



UNIVERSIDAD POPULAR AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE PUEBLA

Memoria de experiencia profesional para obtener Título
de “Ingeniero en Diseño Automotriz”

Título:

Reducción de scrap en el área de espumado, propuesta
de mejora en el proceso de producción para el
Instrumental Panel

Presenta:

Gerardo Salgado Román
Carlos Josué Alvarado Pérez

Puebla, Pue. México

Junio 2022



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

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

Biblioteca Central - **Karol Wojtyła**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

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

Índice General

1. Resumen.....	5
2. Introducción	5
CAPITULO 1 Objetivos y alcances.....	6
1.1. Objetivo	6
1.2. Alcances.....	6
CAPITULO 2 Antecedentes de la empresa & uso de las herramientas	7
2.1. Toma de tiempos.....	8
2.2. Diagrama de flujo	8
2.3. Balanceo	8
2.4. Diagrama antes y después	9
2.5. Software simio.....	9
2.6. Software Blippar.....	10
CAPITULO 3 Explicación del proyecto	11
3.1.1. Proceso de construcción del tablero.....	11
3.1.2. Inyección de pieles.....	11
3.1.3. Control final.....	12
3.1.4. Cold Knife	12
3.1.5. Horneado.....	12
3.1.6. Gluing	13
3.1.7. Flamming.....	13
3.1.8. Espumado.....	14
3.1.9. Milling.....	16
3.2.0. Troquel	16
3.2.1. Limpieza	17
3.2.2. Vibración	17
3.2.3. Ensamble de componentes	18
3.2.4. Estación 1	18
3.2.5. Estación 2	19
3.2.6. Estación 3	19
3.2.7. Poka-Yoke.....	19
3.2.8. Empaquetado	20

3.2.9. Scrap antes	20
3.3.0. Lista estructurada de materiales.....	21
CAPITULO 4 Desarrollo del proyecto.....	21
4.1.1. Inyección de pieles	21
4.1.2. Control final.....	22
4.1.3. Cold Knife	22
4.1.4. Horneado.....	22
4.1.5. Gluing	22
4.1.6. Flamming.....	22
4.1.7. Espumado.....	22
4.1.8. Milling.....	23
4.1.9. Troquel	23
4.2.0. Limpieza	23
4.2.1. Vibración	24
4.2.2. Ensamble de componentes.....	24
4.2.3. Estación 1	24
4.2.4. Estación 2	24
4.2.5. Estación 3	25
4.2.6. Poka-Yoke.....	25
4.2.7. Empaquetado	25
4.2.8. Diagrama de flujo.....	26
4.2.9. Diagrama de operación.....	28
4.3.0. Diagrama actual	32
4.3.1. VSM actual	34
4.3.2. Simulación antes	34
4.3.3. Entrada Piel Upper:	42
4.3.4. Entrada Piel Lower:	42
4.3.5. Función Nakata Upper:	43
4.3.6. Función Nakata Lower:	43
4.3.7. Función mesa de inspección (control final) y Cold knife:	43
4.3.8. Función horno 1:	44
4.3.9. Entrada Airbag y tableros:	44
4.4.0. Función Gluing y flamming:	45

4.4.1. Función Espumado:	46
4.4.2. Entrada Tableros adicionales para milling:	46
4.4.3. Función Milling y troquel:	46
4.4.4. Función Limpieza:	47
4.4.5. Entrada Tablero aire acondicionado:	47
4.4.6. Función vibración:	48
4.4.7. Función componentes 1, 2 y 3 / Poka-yoke / Rack de producto terminado:	48
4.4.8. Diagrama células de trabajo.....	51
4.4.9. Balanceo de línea	53
4.5.0. Balanceo de línea (componentes).....	66
4.5.1. Balanceo de espumado	67
4.5.2. Balanceo de espumado y línea de componentes.....	71
4.5.3. Ayudas visuales	72
4.5.4. Propuesta realidad mixta	74
4.5.5. Diagrama después.....	78
4.5.6. Scrap después.....	79
4.5.7. Simulación método propuesto.....	79
4.5.8. Componentes	83
4.5.9. Espumado	85
4.6.0. Hornos	87
4.6.1. Resultado de los ahorros.....	94
4.6.2. Conclusiones	99
Bibliografía	105
Anexos.....	105

1. Resumen

La presente Memoria profesional presenta las evidencias del trabajo realizado en la empresa enfocado principalmente en la reducción de scrap en el área de espumado, que es el área con mayores pérdidas debido a la cantidad de desperdicio que genera diariamente, mostrando paso a paso el proceso que se llevó a cabo para obtener los resultados de la mejora en el balanceo, así como mostrar el desarrollo de nuevas tecnologías (realidad virtual) para mantener un nivel de entrenamiento en los operadores óptimo y generar un ahorro para la empresa.

2. Introducción

Actualmente las empresas pasan por procesos de cambio constantes y la adquisición de nuevos negocios, para el caso concreto de la empresa se trasladó un proyecto de una nave a otra con fecha de inicio de operaciones en el segundo semestre del 2021, fecha que fue adelantada por el cliente al primer semestre del mismo año; por lo que la curva de aprendizaje que se tenía prevista de la construcción del tablero del vehículo fue nula, no teniendo oportunidad de desarrollar correctamente ayudas visuales, siendo seguro tener niveles de scrap que llegan a un 13% en las estaciones de espumado y lo más peligroso, tener personal poco capacitado en la utilización de maquinaria especializada y sumado al tema de la pandemia, una rotación de personal que provocaba un aumento en el desperdicio de material.

Utilizando diferentes herramientas y formatos enfocados a la mejora de los procesos se busca hacer un impacto en la reducción del scrap de la planta del 13% actual además de mantener un personal capacitado para evitar incluso accidentes, a su vez que presentando propuestas y evidencias de la mejora que se puede realizar en las estaciones para tener un impacto positivo para la empresa en cuestiones de costos y ahorros.

CAPITULO 1 Objetivos y alcances

1.1. Objetivo

La presente memoria tiene como objetivo la de presentar el trabajo realizado en una empresa del sector automotriz para la reducción del 13% de scrap en una de las principales áreas con el mayor desperdicio mediante la generación de ayudas visuales y capacitaciones del personal debido al temprano arranque del proyecto, concepto en realidad virtual para introducir a la empresa en la industria 4.0, realizando a su vez una propuesta de mejora para los tiempos mediante la metodología Lean y contribuir a la eliminación de un 3er turno.

1.2. Alcances

Para respaldar los puntos vistos en los objetivos se presentará una serie de evidencias los cuales representan los alcances que se obtuvieron para la recolección de los datos y su interpretación para desarrollar la documentación que se muestra en la presente memoria.

Para el ahorro en la empresa, se atacará la principal área con el mayor top de scrap el cual es el área de espumado con 13%, para ello se tomará los datos obtenidos de SAP^[1] (software alemán para uso interno de la empresa) del antes y el después para que de la mano con el costo del tablero se pueda conocer el monto total final de ese ahorro.

La generación de ayudas visuales pretende mantener actualizado el nivel de entrenamiento de los operadores en cada una de las estaciones, para ello se analizará las actividades de los operadores y se plasmarán en un documento que sirva como estándar y referencia en las estaciones como soporte en caso de alguna rotación de personal.

El uso de nuevas tecnologías enfocadas en la industria 4.0 que se utilizó en el proyecto es del software Blippar (Software gratuito externo a la empresa) y será un complemento paralelo a las ayudas visuales tradicionales para que sea más visual (ya que contiene fotos, videos, documentos de la estación, etc.), más detallado (Contiene visualizaciones de los componentes a colocar o PDF especializados de la estación para su consulta) y dinámico (visualización en 3D de la estación de componentes, controles finales, etc.).

El software de simulación permite realizar una representación del proceso anterior y una nueva propuesta para la empresa para contribuir en el ahorro de costos operativos simulando la nueva propuesta de los horarios y el comportamiento que se tendría con el uso de los tiempos muertos de los operadores en espumado.

[1] – SAP (Systemanalyse und Programmentwicklung) traducido del alemán que significa “Análisis de Sistemas y Desarrollo de Programas”, es un software que permite la gestión de la información de una empresa, de este programa el dato que nos va a buscar es el Scrap antes y después del proyecto.

CAPITULO 2 Antecedentes de la empresa & uso de las herramientas

La empresa donde se desarrolló el proyecto es una empresa líder en la fabricación de soluciones y tecnologías para la industria automotriz siendo esta la novena distribuidora automotriz más grande del mundo. La empresa inició operaciones en el país en 1997, en Parque Industrial FINSA Puebla para la fabricación de Interiores. El crecimiento de la empresa fue tal que se extendió a diferentes zonas de la República tales como Puebla (Planta Techno & Corte y costura), Querétaro, Guanajuato, San Luis Potosí, Coahuila y Sonora, enfocando el negocio en cuatro principales áreas que son Interiores, Asientos, Clean Mobility y Clarion Electronic (área especializada en electrónica, software e inteligencia artificial para una experiencia personalizada a los usuarios).

El proyecto se realiza actualmente en la ciudad de Puebla capital, en la Planta Techno Nave 2, donde se exporta a California, E.U.A. En esta planta se fabrica el Instrumental Panel (IP) del Model Y (Ilustración 2 Tablero), que tiene una demanda semanal de 3,900 tableros.

El Model Y es un crossover compacto eléctrico CUV (Ilustración 1 Carro azul). Por cambios internos transfieren el proyecto de nave 4 (Premium) a nave 2 (Techno). La fecha contemplada para comenzar a producir fue para el segundo semestre del 2021 pero esta fue adelantada al primer semestre del 2021 por solicitud del cliente.



Ilustración 1 Auto eléctrico Crossover1



Ilustración 2 Tablero

2.1. Toma de tiempos

El proceso para crear el tablero del vehículo está dividido en 15 actividades para transformar la materia prima en producto terminado, esta toma de tiempos es importante ya que nos permitirá posteriormente realizar el balanceo de las líneas en busca de la mejora, por lo que se tomaron 16 mediciones de cada estación. Para ello es de suma importancia contemplar dentro del mismo proceso de fabricación el tiempo de cada una de las máquinas (tiempos que son constantes y son marcados en color gris en cada una de las tablas como referencia), el tiempo que le lleva al operador de la estación hacer el montaje y desmontaje del tablero y los componentes propios de cada estación; de no considerarse todos estos tiempos el balanceo no podrá llevarse a cabo de manera correcta y a su vez, todos estos datos son los que nos ayudaran para realizar las simulaciones en el software..

2.2. Diagrama de flujo

El diagrama de flujo es una herramienta que se utiliza en la industria para representar la secuencia de las actividades que lleva un proceso, desde el comienzo hasta que finaliza, muestra todos los puntos en los que el proceso cambia de maquinaria, dirección, derivación del proceso, número de pasos y en los que se debe tomar una decisión. Esto nos permite tener una visualización del funcionamiento del proceso, volviendo la descripción más intuitiva.

Los componentes de este diagrama son; Posición, Actividad, Descripción, Operarios, Operación, Transporte, Inspección, Retraso, Almacenaje, Distancia, Tiempo, y responde a las preguntas; ¿Qué?, ¿Dónde?, ¿Cuándo?, ¿Quién?, ¿Cómo? Por último, notas y comentarios generales, la simbología estandarizada que se utilizo es la representada en la siguiente ilustración 3.



Ilustración 3 Simbología

2.3. Balanceo

El balanceo es una herramienta de la mejora continua que busca realizar un análisis de la situación actual de la empresa y sus estaciones para un producto en específico. Este análisis sirve para identificar los tiempos muertos que tienen los operadores, cales estaciones están realizando una sobreproducción, cuales requieren de una nueva estación o soporte para sacar la demanda, así como también sirve para realizar un balanceo entre las estaciones el cual busca que todo lo que se produzca en una estación se consuma completamente para evitar inventarios en almacén o entre estaciones.

2.4. Diagrama antes y después

A finalidad de comparar los diagramas antes y después de la mejora ayuda a representar la cantidad de personal con el que se cuenta en el proceso de producción y el tiempo para cada una de las actividades, ya que las imágenes de las estaciones y sus tiempos fueron descritos en el punto 2.1.

2.5. Software simio

Una parte importante del proyecto es entender a profundidad cómo funciona el proceso, esto será posible mediante el uso del software simio. Simio es un software con el cual mediante el ingreso de los parámetros de las estaciones tales como tiempos, cantidad de piezas a producir, scrap y otros valores propios del proceso nos permite hacer la representación y posteriormente una simulación como propuesta de mejora. El software permite representar incluso mediante animaciones 3D el proceso actual y a su vez correr experimentos para comprobar que haciendo múltiples iteraciones el proceso es una copia exacta de lo que se ve en la realidad, es una manera económica y rápida para demostrar sin hacer uso de recursos físicos la demostración de una propuesta.

Ver si es posible replicar el proceso actual en la planta, es un paso muy crítico, ya que si no es posible recrear la situación actual de la planta al momento de realizar una propuesta de mejora no vamos a tener la certeza de que sea correcta; en el software las funciones que más se utilizaron para realizar esta recreación fueron las descritas a continuación y que están recreadas en la ilustración 4:

- **Source** – Es en donde se define la cantidad de piezas con las que inicia el proceso, cada cuanto entran esas piezas en el proceso y genera la animación del componente que va a entrar
- **Sink** – Es a donde van a terminar todas las piezas tanto scrap como piezas buenas en la simulación y no se queden acumuladas en el proceso, también nos sirve para ver el total de piezas que salieron en el proceso.
- **Server** – Es uno de las funciones más importantes dentro de la simulación, aquí se ingresa el tiempo que dura la operación y se le asigna el nombre de la misma para que en el reporte sea correctamente identificado, a su vez se le ingresa la cantidad de piezas que se pueden procesar en la estación, lo que al final va a representar a lo que está en la vida real.
- **Combiner & Separator** – Contrario a lo que se puede creer, estas funciones no toman una pieza y la parten en 2, sino que tal cual va dirigiendo cada una de las piezas a diferentes procesos o hace que converjan, particularmente se van a usar para representar el ensamble de por ejemplo el tablero con las pieles, el tablero con la placa de aire, etc. Pero estas separaciones las va a hacer de manera aleatoria, por lo que es necesario otra función que defina las cantidades que va a tomar cada camino cada pieza.
- **TransferNode** – Es el complemento del combiner y del separator, este nodo permite definirles a cada una de las piezas por donde irse y cuantas piezas se van a ir.
- **Path** – Es la conexión entre todas las funciones y a la cual se le puede asignar el porcentaje de piezas que van a pasar por un determinado camino.

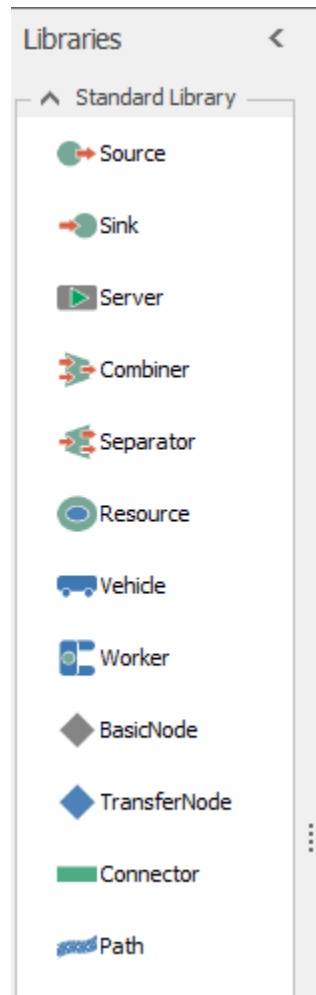


Ilustración 4 Librerías del software simio

2.6. Software Blippar

Existen diferentes softwares y dispositivos con lo que la realidad aumentada se puede implementar en las líneas o estaciones de una fábrica, sin embargo, muchos de esos dispositivos tienen un costo muy elevado ya que hace uso de softwares muy especializados que, además de requerir cursos y capacitaciones, también requieren de cámaras, sensores y controles para poder ubicar al operador en ese ambiente digital.

El software Blippar es de uso gratuito, libre y el cual no se requiere uso de alguna licencia para usarlo, salvo que se quieran desbloquear parámetros específicos, este software nos permitirá, como se podrá ver más adelante, digitalizar las estaciones y proponer mejoras para que sea más fácil para el operador familiarizarse con la actividad en su estación y mantenerlo con la información lo más actualizado posible; para ello no va a hacer falta más que el código generado para la propuesta y el dispositivo con el que se va a visualizar la simulación, el cual puede ser tableta o el mismo celular.

CAPITULO 3 Explicación del proyecto

3.1.1. Proceso de construcción del tablero

3.1.2. Inyección de pieles

Este proceso consiste en la inyección de las pieles en el área de Nakatas^[1], cada una de estas máquinas constan de 3 moldes (2 Upper y 1 Lower) los cuales están dispuestos a manera de carrusel para ir sacando las pieles tanto para la parte superior del tablero (Upper) como la parte inferior (Lower), es importante recalcar que la cantidad de piezas que salen de este proceso es distinto entre cada molde como se puede ver en la tabla 1 y en las ilustraciones 5 y 6; una vez que salen las pieles, cada una de ellas pasa a dos locaciones diferentes, todas las pieles de upper serán dirigidas a su respectiva estación de control final para validaciones, mientras que las Lower pasarán directamente a un rack donde esperarán a que las pieles de upper terminen sus procesos adicionales para ingresar juntas al horneado.

Tabla 1 Producción de piezas

Tipo de molde	Tiempo (segundos)	Piezas (Pieles)
Upper (Molde 1)	210	2
Upper (Molde 2)	210	2
Lower	164	4



Ilustración 5 Molde de Pieles Lower



Ilustración 6 Molde de Pieles Upper

[1] – Nakata: es el nombre de la máquina y al área donde se realiza la actividad de inyección se le conoce como “Nakatas” ya que son 2 las que se usan para este proyecto.

3.1.3. Control final

Después de la inyección de las piezas únicamente las pieles de upper pasan por una estación donde se realiza la medición de diferentes parámetros tales como los gramajes de la pieza (Min 616 gr, Max 924 gr), espesor en la zona de bolsa de aire (Min 0.8 mm, Max 1.3 mm).

3.1.4. Cold Knife

La máquina de Cold knife se encarga de realizar un corte en la cara interna de la piel de upper en donde va ir localizada la carcasa para la bolsa de aire como se puede ver en la ilustración 7, este corte le permitirá salir del tablero más fácilmente la bolsa de aire en caso de un siniestro.

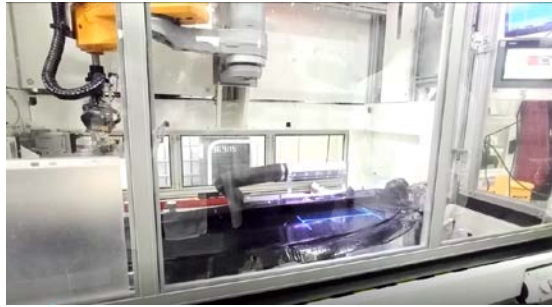


Ilustración 7 Máquina de Cold Knife

3.1.5. Horneado

Una vez que la pieza de upper paso por las dos estaciones previas, cada operador del área de espumado está encargado de tomar una piel de upper y una de Lower de los racks (ilustración 8) las cuales ingresará en la máquina de horneado para sustituir las 2 que va a tomar de esta misma estación, el proceso por parte del operador es muy rápido para este intercambio de piezas, sin embargo para el proceso de horneado este debe estar como mínimo 50 segundos en la estación para que pueda abrirse lo suficiente los poros de las piezas y tener un correcto ensamble en el tablero. Tal y como en el caso de las Nakatas, el horno cuenta con un carrusel (ilustración 9) que le permite al operador realizar el intercambio de 2 pieles horneadas por 2 que no lo están y asegurar que la siguiente persona que llegue a la estación tenga piezas que ya fueron previamente horneadas.



Ilustración 8 Rack de pieles

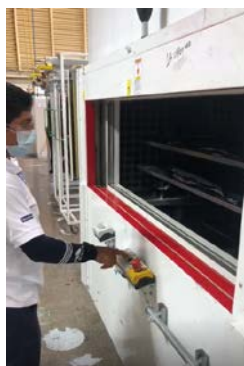


Ilustración 9 Carrusel del Horno

3.1.6. Gluing

En esta estación se realiza la unión del tablero de plástico junto con la carcasa amarilla del airbag, la máquina tiene la capacidad de realizar la unión de estos dos componentes mientras el operador realiza la instalación de otros 2 componentes para que al momento de dar vuelta la maquina se pueda realizar una segunda instalación de componentes y el pegado de los anteriores como se ve en las ilustraciones 10 y 11.



Ilustración 10 Instalación de tablero y carcasa



Ilustración 11 Tablero terminado

3.1.7. Flaming

Gluing and flaming share the same mode of work which is the installation of the board (Illustrations 12 and 13) while the other end performs the flaming (Illustration 14) for

abrir los poros de toda la parte superior y frontal del tablero, esto para que cuando pase posteriormente al área de espumado la unión con la piel sea de mejor calidad.



Ilustración 12 Instalación de tablero



Ilustración 13 Tablero flameado



Ilustración 14 Flameado de tablero

3.1.8. Espumado

Este proceso se encarga finalmente de realizar la unión del tablero que sale del proceso de flameado con las pieles del área de horneado, en total se cuenta con 6 máquinas de espumado. Las actividades constan en el montaje del panel y asegurarlo en la máquina en la parte superior (ilustración 15), la instalación de las pieles (ilustración 16), consiguientemente se realiza la operación de espumado (ilustración 17) el cual es constante porque es realizado por la máquina, finalmente el operador lleva a cabo la desinstalación del tablero terminado (ilustración 18) así como al mismo tiempo una inspección rápida del tablero espumado.



Ilustración 15 Montaje de tablero



Ilustración 16 Instalación de pieles



Ilustración 17 Espumado



Ilustración 18 Extracción de tablero

3.1.9. Milling

El área de milling se encarga de realizar diferentes perforaciones en partes específicas del tablero tanto para la instalación de ciertos componentes en estaciones posteriores, así como para la instalación final en el vehículo. Esta es la última máquina en el proceso que tiene la misma manera de trabajo tipo carrusel (ilustración 19 e ilustración 20) como lo fue gluing y flaming.



Ilustración 19 Instalación de tablero en milling



Ilustración 20 Ingreso del tablero insertado

3.2.0. Troquel

La importancia de esta área radica en la eliminación de los residuos y excedentes en los procesos anteriores, en esta estación únicamente entra un tablero el cual después de su instalación en la base de la máquina (ilustración 21) esta sube con la cara frontal del tablero mirando hacia arriba (ilustración 22) y realizar los cortes de los excedentes, para que al final cuando regresa la maquina a su posición original, el operador solo se encarge de quitar los remanentes de material y la desinstalación del tablero (ilustración 23).



Ilustración 21 Instalación de tablero



Ilustración 22 Troquelado



Ilustración 23 Extracción del tablero troquelado

3.2.1. Limpieza

El proceso es algo muy sencillo, el cual se encarga de limpiar el tablero que sale del área de troquel antes de pasar a la siguiente estación el cual es una actividad completamente manual.

3.2.2. Vibración

Una vez recibido el tablero limpio, el operador de la estación de vibración se encarga de introducir en la maquina (Ilustraciones 24 y 25) tanto el tablero como una placa de plástico que sirve como ductos para el aire acondicionado del vehículo, la máquina al terminar saca al final el tablero unido con la placa (ilustración 26).



Ilustración 24 Ingreso del tablero



Ilustración 25 Ingreso de placa de plástico



Ilustración 26 Tablero terminado

3.2.3. Ensamble de componentes

El proceso actual cuenta con tres estaciones las cuales en cada una se coloca un determinado número de componentes (Tabla 2) para mantener un mismo tiempo en promedio por parte del operador y no retrasar a las estaciones siguientes.











DISTRIBUCIÓN ORIGINAL		
Estación 1	Estación 2	Estación 3
 (2 c/u) Foam Side Demister	 (11) Clip U Standard	 (9) Clip U Standard
 (2) Clips Special	 (2) Speacker A Defroster	 (11) Clip Grommet
 (8) Retaining en Lower	 (11) Clip Grommet	 (2) Speacker Defroster
	 (1) Windscreen En Defroster	

Tabla 2 Distribución de componentes Original

3.2.4. Estación 1

En la esta primera estación el operador (ilustración 27) realiza el ensamble de los componentes listados en la tabla 2.



Ilustración 27 Instalación de componentes 1

3.2.5. Estación 2

En la esta segunda estación el operador (ilustración 28) realiza el ensamble de los componentes listados en la tabla 2.



Ilustración 28 Instalación de componentes 2

3.2.6. Estación 3

En la esta tercera estación el operador (ilustración 29) realiza el ensamble de los componentes listados en la tabla 2.



Ilustración 29 Instalación de componentes 3

3.2.7. Poka-Yoke

En la esta última estación (ilustración 30) se realiza las ultimas validaciones y se le pega la etiqueta de trazabilidad final todo de manera manual.



Ilustración 30 Estación de Poka-Yoke

3.2.8. Empaquetado

Los racks utilizados por la empresa tienen una capacidad para 16 tableros montados en bases de espuma para evitar el daño entre las piezas (Ilustración 31).



Ilustración 31 Rack de producto terminado

3.2.9. Scrap antes

La empresa maneja un software el cual diario es alimentado con la información de producción (scrap, piezas ok, entrada de componentes, logística). Este programa nos permite averiguar sobre una fecha, componente en específico y proceso deseado. El software es propiedad de la compañía y por ende se tuvo que exportar a un Excel la información específica recabada para evitar comprometer el proyecto. Analizamos los datos del proceso de espumado del antes de nuestra propuesta y del después, con la finalidad de comparar los resultados y verificar nuestros resultados; el valor que usamos como referencia fue el peor escenario que se reportó en una semana con 507 tableros como scrap (ilustración 32).

Espumado Antes													Total.:	507
Centro	Material	Texto breve de material	Motivo	Centro de coste	Doc. material	Nombre de usuario	Alm.	CMV	Texto	Turno	cab.documento	Provedor		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	1T	01/02/2021		20	
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	2T	01/02/2021		30	
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	3T	01/02/2021		19	
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	1T	02/02/2021		34	
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	2T	02/02/2021		26	
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	3T	02/02/2021		41	
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	1T	03/02/2021		30	
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	2T	03/02/2021		31	
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	3T	03/02/2021		35	
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	1T	04/02/2021		17	
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	2T	04/02/2021		28	
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	3T	04/02/2021		44	
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	1T	05/02/2021		29	
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	2T	05/02/2021		19	
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	3T	05/02/2021		25	
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	1T	06/02/2021		18	
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	2T	06/02/2021		27	
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	3T	07/02/2021		34	

Ilustración 32 Datos de scrap Antes

3.3.0. Lista estructurada de materiales

A continuación, se presenta la lista de materiales que se utilizan para la construcción del tablero.

CANTIDAD	UNID	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
2	Pzas	Foam speaker	Foam Speaker Demister 2007475X
4	Pzas	Feppls	Guide Felps 1100338X
8	Pzas	Clips retaining	2311643X
2	Pzas	Special clips	1009044X
2	Pzas	Windscreen seals	2510112X
2	Pzas	Foam speaker	Foam Speaker Defroster 2174434X
23	Pzas	Grommet clips	1177550X
20	Pzas	Standard U clips	1711567X
2	Pzas	Foam speaker	Foam Speaker Defroster 2023139X
1	Pzas	Defroster duct	IP Black Standard 2116801XDB
1	Pzas	IP Substrate	IP INJ Black Standard 2147471XBS
1	Pzas	Pab Chute	IP Pab LMD Yellow 2767092YEL
	gr	Swift melt adhesive	
	gr	Polyol	
	gr	Isocyanat	
2	Pzas	Support tube brow	1001776X
2	Pzas	Seals	IP Seals foam
1	Pzas	Upper skin	IP Upper PVC Slush Skin 2767080NFU
1	Pzas	Lower skin	IP Lower PVC Slush Skin
1	Pzas	Etiqueta Upper skin	2 cm x 10 cm Blanco

Ilustración 33 Lista de materiales

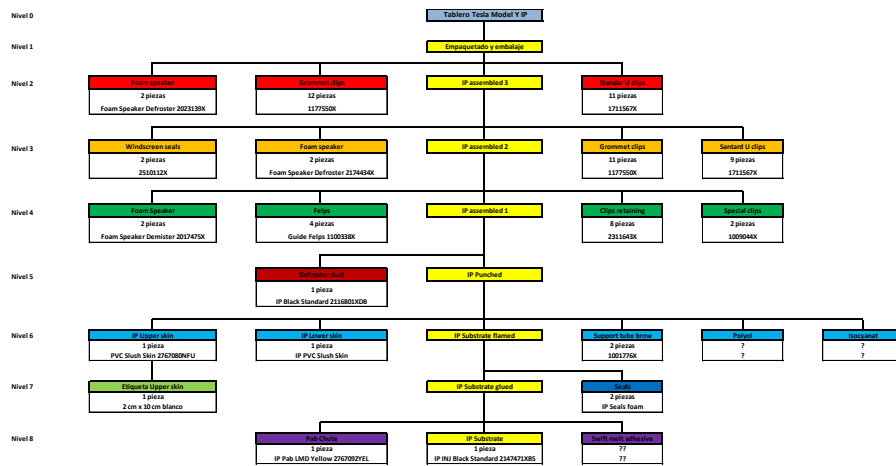


Ilustración 34 Cascada con la lista de materiales

CAPITULO 4 Desarrollo del proyecto

4.1.1. Inyección de pieles

Este proceso consiste en la inyección de las pieles en el área de Nakatas, este tiempo de la maquina es constante para cada uno de los moldes y razón por la cual en la Tabla 3 aparecen la toma de tiempos (segundos) [2] con el mismo valor con excepción del tiempo del desmontaje, actividad que realiza el operador directamente sobre el molde de la máquina

PUESTO	Toma de Tiempos																PROM.	MIN.	MAX
	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210			
TIEMPO DE MAQUINA UPPER	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
DESMOLDEO UPPER OPERADOR 1	15,9	15,5	16,3	16,4	16	15,8	15,7	16,3	16,1	15,4	15,2	16,7	15,4	15,8	16,7	16,7	15,99	15,20	16,70
CONTROL FINAL	79,2	77,1	72,4	73,3	74,6	75,8	71,9	78,1	79,9	76,7	78,5	71,4	79,8	71,6	76,1	74,3	75,67	71,40	79,90
Tiempo de Operador - Montaje	8,6	8,8	8,3	9,1	8,8	9,7	8,8	8,7	9,9	9,3	8,1	8,4	9,2	9,5	9,8	8,1	8,94	8,10	9,90
COLD KNIFE UPPER	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63
Tiempo de Operador - Desontaje	8,8	9,1	8,2	8,6	9,3	8,5	8,9	8,1	8,7	8,8	9,3	9,4	8,2	8,9	8,1	8,3	8,70	8,10	9,40
TIEMPO DE MAQUINA LOWER	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164
DESMOLDEO LOWER OPERADOR 2	24,2	25,6	25,1	25	24,1	25,6	25,3	25,6	24,3	25,2	26	24,9	25,7	24,5	26	25,7	25,18	24,10	26,00

Tabla 3 Toma de tiempos Inyección de pieles

[2] – Todas las tablas de tomas de tiempos están en segundos.

4.1.2. Control final

Este proceso es enteramente manual y existe una variación en los tiempos del operador que se tomaron de la estación dando un promedio de 75.67 segundos para cada piel de upper como lo pudimos ver en la tabla 3.

4.1.3. Cold Knife

Como se vio en la tabla 3 esta actividad está dividida en 3 líneas de la toma de tiempos que constan del montaje y desmontaje de la piel en la máquina, y la operación llevada a cabo en la máquina, las tres actividades en conjunto llevan un promedio de 80.64 segundos para cada pieza.

4.1.4. Horneado

El proceso de horneado este debe estar como mínimo 50 segundos en la estación para que pueda abrirse lo suficiente los poros de las piezas y tener un correcto ensamble en el tablero, siendo 2 actividades las que se les hizo la toma de tiempos en total como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4 Toma de tiempos Horno

PUESTO	Toma de Tiempos																PROM.	MIN.	MAX
Tiempo de Operador - Montaje Upp/Low y Desmontaje	9,5	10,1	10,5	9,3	9,7	10,5	10,3	9,8	9,2	9,5	9,7	9,4	9,9	10,4	10,3	10,2	9,89	9,20	10,50
HORNO (Tiempo de referencia)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

4.1.5. Gluing

Para esta estación se está considerando los tiempos del montaje y desmontaje del tablero con uno solo de los tiempos de la máquina ya que es la misma actividad tanto para el lado 1 como el lado 2 de la maquina; siendo al final los tiempos de la estación los que se muestran en la tabla 5.

Tabla 5 Toma de tiempos Gluing

PUESTO	Toma de Tiempos																PROM.	MIN.	MAX
Tiempo de Operador - Montaje AirBag	15,3	15,9	14,3	15	15,2	14,7	14,2	15,5	15,3	14,6	15,9	14,8	15,1	15,2	14,4	15,9	15,08	14,20	15,90
GLUING	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
Tiempo de Operador - desmontaje	7,1	7	7,1	7,6	7,8	7,7	7,5	7,9	7,3	7,2	7,6	7	7,4	7,8	7,2	7,4	7,41	7,00	7,90

4.1.6. Flaming

El modo de trabajo de esta estación es similar a la de gluing, se está considerando un tiempo d montaje y desmontade, a su vez que se tomó el tiempo de la máquina, siendo al final los tiempos de la estación los que se muestran en la tabla 6.

Tabla 6 Toma de tiempos Flaming

PUESTO	Toma de Tiempos																PROM.	MIN.	MAX
Tiempo de Operador - montaje TABLERO PLASTICO	13	10,9	12,6	10,3	12,7	10,9	12,6	12,2	10,5	11,7	10,8	10,7	12,1	11,8	11,4	12,3	11,66	10,30	13,00
FLAMING	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Tiempo de Operador - desmontaje	5,1	5,3	5,1	5,2	5,3	5,5	5,7	5,4	5,2	5,8	5,4	5,7	5,3	5,6	5,8	5,1	5,41	5,10	5,80

4.1.7. Espumado

Si bien en total hay 6 máquinas de espumado y cada operador de cada una de ellas tiene que ir por las pieles a horneado, se separaron en operaciones distintas ya que el horneado requiere que el operador active la máquina para continuar, de haber sido un proceso completamente automatizado que ingresara la piel en la máquina de espumado

entonces esos tiempos se habrían considerado dentro de este bloque en la toma de tiempos.

Las actividades constan en el montaje del panel y asegurarlo en la máquina en la parte superior, la instalación de las pieles (este tiempo si se considera dentro de la estación ya que el haber ido por las pieles a otra estación, esta se considera dentro del tiempo de la otra estación, aquí como es la instalación ya propiamente en la máquina de espumado, no se puede considerar este tiempo aparte); como consiguiente se realiza la operación de espumado el cual es un tiempo constante ya que es de la máquina como tal y finalmente el operador lleva a cabo la desinstalación del tablero terminado así como al mismo tiempo una inspección rápida del tablero espumado, esta explicación esta resumida en la toma de tiempos que se puede ver en la tabla 7.

Tabla 7 Toma de tiempos Espumado

PUESTO	Toma de Tiempos																PROM.	MIN.	MAX
Tiempo de Operador - MONTAJE DE PANEL	32,5	33,5	32,5	32,7	32,9	32,4	32,8	32,6	32,2	32,7	32,5	32,7	32,2	32,4	33,2	32,7	32,66	32,20	33,50
Tiempo de Operador - MONTAJE PIELES	35,6	38,7	40,2	33,4	35,7	39,1	36,4	41	40,8	34,2	33,6	37,9	33,2	40,5	33,1	38,3	36,98	33,10	41,00
FOAM PROCESO DE MAQUINA	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Tiempo de Operador - desmontaje	13,7	13,5	13,5	14,3	13,1	13,6	14,4	14,2	14,2	14	12,7	11,9	12,1	14,1	11,5	13,3	13	11,50	14,40

4.1.8. Milling

Esta es la última maquina en el proceso que tiene la misma manera de trabajo tipo carrusel por lo que los tiempos de la estación son los que se muestran en la tabla 8 considerando el montaje y desmontaje del tablero.

Tabla 8 Toma de tiempos Milling

PUESTO	Toma de Tiempos																PROM.	MIN.	MAX
Tiempo de Operador - Montaje tablero	4,5	4,1	5,3	4,2	4,6	5,3	4,2	4,9	4,7	4,8	5,1	4,9	4,3	4,8	4,2	4,9	4,68	4,10	5,30
MILLING	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Tiempo de Operador - desmontaje	4,2	4,1	4,5	4,1	4,5	4,7	4,8	4,9	4,4	4,6	4	4,5	4,2	4,3	4,3	4,7	4,43	4,00	4,90

4.1.9. Troquel

Los tiempos de la estación son los que se muestran en la tabla 9 considerando el montaje y desmontaje del tablero.

Tabla 9 Toma de tiempos Troquel

PUESTO	Toma de Tiempos																PROM.	MIN.	MAX
Tiempo de Operador - Montaje tablero	6,2	6,7	7,2	6,5	6,8	6,2	6,8	7,3	6,7	6,3	6,1	7,3	7,2	7,1	6,5	6,2	6,69	6,10	7,30
TROQUEL	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
Tiempo de Operador - desmontaje	6,3	5,6	5,5	5,7	5,3	5,2	5,7	5,7	5,8	5,1	5,8	6,1	5,8	6	5,1	5,9	5,66	5,10	6,30

4.2.0. Limpieza

Esta es una actividad completamente manual realizada por el operador que toma un promedio de 44.94 segundos en ser terminada (Tabla 10).

Tabla 10 Toma de tiempos Limpieza

PUESTO	Toma de Tiempos																PROM.	MIN.	MAX
LIMPIEZA DE TABLERO	45	40	46	42	43	45	47	42	46	40	47	48	49	50	48	41	44,94	40,00	50,00

4.2.1. Vibración

Los tiempos registrados de la estación se pueden ver en la siguiente tabla 11, es importante solo recordar que el montaje considera la instalación del tablero como de la placa de plástico.

Tabla 11 Toma de tiempos Vibración

PUESTO	Toma de Tiempos																PROM.	MIN.	MAX
Tiempo de Operador - Montaje tablero	15,4	15,1	14,9	15,6	15,1	14,6	16,4	15,7	16,1	15,3	16,3	14,8	15,9	16,5	14,9	16,2	15,55	14,60	16,50
VIBRACION	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
Tiempo de Operador - desmontaje	8,6	8,7	8,5	9,5	8,2	7,5	8,6	8,1	7,3	9,2	8,1	7,5	7,6	9,3	7,9	9,4	8,38	7,30	9,50

4.2.2. Ensamble de componentes

4.2.3. Estación 1

En la esta primera estación el operador realiza el ensamble de los componentes en un tiempo promedio de 118.89 segundos, el cual incluye los que están listados en la tabla de componentes del capítulo anterior.

Al momento de la toma del tiempo en la estación (Tabla 12) se hizo a su vez el desglose de lo que le toma al operador colocar los componentes dividido por grupo (Tabla 13), ya que el balanceo se va a considerar realizar una re organización de los componentes por estación con el fin de reducir estos tiempos a futuro; en las mismas tablas 12 y 13 viene marcado en azul el tiempo máximo registrado en la estación, esta información permite el desarrollo de la mejora en el capítulo 4 para la propuesta de mejora para el ensamble de componentes.

Tabla 12 Toma de tiempos Componentes 1

PUESTO	Toma de Tiempos																PROM.	MIN.	MAX
Tiempo de Operador - Montaje tablero	6,9	6,7	7,1	6,2	7,2	7,1	6,3	7,8	7,5	6,5	6,5	7,5	6,8	7,1	7,3	7,1	6,98	6,20	7,80
ENSAMBLE DE COMPONENTES 1	106	99	105	108	107	100	107	101	107	106	107	106	108	102	105	103	104,81	99,00	108,00
Tiempo de Operador - desmontaje	6,6	6,9	7	7,3	6,9	6,7	6,7	7,2	6,8	7,3	6,9	7,4	7,5	7,6	7,6	7,3	7,11	6,60	7,60

Tabla 13 Tiempo por componente

PUESTO	Toma de Tiempos																PROM.	MIN.	MAX
Tiempo de Operador - Montaje tablero	6,9	6,7	7,1	6,2	7,2	7,1	6,3	7,8	7,5	6,5	6,5	7,5	6,8	7,1	7,3	7,1	6,98	6,20	7,80
FOAM SIDE DEMISTER	32,20	29,80	30,00	29,80	29,70	30,20	30,80	29,90	32,10	29,86	30,44	29,97	30,80	30,19	30,61	32,12	30,53	29,70	32,20
CLIPS SPECIAL	21,90	20,00	25,50	25,10	26,30	20,30	22,90	21,00	25,01	25,44	25,78	26,08	26,14	21,85	24,45	20,97	23,67	20,00	26,30
RETAINING EN LOWER	51,90	49,20	49,50	53,10	51,00	49,50	53,30	50,10	49,89	50,70	50,78	49,95	51,06	49,96	49,94	49,91	50,61	49,20	53,30
Tiempo de Operador - desmontaje	6,6	6,9	7	7,3	6,9	6,7	6,7	7,2	6,8	7,3	6,9	7,4	7,5	7,6	7,6	7,3	7,11	6,60	7,60

4.2.4. Estación 2

En la esta segunda estación el operador realiza el ensamble de los componentes en un tiempo promedio de 120.12 segundos. Al momento de la toma del tiempo en la estación (Tabla 14) se hizo a su vez el desglose de lo que le toma al operador colocar los componentes dividido por grupo (tabla 15), ya que el balanceo se va a considerar realizar una re organización de los componentes por estación con el fin de reducir estos tiempos a futuro; en las mismas tablas 14 y 15 viene marcado en azul el tiempo máximo registrado en la estación, esta información es importante ya que en páginas más adelante se va a utilizar estos valores para desarrollar la propuesta de mejora para el ensamble de componentes.

Tabla 14 Toma de tiempos Componentes 2

PUESTO	Toma de Tiempos															PROM.	MIN.	MAX	
Tiempo de Operador - Montaje tablero	5,7	5,7	6,2	8	7	7,2	6,3	7,7	7,4	6,5	6,5	8,3	6,8	6,9	7,2	7	6,90	5,70	8,30
ENSAMBLE DE COMPONENTES 2	106	107	105	106	105	105	105	106	107	105	107	106	107	107	105	106	105,94	105,00	107,00
Tiempo de Operador - desmontaje	7,2	6,9	6,7	8,7	7,3	7,5	8,5	7,2	6,7	7,3	7,4	6,9	7,6	7	6,9	6,6	7,28	6,60	8,70

Tabla 15 Tiempo por componente

PUESTO	Toma de Tiempos															PROM.	MIN.	MAX	
Tiempo de Operador - Montaje tablero	5,7	5,7	6,2	8	7	7,2	6,3	7,7	7,4	6,5	6,5	8,3	6,8	6,9	7,2	7	6,90	5,70	8,30
CLIP U STANDAR	30,00	29,81	29,80	30,90	30,40	29,71	29,00	30,10	32,02	30,03	30,04	30,05	30,13	30,09	30,10	30,05	30,14	29,00	32,02
SPEACKER A DEFROSTER	22,40	21,90	21,21	21,00	21,80	21,90	21,33	21,24	20,80	21,85	21,51	21,43	21,91	21,60	20,34	21,35	21,47	20,34	22,40
CLIP GROMMET	31,1	31,8	31,1	31,4	31,4	31,3	31,7	31,7	31,1	31,22	32,7	31,46	31,84	31,7	31,46	31,6	31,54	31,10	32,72
WINDSCREEN EN DEFROSTER	22,50	23,50	22,89	22,70	21,40	22,10	22,98	22,96	23,08	21,90	22,73	23,06	23,12	23,62	23,10	23,00	22,79	21,40	23,62
Tiempo de Operador - desmontaje	7,2	6,9	6,7	8,7	7,3	7,5	8,5	7,2	6,7	7,3	7,4	6,9	7,6	7	6,9	6,6	7,28	6,60	8,70

4.2.5. Estación 3

En la esta tercera estación el operador realiza el ensamble de los componentes en un tiempo promedio de 117.13 segundos. Al momento de la toma del tiempo en la estación (Tabla 16) se desglosó los tiempos para colocar los 3 diferentes componentes que le toma al operador como actividad colocar los componentes (Tabla 17), ya que el balanceo se va a considerar realizar una re organización de los componentes por estación con el fin de reducir estos tiempos a futuro; en las mismas tablas 16 y 17 se registra, en azul, el tiempo máximo registrado en la estación, esta información es importante ya que en páginas más adelante se va a utilizar estos valores para desarrollar la propuesta de mejora para el ensamble de componentes.

Tabla 16 Toma de tiempos Componentes 3

PUESTO	Toma de Tiempos															PROM.	MIN.	MAX	
Tiempo de Operador - Montaje tablero	5,4	6,8	6,5	5,3	7,1	6,1	5,6	6,3	6,2	5,7	7,2	5,9	7,1	6,9	7,3	7,2	6,41	5,30	7,30
ENSAMBLE DE COMPONENTES 3	102	107	104	103	105	104	106	108	105	108	104	103	106	108	103	104	105,00	102,00	108,00
Tiempo de Operador - desmontaje	6,3	5	5,9	4,9	6,3	5,3	5,8	5,3	5,7	6,1	4,8	5,3	6,2	6	5,7	6,9	5,72	4,80	6,90

Tabla 17 Tiempo por componente

PUESTO	Toma de Tiempos															PROM.	MIN.	MAX	
Tiempo de Operador - Montaje tablero	5,4	6,8	6,5	5,3	7,1	6,1	5,6	6,3	6,2	5,7	7,2	5,9	7,1	6,9	7,3	7,2	6,41	5,30	7,30
CLIP U STANDAR	46,69	47,10	44,60	47,15	46,10	46,99	47,19	47,00	47,32	47,60	47,40	45,24	47,72	46,41	45,50	48,36	46,77	44,60	48,36
CLIP GROMMET	39,84	43,50	39,50	39,87	40,00	39,23	39,51	42,40	42,39	42,17	40,30	40,28	40,40	41,99	39,81	39,94	40,70	39,23	43,50
SPEACKER DEFROSTER	15,5	16,4	19,9	16,0	18,9	17,8	19,3	18,6	15,3	18,2	16,3	17,5	19,88	19,6	17,7	15,7	17,66	15,30	19,90
Tiempo de Operador - desmontaje	6,3	5	5,9	4,9	6,3	5,3	5,8	5,3	5,7	6,1	4,8	5,3	6,2	6	5,7	6,9	5,72	4,80	6,90

4.2.6. Poka-Yoke

En la esta última estación se realiza las últimas validaciones y se le pega la etiqueta de trazabilidad final manualmente, los tiempos de la estación pueden verse en la tabla 18.

Tabla 18 Toma de tiempos Poka-Yoke

PUESTO	Toma de Tiempos															PROM.	MIN.	MAX	
Tiempo de Operador - Montaje tablero	4,3	4,4	5,1	5,2	4,2	5,2	5,3	5	4,1	4,9	5,3	4,8	4,8	5,1	4,3	4,9	4,81	4,10	5,30
CONTROL FINAL (Poka Yoke)	54	44	55	39	45	51	48	38	48	45	46	37	36	46	47	50	45,56	36,00	55,00
Tiempo de Operador - desmontaje	4,1	4,5	4,3	4,7	5,4	4,9	4,8	4,3	5,3	5,1	4,2	4,8	5,1	4,7	5,2	5,5	4,81	4,10	5,50

4.2.7. Empaquetado

El tiempo de la estación para el almacenado de los 16 tableros (capacidad del rack) pueden verse en la tabla 19.

18	FLAMING (Flameado de panel de plástico para abrir poros)	Montaje de pieza	1	● → ⊞ D ▽	13												
19		Flameado de tablero		● → ⊞ D ▽	60												
20		Desmontaje de pieza terminada		● → ⊞ D ▽	3,29												
21		Montaje de pieza en Flexo para Espumado		○ → ⊞ D ▽	1	2,51											

Ilustración 38 Diagrama de flujo Flaming

En donde el operador solo recorre 1 metro y tarda 78.8 segundos en procesar la pieza. Ahora los paneles pasan al siguiente proceso, en donde se une la piel “upper” que salió del proceso de “Cold Knife”, con el panel después de salir de “Flaming”. Este proceso recibe el nombre de “FOAMING” (Espumado de panel con pieles).

22	FOAMING (Espumado de panel con pieles)	Llevar pieles de UPPER y Lower a Horn	1	○ → ⊞ D ▽	2	10,5									Se introducen 1 piel de upper junto con una piel de lower	
23		Horneado de Pieles		● → ⊞ D ▽	50											
24		Montaje de panel		● → ⊞ D ▽	33,5											Mientras se homean las pieles se monta el panel
26		Montaje de pieles en molde de espumado		● → ⊞ D ▽	41											
27		Espumado de tablero		● → ⊞ D ▽	120											
28		Desmontaje de pieza espumada		● → ⊞ D ▽	5,4											
30		Control visual del tablero		○ → ⊞ D ▽	6,99											Se pone en un rack para inspección
31		Traslado de piezas a la siguiente area		○ → ⊞ D ▽	3	2,01										

Ilustración 39 Diagrama de flujo Espumado

En este caso es cuando el operador recorre un poco más de distancia, exactamente 5 metros y le toma un tiempo de 269.4 segundos realizar el proceso. Después de este proceso avanzaremos al ensamble final, en donde el proceso termina, pero es el que más tiempo le lleva al operador realizar su trabajo, ya que aquí se ensambla componente por componente. En esta etapa del proceso el mismo se divide en estaciones de trabajo, como se muestra a continuación; En primer lugar, tenemos la estación de “Milling”, en donde se perfora el tablero y en la cual el operario tarda 33.2 segundos en realizar su trabajo.

32	MILLING	Montaje de panel espumado en Milling	1	● → ⊞ D ▽	5,3											
33		Perforacion de tablero		● → ⊞ D ▽	23											*Instalación final*
34		Desmontaje de pieza terminada en Milling		● → ⊞ D ▽	4,9											

Ilustración 40 Diagrama de flujo Milling

Posteriormente tenemos la operación de “Troquel” donde se retiran todos los excesos de material en la piel, y el proceso manual tiene un tiempo de 47.6 segundos.

35	TROQUELADO	Montaje de panel espumado en Troquel	1	● → ⊞ D ▽	7,3										
36		Troquelado de tablero		● → ⊞ D ▽	34										Quitar excesos de material en el panel
37		Desmontaje de pieza terminada en Troquel		● → ⊞ D ▽	6,3										

Ilustración 41 Diagrama de flujo Troquelado

Al finalizar el troquelado la pieza se tiene que limpiar para retirar excesos, ese proceso es independiente de la tarea del troquel, por lo tanto, al operador le toma 50 segundos limpiarla.

38		Limpieza de material excedente	1	● → ⊞ D ▽	50										
----	--	--------------------------------	---	-----------	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Ilustración 42 Diagrama de flujo Limpieza

En seguida tenemos al proceso de “Vibración” en donde se soldán las ventilas del aire acondicionado con el panel.

39	VIBRACIÓN	Montaje de panel espumado y ventilas de A/C en Vibracion	1	●	⇒	⊗	D	▽	16,5								
40		Vibracion de panel espumado y ventilas		●	⇒	⊗	D	▽	33								
41		Desmontaje de pieza terminada en Vibracion		●	⇒	⊗	D	▽	9,5								

Ilustración 43 Diagrama de flujo Vibración

En este proceso el operador tiene un tiempo de trabajo de 59 segundos. Después pasamos al área de componentes en donde se tienen 6 mesas en dos líneas paralelas, 3 mesas en una y 3 en la otra.

42	Ensamble	Montaje de pieza en estacion de Ensamble 1	1	●	⇒	⊗	D	▽	7,8								
43		Ensamble de componentes 1		●	⇒	⊗	D	▽	108								
44		Desmontaje de pieza terminada en Ensamble 1		●	⇒	⊗	D	▽	7,6								
45		Montaje de pieza en estacion de Ensamble 2	1	●	⇒	⊗	D	▽	8,3								
46		Ensamble de componentes 2		●	⇒	⊗	D	▽	107								
47		Desmontaje de pieza terminada en Ensamble 2		●	⇒	⊗	D	▽	8,7								
48		Montaje de pieza en estacion de Ensamble 3	1	●	⇒	⊗	D	▽	7,3								
49		Ensamble de componentes 3		●	⇒	⊗	D	▽	108								
50		Desmontaje de pieza terminada en Ensamble 3		●	⇒	⊗	D	▽	6,9								

Ilustración 44 Diagrama de flujo Ensamble

En la mesa 1 el operador tiene un tiempo de 123.4 segundos, en la mesa 2 tarda 124 segundos y por último en la mesa 3 el tiempo es de 122.2.

El último proceso es el del POKAYOKE, en donde se inspecciona la pieza para verificar que cumpla con todos los requerimientos del cliente, para finalmente colocarla en los racks de producto terminado y logística los tome.

51	POKAYOKE	Montaje POKAYOKE	1	●	⇒	⊗	D	▽	5,30								
52		Inspeccion final de la pieza (pokayoke)		○	⇒	⊗	D	▽	55,00								
53		Desmontaje POKAYOKE		●	⇒	⊗	D	▽	5,50								
54		Traslado de pieza terminada a rack		○	⇒	⊗	D	▽	2,9								
55		Poner en racks el producto terminado		○	⇒	⊗	D	▽	13,85								

Ilustración 45 Diagrama de flujo Poka-Yoke

Aquí el tiempo es de 82.55 segundos y recorre 1 metro.

4.2.9. Diagrama de operación

En este diagrama podemos observar la ruta que sigue el proceso paso a paso, el proceso se divide en 6 principales partes, y las describiremos a continuación, este diagrama únicamente muestra el proceso de operación de las maquinas. En primer lugar, tenemos el proceso de SLUSH donde se desmontan las pieles de upper y lower, contamos con 2 nakatas, el proceso es el mismo para ambas maquinas.

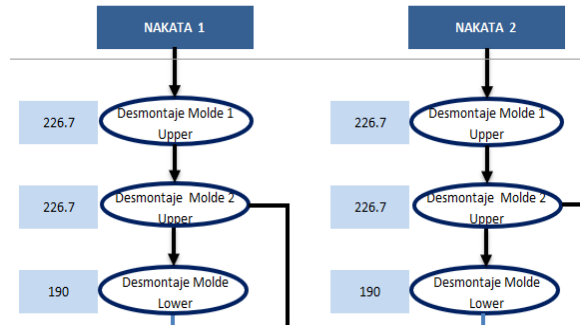


Ilustración 46 Diagrama de operación Nakatas

Posterior a este proceso, nos encontramos con los controles finales de ambas Nakatas, este paso está diseñado para corroborar que la piel de upper tenga el peso y el espesor correcto, ya que más tarde esta se fragilizará.

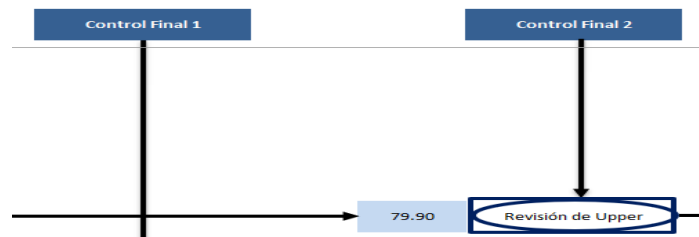


Ilustración 47 Diagrama de operación Control final

Después de revisar que las pieles cumplen con el requerimiento de SR (Seguridad y Reglamentación). Pasan al siguiente proceso que es el de “Cold Knife” (Fragilizado de piel).



Ilustración 48 Diagrama de operación Cold Knife

En este proceso se monta la piel en las máquinas y se realiza un proceso de corte de precisión asistido, se fragiliza la piel de upper en el apartado de la bolsa de aire, una vez finalizado se desmonta la pieza y se manda a un rack para que posteriormente Logística lo lleve al proceso en donde se une la piel y el panel.

Antes de que la piel y el panel se puedan unir, el upper y el lower pasan por un proceso de horneado, para que la piel se adhiera correctamente al panel. Contamos con dos hornos, cada uno asiste a 3 moldes de espumado.

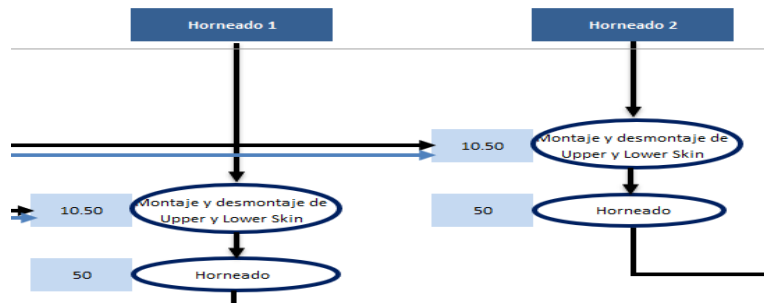


Ilustración 49 Diagrama de operación Horneado

En un área independiente a los procesos anteriores, tenemos la fase de “Gluing2 y “Flaming”. En el primero se une mediante un adhesivo el PabChutte con el panel, para luego colocarlo en la máquina de flameado y pueda abrir los poros del plástico para una mejor adherencia de la espuma.

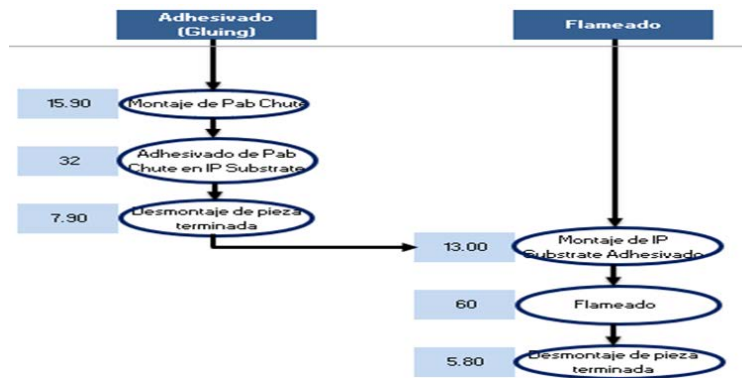


Ilustración 50 Diagrama de operación Gluing & Flaming

En el siguiente paso es en donde se unen las pieles con los paneles, este proceso tiene el nombre de “FOAMING”, el cual consiste en inyectar espuma a los moldes en donde previamente se colocaron las pieles succionadas por vacíos y el panel.

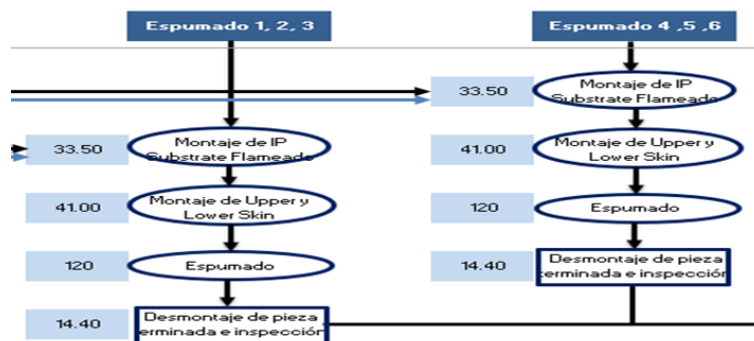


Ilustración 51 Diagrama de operación Espumado

Como se mencionó anteriormente, en este proceso contamos con dos líneas gemelas de Espumado, cada línea tiene 3 moldes, una vez que fue inyectado el componente echo por polioli e isocianato, se procede a retirar el tablero y llevarlo al siguiente proceso.

A partir de aquí entramos al área de ensamble, en donde se le da el acabado final al tablero antes de ser enviado. En primer lugar, el tablero entra al área de “Milling” en donde se le hacen las perforaciones necesarias para colocar los siguientes componentes.

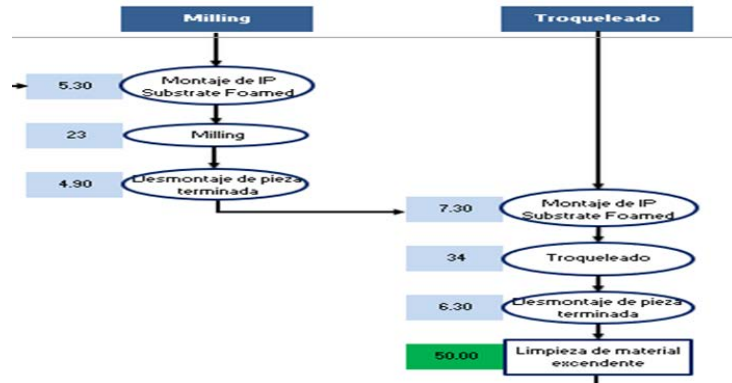


Ilustración 52 Diagrama de operación Milling & Troquel

En seguida, el tablero pasa al área de “Troquelado”, donde se remueven los excesos de material y posteriormente se le hace una limpieza manual al tablero, para eliminar cualquier rebaba. Posteriormente entramos al proceso de “Vibración”, donde se introduce el panel espumado y las ventilas del aire acondicionado, y por medio de vibraciones se soldán ambas partes, hasta quedar una sola pieza.

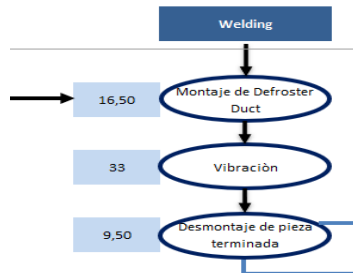


Ilustración 53 Diagrama de operación Vibración (Welding)

En esta parte del proceso nos encontramos con 2 líneas de ensamble de componentes gemelas, las cuales agregan de forma manual todas las grapas, pines y aditamentos necesarios para el armado.

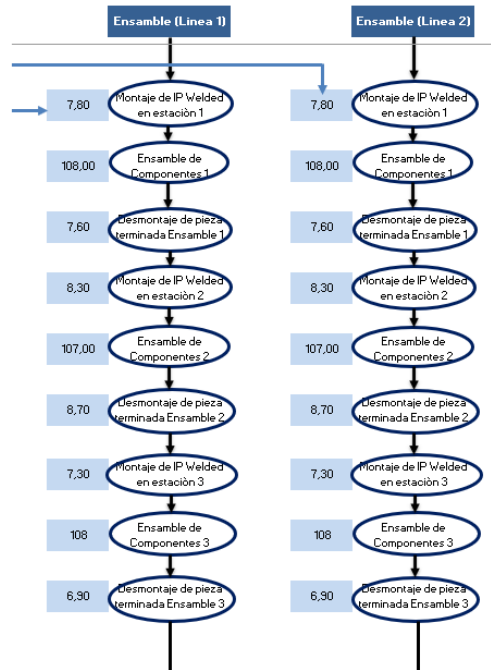


Ilustración 54 Diagrama de operación Componentes

Por último, tenemos al “Poka-yoke”, en donde el operador monta la pieza y mediante láseres infrarrojos, se observa hasta el más mínimo detalle que no esté cumpliendo con lo establecido.

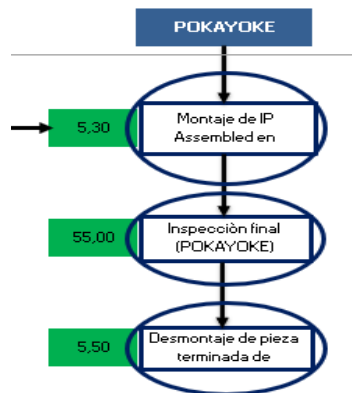


Ilustración 55 Diagrama de operación Poka-Yoke

4.3.0. Diagrama actual

La primera parte del diagrama, ilustración 56, nos muestra que todas las estaciones a excepción de horno y Nakatas, cuentan con un único operador el cual está a cargo de realizar las operaciones de su estación; para el caso de Nakatas, se cuenta con el apoyo de 2 operadores por máquina para hacer el desmoldeo de las pieles y para el caso del

horno, este último no cuenta con operadores ya que como se describió anteriormente son los de espumado los que se encargan de tomar piezas de esa estación; por dicha razón en las estaciones de horno y espumado podemos apreciar que los operadores están encerrados por un rectángulo punteado lo cual indica que se están trasladando entre esas dos estaciones.

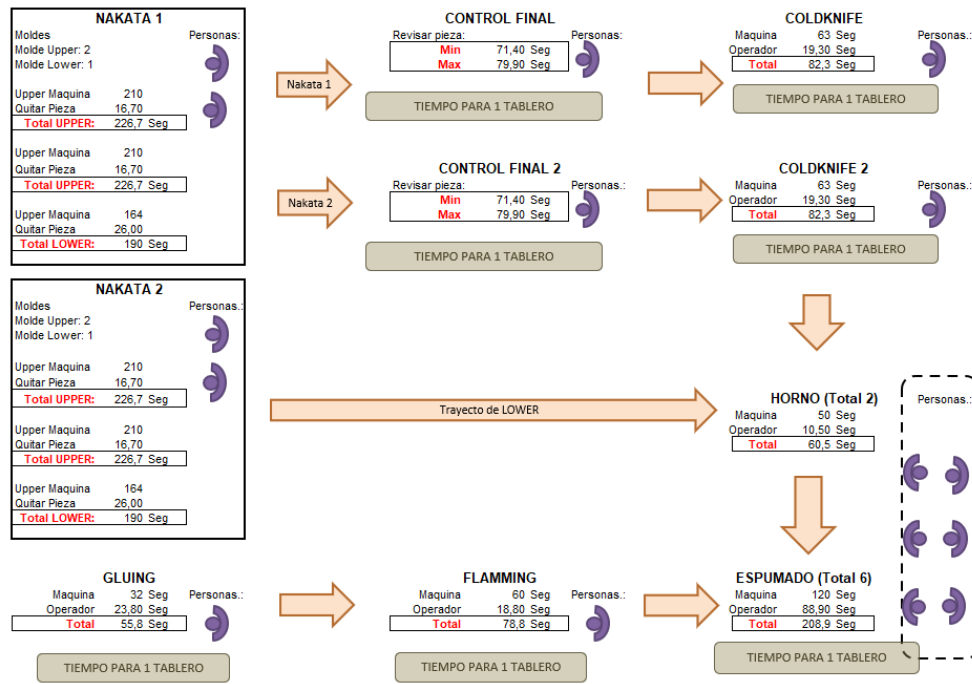


Ilustración 56 Diagrama primeros procesos

La segunda parte del diagrama, imagen 57, muestra los procesos a partir de Milling hasta la estación de poka-yoke, el proceso actual requiere de una persona en cada una de las estaciones para cubrir la demanda y los tiempos de sus respectivas estaciones con la excepción del poka-yoke y el rack de producto terminado, al ser un tiempo muy corto el que se utiliza para inspeccionar la pieza en la última estación, ese mismo operador puede llevar la pieza al rack donde posteriormente será llevado al almacén.

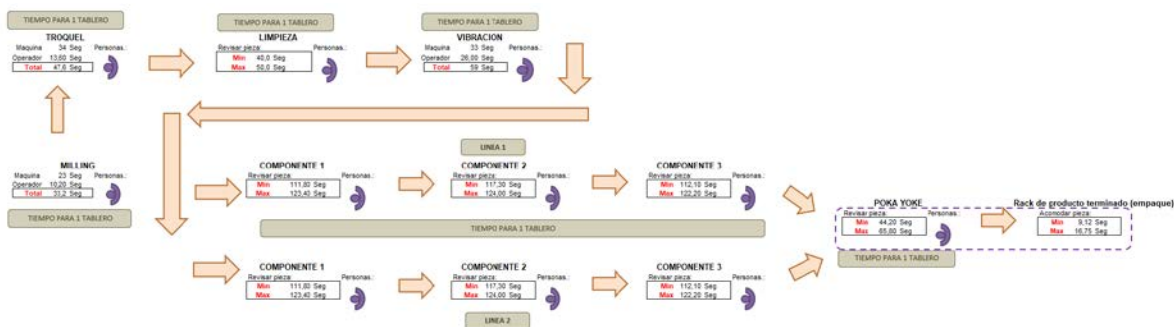


Ilustración 57 Diagrama segunda parte del proceso

Al final, para todos los procesos, se cuenta actualmente con un total de 27 operadores que están involucrados directamente en las estaciones para transformar los componentes

en un tablero terminado, a los cuales se le suma un total de 2 Gap líderes y 1 supervisor que, si bien no se ven directamente en las imágenes o en el proceso, son parte importante dentro de la organización.

4.3.1. VSM actual

Un punto de partida para poder tener una mejor noción del estatus real de la línea fue el desarrollo de un mapeo de valor. El determinar la realidad bajo la cual se maneja la línea en condiciones de producciones típicas muestran puntos que se pueden mejorar, y que para ellos no son tan obvios por contar con una ceguera de taller.

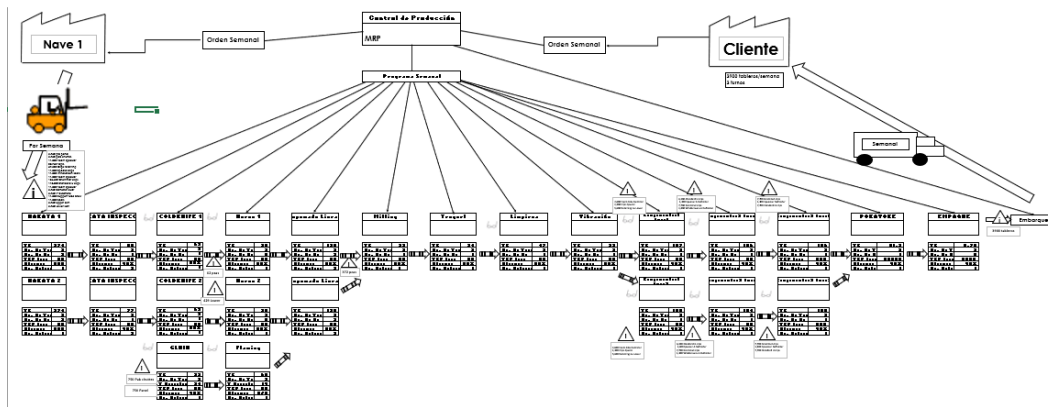


Ilustración 58 VSM antes

Uno de los puntos claves viene desde la parte de la logística de la planta, que, aunque no es el tema directo del proyecto influye en maneras muy fundamentales. En primer punto es el proveedor directo de la nave es otra nave de la misma empresa, en esa nave es el contacto directo de compra-venta con el cliente, incluyendo y no limitándose a la forma de proveer la materia prima para producir, haciendo que los inventarios (desde el inicial) contribuyan a hacer un sistema push en la línea de producción. Al tener todo el sistema de la línea en push ayuda a tener tiempos muertos, pues dependiendo del tiempo ciclo de la operación se pueden producir o cuellos de botella, o una carga de trabajo mal distribuida.

4.3.2. Simulación antes

El requerimiento que tenemos por parte del cliente es de 3900 piezas a la semana, piezas que se van a construir en un total de 126 horas (considerado como el peor escenario dado que en el software no podemos poner 0.5 de hora), este cálculo resulto de la siguiente cuenta:

$$Total = 24 \text{ hrs} - 2 \text{ hrs } 30 \text{ min}$$

$$Total = 21 \text{ hrs } 30 \text{ min}$$

Donde:

- 24 son las horas que tiene un día
- 2 horas 30 min son el total de los paros planeados que tiene la planta por los 3 turnos

Si el resultado lo redondeamos a 21 horas y lo multiplicamos por los 6 días laborales de la empresa nos da como resultado 126 horas a la semana el cual se va a ingresar en el software (ilustración 59) para indicarle el tiempo que va a correr la simulación, tomando como fecha de inicio un lunes a las 6 de la mañana.

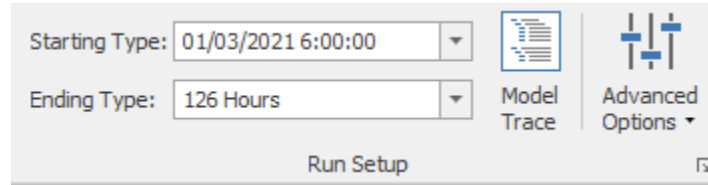


Ilustración 59 Definir tiempo a la semana

A continuación, se va a realizar el lay out de todo el proceso productivo y después ingresar la información básica de cada uno de ellos; a su vez, para darle mayor detalle a la simulación se modelo en el software “Sketchup 2020” (software de licencia libre) todas las piezas del proceso como pieles, tableros y carcasas, tal y como podemos ver en las ilustraciones 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66 y 67.

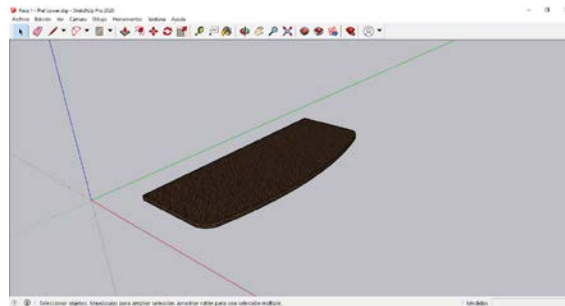


Ilustración 60 Sketch piel Lower

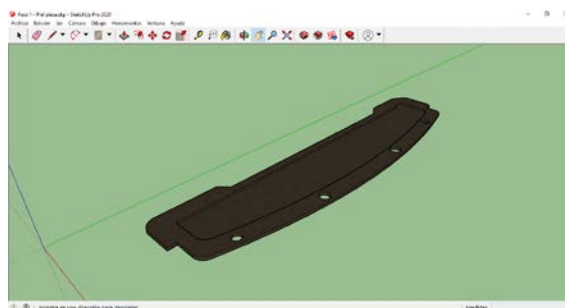


Ilustración 61 Sketch piel Upper

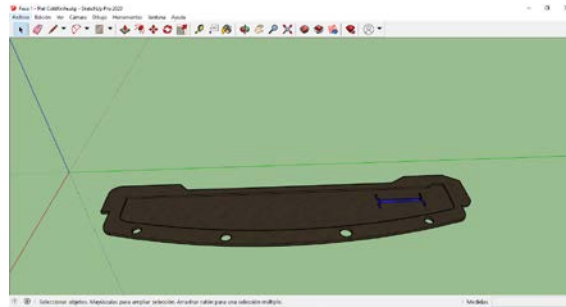


Ilustración 62 Sketch piel Upper con corte de Cold Knife

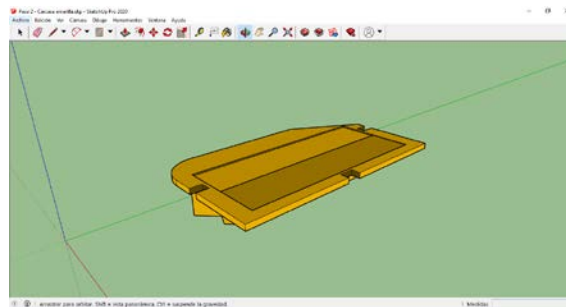


Ilustración 63 Sketch carcasa de airbag

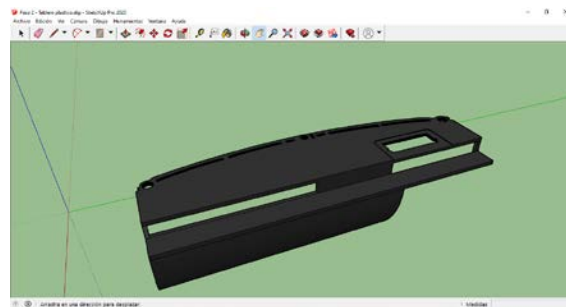


Ilustración 64 Sketch Tablero de plástico

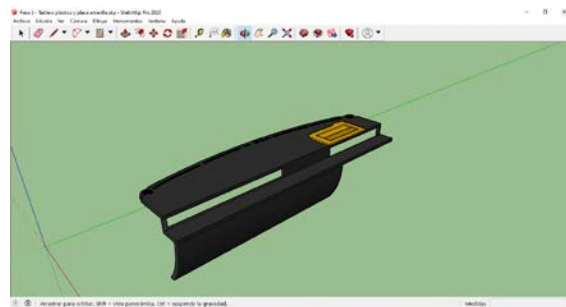


Ilustración 65 Sketch Tablero con carcasa

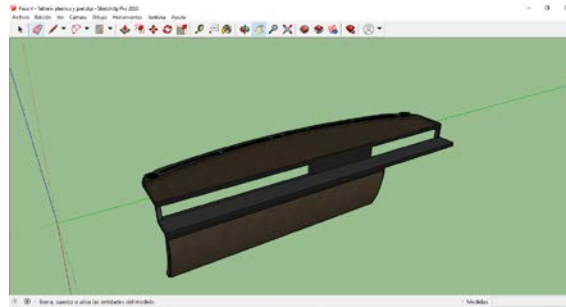


Ilustración 66 Sketch tablero con pieles

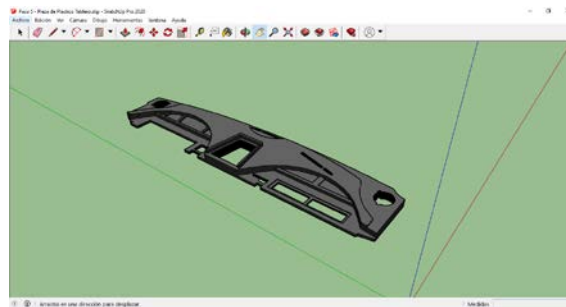


Ilustración 67 Sketch placa aire acondicionado

La primera área (ilustración 68) corresponde al área de Nakatas, a pesar de que solo son dos máquinas, cada una posee un carrusel con 3 moldes, los cuales están definidos cada uno por un server; los moldes que corresponden a una piel upper deben pasar cada una a su respectivo control final, por esa razón dos moles están conectados por un path a un server con el nombre de mesa de inspección, las pieles de Lower pasan a un nodo que se encargará de quitar un porcentaje de scrap.

Las pieles de Upper se mandan a scrap después de pasar la mesa de inspección si estas no cumplen con los requerimientos, por esa razón después de ese server pasan a un nodo que los lleva a un sink donde saldrá ahí las piezas defectuosas; las piezas que si cumplan con los estándares continuaran a un siguiente server que es el proceso de Cold knife y una vez termine todas las piezas tanto upper como Lower van a ir a un nodo que los va a separar de manera equitativa a los hornos.

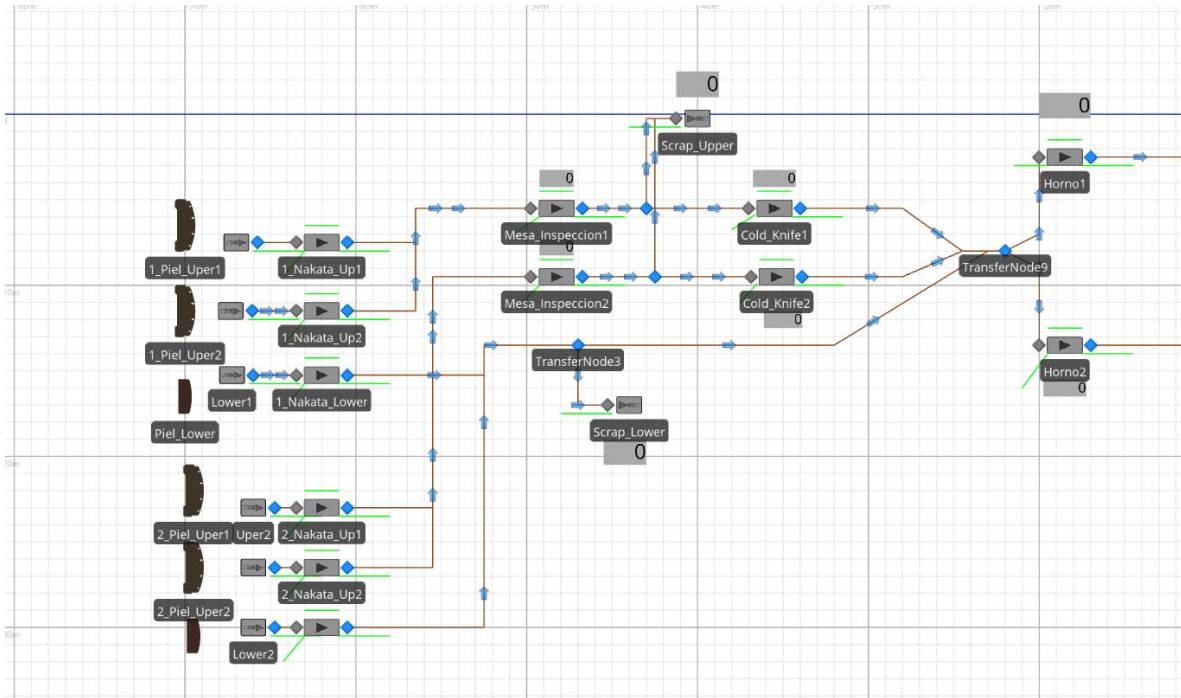


Ilustración 68 Simulación área de nakatas

Paralelamente al proceso de las Nakatas inicia la fabricación del tablero en las áreas de Gluing, aquí como se puede ver en la ilustración 69, existen 2 source por la misma cantidad de piezas de contenedores para las bolsas de airbag como de mesas plásticas, estas dos entran a un combiner que va a representar la unión de las dos piezas cuando entrar al server del Gluing, para que al terminar su tiempo esta lo pase como un único ensamble a la siguiente estación que es la de Flamming. Tal y como en la parte anterior, todas las piezas van a llegar a un nodo el cual se va a encargar de separarlas de manera equitativa entre las 6 máquinas de espumado ya que estas dos máquinas surten el 100% de su producción a estas áreas.

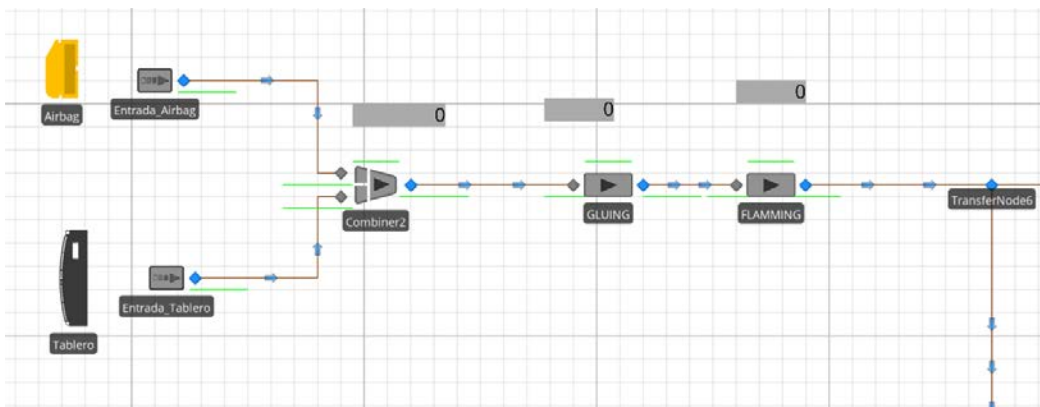


Ilustración 69 Simulación área de gluing & flaming

Cada uno de los hornos tiene en la salida un nodo el cual va a dividir las piezas que produce entre las 3 estaciones que le corresponden de espumado, como anteriormente se mezclaron, lo que está mandando son ya pieles entre upper y Lower; a la par, el nodo que

le sigue a Flaming reparte los tableros entre las 6 estaciones. Como dato importante, al final a la estación de espumado llegan los componentes de las pieles y tableros, por lo que para poder procesarlo se coloca antes de la estación un combiner para que sea más fácil para la función procesar todo, todo esto se puede ver representado en la ilustración 70.

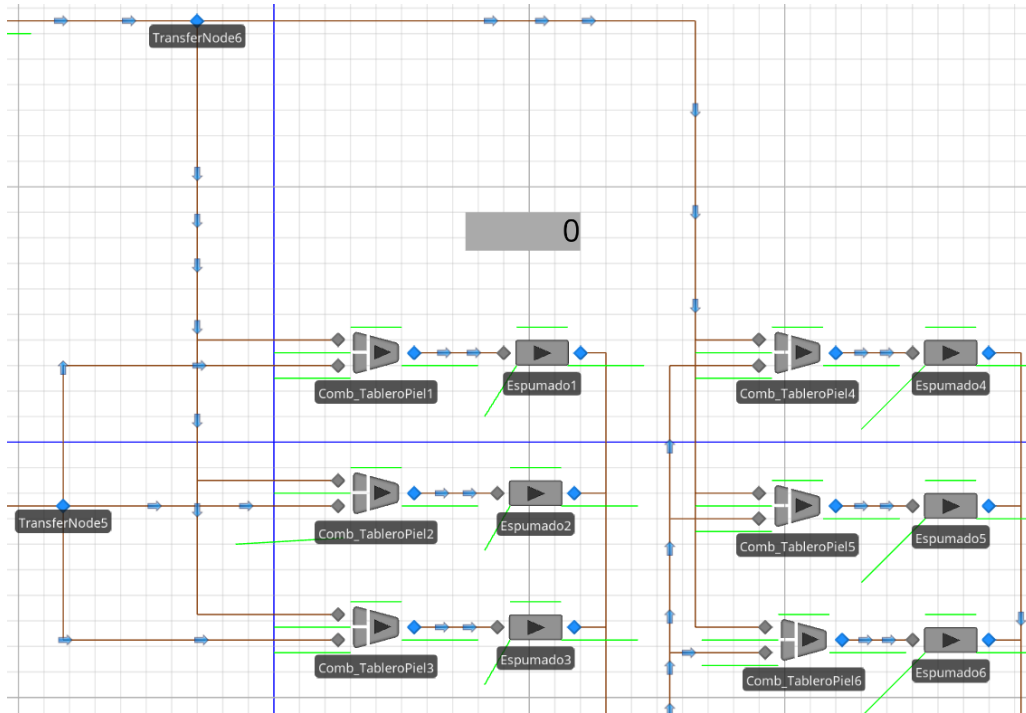


Ilustración 70 Simulación área de espumado

Una vez terminen los procesos de espumado, las 6 estaciones van a converger en un nodo (ilustración 71) que se va a encargar de realizar el scrap de las piezas antes de que entren a la siguiente estación; otro de los puntos importantes para poder procesar correctamente la simulación es la de agregar una entrada adicional de tableros al proceso siguiente que es Milling, ya que físicamente en la planta existe un rack con el producto terminado del cual se pueden tomar estas piezas, esto se debe contemplar en la simulación ya que de no hacerlo, la estación de Milling tendría que esperar a todas las estaciones anteriores hasta que termine en espumado para poder iniciar el proceso, la idea de tener esta entrada adicional es para que Milling pueda empezar a producir piezas mientras las Nakatas empiezan su turno, de esta forma cuando Milling termine con las piezas de esta entrada adicional, los tableros que terminaron de fabricarse en espumado ya estarían llegando a la estación.

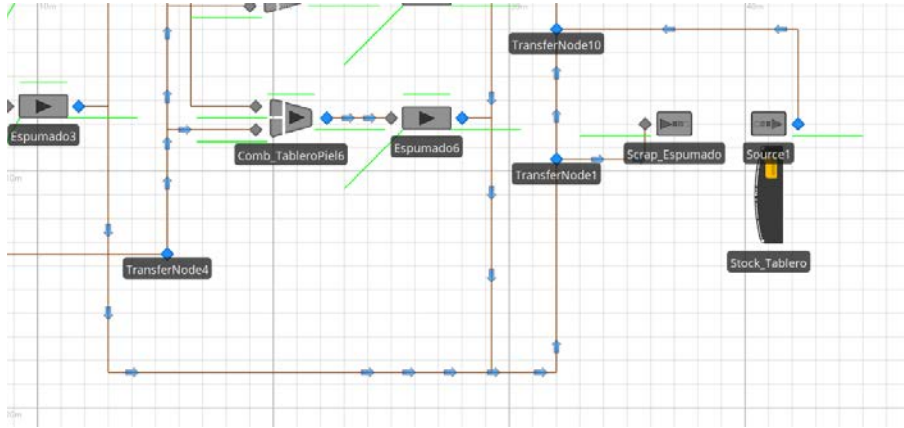


Ilustración 71 Simulación entrada adicional

Las siguientes estaciones que se pueden observar en la ilustración 72, son simultaneas por lo que solo se agrega un server sin necesidad de alguna otra función, únicamente se va a agregar un combiner debido a la última entrada importante de la simulación la cual es el panel de aire acondicionado que entra en vibración, posterior a esa estación va a haber un nodo que se encargue de dividir todo a las dos líneas de componentes con las que cuenta la empresa.

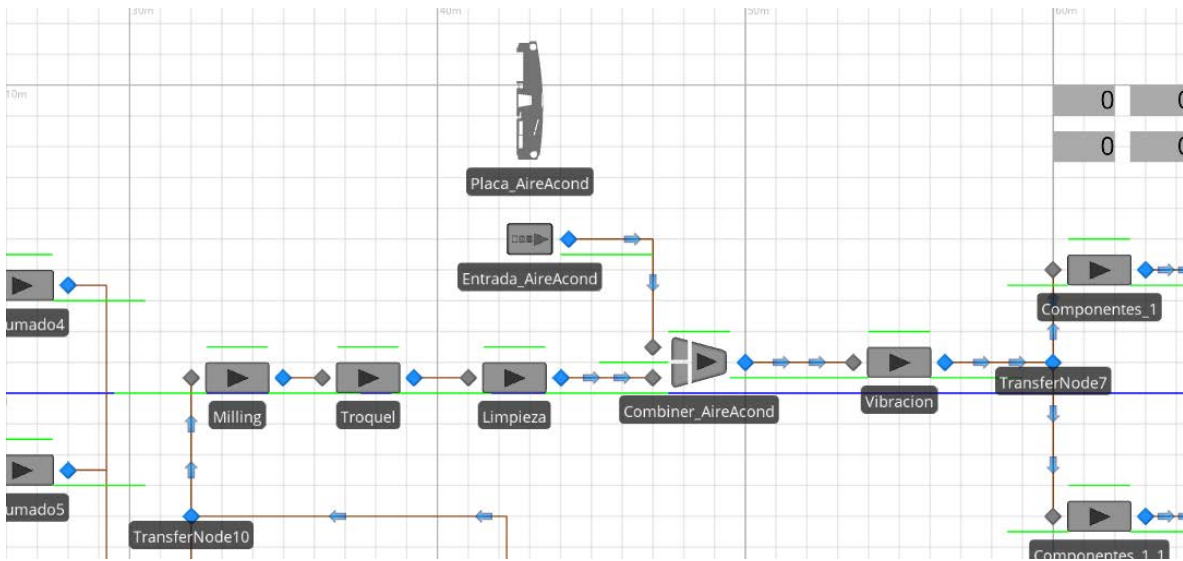


Ilustración 72 Simulación área de Milling, troquel, limpieza & vibración

En la última ilustración 73 que representa el final de la línea podemos apreciar que solo están las estaciones de ensamble de componentes y el poka-yoke de la estación final; hay una razón importante por la que no se consideraron todas las entradas de los componentes en cada una de las estaciones y se reduce simplemente a mantener simple el diagrama para que se pueda presentar más fácilmente; el incluir todos y cada uno de los componentes para cada estación significaría el colocar un source para todos ellos, ingresar mínimo 3 combiners para cada estación para que entre al proceso solo un único paquete de componentes los cuales se deben de instalar, además de que se tendría que poner un combiner adicional en la entrada de cada proceso para que el software

comprenda que entra a la estación un tablero y un paquete de componentes, lo que lo haría más tardado y complejo el diagrama para que incluso si funciona y se quiere hacer una propuesta, va a ser complicado re estructurar nuevamente todo; por esa razón únicamente se considera el tiempo que toma colocar los componentes como un proceso implícito en donde se toman y colocan todos los componentes en el tablero

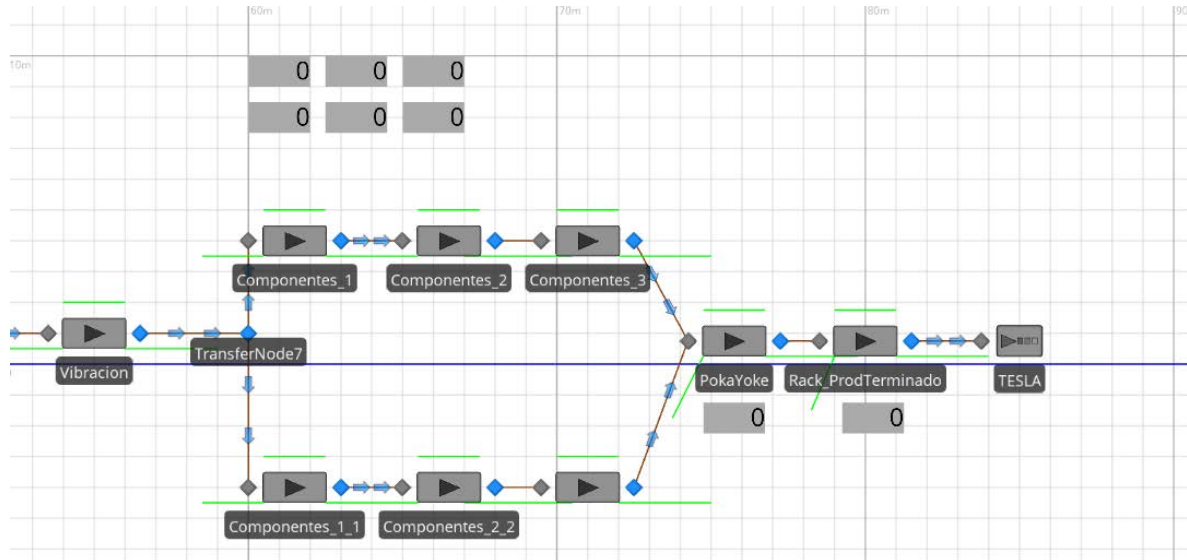


Ilustración 73 Simulación línea de componentes

Para el siguiente paso de la simulación viene el vaciado de los datos en cada una de las funciones, cada una se va a describir a detalle, pero para varios de ellos van a aplicar los valores descritos en la siguiente tabla 20 e ilustración 74.

Tabla 20 Demanda por estación

Demanda por estación		
	Semanal	Diaria
Requerimiento	3900	650
Horno 1	4407	735
Horno 2	4407	735
Espumado (6 Máquinas)	4407	735
Espumado (1 Máquina)	734,5	122
Gluing	4407	735
Flamming	4407	735
Cold knife 1 & 2	4407	735
Control Final 1 & 2	4719	787
Pieles Nakata 1	4719	787
Pieles Nakata 2	4719	787

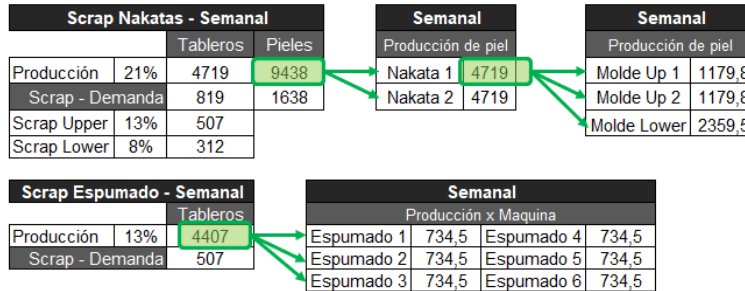


Ilustración 74 Diagrama de producción

Como lo vimos en una formula anterior en un día de trabajo contamos con 21 horas y media de trabajo, la cual si la pasamos a minutos nos da un total de 1290 minutos.

$$Total = 21 \text{ hrs } 30 \text{ min}$$

$$Total = 1290 \text{ min}$$

Este valor es importante porque indica para todos los source el tiempo de ciclo (min) que debe pasar para que vuelva a entrar un determinado número de piezas, por ello en todos los source en el menú "Interarrival Time" tienen este valor; a continuación, se describirá brevemente los datos en cada uno de las funciones:

4.3.3. Entrada Piel Upper:

De la ilustración 75, la producción semanal de pieles es de 1179.8 redondeado a 1180 semanal, si este valor se divide entre 6 días da como resultado 196.6 redondeado a 197.

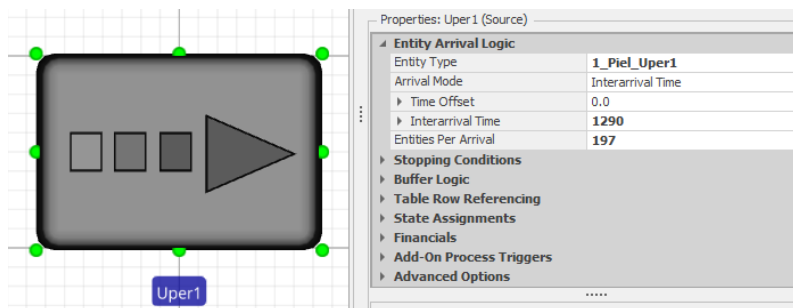


Ilustración 75 Datos de entrada Upper

4.3.4. Entrada Piel Lower:

De la ilustración 76, la producción semanal de pieles es de 2359.5 redondeado a 2360 semanal, si este valor se divide entre 6 días da como resultado 393.25 redondeado a 394.

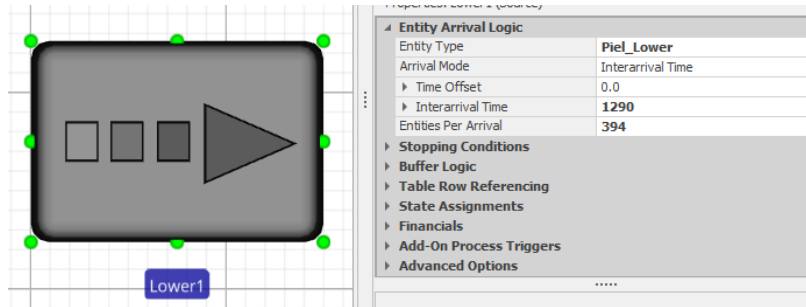


Ilustración 76 Datos de entrada Lower

4.3.5. Función Nakata Upper:

Como se mencionó al principio en la toma de tiempos y descripción de las actividades, el molde de upper tiene capacidad para 2 pieles (Initial Capacity) y los tiempos que se tomaron son los mismos que salen de la tabla de la toma de tiempos, pero considerando el valor máximo y mínimo registrado

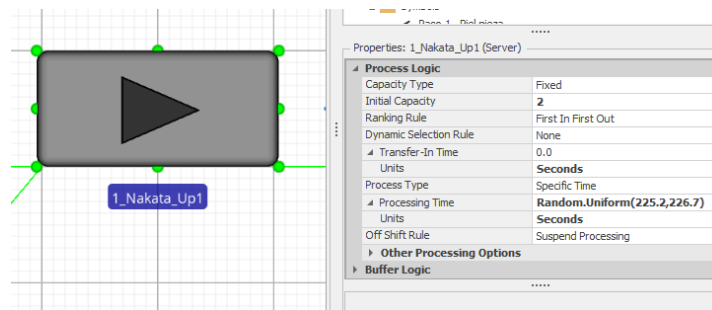


Ilustración 77 Datos de entrada Nakata Upper

4.3.6. Función Nakata Lower:

Como se mencionó al principio en la toma de tiempos y descripción de las actividades, el molde de lower tiene capacidad para 4 pieles (Initial Capacity) y los tiempos que se tomaron son los mismos que salen de la tabla de la toma de tiempos, pero considerando el valor máximo y mínimo registrado

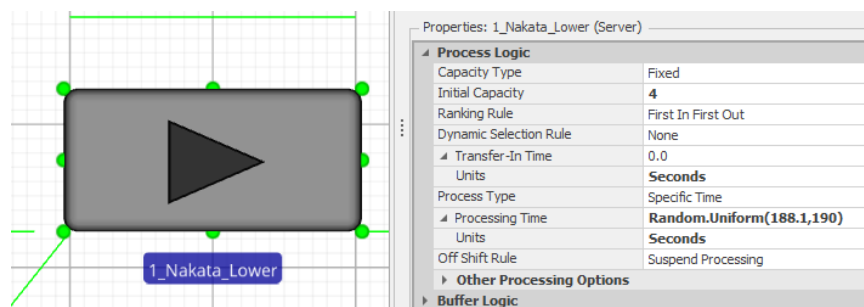


Ilustración 78 Datos de entrada Nakata Lower

4.3.7. Función mesa de inspección (control final) y Cold knife:

Como se mencionó al principio en la toma de tiempos y descripción de las actividades, la estación tiene capacidad para 1 piel de upper (Initial Capacity) y los tiempos que se

tomaron son los mismos que salen de la tabla de la toma de tiempos, pero considerando el valor máximo y mínimo registrado, esto también aplica para la estación de Cold knife.

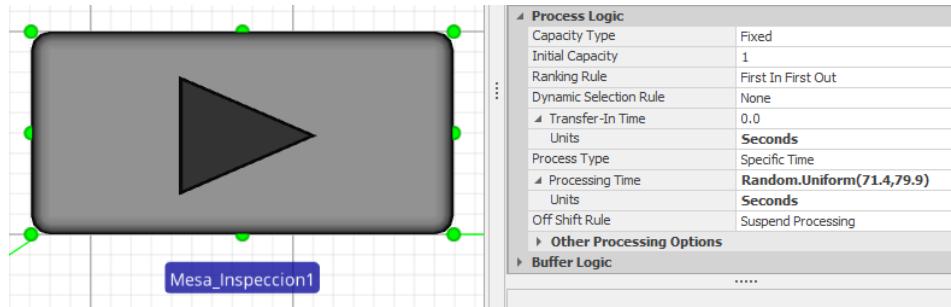


Ilustración 79 Datos de entrada Control final

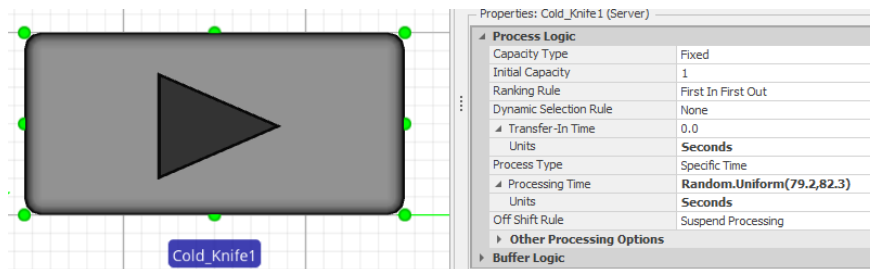


Ilustración 80 Datos de entrada Cold Knife

4.3.8. Función horno 1:

Para el caso del horno, este tiene una capacidad de 4 piezas para los que están en ese proceso de calentamiento por lo que se colocó 4 en Initial Capacity y los tiempos que se tomaron son los mismos que salen de la tabla de la toma de tiempos, pero considerando el valor máximo y mínimo registrado, esta estación si considera la instalación y el tiempo de horneado ya que ambos forman parte del proceso.

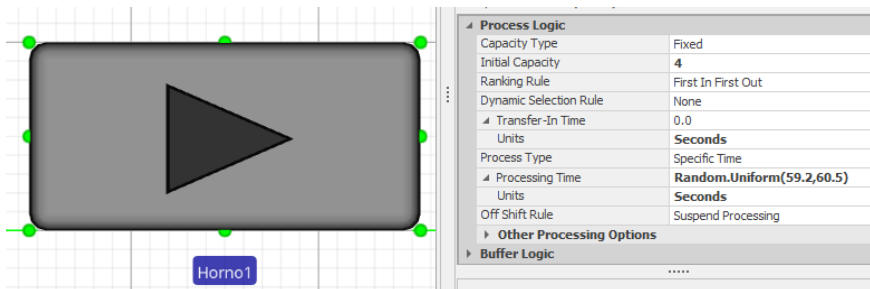


Ilustración 81 Datos de entrada Horno

4.3.9. Entrada Airbag y tableros:

De la ilustración 74, la producción semanal de tableros es de 4407, si este valor se divide entre 6 días da como resultado 734.5 redondeado a 735, lo mismo aplica para los tableros.

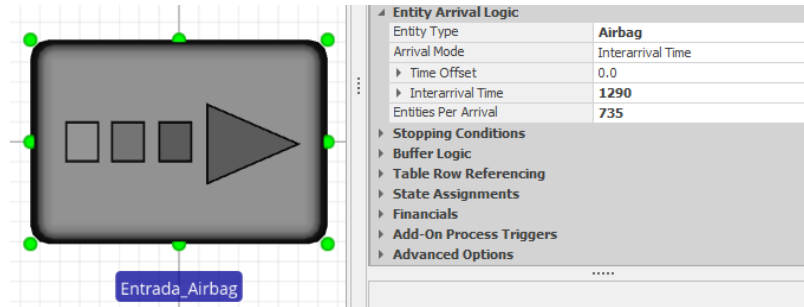


Ilustración 82 Datos de entrada Airbag

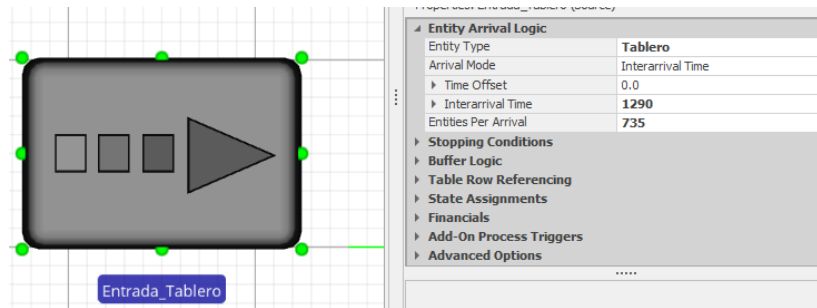


Ilustración 83 Datos de entrada Tableros

4.4.0. Función Gluing y flaming:

Como se mencionó al principio en la toma de tiempos y descripción de las actividades, la estación tiene capacidad para 1 tablero (Initial Capacity) porque mientras el otro está en proceso de ser montado, en realidad es 1 el que está siendo aplicado este primer proceso y los tiempos que se tomaron son los mismos que salen de la tabla de la toma de tiempos, pero solo el tiempo de la máquina, esto aplica tanto para Gluing como para flaming.

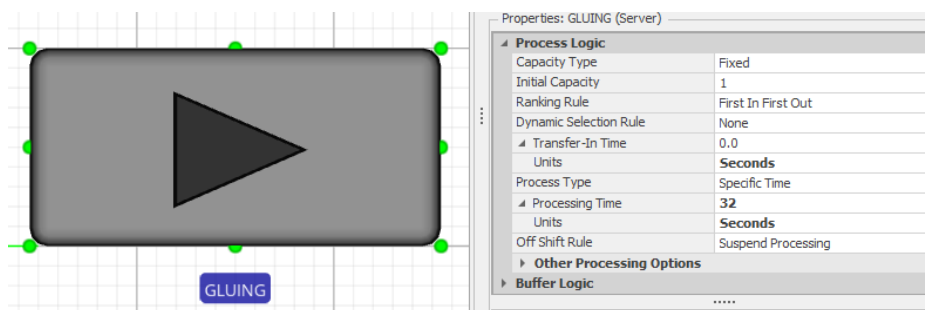


Ilustración 84 Datos de entrada Gluing

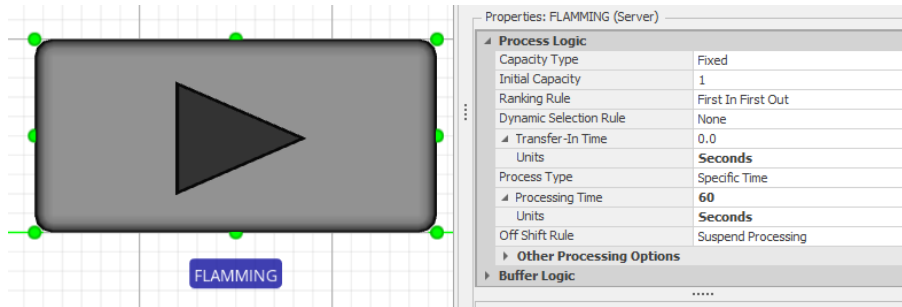


Ilustración 85 Datos de entrada Flaming

4.4.1. Función Espumado:

Como se mencionó al principio en la toma de tiempos y descripción de las actividades, la estación tiene capacidad para 3 piezas en Initial Capacity (1 piel upper, 1 piel Lower y 1 tablero) y los tiempos que se tomaron son los mismos que salen de la tabla de la toma de tiempos, pero considerando el valor máximo y mínimo registrado.

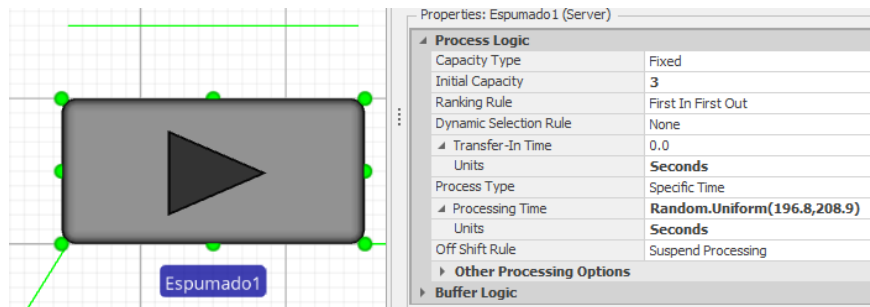


Ilustración 86 Datos de entrada Espumado

4.4.2. Entrada Tableros adicionales para milling:

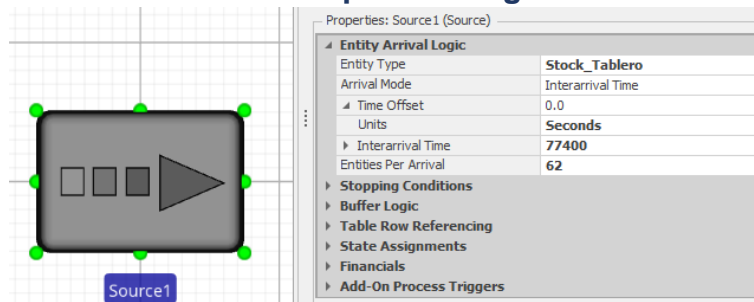


Ilustración 87 Datos de entrada adicional

4.4.3. Función Milling y troquel:

Como se mencionó al principio en la toma de tiempos y descripción de las actividades, la estación tiene capacidad para 1 tablero (Initial Capacity) porque mientras el otro está en proceso de ser montado, en realidad es 1 el que está siendo aplicado este primer proceso y los tiempos que se tomaron son los mismos que salen de la tabla de la toma de tiempos, pero solo el tiempo de la máquina, esto aplica tanto para milling como para troquel.

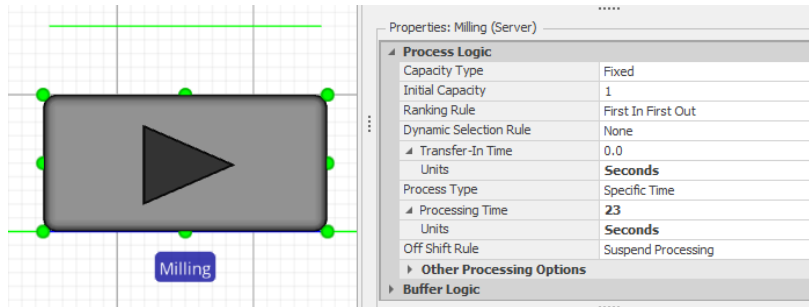


Ilustración 88 Datos de entrada Milling

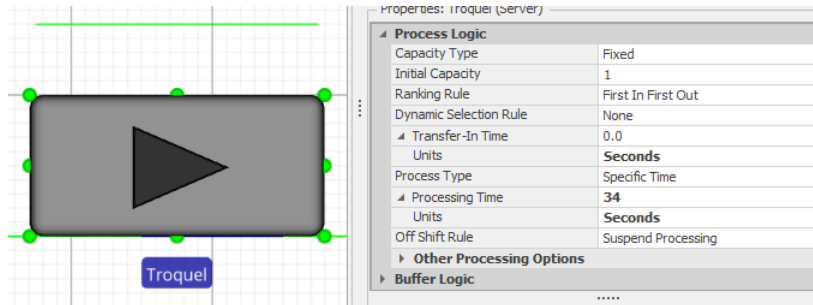


Ilustración 89 Datos de entrada Troquel

4.4.4. Función Limpieza:

Como se mencionó al principio en la toma de tiempos y descripción de las actividades, la estación tiene capacidad para 1 tablero (Initial Capacity) y los tiempos que se tomaron son los mismos que salen de la tabla de la toma de tiempos, pero considerando el valor máximo y mínimo registrado.

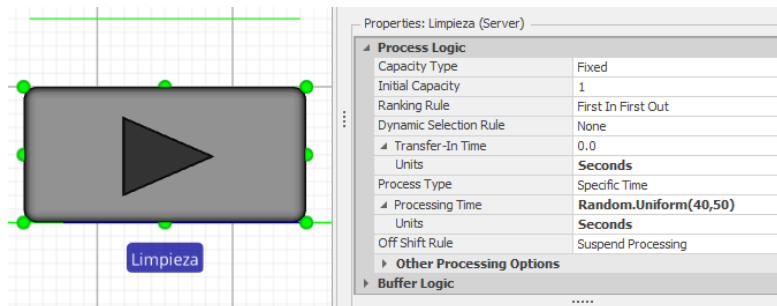


Ilustración 90 Datos de entrada Limpieza

4.4.5. Entrada Tablero aire acondicionado:

Sabemos que la producción semanal de tableros es de 3 900, si este valor se divide entre 6 días da como resultado 650 tableros, por lo que cada día debe entregar esa cantidad de piezas a la estación.

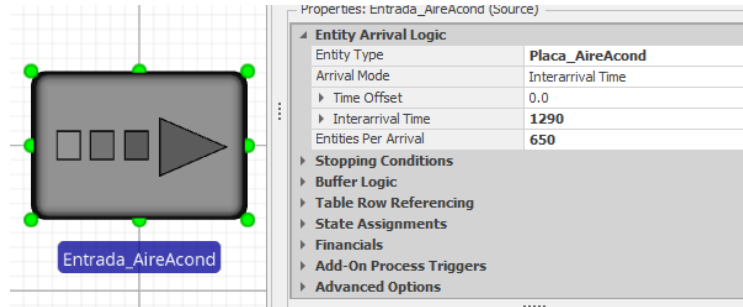


Ilustración 91 Datos de entrada placa de aire acondicionado

4.4.6. Función vibración:

Como se mencionó al principio en la toma de tiempos y descripción de las actividades, la estación tiene capacidad para 1 tablero (Initial Capacity) y los tiempos que se tomaron son los mismos que salen de la tabla de la toma de tiempos, pero considerando el valor máximo y mínimo registrado.

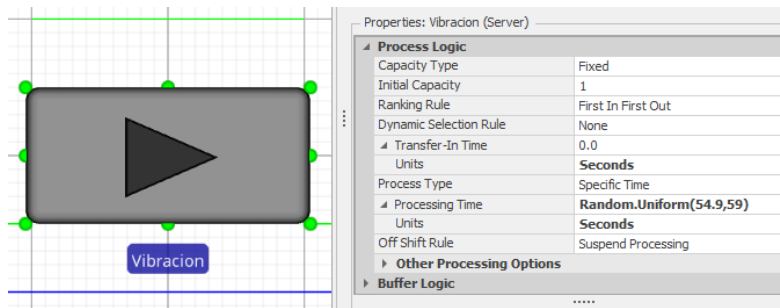


Ilustración 92 Datos de entrada vibración

4.4.7. Función componentes 1, 2 y 3 / Poka-yoke / Rack de producto terminado:

Como se mencionó al principio en la toma de tiempos y descripción de las actividades, cada una de estas estaciones tiene capacidad para 1 tablero a la vez (Initial Capacity) y los tiempos que se tomaron son los mismos que salen de la tabla de la toma de tiempos, pero considerando el valor máximo y mínimo registrado para cada estación.

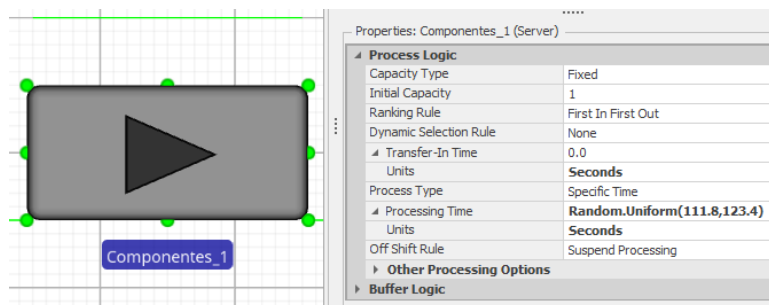


Ilustración 93 Datos de entrada componentes 1

Properties: Componentes_2 (Server)	
Process Logic	
Capacity Type	Fixed
Initial Capacity	1
Ranking Rule	First In First Out
Dynamic Selection Rule	None
Transfer-In Time	0.0
Units	Seconds
Process Type	Specific Time
Processing Time	Random.Uniform(117.3,124)
Units	Seconds
Off Shift Rule	Suspend Processing
Other Processing Options	
Buffer Logic	

Ilustración 94 Datos de entrada componentes 2

Properties: Componentes_3 (Server)	
Process Logic	
Capacity Type	Fixed
Initial Capacity	1
Ranking Rule	First In First Out
Dynamic Selection Rule	None
Transfer-In Time	0.0
Units	Seconds
Process Type	Specific Time
Processing Time	Random.Uniform(112.1,122.2)
Units	Seconds
Off Shift Rule	Suspend Processing
Other Processing Options	
Buffer Logic	

Ilustración 95 Datos de entrada componentes 3

Properties: PokaYoke (Server)	
Process Logic	
Capacity Type	Fixed
Initial Capacity	1
Ranking Rule	First In First Out
Dynamic Selection Rule	None
Transfer-In Time	0.0
Units	Seconds
Process Type	Specific Time
Processing Time	Random.Uniform(44.2,65.8)
Units	Seconds
Off Shift Rule	Suspend Processing
Other Processing Options	
Buffer Logic	

Ilustración 96 Datos de entrada Poka-Yoke

Properties: Rack_ProdTerminado (Server)	
Process Logic	
Capacity Type	Fixed
Initial Capacity	1
Ranking Rule	First In First Out
Dynamic Selection Rule	None
Transfer-In Time	0.0
Process Type	Specific Time
Processing Time	Random.Uniform(9.12,16.75)
Units	Seconds
Off Shift Rule	Suspend Processing
Other Processing Options	
Buffer Logic	
Reliability Logic	

Ilustración 97 Datos de entrada Producto terminado

Como último detalle para la simulación podemos agregar etiquetas para ver en la simulación la cantidad de piezas que salieron en procesos muy específicos como lo podemos ver en la ilustración 98, en donde se hace el link entre la etiqueta y la función de la que queremos saber esos datos.

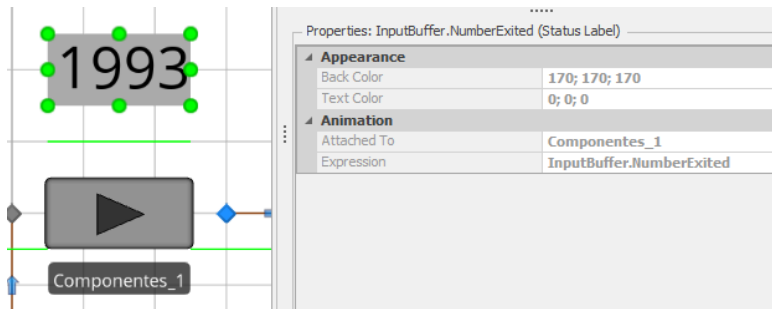


Ilustración 98 Etiquetas

Una vez definido los puntos más importantes para la simulación procedemos a correrla para comprobar que se cumple con la demanda, para ello le damos en “Fast Forward” y tal y como podemos ver en las etiquetas de la ilustración 99, de las estaciones de componentes salen la misma cantidad de piezas, lo cual quiere decir que todo lo que entra a cada una de ellas sale; al sumar los tableros que salen de las dos líneas nos da un total de 3 900, dando a entender que fue un éxito el planteamiento de la simulación.

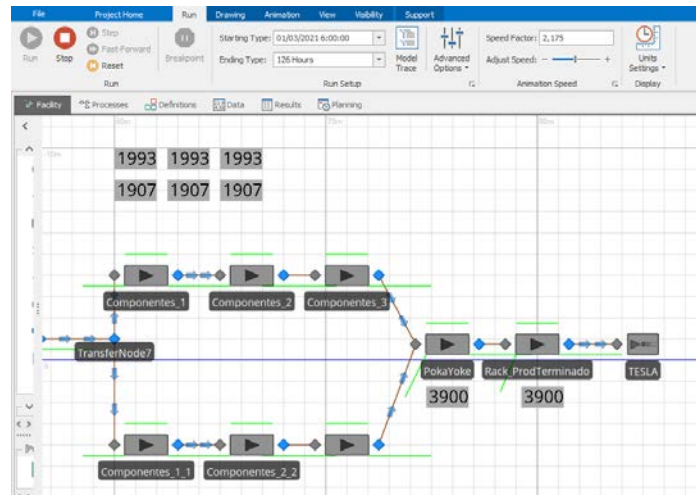


Ilustración 99 Simulación resultados antes

Otra de las maneras que se tiene para comprobar que se produjeron la cantidad necesaria de tableros es mediante la pestaña “Results” de la imagen anterior en la cual, el software realiza un concentrado de toda la información de cada estación como el tiempo que estuvo la pieza en espera antes de entrar, la cantidad de piezas que estuvieron en la estación, los tiempos del proceso, cuantos salieron, etc. Toda esa información el mismo software la realiza tanto para los nodos, como las funciones, como para los combiners y separators; y esta información se presenta como en la ilustración 100.

Si se desea conocer un dato muy específico de alguna de las funciones o los mismos caminos, esto se puede saber leyendo la tabla de izquierda a derecha como lo podemos ver en la imagen; tomemos como ejemplo la función de poka-yoke de la cual queremos comprobar que efectivamente salen los 3 900 tableros, así que nos vamos al apartado de procesamiento, cuantos tableros pasaron a través del proceso, número de tableros que salieron, dando un total de 3 900 (Para mayor referencia seguir el flujo en color verde).

Object Type	Object Name	Data Source	Category	Data Item	Statistic	Average Total
Server	PokaYoke	InputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Maximum (Hou...)	0,0199
					Minimum (Hou...)	0,0000
			Throughput	NumberEntered	Total	3.900,0000
				NumberExited	Total	3.900,0000
		OutputBuffer	Throughput	NumberEntered	Total	3.900,0000
				NumberExited	Total	3.900,0000
		Processing	Content	NumberInStation	Average	0,4724
					Maximum	1,0000
			HoldingTime	TimeInStation	Average (Hou...)	0,0153
					Maximum (Hou...)	0,0183
					Minimum (Hou...)	0,0123
		Throughput		NumberEntered	Total	3.900,0000
				NumberExited	Total	3.900,0000
Rack_ProdTerminado	[Resource]	Capacity		ScheduledUtilization	Percent	11,1127
				UnitsAllocated	Total	3.900,0000
				UnitsScheduled	Average	1,0000
					Maximum	1,0000
				UnitsUtilized	Average	0,1111
					Maximum	1,0000
		ResourceState		TimeProcessing	Average (Hou...)	0,0036
					Occurrences	3.900,0000

Ilustración 100 Resultados de la simulación

Esto mismo se puede repetir si se necesita para todas las funciones, pero nos enfocamos en la última estación porque es la que nos interesa conocer si se sacaron correctamente la cantidad de piezas o no. De esta manera concluimos la parte de la simulación del antes, para la simulación del después usaremos este mismo archivo, pero haciendo unas modificaciones para poder integrar la mejora propuesta, tema que se abordará más adelante.

4.4.8. Diagrama células de trabajo

Antes de entrar al balanceo de línea como tal, hay un punto importante a considerar para poder hacer un balance correctamente y es el tema de la logística de cómo están distribuidas las estaciones ya que no se puede llevar a cabo una unión de estaciones que están separadas por una distancia físicamente lejana, si se quisiera hacer la unión de la estación por ejemplo como Gluing y componentes 3 conllevaría complicaciones para un operador trasladarse entre estas dos estaciones.

En la ilustración 101, se muestra el lay out original de la planta, mientras que en la ilustración 102 se identificó por cuadrantes la locación de las estaciones descritas en el apartado de la toma de tiempos



Ilustración 101 Lay out original

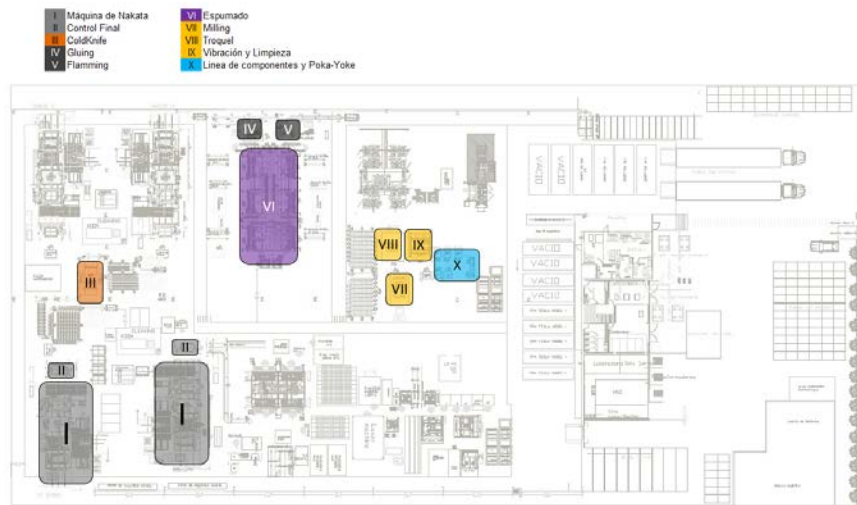


Ilustración 102 Lay out especificado

Con base en esto en la siguiente ilustración 103, se está agrupando por células las estaciones que se pueden balancear.

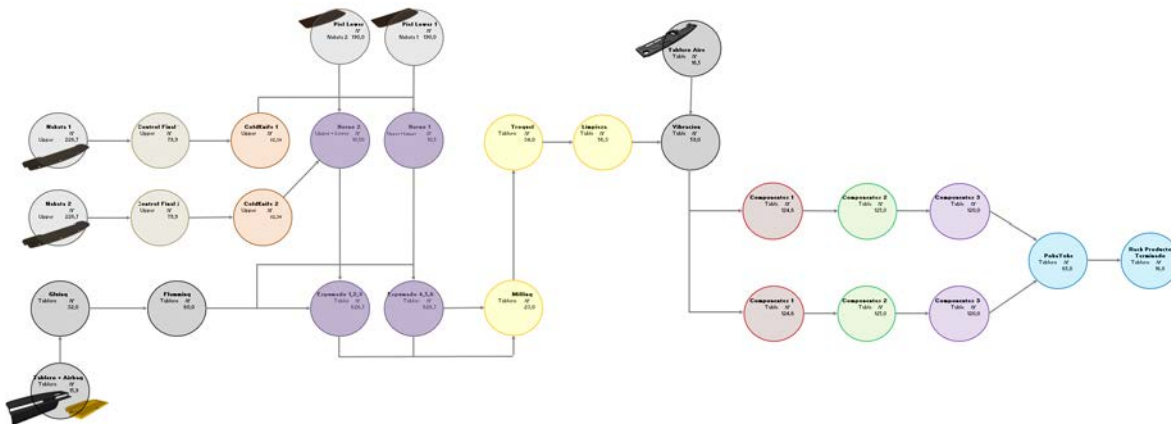


Ilustración 103 Células divididas

4.4.9. Balanceo de línea

El primer paso realizado para poder comenzar con el balanceo fue el cálculo del tack time tanto de la empresa como del cliente; la importancia de que el tack time de la empresa NO supere al del cliente es que si el tiempo de la empresa supera al del cliente quiere decir que nos somos capaces de surtir a tiempo los tableros que son requeridos.

Para ello se realizó primero el cálculo del TT (Tack Time) del cliente, el cual se indica en el PDP que es que cada 124.62 segundos se necesita un tablero; el valor sale de la siguiente formula:

$$\text{Tack Time} = \frac{((\text{Tiempo de corrida programada por semana} - \text{Paros planeados}) * 60)}{\text{Requerimiento semanal}}$$

El tiempo de corrida programada (TCP) a la semana sale de la siguiente cuenta:

$$TCP = (24 * 60) * 6$$

$$TCP = 8\ 640 \text{ min}$$

Donde:

- (24*60) son las horas que tiene un día convertido a minutos
- 6 es el total de días laborales por parte del cliente

La segunda parte del cálculo para el tack time es los paros planeados (PP) del cliente, en este caso como no se conoce exactamente que paros planeados son los que cuentan, el valor que se toma son los de la comida de los operadores que son de ley y esta descrito en la tabla 21.

Tabla 21 Paros planeados cliente

Paros Planeados CLIENTE		
Días Lab:	6	Días
Comidas	30	min
Total Día:	90	3 turnos
Total, Sem:	540	min de comida

Donde:

- 90 es el total de minutos que se descuentan al día por comida siendo 30 min por 3 turnos
- 540 es el total de minutos a la semana que se descuentan de comida, que son los 90 minutos diarios por los 6 días laborales

El requerimiento semanal según el PDP proporcionado para el proyecto es de 3 900 tableros semanales; el tiempo tanto de TCP como de PP está en minutos y se debe de restar ya que la planta no trabaja el 100% del tiempo que marca el TCP, sino que se le debe de quitar el tiempo que no está siendo productivo, así que es necesario realizar la resta y multiplicar el resultado por 60 para obtener cada cuantos segundo debe salir una

pieza para la construcción del vehículo, por lo que nos da un Tack time final para el cliente de:

$$Tack\ Time\ CLIENTE = \frac{((8460\ min - 540\ min) * 60)}{3900}$$

$$Tack\ Time\ CLIENTE = 124.62\ Seg/pza$$

Para el caso del cálculo del Tack time de la empresa se realizó la misma cuenta, pero con la diferencia de los paros planeados, los cuales, si hay un cambio debido a las actividades extras que se deben de llevar a cabo antes de iniciar producción, estos están listados a continuación en la tabla 22.

Tabla 22 Paros planeados de la empresa

Paros Planeados de la EMPRESA		
Comidas	30	min
Sanitización y 5S	10	min
Liberación Primera Pieza	10	min
Total.:	50	min

Debido a que una de las propuestas para el proyecto es la eliminación del tercer turno, los 50 min de PP de la empresa van a ser aplicables únicamente a los 6 días laborales y los 2 turnos que son los propuestos, dando así un PP final de:

$$Paro\ Planeado\ EMPRESA = ((50\ min * 2\ turnos) * 6\ días)$$

$$Paro\ Planeado\ EMPRESA = 600\ min$$

El Tack time final de la empresa queda en:

$$Tack\ Time\ EMPRESA = \frac{((8460\ min - 600\ min) * 60)}{3900}$$

$$Tack\ Time\ EMPRESA = 123.69\ Seg/pza$$

$$TT\ EMPRESA = 123.69\ Seg/pza < TT\ CLIENTE = 124.62\ Seg/pza$$

En conclusión, de esta primera parte se puede decir que si es posible para la empresa realizar el surtimiento de los tableros para el cliente ya que el tack time es menor al del cliente.

La segunda parte del balanceo consiste en realizar el análisis de que estaciones son las que se pueden fusionar para identificar las estaciones que en conjunto pueden cumplir mejorar el proceso dentro de la planta, esto se obtiene con el cálculo de la capacidad de planta (Tabla 31, columna "Suma").

Lo que se busca es que las estaciones que se quieren fusionar, su columna "Total" al sumarse den un valor entero o muy cercano al entero, porque esto indica la cantidad de

veces que se tiene que aumentar esas estaciones en total para poder surtir la demanda de 3900 tableros (ejemplo. La estación de Poka-yoke y Rack de producto terminado por si solas están usando solo 0.77 y 0.20 de capacidad respectivamente), si el valor al momento de la suma sobrepasa por muy poco no es funcional ya que eso significa que se tendría tiempo de sobra en la estación, lo que se traduce en trabajadores que no tendrían nada que hacer; sin embargo el valor podría ser posible que sea menor siempre y cuando las áreas que se quieren poner en la misma célula no les permita unirse debido a las locaciones lejanas a las que se encuentran.

Los valores utilizados para esta segunda parte son los valores máximos que se pudieron ver en las tablas de la toma de tiempos, sin embargo, existe una diferencia para ciertas estaciones que se están considerando ya como los tiempos para el proceso en serie que se explican a continuación:

- **Gluing y Flamming**

Únicamente se está considerando el tiempo de la máquina, si vemos el proceso ya en serie solo al inicio del turno se hace la instalación de los componentes de la estación, ya que, si continuamos el proceso, el tiempo de instalación y desinstalación sumados es menor al tiempo del proceso de la máquina, además de que se hacen simultáneamente.

- **Horno**

Para el caso del horno el único tiempo que se considera es el ingreso y la recolección de las pieles, el tiempo del horneado de las pieles que se ingresan no es necesario que el operador se encuentre en la estación para que se pueda llevar a cabo, la única interacción es la del tiempo para hacer los cambios, es por ello que solo se considera este tiempo para el balanceo.

- **Milling, Troquel, Limpieza y vibración**

Una de las propuestas que se hizo fue la de quitar al operador de troquel y repartir los tiempos de instalación y desinstalación en la estación entre los operadores que están en Milling y limpieza como se puede ver en la tabla 23. Tal y como ocurrió con el caso de Gluing y Flamming el tiempo que se está considerando para los tiempos de producción.

Tabla 23 Distribución de tiempos

Proceso	Actividad	Tiempo Min.	Tiempo Max.	Nuevo TE Mínimo	Nuevo TE Máximo
Milling	Montaje de Tablero	4,10	5,30	37,2	40,5
	Proceso	23	23		
	Desmontaje	4,00	4,90		
Troquel	Montaje de Tablero	6,10	7,30	34	34
	Proceso	34	34		
	Desmontaje	5,10	6,30		
Limpieza				45,1	56,3
	Proceso	40,00	50,00		
Vibración	Montaje de Tablero	14,60	16,50	54,9	59,0
	Proceso	33	33		
	Desmontaje	7,30	9,50		

- **Ensamble de componentes 1, 2 y 3**

En el caso de las estaciones de ensamble de componentes se notó que en la distribución original los componentes que eran iguales como lo es el Clip U

Standard o los Clip Grommet se instalaban diferentes cantidades en estaciones diferentes como se puede ver en la tabla 24.

La propuesta que se realizó fue la de colocar los componentes que son iguales o que comparten características similares en la misma estación sin afectar el tiempo que ya les tomaba en el proceso original; para ello seleccionamos el menor y mayor tiempo para el ensamble de los componentes (Valores de las tablas capítulo 4, páginas 24 y 25) y se dividieron entre el número de piezas que se instalan en total dando como resultado los tiempos descritos en la tabla 25.

Con base a esos valores se realizó la distribución (Tabla 26) y suma de los tiempos (Tabla 27) para igualar los tiempos originales; al ser prácticamente el mismo tipo de componentes, se espera que con esta nueva distribución los operadores se les facilite el aprendizaje de que y cuantos componentes deben de poner, al ser básicamente los mismos también se espera que la práctica lo ayude para incluso reducir el tiempo de instalación y poder hacer el trabajo de cada una de las estaciones más rápido; por esa razón, se está considerando estos nuevos tiempos para el balanceo a manera de comprobar si es posible realizar el cambio en las estaciones, sin afectar la demanda.

Tabla 24 Distribución de componentes Original











DISTRIBUCIÓN ORIGINAL		
Estación 1	Estación 2	Estación 3
 (2 c/u) Foam Side Demister	 (11) Clip U Standard	 (9) Clip U Standard
 (2) Clips Special	 (2) Speaker A Defroster	 (11) Clip Grommet
 (8) Retaining en Lower	 (11) Clip Grommet	 (2) Speaker Defroster
	 (1) Windscreen En Defroster	

Tabla 25 Tiempos individuales de componentes











Imagen de componente										
Descripción	Retaining en Lower	Foam Side Demister	Clips Special	Clip U Standard	Speaker A Defroster	Clip Grommet	Windscreen En Defroster	Clip U Standard	Clip Grommet	Speaker Defroster
No. Piezas	8 Piezas	4 Piezas	2 Piezas	9 Piezas	2 Piezas	11 Piezas	2 Piezas	11 Piezas	11 Piezas	2 Piezas
Tiemp. MAX para ensamble	51,06	30,8	26,14	30,13	21,91	31,84	23,12	47,72	40,4	19,88
Tiemp. MIX para ensamble	49,20	29,70	20,00	29,00	20,34	31,10	21,40	44,60	39,23	15,30

Tabla 26 Nueva propuesta para instalación de componentes












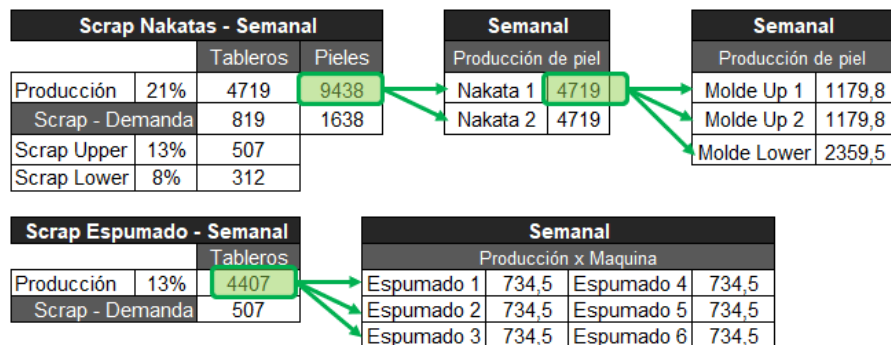
PROPUESTA			
			
Clip U Standard	Clip Grommet	Speacker A Defroster	
Piezas 9	Piezas 11	Piezas 2	
Tiempo MAX 30,13	Tiempo MAX 31,84	Tiempo MAX 21,91	
Tiempo MIN 29,00	Tiempo MIN 31,1	Tiempo MIN 20,34	
			
Clip U Standard	Clip Grommet	Windscreen En Defroster	
Piezas 11	Piezas 11	Piezas 2	
Tiempo MAX 47,72	Tiempo MAX 40,4	Tiempo MAX 23,12	
Tiempo MIN 44,60	Tiempo MIN 39,23	Tiempo MIN 21,40	
			
Clips Special	Foam Side Demister	Speacker Defroster	
Piezas 2	Piezas 4	Piezas 2	
Tiempo MAX 26,14	Tiempo MAX 30,8	Tiempo MAX 19,88	
Tiempo MIN 20,00	Tiempo MIN 29,70	Tiempo MIN 15,30	
			
Retaining en Lower		Retaining en Lower	
Piezas 1		Piezas 7	
Tiempo MAX 6,3825		Tiempo MAX 44,6775	
Tiempo MIN 6,15		Tiempo MIN 43,05	

Tabla 27 Nuevos tiempos de instalación de componentes

	Tiempo Máximo		
Tiempo para poner piezas	110,3725	103,04	109,5875
Tiempo de Montaje/ Desmontaje	14,2	17	15,4
No. Total de Piezas	23	26	13
Tiempo TOTAL.:	124,5725	120,04	124,9875
Redondeo.:	125	121	125
Orden para las estaciones	PUESTO 1	PUESTO 3	PUESTO 2
	Tiempo Mínimo		
Tiempo para poner piezas	99,75	100,03	100,09
Tiempo de Montaje/ Desmontaje	14,2	17	15,4
No. Total de Piezas	23	26	13
Tiempo TOTAL.:	113,95	117,03	115,49
Redondeo.:	114	118	116
Orden para las estaciones	PUESTO 1	PUESTO 3	PUESTO 2

El siguiente punto importante a considerar es el Scrap que saca cada una de las estaciones, a pesar de que el dato del Scrap es general (21% área de Nakatas y 13% área de espumado) cada una de las estaciones contribuye a alcanzar ese valor, por esa misma razón se tiene que distribuir el scrap generado en cada una de las estaciones como lo podemos ver en la tabla 28, el proyecto al estar enfocado en el área de espumado el 13% de Scrap con el que cuenta la estación se repartió entre las 6 estaciones (debido a que el scrap se reporta en general y no por estación), resultando en que cada una de ellas genera 735 tableros como desperdicio.

Tabla 28 Scrap generado por estación



Para entender si contamos con la capacidad para surtir la demanda necesitamos calcular la capacidad de planta requerida, por lo que los cálculos necesarios se describen a continuación:

Tiempo requerido para cumplir la demanda

- T.E. – Tiempo estándar de cada operación considerando los valores descritos en el apartado anterior
- Piezas – Son la cantidad de piezas (Tableros o pieles) que saca esa estación en su respectivo T.E.
- Demanda con Scrap – es la cantidad de tableros a producir a la semana considerando el scrap el cual viene desglosado en el diagrama 2 anterior.
- $Tot (S \cdot Pza) = \left(\frac{T.E.}{Piezas} \right) * Demanda\ con\ Scrap$

Este cálculo nos permite saber para cada una de las estaciones el total de tiempo en segundos que le toma a la semana producir todas las piezas considerando el scrap

Capacidad de planta requerida

Para entender el valor del tiempo de corrida semanal es importante recordar que el proceso actual en la planta considera 50 min de paros planeados por turno y que a pesar de que se tienen 3 turnos, estos se van a reducir a 2 de 8 y 9 horas como se puede ver en la tabla 29; al momento de que convertimos las 8 y 9 horas a min y le quitamos a cada uno el paro planeado de 50 min nos da como resultado que en el primer turno se cuenta con 430 min productivos para generar tableros y en el segundo se cuenta con 490 al cual lo estamos denominando como TCP (Tiempo de Corrida Programada).

Para sacar toda la producción esta se realiza en un periodo de 6 días, por lo que el TCP en minutos a la semana por turno sale de multiplicar los TCP de la tabla 29 por 6 días, dando como resultado los valores de "TCP (min/sem)" de la tabla 30, lo único que resta es convertir ese tiempo a segundos dándonos un total de 331200 segundos de tiempo de corrida a la semana.

Tabla 29 Horarios por turno

Turno			Horas	Total, TCP	
1	6:00 AM	2:00 PM	8	430	min
2	2:00 PM	11:00 PM	9	490	min
Total			17	920	min

Tabla 30 Tiempos de Corrida Programada

Turno	TCP (min/sem)	TCP (Hora/sem)	Seg.
1er T	2580	43	154800
2do T	2940	49	176400
Total	5520	92	331200

Finalmente, para poder calcular la capacidad de planta total de cada una de las estaciones tomamos el valor de “Tot (S•Pza)” y se divide entre el “tiempo de corrida semanal (Seg)”, el resultado nos indica que tanto se está usando la estación, lo que nos da pauta para poder formar las células de trabajo las cuales están agrupadas por colores en la tabla 31.

Tabla 31 Capacidad de la empresa

Célula descripción	Tiempo requerido para cumplir la demanda				Capacidad de planta requerida		Suma
	T.E.	Piezas	Demanda con Scrap	Tot (S-Pza)	Tiempo de corrida semanal (seg)	Total	
Nakata 1 Upper molde 1	226,70	2	1180	133724,66	331200	0,40	1,15
Nakata 1 Upper molde 2	226,70	2	1180	133724,66	331200	0,40	
Nakata 1 Piel Lower 1	190,00	4	2360	112076,25	331200	0,34	
Control Final 1	79,90	1	2360	188524,05	331200	0,57	1,14
Nakata 2 Upper molde 1	226,70	2	1180	133724,66	331200	0,40	1,15
Nakata 2 Upper molde 2	226,70	2	1180	133724,66	331200	0,40	
Nakata 2 Piel Lower 2	190,00	4	2360	112076,25	331200	0,34	
Control Final 2	79,90	1	2360	188524,05	331200	0,57	
Cold knife 1	82,30	1	2203,5	181348,05	331200	0,55	1,10
Cold knife 2	82,30	1	2203,5	181348,05	331200	0,55	
Gluing	32,00	1	4407	141024	331200	0,43	
Flamming	60,00	1	4407	264420	331200	0,80	
Espumado 1	208,90	1	734,5	153437,05	331200	0,46	0,74
Espumado 2	208,90	1	734,5	153437,05	331200	0,46	
Espumado 3	208,90	1	734,5	153437,05	331200	0,46	
Horno 1	10,50	2	4407	92547	331200	0,28	
Espumado 4	208,90	1	734,5	153437,05	331200	0,46	0,74
Espumado 5	208,90	1	734,5	153437,05	331200	0,46	
Espumado 6	208,90	1	734,5	153437,05	331200	0,46	
Horno 2	10,50	2	4407	92547	331200	0,28	
Milling	23,00	1	3900	89700	331200	0,27	1,33
Troquel	34,00	1	3900	132600	331200	0,40	
Limpieza	56,30	1	3900	219570	331200	0,66	
Vibración	59,00	1	3900	230100	331200	0,69	
Componentes 1 - Línea 1	124,57	1	1950	242916,38	331200	0,73	1,47
Componentes 1 - Línea 2	124,57	1	1950	242916,38	331200	0,73	
Componentes 2 - Línea 1	124,99	1	1950	243725,63	331200	0,74	1,47
Componentes 2 - Línea 2	124,99	1	1950	243725,63	331200	0,74	
Componentes 3 - Línea 1	120,04	1	1950	234078	331200	0,71	1,41
Componentes 3 - Línea 2	120,04	1	1950	234078	331200	0,71	
Poka-yoke	65,80	1	3900	256620	331200	0,77	0,97
Rack Producto Terminado	16,75	1	3900	65325	331200	0,20	

Como podemos apreciar, la suma de las células de trabajo que están por color podemos ver que si se aumentara a una segunda estación cada una de las estaciones estaría utilizándose un porcentaje muy bajo del 50% de esa nueva estación en hacer producción de las piezas lo que llevaría a un costo muy elevado el realizar la instalación de nuevas maquinarias, cambios en la logística, la demanda de materiales, consumo de energía, contratación de personal adicional, capacitaciones y múltiples gastos adicionales para producir la misma demanda de 3900 tableros.

Para evitar este escenario lo que se debe hacer en cambio es un balanceo en los tiempos muertos de los operadores de ciertas estaciones para que brinden soporte en aquellas áreas donde no saldría totalmente la producción y de esa manera, utilizando los mismos recursos con los que se cuenta actualmente se pueda tanto eliminar el turno, como sacar la producción sin necesidad de aumentar la cantidad de operadores o maquinaria.

Pero para conocer cuales estaciones cuentan con tiempos muertos y cuáles son las que aun trabajando el 100% del tiempo les hace falta tiempo para sacar la producción (como van a ser las estaciones de componentes como lo podremos ver más adelante en este mismo capítulo en el apartado “Balanceo de espumado y línea de componentes”), es necesario saber en piezas cuanto les falta producir; este cálculo es el mismo para todas las estaciones así que se mencionara los casos más importantes y se mostrara como quedaron los resultados de los demás.

EJEMPLO 1: Estación de espumado

Por estación necesitamos conocer la cantidad de piezas que saca por hora, en la tabla 32, en el recuadro “Pzas x Hrs” su valor se calcula mediante la siguiente formula:

$$Pzas \ x \ Hrs = \frac{3600}{T.E.}$$

Donde:

- 3600 son los segundos que tiene 1 hora
- T.E. es el tiempo estándar de la estación o las estaciones que se combinaron

Para el caso de la estación de espumado se considera para el T.E. el tiempo de la estación de espumado más el tiempo que está el operador en el horno dando como resultado:

$$Pzas \ x \ Hrs = \frac{3600}{208.9 + 10.5}$$

$$Pzas \ x \ Hrs = 16.4 \ Tableros \ por \ hora$$

Donde:

- 208.9 es el tiempo estándar de la estación de espumado
- 10.5 es el tiempo estándar de la estación de Horno

Como en la tabla 31 (la cual se vio anteriormente), la capacidad de planta requerida para esta estación es 0.74 (Que sale de la suma de la estación de espumado y la de horno), esto lo podemos ver en la tabla 32 como “Est 1.” Que significa que con 1 sola de estas estaciones es posible generar la producción necesaria para hacer los 735 tableros que le corresponde a esa estación.

Por turno debemos saber cuántos tableros son posibles de fabricar, para ello se realiza la siguiente formula por estación y por turno:

$$Piezas \ producidas = (Pzas \ x \ Hrs) * (TCP \ Hr/sem)$$

$$\text{Piezas producidas (1º Turno)} = 16.41 * 43 = 705.561$$

$$\text{Piezas producidas (2º Turno)} = 16.41 * 49 = 804.011$$

Donde:

- Pzas x Hrs – son los 16.41 que calculamos en el punto anterior
- TCP hr/sem – son las horas respectivas por turno, 43 para el primero y 49 para el segundo que salen de la tabla 30.

Para completar la tabla simplemente se suma lo que se produjo a la semana por turno y ese valor se le resta al requerimiento semanal (3900 semanal, 4407 considerando scrap, 735 por estación)

$$\text{Piezas faltantes} = 735 - 1509.5716 = -775$$

El resultado nos da un valor negativo, lo que significa que se está produciendo en esa estación 775 tableros de más, tableros que no son necesarios porque excederían la demanda solicitada por el cliente y que por ende es un tiempo que se puede usar de la estación a la semana para que en lugar de que produzca los 775 tableros, el operador brinde soporte en otra área.

Tabla 32 Piezas generadas en Espumado

Espumado 1 con Horno 1								
Pzas x Hrs		Est 1.					Total	Faltantes
16,41	1º Turno	705,561					705,56062	
	2º Turno	804,011					804,01094	
						Σ	1509,5716	-775

EJEMPLO 2: Estación de componentes 1

Cálculo de Pzas x Hrs

$$\text{Pzas x Hrs} = \frac{3600}{T.E.}$$

Donde:

- 3600 son los segundos que tiene 1 hora
- T.E. es el tiempo estándar de la estación 124.57 seg

$$\text{Pzas x Hrs} = \frac{3600}{124.57}$$

$$\text{Pzas x Hrs} = 28.90 \text{ Tableros por hora}$$

Cálculo de las piezas producidas a la semana por turno

$$\text{Piezas producidas} = (\text{Pzas x Hrs}) * (\text{TCP Hr/sem})$$

$$\text{Piezas producidas (1º Turno)} = 28.9 * 43 = 1242.64$$

$$\text{Piezas producidas (2º Turno)} = 28.9 * 49 = 1416.04$$

El resultado nos da un valor positivo, lo que significa que se está produciendo en esa estación 1241 tableros de menos, tableros que son necesarios porque son parte de la demanda solicitada por el cliente y que por ende es un tiempo extra que se necesita de apoyo por parte de otra estación para poder completar el requerimiento con los recursos con los que se cuenta actualmente.

Tabla 33 Piezas generadas Componentes 1

Componentes 1 Líneas 1 & 2						
Pzas x Hrs		Est 1.			Total	Faltantes
28,90	1º Turno	1242,65			1242,6499	
	2º Turno	1416,04			1416,0429	
					Σ 2658,6927	1241

Este mismo proceso se repite para cada una de las estaciones, en el siguiente apartado se puede visualizar como quedan cada una de las estaciones con sus respectivas piezas de producción marcadas en rojo las estaciones que les falta producir tableros y verde las estaciones que están produciendo tableros de más que no son necesarios:

Tabla 34 Piezas generadas Nakata

Nakata 1						
Pzas x Hrs		Est 1.			Total	Faltantes
44,76	1º Turno	1924,77			1924,7746	
	2º Turno	2193,35			2193,3478	
					Σ 4118,1225	601

Tabla 35 Piezas generadas Control final

Control Final						
Pzas x Hrs		Est 1.			Total	Faltantes
45,06	1º Turno	1937,42			1937,4218	
	2º Turno	2207,76			2207,7597	
					Σ 4145,1815	574

Tabla 36 Piezas generadas Cold Knife

Cold knife						
Pzas x Hrs		Est 1.			Total	Faltantes
43,74	1º Turno	1880,92			1880,9235	
	2º Turno	2143,38			2143,3779	
					Σ 4024,3013	383

Tabla 37 Piezas generadas Gluing

Gluing						
Pzas x Hrs		Est 1.			Total	Faltantes

112,50	1° Turno	4837,5			4837,5	
	2° Turno	5512,5			5512,5	
					Σ 10350	-5943

Tabla 38 Piezas generadas Flamming

Flamming						
Pzas x Hrs		Est 1.			Total	Faltantes
60,00	1° Turno	2580			2580	
	2° Turno	2940			2940	
					Σ 5520	-1113

Tabla 39 Piezas generadas Espumado 1

Espumado 1 con Horno 1							
Pzas x Hrs		Est 1.				Total	Faltantes
16,41	1° Turno	705,561				705,56062	
	2° Turno	804,011				804,01094	
						Σ 1509,5716	-775

Tabla 40 Piezas generadas Espumado 2

Espumado 2 con Horno 1							
Pzas x Hrs		Est 1.				Total	Faltantes
16,41	1° Turno	705,561				705,56062	
	2° Turno	804,011				804,01094	
						Σ 1509,5716	-775

Tabla 41 Piezas generadas Espumado 3

Espumado 3 con Horno 1							
Pzas x Hrs		Est 1.				Total	Faltantes
16,41	1° Turno	705,561				705,56062	
	2° Turno	804,011				804,01094	
						Σ 1509,5716	-775

Tabla 42 Piezas generadas Milling, Troquel & Limpieza

Milling, Troquel & Limpieza						
Pzas x Hrs		Est 1.	Est 2.		Total	Faltantes

31,77	1° Turno	1366,28	1366,28		2732,5684	
	2° Turno	1556,93	1556,93		3113,857	
					Σ 5846,4254	-1946

Tabla 43 Piezas generadas Vibración

Vibración						
Pzas x Hrs		Est 1.			Total	Faltantes
61,02	1° Turno	2623,73			2623,7288	
	2° Turno	2989,83			2989,8305	
					Σ 5613,5593	-1714

Tabla 44 Piezas generadas Componentes 1

Componentes 1 Líneas 1 & 2						
Pzas x Hrs		Est 1.			Total	Faltantes
28,90	1° Turno	1242,65			1242,6499	
	2° Turno	1416,04			1416,0429	
					Σ 2658,6927	1241

Tabla 45 Piezas generadas Componentes 2

Componentes 2 Líneas 1 & 2						
Pzas x Hrs		Est 1.			Total	Faltantes
28,80	1° Turno	1238,52			1238,5239	
	2° Turno	1411,34			1411,3411	
					Σ 2649,865	1250

Tabla 46 Piezas generadas Componentes 3

Componentes 3 Líneas 1 & 2						
Pzas x Hrs		Est 1.			Total	Faltantes
29,99	1° Turno	1289,57			1289,5701	
	2° Turno	1469,51			1469,5102	
					Σ 2759,0803	1141

Tabla 47 Piezas generadas Poka-Yoke

Poka-yoke y Prod. Terminado						
Pzas x Hrs		Est 1.			Total	Faltantes
43,61	1° Turno	1875,23			1875,2271	
	2° Turno	2136,89			2136,8867	
					Σ 4012,1139	-112

4.5.0. Balanceo de línea (componentes)

Para contribuir a la reducción de un 3er turno en la empresa es necesario que la producción que era capaz de hacer los tres turnos actuales con todas las estaciones puedan realizarlo solamente en los 2 primeros turnos; sin embargo un tema importante para el Lean es no trabajar mediante un sistema Push en la que una estación se dedica a manufacturar sus piezas sin importarle que la estación que le sigue tenga varias acumuladas, lo que busca el lean es un sistema Pull en donde la estación que sigue le va indicando a la anterior cuando y cuantos tableros necesita para no generar inventarios entre estaciones y tener un mejor balanceo.

Para ello nos enfocamos en la penúltima estación que es la de componentes 3, la razón de que no se tomó la de poka-yoke es muy simple, y es que esa estación cada 65 segundos está sacando un tablero, por lo que la estación anterior que es la de componentes 3 el cual su tiempo es de 120.04 le va a ser muy difícil o casi imposible poder surtir los tableros, sin considerar que hay estaciones cuyo tiempo es aún mayor; lo que se hizo es mejor enfocar el sistema pull desde la mesa de componentes 3 y que la de poka-yoke quede como soporte para las demás estaciones.

Para conocer exactamente la cantidad de piezas que debe demandar la estación se dividió en 3 simples pasos:

El primer paso es el conocer cuál es la cantidad de tableros que puede producir una estación en el primer y segundo turno, este valor sale de las tablas que vimos en el apartado anterior y que podemos ver en la siguiente ilustración 104.

1	Producción 1er turno	1289,57
	Producción 2do turno	1469,51

Ilustración 104 Producción

El segundo paso es repartir los tableros que faltaron de manufacturar por parte del tercer turno y repartirlo en los dos primeros, el dato de 1,141 tablero sale de las mismas tablas que se vieron con anterioridad y este valor se va a dividir entre 2 (porque se trabajaría con 2 turnos) para sacar la cantidad de tableros que se requieren por turno y después ese valor se divide entre 6 días que son los laborales por parte de la empresa, dando así los resultados mostrados en la ilustración 105.

2	Piezas faltantes	1141
	Piezas faltantes por turno	570,4598
	Piezas faltantes por turno por día	95,07664

Ilustración 105 Piezas faltantes

El tercer y último paso para conocer la demanda en la estación es solo sumar los tableros que son capaces de generar cada turno junto con los 570.46 que resultaron del paso número 2, el resultado es el total de piezas buenas que debe de sacar las dos estaciones de componentes 3 por turno (ilustración 106) para cubrir la demanda de 3900 tableros.

	Piezas que llegaron	Piezas Adicionales	Total
1°	1289,57	570,46	1860,0
2°	1469,51	570,46	2040,0

Ilustración 106 Nueva producción total

Para el caso de las líneas de componentes aplicamos este mismo calculo para conocer la cantidad de piezas que le hace falta por producir por turno y por día, es importante también mencionar que lo que se busca es reducir la cantidad de personal involucrado en estas 6 estaciones (3 mesas de componentes, 2 líneas, 6 estaciones en total) a solamente 1 línea con 3 estaciones y que la segunda solo este como soporte para las piezas que faltan.

Tal y como lo podemos ver en la ilustración 107, la cantidad de piezas faltantes por turno por día se multiplicaron por el T.E. dando como resultado los valores en rojo que es el tiempo en segundos que hace falta que se apoye por parte de otra estación para poder sacar toda la producción; estos valores son muy importantes ya que se abordaran en el siguiente apartado.

Tiempo Estandar:	124,57	Tiempo Estandar:	124,99	Tiempo Estandar:	120,04
Componentes 1 Línea 1		Componentes 2 Línea 1		Componentes 3 Línea 1	
Piezas faltantes	1241,3	Piezas faltantes	1250,1	Piezas faltantes	1141
Piezas faltantes por turno	620,7	Piezas faltantes por turno	625,1	Piezas faltantes por turno	570,4598
Piezas faltantes por turno por día	103,4	Piezas faltantes por turno por día	104,2	Piezas faltantes por turno por día	95,07664
Segundos necesarios para construir las piezas 12886,06		Segundos necesarios para construir las piezas 13020,94		Segundos necesarios para construir las piezas 11413	

Ilustración 107 Piezas faltantes de la nueva producción

4.5.1. Balanceo de espumado

En el apartado anterior vimos la ilustración 106, donde se ve que el primer turno debe sacar un total de 1 860 tableros y el segundo turno un total de 2 040 para cubrir la demanda, sin embargo, este valor no considera el scrap que genera el área de espumado, por lo que los valores de 1 860 y 2 040 tableros son válidos para todas las estaciones antes de llegar a espumado para calcular el tiempo libre o que le falta por estación.

Con base a lo anterior recordamos que el scrap que genera el área de espumado es del 13% respecto al total del requerimiento, como no sabemos cuánto genera cada estación específicamente, el scrap se divide en las dos líneas, es decir, espumado 1 2 y 3, espumado 4 5 y 6. Ese scrap corresponde al 6.5% por lo que la conversión de ese scrap a tableros resulta en:

$$\text{Scrap} = 3900 * 6.5\%$$

$$\text{Scrap} = 253.5 \text{ Tableros adicionales por turno}$$

Como podemos ver en la tabla 48, la nueva producción que se debe de cubrir para no afectar el requerimiento del cliente es de 2 113.53 tableros para el primer turno y 2 293.47 tableros para el segundo turno.

Tabla 48 Nueva producción considerando scrap

Piezas requeridas			
1°	1860,03		
2°	2039,97	Scrap:	13%
Total	3900,00	Scrap 1er Tur:	6,5%
		Scrap 2do Tur:	6,5%
Scrap			
1°	253,50		
2°	253,50		
Total	507,00		
NUEVAS -Piezas con Scrap			
1°	2113,53	Tableros	
2°	2293,47	Tableros	

La nueva producción que se debe de cubrir por estación se calcula mediante la siguiente cuenta:

$$Piezas a producir (1^\circ Turno) = \frac{\left(\frac{2113.53}{2}\right)}{3}$$

$$Piezas a producir (1^\circ Turno) = 352.3 \text{ Tableros}$$

Donde:

- 2 – es la cantidad de líneas que se tienen (Espumado 1, 2 y 3) y (Espumado 4, 5, 6)
- 3 – la cantidad de estaciones que tiene cada línea (Espumado 1, Espumado 2, Espumado 3)

$$Piezas a producir (2^\circ Turno) = \frac{\left(\frac{2293.47}{2}\right)}{3}$$

$$Piezas a producir (2^\circ Turno) = 382.2 \text{ Tableros}$$

Dando como resultado que cada una de las estaciones se deben de fabricar 352.3 y 382.2 tableros respectivamente por turno

Tabla 49 Producción y tiempos libres en estaciones de Espumado

Tiempo Estandar: 219,40 <i>Por maquina</i>			Tiempo Estandar: 219,40 <i>Por maquina</i>		
Espumado & Horno 1, 2, 3			Espumado & Horno 4, 5, 6		
Piezas a producir			Piezas a producir		
1°	352,3	"/2" porque son 2 lineas y "/3" son 3 estaciones	1°	352,3	
2°	382,2	"/2" porque son 2 lineas y "/3" son 3 estaciones	2°	382,2	
Tiempo para inspeccionar las piezas			Tiempo para inspeccionar las piezas		
1°	25761,6	Piezas x Tiempo Estandar	1°	25761,6	Piezas x Tiempo Estandar
2°	27954,9	Piezas x Tiempo Estandar	2°	27954,9	Piezas x Tiempo Estandar
Tiempo disponible por semana			Tiempo disponible por semana		
1°	154800	Tiempo por semana	1°	154800	Tiempo por semana
2°	176400	Tiempo por semana	2°	176400	Tiempo por semana
Tiempo libre			Tiempo libre		
1°	129038,4	Tiempo por semana - Inspeccion de las piezas	1°	129038,4	Tiempo por semana - Inspeccion de las piezas
2°	148445,1	Tiempo por semana - Inspeccion de las piezas	2°	148445,1	Tiempo por semana - Inspeccion de las piezas
Tiempo libre por turno			Tiempo libre por turno		
1°	21506,4	Tiempo libre por dia por turno por molde	1°	21506,4	Tiempo libre por dia por turno por molde
2°	24740,9	Tiempo libre por dia por turno por molde	2°	24740,9	Tiempo libre por dia por turno por molde

Ahora que sabemos la cantidad de piezas que se deben de producir por turno, este valor se multiplica por el T.E. de la estación, el resultado que se puede ver en la tabla es tiempo que no podemos ocupar ya que lo va a utilizar para construir todos los tableros de la demanda.

Hay un valor que se mantiene constante en los cálculos de la tabla en todas las estaciones y es el "Tiempo disponible por semana", ese sale de la siguiente tabla 50, en donde el TCP a la semana se transformó de horas a segundos.

Tomando como ejemplo el primer turno, a la semana se cuenta con 43 horas laborales, si este mismo valor se divide entre 6 días nos da las horas por día, ese valor es el que se transforma a segundos para saber si "El tiempo para inspeccionar las piezas" de la tabla 49 anterior es mayor o menor al tiempo disponible en la semana, los valores presentados en esta tabla de "Seg / Sem" (Tabla 50) son los mismos que aparecen en la tabla 49 anterior.

Tabla 50 TCP en segundos

TCP	Hr / Sem (Lun-Sab)	Hr / Turno (1ero - 2do)	Seg / Turno	Seg / Sem
1ero	43	7,167	25800	154800
2do	49	8,167	29400	176400
		Σ	55200	331200

Finalmente, solo queda restar el "Tiempo disponible por semana" del "Tiempo para inspeccionar las piezas", el resultado lo que nos da son los segundos disponibles que cuenta el operador después de que produzca las piezas necesarias de la demanda, en el caso particular de las estaciones de espumado podemos ver como cada operador cuenta

con tiempo libre, tiempo que va a ser utilizado para apoyar en las líneas de ensamble de componentes.

4.5.2. Balanceo de espumado y línea de componentes

En puntos pasados se observó que cada una de las estaciones de componentes requieren que la línea dos les de soporte durante un determinado tiempo para poder completar la producción solicitada, en la tabla 51, se puede ver en horas el tiempo que se necesita que se de soporte en la línea 2.

Tabla 51 Tiempos para fabricar las piezas faltantes

	Tiempo necesario para crear piezas faltantes (Segundos)	Tiempo necesario para crear piezas faltantes (Minutos)	Tiempo necesario para crear piezas faltantes (Horas)
Ensamble de componentes 1	12886,06	214,8	3 horas 34 min
Ensamble de componentes 2	13020,94	217,0	3 horas 37 min
Ensamble de componentes 3	11413	190,2	3 horas 10 min

Para ello se va a usar el tiempo libre con el que cuentan las personas de espumado, en la tabla 52, viene el desglose de los horarios a cumplir por cada operador por turno, si tomamos como ejemplo el operador de la estación de espumado 1, la tabla nos indica que en un horario de 6:00 am a 10:25 am este operador se va a quedar en su estación original, produciendo piezas en la máquina de espumado, por esa razón los demás recuadros de la tabla están sombreados con un color gris; posteriormente, en un horario de 10:25 am a 2:00 pm, el operador debe trasladarse a la estación de componentes 1, durante ese lapso de tiempo, el operador esté encargado de realizar el ensamble de componentes en esta estación, para que las piezas que hacían falta por manufacturar sean realizadas; al final de las columnas se puede apreciar como la cantidad de tableros que puede producir, coincide con los tableros que hacían falta vistos en la ilustración 107.

Tabla 52 Nuevos horarios de espumado

Turno	Estación de Origen	Estación de Destino	Tiempo traslado (seg)	Horario	Tiempo Libre	Tiempo requerido	Restante	Tiempo Estandar	Piezas producidas
1°	Espumado 1	Espumado 1	0	6:00 am - 10:25 am					
	Espumado 1	Componentes 1, L2	6	10:25 am - 2:00 pm	21500,4	12886,06	-8614,3	124,57	103,44
	Espumado 2	Espumado 2	0	6:00 am - 10:23 am					
	Espumado 2	Componentes 2, L2	6	10:23 am - 2:00 pm	21500,4	13020,94	-8479,5	124,99	104,18
	Espumado 3	Espumado 3	0	6:00 am - 10:50 am					
	Espumado 3	Componentes 3, L2	6	10:50 am - 2:00 pm	21500,4	11413	-10087,4	120,04	95,08
2°	Espumado 1	Espumado 1	0	2:00 pm - 7:25 pm					
	Espumado 1	Componentes 1, L2	6	7:25 pm - 11:00 pm	24734,86	12886,1	-11848,8	124,57	103,44
	Espumado 2	Espumado 2	0	2:00 pm - 7:23 pm					
	Espumado 2	Componentes 2, L2	6	7:23 pm - 11:00 pm	24734,86	13020,94	-11713,9	124,99	104,18
	Espumado 3	Espumado 3	0	2:00 pm - 7:50 am					
	Espumado 3	Componentes 3, L2	6	7:50 pm - 11:00 pm	24734,86	11413	-13321,9	120,04	95,08

Con los cálculos realizados en todo este apartado, se usa para contribuir a la eliminación del tercer turno, a la reducción del personal en la línea de componentes 2 y con la ayuda del balanceo es posible realizar todos estos ajustes sin afectar la demanda del cliente; sin embargo, hace falta comprobar esta propuesta por medio de un software el cual nos indique si este análisis que se calculo puede llevarse a cabo.

4.5.3. Ayudas visuales

Dadas la situación de la empresa, se cree que los colaboradores se debían de encontrar en capacitación constante, por lo cual se decidió realizar ayudas visuales las cuales estarían distribuidas en las diferentes estaciones. Y se encontrarían disponibles durante el horario laboral en todo momento. Pero no solo sería un apoyo visual, si no que contarían con las instrucciones precisas para elaborar la tarea específica, paso a paso y con las pautas de trabajo necesarias, las ayudas visuales cuentan con fotografías reales del proceso, con un lenguaje que todos puedan comprender. Como se ha observado a través del tiempo, los recursos visuales nos proporcionan ayuda fundamental para mejorar la comprensión. Estas mismas favorecen el desarrollo de la autonomía personal, la auto evaluación, la organización del proceso, permite que personas nuevas puedan adentrarse de una manera segura al trabajo, antes de estar en piso de trabajo.

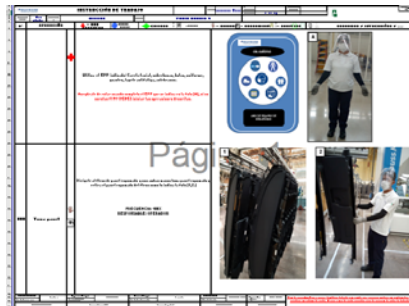


Ilustración 108 Ayuda visual - Equipo de protección

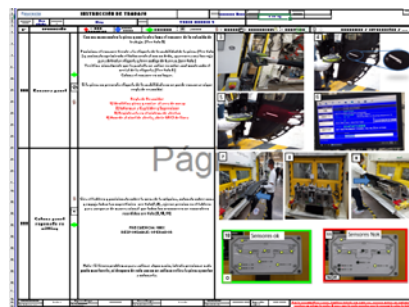


Ilustración 109 Ayuda visual - estación de milling

HORNO



Ilustración 110 Ayuda visual - Rack de pieles

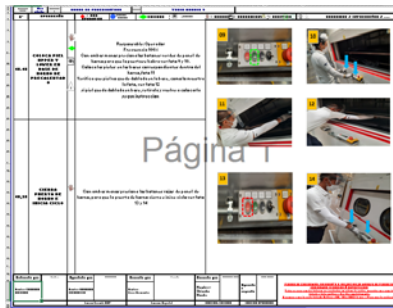


Ilustración 111 Ayuda visual - Horno

COLDKNIFE



Ilustración 112 Ayuda visual - montaje en rack

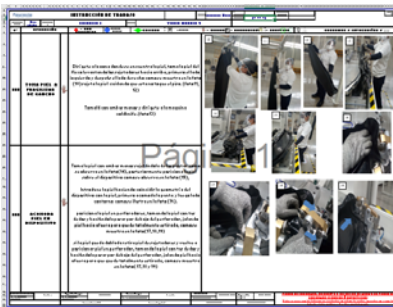


Ilustración 113 Ayuda visual - Inspección de pieles

COMPONENTES



Ilustración 114 Ayuda visual

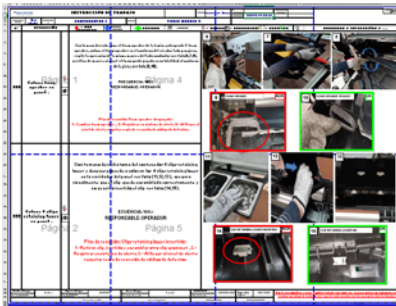


Ilustración 115 Ayuda visual - instalación de componentes

4.5.4. Propuesta realidad mixta

Actualmente en todas las empresas se cuenta con ayudas visuales realizadas en hojas de papel, mismas que al haber un cambio de ingeniería necesitan ser actualizadas, estas actualizaciones resultan en un gasto constante en papelería y retrasos en caso de requerir alguna actualización debido a un comentario por algún ingeniero de calidad, sin mencionar la cantidad de tiempo que toma el poder desplegarlas en todas las estaciones.

La propuesta realizada considera hacer la impresión únicamente de 1 única hoja, la cual, por medio de un programa de internet gratuito, es posible realizar el despliegue de ayudas visuales con links a videos y documentos técnicos que le permiten al operador tener la máxima información necesaria para poder realizar su trabajo en la estación. Este sistema permite visualizar en 3D también como son las estaciones y permite hacer más dinámico el entrenamiento para incluso una persona nueva en la estación.

Los ejemplos presentados a continuación en las ilustraciones 116 y 117 muestran como es el lay out actual de la planta, el cual por medio de una línea guía se pueden apreciar la ruta que toma el tablero desde que ingresa la materia a la primera estación, como el final de todos los procesos, lo que para un operador de nuevo ingreso le facilitaría identificar el área o áreas donde va a estar desempeñando su papel, este primer menú principal permite tener el panorama general de la planta y estar al tanto del proceso que se lleva a cabo en dicha estación sin la necesidad de moverse entre estaciones

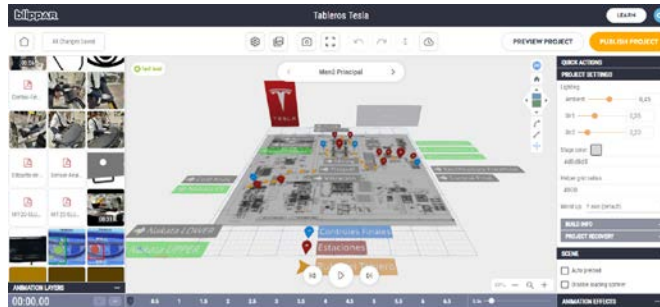


Ilustración 116 Menú principal

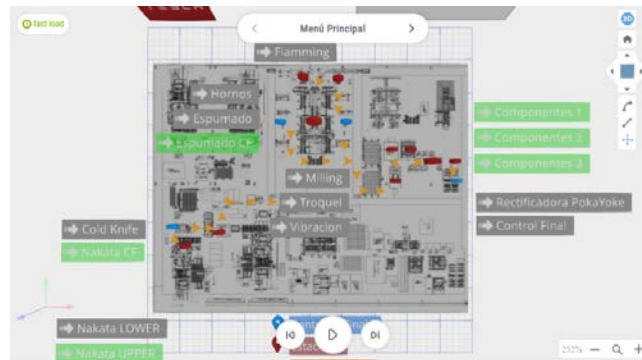


Ilustración 117 Menú principal vista superior

El área a la que se le dedico más tiempo en la generación de la propuesta es el área de componentes, la cual, por la cantidad de elementos que lleva cada uno es importante que quede claro para el operador la zona en donde va cada uno, la cantidad y la posición. Por esa misma razón en el sistema se diseñó la mesa donde se coloca el tablero y con el mayor detalle posible se ingresó un video específico de la estación en donde se puede apreciar el ensamble de los componentes, sumado a ello, se ingresó un botón el cual al darle clic este redirige a la persona a un PDF en donde tendrá acceso a la ayuda visual de la estación en específico.

En la misma figura del tablero y mesa en 3D (ilustraciones 118, 119 y 120) se colocó la imagen de los componentes que se deben de colocar en el tablero (ilustración 121), las cuales contienen información que es de uso diario en las áreas como lo es la descripción del componente, el número de parte que tiene, la cantidad de piezas que se instalan en cada tablero y por último se agregó una figura personalizada con forma y color para cada componente para que sea más fácil identificar la zona en la que va (ilustraciones 122, 123 y 124).

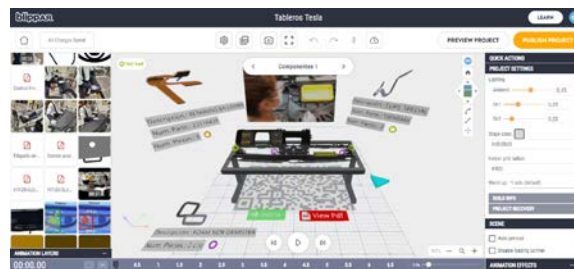


Ilustración 118 Mesa 3D de componentes 1/3



Ilustración 119 Mesa 3D de componentes 2/3



Ilustración 120 Mesa 3D de componentes 3/3

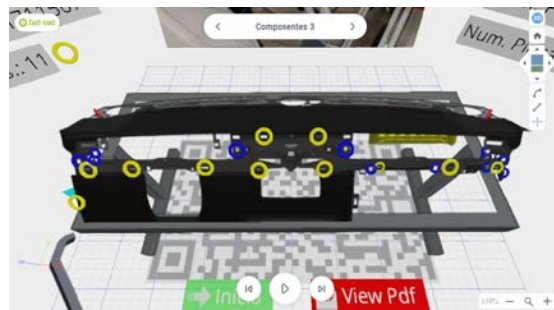


Ilustración 121 Ayudas visuales de los componentes

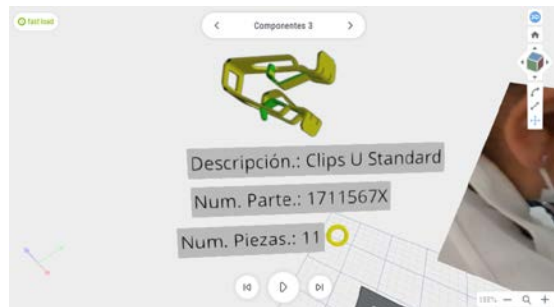


Ilustración 122 Componente 1

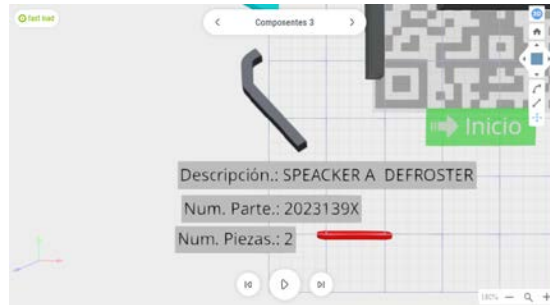


Ilustración 123 Componente 2

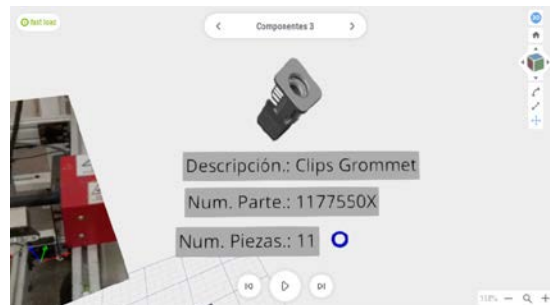


Ilustración 124 Componente 3

Parte de los beneficios que trae esta nueva plataforma es que ante cualquier cambio que se solicite, ya sea de ingeniería o nueva propuesta para la mejora en la presentación de la información, esta se puede actualizar en el momento que sea y los cambios se ven reflejados en segundos, lo que evita que se tenga que desplegar nuevas ayudas visuales y documentos en cada estación; la industria 4.0 está dirigiéndose a este tipo de tecnologías pero hacer su implementación suele ser costoso entre los equipos como cámaras, tabletas, sensores, etc. Este sistema le permite a la empresa a que cualquier operador desde su celular tenga acceso a la información más reciente escaneando con la aplicación de ese software (Blippar) el código QR que tendría en su estación, ilustración 125.

faurecia	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO (REALIDAD MIXTA)	PLANTA:	Accesorios Nave 2
DESCRIPCIÓN:	Ayudas visuales (Realidad Mixta)	PROCESO:	TESLA MODELO Y
	CODIGO QR PARA AYUDAS VISUALES		INSTRUCCIONES DE USO
		1. Descargar en el celular / Tableta la aplicación blippar 2. Conceder los permisos a la aplicación y activar la ubicación del dispositivo mientras este en uso la aplicación 3. En la esquina superior izquierda presiona en el engrane; en el menu "Ingresar un código promocional" ingresa el código:	
			
Ejemplo de visualización		4. Presiona el boton Tap to Scan para visualizar las ayudas visuales, cuida que la camara del celular siempre este visualizando el codigo para evitar problemas durante su uso.	
			

Ilustración 125 Código QR

4.5.5. Diagrama después

La propuesta que se está haciendo para la línea es la eliminación de la persona de la estación de troquel y las tres personas que se encuentran en la línea dos de componentes, tal y como se puede ver en la ilustración 126, marcado los operadores con una "x".

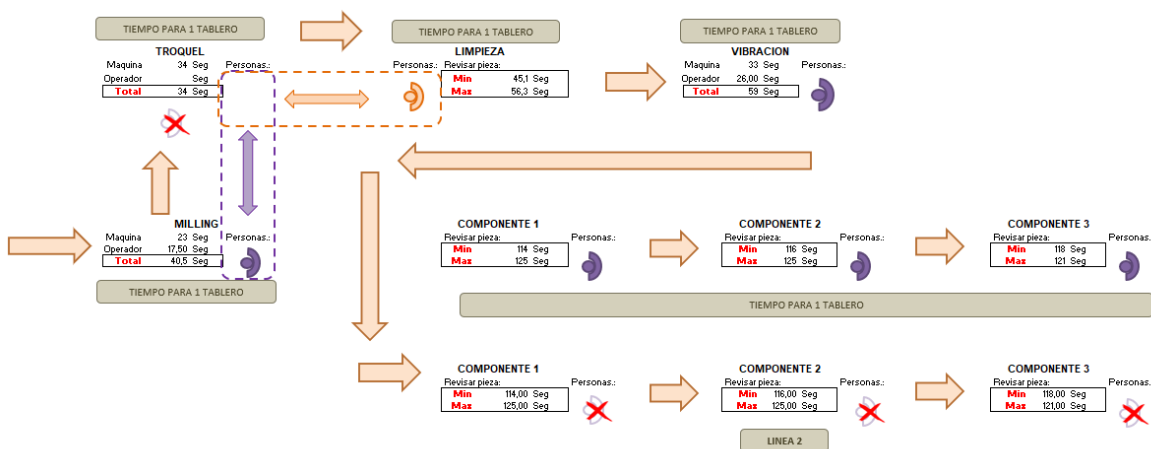


Ilustración 126 Nuevo diagrama para la reducción de personal

Para el caso de la persona que se encuentra en la estación de poka-yoke no sufre ningún cambio por lo que en el diagrama del después este se queda igual (ilustración 127).



Ilustración 127 Diagrama en área de Poka-Yoke

4.5.6. Scrap después

Elegimos el mes de octubre del 2021 como nuestro después y obtuvimos que antes de nuestras propuestas presentaron un scrap de 507 piezas en febrero y después de la propuesta en octubre obtuvimos el resultado de 395 piezas de scrap, se consiguió una reducción del 10.12% (+/- 2%).

Espumado Despues														Total.:	395
Cemento	Material	Tecno breve de material	Motivo	Centro de coste	Doc. material	Nombre de usuario	Aim.	Cdr	Tecno	Turno	cab.documento	Proveedor	Cod en LHM entrada		
1318	27670899NEL SMF IF FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCHIDAO	PR20	551	SCRAP	1T		23/10/2021			27	
1318	27670899NEL SMF IF FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCHIDAO	PR20	551	SCRAP	2T		23/10/2021			14	
1318	27670899NEL SMF IF FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCHIDAO	PR20	551	SCRAP	3T		24/10/2021			18	
1318	27670899NEL SMF IF FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCHIDAO	PR20	551	SCRAP	1T		25/10/2021			19	
1318	27670899NEL SMF IF FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCHIDAO	PR20	551	SCRAP	2T		25/10/2021			17	
1318	27670899NEL SMF IF FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCHIDAO	PR20	551	SCRAP	3T		26/10/2021			18	
1318	27670899NEL SMF IF FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCHIDAO	PR20	551	SCRAP	1T		26/10/2021			30	
1318	27670899NEL SMF IF FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCHIDAO	PR20	551	SCRAP	2T		26/10/2021			26	
1318	27670899NEL SMF IF FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCHIDAO	PR20	551	SCRAP	3T		26/10/2021			30	
1318	27670899NEL SMF IF FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCHIDAO	PR20	551	SCRAP	1T		27/10/2021			16	
1318	27670899NEL SMF IF FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCHIDAO	PR20	551	SCRAP	2T		27/10/2021			22	
1318	27670899NEL SMF IF FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCHIDAO	PR20	551	SCRAP	3T		27/10/2021			26	
1318	27670899NEL SMF IF FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCHIDAO	PR20	551	SCRAP	1T		28/10/2021			29	
1318	27670899NEL SMF IF FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCHIDAO	PR20	551	SCRAP	2T		28/10/2021			38	
1318	27670899NEL SMF IF FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCHIDAO	PR20	551	SCRAP	3T		28/10/2021			25	
1318	27670899NEL SMF IF FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCHIDAO	PR20	551	SCRAP	1T		28/10/2021			22	
1318	27670899NEL SMF IF FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCHIDAO	PR20	551	SCRAP	2T		29/10/2021			14	
1318	27670899NEL SMF IF FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCHIDAO	PR20	551	SCRAP	3T		29/10/2021			17	
1318	27670899NEL SMF IF FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCHIDAO	PR20	551	SCRAP	1T		30/10/2021			16	
1318	27670899NEL SMF IF FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCHIDAO	PR20	551	SCRAP	2T		30/10/2021			20	
1318	27670899NEL SMF IF FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCHIDAO	PR20	551	SCRAP	3T		31/10/2021			15	

Ilustración 128 Dato de scrap después

4.5.7. Simulación método propuesto

Con base a los datos obtenidos en el balanceo de línea procedemos ahora a comprobar si con la modificación de los datos es posible llevar a cabo una simulación de los mismos manteniendo la demanda original. Para ello haremos uso de la simulación actual, ya que como lo vimos en el balanceo, esta primera simulación no sufre cambios muy significativos hablando del software, debido a que se propone la eliminación de la segunda línea de componentes, lo que se va a encargar la simulación del después es en la de ingresar los horarios en las estaciones para que no solo ya no produzcan más piezas las estaciones donde ya no hay operadores, sino que se respeten los horarios establecidos.

Para ello tenemos que dar de alta los horarios del balanceo, eso va a ser posible en la pestaña "Data" y el menú "Work Schedules" como podemos ver en la ilustración 129, aquí vamos a dar de alta dos principales datos, el primero los días de la semana que van a seguir las estaciones con los nuevos horarios y en segundo los nuevos horarios de trabajo de las estaciones.

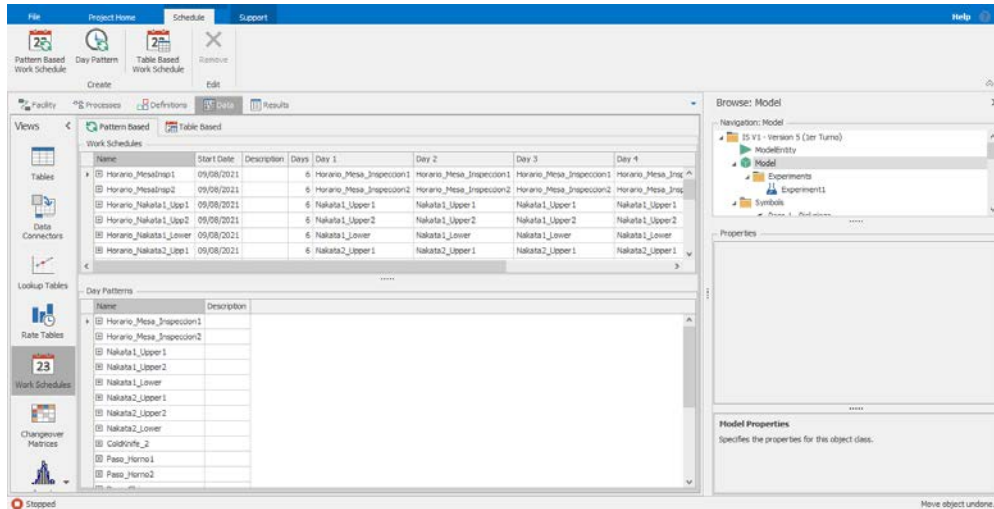


Ilustración 129 Horarios simulación después

Comenzamos con la definición de los horarios que van a seguir los hornos, tal y como se ha venido mencionando, existen 2 hornos los cuales se encargan de surtir cada uno a tres líneas de espumado, sin embargo estamos estableciendo que las personas de las estaciones de espumado 1, 2 y 3 son las que van a ir a dar soporte en las líneas de componentes, no hay sentido que esté trabajando el horno 1 que surte a estas líneas, para ello como podemos ver en la ilustración 130, se está definiendo al horno 1 un horario hasta las 10:25 am (Dato proporcionado por el balanceo).

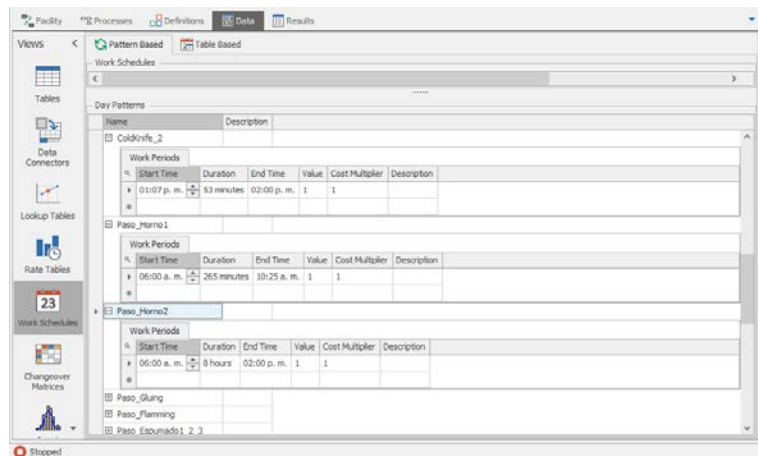


Ilustración 130 Horarios en estación de Horno

En esta otra ilustración 131 podemos ver también definido los periodos de trabajo de las estaciones de espumado en la que, así como en la del horno, las estaciones de espumado 1, 2 y 3 solamente van a estar trabajando hasta la misma hora.

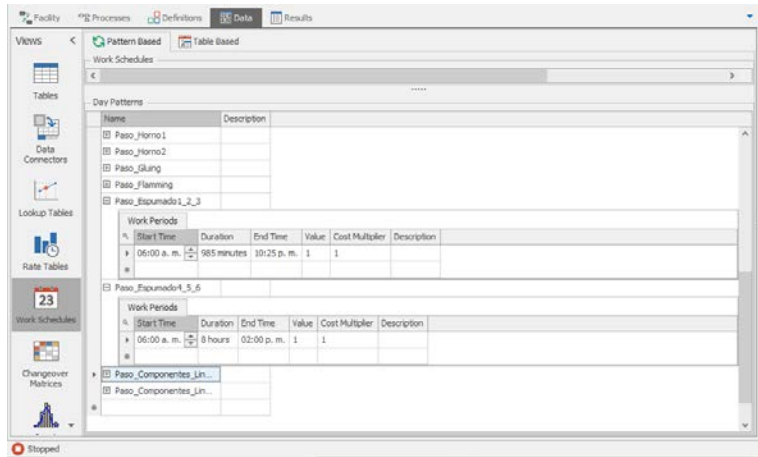


Ilustración 131 Horarios estaciones de espumado

En el caso de las estaciones de componentes vamos a agregar los horarios de la línea 1 los cuales se mantienen trabajando en un horario normal, mientras que la línea 2 se tiene previsto que va a iniciar el trabajo cuando llegue el personal de espumado como podemos apreciar en la tabla de la ilustración 132.

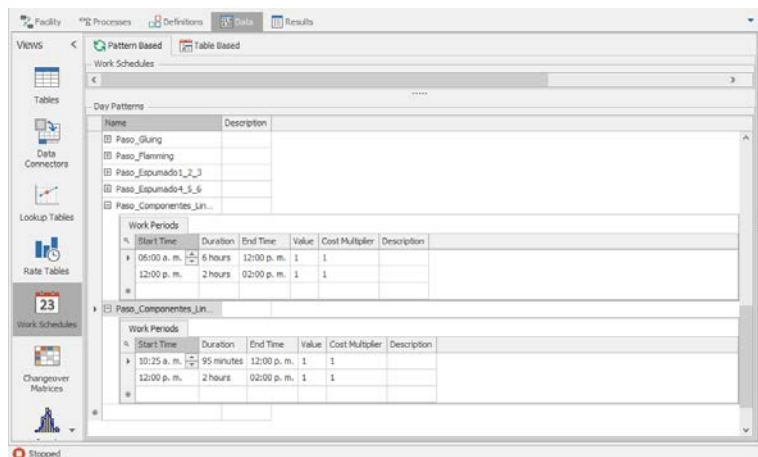


Ilustración 132 Horarios estaciones de componentes

Una vez definido los nuevos horarios en la simulación procedemos a indicar en el sistema que días de la semana son los que se van a seguir, como el proceso sería el mismo para cada turno entonces se coloca el nombre que tiene cada uno de los nuevos horarios en la tabla de "Work Schedules" la cual viene en las columnas el día de 1 a 6 como vemos en las imágenes 133 y 134.

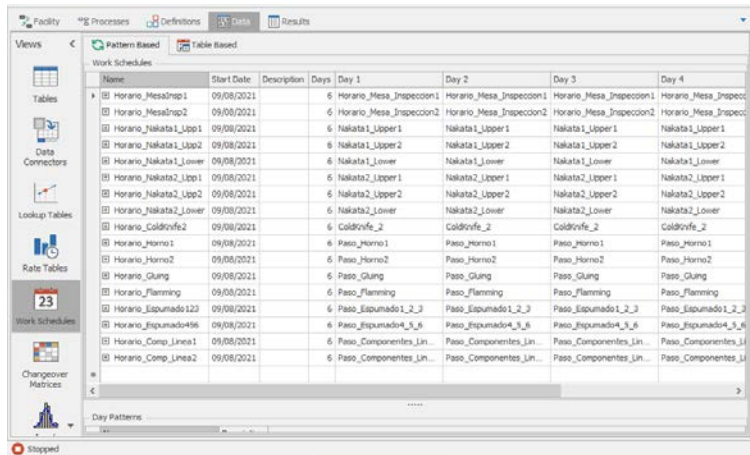


Ilustración 133 Work Schedules parte 1/2

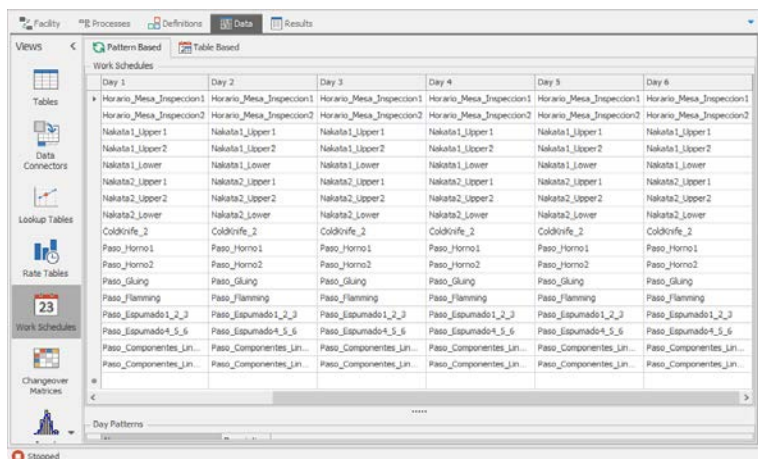


Ilustración 134 Work Schedules parte 2/2

Esta primera fase de la nueva simulación solamente proporciona el dato de los horarios, sin embargo, el sistema debe interpretar cuales son entonces los caminos que conectan a las funciones que están abiertos para que pasen tableros y cuales se mantienen por el momento cerrados.

Eso se logró en la pestaña de “Definitions” en el menú “States”, aquí se encuentran listados todos los caminos que hacen conexión con alguna de las funciones que pasaría tableros a una estación que puede estar abierta o cerrada dependiendo la hora del día. Para que quede más claro, si el camino que conecta de Horno 1 a las estaciones de espumado 1,2 y 3 está cerrado desde las 6:00 am, esto supone un problema ya que el horno está surtiendo pieles a esas estaciones desde las 6:00 am a las 10:25 am, es decir, el camino está abierto.

Los caminos en el sistema están definidos por 1 y 0, donde 1 es un camino que se encuentra abierto y 0 es uno que se encuentra cerrado y donde el sistema no va a mandar piezas, tomando eso en cuenta, todos los caminos se encuentran abiertos, a excepción de uno que es el de la línea de componentes 2 (ilustración 135), el cual tenemos que abrir hasta las 10:25 am.

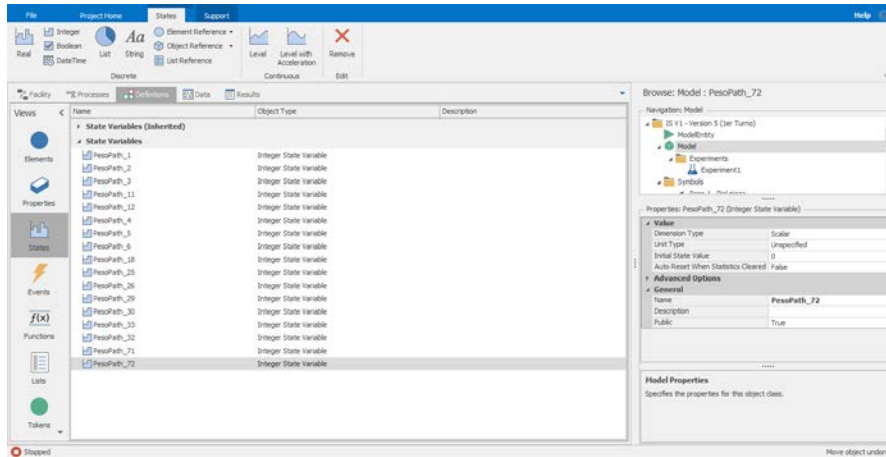


Ilustración 135 Estados de los caminos

Con estos dos primeros pasos acabamos de definir los horarios y los caminos que deben estar abiertos para iniciar el proceso, sin embargo, falta lo más importante y es que programemos al sistema para que sea capaz de hacer por sí mismo este cambio en la apertura y cierre de los caminos una vez llegado la hora.

En la pestaña “Process” tenemos la opción de programar un “If” como si fuera un Excel para que se tome una decisión; la decisión es la de cerrar los siguientes caminos:

4.5.8. Componentes

La primera parte sombreada es nuestro If, la condición es que a las 10:25 am se realice el cambio, tal y como podemos ver en la ilustración 136, la condición la estamos poniendo como “TimeNow<4.25” que quiere decir, si el tiempo es menor a 4 horas 25 min va a seguir la primera línea o la segunda línea que están debajo del primer “Decide” que se ve en la imagen.

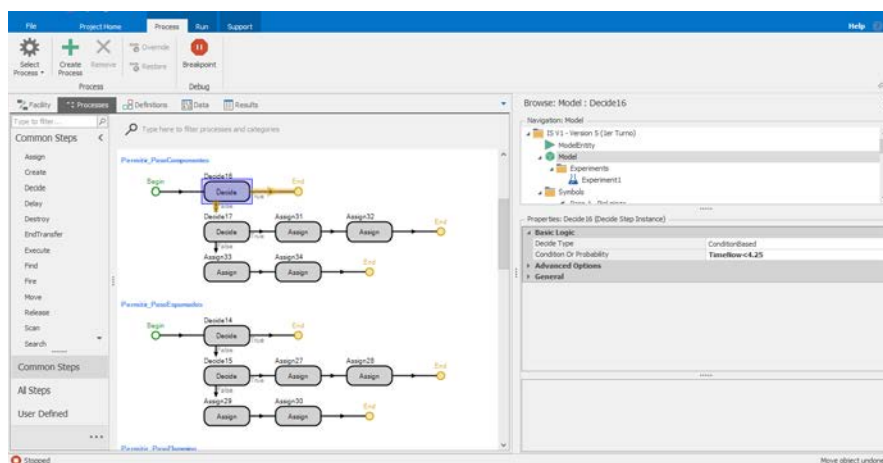


Ilustración 136 Programación componentes

La primera fue la indicación para el software de que va a haber un cambio en ese momento, para ponerlo de una forma aún más específica y se pueda ahora si tomar la decisión se define en un nuevo “Decide” (Imagen 137) el momento en el que el software va a hacer el cambio en los caminos, esta condición específica es “TimeNow>=4.25 && TimeNow<=4.25” en la que la primera parte (“TimeNow>=4.25 && -----<=----”) el software le indica a los caminos 71 y 72 (Imágenes 138 y 139) que deben estar abiertos en el momento que han pasado 4 horas y 25 min desde el inicio del periodo laboral, es decir las 10:25 am; si el tiempo no es ese, ahí es cuando entra la segunda parte de la condición (“----->=---- && TimeNow<=4.25”) en la que si el tiempo es menor a las 10:25 am entonces el camino 71 que lleva a la línea de componentes 1 debe de estar abierto ya que ese siempre está activo mientras que el 72 debe estar cerrado (en la imagen 140, se aprecia que aparece como abierto, pero si regresamos un poco en el reporte este camino se definió en un principio como cerrado).

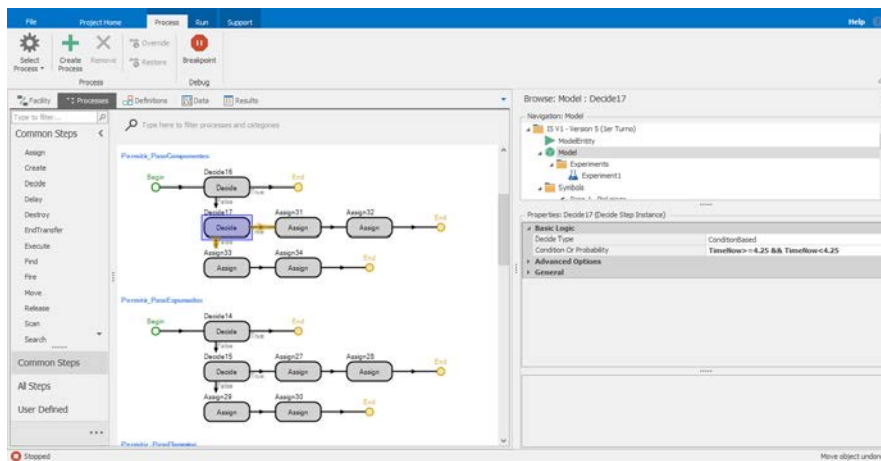


Ilustración 137 Decide para la estación de componentes

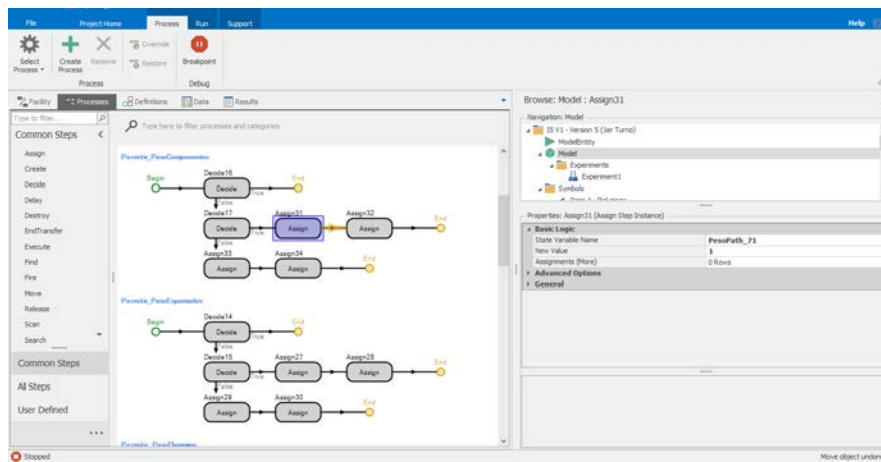


Ilustración 138 Peso path 71

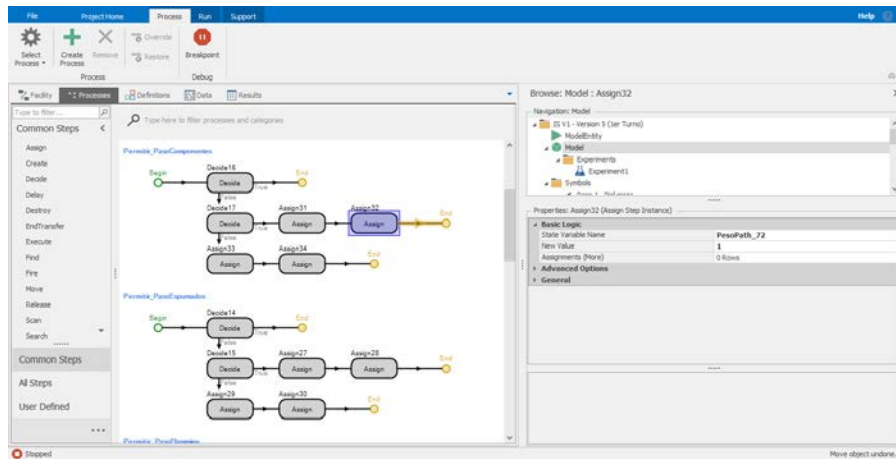


Ilustración 139 Peso path 72

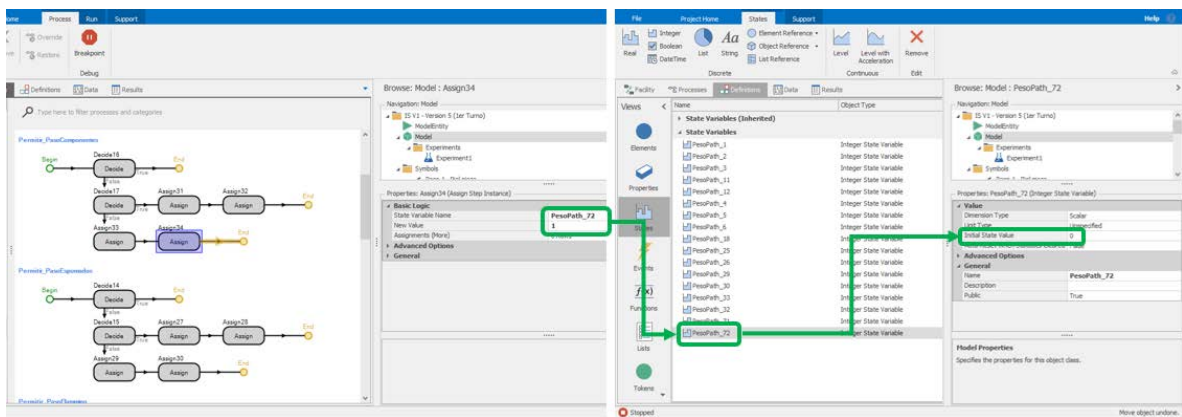


Ilustración 140 Condición para el path 72 - cerrado

De esta forma acabamos de programar para que el software realice el cambio, así que siguiendo bajo esta misma programación para todos los demás, las siguientes estaciones quedan de la siguiente forma:

4.5.9. Espumado

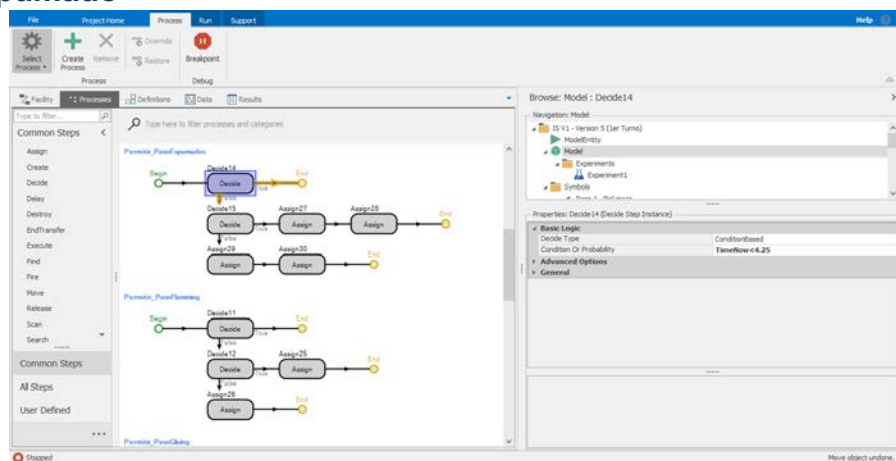


Ilustración 141 Decide espumado

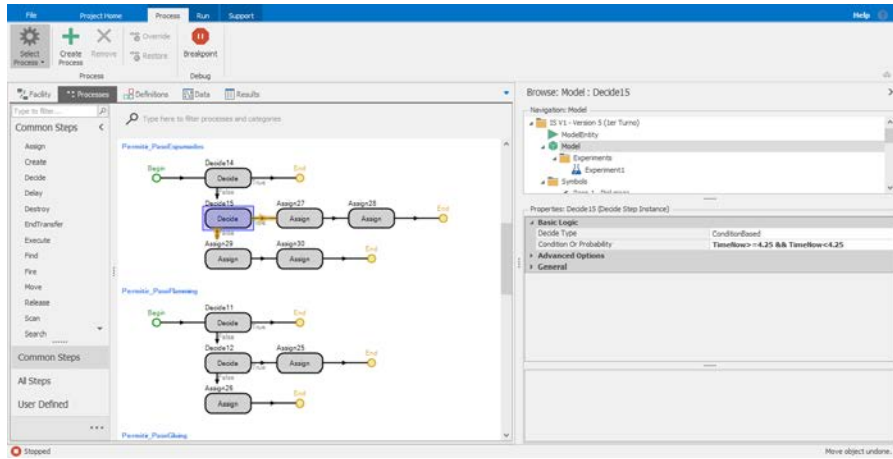


Ilustración 142 Decide paso espumado

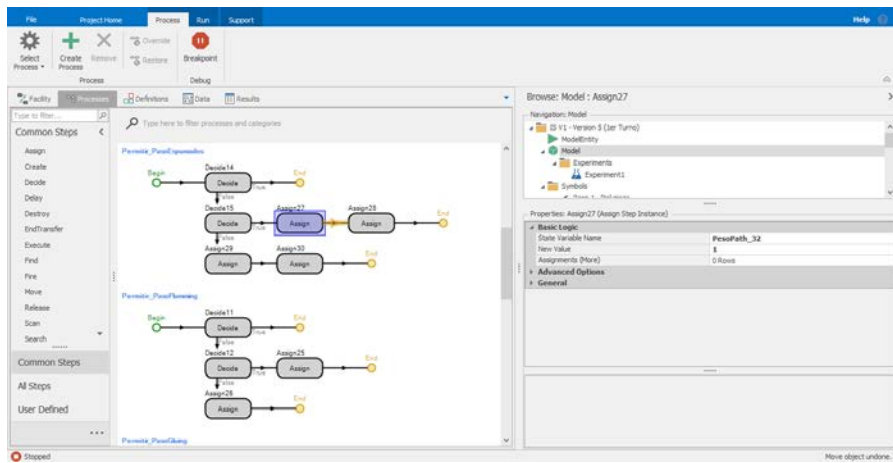


Ilustración 143 Paso path espumado 1/4

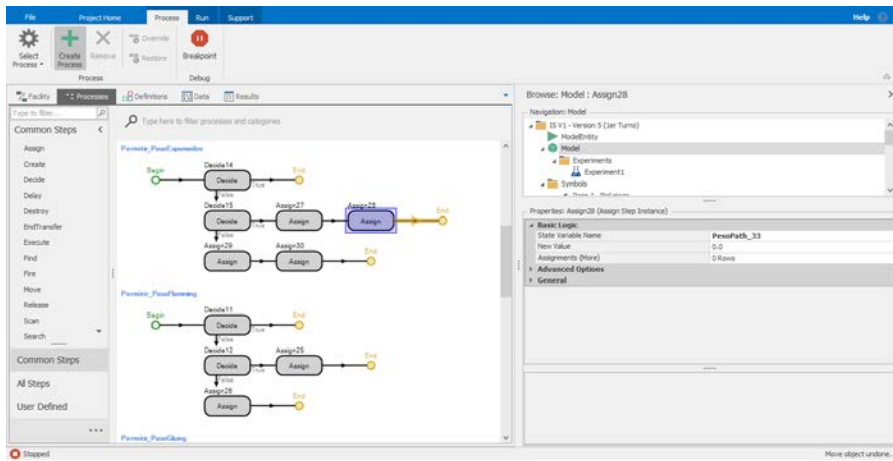


Ilustración 144 Paso path espumado 2/4

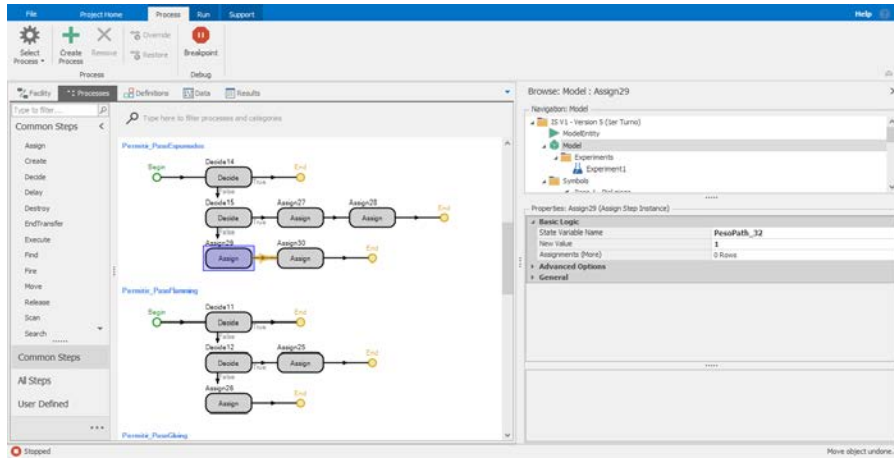


Ilustración 145 Paso path espumado 3/4

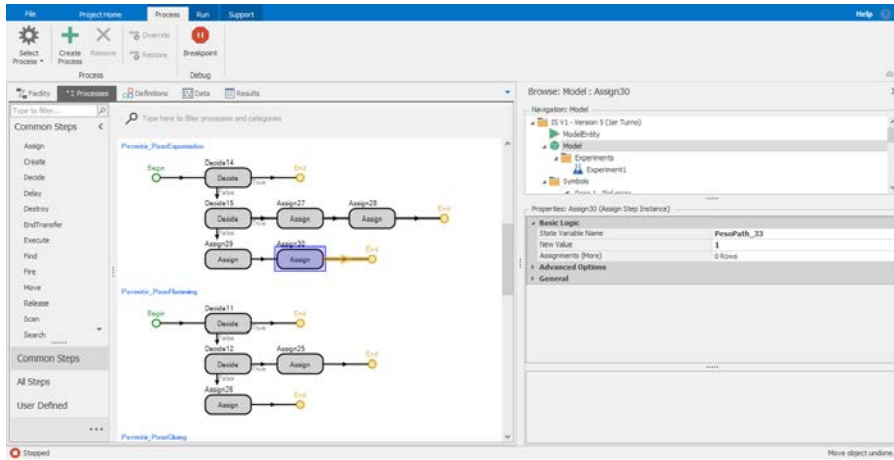


Ilustración 146 Paso path espumado 4/4

4.6.0. Hornos

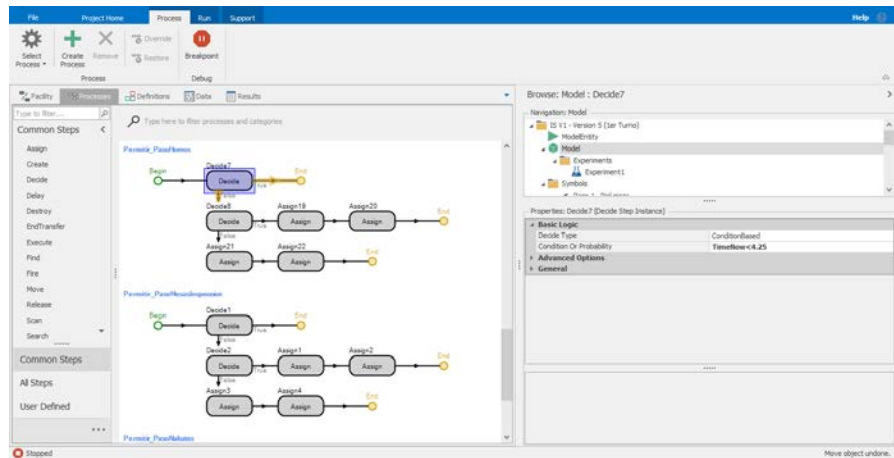


Ilustración 147 Decide hornos

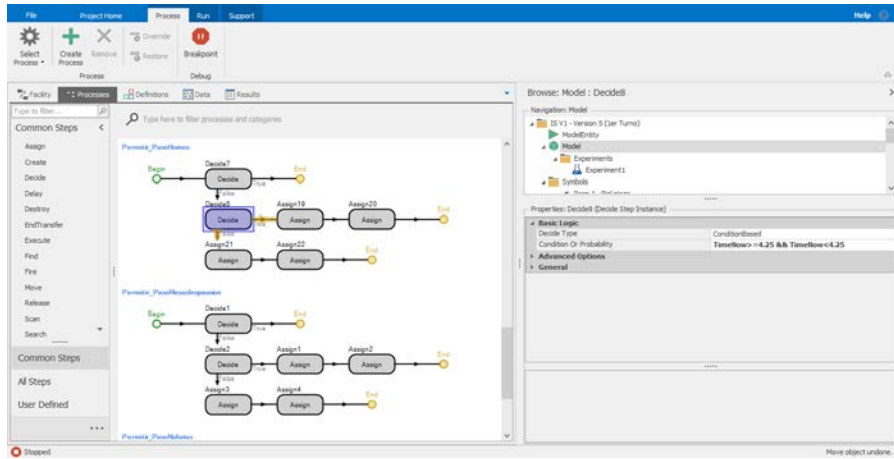


Ilustración 148 Decide paso Horno

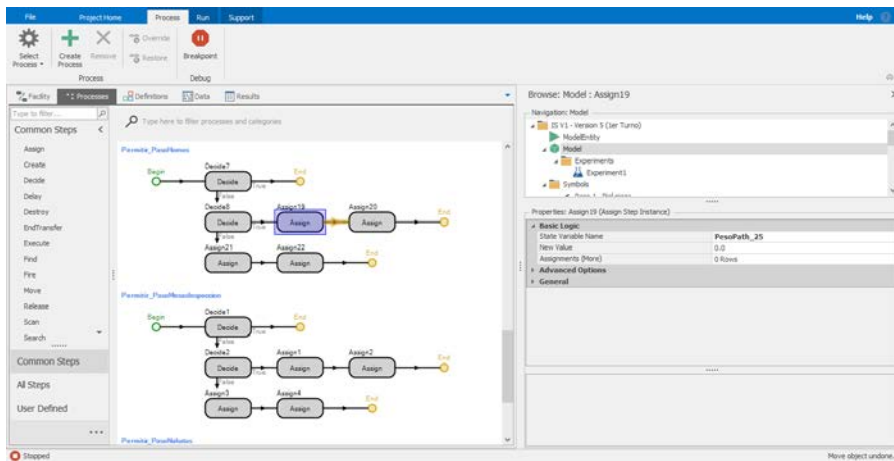


Ilustración 149 Paso path horno 1/4

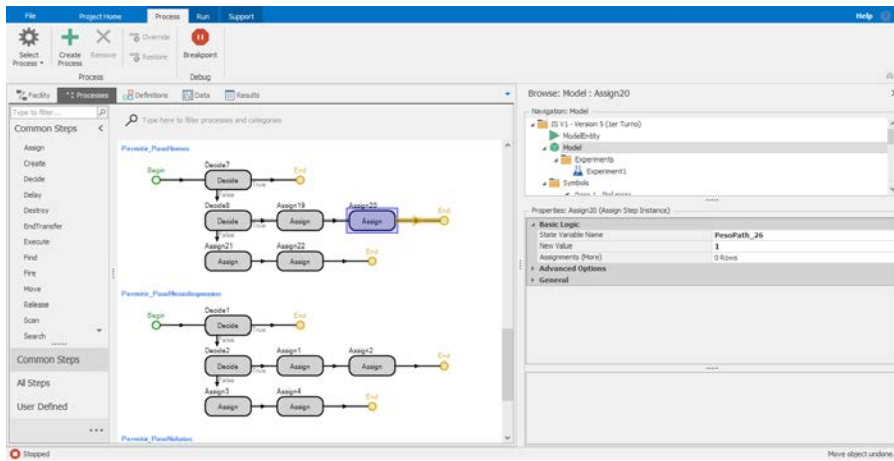


Ilustración 150 Paso path horno 2/4

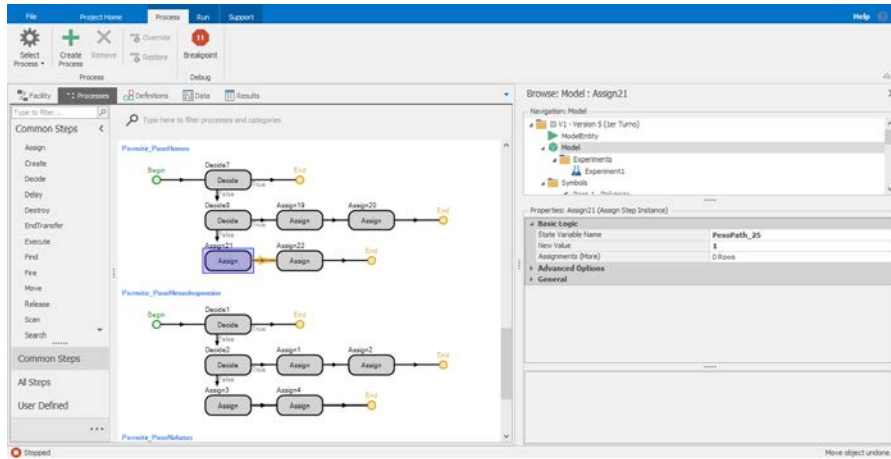


Ilustración 151 Paso path horno 3/4

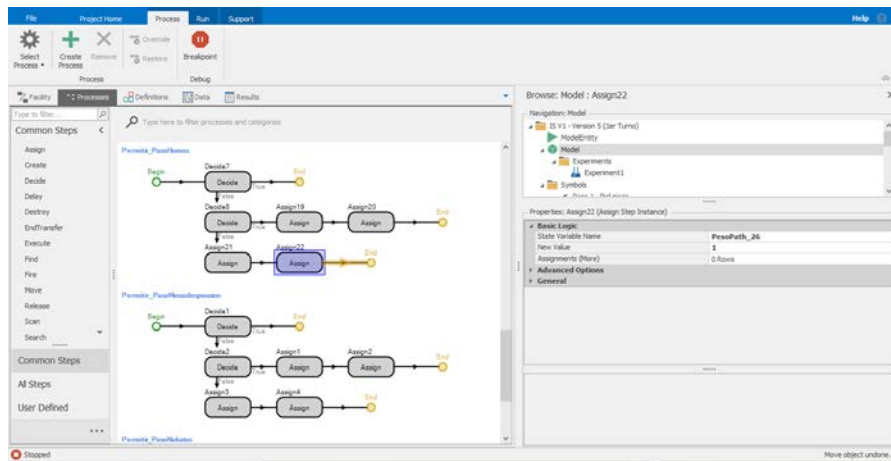


Ilustración 152 Paso path horno 4/4

Con todo lo anterior finalmente corremos la simulación, si nos damos cuenta en la ilustración 153, la línea 1 que es la más activa saca en una primera simulación un total de 1210 tableros mientras que la línea 2 que es la que trabaja menos saca un total de 649, en conjunto logran hacer 1858 lo cual se asemeja a lo que se vio en el nuevo balanceo (ilustración 154).

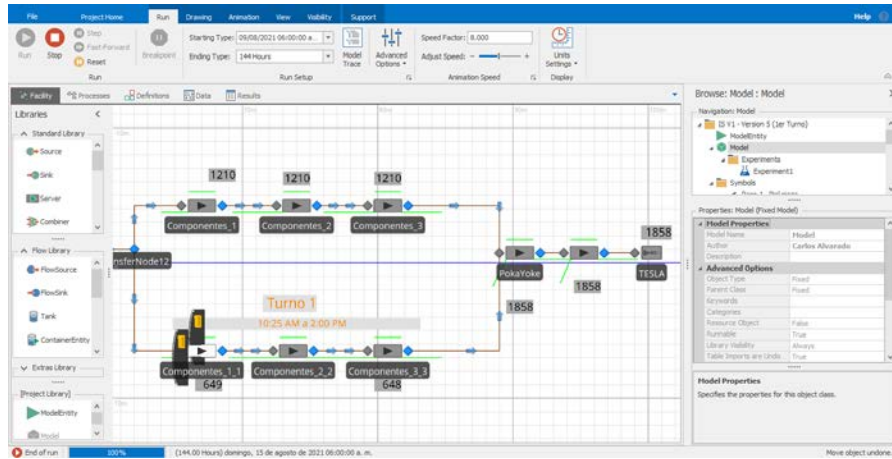


Ilustración 153 Ensamble de componentes – propuesta

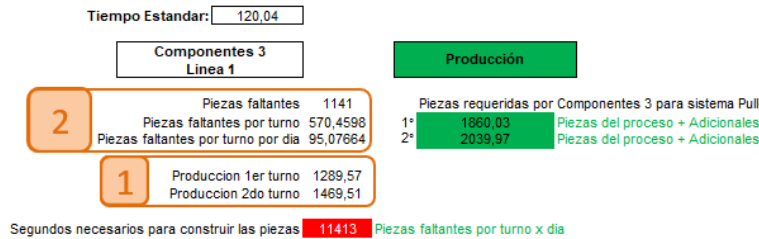


Ilustración 154 Producción total

Para tener una mayor certeza de los resultados se corrió dentro del software cuatro experimentos a un 98% de confianza de los resultados, como se puede ver en la ilustración 155, cada uno de los experimentos sube en el número de repeticiones que hace el sistema, es decir, el primer experimento va a hacer una corrida de 10 veces la nueva simulación haciendo una modificación en los parámetros del software mismo (eso es interno, no lo modificamos nosotros), el segundo experimento sube a 15 iteraciones, el tercero a 20 y el cuarto a 30. De tal manera que cuando se vean los resultados (Ilustración 156) nos van a dar un 98% de certeza en los resultados. Estos resultados que queremos ver concretamente son en la cantidad de piezas que sacan las mesas de componentes 3 de las dos líneas los cuales están en color anaranjado.

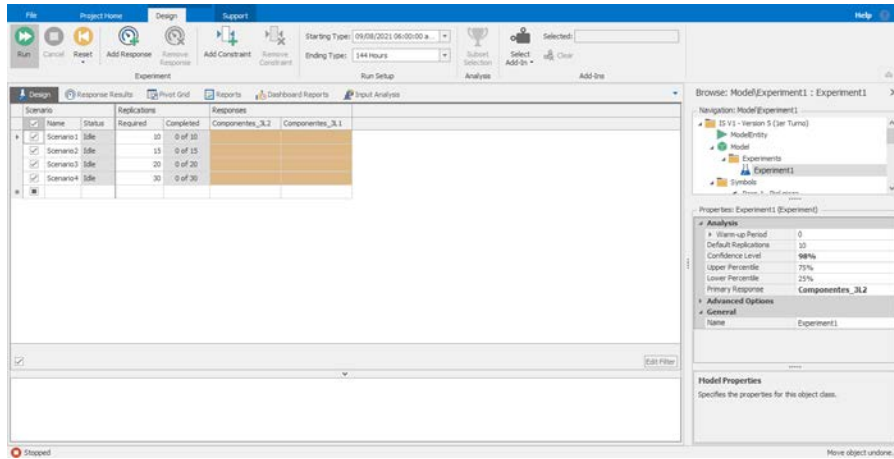


Ilustración 155 Certeza del estudio

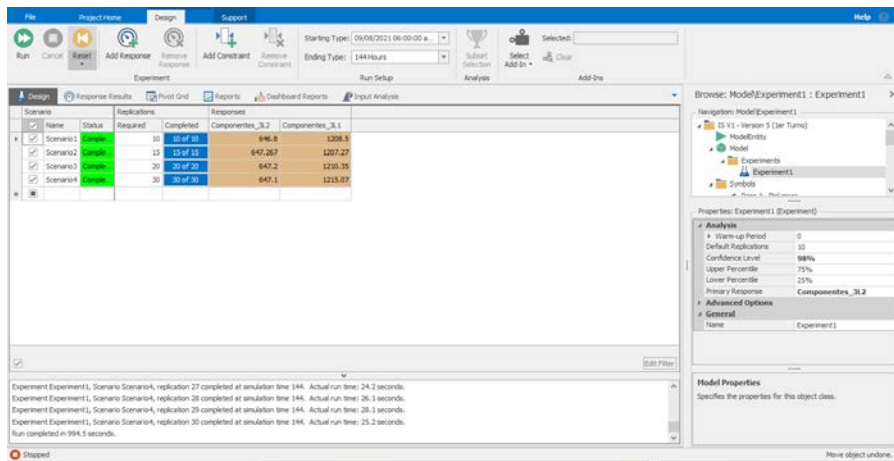


Ilustración 156 Resultados del experimento

Tal y como lo vimos en la primera simulación, aquí también nos vamos al apartado con los resultados por estación y nos enfocamos en la cantidad de piezas que salen, como podemos ver en la imagen 157, se cumple en efecto con los cálculos que se realizaron en el balanceo, por ende, el primer turno puede obtener la modificación sin afectar la demanda del cliente.

The screenshot shows a software interface with a Pivot Grid. The grid has columns for 'Scenario1', 'Scenario2', 'Scenario3', and 'Scenario4', each with a 'Maximum' sub-column. The rows are categorized by 'Object Type' (Server, Input/Buffer, Processing, Rad_ProofFerminda) and 'Data Source' (Resource, Content). The 'Statistic' column lists various metrics like 'TimeStarved', 'Total (Hours)', 'Average', 'Maximum', 'Minimum', 'NumberEntered', 'NumberExited', 'Throughput', 'HoldingTime', and 'Capacity'. The data values are numerical, representing simulation results across different scenarios.

Ilustración 157 Tableros manufacturados del experimento 1er turno

Una vez que comprobamos que el primer turno fue posible correr la simulación y obtener los datos para el balanceo procedimos a hacer la modificación de ese mismo archivo, pero para el segundo turno.

El cambio más importante radica en los horarios que van a estar trabajando ahora las estaciones, como lo vimos en las tablas anteriores de los balanceos solo debemos modificar los horarios que comprenden ahora de 2 de la tarde a 11 de la noche, en ellos el área de espumado a partir de las 7:25 PM como lo podemos ver en la imagen 158, es cuando los operadores van a ir al área de componentes; sin embargo, es probable que exista una sobreproducción ya que como 2 de las 3 estaciones de espumado pueden liberarse a partir de las 7:25 y la otra a las 7:50, ese tiempo extra que estaría en la estación equivaldría a tableros extras.

Turno	Estación de Origen	Estación de Destino	Tiempo traslado (seg)	Horario	Tiempo Libre	Tiempo requerido	Restante	Tiempo Estandar	Piezas producidas
1°	Espumado 1	Espumado 1	0	6:00 am - 10:25 am					
	Espumado 1	Componentes 1, L2	6	10:25 am - 2:00 pm	21500,4	12886,06	-8614,3	124,57	103,44
	Espumado 2	Espumado 2	0	6:00 am - 10:23 am					
	Espumado 2	Componentes 2, L2	6	10:23 am - 2:00 pm	21500,4	13020,94	-8479,5	124,99	104,18
	Espumado 3	Espumado 3	0	6:00 am - 10:50 am					
	Espumado 3	Componentes 3, L2	6	10:50 am - 2:00 pm	21500,4	11413	-10087,4	120,04	95,08
2°	Espumado 1	Espumado 1	0	2:00 pm - 7:25 pm					
	Espumado 1	Componentes 1, L2	6	7:25 pm - 11:00 pm	24734,86	12886,1	-11848,8	124,57	103,44
	Espumado 2	Espumado 2	0	2:00 pm - 7:23 pm					
	Espumado 2	Componentes 2, L2	6	7:23 pm - 11:00 pm	24734,86	13020,94	-11713,9	124,99	104,18
	Espumado 3	Espumado 3	0	2:00 pm - 7:50 am					
	Espumado 3	Componentes 3, L2	6	7:50 pm - 11:00 pm	24734,86	11413	-13321,9	120,04	95,08

Ilustración 158 Horarios de espumado

Tal y como en el primer turno nos vamos al "Work Schedules" (ilustración 159) para modificar los horarios de que ahora va a comprender el segundo turno; en cuanto a los caminos si es que se encuentran abiertos o cerrados se van a quedar iguales ya que es volver a empezar el proceso solo que con un horario diferente.

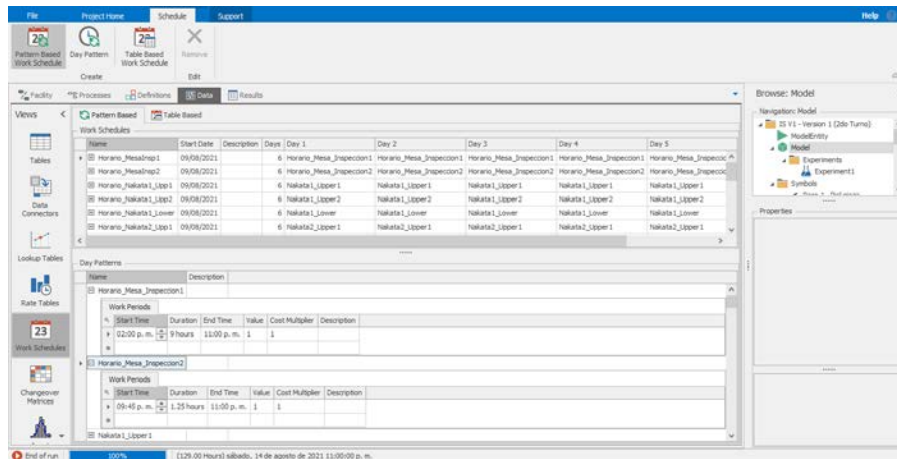


Ilustración 159 Work Schedules de mesa de inspección

La primera corrida que se realiza en la simulación (ilustración 160) nos muestra que con las modificaciones el segundo turno es capaz de producir 2262 tableros.

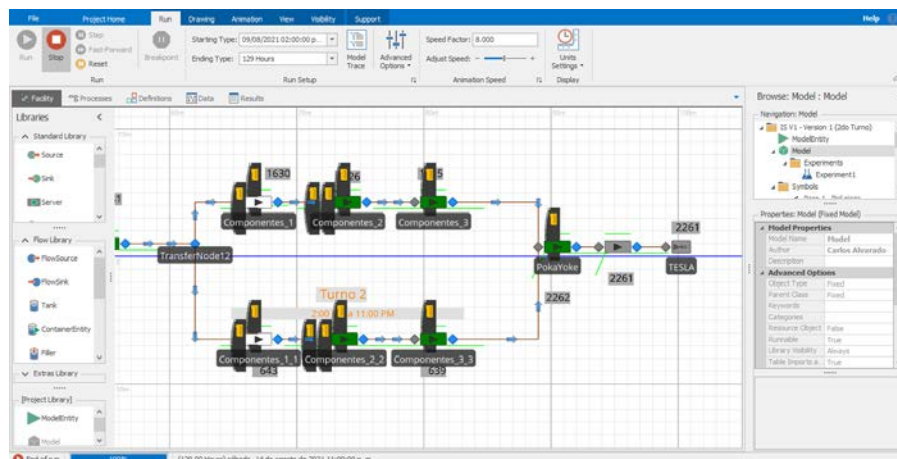


Ilustración 160 Producción de tableros segundo turno

Sin embargo, para estar aún más certeros de los resultados corrimos el experimento como en el turno anterior con el mismo 98% de certeza y con los 4 escenarios nos da que la producción total es en promedio 2268.75 tableros, lo cual es superior al requerimiento que calculamos que fue por 2039.97 tableros, dando como conclusión de que fue posible producir en 2 turnos el requerimiento del cliente que se tenía en 3 turnos.

The screenshot shows a software interface with a Pivot Grid. The grid has columns for 'Average', 'Minimum', 'Maximum', and 'Half Width'. It is divided into four scenarios: Scenario1, Scenario2, Scenario3, and Scenario4. The data is organized by Object Type (Server, Rack_ProdTerminado) and Data Source ([Resource]). Statistics include Occurrences, Percent, Total (Hours), Average, Maximum, and Minimum for various metrics like Content, HoldingTime, and Throughput.

Ilustración 161 Tableros manufacturados del experimento 2do turno

4.6.1. Resultado de los ahorros

Para finalizar el proyecto se realizó el cálculo del ahorro que se tendría una vez implementado esta mejora, para ello se fue recolectando la información de los salarios de los operadores tales como el dato del comedor (ilustración 162), los sueldos de los operadores, Gap líder y supervisores (ilustración 163), el valor del tablero (Ilustración 164) y se realizó un concentrado en Excel (Tabla 53) de cuanto equivaldría su aguinaldo, el costo por horas extras, etc. para sacar el gasto anual del antes y lo que sería del después.

DEDUCCIÓN				
Tipo Dedución	Clave	Concepto	Importe Gravado	Importe Exento
001 Seguridad social	391	Aportación trabaj IMSS	0.00	307.71
002 ISR	440	Impuesto ordinario	0.00	1,529.32
004 Otros	4700	Contr cia al Fondo de año	0.00	1,334.67
004 Otros	7600	Fondo de Ahorro	0.00	0.00
004 Otros	7602	Comedor	0.00	211.64
Total de Deduciones	4,718.01	Total Impuestos Retenidos	1,529.32	0.00
DEDUCCIÓN				
Tipo Dedución	Clave	Concepto	Importe Gravado	Importe Exento
001 Seguridad social	391	Aportación trabaj IMSS	0.00	308.82
002 ISR	440	Impuesto ordinario	0.00	1,529.32
004 Otros	4700	Contr cia al Fondo de año	0.00	1,334.67
004 Otros	7600	Fondo de Ahorro	0.00	0.00
004 Otros	7602	Comedor	0.00	215.04
Total de Deduciones	4,722.52	Total Impuestos Retenidos	1,529.32	0.00

Ilustración 162 Comedor

From: RODRIGUEZ Berenice
Sent: viernes, 29 de abril de 2022 10:31 a. m.
To: SANTANA Richard <[richard.santana@...com](mailto:richard.santana@...)>; GONZALEZ Sergio <[sergio.gonzalez@...com](mailto:sergio.gonzalez@...)>
Cc: NUNEZ Juan Yovani <[juanyovani.nunez@...com](mailto:juanyovani.nunez@...)>
Subject: RE: Solicitud de documento de sueldos

Hola

Les comparto los sueldos, del supervisor te comparto un promedio de entre los que tenemos ya que varían al no ser un tabulador fijo.

Operador de planta \$6835.5
Gap líder \$8733.6
Supervisor en promedio \$23,474.00

Saludos.

From: SANTANA Richard <[richard.santana@...com](mailto:richard.santana@...)>
Sent: viernes, 29 de abril de 2022 09:53 a. m.
To: GONZALEZ Sergio <[sergio.gonzalez@...com](mailto:sergio.gonzalez@...)>
Cc: NUNEZ Juan Yovani <[juanyovani.nunez@...com](mailto:juanyovani.nunez@...)>; RODRIGUEZ Berenice <[berenice.rodriquez@...com](mailto:berenice.rodriquez@...)>
Subject: RE: Solicitud de documento de sueldos

Aprobado.

Gracias;

Richard Santana Sanchez
Quality Manager

[richard.santana@...com](mailto:richard.santana@...)

Ilustración 163 Sueldo de operadores

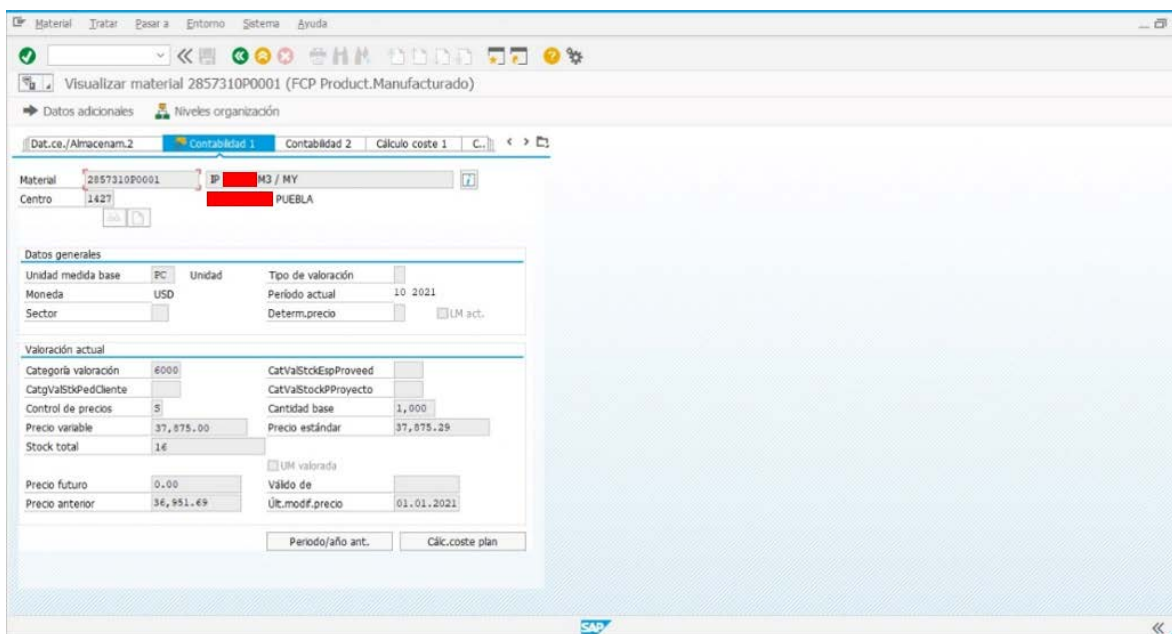


Ilustración 164 Costo del tablero

Tabla 53 Sueldos finales

SUELDOS	Operador	Gap Lider	Supervisor
Aguinaldo	\$ 7.812,00	\$ 9.981,26	\$ 26.827,43
Diario	\$ 244,13	\$ 311,91	\$ 838,36
Hora 1T	\$ 30,52	\$ 38,99	\$ 104,79
Hora 2T	\$ 27,13	\$ 34,66	\$ 93,15
Hora 3T	\$ 34,88	\$ 44,56	\$ 119,77
Hr. Extra 1T	\$ 61,03	\$ 77,98	\$ 209,59
Hr. Extra 2T	\$ 54,25	\$ 69,31	\$ 186,30
Hr. Extra 3T	\$ 69,75	\$ 89,12	\$ 239,53

La situación de la empresa antes de cualquier propuesta era la siguiente:

Se contaba para las líneas con un total de 33 personas (Tabla 54) para realizar la producción total de los tableros.

Tabla 54 Número de trabajadores antes

Turnos	3
Operadores	27
Gap Lider	2
Supervisor	1

Para el caso de los tres turnos el total de gasto mensual con esta cantidad de personas era de \$ 256,340.08 MXN por turno, ver tablas 55, 56 y 57.

Tabla 55 Sueldos primer turno antes

ANTES				
Primer Turno 6:00 am - 2:00 pm				
	Salario	Comida	Vales de despensa	Total Mensual
Operador	\$ 6.835,50	\$ 426,68	\$ 546,84	\$ 210.843,54
Gap Lider	\$ 8.733,60	\$ 426,68	\$ 698,69	\$ 19.717,94
Supervisor	\$ 23.474,00	\$ 426,68	\$ 1.877,92	\$ 25.778,60
				\$ 256.340,08

Tabla 56 Sueldos segundo turno antes

Segundo Turno 2:00 pm - 11:00 pm				
	Salario	Comida	Vales de despensa	Total Mensual
Operador	\$ 6.835,50	\$ 426,68	\$ 546,84	\$ 210.843,54
Gap Lider	\$ 8.733,60	\$ 426,68	\$ 698,69	\$ 19.717,94
Supervisor	\$ 23.474,00	\$ 426,68	\$ 1.877,92	\$ 25.778,60
				\$ 256.340,08

Tabla 57 Sueldos tercer turno antes

Tercer Turno 11:00 pm - 6:00 am				
	Salario	Comida	Vales de despensa	Total Mensual
Operador	\$ 6.835,50	\$ 426,68	\$ 546,84	\$ 210.843,54
Gap Lider	\$ 8.733,60	\$ 426,68	\$ 698,69	\$ 19.717,94
Supervisor	\$ 23.474,00	\$ 426,68	\$ 1.877,92	\$ 25.778,60
				\$ 256.340,08

Con la nueva propuesta existe la reducción del personal de 33 personas a solo 24 (Tabla 58).

Tabla 58 Número de trabajadores después

Turnos	2
Operadores	19
Gap Lider	2
Supervisor	1

Por ende, la reducción solamente en sueldos pasa de \$ 256,340.08 MXN a \$ 193,867.92 MXN, ver tablas 59 y 60.

Tabla 59 Sueldos primer turno después

DESPUES				
Primer Turno 6:00 am - 2:00 pm				
	Salario	Comida	Vales de despensa	Total Mensual
Operador	\$ 6.835,50	\$ 426,68	\$ 546,84	\$ 148.371,38
Gap Lider	\$ 8.733,60	\$ 426,68	\$ 698,69	\$ 19.717,94
Supervisor	\$ 23.474,00	\$ 426,68	\$ 1.877,92	\$ 25.778,60
				\$ 193.867,92

Tabla 60 Sueldos segundo turno después

Segundo Turno 2:00 pm - 11:00 pm				
	Salario	Comida	Vales de despensa	Total Mensual
Operador	\$ 6.835,50	\$ 426,68	\$ 546,84	\$ 148.371,38
Gap Lider	\$ 8.733,60	\$ 426,68	\$ 698,69	\$ 19.717,94
Supervisor	\$ 23.474,00	\$ 426,68	\$ 1.877,92	\$ 25.778,60
				\$ 193.867,92

En la siguiente tabla 61 se refleja un poco más de manera mensual y anual estos ahorros, solamente con la reducción en la cantidad de personal que está directamente en la producción nos daría un ahorro anual de \$ 4,465,073.27 MXN.

Tabla 61 Ahorro anual

Comparación de sueldos		
Antes Mensual	\$	769.020,23
Antes Anual	\$	9.228.242,74
Aguinaldos	\$	257.713,94
Total Anual:	\$	9.485.956,68 MXN
Despues Mensual	\$	402.138,79
Despues Anual	\$	4.825.665,47
Aguinaldos	\$	195.217,94
Total Anual:	\$	5.020.883,41 MXN
Ahorro Mensual	\$	366.881,44 MXN
Ahorro anual:	\$	4.465.073,27 MXN

Ahora una parte del ahorro que es importante considerar también es la producción de scrap la cual fue reducida; en la siguiente tabla 62, se describe la comparativa entre el antes y el después.

En el caso del antes se tenía un scrap de 13% el cual se redujo a 10,1%, ese porcentaje convertido en piezas lo podemos ver en la sección “Total Tableros”, sin embargo, es lo que se produce de scrap a la semana como peor caso, por tal motivo se multiplico ese valor por 4 semanas que tiene el mes dándonos así que en el antes se podía llegar a contar con 2028 tableros como scrap contra los 1575.6 que serían del después. Como lo vimos en una imagen anterior el costo que se maneja para el tablero es por 37.87 USD y si lo multiplicamos por el total de piezas nos da como resultado los valores que están en amarillo; estos son valores mensuales en cuanto a gasto, si sacamos la diferencia nos da que hubo un ahorro por \$ 17,132.39 USD equivalente a \$ 349,329.4 MXN mensuales

Tabla 62 Ahorro de scrap en espumado

	ANTES		DESPUES	
PDP:	3900			
Scrap Espumado:	13%	507	10,1%	393,9
Total Tableros:		507 Semanales	Total Tableros:	393,9 Semanales
Mensual Scrap antes SAP		2028	Mensual Scrap después SAP	1575,6
Gasto en pzas malas	\$	76.800,36 USD	Gasto en pzas malas	\$ 59.667,97 USD
			Costo Fabricación Tablero	\$ 37,87 USD
			Ahorro:	\$ 17.132,39 USD

4.6.2. Conclusiones

Cuando tomamos el proyecto, el objetivo principal era reducir el alto nivel de scrap en el área de espumado debido al cambio que hubo entre empresas hermanas, sin embargo, se pudo identificar varias áreas de oportunidad que no solo iban a contribuir en la reducción del scrap de un 13% a un 10.12% (Ilustración 165 y 166) en el área de espumado, sino que nos iban a permitir implementar los conocimientos adquiridos en la carrera para la mejora en todo el proceso. Haciendo uso del balanceo fuimos capaces no solo de identificar áreas en donde el operador podía brindar mayor soporte a otras estaciones como lo es de las estaciones de espumado a las de componentes (Ilustración 174) para 3 de esos trabajadores y dejando aún otros 3 disponibles para alguna otra actividad de soporte debido a tiempos muertos, sino que incluso fue posible identificar la nueva área de oportunidad en las estaciones de componentes y mientras uno daba por hecho de que estaba implementada la opción óptima en cuanto a la distribución de los componentes a ensamblar (Ilustración 167), nos dimos cuenta de que no fue así y se demostró una nueva mejor opción (Ilustración 168) en la que de momento mantendría el tiempo estándar constante pero que sumado a la experiencia que podría ir adquiriendo el operador este tiempo en las estaciones de componentes se vería reducido logrando producir más tableros en menos tiempo. Con la ayuda incluso del software simio se obtuvo un apoyo a la comprensión y visualización el proceso de producción actual (Ilustraciones 169 y 170), sino que nos permitió abrirnos paso a generar y demostrar una propuesta (Ilustraciones 171, 172 y 173) para contribuir en producir todas las piezas en solo dos turnos.

El COVID-19 nos demostró como un virus puede tener un impacto considerable en la producción de una planta afectando al principal motor de la misma que el personal haciendo que se pierdan por días o incluso semanas a un operador entrenado para realizar una actividad determinada, en casos peores, alguna fatalidad; además de la importancia de mantener siempre operadores correctamente capacitados ante alguna complicación de este estilo mediante las ayudas visuales generadas; para ello resulto en una experiencia muy enriquecedora el analizar a detalle las operaciones para el desarrollo de ayudas visuales y capacitaciones al personal no solo para prevenir producción de material no conforme, sino más importante aún, asegurar que el operador entienda el riesgo de su estación y darle el entrenamiento necesario tanto para su seguridad como para ayudar a la empresa. El proceso autodidáctico jugo un papel importantísimo en el proyecto, tras una larga investigación en la tecnología de realidad virtual y los posibles softwares que se podrían utilizar, fue posible a su vez introducir a la empresa un poco en las tecnologías que implica la industria 4.0, nos dimos cuenta que no solo facilitaría aún más el entrenamiento de los operadores, sino que es una herramienta muy versátil, lo suficientemente visual y sencilla para el uso de los operadores, de uso libre el cual no tiene impacto negativo a la empresa por temas de costos (Ilustración 175) ya que la cuenta que se creó no tiene costo por anualidad y que ayudaría a reducir drásticamente el consumo de artículos de oficina para generar documentación en piso como ayudas visuales, instrucciones de trabajo, entrenamientos, mostrar tanto documentos, archivos y demás información.

Espumado Antes

Centro	Material	Texto breve de material	Motivo	Centro de coste	Doc. material	Nombre de usuario	Alm.	CMV	Texto	Turno	cab.documento	Proveedor	Total:	507
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	1T	01/02/2021	20		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	2T	01/02/2021	30		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	3T	01/02/2021	19		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	1T	02/02/2021	34		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	2T	02/02/2021	26		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	3T	02/02/2021	41		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	1T	03/02/2021	30		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	2T	03/02/2021	31		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	3T	03/02/2021	35		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	1T	04/02/2021	17		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	2T	04/02/2021	28		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	3T	04/02/2021	44		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	1T	05/02/2021	29		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	2T	05/02/2021	19		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	3T	05/02/2021	25		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	1T	06/02/2021	18		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	2T	06/02/2021	27		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	3T	07/02/2021	34		

Ilustración 165 Datos Espumado antes

Espumado Despues

Centro	Material	Texto breve de material	Motivo	Centro de coste	Doc. material	Nombre de usuari	Alm.	CMV	Texto	Turno	cab.documento	Proveedor	Otd en UM entrada	Total:	395
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	1T	23/10/2021		27		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	2T	23/10/2021		14		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	3T	24/10/2021		18		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	1T	25/10/2021		19		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	2T	25/10/2021		17		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	3T	25/10/2021		18		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	1T	26/10/2021		30		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	2T	26/10/2021		26		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	3T	26/10/2021		30		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	1T	27/10/2021		16		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	2T	27/10/2021		22		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	3T	27/10/2021		26		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	1T	28/10/2021		29		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	2T	28/10/2021		33		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	3T	28/10/2021		25		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	1T	29/10/2021		22		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	2T	29/10/2021		14		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	3T	29/10/2021		17		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	1T	30/10/2021		16		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	2T	30/10/2021		20		
1318	27670899NEU	SMF IP FOAMED	1903	P8026001	4602647255	SANCH040	PR20	551	SCRAP	3T	31/10/2021		15		

Ilustración 166 Datos Espumado despues











DISTRIBUCIÓN ORIGINAL		
Estación 1	Estación 2	Estación 3
 (2 c/u) Foam Side Demister	 (11) Clip U Standard	 (9) Clip U Standard
 (2) Clips Special	 (2) Speaker A Defroster	 (11) Clip Grommet
 (8) Retaining en Lower	 (11) Clip Grommet	 (2) Speaker Defroster
	 (1) Windscreen En Defroster	

Ilustración 167 Distribución de componentes antes












PROPUESTA		
		
Clip U Standard	Clip Grommet	Speacker A Defroster
Piezas 9	Piezas 11	Piezas 2
Tiempo MAX 30,13	Tiempo MAX 31,84	Tiempo MAX 21,91
Tiempo MIN 29,00	Tiempo MIN 31,1	Tiempo MIN 20,34
		
Clip U Standard	Clip Grommet	Windscreen En Defroster
Piezas 11	Piezas 11	Piezas 2
Tiempo MAX 47,72	Tiempo MAX 40,4	Tiempo MAX 23,12
Tiempo MIN 44,60	Tiempo MIN 39,23	Tiempo MIN 21,40
		
Clips Special	Foam Side Demister	Speacker Defroster
Piezas 2	Piezas 4	Piezas 2
Tiempo MAX 26,14	Tiempo MAX 30,8	Tiempo MAX 19,88
Tiempo MIN 20,00	Tiempo MIN 29,70	Tiempo MIN 15,30
		
Retaining en Lower	Retaining en Lower	
Piezas 1	Piezas 7	
Tiempo MAX 6,3825	Tiempo MAX 44,6775	
Tiempo MIN 6,15	Tiempo MIN 43,05	

Ilustración 168 Distribución de componentes después

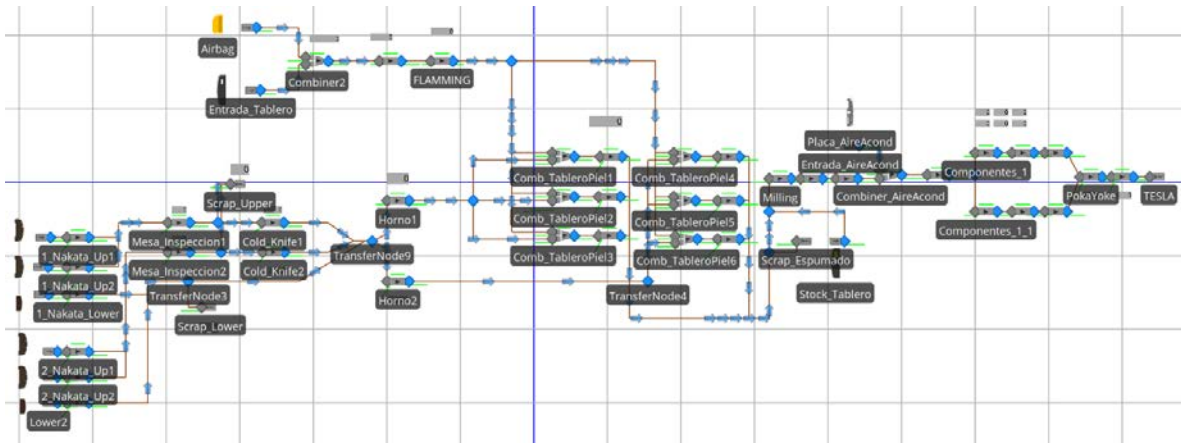


Ilustración 169 Diagrama software simio – antes

The screenshot shows a software interface with a Pivot Grid table. The table has columns for Object Type, Object Name, Data Source, Category, Data Item, Statistic, and Average Total. Several cells are highlighted with green boxes, and green arrows point from 'Server' to 'PokaYoke', from 'PokaYoke' to 'Processing', and from 'Processing' to 'Throughput'. The 'Throughput' row shows 'NumberEntered' and 'NumberExited' both with a total of 3,900,000.

Object Type	Object Name	Data Source	Category	Data Item	Statistic	Average Total
Server	PokaYoke	InputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Maximum (Ho...)	0,0199
				TimeInStation	Minimum (Ho...)	0,0000
		Throughput	Throughput	NumberEntered	Total	3.900,0000
				NumberExited	Total	3.900,0000
		OutputBuffer	Throughput	NumberEntered	Total	3.900,0000
				NumberExited	Total	3.900,0000
		Processing	Content	NumberInStation	Average	0,4724
				NumberInStation	Maximum	1,0000
		HoldingTime	TimeInStation	TimeInStation	Average (Ho...)	0,0153
				TimeInStation	Maximum (Ho...)	0,0183
Throughput	Throughput	NumberEntered	Total	3.900,0000		
		NumberExited	Total	3.900,0000		
Rack_ProdTerminado	[Resource]	Capacity	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	11,1127
				UnitsAllocated	Total	3.900,0000
		UnitsScheduled	UnitsScheduled	UnitsScheduled	Average	1,0000
				UnitsScheduled	Maximum	1,0000
		UnitsUtilized	UnitsUtilized	UnitsUtilized	Average	0,1111
				UnitsUtilized	Maximum	1,0000
		ResourceState	TimeProcessing	TimeProcessing	Average (Ho...)	0,0036
				TimeProcessing	Occurrences	3.900,0000

Ilustración 170 Producción final - Software simio antes

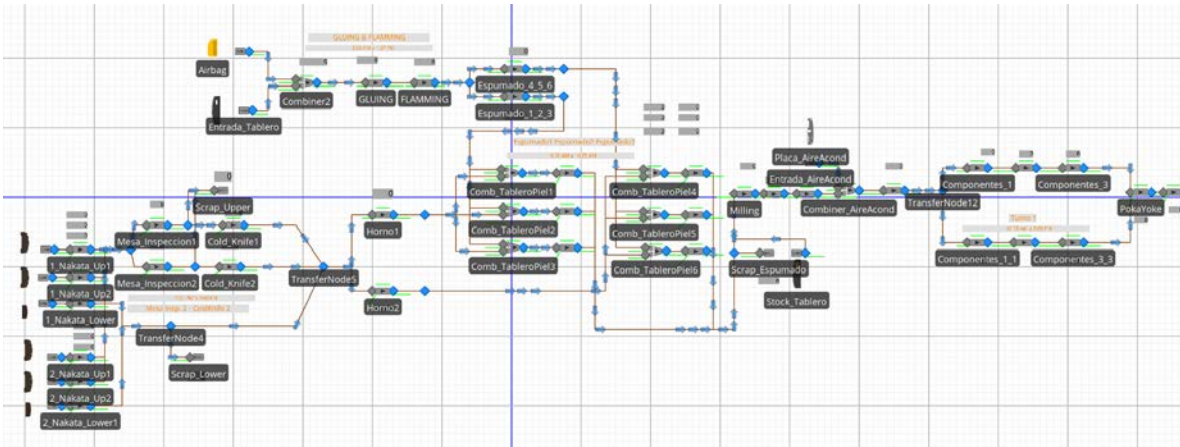


Ilustración 171 Diagrama software simio – después

Object Type	Object Name	Data Source	Category	Data Item	Statistic	Scenario1	Scenario2	Scenario3	Scenario4		
Server	PokaYoke	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Percent	56 41	80.5862 21 88 41	80.5886 18 47 75	80.5886 44 11 36	80.5886 70	
				Total (Hours)	72 99	116.0441 30 91 99	116.0475 14 20 20	116.0475 50 15 19	116.0475 153		
			InputBuffer	Content	NumberInStation	Average	35 19	0.0404 13 31 19	0.0404 14 18 17	0.0404 13 70 36	0.0404 24
					Maximum	30 30	2.0000 21 33 30	2.0000 49 30 30	2.0000 70 30 30	2.0000 72	
				HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	22 17	0.0031 34 22 15	0.0031 33 22 15	0.0031 33 21 15	0.0031 32
					Maximum (Hours)	34 34	0.0203 10 85 34	0.0203 27 83 34	0.0203 25 81 34	0.0203 34	
	Throughput	NumberEntered	Total	30 30	0.0000 30 30 30	0.0000 30 30 30	0.0000 30 30 30	0.0000 30			
		NumberExited	Total	30 30	1.868.0000 85 33 30	1.873.0000 88 30 30	1.880.0000 79 37 30	1.905.0000 35			
	Processing	Content	NumberInStation	Average	70 41	0.1990 12 58 41	0.1990 10 72 41	0.2001 29 76 41	0.2028 39		
				Maximum	30 30	1.0000 30 30 30	1.0000 30 30 30	1.0000 30 30 30	1.0000 30		
		HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	53 52	0.0154 30 53 52	0.0154 30 53 52	0.0154 30 53 52	0.0154 30		
			Maximum (Hours)	83 83	0.0183 30 83 83	0.0183 30 83 83	0.0183 30 83 83	0.0183 30			
Throughput		NumberEntered	Total	30 30	1.868.0000 85 33 30	1.873.0000 88 30 30	1.880.0000 79 37 30	1.905.0000 35			
		NumberExited	Total	30 30	1.868.0000 85 33 30	1.873.0000 88 30 30	1.880.0000 79 37 30	1.905.0000 35			
Rack_ProofTerminado	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	33 34	4.6626 31 34 34	4.6812 37 33 34	4.7106 30 76 27	4.7280 27		
			UnscheduledUtilization	Percent	30 30	1.868.0000 85 33 30	1.873.0000 88 30 30	1.880.0000 79 37 30	1.905.0000 35		
		Unallocated	Total	30 30	1.868.0000 85 33 30	1.873.0000 88 30 30	1.880.0000 79 37 30	1.905.0000 35			
			Average	30 30	1.0000 30 30 30	1.0000 30 30 30	1.0000 30 30 30	1.0000 30			

Ilustración 172 Producción final - Software simio después 1er Turno

Object Type	Object Name	Data Source	Category	Data Item	Statistic	Scenario1	Scenario2	Scenario3	Scenario4		
Server	PokaYoke	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Occurrences	30 30	1.655.0000 33 17 30	1.655.0000 43 30 30	1.655.0000 40 33 30	1.655.0000 28	
				Percent	29 23	73.3104 23 43 23	73.3104 36 32 53	73.3141 47 12 53	73.3141 35		
			InputBuffer	Content	NumberInStation	Average	76 91	94.5704 78 55 91	94.5704 53 21 10	94.6010 76 25 10	94.6010 33
					Maximum	73 77	0.0469 30 73 77	0.0469 44 34 77	0.0469 34 72 38	0.0478 28	
				HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	21 16	0.0027 33 21 16	0.0027 33 21 16	0.0027 32 21 14	0.0027 32
					Maximum (Hours)	35 78	0.0195 15 36 76	0.0209 26 37 76	0.0209 25 36 72	0.0209 34	
	Throughput	NumberEntered	Total	30 30	2.269.0000 85 33 30	2.269.0000 85 30 30	2.270.0000 54 30 30	2.272.0000 32			
		NumberExited	Total	30 30	2.269.0000 85 33 30	2.269.0000 85 30 30	2.269.0000 59 37 30	2.272.0000 35			
	Processing	Content	NumberInStation	Average	78 59	0.2691 36 79 59	0.2691 34 30 57	0.2698 24 79 57	0.2688 33		
				Maximum	30 30	1.0000 30 30 30	1.0000 30 30 30	1.0000 30 30 30	1.0000 30		
		HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	53 52	0.0153 30 53 52	0.0153 30 53 52	0.0154 30 53 52	0.0154 30		
			Maximum (Hours)	83 83	0.0183 30 83 83	0.0183 30 83 83	0.0183 30 83 83	0.0183 30			
Throughput		NumberEntered	Total	30 30	2.269.0000 85 33 30	2.269.0000 85 30 30	2.269.0000 59 37 30	2.272.0000 35			
		NumberExited	Total	30 30	2.268.0000 86 33 30	2.268.0000 85 30 30	2.268.0000 47 33 30	2.271.0000 44			
Rack_ProofTerminado	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	34 45	6.3340 19 19 45	6.3340 14 56 45	6.3723 28 37 28	6.3723 38		
			Unallocated	Total	30 30	2.268.0000 86 33 30	2.268.0000 85 30 30	2.268.0000 47 33 30	2.271.0000 44		

Ilustración 173 Producción final - Software simio después 2do Turno

Turno	Estación de Origen	Estación de Destino	Tiempo traslado (seg)	Horario	Tiempo Libre	Tiempo requerido	Restante	Tiempo Estandar	Piezas producidas
1°	Espumado 1	Espumado 1	0	6:00 am - 10:25 am					
	Espumado 1	Componentes 1, L2	6	10:25 am - 2:00 pm	21500,4	12886,06	-8614,3	124,57	103,44
	Espumado 2	Espumado 2	0	6:00 am - 10:23 am					
	Espumado 2	Componentes 2, L2	6	10:23 am - 2:00 pm	21500,4	13020,94	-8479,5	124,99	104,18
	Espumado 3	Espumado 3	0	6:00 am - 10:50 am					
	Espumado 3	Componentes 3, L2	6	10:50 am - 2:00 pm	21500,4	11413	-10087,4	120,04	95,08
2°	Espumado 1	Espumado 1	0	2:00 pm - 7:25 pm					
	Espumado 1	Componentes 1, L2	6	7:25 pm - 11:00 pm	24734,86	12886,1	-11848,8	124,57	103,44
	Espumado 2	Espumado 2	0	2:00 pm - 7:23 pm					
	Espumado 2	Componentes 2, L2	6	7:23 pm - 11:00 pm	24734,86	13020,94	-11713,9	124,99	104,18
	Espumado 3	Espumado 3	0	2:00 pm - 7:50 am					
	Espumado 3	Componentes 3, L2	6	7:50 pm - 11:00 pm	24734,86	11413	-13321,9	120,04	95,08

Ilustración 174 Personal de espumado en línea de ensamble de componentes

Comparación de sueldos		
Antes Mensual	\$	769.020,23
Antes Anual	\$	9.228.242,74
Aguinaldos	\$	257.713,94
Total Anual:	\$	9.485.956,68
		MXN
Despues Mensual	\$	402.138,79
Despues Anual	\$	4.825.665,47
Aguinaldos	\$	195.217,94
Total Anual:	\$	5.020.883,41
		MXN
Ahorro Mensual	\$	366.881,44
		MXN
Ahorro anual:	\$	4.465.073,27
		MXN

Ilustración 175 Ahorro del proyecto

Bibliografía

Jesús Juárez Peñuela, Eduardo Lévano Pérez y Anuar Córdova Castro (2020). Diplomado en lean Manufacturing (Presidencia), Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México.










Wikipedia. (2022). SAP SE. 28/08/2022, de Wikipedia Sitio web: https://es.wikipedia.org/wiki/SAP_SE

eLMformacion. (2019). Creando realidad aumentada con la herramienta Blippar. 28/08/2021, de YouTube Sitio web: <https://www.youtube.com/watch?v=NOGu5-aJoBw&t=318s>


Juan Valiente carrera. (2019). Simio Horario trabajo, work schedule. 21/07/2021, de YouTube Sitio web: <https://www.youtube.com/watch?v=akthQ1OuzvM&t=1s>

Anexos

Datos del Excel

- 1.- Excel – Proyecto completo 
- 2.- Excel – Tiempos promedio de las estaciones 
- 3.- Excel – Diagrama de flujo 
- 4.- Excel – Diagrama de operación 
- 5.- Excel – Datos de Scrap 
- 6.- Excel – Diagrama de antes y después 
- 7.- Excel – Diagrama de VSM 
- 8.- Excel – Células de trabajo, balanceo de línea y propuesta de componentes 
- 9.- Excel – Realidad Virtual, Lista estructurada de materiales y ahorros 

Simulación después

- Reporte de resultados primer turno (Después) 
- Reporte de resultados segundo turno (Después) 