TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO

INSTITUTO TECNOLOGICO DE APIZACO

PROYECTO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

IMPLEMENTACIÓN DE BALANCEO DE LÍNEAS PARA EL AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD EN UNA CÉLULA DE PRODUCCIÓN.

EMPRESA: COINDU MEXICO S. DE R.L. DE C.V.

PERIODO: 08 DE ENERO DEL 2024 AL 07 DE JULIO DEL 2024

NOMBRE DEL RESIDENTE: ESTEBAN ABISAI PERIAÑEZ ZAMORA

NUMERO DE CONTROL: C19370656

CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL

ASESOR INTERNO: INGENIERO PLUTARCO SÁNCHEZ DE GANTE

Instituto Tecnológico de Apizaco

APIZACO, TLAX 19 FEBERRO 2024

Agradecimientos

En primer lugar, les agradezco a mis padres Laura Zamora Ortega y Jesús Jairo Periañez Sánchez, que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades. También son los que me han brindado el soporte material y económico para poder concentrarme en los estudios y nunca abandonarlos, de no ser por ellos, nada de esto habría sido posible. Quiero agradecer también a mi hermana Jasmín Periañez Zamora, por darme apoyo moral y su amistad en todo el trascurso de mi preparación y por recordarme que siempre hay alguien que cree en nosotros, aunque no nos lo haga saber.

Mi sincero agradecimiento a mi novia Cristal López Martínez, por darme cariño y motivación en los momentos más difíciles de mi preparación académica, ella fue quien me dio inspiración y ganas de seguir adelante cuando me sentía cansado o abrumado, le agradezco por no dejarme solo en aquellas batallas de las que no hablo con nadie más que ella.

Son muchos los docentes que han sido parte de mi camino universitario, y a todos ellos les quiero agradecer por transmitirme los conocimientos necesarios para hoy poder estar aquí. Sin ellos los conceptos serían solo palabras, y las palabras ya sabemos que se las lleva, el viento.

Por último, agradecer a la universidad que me ha exigido tanto, pero al mismo tiempo me ha permitido obtener tanto conocimiento, el Tecnológico Nacional De México Campus Apizaco. Agradezco a cada directivo por su trabajo y por su gestión, sin lo cual no estarían las bases ni las condiciones para aprender las habilidades y conocimientos que hoy me hacer ser lo que soy, es un orgullo formar parte de los toros.

Resumen

Una célula de producción que cuenta con 2 o mas estaciones de trabajo presentara en la mayoría de los casos dificultades para hacer que todas las estaciones trabajen el mismo tiempo y al mismo ritmo, generando cuellos de botellas que por medio del desperdicio de tiempo disminuyen la productividad. En este sentido es de suma importancia que la célula de producción se encuentre con sus estaciones de trabajo niveladas con el objetivo de reducir los tiempos de ocio, mejorar el flujo de la pieza y tener una secuencia de operaciones definida correctamente, es aquí donde el balanceo de líneas de producción ayuda a la solución de estas problemáticas.

Índice

1 Introducción 6
2 Descripción de la empresa u organización 7
2.1 Acerca de COINDU 8
2.2 Historia 8
2.3 Visión 10
2.4 Misión 10
2.5 Valores de COINDU 10
2.6 Clientes de COINDU 11
2.7 Objetivos de COINDU 12
2.8 Organigrama de COINDU México S. DE R.L. DE C.V. 12
2.9 Proceso de COINDU México S. DE R.L. DE C.V. 14
3 Área de desarrollo del proyecto 15
4 Problemas para resolver 16
5 Objetivos 17
5.1 General 17
5.2 Específicos 17
6 Justificación 18
7 Marco teórico 19
7.1 Ingeniería de métodos 19
7.2 Estudio de tiempos 20
7.3 Balanceo de líneas 23
8 Procedimiento y descripción de las tareas realizadas 29
8.1 Selección de la célula de producción para implementar el balanceo de líneas 29
8.2 Recopilación de datos históricos (eficiencia y eficacia) 30
8.3 Análisis de operaciones y secuencia de la célula 31
8.4 Toma de tiempos de las operaciones 33
8.5 Diseño de balanceo observado 36
8.6 Diseño de propuesta para el nuevo balanceo (LayOut y operaciones de cada Workstation): 42
8.7 Validación de balanceo propuesta 50
8.8 Implementación de balanceo propuesta 51
8.9 Seguimiento del balanceo para el cálculo de la eficiencia 51

8.10 Ajustes y optimización 53
8.11 Entrega de resultados 53
9 Resultados 54
9.1 Aumento de la productividad 54
9.2 Cargas de trabajo equilibradas 55
9.3 Mejora en la secuencia de las piezas 57
9.4 Sobre inventario en proceso eliminado 58
10 Conclusiones 59
11 Competencias desarrolladas 60
12 Bibliografía 61
13 Glosario 62

1 Introducción

Un sistema productivo sin importar su índole siempre está enfocado en mejorar su eficiencia aumentando su productividad. Se entiende por aumento de productividad como el incremento de numero de piezas producidas por horas de trabajo o la reducción de horas de trabajo para la producción de piezas.

El presente trabajo tiene como finalidad la implementación de un balanceo de líneas de producción en la célula 67 A/C, la cual es de tipo “i” en la empresa COINDU México S. DE R.L. DE C.V. Con el objetivo de aumentar la productividad y mejorar el flujo de la pieza a través de la célula.

La célula 67 A/C fue seleccionada debido a que se encontraba con una productividad baja que no superaba el 65%, además de no cumplir con las piezas requeridas, presentaba un desequilibrio evidente en las cargas de trabajo de sus estaciones, aunado a eso, un flujo erróneo de las piezas que generaba descontrol e inventarios en proceso excesivos. Con la aplicación del balanceo de líneas de producción se equilibraron las cargas de trabajo y se diseñó una nueva secuencia para las piezas mejorando así el flujo y aumentando la productividad de la célula.

El presente trabajo se realizó de manera individual, donde se recabaron datos históricos acerca de la célula para después realizar un estudio de tiempos y así desarrollar una propuesta de balanceo de líneas a la célula, para posteriormente implementarlo y darle seguimiento.

Al final se presentan los resultados de la implementación y seguimiento de un balanceo de líneas a una célula de producción que muestra un aumento significativo en la productividad y una mejora en la secuencia de la pieza.

2 Descripción de la empresa u organización

Nombre: COINDU México S. DE R.L. DE C.V.

Giro: COINDU es una empresa dedicada al sector de componentes de la industria automotriz, especializada en la confección de vestiduras tanto de tela como de piel y produce, además, accesorios interiores como reposabrazos, cabeceras de asientos y paneles de puertas.

Ubicación: Piedras Negras No. 1000 Int. Bis Ciudad Industrial Xicohténcatl, 90434 Tetla, Tlaxcala.

COINDU es una empresa internacional, que trabaja desde hace más de 30 años en distintos países en todo el mundo incluyendo México:





En la imagen se aprecia la ubicación de planta COINDU México en Tlaxcala, son dos naves las cuales están separadas por una distancia aproximada de 150 metros.

La nave 1 funge como almacén mientras que la nave 2 es donde esta el proceso productivo.

2.1 Acerca de COINDU

Fundada en 1988 con 183 empleados, la actividad principal de COINDU es la producción de fundas de asiento para diferentes fabricantes de equipos originales. Hoy en día, COINDU cuenta con más de 3.800 empleados en todo el mundo y es conocida entre las principales marcas por la calidad de sus productos y la flexibilidad de su proceso de fabricación. Tratar de responder positivamente a las expectativas de nuestros clientes es la piedra angular del Grupo COINDU. Esta ambición es transmitida tanto por nuestros empleados como por nuestros socios y proveedores.

La proximidad al cliente es fundamental para el éxito de COINDU con el fin de sincronizar nuestro crecimiento con las necesidades de los fabricantes de equipos originales. Esto ha dado lugar a que nuestra organización esté presente en varios países y regiones, manteniendo nuestra sede en Portugal, pero creando empresas autónomas que son capaces de representar nuestros valores a los clientes dondequiera que se encuentren.

Los centros de desarrollo representaron un salto adelante en las relaciones de COINDU con los clientes, permitiéndonos afirmarnos cada vez más como un socio comercial, dedicando todo su know-how al servicio de los OEM desde las primeras etapas de desarrollo del producto.

El espíritu de equipo, la flexibilidad, los valores éticos, la mejora continua, la capacidad de cambio y adaptación a nuevos entornos son algunos de los valores que nos permiten ofrecer el producto adecuado en el momento adecuado con la máxima calidad y los mejores precios para nuestros clientes.

2.2 Historia

COINDU fue fundada por António Lourenço, Armindo Gomes y Günter Stichter Senior en Joane en 1988. El Sr. Lourenço fue responsable de las operaciones, el Sr. Gomes de las ventas y la familia Stichter aportó el capital, su experiencia y su red de contactos en la industria automotriz.

COINDU comenzó con la producción de pequeñas piezas de cuero y, a partir de 1992, comenzó la producción en serie de fundas para asientos. En aquel entonces, COINDU operaba principalmente como un proveedor de segundo nivel o proveedor de "subcontratación" de primer nivel, suministrando cuero para OEM como Volvo, Ford, Mercedes, VW y Chrysler. Si bien la mayoría de las operaciones se llevaron a cabo en Joane, todas las operaciones comerciales fueron manejadas por la otra compañía de la familia Stichter, Sevex en Sevelen, Suiza.

En 1999, Günter Stichter falleció y su hijo Günter Stichter Junior siguió los pasos de su padre y representó a todos los miembros de la familia Stichter en la Junta Directiva de COINDU. Poco después, se estableció una nueva planta en Arcos, en el norte de Portugal. COINDU alcanzó un tamaño crítico, lo que le permitió independizarse completamente de Sevex y actuar en su propio nombre frente a los clientes.

Los años siguientes mostraron un mayor crecimiento, con la empresa ganando Faurecia y Johnson Control como nuevos clientes. Esto impulsó la decisión de salir de Portugal y abrir una nueva planta en Curtici, cerca de Arad, Rumanía, en 2005.

Solo ocho años después de la muerte de su padre, Günter Stichter Junior murió y se produjo otro cambio de accionista dentro de la familia Stichter. En el mismo año, por primera vez, COINDU logró abastecerse directamente a Audi. Especialmente debido a esta evolución, los años siguientes mostraron un crecimiento continuo, con la ruptura de la barrera de los 100 millones de euros en 2008. En los años siguientes, COINDU logró negociar directamente como proveedor de primer nivel para BMW (2011) y VW (2012). En el mismo período de tiempo, se abrieron los nuevos centros de desarrollo en Ingolstadt (para Audi y BMW) y en Braunschweig (para VW).

En 2013, Maximilian Stichter decidió comprar la parte de toda su familia, reuniendo la mayoría de las acciones que su abuelo había poseído. En el mismo año, la estructura gubernamental del COINDU se modificó al llamado modelo "alemán" o dualista, con la implementación de una estructura de consejo de supervisión. Ambos fundadores, Antonio Lourenço y Armindo Gomes, dejaron el negocio diario y pasaron al Consejo de Supervisión, entregando todos los negocios a la dirección externa. Ambos hombres fueron las principales piedras angulares y fuerzas impulsoras detrás de que la empresa lograra ventas de 167 millones de euros ese año y todas las ventas que COINDU logró en los años consecutivos.

Muy tristemente, otro cambio de accionista ocurrió en 2014 cuando el fundador, el Sr. Gomes, falleció, entregando sus acciones a sus herederos. En el mismo año, la compañía diversificó su cartera de productos y se trasladó fuera de la industria automotriz a la industria de la ropa de lujo, suministrando piezas pequeñas a una de las principales casas de moda internacionales del mundo con productos que van desde bolsos de lujo hasta muchos otros artículos de cuero. Al año siguiente 2015, COINDU continuó con su estrategia de internacionalización, abriendo una nueva planta en México. Además, se logró un nuevo abastecimiento directo con Porsche y Mini.

2019 COINDU adquirió BREE Collections GmbH, una marca de lujo que opera en el sector de la moda desde 1970 con sede en Hamburgo, Alemania. La adquisición de COINDU amplía la cadena de valor del Grupo y ahora puede ofrecer productos de alto valor, desde la movilidad hasta la moda.

Hoy en día, la sede de COINDU sigue estando en Portugal, representando a las tres generaciones, que están comprometidas con su historia y orígenes portugueses, mientras que al mismo tiempo permanecen abiertas a un enfoque de gestión moderno e internacional, creyendo en la competencia y la calidad de sus empleados en Portugal, Rumanía, México y Alemania.

2.3 Visión

COINDU: Somos la marca global más enfocada en el desarrollo de superficies inteligentes, con funcionalidades específicas, utilizando las tecnologías más avanzadas

Nuestro conocimiento y nuestros sofisticados procesos nos ayudan a innovar nuestros materiales y servicios, ofreciendo las soluciones de interior superiores más preparadas para el futuro, más económicas y sostenibles

2.4 Misión

Promovemos el cambio y la innovación para aplicar de manera eficiente la tecnología de punta tanto a nuestros procesos como a nuestros productos para acelerar el futuro de la movilidad.

Lo que nos impulsa es nuestra firme creencia de que, en el sector de la movilidad, las demandas de los consumidores aumentan continuamente. Para cumplirlos con éxito y a la máxima velocidad, es crucial planificar y actuar de manera inteligente para proporcionar de manera eficiente productos inteligentes competitivos y de alta gama personalizados para las necesidades de cada usuario final.

2.5 Valores de COINDU

Fiabilidad: ¡A la primera, bien! Ese es nuestro ADN-COINDU. Si las condiciones de una solicitud no permiten obtener el mejor resultado de su clase, consultaremos a nuestros clientes con un enfoque objetivo, orientado a la solución y decisivo.

Integridad: Nos enorgullecemos de nosotros mismos y de nuestros clientes y de nuestro esfuerzo por mirar siempre hacia el éxito, nuestro éxito, el éxito de nuestros clientes. Nunca socavamos esos valores.

Respeto: Defendemos a nuestro equipo global, sus logros y su desempeño. Apreciamos y recompensamos el desempeño. Al mismo tiempo, nos enfocamos

constantemente en mejorar nuestras habilidades todos los días para mantenernos en el buen camino.

Responsabilidad: Nos esforzamos por lograr siempre entornos de trabajo seguros y saludables y por lograr nuestro objetivo de protección del medio ambiente, para satisfacer las demandas de la sociedad en la que vivimos: Proteger el medio ambiente mediante la introducción constante de nuevas soluciones sostenibles. Demostramos nuestro compromiso de apoyar el diseño y la adquisición de productos y servicios que promuevan un mejor rendimiento energético. También trabajamos diariamente para ser plena y socialmente responsables con todos nuestros empleados y comunidades, a nivel local y global

Sostenibilidad: COINDU integra los principios fundamentales de la sostenibilidad en su cultura, estrategia, actividades, actos de gestión y en la relación con sus empleados, proveedores, clientes, accionistas y todos aquellos que, directa o indirectamente, se ven afectados por las actividades de la organización. Nuestro enfoque integrado para la creación de valor sostenible, al anticipar el riesgo, ayuda a maximizar las oportunidades y a construir relaciones sólidas con las partes interesadas.

Seguridad de la información: Nos comprometemos a proteger los activos de información de la empresa, mejorando continuamente nuestros procesos para garantizar la privacidad, la confidencialidad, la integridad y la disponibilidad.

Consistencia: No importa el volumen o la complejidad de un proyecto, siempre entregamos a tiempo y con la más alta calidad. ¡Todos los días para cada uno de nuestros clientes! COINDU es sinónimo de flujos de trabajo eficientes con las más altas expectativas en su producción.

Curiosidad: Hoy es mejor que ayer, mañana es mejor que hoy, eso es en lo que creemos. Por lo tanto, buscamos e implementamos constantemente lo nuevo para satisfacer las necesidades del mañana. Para nosotros y para nuestros clientes. ¡El cambio es hoy!

2.6 Clientes de COINDU

COINDU es conocida entre las principales marcas Premium por la calidad de sus productos y la flexibilidad de sus procesos de fabricación, compañías como lo son Tesla, Volkswagen y Audi son algunas de las que confían fielmente en nuestro trabajo.

La piedra angular definida es responder positivamente a las expectativas de nuestros clientes, haciendo que esta ambición sea transmitida tanto por nuestros empleados como por nuestros socios y proveedores.

2.7 Objetivos de COINDU

Crecimiento a través de la diversificación de clientes, productos y ubicaciones, aumentando la estabilidad en las actividades en curso, además de la diversificación positiva y la reducción del riesgo empresarial.

Asegurar una rentabilidad consistente, optimizando la gestión operativa, centrándose en las categorías de clientes/productos, implementando procedimientos de mejora continua en toda la organización, desarrollando competencias y habilidades del personal, implementando programas de capacitación y gestión efectivos e implementando un sistema de gestión efectivo.

Protección del medio ambiente y prevención de la contaminación, en términos de aspectos ambientales significativos, a través del uso sostenible de los recursos, reduciendo el consumo de agua y energía, reduciendo la producción de residuos en base a las mejores prácticas industriales disponibles, o dándoles la mejor ruta disponible, priorizando el reciclaje sobre el vertedero.

Promover la salud, la seguridad y el bienestar de los empleados, a través de la eliminación de peligros y la reducción de riesgos de Seguridad y Salud en el Trabajo, para prevenir lesiones y problemas de salud relacionados con el trabajo y reducir los accidentes de trabajo, contribuyendo así al aumento de la productividad y motivación de los trabajadores.

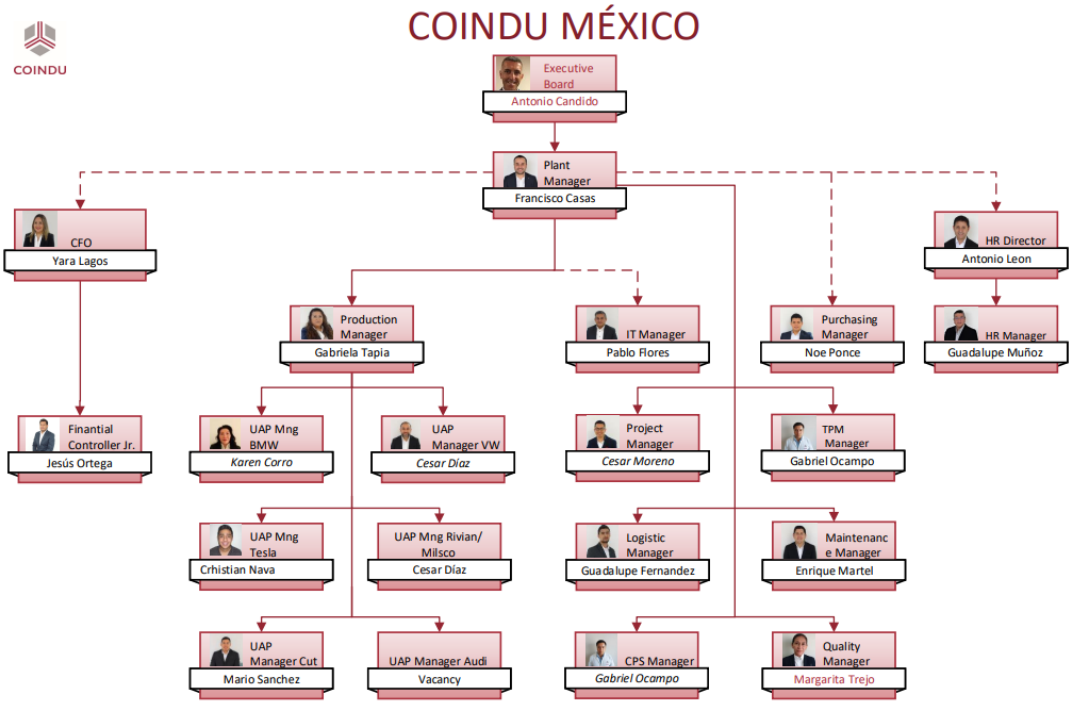
Cumplimiento íntegro de los requisitos y compromisos legales y reglamentarios.

Cooperación con las partes interesadas pertinentes mediante la promoción de la comunicación interna y externa y la consulta y participación de los trabajadores.

Promover la cultura de la privacidad y la seguridad de la información, estableciendo controles para mitigar los riesgos relevantes de seguridad de la información, para el manejo de incidentes de seguridad y para el cumplimiento de los requisitos aplicables.

2.8 Organigrama de COINDU México S. DE R.L. DE C.V.

A continuación, se presenta un organigrama actualizado de la planta COINDU México:


COINDU MÉXICO
COINDU
Executive Board
Antonio Candido
Plant Manager
Francisco Casas
CFO
Yara Lagos
HR Director
Antonio Leon
Production Manager
Gabriela Tapia
IT Manager
Pablo Flores
Purchasing Manager
Noe Ponce
HR Manager
Guadalupe Muñoz
Finantial Controller Jr.
Jesús Ortega
UAP Mng BMW
Karen Corro
UAP Manager VW
Cesar Diaz
Project Manager
Cesar Moreno
TPM Manager
Gabriel Ocampo
UAP Mng Tesla
Crhistian Nava
UAP Mng Rivian/ Milsco
Cesar Díaz
Logistic Manager
Guadalupe Fernandez
Maintenanc e Manager
Enrique Martel
UAP Manager Cut
Mario Sanchez
UAP Manager Audi
Vacancy
CPS Manager
Gabriel Ocampo
Quality Manager
Margarita Trejo

2.9 Proceso de COINDU México S. DE R.L. DE C.V.

A continuación, se presenta un diagrama de operaciones que muestra el proceso productivo de COINDU México, en él se observa el flujo de operaciones que sigue la materia prima que mayormente es PVC y tela (los cuales viene comúnmente en rollos), desde almacén hasta embalaje:

Diagrama de operaciones: Proceso productivo COINDU México

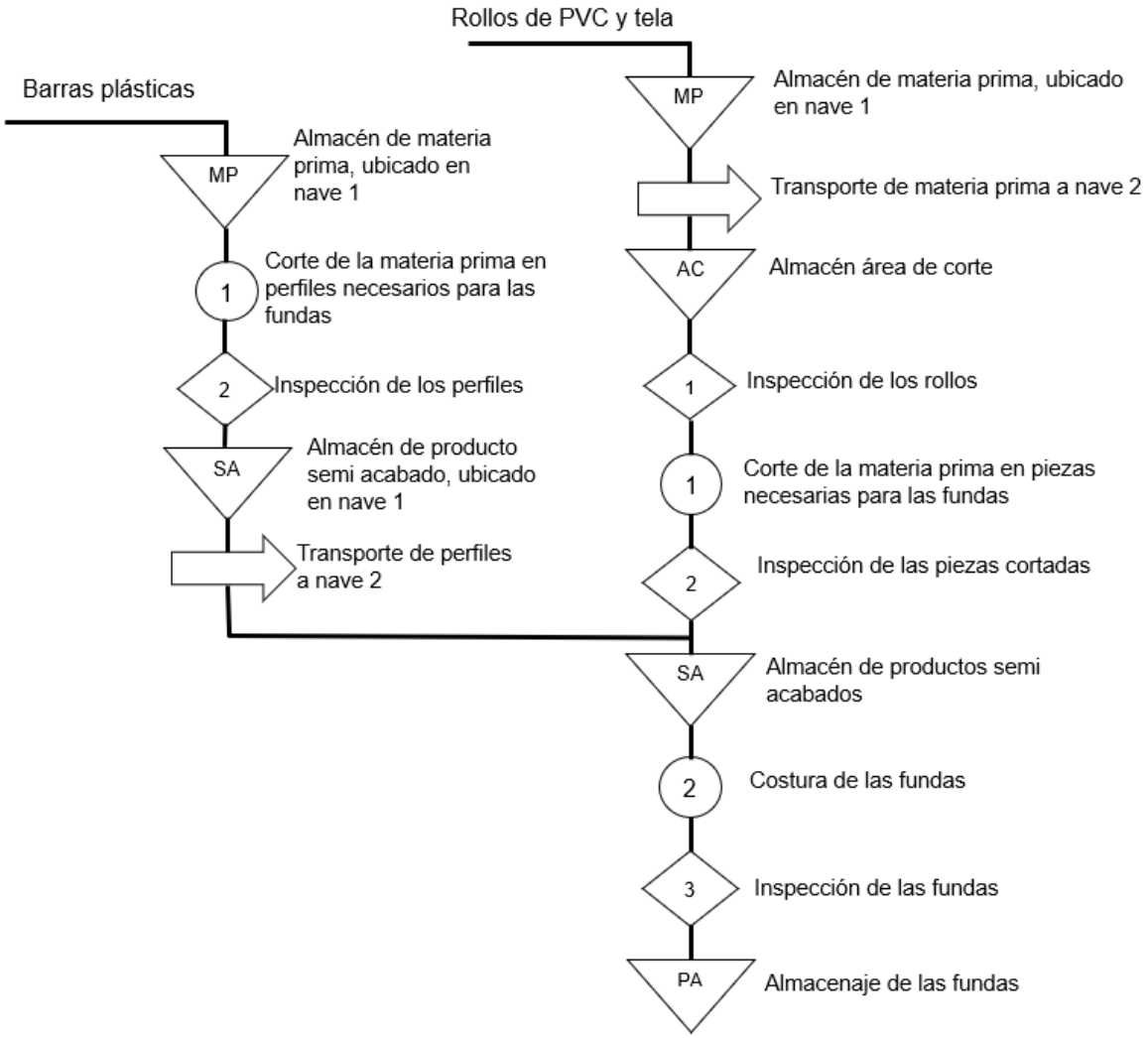


Ilustración 1 Diagrama de flujo de operaciones en el proceso productivo en COINDU México

El presente proyecto se realizó en el área de costura, la cual esta divida por células de producción que es donde se costuran las fundas para los autos.

3 Área de desarrollo del proyecto

Mejora continua: El área de mejora continua desempeña un papel fundamental en la optimización constante de los procesos, productos y recursos en una organización.

En resumen, el área de mejora continua trabaja incansablemente para identificar oportunidades, implementar cambios graduales y fomentar una cultura de aprendizaje y mejora constante en toda la organización. Para este proyecto, el área de mejora continua es encargada de desarrollar y controlar los balanceos de líneas de producción cuando es necesario.

4 Problemas para resolver

Baja productividad: El principal problema que se pretende resolver es una baja productividad en la célula, el equipo no llega a la cantidad de piezas requeridas por turno, con el balanceo de líneas se pretende aumentar el número de piezas producidas y así obtener un aumento en la productividad.

Cargas de trabajo no equilibradas: las estaciones de trabajo dentro de la célula no tienen el mismo tiempo de ciclo, lo que genera cuellos de botella que impactan negativamente en la productividad de la célula.

Flujo incorrecto de la pieza a través de la célula: las piezas no fluyen de la estación de la primera estación de trabajo hasta la estación final, sino que presentan saltos entre estaciones de trabajo lo que genera pérdidas de tiempo y retrasos.

Errores en la secuencia de las piezas: lo operarios realizan las operaciones sin seguir una secuencia correcta, es decir, realizan operaciones antes de que sean necesarias en el proceso, esto genera mal flujo de la pieza y saltos a través de la célula.

Sobre inventario en proceso: debido a los cuellos de botella que generan las cargas desiguales de trabajo se genera mucho inventario en proceso lo que ocasiona pérdida de tiempo y errores en el proceso tales como que haya confusiones por parte de los operadores acerca de cuáles piezas deben ingresar primero a las estaciones de trabajo.

5 Objetivos

5.1 General

Implementar la herramienta “Balanceo de líneas de producción” para aumentar la productividad en la célula de producción 67 A/C que fabrica fundas para asientos de autos, de la marca Volkswagen línea Jetta A7, distribuyendo correctamente las cargas de trabajo entre las estaciones de la célula.

5.2 Específicos

1. Identificar y disminuir los tiempos muertos en cada estación de trabajo para así aumentar la eficiencia de la célula.
2. Definir una correcta secuencia de operaciones para el flujo continuo de la pieza.
3. Aumentar la cantidad de piezas producidas por hora.
4. Identificar las estaciones de trabajo que tienen una mayor y menor carga de trabajo en la célula para así identificar las áreas de oportunidad para el balanceo de líneas.
5. Equilibrar las cargas de trabajo de manera que cada estación de trabajo tenga un tiempo de ciclo similar para el flujo continuo de la pieza.

6 Justificación

La industria automotriz es una de las más competitivas a nivel global, sus clientes demandan calidad y disponibilidad todos los días del año, es por ello que es imprescindible para los fabricantes ofrecer la cantidad correcta en el momento justo.

Comúnmente las grandes pérdidas se producen por pequeños desperdicios en las líneas de producción, los operadores forman parte crucial en la producción en serie, si los operadores en una célula de producción no tienen la misma carga de trabajo en cada estación, se generarán cuellos de botella que no permitirán alcanzar la máxima productividad de la célula, además de que generan sobre inventario en proceso y con ello grandes desperdicios de tiempo.

Es por ello que es imprescindible que las estaciones de trabajo en una célula de producción sean equilibradas, para evitar cuellos de botellas y con ello mejorar el flujo de la pieza y la secuencia de las operaciones, aumentando la productividad y produciendo así, más piezas.

7 Marco teórico

7.1 Ingeniería de métodos

(Lopéz, 2024)El Estudio de Métodos o Ingeniería de Métodos es una de las más importantes técnicas del Estudio del Trabajo, que se basa en el registro y examen crítico sistemático de la metodología existente y proyectada utilizada para llevar a cabo un trabajo u operación. El objetivo fundamental del Estudio de Métodos es el aplicar métodos más sencillos y eficientes para de esta manera aumentar la productividad de cualquier sistema productivo.

La evolución del Estudio de Métodos consiste en abarcar en primera instancia lo general para luego abarcar lo particular, de acuerdo a esto el Estudio de Métodos debe empezar por lo más general dentro de un sistema productivo, es decir «El proceso» para luego llegar a lo más particular, es decir «La Operación «. En muchas ocasiones se presentan dudas acerca del orden de la aplicación, tanto del Estudio de Métodos como de la Medición del Trabajo.

En este caso vale la pena recordar que el Estudio de Métodos se relaciona con la reducción del contenido de trabajo de una tarea u operación, a su vez que la Medición del Trabajo se relaciona con la investigación de tiempos improductivos asociados a un método en particular. Por ende podría deducirse que una de las funciones de la Medición del Trabajo consiste en formar parte de la etapa de evaluación dentro del algoritmo del Estudio de Métodos, y esta medición debe realizarse una vez se haya implementado el Estudio de Métodos; sin embargo, si bien el Estudio de Métodos debe preceder a la medición del trabajo cuando se fijan las normas de producción, en la práctica resultará muy útil realizar antes del Estudio de Métodos una de las técnicas de la Medición del Trabajo, como lo es el muestreo del trabajo.

Procedimiento básico sistemático para realizar un Estudio de Métodos

Como ya se mencionó el Estudio de Métodos posee un algoritmo sistemático que contribuye a la consecución del procedimiento básico del Estudio de Trabajo, el cual consta (El estudio de métodos) de siete etapas fundamentales, estas son:

Es necesario recordar que en la práctica el encargado de realizar el estudio de métodos se encontrará eventualmente con situaciones que distan de ser ideales para la aplicación continua del algoritmo de mejora. Por ejemplo, una vez se evalúen los resultados que produciría un nuevo método, se determina que estos no justifican la implementación del mismo, por ende se deberá recomenzar e idear una nueva solución.

Importancia de la Ingeniería de Métodos en un sistema productivo

Si se considera al departamento de producción como el corazón de una empresa industrial, las actividades de métodos, estudio de tiempos y salarios son el corazón del grupo de fabricación. Más que en cualquier otra parte, es aquí donde se determina si un producto va a ser producido de manera competitiva. También es aquí donde se aplican la iniciativa y el ingenio para desarrollar herramientas, relaciones hombre-máquina y estaciones de trabajo eficientes para trabajos nuevos antes de iniciar la producción, asegurando de este modo que el producto pase las pruebas frente a la fuerte competición.

En esta fase es donde se emplea continuamente la creatividad para mejorar los métodos existentes y afirmar a la empresa en posición adelantada en su línea de productos. En esta actividad se puede mantener buenas relaciones laborales mediante el establecimiento de normas justas de trabajo, o bien, dichas relaciones pueden resultar afectadas de forma adversa por la adopción de normas inequitativas.

Objetivos y beneficios de la aplicación del Estudio de Métodos

Los objetivos principales de la Ingeniería de Métodos son aumentar la productividad y reducir el costo por unidad, permitiendo así que se logre la mayor producción de bienes para mayor número de personas. La capacidad para producir más con menos dará por resultado más trabajo para más personas durante un mayor número de horas por año.

Los beneficios de la aplicación de la Ingeniería de Métodos son:

- Minimizan el tiempo requerido para la ejecución de trabajos.
- Conservan los recursos y minimizan los costos especificando los materiales directos e indirectos más apropiados para la producción de bienes y servicios.
- Efectúan la producción sin perder de vista la disponibilidad de energéticos o de la energía.
- Proporcionan un producto que es cada vez más confiable y de alta calidad.
- Maximizan la seguridad, la salud y el bienestar de todos los empleados o trabajadores.
- Realizan la producción considerando cada vez más la protección necesaria de las condiciones ambientales.
- Aplican un programa de administración según un alto nivel humano.

7.2 Estudio de tiempos

(Diego León Peña Orozco, 2016) “Los métodos de estudio de tiempos fueron originalmente desarrollados por Taylor y continúan siendo la técnica más

ampliamente utilizada para medir el trabajo, que consta de tareas breves y repetitivas. La tarea correspondiente se descompone en movimientos básicos y cada elemento es medido con un cronómetro. En seguida, el tiempo promedio de varios ciclos es calculado y ajustado para la velocidad y habilidad o tasa de ejecución (TE) del trabajador que es objeto del estudio. Finalmente, se aplica un factor de concesión (FC) para necesidades personales, retrasos inevitables y fatiga. Las siguientes definiciones son importantes conocerlas para comprender mejor en qué consiste el estudio de tiempos:

Estudio de tiempos: esta actividad implica la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido de trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga, las demoras personales y los retrasos inevitables. Un analista de estudio de tiempos tiene varias técnicas que se utilizan para establecer un estándar: el estudio cronométrico de tiempos, datos estándares, datos de los movimientos fundamentales, muestreo del trabajo y estimaciones basadas en datos históricos.

El tiempo estándar de una operación: es el tiempo que debería tardarse un operario calificado en realizar una operación, utilizando un método definido, a una velocidad normal y trabajando en condiciones normales de operación (iluminación, ventilación, ambiente).”

(Catrecasas, 2017) **“Tiempo de ciclo del proceso:** El tiempo de ciclo —el que transcurre desde que se entrega una unidad de producto hasta entregar la siguiente— puede influir no solo en lo concerniente al área de trabajo de cada puesto, sino también en todo lo que afecta al almacenaje y movimiento de materiales.”

Descomponer la tarea en elementos

(Jácome, 2015) “Luego de anotar todos los datos sobre la actividad y el obrero necesarios para identificarlos adecuadamente más adelante y de verificar que el proceso que se utiliza es el óptimo o el más adecuado en las actuales circunstancias, el técnico en medición del trabajo deberá descomponer la tarea en elementos.

Elemento: es la parte delimitada de una tarea definida que se selecciona para facilitar la observación, medición y análisis.

Ciclo de trabajo: es la sucesión de elementos necesarios para efectuar una tarea u obtener una unidad de producción. Comprende a veces elementos casuales.”

Técnicas de estudio de tiempos

(M.C.Lázaro Rico, 2005)Las técnicas para estudio de tiempos rápidamente debido al avance tecnológico que ha permitido incorporar herramientas de punta aplicadas para este objetivo, facilitando la labor del analista, obteniendo mayor precisión,

velocidad de aplicación y resultados más confiables, comprensibles y rápidos. En un futuro cercano posiblemente se logren perfeccionar estas técnicas de tal forma que se llegue a prescindir por completo del trabajo de un analista. En los siguientes párrafos se discuten algunas de las técnicas usadas para el análisis de tareas.

Tiempos predeterminados: Los tiempos predeterminados, son una reunión de tiempos estándares válidos asignados a movimientos fundamentales y grupos de movimientos que no pueden ser evaluados de forma precisa con los procedimientos ordinarios para estudio de tiempos con cronómetro. Éstos son el resultado de estudiar una gran muestra de operaciones diversificadas con un dispositivo de medición de tiempo, como una cámara de cine o de video grabación capaz de medir lapsos muy pequeños de tiempo (Wygant 2003). Entre los más comunes están: MTM (Methods Time Measurement), MOST (Maynard Operation Sequence Tecnique, WORK FACTOR entre otros.

Estudio de tiempos con cronometro: Niebel, afirma que el equipo mínimo requerido para llevar a cabo un estudio de tiempos comprende básicamente un cronómetro, un tablero o paleta y una calculadora. Sin embargo, la utilización de herramientas más sofisticadas como las máquinas registradoras de tiempo, las cámaras de video y cinematográficas en combinación con equipo y programas computacionales, se emplean con éxito manteniendo algunas ventajas con respecto al cronómetro.

Hay dos tipos de cronómetros disponibles en el mercado:

- Modo de vuelta a cero: el reloj muestra el tiempo de cada elemento y automáticamente vuelve a cero para el inicio de cada elemento.
- Modo acumulativo (modo continuo): el reloj muestra el tiempo total transcurrido desde el inicio del primer elemento hasta el último.

Comparación entre los relojes de mano mecánicos y los digitales. Hay algunas ventajas que tienen los cronómetros de mano mecánicos y los relojes digitales o electrónicos. El de mano mecánico es utilizado con mayor frecuencia y se fabrica en grandes cantidades, lo que hace que disminuyan los costos de manufactura y los precios de venta.

Los relojes electrónicos se producen en grandes volúmenes para uso deportivo, pero en pequeñas cantidades en modelos apropiados para uso industrial. Por lo tanto, el precio de un buen cronómetro de mano mecánico, para este fin, es cerca de la mitad del precio de un reloj electrónico de calidad similar.

7.3 Balanceo de líneas

(López, 2024) El balanceo de línea es una de las herramientas más utilizadas para la gestión del flujo de un sistema de producción, dado que parte de la base teórica de la fabricación equilibrada; de la cual depende el mejoramiento de ciertas variables que afectan la productividad de un proceso, variables tales como lo son los inventarios de producto en proceso, los tiempos de fabricación y las entregas parciales de producción.

(Cano, 2024) “El balanceo de líneas consiste en organizar las operaciones manuales o automatizadas necesarias para elaborar un producto, distribuyéndolas adecuadamente entre estaciones de trabajo dispuestas a lo largo de una línea de producción.

(López, 2024) El objetivo fundamental de un balanceo de línea corresponde a igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones del proceso. Establecer una línea de producción balanceada requiere de una juiciosa consecución de datos, aplicación teórica, movimiento de recursos e incluso inversiones económicas. Por ende, vale la pena considerar una serie de condiciones que limitan el alcance de un balanceo de línea, dado que no todo proceso justifica la aplicación de un estudio del equilibrio de los tiempos entre estaciones. Tales condiciones son:

Cantidad: El volumen o cantidad de la producción debe ser suficiente para cubrir la preparación de una línea. Es decir, que debe considerarse el costo de preparación de la línea y el ahorro que ella tendría aplicado al volumen proyectado de la producción (teniendo en cuenta la duración que tendrá el proceso).

Continuidad: Deben tomarse medidas de gestión que permitan asegurar un aprovisionamiento continuo de materiales, insumos, piezas y sub-ensambles. Así como coordinar la estrategia de mantenimiento que minimice las fallas en los equipos involucrados en el proceso.

Variabilidad: Tal como se utiliza esta herramienta, parte desde la base de unos tiempos determinísticos. La variabilidad es un fenómeno inherente a los procesos, de manera tal que es muy probable que en la práctica los resultados reales no se ajusten a los teóricos. Para más información, revisa: Efectos de la variabilidad en el Balance de líneas mediante Simulación.

Línea de fabricación y línea de ensamble

Dentro de las líneas de producción susceptibles de un balanceo se encuentran las líneas de fabricación y las líneas de ensamble. La línea de fabricación se encuentra desarrollada para la construcción de componentes, mientras la línea de ensamble se encuentra desarrollada para juntar componentes y obtener una unidad mayor.

En la práctica es mucho más sencillo balancear una línea de ensamble compuesta por operarios, dado que los cambios suelen aplicarse con tan solo realizar movimientos en las tareas realizadas por un operario a otro. Para ello también hace falta que dentro de la organización se ejecute un programa de diversificación de habilidades, para que en un momento dado un operario pueda desempeñar cualquier función dentro del proceso.

“Una hora perdida en el cuello de botella, es una hora perdida en todo el sistema.” (Eliyahu Goldratt)

Por otro lado, el ritmo de las líneas de fabricación suele ser determinado por los tiempos de la máquina, y se requiere de desarrollo ingenieril o cambios mecánicos para facilitar un balanceo.

De acuerdo a la teoría de restricciones, y a los planteamientos del Dr. Goldratt, a través de diversos experimentos logró demostrar que balancear las capacidades en una línea reduce la productividad del sistema, incrementando el costo de producción.

(Cano, 2024) **Conceptos básicos del balanceo de líneas**

El balanceo de líneas parte de algunos conceptos básicos que es importante comprender:

- Producto: bien que se desea fabricar. Puede comprender un solo artículo o una familia.
- Línea de producción: disposición de estaciones de trabajo donde se realizan operaciones sucesivas y coordinadas para fabricar un producto.
- Estación de trabajo: punto de la línea donde se ejecuta una operación o actividad específica. Puede ser una máquina, un operario o un grupo de ellos.
- Tareas: pasos requeridos para transformar las materias primas en productos terminados. Las tareas se dividen en elementos.
- Elemento: operación indivisible que debe ejecutarse en una estación de trabajo.
- Tiempo de ciclo: tiempo total en fabricar una unidad del producto.
- Tiempo takt: ritmo al cual deben fabricarse los productos para satisfacer la demanda del cliente.
- Precedencia: secuencia obligatoria en que deben realizarse ciertas tareas.
- Contenido de trabajo: Contiene el tiempo necesario para completar todas las tareas sobre una unidad.

Objetivos del balanceo de líneas

Los principales objetivos que se persiguen con el balanceo de líneas son:

- Igualar los tiempos de trabajo en cada estación.

- Evitar ocio y tiempos de espera.
- Lograr un flujo continuo.
- Reducir costos e inventarios.
- Incrementar la productividad.
- Mejorar la calidad y satisfacción del cliente.
- Tipos de líneas susceptibles de balanceo
- Principalmente existen dos tipos de líneas que pueden balancearse:
- Líneas de fabricación: utilizadas para producir componentes y piezas. El ritmo suele estar determinado por las máquinas.
- Líneas de ensamble: sirven para ensamblar componentes en productos finales. El ritmo suele depender de los operarios.
- Ambos tipos de líneas se pueden balancear para mejorar su eficiencia y productividad. Cualquier línea con cuellos de botella es susceptible de aplicar balanceo.

Condiciones previas al balanceo

Para poder balancear una línea deben cumplirse ciertas condiciones:

- Volumen de producción: debe justificar el esfuerzo de balanceo.
- Continuidad: aprovisionamiento continuo de materiales y prevención de fallas.
- Estabilidad: el proceso no debe cambiar constantemente.
- Estandarización: deben existir tiempos estandarizados, para ello deben realizarse previamente cronometraje de cada una de las tareas y asignarles un tiempo estándar.
- Flexibilidad: los operarios deben poder rotar entre puestos.

Métodos de balanceo de líneas

Existen diversos métodos para realizar el balanceo, entre ellos encontramos:

- Método de ensayo y error: Asigna aleatoriamente tareas a estaciones por prueba y error. Simple pero no optimizado.
- Método de distribución gráfica: Representa las tareas en una gráfica para identificar sobrecargas visualmente.
- Método de pesos posicionales: Asigna tareas de acuerdo a una combinación de tiempo y posición en el proceso.
- Método de Kilbridge y Wester: Prioriza tareas de mayor duración respetando restricciones de precedencia.
- Método del tiempo de ciclo fijo: Asigna tareas hasta igualar el takt time y luego pasa a la siguiente estación.
- Algoritmos matemáticos y heurísticos: Hacen uso de modelos matemáticos y computacionales para optimizar el balanceo.

Pasos para realizar un balanceo

Los pasos típicos para balancear una línea son:

1. Definir el proceso: identificar todas las tareas y elementos.
2. Determinar tiempos: mediante estudio de tiempos o datos históricos.
3. Calcular el takt time: en base a la demanda del cliente.
4. Elaborar diagramas de precedencia.
5. Calcular número teórico de estaciones.
6. Asignar tareas a estaciones: utilizando reglas de prioridad.
7. Verificar eficiencia: mediante cálculos matemáticos.
8. Implementar y evaluar: ajustar en base a resultados.
9. Analicemos cada paso con mayor profundidad:

Definir el proceso productivo

Se debe realizar un análisis exhaustivo de cada etapa del proceso mediante diagramas de operaciones, recorrido en planta, entrevistas a operarios, etc. para identificar cada actividad por mínima que sea. Incluye tiempos de preparación de materias primas, setup de máquinas, procesamiento, inspección, limpieza, mantenimiento, movimientos del operario, etc. El nivel de detalle debe ser suficiente para poder balancear adecuadamente.

Determinar los tiempos

A través de la técnica de estudio de tiempos se calculan los tiempos estándar de cada operación considerando suplementos por fatiga, contingencias, etc. Otra opción es utilizar tiempos históricos promedios. Se busca contar con tiempos lo más precisos y actualizados posible para que representen la realidad.

Calcular el takt time

Se determina el ritmo de producción requerido dividiendo el tiempo productivo disponible (turnos trabajados x horas por turno) entre la demanda del cliente (unidades requeridas en ese tiempo). Este tiempo de ciclo objetivo marcará el paso de la línea. Debe incorporar márgenes de seguridad.

Takt Time = Tiempo disponible / Demanda

Este parámetro actúa como restricción para diseñar el balanceo, pues ninguna estación puede excederlo. Representa cuánto tiempo hay, como máximo, para completar una unidad.

Elaborar diagramas de precedencia

Mediante gráficos se establece la secuencia obligatoria en que deben realizarse ciertas tareas, así como las interrelaciones entre operaciones. Esto definirá restricciones en la asignación posterior de tareas a estaciones.

Calcular estaciones teóricas

Sumando todos los tiempos de las tareas y dividiéndolos entre el takt time se obtiene un estimado inicial del número mínimo posible de estaciones para lograr el ritmo requerido. Sirve como punto de partida del balanceo.

Estaciones = Contenido de Trabajo / Takt Time

Asignar tareas a estaciones

Se distribuyen meticulosamente las tareas entre estaciones buscando combinaciones factibles según restricciones y aplicando reglas como la del elemento mayor tiempo, mínimo número de elementos, máxima eficiencia, evitar dejar holguras muy grandes entre estaciones etc.

Verificar eficiencia

Compara el tiempo total de tareas vs el tiempo de ciclo real (número de estaciones x takt time) para determinar qué tan balanceada ha quedado la línea. Menor diferencia significa mayor eficiencia.

Implementar y evaluar

Se pone en marcha la nueva línea balanceada y se recopilan datos en tiempo real para evaluar su funcionamiento e identificar desviaciones.

Realizar ajustes

Con base en los resultados, se realizan ajustes experimentales en la asignación de tareas buscando incrementar la eficiencia.

Mejora continua

Una vez implementado, se monitorea constantemente el desempeño de la línea para detectar oportunidades de mejora y optimizar el balance a través del tiempo.

Luego se audita y controla periódicamente que se cumpla lo establecido en el balanceo, aplicando acciones correctivas ante desviaciones. Si cambian las condiciones, se realizan re-balanceos.

Claves para un Balanceo de linea Efectivo

Algunos tips para garantizar un proceso y resultado exitoso en el balanceo de líneas incluyen:

- Involucrar desde el inicio al personal operativo clave y sus supervisores. Su experiencia y compromiso son fundamentales.
- Validar rigurosamente la información recolectada sobre el proceso actual antes de balancear (diagramas, tiempos, etc.)

- Capacitar previamente a los operarios en los conceptos y la metodología de balanceo a aplicar.
- Comunicar claramente los objetivos y beneficios esperados del balanceo a todos los participantes.
- Utilizar representaciones gráficas y visuales, además de datos numéricos, para facilitar el análisis.
- Evaluar varios escenarios posibles de balanceo antes de definir el óptimo. No quedarse solo con el primero.
- Controlar que se cumplan los nuevos estándares luego de implementar el balanceo y tomar acciones frente a desviaciones.
- Realizar balanceos periódicos para incorporar mejoras y adaptarse a condiciones cambiantes.

Otros Aspectos Relevantes

Finalmente, cabe mencionar otras consideraciones importantes con respecto al balanceo:

- Debe integrarse con la eliminación previa de desperdicios mediante lean manufacturing.
- Es más eficiente en líneas de producción altamente estandarizadas y especializadas.
- La distribución física de planta (layout) debe ser coherente con el balanceo realizado.
- El balanceo debe coordinarse con la programación de la producción en volumen y variedad.
- Se aplica tanto en procesos manuales como automatizados.
- El sistema Kanban facilita el balanceo efectivo de líneas de ensamble.
- No es una herramienta única. Debe combinarse con mejora continua y rediseño de procesos.

8 Procedimiento y descripción de las tareas realizadas

8.1 Selección de la célula de producción para implementar el balanceo de líneas

Como primer paso en la realización del proyecto se seleccionó una célula de producción para realizar el balanceo de líneas, la célula seccionada debía cubrir con ciertas características para ser elegida, dichas características fueron:

- Baja productividad
- Secuencia de operaciones errónea
- Flujo no continuo de la pieza

Se inició la búsqueda de la célula, tomando como primer criterio las células que presentaran una baja productividad, como era de esperarse se encontró que las células con piezas de mayor tamaño y con mayor número de operaciones eran las que presentaban una productividad baja. Como segundo criterio se buscó células en las cuales la pieza "*salta",* lo que refleja un flujo no continuo de la pieza, esto genera a su vez un desorden en la misma, donde los operadores caminan a través de la célula y obstruyen el paso de ellos mismos. Por último, se buscó la célula que presentara un cuello de botella, es decir, una maquina en la cual se estancan las piezas y obstruyen el flujo.

La célula que cumplió con estas características fue la célula 67 A/C, una célula perteneciente al proyecto Volkswagen, más específicamente del modelo Jetta A7.

La célula que se eligió produce respaldos traseros al 60% del modelo Jetta A7. El modelo Jetta de la compañía Volkswagen cuenta con un asiento trasero corrido, sin embargo, la funda de dicho asiento se divide en dos partes, el respaldo trasero al 40% y el respaldo trasero al 60%, al unir ambas vestiduras el respaldo del asiento trasero queda completamente cubierto, en COINDU MEXICO S. DE R.L. DE C.V. estas vestiduras se fabrican en dos células diferentes, una encargada de fabricar el ET60% (Respaldo trasero al 60%) y otra el ET40% (Respaldo trasero al 40%), la célula que presenta mayor área de oportunidad es la célula que fabrica el ET60%.

Los datos de la célula son los siguientes:

Tabla 1 Datos de la célula seleccionada

Datos de la célula	
Célula	67 A/C
Modelo	JETTA A7
Variante	HIGHLINE
Pieza	ET 60%
Numero de máquinas	13
Numero de personas	11

El número de máquinas es distinto al número de personas debido a que en algunos casos el equipo de la célula 67 A/C no cumple con la meta y requiere ayuda de otros operadores que ocupan estas máquinas. Esto además de no ser correcto es algo que desagrada a los supervisores de producción.

8.2 Recopilación de datos históricos (eficiencia y eficacia)

En esta actividad se recopilaron datos históricos de la productividad de la célula, con el objetivo de ver su comportamiento a través del tiempo. El mayor indicador de COINDU MEXICO S. DE R.L. DE C.V. es el OEE, el cual es un indicador que recoge a su vez tres KPI´s y sirve para analizar de manera rápida el comportamiento de una célula, el OEE se compone de los siguientes tres indicadores clave de desempeño:

Disponibilidad: El grado en que un sistema, subsistema o equipo se encuentra en un estado específico operable y comprometido al comienzo de una misión, cuando la misión se solicita en un momento desconocido, es decir, aleatorio. En pocas palabras, la disponibilidad es la proporción de tiempo que un sistema está en condiciones de funcionamiento.

Calidad: La calidad se refiere a la capacidad que posee un objeto para satisfacer necesidades implícitas o explícitas según un parámetro, un cumplimiento de requisitos del cliente.

Productividad: es una medición que refleja la relación existente entre los resultados de una actividad, el tiempo invertido en ella y los recursos que han sido utilizados para llevarla a cabo.

Una vez que la célula estaba definida era necesario analizar sus datos históricos de OEE, para esto se cuenta con un software que recopila y almacena los datos de todas las células dentro de la planta, usando dicho software se recopilaron los siguientes datos.

Tabla 2 Datos históricos de la célula

Día	Piezas	OEE			
		Calidad	Disponibilidad	Productividad	OEE final
1	186	100%	100%	58%	86%
2	195	100%	100%	61%	87%
3	180	100%	100%	56%	85%
4	187	100%	100%	58%	86%
5	192	99%	100%	60%	86%
6	191	100%	100%	60%	87%
7	193	100%	100%	60%	87%
8	197	100%	100%	62%	87%
9	194	98%	100%	61%	86%
10	182	100%	100%	57%	86%

Como se puede observar, aunque la calidad y la disponibilidad de la célula se comportan bien y aunque el OEE final no es tan bajo si se puede considerar un OEE con área de oportunidad esto debido a que la productividad no llega ni al 70%, la principal causa de que esto suceda es que las piezas puestas como meta diaria no son alcanzadas.

Con el balanceo de líneas se espera aumentar la productividad y al mismo tiempo el OEE.

8.3 Análisis de operaciones y secuencia de la célula

En esta actividad se analizó e identifico el flujo de la pieza y la secuencia de operaciones de la célula. Se observó directamente a los operadores en sus estaciones de trabajo, con la finalidad de identificar el flujo de la pieza a través de la célula de trabajo.

Con la ayuda del software que COINDU MEXICO S. DE R.L. DE C.V. utiliza para diseñar sus productos, se obtuvo el diagrama de la pieza, este es un diagrama que nos ayuda a visualizar la pieza y todos sus componentes antes de ser armados, y es una pieza clave para realizar el balanceo de líneas, dicho diagrama se muestra a continuación:

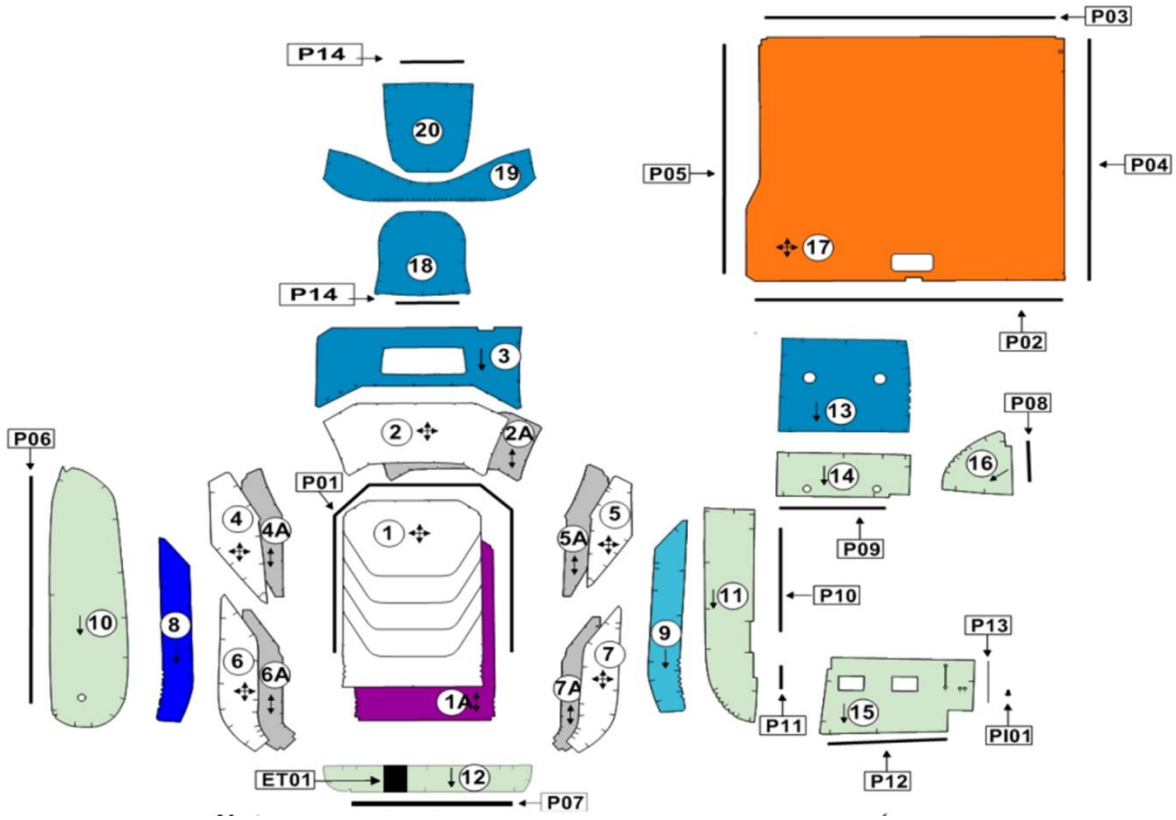


Ilustración 2 Esquema de montaje, Jetta A7 ET60%

En el esquema se alcanzan a visualizar todas las piezas de la vestidura, que en total son 20, aunque también cuenta con 14 *perfiles,* los perfiles también forman parte de la pieza y deben ser tomados en cuenta a la hora de realizar la secuencia de la pieza.

También se tuvo el apoyo del área de ingeniería para proporcionar las operaciones de la pieza, aunque estas operaciones no cuentan con un diagrama de precedencia si están enumeradas para dar seguimiento y un flujo continuo a la pieza, dichas operaciones se muestran en la siguiente ilustración:

Tabla 3 Operaciones de la pieza ET´S 60

7	Unir Pieça 4/4A y 5/5a con pieza 2/2A
8	Unir Pieza 6/6A con 8
9	Hacer costura decorativa en piezas 6/6A/8
10	Unir pieza 7/A con 9
11	Hacer costura decorativa en piezas 7/7A/9
12	Unir pieza 8 y 6/6A con 4/4A
13	Unir pieza 7/7A y 9 con 5/5A
14	Unir pieza 18 con 19
15	Hacer costura decorativa en piezas 18/19
16	Unir Pieza 20 con 19
17	Unir Pieza 18/19/20 con 3
18	Unir Pieza 6/6A/4/4A/2/2A/5/5A/7/7A con 1/1A
19	Fijar P01 en la pieza 6/6A/4/4A/2/2A/5/5A/7/7A
20	Unir Pieza 3 con Pieza 4/4A/2/2A/5/5A
21	Hacer costura decorativa en piezas 3/4/4A/2/2A/5/5A
22	Unir Pieza 12 con pieza /8/6/6A/1/1A/7/7A/9 al mismo tiempo fijamos etiqueta ET01
23	Unir Pieza 14 con pieza 13
24	Unir Pieza 16 con pieza 13/14
25	Unir Pieza 11 con pieza 5/5A/9
26	Unir Pieza 13/14/16 con pieza 3/5/5A
27	Hacer pinza a la pieza 15
28	Unir pieza 15 con pieza 11/12
29	Fijar P05 / P02 / P04 en la pieza 17
30	Unir pieza 17 con pieza 3/13
31	Unir pieza 10 con pieza 3/4/4A/8
32	Fijar P06 en la pieza 10
33	Fijar P12 en la pieza 15
34	Fijar P07 en la pieza 12/15
35	Fijar P13 en la pieza 15
36	Fijar P11 / P10 en la pieza 11
37	Fijar P09 en la pieza 14
38	Fijar P08 en la pieza 16
39	Fijar P03 en la Pieza 13/3/17
40	Fijar P14 en la pieza 18/20

Como se observa, las operaciones nos indican detalladamente el procedimiento que hay que seguir para ensamblar la vestidura, aunque la secuencia es errónea, esto se descubrió por medio de la observación directa, donde se analizó que la secuencia que indicaba el área de ingeniería provocaba desorden en la célula.

Con estas dos ilustraciones y apoyándose de la observación directa se analizó e identifico el flujo de la pieza a través de la célula además de la secuencia de operaciones que se seguía en ese momento.

8.4 Toma de tiempos de las operaciones

Después de observar la secuencia de operaciones y recabar datos acerca del flujo de la célula, lo siguiente fue tomar tiempos de las operaciones con el fin de trazar el balanceo observado.

Como ya hemos visto, la célula cuenta con 13 máquinas, en cada máquina se realizan un numero especifico de operaciones, es decir que cada operario realiza de 2 a 3 operaciones en su máquina destinada, se hace el estudio de tiempos de cada operación.

Ya se ha comentado acerca del software que la empresa COINDU MEXICO S. DE R.L. DE C.V. utiliza para realizar sus balanceos, es muy importante destacar que este software utiliza un apartado llamado “tiempos observados”, en este apartado el software muestra las operaciones y requiere de 8 muestras de tiempo por cada operación, como ingeniero industrial, se advirtió que era necesario utilizar toda la teoría de toma de tiempos para poder hallar correctamente los datos de tiempo necesarios, tales como tiempo estándar , tack time, tiempo ciclo, etc. Sin embargo, el gerente del área de mejora continua informó que no es necesario hacer operaciones de esta índole cuando se cuenta con el software *Simulador de tiempos de costura,* ya que este es capaz de realizar todas las operaciones y hallar los datos requeridos de manera estándar. La única limitante que indica el simulador es que la toma de tiempos se haga con el método continuo, del cual ya se habló en el apartado de marco teórico.

Habiendo explicado la cuestión anterior, se inició la toma de tiempos, en donde se hizo la toma de las 8 lecturas de cada operación. Se pasó a cada máquina de costura, con cronometro en mano, a esperar que se reprodujeran todas las operaciones que realizaba la misma. Aquí es necesario hacer un paréntesis y explicar cómo se hizo la toma de tiempos.

Cada operación de costura inicia con un *remate* y finaliza con el mismo, el tiempo que tarda el operario de realizar el primer remate de la pieza hasta realizar el primer remate de la siguiente pieza se le conoce como tiempo de ciclo, a continuación, un ejemplo:

Unir pieza 19 con pieza 20:

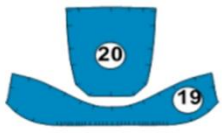


Ilustración 3 fragmento de la capucha ET´S 60

1. Realizar remate inicial
2. Empalmar todas las *picas* de la pieza 19 con las *picas* de la pieza 20
3. Coser de manera firme
4. Realizar remate final
5. Inspeccionar si no hay algún desperfecto en la costura o pieza
6. Colocar la pieza en la *paleta*
7. Tomar piezas 19, 20 y colocarlas en la máquina de costura
8. Empalmar piezas
9. Realizar remate inicial

En el ejemplo anterior se muestra, de manera sencilla, el procedimiento que hay que seguir para la unión de una pieza, como se observa la toma de tiempos inicia en el remate inicial y finaliza en el remate inicial de la siguiente pieza. El simulador de tiempos de costura indica que así deben tomarse los tiempos de cada pieza.

Una vez explicado el procedimiento, se tomó las ocho lecturas de cada una de las operaciones para así ingresarlas al software y que este nos indicara los datos necesarios para iniciar el balanceo y se ingresaron en el apartado *tiempos observados,* el cual se muestra a continuación:

Tabla 4 Tabla de tiempos observados

Tempos Observados

N.º	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO:	Postos 1º Turno	Postos 2º Turno	Tempo do Simulador	N.º PARAGENS					LEITURAS								Tempos				Tempo Padrão	(TS-2ºmin) ∇
					P	P&P	L	M	XL	T01	T02	T03	T04	T05	T06	T07	T08	2º mínimo	Medio	2º Máximo	%		
1	Unir Peça 4/4A y 5/5a con pieza 2/2A			31.0	0	0	0	0	0	35	33	31	36	31	34	33	33	31.0	33.3	35.0		31.0	
2	Unir Peza 6/6A con 8			34.0	0	0	0	0	0	19	22	16	17	20	16	18	17	16.0	18.1	20.0		34.0	-18.0
3	Hacer costura decorativa en piezas 6/6A/8			31.0	0	0	0	0	0	20	21	19	22	23	20	20	21	20.0	20.8	22.0		31.0	-11.0
4	Unir pieza 7/A con 9			34.0	0	0	0	0	0	22	20	17	18	17	16	17	19	17.0	18.3	20.0		34.0	-17.0
5	Hacer costura decorativa en piezas 7/7A/9			22.0	0	0	0	0	0	20	19	25	21	20	26	21	19	19.0	21.4	25.0		22.0	-3.0
6	Unir pieza 8 y 6/6A con 4/4A			22.0	0	0	0	0	0	43	21	19	18	21	21	19	22	19.0	23.0	22.0		22.0	-3.0
7	Unir pieza 7/7A y 9 con 5/5A			39.0	0	0	0	0	0	22	23	23	24	22	20	20	19	20.0	21.6	23.0		39.0	-19.0
8	Unir pieza 18 con 19			48.0	0	0	0	0	0	25	28	24	28	23	28	22	27	23.0	25.6	28.0		48.0	-25.0
9	Hacer costura decorativa en piezas 18/19			38.0	0	0	0	0	0	38	39	37	41	39	44	37	42	37.0	39.6	42.0		38.0	-1.0
10	Unir Pieza 20 con 19			55.0	0	0	0	0	0	38	39	44	435	38	37	38	38	38.0	88.4	44.0		55.0	-17.0
11	Unir Peza 18/19/20 con 3			68.0	0	0	0	0	0	41	38	41	43	43	41	37	39	38.0	40.4	43.0		68.0	-30.0
12	Unir Peza 6/6A/4/4A/2/2A/5/5A/7/7A con 1/1A			51.0	0	0	0	0	0	51	58	41	44	44	58	60	44	44.0	50.0	58.0		51.0	-7.0
13	Fijar P01 en la pieza 6/6A/4/4A/2/2A/5/5A/7/7A			39.0	0	0	0	0	0	29	30	22	21	31	30	31	29	22.0	27.9	31.0		39.0	-17.0
14	Unir Peza 3 con Peza 4/4A/2/2A/5/5A			40.0	0	0	0	0	0	35	36	35	30	31	31	36	33	31.0	33.4	36.0		40.0	-9.0
15	Hacer costura decorativa en piezas 3/4/4A/2/2A/5/5A			58.0	0	0	0	0	0	30	31	35	38	28	35	34	36	30.0	33.4	36.0		58.0	-28.0
16	Unir Peza 12 con pieza /8/6/6A/1/1A/7/7A/9 al mismo tiempo fijamos ele			20.0	0	0	0	0	0	29	30	29	31	30	32	28	30	29.0	29.9	31.0		20.0	9.0
17	Unir Peza 14 con pieza 13			27.0	0	0	0	0	0	12	12	13	13	14	12	13	13	12.0	12.8	13.0		27.0	-15.0
18	Unir Peza 16 con pieza 13/14			29.0	0	0	0	0	0	18	19	15	14	15	16	20	20	15.0	17.1	20.0		29.0	-14.0
19	Unir Peza 11 con pieza 5/5A/9			35.0	0	0	0	0	0	33	36	33	34	30	31	38	35	31.0	33.8	36.0		35.0	-4.0
20	Unir Peza 13/14/16 con pieza 3/5/5A			14.0	0	0	0	0	0	16	16	18	17	16	19	17	19	16.0	17.3	19.0		14.0	2.0
21	Hacer pinza a la pieza 15			21.0	0	0	0	0	0	9	12	9	11	10	9	10	9	9.0	9.9	11.0		21.0	-12.0
22	Unir pieza 15 con pieza 11/12			114.0	0	0	0	0	0	15	19	16	19	17	18	17	16	16.0	17.1	19.0		114.0	-98.0
23	Fijar P05 / P02 / P04 en la pieza 17			38.0	0	0	0	0	0	41	42	43	41	43	40	40	40	40.0	41.3	43.0		38.0	2.0
24	Unir pieza 17 con pieza 3/13			69.0	0	0	0	0	0	34	40	37	40	38	35	40	42	35.0	38.3	40.0		69.0	-34.0
25	Unir pieza 10 con pieza 3/4/4A/8			33.0	0	0	0	0	0	40	35	40	44	45	50	42	40	40.0	42.0	45.0		33.0	7.0
26	Fijar P06 en la pieza 10			24.0	0	0	0	0	0	25	30	30	31	32	31	30	33	30.0	30.3	32.0		24.0	6.0
27	Fijar P12 en la pieza 15			51.0	0	0	0	0	0	11	10	11	12	13	10	10	11	10.0	11.0	12.0		51.0	-41.0
28	Fijar P07 en la pieza 12/15			15.0	0	0	0	0	0	26	28	25	26	26	28	29	26	26.0	26.8	28.0		15.0	11.0
29	Fijar P13 en la pieza 15			44.0	0	0	0	0	0	11	12	10	13	11	12	11	10	10.0	11.3	12.0		44.0	-34.0
30	Fijar P11 / P10 en la pieza 11			24.0	0	0	0	0	0	19	19	20	19	19	20	18	19	19.0	19.1	20.0		24.0	-5.0
31	Fijar P09 en la pieza 14			16.0	0	0	0	0	0	10	11	11	12	12	11	12	10	10.0	11.1	12.0		16.0	-6.0
32	Fijar P08 en la pieza 16			40.0	0	0	0	0	0	8	7	8	9	10	11	10	12	8.0	9.4	11.0		40.0	-32.0
33	Fijar P03 en la Pieza 13/3/17			44.0	0	0	0	0	0	27	34	32	32	35	27	34	36	27.0	32.1	35.0		44.0	-17.0
34	Fijar P14 en la pieza 18/20			44.0	0	0	0	0	0	26	25	26	26	28	29	30	31	26.0	27.6	30.0		44.0	-18.0

Como se observa en la ilustración, el simulador nos da una tabla en la que en las filas tenemos las operaciones que nos proporcionó el área de ingeniería, en los recuadros amarillos el simulador los llena de manera automática, lo único que se llenó, fueron los recuadros blancos, en los cuales se ingresaron las 8 lecturas de tiempo en segundos, al final el simulador agrega tolerancias y nos entrega el tiempo

estándar el cual es enviado directamente al siguiente apartado que es el balanceo observado:

8.5 Diseño de balanceo observado

Una vez que tenemos la secuencia de la pieza y hemos observado el flujo de la pieza a través de la célula se procedió a realizar el balanceo observado, el cual haciendo uso del *simulador de tiempos de costura* muestra la carga de las estaciones de trabajo representadas con tiempo, comprándolo con el tac time que el simulador nos ofrece, ayudándose de las 8 lecturas de tiempo que indica.

A continuación, se muestra el balanceo observado echo con el *simulador de tiempos de costura*, el balanceo observado se divide principalmente en 3 apartados los cuales se explican a continuación junto con los datos que el simulador nos arrojo acerca del balanceo observado de la célula 67 A/C:

Encabezado:

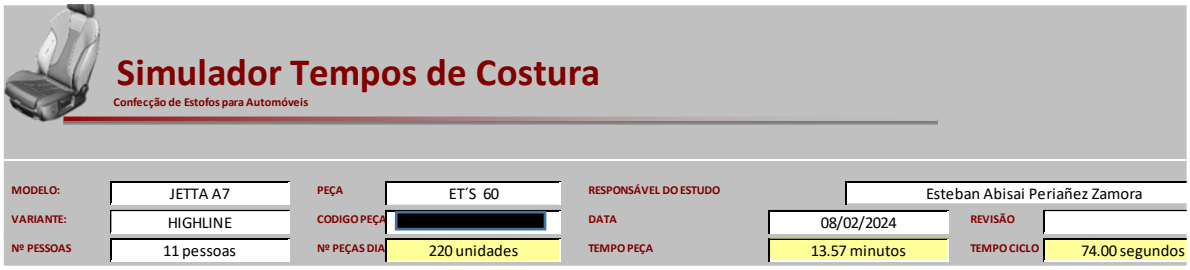


Ilustración 4 Encabezado de simulador de tiempos de costura

Lo primero es ingresar los datos que el simulador necesita para poder trazar el balanceo, en los recuadros blancos se ingresaron los siguientes datos:

1. Modelo: Jetta A7
2. Variante: HigHline
3. Número de personas: 11 personas
4. Pieza: Et´s 60%
5. Código de la pieza:
6. Fecha:
7. Responsable del estudio: Esteban Abisai Periañez Zamora

Con esto el simulador nos entrega los siguientes datos (apoyándose de las 8 lecturas de tiempos que ingresamos en los tiempos observados):

1. Número de piezas por turno: 271 unidades (en situación real la célula estaba produciendo 198 como máximo)
2. Tiempo de ciclo por pieza: 13 minutos con 57 segundos

3. Tiempo tacto (tacktime): 74:00 segundos

Distribución de las operaciones

Después de eso, se le indico al simulador la forma en que están distribuidas las operaciones a través de la célula, es decir, que operación hace cada máquina y en qué orden se realizan, los datos que se obtuvieron a partir de la observación directa se plasman en el simulador y este nos traza un balanceo observado, esto luce de la siguiente manera:

BALANCEAMENTO OPERAÇÕES

N.º	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO:	OPER.	TEMPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	TOTAL	SIM	NÃO
1	Unir Pieça 4/4A y 5/5a con pieza 2/2A	5	31					100%											31		
2	Unir Pieza 6/6A con 8	5	16					100%											16		
3	Hacer costura decorativa en piezas 6/6A/8	3	20			100%													20		
4	Unir pieza 7/A con 9	5	17					100%											17		
5	Hacer costura decorativa en piezas 7/7A/9	3	19			100%													19		
6	Unir pieza 8 y 6/6A con 4/4A	5	19					100%											19		
7	Unir pieza 7/7A y 9 con 5/5A	5	20					100%											20		
8	Unir pieza 18 con 19	4	23				100%												23		
9	Hacer costura decorativa en piezas 18/19	3	37			100%													37		
10	Unir Pieza 20 con 19	4	38				100%												38		
11	Unir Pieza 18/19/20 con 3	4	38				100%												38		
12	Unir Pieza 6/6A/4/4A/2/2A/5/5A/7/7A con 1/1A	6	44						100%										44		
13	Fijar P01 en la pieza 6/6A/4/4A/2/2A/5/5A/7/7A	7	22							100%									22		
14	Unir Pieza 3 con Pieza 4/4A/2/2A/5/5A	7	31							100%									31		
15	Hacer costura decorativa en piezas 3/4/4A/2/2A/5/5A	9	30									100%							30		
16	Unir Pieza 12 con pieza /8/6/6A/1/1A/7/7A/9 al mismo tiempo fijamos etiqueta ET	8	29								100%								29		
17	Unir Pieza 14 con pieza 13	13	12													100%			12		
18	Unir Pieza 16 con pieza 13/14	10	15										100%						15		
19	Unir Pieza 11 con pieza 5/5A/9	8	31								100%								31		
20	Unir Pieza 13/14/16 con pieza 3/5/5A	10	16										100%						16		
21	Hacer pinza a la pieza 15	11	9												100%				9		
22	Unir pieza 15 con pieza 11/12	10	16										100%						16		
23	Fijar P05 / P02 / P04 en la pieza 17	1	40	100%															40		
24	Unir pieza 17 con pieza 3/13	11	35											100%					35		
25	Unir pieza 10 con pieza 3/4/4A/8	13	40													100%			40		
26	Fijar P06 en la pieza 10	14	30														100%		30		
27	Fijar P12 en la pieza 15	10	10										100%						10		
28	Fijar P07 en la pieza 12/15	1	26														100%		26		
29	Fijar P13 en la pieza 15	1	10	100%															10		
30	Fijar P11 / P10 en la pieza 11	8	19								100%								19		
31	Fijar P09 en la pieza 14	13	10													100%			10		
32	Fijar P08 en la pieza 16	14	8														100%		8		
33	Fijar P03 en la Pieza 13/3/17	14	27														100%		27		
34	Fijar P14 en la pieza 18/20	4	26				100%												26		

Ilustración 5 Distribución de las operaciones ET´S 60

Expliquemos parte por parte la distribución de operaciones:

En la ilustración 5 se muestra el encabezado de a distribución de operaciones.

BALANCEAMENTO OPERAÇÕES

N.º	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO:	OPER.	TEMPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	TOTAL	SIM	NÃO

Ilustración 6 Encabezado de la distribución de las operaciones

En el encabezado nos encontramos con 7 apartados, el primero nos indica el número de operación que es, como ya hemos visto nuestra pieza tiene 39

operaciones, las cuales están enumeradas para facilitar el análisis. El segundo son las operaciones en si, como ya hemos visto la operación describe detalladamente que piezas unir y de qué manera hacerlo apoyándose del esquema de montaje. El tercero se refiere al número de maquina en el cual se realiza dicha operación, esto para guiarse y entender mejor como se distribuya las operaciones a través de la célula, en este apartado a veces nos encontramos con la palabra GAP, esto en palabras sencillas se refiere a la primera estación de trabajo, es decir a primera máquina de la célula. La cuarta columna es el tiempo, aquí el simulador ingresa el tiempo estándar que se calculó a partir de nuestras 8 tomas de tiempo, el simulador de manera automática hace los caculos y coloca en esta columna el tiempo estándar. Las siguientes columnas que están enumeradas del 1 al 15, son las estaciones de trabajo, es decir, son las máquinas de nuestra célula, recordemos que esta célula cuenta con 14 máquinas y 11 personas. La siguiente columna representa el tiempo total por operación, que por lo general es igual al tiempo estándar que el simulador calcula de manera automática. Las siguientes dos columnas pintadas con verde y rojo representan si la operación ya fue realizada o no, si ya fue realizada se pone en verde y si falta por realizar se pone en rojo.

Veamos un ejemplo con las operaciones 1, 2 y 3:

BALANCEAMENTO OPERAÇÕES																					
N.º	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO:	OPER.	TEMPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	TOTAL	SIM	NÃO
1	Unir Pieça 4/4A y 5/5a con pieza 2/2A	5	31					100%											31		
2	Unir Pieza 6/6A con 8	5	16					100%											16		
3	Hacer costura decorativa en piezas 6/6A/8	3	20			100%													20		

Ilustración 7 Distribución de las operaciones 1, 2 y 3

La operación 1: unir pieza 4 y 5 con pieza 2, se realiza en la estación de trabajo número 5, tiene un tiempo de 31 segundos. En la maquina numero 5 colocamos, en la fila de la operación 1, el porcentaje de la operación que se realiza, en este caso 100%, esto indica que toda la operación se realiza en la maquina 5, si la operación tuviese un tiempo muy elevado y fuera necesario dividirla entre dos máquinas, pues en la fila de la operación 1 se colocaría 50% en dos máquinas, indicando que entre dos máquinas se realiza esa operación.

La operación 2: unir pieza 6 con 8, se realiza en la estación de trabajo número 5, tiene un tiempo de 16 segundos. En la maquina número 5, fila de la operación 2 colocamos un 100%.

La operación 3: hacer costura decorativa a pieza 6 y 8, se realiza en la estación de trabajo número 3, tiene un tiempo de 20 segundos. En la maquina número 3, fila de la operación 3 colocamos un 100%.

Con estos tres ejemplos ya nos podemos dar cuenta de uno de los principales problemas que tiene la célula, como se puede apreciar las primeras dos operaciones se realizan en la maquina 5 y la tercera que es una costura decorativa se realiza en

la maquina 3, debido a que esta célula tiene una distribución en i, las piezas 6 y 8 se unen en la maquina 5 y tienen que retroceder 2 máquinas hacia la maquina 3, debido a que en la célula solo hay 2 máquinas decorativas, las cuales están señaladas con un color morado claro en el gráfico.

Cargas de trabajo

La parte final del balanceo observado es la gráfica que representa las cargas de trabajo de cada una de las personas, en la ilustración 7 se muestra dicha grafica con su respectiva explicación de cada apartado.

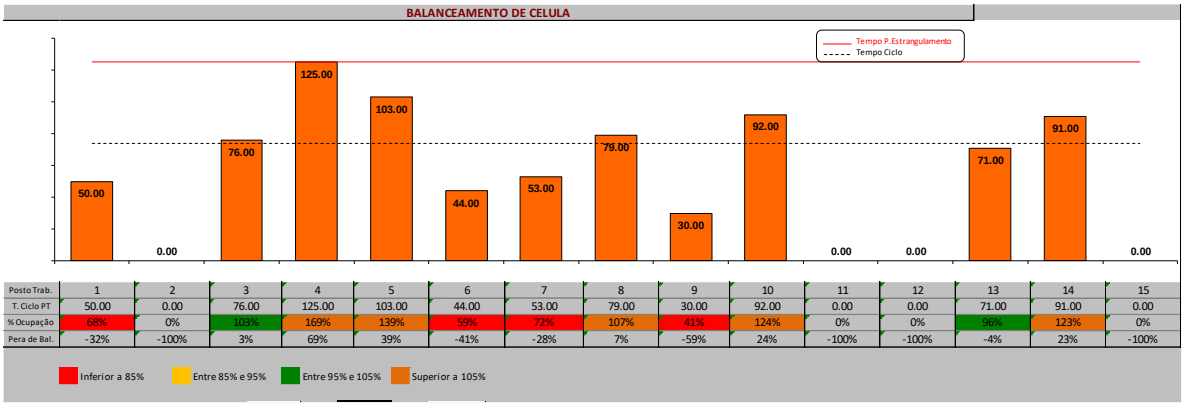


Ilustración 8 Grafica de cargas de trabajo

En realidad, esta parte del simulador termina siendo muy intuitiva, revisemos sus apartados:

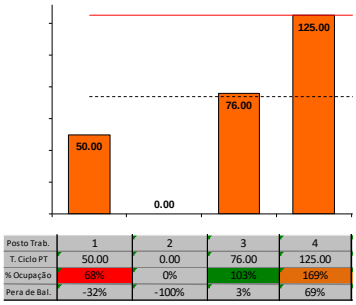
En la ilustración se muestran los operadores como barras, entre más tiempo de ocupación tenga cada operador, más alta será la barra, en la punta de cada barra el simulador muestra un tiempo, que es el tiempo estándar de trabajo de cada operador, es decir su carga de trabajo en segundos por pieza. La línea horizontal de color rojo representa el tiempo de estrangulamiento, o el operador con más carga de trabajo, la línea horizontal punteada de color negro, representa el tiempo tacto, el cual ya sabemos que es 74 segundos, lo ideal seria que cada operador estuviera en tiempo tacto para asegurar un flujo correcto de la pieza. Debajo de cada barra se encuentran parámetros para entender mejor el comportamiento de la célula, el primero es el puesto de trabajo, el segundo es el tiempo de ciclo por operador, el tercero es el porcentaje de ocupación, este cambia de color según los parámetros descritos debajo de las gráficas:



Ilustración 9 Porcentajes de utilización de cada operador

Estos parámetros indican el estado en que se encuentra el operador, si trabaja por debajo del 85% es muy bajo y si trabaja arriba del 105% es muy elevada su carga de trabajo.

Veamos un ejemplo con los primeros 3 operadores:



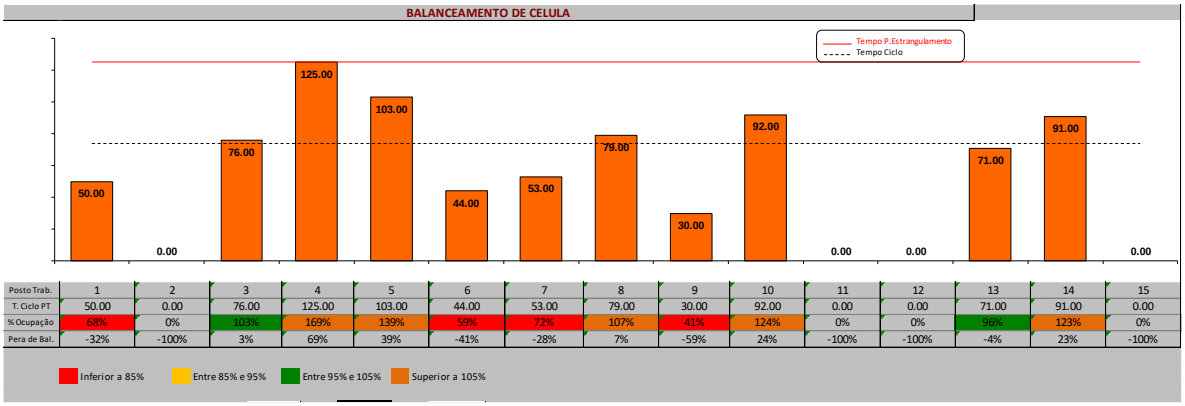
Posto Trab.	1	2	3	4
T. Ciclo PT	50.00	0.00	76.00	125.00
% Ocupação	68%	0%	103%	169%
Pera de Bal.	-32%	-100%	3%	69%

Ilustración 10 Cargas de trabajo maquinas 1, 2, 3 y 4

Como podemos observar el segundo puesto no presenta ninguna carga, esto porque la maquina numero 2 no se encuentra ocupada, los operadores comentaron que cuando se encontraban muy atrasados respecto a sus metas, utilizaban la maquina 2 para apoyarse, pidiendo apoyo a una persona de otra célula.

Recordemos que el tiempo de ciclo de la pieza, es decir, el tiempo que toma fabricar una pieza es de 13.57 minutos (814 segundos), de los cuales el operador 1 solo trabaja 50 segundos, el operador 2 trabaja 76 segundos y el operador 3 trabaja 125 segundos. Esto genera lo que conocemos como cuello de botella, impidiendo un flujo continuo de la pieza.

Ahora que se ha explicado cada apartado del balanceo trazado podemos dar un vistazo desde un punto de vista más amplio y sacar nuestras conclusiones acerca del estado en el que se encontraba la célula.



Posto Trab.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
T. Ciclo PT	50.00	0.00	76.00	125.00	103.00	44.00	53.00	79.00	30.00	92.00	0.00	0.00	71.00	91.00	0.00
% Ocupação	68%	0%	103%	169%	139%	59%	72%	107%	41%	124%	0%	0%	96%	123%	0%
Pera de Bal.	-32%	-100%	3%	69%	39%	-41%	-28%	7%	-59%	24%	-100%	-100%	-4%	23%	-100%

Ilustración 11 Grafica de cargas de trabajo

Análisis del estado de la célula (antes de aplicar el estudio):

- Existen 4 operadores que trabajan inferior a un 85% del tiempo tacto, estos operadores están teniendo muchos segundos improductivos.

- Existen 4 operadores que están trabajo por encima del 105%, estos operadores generan cuellos de botellas al convertirse en estaciones de trabajo muy lentas.
- Existen 3 máquinas sin operar, o que se operan de vez en cuando sin ningún propósito definido, esto genera un desperdicio en cuestión de equipos.
- Existen múltiples saltos de la pieza, ya sea hacia atrás o hacia adelante lo que genera tiempo improductivo, gracias a que lo operadores caminan a través de la célula.

Con el balanceo de la célula, se busca además de igualar las cargas de trabajo, evitar saltos en la pieza eliminando así el tiempo improductivo y aumentar la productividad.

LayOut

Después de ingresar todas las operaciones y6 que el simulador nos arrojara las cargas de trabajo, lo siguiente fue realizar un LayOut, que servirá para visualizar la célula de producción y poder entender mejor fluye la secuencia de operaciones.

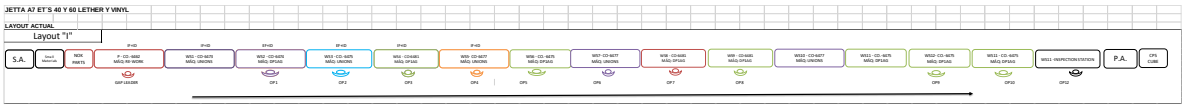


Ilustración 12 LayOut célula 65 A/B anterior al estudio

Veamos la descripción del LayOut un poco más de cerca.

Por ahora, los recuadros del inicio, así como las letras y números dentro de los recuadros no son importantes, nos centraremos solo en lo que es necesario para el proyecto.

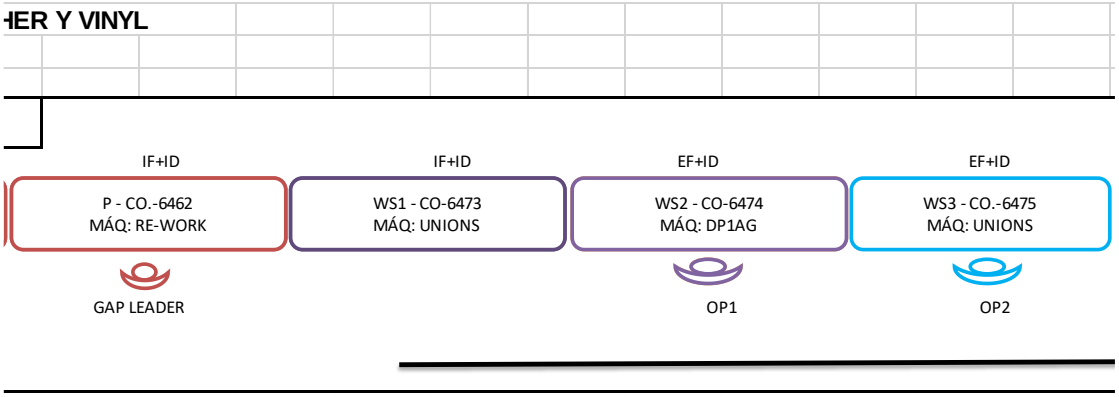


Ilustración 13 LayOut maquinas 1, 2, 3 y 4

Los recuadros de colores que en el segundo renglón llevan la abreviación MÁQ son las máquinas y los símbolos de media luna con un circulo frente ellos representan los operadores. En este LayOut se observa que la maquina numero 2 no está ocupada, por lo que aparece sin operador frente a ella, este diagrama nos ayuda a

visualizar mejor como están distribuidas las máquinas y de esta manera entender mejor el flujo de la pieza.

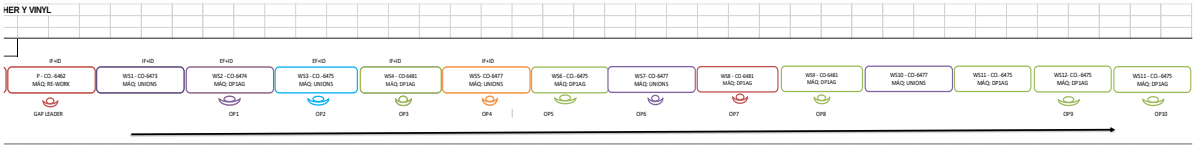


Ilustración 14 LayOut célula 65 A/B anterior al estudio

Como se observa es una célula tipo “i”, en la cual existen 14 máquinas y solo 11 están ocupadas.

8.6 Diseño de propuesta para el nuevo balanceo (LayOut y operaciones de cada Workstation):

Lo siguiente que se realizo fue la creación de una propuesta para el nuevo balanceo, una propuesta que se centrara en repartir correctamente las cargas de trabajo y eliminar los saltos que hace la pieza en la célula. A continuación, se describe paso a paso como se realizó dicho proceso:

Retomemos los datos que el simulador nos arrojó a partir de las 8 lecturas de tiempo que se le ingresaron;

1. Número de piezas por turno: 271 unidades (en situación real la célula estaba produciendo 198 como máximo)
2. Tiempo de ciclo por pieza: 13 minutos con 57 segundos
3. Tiempo tacto (tacktime): 74:00 segundos
4. 11 personas en la célula
5. 14 maquinas

Lo primero que se realizó, fue sacar las 3 máquinas que no se ocupaban dentro de la célula, esto por el hecho de que son un desperdicio tanto de espacio como de maquinaria. Una vez retiradas las dos máquinas podemos trabajar con 11 personas y 11 máquinas.

Después se distribuyeron las operaciones en las máquinas, tomando como límite los 74 segundos que el simulador indicó que era el tiempo tacto, siempre tomando en cuenta que no debe regresar la pieza, así que con ayuda del esquema de montaje y de la gráfica de cargas de trabajo se distribuyeron las operaciones buscando un flujo correcto de la pieza y una secuencia de operaciones que no permita el regreso de la pieza.

Como ya pudimos observar la secuencia de operaciones que ingeniería nos proporciona, no es útil, ya que presenta muchos saltos de la pieza y no permite un

flujo continuo, así que se diseñó una nueva secuencia de operaciones con base en la observación directa del proceso.

Primero se identificó las operaciones con las que inicia el proceso de ensamblado, operaciones con las que es necesario iniciar para que la pieza pueda seguir armándose sin detener el flujo de la misma.

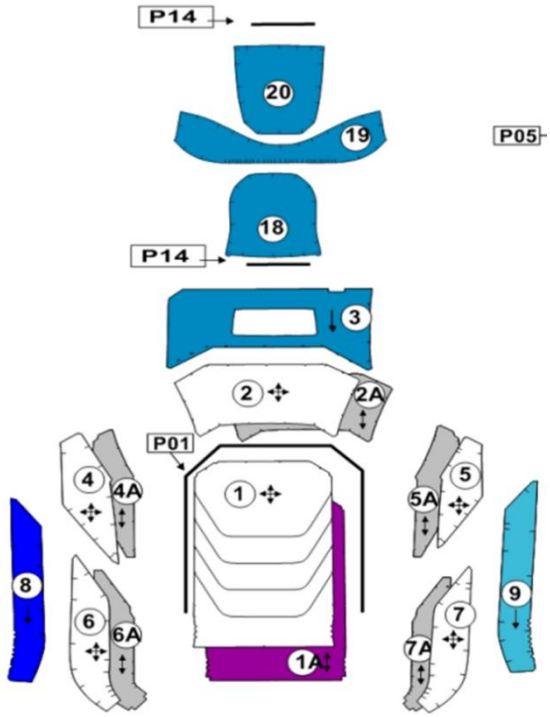


Ilustración 15 Esquema de montaje

Por ejemplo, se debe iniciar uniendo las piezas 6-8 y 7-9, ya que, si no se ensamblan estas, no se puede realizar la siguiente operación que es la costura decorativa en las mismas, así como no se puede realizar la costura decorativa a las piezas 18-19 si no están unidas, es por ello que están 3 operaciones son primero (se adjunta diagrama del lado izquierdo para facilitar la comprensión de las operaciones). Después de ellas vendrían las costuras decorativas que llevan las piezas 6-8, 7-9 y 18-19.

Después se identificaron operaciones que pueden realizarse después de otras, es decir, operaciones que no necesariamente influyen en el ensamblado de la pieza, en su mayoría estos eran los perfiles, piezas plásticas pueden ponerse antes o después de otras operaciones, por ejemplo, los perfiles P14 que se colocan en la capucha.

De esta manera se diseñó la nueva secuencia de operaciones dando un flujo continuo a la pieza y evitando que esta regrese. Una vez terminada la nueva secuencia de operaciones ya solo fue cuestión de distribuir las operaciones en las maquinas sin que excedan el tiempo tacto.

La nueva secuencia de operaciones que se diseñó queda de la siguiente manera:

BALANCEAMENTO OPERAÇÕES																					
N.º	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO:	OPER.	TEMPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	TOTAL	SIM	NÃO
1	Unir Pieza 6/6A con 8	5	16																0		
2	Unir pieza 7/A con 9	5	17																0		
3	Unir pieza 18 con 19	4	23																0		
4	Hacer pinza a la pieza 15	10	9																0		
5	Fijar P09 en la pieza 14	13	10																0		
6	Hacer costura decorativa en piezas 6/6A/8	3	20																0		
7	Hacer costura decorativa en piezas 7/7A/9	3	19																0		
8	Hacer costura decorativa en piezas 18/19	3	37																0		
9	Hacer costura decorativa en piezas 18/19	3	38																0		
10	Unir Pieza 20 con 19	4	38																0		
11	Unir Pieça 4/4A y 5/5a con pieza 2/2A	5	31																0		
12	Unir pieza 8 y 6/6A con 4/4A	5	19																0		
13	Unir pieza 7/7A y 9 con 5/5A	5	20																0		
14	Unir Pieza 6/6A/4/4A/2/2A/5/5A/7/7A con 1/1A	6	44																0		
15	Fijar P14 en la pieza 18/20	4	26																0		
16	Fijar P01 en la pieza 6/6A/4/4A/2/2A/5/5A/7/7A	7	22																0		
17	Unir Pieza 3 con Pieza 4/4A/2/2A/5/5A	7	31																0		
18	Fijar P12 en la pieza 15	10	10																0		
19	Fijar P11 / P10 en la pieza 11	8	15																0		
20	Unir Pieza 12 con pieza /8/6/6A/1/1A/7/7A/9 al mismo tiempo fijamos etiqueta ET	8	29																0		
21	Unir Pieza 11 con pieza 5/5A/9	8	31																0		
22	Unir pieza 15 con pieza 11/12	10	16																0		
23	Hacer costura decorativa en piezas 3/4/4A/2/2A/5/5A	9	30																0		
24	Unir Pieza 14 con pieza 13	13	12																0		
25	Unir Pieza 16 con pieza 13/14	10	15																0		
26	Unir Pieza 13/14/16 con pieza 3/5/5A	10	16																0		
27	Fijar P05 / P02 / P04 en la pieza 17	1	40																0		
28	Fijar P13 en la pieza 15	1	10																0		
29	Fijar P08 en la pieza 16	14	8																0		
30	Fijar P11 / P10 en la pieza 11	8	35																0		
31	Fijar P09 en la pieza 14	13	40																0		
32	Fijar P06 en la pieza 10	14	30																0		
33	Fijar P07 en la pieza 12/15	1	26																0		
34	Fijar P03 en la Pieza 13/3/17	14	27																0		

Ilustración 16 Nueva distribución de las operaciones

La nueva secuencia, no solo reduce los saltos de la pieza en la célula, sino que elimina los satos hacia atrás, es decir, las piezas ahora saltan, pero hacia adelante, lo que evita que los operadores tengan que caminar hacia atrás o hacía adelante para que llegue su pieza.

Lo siguiente fue distribuir las operaciones en las maquinas, esto siempre tomando en cuenta que no debe exceder el tiempo tacto, esto se logró apoyando se del simulador que nos muestra el tiempo y la carga de la maquina en porcentaje.

Veamos la maquina 1:

BALANCEAMENTO OPERAÇÕES																			
N.º	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO:	OPER.	TEMPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	TOTAL
1	Unir Pieza 6/6A con 8	5	16	100%															16
2	Unir pieza 7/A con 9	5	17	100%															17
3	Unir pieza 18 con 19	4	23	100%															23
4	Hacer pinza a la pieza 15	10	9	100%															9
5	Fijar P09 en la pieza 14	13	10	100%															10

Ilustración 17 Tabla de distribución de las operaciones

El operador 1, realizara estas 5 operaciones en la maquina 1, con ayuda del diagrama veamos cuales son dichas operaciones.

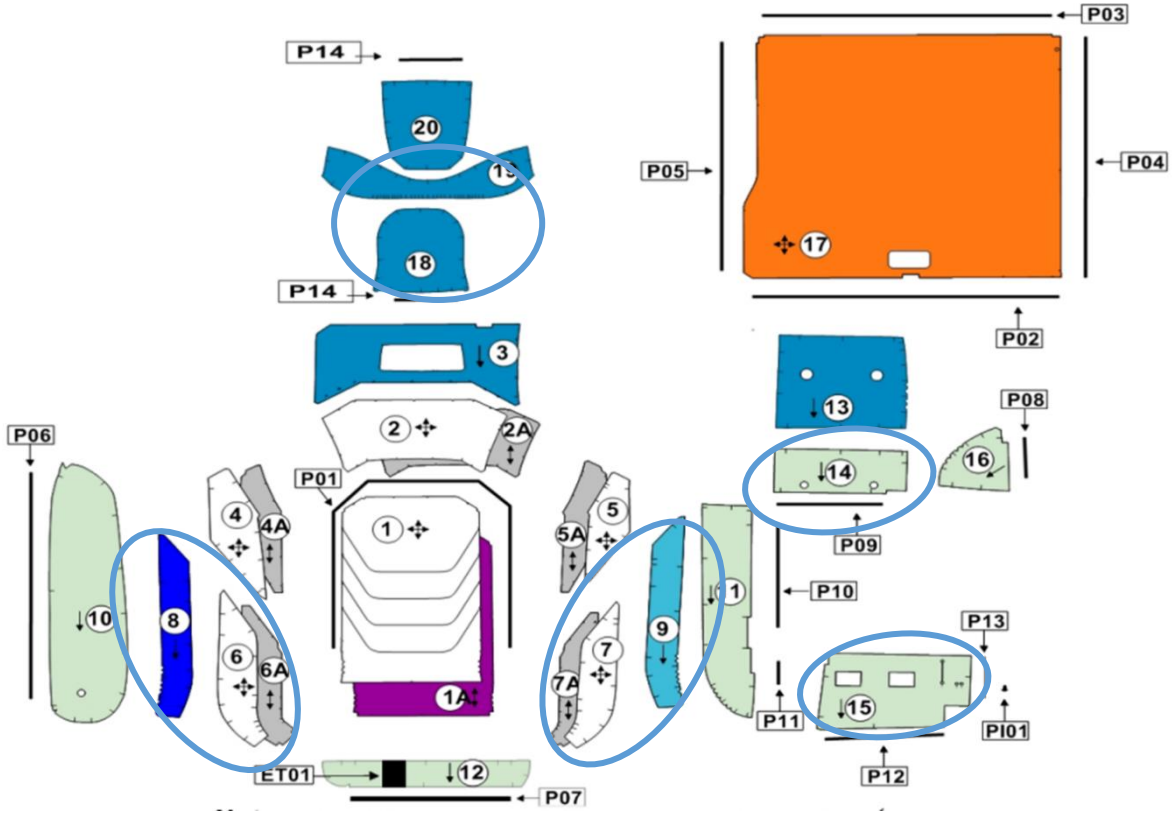
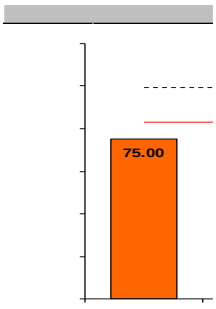


Ilustración 18 Esquema de montaje

Y con la gráfica de cargas de trabajo podemos observar que el tiempo en realizar estas operaciones se mantenga lo más cerca posible al tiempo tacto, esto permitirá un flujo continuo de la pieza:



Posto Trab.	1
T. Ciclo PT	75.00
% Ocupação	102%
Pera de Bal.	2%

Ilustración 19 Nueva grafica de carga de trabajo; maquina 1

Como podemos observar, el tiempo de operación llega a los 75 segundos, un tiempo muy cercano al tiempo tacto, de hecho, solo excede un 2% al tiempo tacto, por ende, el simulador nos lo coloca en verde y nos indica que esa máquina esta en tiempo tacto.

Podemos decir que esta máquina no genera cuellos de botella y que su tiempo de trabajo está nivelado, continuemos con la maquina 2.

Aquí entramos nos enfrentamos a una cuestión delicada ya que seguían operaciones de despunte, estas operaciones fueron agrupadas para realizarse en la maquina dos y así evitar saltos

en la pieza, una vez realizadas las operaciones de despunte podíamos continuar con el ensamblaje de la pieza.

Como solo se contaba con 2 máquinas despunteras y existen 4 operaciones decorativas, 3 de ellas se realizan en la parte inicial y solo una se realiza en las operaciones finales:

1. Hacer costura decorativa en piezas 6/6A/8
2. Hacer costura decorativa en piezas 7/7A/9
3. Hacer costura decorativa en piezas 18/19
4. Hacer costura decorativa en piezas 3/4/4A/2/2A/5/5ª

Una vez que se realizó dicho análisis se llegó a la conclusión de que la primera máquina despuntera iría en el puesto número 2, después de la maquina 1 y la otra máquina despuntera iría casi al final donde haría el despunte de las coincidencias y otras operaciones de unión.

Es importante mencionar que una maquina despuntera puede hacer operaciones de unión, pero una máquina de unión no puede hacer operaciones de despunte, esto debido a que el pie del prénsatelas parea unión no es capaz de realizar un despunte sin dañar la tela y el pie del prénsatelas de despunte si es capaz de hacer una unión, solo existen pocos pies de prénsatelas de despunte debido a que su costo es muy elevado y colocar más prénsatelas para despunte no es una opción viable económicamente.

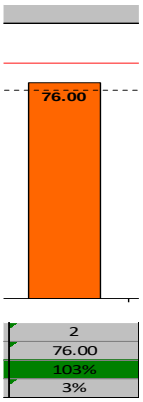
Veamos la maquina 2 donde se realizarán 3 operaciones de despunte a las 3 uniones que se realizan en la maquina 2.

6	Hacer costura decorativa en piezas 6/6A/8	2	20		100%														
7	Hacer costura decorativa en piezas 7/7A/9	2	19		100%														
8	Hacer costura decorativa en piezas 18/19	2	37		100%														

Ilustración 20 Nueva distribución de cargas de trabajo

El operador 2, en la maquina 2 realizara las 3 operaciones de despunte, operaciones que se consideran complicadas pero debido a la experiencia del operador se realizan a una buena velocidad.

Con la gráfica de cargas de trabajo podemos visualizar su tiempo de trabajo referente al tiempo tacto.



Como se puede observar, con estas 3 operaciones, la maquina 2 queda con un tiempo de 76 segundos, muy cercano al tiempo tacto, solo lo excede por un 3% y el simulador nos la coloca en verde mostrando que la maquina esta nivelada.

Ilustración 21 Nueva grafica de carga de trabajo; maquina 2

Así se realizó con cada una de las máquinas para que todas se encuentren niveladas y permitan un flujo correcto de la pieza. A continuación, se muestra la propuesta del nuevo balanceo desde un punto de vista más amplio.

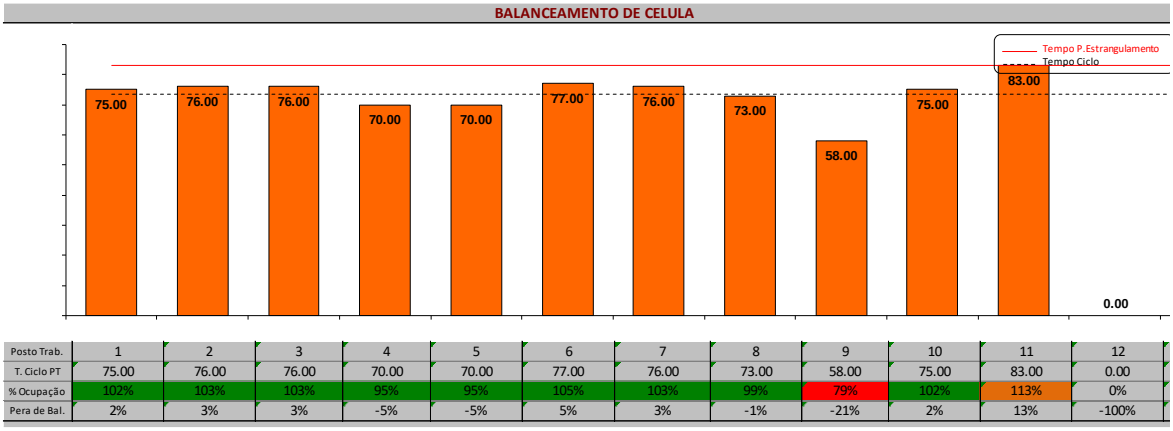
La distribución de operaciones quedo de la siguiente manera:

BALANCEAMENTO OPERAÇÕES

N.º	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO:	OPER.	TEMPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	TOTAL	SIM	NÃO
1	Unir Pieza 6/6A con 8	1	16	100%															16		
2	Unir pieza 7/A con 9	1	17	100%															17		
3	Unir pieza 18 con 19	1	23	100%															23		
4	Hacer pinza a la pieza 15	1	9	100%															9		
5	Fijar P09 en la pieza 14	1	10	100%															10		
6	Hacer costura decorativa en piezas 6/6A/8	2	20		100%														20		
7	Hacer costura decorativa en piezas 7/7A/9	2	19		100%														19		
8	Hacer costura decorativa en piezas 18/19	2	37		100%														37		
9	Unir Pieza 20 con 19	3	38			100%													38		
10	Unir Pieza 18/19/20 con 3	3	38			100%													38		
11	Unir Pieça 4/4A y 5/5a con pieza 2/2A	4	31				100%												31		
12	Unir pieza 8 y 6/6A con 4/4A	4	19				100%												19		
13	Unir pieza 7/7A y 9 con 5/5A	4	20				100%												20		
14	Unir Pieza 6/6A/4/4A/2/2A/5/5A/7/7A con 1/1A	5	44					100%											44		
15	Fijar P14 en la pieza 18/20	5	26					100%											26		
16	Fijar P01 en la pieza 6/6A/4/4A/2/2A/5/5A/7/7A	6	22						100%										22		
17	Unir Pieza 3 con Pieza 4/4A/2/2A/5/5A	6	30						100%										30		
18	Fijar P12 en la pieza 15	6	10						100%										10		
19	Fijar P11 / P10 en la pieza 11	6	15						100%										15		
20	Unir Pieza 12 con pieza /8/6/6A/1/1A/7/7A/9 al mismo tiempo fijamos etiqueta ET	7	29							100%									29		
21	Unir Pieza 11 con pieza 5/5A/9	7	31							100%									31		
22	Unir pieza 15 con pieza 11/12	7	16							100%									16		
23	Hacer costura decorativa en piezas 3/4/4A/2/2A/5/5A	8	30								100%								30		
24	Unir Pieza 14 con pieza 13	8	12								100%								12		
25	Unir Pieza 16 con pieza 13/14	8	15								100%								15		
26	Unir Pieza 13/14/16 con pieza 3/5/5A	8	16								100%								16		
27	Fijar P05 / P02 / P04 en la pieza 17	9	40									100%							40		
28	Fijar P13 en la pieza 15	9	10									100%							10		
29	Fijar P08 en la pieza 16	9	8									100%							8		
30	Unir pieza 17 con pieza 3/13	10	35										100%						35		
31	Unir pieza 10 con pieza 3/4/4A/8	10	40										100%						40		
32	Fijar P06 en la pieza 10	11	30											100%					30		
33	Fijar P07 en la pieza 12/15	11	26											100%					26		
34	Fijar P03 en la Pieza 13/3/17	11	27											100%					27		

Ilustración 22 Distribución de operaciones propuesta en 11 maquinas

Y la gráfica de cargas de trabajo:



Posto Trab.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T. Ciclo PT	75.00	76.00	76.00	70.00	70.00	77.00	76.00	73.00	58.00	75.00	83.00	0.00
% Ocupação	102%	103%	103%	95%	95%	105%	103%	99%	79%	102%	113%	0%
Pera de Bal.	2%	3%	3%	-5%	-5%	5%	3%	-1%	-21%	2%	13%	-100%

Ilustración 23 Grafica con cargas de trabajo propuestas

Como se puede observar, la mayoría de las máquinas quedan niveladas y por ende el simulador nos las muestra en verde, esto permitirá que la pieza pueda fluir continuamente a través de la célula, sin embargo, existen 2 máquinas que no

cumplen con estos requisitos, veamos las limitantes que nos impiden que todas las maquinas estén niveladas.

Todo se redujo a la maquina 11, ya que esta es una maquina perfilera, los perfiles que no llevan tela, es decir, que son 100% plásticos no pueden ser atravesados por una ajuga normal, tiene que ser colocados con una aguja especial y un prénsatelas de mayor potencia, es por ello que las últimas tres operaciones son necesarias en una sola maquina:

32	Fijar P06 en la pieza 10	11	30											100%					30	
33	Fijar P07 en la pieza 12/15	11	26											100%					26	
34	Fijar P03 en la Pieza 13/3/17	11	27											100%					27	

Ilustración 24 Distribución de operaciones propuesta máquina 11

Ya que estas tres operaciones exceden el tiempo tacto representan una descompensación de tiempo ciclo que repercute en la maquina al 9, es por ello que estas dos máquinas, una excede el tiempo tacto y a la otra le faltan unos segundos, sin embargo, la limitante es grande ya que no se puede colocar otro prénsatelas para plástico por temas económicos. Después de un arduo análisis y muchas pruebas se llegó a la conclusión de que esta es la opción más viable, ya que la maquina 11 solo excede el tiempo tacto por unos 9 segundos, lo que no impacta tanto en la producción. Podemos considerar que la maquina 11 es nuestro cuello de botella en esta nueva propuesta de balanceo.

LayOut

A continuación, se presenta el LayOut de la célula, una vez reacomodadas las máquinas de unión, despunteras y perfilera:

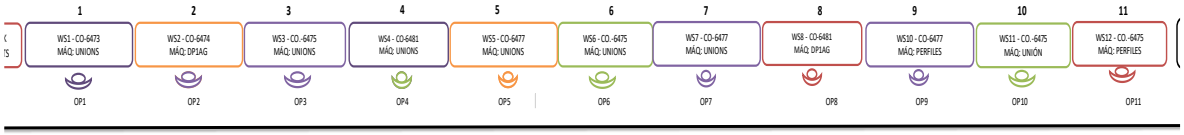


Ilustración 25 LayOut propuesto

Ahora existen solo 11 máquinas y 11 operadores, se colocaron las 2 máquinas despunteras en el puesto 2 y el puesto 8, la maquina perfilera se colocó en el puesto 11.

Una vez que se terminó nuestra propuesta del balanceo el simulador nos arrojó cuantas piezas puede producir nuestra célula trabajando a su 100% con el nuevo balanceo:

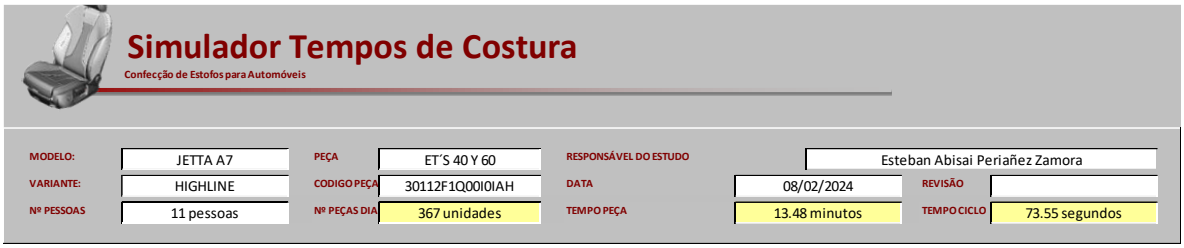


Ilustración 26 Encabezado del balanceo propuesto

Como se puede observar en la ilustración 25, la nueva propuesta de balanceo otorga 367 unidades por turno, casi 150 piezas más por turno, ahora esto en situaciones ideales, después se validó y aplico el balanceo propuesto.

8.7 Validación de balanceo propuesta

Una vez terminada la propuesta de balanceo, fue necesario que se aprobara, para esto la propuesta de balanceo pasó por una serie de filtros (personas) que se encargan de revisar distintas cuestiones:

1. Técnico de costura
2. Mantenimiento
3. Supervisor de la célula
4. Encargado de mejora continua

Técnico de costura: es un operador con muchos años de experiencia, que conoce a detalle todas las piezas del proyecto, es capacitado en cuestiones de calidad y de producción. El técnico de costura valida que la nueva secuencia de operaciones sea válida y que el orden de las operaciones no sea incorrecto además de que también valida que las operaciones no sean demasiada carga para cada operador.

Mantenimiento: una vez que el técnico de costura nos indica que si es viable realizar los cambios en la secuencia de la pieza lo siguiente fue hacer una reunión con mantenimiento en la célula de producción, reunión en la cual se le mostro el LayOut y la ubicación de las máquinas de unión, máquinas de despunte y máquinas de perfiles, se les comento a cerca de los cambios y de las especificaciones de cada máquina. El técnico de mantenimiento indicó que era viable y que los cambios en los présatelas eran correctos.

Supervisor de la célula: al supervisor se le mostro el comportamiento esperado con el nuevo balanceo, se le indico que los saltos en retroceso de la pieza fueron eliminados y que el flujo de la pieza es correcto, el supervisor hizo cuestiones acerca del movimiento de las tres máquinas que se retiraron del LayOut, se justificó fácilmente con que eran un desperdicio tanto de espacio como de maquinaria y con el nuevo balanceo no sería necesario ya que los tiempos muertos de las maquinas

fueron eliminados en su mayoría. El supervisor autorizo los cambios en el LayOut y acepto aplicar el nuevo balanceo.

Encargado de mejora continua: el ingeniero a cargo revisa el balanceo y observa el procedimiento que se realizó para obtener las 8 lecturas de tiempo, después verifica que el LayOut sea correcto y que no se haya cometido algún error referente a las calibraciones de las máquinas. El ingeniero de mejora continua acepto implementar el balanceo.

Por último, se realizó una pequeña junta con los 11 operadores, el técnico de costura, el supervisor de célula, el técnico de mantenimiento, el ingeniero de mejora continua y el responsable del estudio, donde se les explico a los operadores los cambios que abría respecto al LayOut y a sus operaciones, se les pidió su cooperación y atento apoyo, todos accedieron después de contestar algunas preguntas y resolver algunas dudas referentes a las operaciones. Una vez aceptada la nueva propuesta de balanceo se procedió a implementarlo.

8.8 Implementación de balanceo propuesta

Una vez que el balanceo se aceptó se pactó una fecha específica para aplicar el balanceo, se pidió el apoyo de 2 técnicos de mantenimiento y 2 ingenieros de mejora continua para aplicar los cambios, los cambios se realizaron en la media hora que los operadores tienen para comer, por lo que fue necesario ser rápidos y precisos con el afán de no detener para nada la producción. El día anterior al cambio se pasó con cada uno de los operadores explicándoles sus nuevos puestos y sus nuevas operaciones, no hubo tanto problema ya que en su mayoría eran operadores experimentados que sabían cómo hacer casi todas las operaciones.

Primero se desconectan todas las máquinas, se procedió sacando las 3 máquinas que sobraban y se llevaron al almacén donde esperaran a ser necesitadas. Después se le mostro el LayOut a los técnicos de mantenimiento para el reacomodo de las máquinas, los principales cambios radicaron en una maquina despuntera que se movió 3 puestos y una máquina de perfiles que se recorrió al final.

Después de haber acomodado las máquinas en sus respectivos lugares, los técnicos de mantenimiento las conectaron y las calibraron, una vez lista se asignaron a los operadores en sus nuevos puestos y se les pidió que iniciaran con la secuencia de operaciones nueva.

8.9 Seguimiento del balanceo para el cálculo de la eficiencia

lo siguiente que se realizo fue un seguimiento de 10 días para calcular la eficiencia del nuevo balanceo que se implementó, los diez días son un estándar que se utiliza en la planta para verificar que la productividad de la célula si aumente, si la productividad no aumenta en estos 10 días el balanceo de líneas será revocado y se regresara al anterior.

Cabe mencionar que siempre que existen cambios en la distribución de las máquinas y operadores dentro de la célula hay una disminución del OEE, ya que los operadores tardan en acostumbrarse a la nueva forma de trabajar, esta disminución del OEE ya está contemplada dentro de la aplicación de un nuevo balanceo.

A continuación, en la tabla 5, se muestra el comportamiento del OEE a través de esos diez días de prueba, estos datos fueron extraídos de la base de datos de la célula:

Tabla 5 Comportamiento del OEE en los 10 días siguientes al estudio.

Día	Piezas	OEE			
		Calidad	Disponibilidad	Productividad	OEE final
1	190	92%	100%	59%	84%
2	210	91%	100%	66%	86%
3	208	94%	100%	65%	86%
4	230	98%	100%	72%	90%
5	235	96%	100%	73%	90%
6	255	100%	100%	80%	93%
7	290	100%	100%	91%	97%
8	283	99%	100%	88%	96%
9	294	100%	100%	92%	97%
10	293	100%	100%	92%	97%

Como se puede observar se sufrió una caída de calidad y de piezas producidas los primeros 2 días, esto debido a que algunos operadores realizaron nuevas operaciones que nunca habían hecho a pesar de conocerlas, esto impacto en la calidad de las fundas, sin embargo, esta caída en el OEE está contemplada en la aplicación del nuevo balanceo y solo es preocupante si se mantiene hasta el quinto día.

Con los datos se procede a calcular la eficiencia del balanceo, según los datos del simulador, este balanceo es capaz de producir 367 unidades por día, en la situación real se produjeron 294 como máximo, hagamos el cálculo:

$$\frac{298\ piezas\ producidas\ x\ 100\%}{367\ piezas\ que\ se\ podrían\ producir} = 81\%$$

El balanceo propuesto a sus 10 días de implementarlo trabaja a su 81%, se espera que con el paso del tiempo esta eficiencia aumente y se alcance un 90%, sin

embargo, las piezas producidas y el OEE aumentó considerablemente, así que se considera exitoso el estudio.

8.10 Ajustes y optimización

En el tercer día, se realizó una pequeña junta con los operadores para preguntarles acerca del nuevo balanceo, en esta junta se explicó que los primeros días era normal la disminución del OEE y que no se les exigiría que aumentara de un día para otro, pero si se les pedía de su colaboración con entusiasmo. En la junta el operador de la maquina 3 y la maquina 11 expusieron la cuestión de la velocidad de su máquina, dijeron que gracias a su habilidad las operaciones nuevas no se les complicaban y que de ser posible aumentáramos las revoluciones de sus máquinas. Se hizo un análisis con mantenimiento y se llegó a un acuerdo de aumentar la velocidad en revoluciones de la maquina 3, 5 y 11, este aumento de velocidad se realizó en el día número 4 y el cambio fue notorio ya que los operadores hacían sus operaciones más rápido permitiendo un flujo mayor de la pieza.

8.11 Entrega de resultados

Al final del día 10, se realizó una junta con todos los involucrados (operadores, supervisor, mantenimiento, técnico de costura, ingeniero de mejora y responsable del estudio), donde se mostró las gráficas y el aumento notorio del OEE, se agradeció la participación de todos y cada uno y finalizo con un apretón de manos entre todos nosotros.

9 Resultados

9.1 Aumento de la productividad

El principal problema que presentaba la célula en cuestión era una productividad baja, una cantidad de piezas que ni siquiera alcanzaban la meta, este problema se vio resuelto luego de aplicar el balanceo de líneas de producción, y es el mayor indicador que muestra que la herramienta aplicada da resultados.

En la tabla 6 se muestra el comportamiento del OEE de la célula, 10 días antes de aplicar el balanceo de líneas de producción y la tabla 7 muestra el comportamiento del OEE en los diez días posteriores a la aplicación de la herramienta (recordar que la productividad es uno de los KPi´s que componen al OEE):

Tabla 6 OEE 10 días antes de la aplicación del balanceo propuesto

Día	Piezas	OEE			
		Calidad	Disponibilidad	Productividad	OEE final
1	186	100%	100%	58%	86%
2	195	100%	100%	61%	87%
3	180	100%	100%	56%	85%
4	187	100%	100%	58%	86%
5	192	99%	100%	60%	86%
6	191	100%	100%	60%	87%
7	193	100%	100%	60%	87%
8	197	100%	100%	62%	87%
9	194	98%	100%	61%	86%
10	182	100%	100%	57%	86%

Antes de aplicar el balanceo de líneas de producción el equipo de la célula ni siquiera alcanzaba las 200 piezas y su productividad llegaba al 62% como máximo.

Tabla 7 Comportamiento del OEE 10 días después de la aplicación del balanceo propuesto

Día	Piezas	OEE			
		Calidad	Disponibilidad	Productividad	OEE final
1	190	92%	100%	59%	84%
2	210	91%	100%	66%	86%
3	208	94%	100%	65%	86%
4	230	98%	100%	72%	90%
5	235	96%	100%	73%	90%
6	255	100%	100%	80%	93%
7	290	100%	100%	91%	97%
8	283	99%	100%	88%	96%
9	294	100%	100%	92%	97%
10	293	100%	100%	92%	97%

Después del balanceo de líneas de producción las piezas alcanzadas por el equipo ascienden hasta las 294 piezas por turno, casi 100 piezas más turno y la productividad alcanzo un pico de 92% mostrando un aumento de hasta 30% en un turno laboral.

Para hacer una comparación más asertiva, veamos un promedio de todos los indicadores del OEE, promedio obtenido en los 10 días antes y después de aplicar el balanceo de líneas de producción:

Tabla 8 Promedio de indicadores OEE

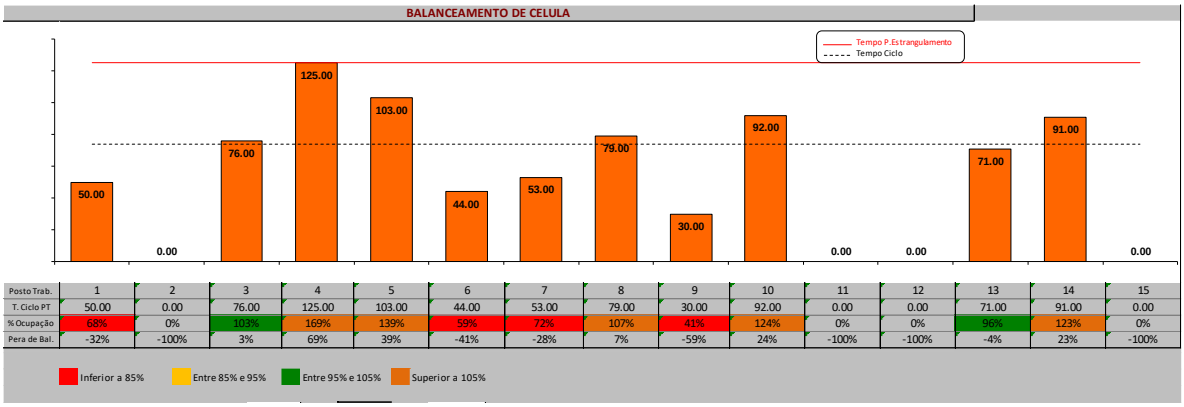
	Piezas promedio	OEE promedio			
		Calidad Promedio	Disponibilidad promedio	Productividad promedio	OEE final promedio
Antes de aplicar balanceo propuesto	189.7	100%	100%	59%	86%
Después de aplicar balanceo propuesto	248.8	97%	100%	78%	92%

Como se puede observar en la tabla 8, las piezas aumentaron un promedio de 49 piezas respecto a los diez días anteriores, la productividad aumento un 19% después de aplicar el balanceo propuesto y el OEE final aumento un 8%. Esto demuestra la efectividad del balanceo propuesto.

9.2 Cargas de trabajo equilibradas

Antes de aplicar el balanceo de líneas de producción, las cargas de trabajo estaban desniveladas problema que se vio resuelto al aplicar el balanceo de líneas de producción. En la ilustración 26 se observa que el operador numero 4 estaba

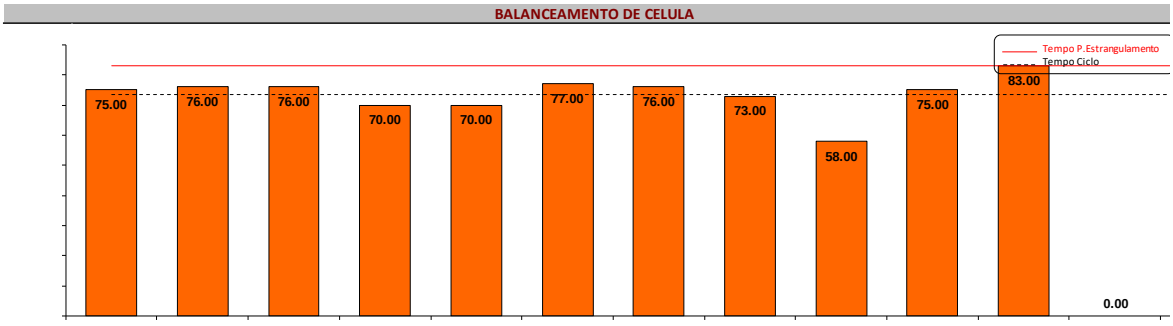
trabajando 125 segundos por ciclo, 48 segundos por encima del tiempo tacto, y el operador 9 se encontraba trabajando 30 segundos, 45 segundos por debajo del tiempo tacto. Esto muestra que las cargas de trabajo se encontraban muy desniveladas, esto generaba que algunos operadores estuvieran ociosos la mayor parte del día mientras que otros trabajaban arduamente tan solo para no generar cuellos de botella.



Posto Trab.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
T. Ciclo PT	50.00	0.00	76.00	125.00	103.00	44.00	53.00	79.00	30.00	92.00	0.00	0.00	71.00	91.00	0.00
% Ocupação	68%	0%	103%	169%	139%	59%	72%	107%	41%	124%	0%	0%	96%	123%	0%
Pera de Bal.	-32%	-100%	3%	69%	39%	-41%	-28%	7%	-59%	24%	-100%	-100%	-4%	23%	-100%

Ilustración 27 Cargas de trabajo antes de aplicar el balanceo propuesto

Después de aplicar el balanceo de líneas de producción, las cargas de trabajo se nivelaron y la mayoría de los operadores trabaja el mismo tiempo durante el turno, ahora, todos operadores están cerca del tiempo tacto, trabajando alrededor de 75 segundos:



Posto Trab.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T. Ciclo PT	75.00	76.00	76.00	70.00	70.00	77.00	76.00	73.00	58.00	75.00	83.00	0.00
% Ocupação	102%	103%	103%	95%	95%	105%	103%	99%	79%	102%	113%	0%
Pera de Bal.	2%	3%	3%	-5%	-5%	5%	3%	-1%	-21%	2%	13%	-100%

Ilustración 28 Cargas de trabajo después de aplicar el balanceo de líneas de producción

Como se puede observar en la ilustración 27, los 11 operadores trabajan el mismo tiempo durante el turno, el operador 9 y el operador 4 que eran los dos más desfazados ahora se encuentran trabajando alrededor de 75 segundos que es el tiempo tacto. Ahora que las cargas de trabajo se encuentran niveladas la pieza puede fluir en la célula sin generar los temidos cuellos de botella. Al principio la pieza no fluía correctamente debido a que los trabajadores no estaban acostumbrados a trabajar algunas operaciones, pero en cuanto la habilidad se

obtuvo con el paso de los días la pieza fluye sin problema y sin generar cuellos de botella, evidenciando la eficacia de la herramienta balanceo de líneas de producción.

9.3 Mejora en la secuencia de las piezas

Antes de aplicar el balanceo de líneas de producción, la secuencia de piezas era errónea, la pieza presentaba saltos dentro de la célula, esto debido a que no existía una secuencia de operaciones definida, es decir, la pieza saltaba de la maquina 3 a la maquina 2, después a la 7 y a la 4, esto generaba que hubiera un desorden dentro de la célula, los operadores tenían que caminar dentro de la célula para ir por sus piezas, a continuación en la ilustración 28 se muestra la secuencia de operaciones anterior al balanceo de líneas, en ella se puede apreciar que las piezas a ensamblar viajan entre maquinas:

BALANCEAMENTO OPERAÇÕES

N.º	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO:	OPER.	TEMPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	TOTAL	SIM	NÃO
1	Unir Pieça 4/4A y 5/5a con pieza 2/2A	5	31					100%											31		
2	Unir Pieza 6/6A con 8	5	16					100%											16		
3	Hacer costura decorativa en piezas 6/6A/8	3	20			100%													20		
4	Unir pieza 7/A con 9	5	17					100%											17		
5	Hacer costura decorativa en piezas 7/7A/9	3	19			100%													19		
6	Unir pieza 8 y 6/6A con 4/4A	5	19					100%											19		
7	Unir pieza 7/7A y 9 con 5/5A	5	20					100%											20		
8	Unir pieza 18 con 19	4	23				100%												23		
9	Hacer costura decorativa en piezas 18/19	3	37			100%													37		
10	Unir Pieza 20 con 19	4	38				100%												38		
11	Unir Pieza 18/19/20 con 3	4	38				100%												38		
12	Unir Pieza 6/6A/4/4A/2/2A/5/5A/7/7A con 1/1A	6	44						100%										44		
13	Fijar P01 en la pieza 6/6A/4/4A/2/2A/5/5A/7/7A	7	22							100%									22		
14	Unir Pieza 3 con Pieza 4/4A/2/2A/5/5A	7	31							100%									31		
15	Hacer costura decorativa en piezas 3/4/4A/2/2A/5/5A	9	30									100%							30		
16	Unir Pieza 12 con pieza /8/6/6A/1/1A/7/7A/9 al mismo tiempo fijamos etiqueta ET	8	29								100%								29		
17	Unir Pieza 14 con pieza 13	13	12													100%			12		
18	Unir Pieza 16 con pieza 13/14	10	15										100%						15		
19	Unir Pieza 11 con pieza 5/5A/9	8	31								100%								31		
20	Unir Pieza 13/14/16 con pieza 3/5/5A	10	16										100%						16		
21	Hacer pinza a la pieza 15	11	9												100%				9		
22	Unir pieza 15 con pieza 11/12	10	16										100%						16		
23	Fijar P05 / P02 / P04 en la pieza 17	1	40	100%															40		
24	Unir pieza 17 con pieza 3/13	11	35											100%					35		
25	Unir pieza 10 con pieza 3/4/4A/8	13	40													100%			40		
26	Fijar P06 en la pieza 10	14	30														100%		30		
27	Fijar P12 en la pieza 15	10	10										100%						10		
28	Fijar P07 en la pieza 12/15	1	26														100%		26		
29	Fijar P13 en la pieza 15	1	10	100%															10		
30	Fijar P11 / P10 en la pieza 11	8	19								100%								19		
31	Fijar P09 en la pieza 14	13	10													100%			10		
32	Fijar P08 en la pieza 16	14	8														100%		8		
33	Fijar P03 en la Pieza 13/3/17	14	27														100%		27		
34	Fijar P14 en la pieza 18/20	4	26				100%												26		

Este era uno de los grandes problemas que generaba que la pieza no fluyera correctamente.

Al aplicar el balanceo de líneas de producción la secuencia de operaciones se estableció correctamente, eliminando los saltos y permitiendo que la pieza pasara de la maquina 1 a la maquina 2 luego a la 3 y así sucesivamente, esto da como resultado que las personas puedan trabajar hombro a hombro sin necesidad de caminar dentro de la célula, a continuación, en la ilustración 29 se muestra la nueva secuencia de operaciones con la cual los saltos de la pieza fueron eliminados.

BALANCEAMENTO OPERAÇÕES

N.º	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO:	OPER.	TEMPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	TOTAL	SIM	NÃO
1	Unir Pieza 6/6A con 8	1	16	100%															16		
2	Unir pieza 7/A con 9	1	17	100%															17		
3	Unir pieza 18 con 19	1	23	100%															23		
4	Hacer pinza a la pieza 15	1	9	100%															9		
5	Fijar P09 en la pieza 14	1	10	100%															10		
6	Hacer costura decorativa en piezas 6/6A/8	2	20		100%														20		
7	Hacer costura decorativa en piezas 7/7A/9	2	19		100%														19		
8	Hacer costura decorativa en piezas 18/19	2	37		100%														37		
9	Unir Pieza 20 con 19	3	38			100%													38		
10	Unir Pieza 18/19/20 con 3	3	38			100%													38		
11	Unir Pieça 4/4A y 5/5a con pieza 2/2A	4	31				100%												31		
12	Unir pieza 8 y 6/6A con 4/4A	4	19				100%												19		
13	Unir pieza 7/7A y 9 con 5/5A	4	20				100%												20		
14	Unir Pieza 6/6A/4/4A/2/2A/5/5A/7/7A con 1/1A	5	44					100%											44		
15	Fijar P14 en la pieza 18/20	5	26					100%											26		
16	Fijar P01 en la pieza 6/6A/4/4A/2/2A/5/5A/7/7A	6	22						100%										22		
17	Unir Pieza 3 con Pieza 4/4A/2/2A/5/5A	6	30						100%										30		
18	Fijar P12 en la pieza 15	6	10						100%										10		
19	Fijar P11 / P10 en la pieza 11	6	15						100%										15		
20	Unir Pieza 12 con pieza /8/6/6A/1/1A/7/7A/9 al mismo tiempo fijamos etiqueta ET	7	29							100%									29		
21	Unir Pieza 11 con pieza 5/5A/9	7	31							100%									31		
22	Unir pieza 15 con pieza 11/12	7	16							100%									16		
23	Hacer costura decorativa en piezas 3/4/4A/2/2A/5/5A	8	30								100%								30		
24	Unir Pieza 14 con pieza 13	8	12								100%								12		
25	Unir Pieza 16 con pieza 13/14	8	15								100%								15		
26	Unir Pieza 13/14/16 con pieza 3/5/5A	8	16								100%								16		
27	Fijar P05 / P02 / P04 en la pieza 17	9	40									100%							40		
28	Fijar P13 en la pieza 15	9	10									100%							10		
29	Fijar P08 en la pieza 16	9	8									100%							8		
30	Unir pieza 17 con pieza 3/13	10	35										100%						35		
31	Unir pieza 10 con pieza 3/4/4A/8	10	40										100%						40		
32	Fijar P06 en la pieza 10	11	30											100%					30		
33	Fijar P07 en la pieza 12/15	11	26											100%					26		
34	Fijar P03 en la Pieza 13/3/17	11	27											100%					27		

Como se puede observar, la secuencia ahora se encuentra ordenada y permite un mejor flujo de la pieza, evitando saltos de esta y eliminando tiempos muertos al hacer innecesario que los operadores se muevan de sus estaciones de trabajo.

9.4 Sobre inventario en proceso eliminado

Otro problema que presentaba esta célula era que existía mucho inventario en proceso, debido a los cuellos de botella, como algunos operadores trabajan muy poco tiempo, se dedicaban a hacer muchas veces sus operaciones, con la intención de “avanzar” en el trabajo esto generaba que la maquina siguiente se le acumularan una cantidad de piezas enorme.

Con la aplicación del balanceo de líneas, las cargas de trabajo se nivelaron y los trabajadores que antes eran ociosos ahora no tiene tiempo para sobre producir lo que beneficia en que ya no se genere sobre inventario en proceso, ahora las piezas fluyen una a una y las maquinas se ven limpias y con la pieza fluyendo libremente a través de ellas.

10 Conclusiones

En conclusión, el balanceo de líneas de producción es una herramienta poderosa, que apoyada con el estudio de tiempos, nos permite no solo encontrar el tiempo que tarda en fabricarse una pieza y calcular cada cuanto una pieza sale de la célula de producción, sino que también nos permite calcular el tiempo idóneo de trabajo por cada estación para después poder igualar las cargas de trabajo entre las estaciones, esto permite que el tiempo para fabricar una pieza junto con sus operaciones puedan ser distribuidos uniformemente en las estaciones de trabajo, haciendo que todos los operadores de la célula trabajen la misma cantidad de tiempo eliminando así los cuellos de botella y permitiendo un flujo continuo de la pieza a través de la célula de producción.

Asimismo, al poder identificar los tiempos desperdiciados en ocio por los operadores, el balanceo de líneas de producción nos permite eliminarlos aumentando así la productividad, incrementando la cantidad de piezas producidas en una jornada laborar además de que nos permite utilizar al máximo la capacidad de la maquinaria y mano de obra.

De igual manera el balanceo de líneas de producción permite que los operadores entiendan que su trabajo forma parte de una producción en serie, y que si uno se atrasa o se adelanta afecta al rendimiento de toda la célula lo que incentiva al trabajo en equipo.

El balanceo de líneas de producción es una herramienta capaz no solo de igualar las cargas de trabajo en una célula de producción sino de aumentar la productividad, mejorar la secuencia de la pieza y generar un flujo continuo en la célula.

11 Competencias desarrolladas

Liderazgo: durante la implementación del balanceo propuesto se desarrolló la habilidad de liderazgo al trabajar con 11 personas, al inicio no fue fácil, pero con el tiempo se desarrolló la habilidad de despertar en ellos el deseo de trabajar con entusiasmo, además de desarrollar la comunicación asertiva con los operadores, supervisor, técnicos de mantenimiento y los ingenieros de mejora.

Análisis de datos: debido a la mayor parte de recabar los datos se realizo por medio de la observación directa se desarrollo la habilidad de analizar grandes cantidades de datos y discernir entre los importantes y los no importantes.

Resolución de problemas: en el transcurso de implementar el balanceo de líneas surgieron imprevistos, imprevistos que ayudaron a desarrollar la competencia de resolver problema en el menor tiempo posible, no siempre se podía contar con el apoyo de los demás departamentos y esto generaba problemas los cuales tenían que ser contenidos y resueltos lo más pronto posible.

Creatividad e innovación: Durante la implementación fue necesario salir un poco del pensamiento común y pensar fuera de la caja, esto ayudo a desarrollar la competencia de la innovación y la creatividad, pensamiento al cual mucho se reúsan, cuando se decidió sacar 3 máquinas de la célula hubo mucha resistencia por parte del supervisor y los operadores, pero con trabajo duro y esfuerzo se logró que los demás aceptaran que siempre hay nuevas ideas y proyectos por realizar.

Orientación al trabo en equipo: esta fue una de las competencias más importantes desarrolladas, ya que lograr que los demás quieran o tengan el deseo de trabajar es muy difícil, con el paso de los días se desarrolló la habilidad de fomentar el trabajo en equipo y así poder llegar a la meta.

12 Bibliografía

Cano, M. (12 de febrero de 2024). *Cronometraje industrial* . Obtenido de https://cronometras.com/balanceo-de-lineas-optimizando-la-eficiencia-en-procesos-de-manufactura/

Catrecasas, L. (2017). *Ingenieria de procesos y de planta.* Barcelona: PROFIT editorial .

Diego León Peña Orozco, Á. M. (Septiembre de 2016). Aplicación de técnicas de balanceo de líneas para equilibrar las cargas de trabajo en el área de almacenaje en una bodega de almacenamiento. *Scientia Et Technica, 21*(3), 239-247. Obtenido de file:///C:/Users/practicanteci/Documents/Sala%20roja/84950585006.pdf

Jácome, J. C. (2015). *Introducción al estudio del trabajo .* Ecuador : Comisión editorial de la universidad de las fuerzas armadas ESPE.

Lopéz, B. S. (24 de Marzo de 2024). *Ingenieria Industrial Online*. Obtenido de https://ingenieriaindustrialonline.com/ingenieria-de-metodos/que-es-la-ingenieria-de-metodos/

López, B. S. (24 de Marzo de 2024). *Ingenieria Industrial Online* . Obtenido de https://www.ingenieriaindustrialonline.com/produccion/balanceo-de-linea/

M.C.Lázaro Rico, M. A. (11 de DICIEMBRE de 2005). Técnicas Utilizadas para el Estudio de Tiempos: un Análisis Comparativo. *CULCyT*, págs. 9, 10.

13 Glosario

C

costura decorativa
: se refiere a una costura que además de unir una pieza con otra sirve de decoración ya que es visible en la vestidura. · 26

D

despunteras
: es la máquina que hace las costuras decorativas, debido a las tensiones y el tipo de aguja las costuras decorativas solo se realizan en las maquinas despunteras. · 34

P

perfilera
: es la maquina que realiza las uniones de los perfiles a la vestidura, por cuestiones de tensión y de aguja las uniones de perfiles solo se realizan en las maquinas perfileras. · 37

perfiles
: Se refriere a piezas plásticas que van unidas a la vestidura y son útiles para ensamblar el asiento del auto, sirven como ganchos y soportes para dar firmeza a la vestidura una vez unida al asiento. · 20

S

salta
: Se refiere a que alguna pieza de la vestidura no va directamente a la maquina siguiente, sino que se dirige hacia 2 o 3 maquinas ya sea adelante o atrás de la actual. · 17