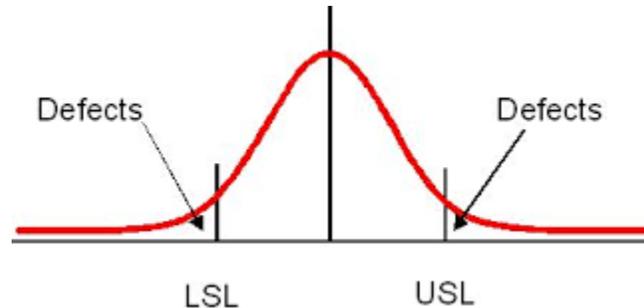


Figura 3. Se muestra la forma de la gráfica para un análisis de capacidad de proceso.

Metodología de movimiento layout.

Para el desarrollo de un movimiento de layout se deben considerar varios puntos, primero que nada se debe formular el problema, se pueden dar estos reacomodos debido a un cambio de proceso, movimiento de máquinas o bien una mala distribución inicial. Después se debe analizar el problema, donde se consideran los 8 factores de Muther, que son: material, máquina, hombre, movimiento, espera, servicio, edificio y cambio. Con ello se pueden identificar las principales restricciones y los requerimientos necesarios para cumplir con las expectativas que previamente se habían visualizado.

A continuación se encontraron con la búsqueda de alternativas donde se plasman las ideas recogidas mediante tres principios básicos; primero el todo y enseguida los detalles, posteriormente la solución ideal, y a continuación la práctica, y se emplean las técnicas del Brainstorming. Después se debe elegir la mejor solución que se ha encontrado, la que mejor opción de solución para el problema o requerimiento que se este llevando a cabo.

La especificación de la solución es de suma importancia; es aquí donde se cuestionan todos aquellos detalles, del porque, y como, se realizará la operación y además, en donde se podrá encontrar una respuesta a todas aquellas preguntas de nuestro nuevo layout y por último, está el ciclo de diseño que incluye las modificaciones que surgen debido a problemas que se presentan durante la implantación de la solución final adoptada, tales como problemas en las instalaciones, ya sean eléctricas o neumáticas, o mejoras en las vías de evacuación de los operarios. (WILMAR REGALADO ARCILA, 2006)

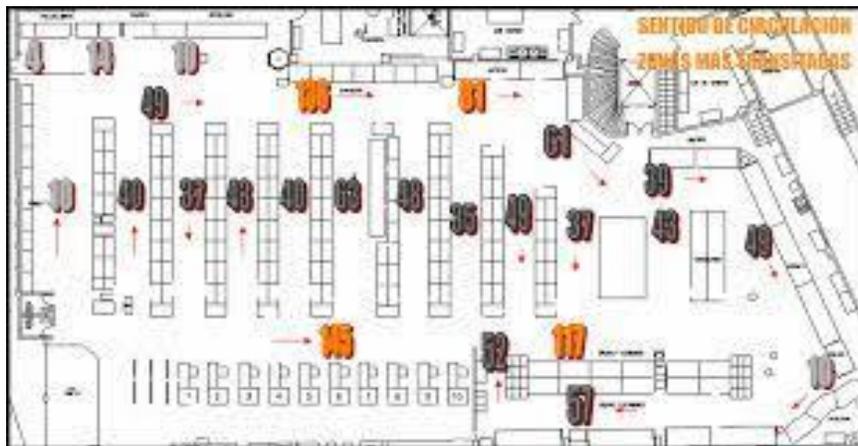


Figura 4. Ejemplo de un Layout organizado.

<https://www.marcelaseggiaro.com/tiendas-inteligentes-que-es-el-macrolayout/>

Lean Manufacturing

Es un método de organización del trabajo que se centra en la continua mejora y la optimización del sistema de producción mediante la eliminación de desperdicios y las actividades que no suman ningún tipo de valor al proceso.

El verdadero poder de lean manufacturing, radica en descubrir continuamente las oportunidades de mejora que esconde toda empresa, pues siempre existirán desperdicios que pueden ser eliminados, se trata de crear una forma de vida, donde se reconozca que los desperdicios existen y siempre será un reto para aquellos que estén dispuestos a encontrarlos y eliminarlos. (Socconini, 2019)

Hiroshi Okuda, CEO y director de Toyota Motors dijo: “Quiero que todos en Toyota cambien, o al menos no sean un obstáculo para que los demás lo hagan. También deseo que todos escriban sus planes de cambio para el año”.

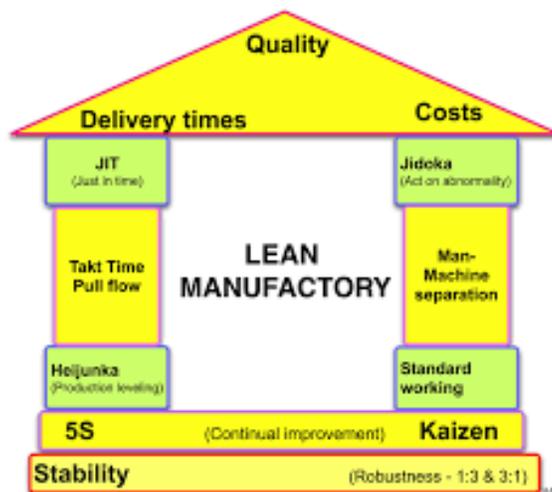
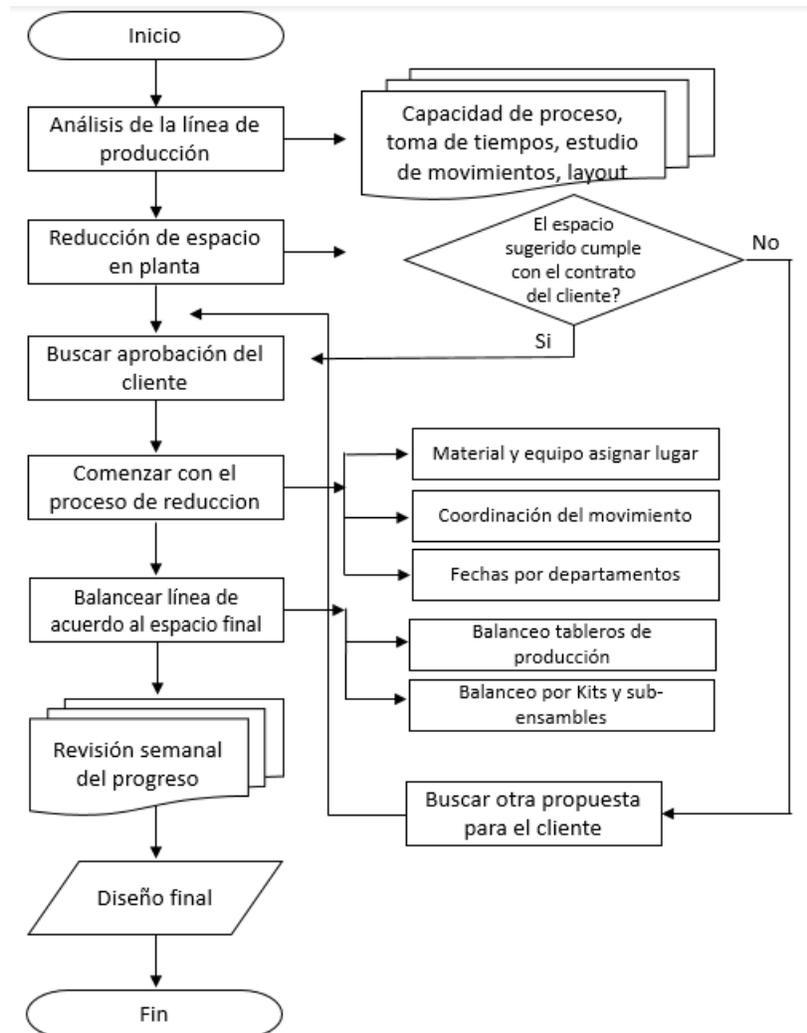


Figura 5. Representación de los términos que complementan a Lean manufacturing.

3. METODOLOGÍA

En la figura 6 se muestra el diagrama de flujo del proceso para la optimización de una línea de producción.



A continuación se describen cada uno de los pasos de la metodología:

1. Análisis de la línea de producción: En este primer paso se recabó la información necesaria para ver si era viable la optimización de la línea, debido a la circunstancia que presentaba la misma. Se optó por planear este proyecto, llevando a cabo el análisis completo. Entre los puntos que más resaltan son: los requerimientos que se veían a cortos, medianos y largos plazo, el contrato establecido con el cliente, el tiempo de proceso de cada estación, que tardan en construir actualmente, así como la herramienta y equipo con que se contaba y a donde se le podría canalizar, además se hizo un análisis profundo con respecto a:

- La capacidad de proceso, tomando en cuenta las nuevas herramientas que se pretende dejar a disposición, se hace el estudio de capacidad de proceso para estar convencidos de que la línea puede cubrir con el requerimiento del cliente. este es uno de los puntos de mayor relevancia ya que esto define si el cliente acepta o no.

- La toma de tiempos, es fundamental porque de aquí se deriva el análisis y la nueva redistribución de tareas, pasos, estaciones, y equipo con el que se va a contar con la nueva distribución de la línea y para así, tener la certeza de que cada estación y equipo tendrá el mismo tiempo y se produzcan las piezas sin problemas.
- Estudio de movimientos, va de la mano con la toma de tiempos, una vez establecidos estos, se tienen que reajustar los métodos de trabajo, es aquí donde se tiene que hacer un estudio de movimientos, ya que se pretende utilizar menos espacio. Se debe tener en cuenta que el operador al continuar su trabajo, mantiene así la misma cantidad de producción, por ello se deben estudiar los movimientos, para que no interfiera una actividad con otra, tratando así de evitar al máximo que se complique el proceso.
- Una vez teniendo los pasos anteriores se tiene que realizar el layout con la propuesta de la distribución y espacio que se pretende utilizar en la nueva línea optimizada, se revisan flujos, conectividades, capacidades y medidas de seguridad establecidas por el sistema de la planta.

2. Reducción de espacio en la planta: Una vez establecido el layout, se debe buscar una coordinación con todos los departamentos involucrados en la reducción, dejándole claro cada punto al departamento correspondiente, se empieza por el recorte de la línea de producción, 10 tableros de 6 metros de largo se retiran, y el conveyor se recorta, para después empezar con el reacomodo del área de post operaciones, después de esto, también se tiene que hacer lo mismo en la minilínea, se reacomodan los kits y subensambles para posteriormente hacer las bajadas eléctricas correspondientes para la liberación de cada equipo.

3. Buscar aprobación del cliente: El contrato establecido se debe mostrar al cliente para buscar su debida aprobación, no se puede realizar ningún movimiento sin la aprobación del mismo, es por ello que si una vez presentada la propuesta, el cliente no acepta, se debe buscar una nueva propuesta, con nuevos flujos, más capacidad de herramienta o más estaciones de trabajo, con la finalidad de que el cliente acepte la propuesta. Esto se debe buscar debido a las necesidades de la empresa. Si la respuesta del cliente es satisfactoria, se pasará al siguiente punto del diagrama de flujo.

4. Balancear línea de acuerdo al espacio final: Una vez aprobado el movimiento se debe continuar con el proceso de reducción, se debe buscar que haya una amplia coordinación entre los departamentos involucrados. Entre los principales puntos destacan:

- Asignar lugar específico al material y equipo que se optimizará, se cuentan con tableros de más de 6 metros de largo, alros (secuenciadores de cables) de más de 5 metros; es por ello que se debe destinar un lugar para el equipo que quedara obsoleto. Una tarea principal es encontrar el lugar disponible para enviar este equipo. Una vez destinado el lugar, se debe llegar a un acuerdo con el departamento de materiales para agendar cajas de trailer disponibles para las fechas requeridas y así poderle dar salida.
- Coordinación de movimiento, se deben establecer fechas en coordinación con el departamento de ingeniería de planta, con el equipo de mantenimiento, con el equipo de corte, materiales, confiabilidad y calidad, para poder organizar los trabajos correspondientes relacionados con cada área y así poder agilizar el proceso de movimiento.
- Fechas de cada departamento, en este paso es fundamental que cada departamento cumpla con lo requerido en la fecha especificada previamente, y el departamento de ingeniería de métodos debiera estar atento para que dicho departamento cumpla sin inconvenientes lo estipulado para no causar retrasos.
- Balanceo de tableros de producción, una vez que estén los tableros disponibles en la línea, se debe asignar las estaciones antes establecidas (en el balanceo y estudio de movimientos) para coordinar el despliegue de métodos de trabajo, identificar ayudas visuales, banderas de estaciones y todo el material que se necesita para el arranque de la línea.

- Balanceo de Kits y subensambles, estos ya puestos en su posición final, y ya que se ha implementado la optimización de la línea, de igual manera se tiene que desplegar toda ayuda visual que haga falta, métodos, selectores y estaciones antes ya analizadas y balanceadas.
- Una vez teniendo la línea de producción (tableros) los kits y subensambles lo siguiente es hacer el balanceo correspondiente al flujo que sigue, una vez que se baja el arnés de la línea se tiene que hacer pruebas, de clips, cables, inspección por calidad alro de amarres y para al final ser empacado, por ello este balanceo es importante para no generar cuellos de botella.

5. Revisión. Como antes se mencionó, el departamento de ingeniería de métodos se encarga de darle trámite al proceso, es por eso que se tiene que hacer revisiones semanales del estatus para ver el progreso que lleva cada departamento.

6. Final. Para finalizar se tiene el diseño final de la línea optimizada, se corren run and rate que pide el cliente, solo para confirmar que la nueva capacidad de herramienta es apta para cumplir con el contrato realizado con el cliente, se llenan los PMEAS, que son todos los modos de falla que pueden ocurrir y con esto el cliente autoriza de lleno este cambio.

4. RESULTADOS

1. Análisis de la línea de producción.

Para el análisis de una línea de producción, se tomaron los tiempos de cada estación de la línea, para obtener la información correspondiente, y verificar si es viable la reducción o no. Esto surgió debido al paro que sufrió la ensambladora a causa del covid 19, la línea de la cual se habla es para la marca CADILLAC, la cual consta de 1 minilínea, donde se fabrica el subensamblé más grande del arnés y se rutea en el tablero principal de la línea; ésta la conforman 6 kits para rutear en los tableros de la minilínea y después, se pasa por el mini alro, donde se realiza la primera prueba de cables para probar la continuidad eléctrica del subensamblé. A continuación, en la figura 7 se muestran las tablas con la información recabada.



Figura 7. Información recabada con la toma de tiempos de la mini- línea

En la tabla presentada en la figura 7 se puede observar los tiempos obtenidos para la Mini línea, teniendo un takt time de 360 segundos, se puede verificar que todos los kits, estaciones y alro que componen esta parte del arnés están en óptimas condiciones para sacar las piezas requeridas en tiempo requerido.

Luego se tiene el Sub005 donde se realiza otra parte del arnés para ser ruteado en el tablero principal, éste consta de 2 patinetas, un tablero en el mismo kit, un mini alro para probar la secuencia de este sub ensamble y verificar que no le falten o sobren cables, además de un tablero de encinte, donde se colocan clips y gromets. A continuación, en la figura 8 se muestran los tiempos de este sub ensamble.



Figura 8. Tiempos obtenidos del sub ensamble 5.

En la figura 8 se observan los tiempos obtenidos para el sub ensamble 5, donde de igual manera se cuenta con un takt time de 360 segundos y se verifica que cada estación cumpla con este tiempo de proceso, esta dividido por cada estación que incluye este ensamble con su respectivo tiempo, se observa que el alro y tablero tienen tiempo de proceso menor a lo establecido es por eso que en el MSD (manufacturing system design) diseño del sistema de manufactura, se asigna media persona para estos puntos, pero en realidad es la misma persona encargada de los dos.

Se tiene el sub ensamble número 6 es otro kit fundamental para la construcción del arnés, este lo componen una patineta que consta de 3 estaciones, un mini alro y su respectivo tablero de encinte, para tener esta parte y poderla rutear en el tablero principal de la línea. A continuación en la figura 9 se muestra los datos.



Figura 9. Tiempos del subensamble 6

En la figura 9 el takt time es de 360 al igual que los demás sub ensambles, en las tablas se muestran los tiempos verificados para respaldar este tiempo de proceso. De igual manera que el subensamble anterior pasa algo similar con los tiempos de la estación 3 y el alro, son tiempos de proceso menores al establecido por lo tanto se asigna una sola persona para realizar 2 operaciones.

Sub ensamble 7, de igual manera que el 6, este consta de una patineta que la conforman 3 estaciones junto con su mini alro y su tablero de encinte, a diferencia de los demás éste es alimentado del sub ensamble 6, es por eso que en la nueva distribución de la línea se debe tener en cuenta este detalle que se hablará mas adelante con detalles. A continuación se muestra la figura 10 con su respectiva información.

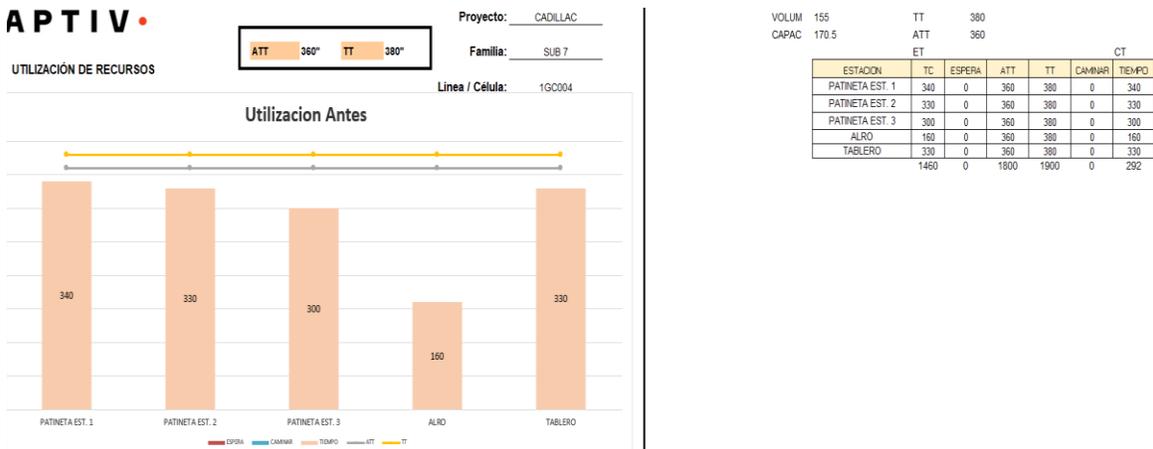


Figura 10. Tiempos del sub ensamble 7.

En la figura presentada, se muestra la verificación de los resultados del sub ensamble 7 todos en el tiempo de proceso requerido pero se muestra el alro con un tiempo de proceso de 160 segundo por lo cual el operador es asignado a una estación cercana para ayudar en otra actividad y de esta manera tener un buen balance en la línea y todo operador tenga sus respectivas actividades.

El kit 16 y kit 17 son un un poco mas pequeños pero muy importantes para el proceso , ambos cuentan con una patineta con dos estaciones y su respectivo mini alro para checar y revisar antes de encintar en tablero principal; A continuación se presentan los tiempos de cada uno de estos kits, se observan en la figura 11 y la figura 12:



Figura 11. Tiempos del KIT016

En la figura 11 se observa el tiempo tomado para el kit 16, se verifica que cada estación este con un tiempo de proceso igual o menor a 360 segundos, se observa que el alro tiene un tiempo de proceso de 155 segundos por ello se asigna ese mismo operador a otra estación para que este mismo cumpla con un tiempo de proceso de 360 y eliminar los tiempos de ocio.

A continuación se presenta la figura 12, con los tiempos correspondientes a este kit:



Figura 12. Tiempos del KIT017

Para este kit se observa que los 3 estaciones de trabajo que se tienen estan en promedio a un tiempo de proceso de 313 segundos, con esta información concluimos que esta en condiciones optimas para sacar la producción diaria requerida.

El kit 14 y 15 son solo ruteos sencillos que van directamente al tablero de la línea principal, su takt time es de 200 segundos; por lo regular estos operarios se utilizan para refuerzos de otros sub ensambles o mini alros, para bajar el tiempo promedio de cada estación.

Una vez que están trabajando los sub ensambles y los kits, se empieza a llenar el flujo en la línea principal, la primera estación la suministra el subensamble 1 que es básicamente el arnés principal, pero conforme va avanzando se complementan con lo demás, esta línea consta de 20 tableros y esta distribuida de 22 estaciones. A continuación en la figura 13 se muestra la información recabada.



Figura 13. Tiempos de la línea de producción.

En la figura 13 se observan los tiempos obtenidos para cada estación de la línea de producción, cabe resaltar que esto funciona con una densidad de 1.2 operadores, se observa que la mayoría de las estaciones sobre pasa un poco de el tiempo de proceso requerido, es por eso que los operadores del kit 14 y 15 donde su tiempo de proceso es poco menor, ayuda a estas estaciones de la línea, estos tiempos fueron tomados con arneses mas completos, la mayoría tiene contenido menor, es por eso que asi se dejaron estos tiempos de proceso, porque con los arneses de menor contido sin problema sacan las piezas requeridas.

Una vez que concluye el ciclo de los tableros, salen los arneses listos para continuar con el proceso, se le da disposición al área de post operaciones, donde se realiza la extracción de la bala en el ramal principal, una vez sacada ésta, ayuda para rutear los cables y además encintada; el arnés está listo para el siguiente proceso; se realiza la puebla de clips, es un alro, donde se pone el arnés completo y conectan todos los clips en holders, para detectar si le faltan o le sobran, después pasa a la prueba eléctrica, donde se ensamblan los conectores para probar continuidad eléctrica, cables faltante o sobrantes, posteriormente pasa al GP12, donde calidad se encarga de revisar componentes en buen estado y terminales en perfectas condiciones para a continuación llegar al último punto del proceso que es el alro de amarres, una vez amarrado se lee la etiqueta y se pone en su caja correspondiente.

Para esta área de post operaciones se tienen los siguientes tiempos, se muestran a continuación en la figura 14:



Figura 14. Tiempos del área de post operaciones.

En la figura 14, se muestran los tiempos de proceso del área de post operaciones, se muestran bien balanceados, el alro de cables muestra un tiempo de 750 segundo, es por ello que se cuenta con 3 alro, los cuales se utilizaban solamente 2 el tercero es exclusivo para servicios, los servicios son piezas que pide el cliente de años anteriores y no es muy común que lleguen requerimientos de este tipo.

Como se puede observar el actual tiempo de proceso es de 360 segundos, en todas las estaciones, es decir cada 360 segundo se saca una pieza, el tiempo total en segundos es de 30,600 equivalentes a 8.5 horas del turno A, esto da un total de 85 piezas por turno, que se distribuyeron a 90 en T.A y 80 de T.B, con una salida total de 170 piezas por día, siendo el contrato de 225 piezas, pero se cuenta con una capacidad de herramienta de 315 piezas por turno, esto debido a que en el arranque de la línea se cotizó herramienta en exceso, por la falta de conocimiento del arnés.

En la propuesta se reduce a una capacidad de herramienta de 259 que es el contrato, más un 15% por flexibilidad (esto es previamente establecido por el cliente), teniendo el mismo contrato pero si se llegara a requerir que se produjera la cantidad de piezas establecidas, se habilitara el turno C, establecido en contrato como disponible por el cliente.

Tabla 15. Información sobre la línea actual y la propuesta.

	Capacit y Tooling	Space Ft2	Contrat o	Salid a Total	Salid a T.A (8.5)	Salida T.B (7.5)	Salida T.C (6)	Comentari os
Actual	315	6000 FT2	225	170	90	80	Availabl e	
Propuest a	259	4200 FT2	225	259	100	90	69	

Actualmente la línea cuenta con 8 tableros de la minilínea, 20 tableros de la línea principal, 3 alros de clips 3 alro de cables y 1 alro de amarres. A continuación se presenta la cantidad de herramienta que se pretende dejar en la tabla 16.

Tabla 16. Tabla de contenido de herramienta actual y propuesta.

	Actual	Propuesta	Densidad	Tpo.
Mini Línea	8	4	1	290
Línea	20	10	1.2 A 2.6	289
Alro Clips	3	1	4	290
Alro Cables	3	2	4	280
Alro Amarres	1	1	4	290

La propuesta realizada en la tabla 16 muestra la cantidad de herramienta que se quiere utilizar, en los tableros de la mini línea se redujo a la mitad, pero con una densidad de 1 persona por tablero, en la línea se redujo a la mitad, esto debido a los cálculos, se permiten 3 operadores por tablero, dejando a una densidad de 2.6, se podría dejar a 8 tableros teniendo una densidad de 2.88 pero esto ya no dejaría reaccionar ante un incremento de producción.

Se cuentan con 3 alros de clips de los cuales se utilizaban 2, el tercero era destinado solo para pasar piezas de servicios, por lo tanto se optó dejar solo 1 con 4 operadores que fácilmente darán un tiempo de proceso de 290 segundos, el tiempo disponible por turno es de 30600 segundos esto dividido entre el tiempo de proceso da un total de 105 piezas/ turno, así que se concluye que con 1 alro de clips es suficiente pasar las piezas requeridas.

De igual manera el alro de cables de 3 equipos se destinaron 2 pero aumento la densidad a 4 operadores por alro debido a que anteriormente se llevaba un tiempo de proceso de 750 segundos con 2 operadores, ahora se le asignan 4 operadores para bajar el tiempo de proceso y poder sacar el requerimiento.

En el alro de amarres queda igual pero para bajar el tiempo de proceso se le asignan 2 operadores mas.

A continuación en la tabla 17 se muestra el análisis de la línea de producción.

			Vel Actual	Pc. Actual	Vel propuesta	Pc. Prop	WC	Tab Act.	Est. Act	Densidad Actual	Tab Prop.	Est. Prop.	Densidad Prop.
T.A	8.5	30600	183	167	352	87	4200	20	23	1.15	10	23	2.30
T.B	7.5	27000		148		77							
T.C	6			0		61							
Dia	16	57600		315		0							
Dia + C	22	79200				225							

Tabla17. Estudio de capacidad de herramienta

En la tabla 17 se muestra con números y resultados lo que se habla de la reducción de 20 tableros a solo 10, obteniendo la densidad de 2.30 para poder trabajar con éxito con la herramienta propuesta y los operadores permitidos.

Haciendo la reducción de la línea de producción con 10 tableros, subió la densidad a 2.30, esto quiere decir, que por estación estarán trabajando 2 operadores, y uno más dando soporte en varios tableros, está completamente permitido, ya que son tableros de 6 metros de largo, y la densidad máxima es de 3, es por esta razón que se dejan 10 tableros.

La distribución de lay out estaba dado de la siguiente manera, con la herramienta que se tiene actualmente, a continuación se muestra en la figura 18.



Figura 18. Layout de la línea actual

La figura 18 nos muestra la distribución de la línea actual, el slot mas pequeño comprende el área del sub001 o mini línea, se puede observar el rotary mas pequeño, seguido de este, el slot de la línea principal que abarca todo debido al tamaño de la línea y el tercer slot esta destinado para el área de post operaciones.

2. Reducción de espacio en planta.

Para empezar con la reducción, es primordial contemplar primero que nada la aprobación del cliente, por ello se realizo una presentación en power point con todo el análisis, gráficas de como se comporta el requerimiento de las piezas en los próximos meses y la propuesta de lay out para darle la primera información.

3. Buscar aprobación del cliente

Una vez planteada esta propuesta, asegurada con tiempos y estudio de capacidad, se debe presentar al cliente, ya que sin su aprobación no es posible realizar esto, así que se hicieron juntas con el SQE (service quality engineer) se presentó toda la información, él, solo cuestionó la capacidad de herramienta que se tenía contemplada, ya que el contrato es de 225 y se había presentado de esta manera, pero comentó que se tiene que dejar a un 15% más, para tener un margen de error, así que se volvió a replantear, y es por eso que se dejó la capacidad de herramienta a 259, como se mostró en tablas anteriores, otra cuestión que comentó, es que no iban a pagar más por habilitar el turno C, pero revisando el contrato se confirmó que así está establecido desde un inicio con la empresa. El SQE se llevó esta información y se la presentó al cliente, después de unos días y varios correos, se aprobó la propuesta solo se comentó que a la brevedad posible se prepare la línea para correr un run at rate para corroborar que todo esto no es solo comprobado con números, sino que también en línea de producción, ya que con la mano de obra con que se cuenta actualmente, es posible sacar esta producción.

4. Comenzar con el proceso de reducción.

Para iniciar con el proceso de reducción, primero se hacen juntas de coordinación con las demás empresas aptiv, para solicitar espacio en algún almacén y de esta manera mandar el material que no se utilizará más. En este caso, el material sobrante de la línea de producción será enviado a RBE IX.

Dentro de las mismas juntas de coordinación, se habla con los demás departamentos, en especial con el departamento de ingeniería de planta que es el encargado de hacer todo el trabajo de reducción; bajadas eléctricas, movimiento de material y equipo de acuerdo al layout que se les hace llegar, luego tienen que entrar a el área, el equipo de confiabilidad y calidad, que es el encargado de liberar toda herramienta por posibles modo de falla, desde kits hasta los alros, el departamento de calidad también asume un papel importante, porque le da una segunda revisión a todo el material y equipo de la línea, herramienta y flujo de acuerdo a lo establecido.

El supervisor de piso tiene la obligación de facilitar el personal correspondiente para realizar pruebas con las primeras piezas, el equipo de mantenimiento tiene la responsabilidad de dar soporte a los alros electricos, el equipo de secundarios es el encargado de dar las tarjetas para el surtido de cable, esto por el nuevo lugar de los kits y sub ensambles, de igual manera el departamento de materiales asume su responsabilidad correspondiente y por último el departamento de PC (Production Control) que será el encargado de dar a conocer, cuales serán los números de acuerdo con la solicitud del cliente y, de esta manera manufactura pueda empezar a llenar a flujo.

Es por eso que cada departamento tiene que estar presente en las juntas, para así, estar en condiciones de establecer las fechas para llegar todos en equipo al resultado esperado y arrancar el día establecido.

5. Balanceo de línea de acuerdo al espacio establecido.

Como antes se mencionó, la línea cuenta con 10 tableros de producción, los cuales se quedarán con las mismas 22 estaciones, pero balanceado para una densidad de 2.3 operadores, es decir cada estación trabaja con estos mismos, donde se adaptó de tal manera que no enterfieran en espacio y cantidad de trabajo.

Por otro lado para los kits y subensables, en el área de la mini línea se acomodaron de acuerdo al flujo que lleva la rotación de los tableros, para ese slot se asignó el sub ensamble 6, su tablero de construcción y su mini alro para hacer las pruebas eléctricas, esto hace forzosamente asignar a este slot la estación de plogas debido a la conectividad que une al sub 6 y esta estación.

En el segundo slot detrás del subensamble 6 debe ir el sub ensamble 7 por el flujo que llevan, todos los demás se quedan de la misma manera. Al bajar el arnés terminado, va directamente al saca bala, luego al primer alro de clips y seguir el flujo hasta llegar a el área de empaque. A continuación se presenta la figura 19 con el flujo de la línea.

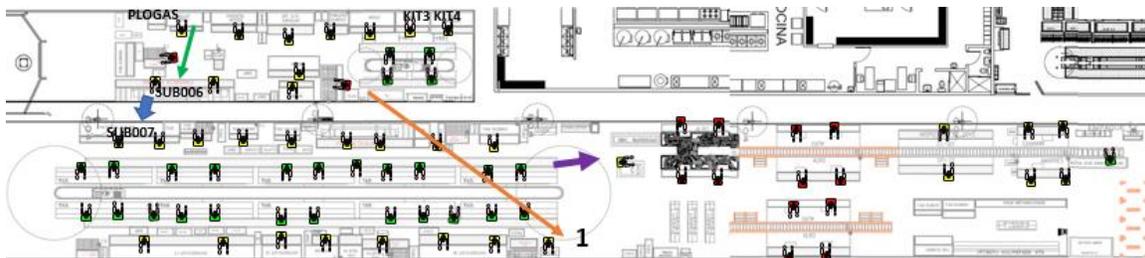


Figura 19. Flujo de la línea de producción.

En la figura anterior se muestra el flujo que tiene la propuesta de la línea, como se puede ver el sub ensamble 6 esta detrás del subensamble 7 esto porque tiene conectividad, se muestra con la flecha azul. La flecha verde, muestra la estación de plogas que va en conjunto con el sub006, la flecha en color naranja, muestra de donde se transporta el subensamble 1 para ser montado en la estación 1 del tablero de la línea principal, esto se realiza con carros transportadores y la flecha morada muestra el flujo que sigue una vez bajado el arnés de la ultima estación de la línea.

6. Revisión semanal del progreso.

Se hace la revisión semanalmente con cada departamento, para verificar que todo vaya de acuerdo al tracker llenado en las juntas de coordinación, cada semana se presenta el estatus para ver posibles modos de fallas que pudiesen afectar la optimización, cuando un departamento tiene problemas debe darlo a conocer de inmediato para tomar acciones correctivas en tiempo y momento. De esta forma se trabajó de manera coordinada obteniendo el resultado que se había deseado. A continuación se muestra el tracker con las actividades para el movimiento.

Movimiento de Lay-out Cadillac E2UL GM							2da REVISION
PLANTA_IV							
CODIGO_IGC004A	PRE-PROD. ()	CAMBIO DE MOD. ()	CAMBIO DE ING. ()	MOVIMIENTO DE LAY-OUT (X)		EVENTOS INTERNOS ()	
DESCRIPCION	CADILLAC BODY	DEPT. 3338	SLOT # 13			FECHA DE ARRANQUE	12-Jul-21
EVENTO	No.	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES/REQUERIMIENTOS	DEPTO. RESPONSABLE	DUEÑO	PLAN ACTUAL	OBSERVACIONES	
Area de mini-línea	1	Plan de movimiento de Mini Línea	Ing. Planta	O. Estrada / I. Olea	19-Sep		
	2	Plan de movimiento de Racks.	Ing. Planta	O. Estrada / I. Olea	19-Sep		
	3	Recorte de Mini Línea a 5 Tableros (Se subirá el quinto tablero, maestro)	Ing. Planta	O. Estrada / I. Olea	20-Sep		
	4	Surtido de Cable en área de Mini línea	corfe	Ismael Medrano	21-Sep		
	5	Bajadas e instalación de Equipo Eléctrico en área de Mini Línea amanecen.	Ing. Planta	O. Estrada / I. Olea	22-Sep		
	6	Índice de herramienta en tableros de Mini Línea	Confiableidad	Grizelda Castillo	19-Sep		
	7	Reparación de issues encontrados en Índice de Herramienta	Ing. Planta	O. Estrada / I. Olea	22-Sep		
	8	Liberación de área	Equipo multidisciplinario	E. Sorria/Dominico	23-Sep		
Area de línea	9	Plan de movimiento de Línea. Se mueve 1Mt.	Ing. Planta	O. Estrada / I. Olea	21-Sep		
	10	Plan de movimiento de Racks	Ing. Planta	O. Estrada / I. Olea	19-Sep		
	11	Surtido de Cable en área de Línea		Ismael Medrano	19-Sep		
	12	Bajadas e instalación de Equipo Eléctrico en área de Línea (mini afros) amanecen.	Ing. Planta	O. Estrada / I. Olea	20-Sep		
	13	Índice de herramienta en tableros de Línea	Confiableidad	Grizelda Castillo	19-Sep		
	14	Reparación de issues encontrados en Índice de Herramienta	Ing. Planta	O. Estrada / I. Olea	22-Sep		
Area de pos-operaciones	15	Jaula de Pie trabajo, construir y delimitar.	Ing. Planta	O. Estrada / I. Olea	22-Sep		
	16	Liberación de área	Equipo multidisciplinario	E. Sorria/Dominico	23-Sep		
	17	Plan de movimiento de Pos operaciones: Se mueve .80cm al pasillo	Ing. Planta	O. Estrada / I. Olea	22-Sep		
	18	Bajadas e instalación de Equipo Eléctrico	Ing. Planta	O. Estrada / I. Olea	19-Sep		
	19	Amaneció la bajada, solo falta conectar para iniciar con la liberación	Ing. Planta	O. Estrada / I. Olea	09/19 10 am		
	20	Liberación de área	Equipo multidisciplinario	O. Estrada / I. Olea	23-Sep		

Figura 20. Tracker de actividades

El tracker que se muestra en la figura 20 muestra ya finalizado con actividades, su respectivo responsables y fechas, algunas de las veces se modificaron debido a inconvenientes pero así es como se quedó finalmente.

7. Diseño final.

A continuación se presenta el diseño final de la línea de producción:

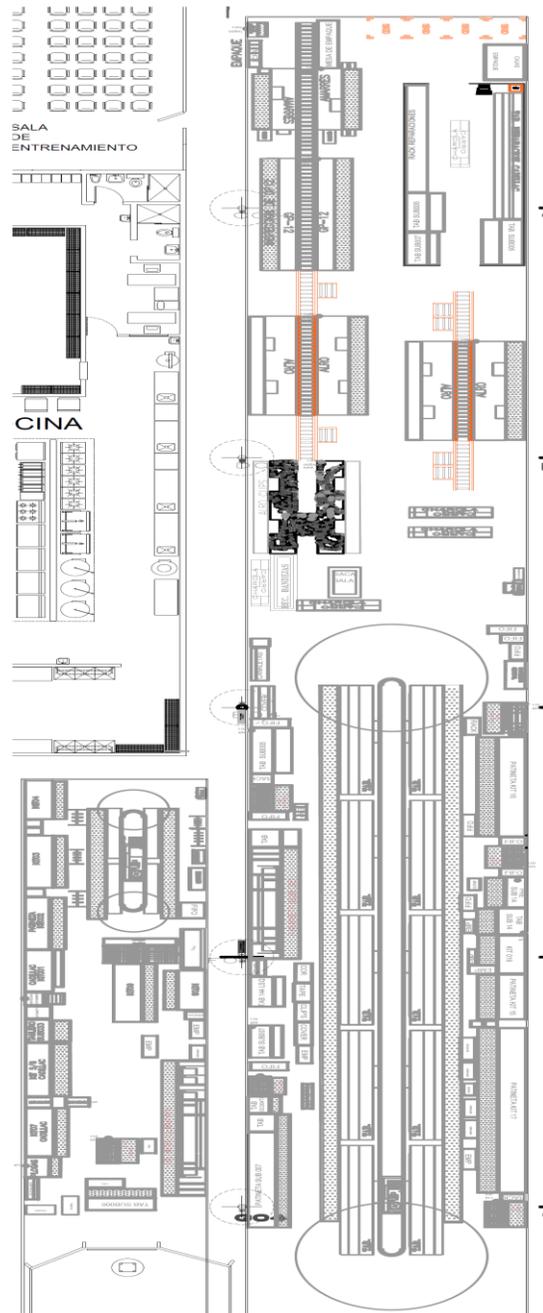


Figura 21. Línea de producción

La línea de producción esta representada de la siguiente manera.

5. CONCLUSIONES

En la empresa APTIV RBE IV (Rio Bravo Eléctricos 4) se dio la oportunidad de llevar a efecto la modificación de una línea, específicamente la línea CADILLAC E2UL. por supuesto, haciendo las debidas observaciones de manera cuidadosa y bastante responsable por parte de los departamentos involucrados en este proyecto. Estas observaciones están relacionadas con: los recursos que tiene disponibles la empresa para tal efecto, así como tomar en cuenta los requerimientos del cliente.

Después de llevar a cabo el correspondiente balanceo de línea, cuyo objetivo como bien se sabe; es igualar los tiempos de trabajo de cada una de las estaciones de los procesos que se llevan a cabo con la finalidad de evitar al máximo algunos inconvenientes que se pudieran presentar en la productividad. Esto implicó que se tomaran en cuenta rubros de suma importancia como lo son: la cantidad y la continuidad.

Dada la importancia de la industria a la cual se está haciendo alusión, los departamentos que están conformados e involucrados y que de manera sumamente responsable siempre están buscando el bienestar y progreso de ésta, ya que de ello depende también el sustento de un gran número de familias.

Tomando en cuenta esto, dichos departamentos de manera coordinada optaron por realizar un estudio muy minucioso, para luego estar en condiciones de realizar una optimización en una línea de producción en la empresa APTIV RBE IV; lo que se pudo llevar a cabo, esto con el fin de ahorrar espacio y equipo de la línea, para el posible ingreso de nuevos clientes, ya que debido a la situación que se enfrenta por la contingencia del virus actual, la ensambladora de Cadillac E2UL suspendió de manera temporal algunas de sus actividades disminuyendo de manera exponencial los requerimientos, por ello se llegó a la conclusión de que hacía falta una optimización en la línea para que con esto se libere el espacio necesario.

REFERENCIAS (bibliografía)

- B, -H. J. (2004). *Dirección de la producción. Decisiones Tácticas*. Ed Prentice Hall.
- Canizales, V. G. (2005). *Aplicacion de algoritmos en el balanceo de linea de produccion* . Reynosa.
- Cruelles, J. A. (2012). *Mejora de métodos y tiempos de fabricación*. MARCOMBO.
- Mejía Echeverry, O. A. (23 de 10 de 2013). *Universidad del Valle Biblioteca digital*. Obtenido de Capacidad de proceso: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/6217>
- Meyers, F. &. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales* . Tercera edición. Editorial Pearson.
- Schneider, H. P. (1996). *Uses of ProcessCapability Indices in the SupplierCertificationProcess*. Quality Engineering 8 No.2 .
- Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing paso a paso*. marge books.
- WILMAR REGALADO ARCILA, S. C. (2006). *METODOLOGÍA DE LA PLANEACIÓN SISTEMÁTICA DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA*. SANTIAGO DE CALI, VALLE DEL CAUCA.
- WK, H. (2001). *Manual del Ingeniero Industrial*. En M. G. Hill. Mex.