



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

NOMBRE DEL PROYECTO DE RESIDENCIA PROFESIONAL:

IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS PARA PROCESOS PRODUCTIVOS EN LÍNEA DE ENSAMBLE DE PUERTAS AUDI Q5 426 PARA MEJORAR EL KPI DE METHOD IMPROVEMENT DE INGENIERÍA

EMPRESA: GRUPO ANTOLIN TLAXCALA S. DE R.L. DE C.V.

PERIODO: 03 DE ENERO DEL 2024 A 03 DE JULIO DEL 2024

NOMBRE DEL RESIDENTE: SPOTA INCLAN JOCELYNE

NÚMERO DE CONTROL: 19370687

ESPECIALIDAD: INGENIERÍA INDUSTRIAL

ASESOR EXTERNO: ING. GABRIELA SÁNCHEZ MENESES

ASESOR INTERNO: MTRA. MARÍA INÉS HERNÁNDEZ DÍAZ



Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a mis padres y hermana quienes siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir mis objetivos académicos, enseñándome que no me debo de rendir ante ningún obstáculo, estando en cada paso de mi carrera junto a mí, apoyándome, mostrando su fe y cariño hacia mí, aun en los momentos más difíciles ha sido el pilar en el camino de este logro. Su apoyo, confianza, soporte y cariño han sido invaluable, han contribuido a mi fortaleza y ánimo, ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades.

Agradezco a mi familia, abuelos y tíos cercano quienes han estado junto a mí a lo largo de este camino y se han sentido orgullosos de este logro, dándome palabras de aliento y ánimo, festejando junto a mi cada etapa por la cual crucé durante mi carrera.

Agradezco a la Mtra. Ma. Inés Hernández Díaz, mi asesora interna, coordinadora de la carrera y maestra, siendo una docente digna de reconocimiento, quien a lo largo de mi formación académica dentro del instituto y de este proceso estuvo siempre dándome su apoyo, compromiso, comprensión, sus palabras de aliento y ánimo, siendo un pilar de apoyo, aconsejándome ante cada etapa y llevándome de la mano para lograr mis objetivos académicos

Gracias a mi asesora externa, la Ing. Gabriela Sánchez Meneses quien me compartió sus conocimientos y me fue guiando para poder culminar mi proyecto, con ella pude conocer mejor los procesos, aprendiendo desde lo más mínimo hasta lo más complejo, entendiendo la funcionalidad de cada herramienta con la que se cuenta, gracias por su guía y explicación en cada paso.

Resumen

La empresa Grupo Antolín Tlaxcala S. de R.L. de C.V., fabricante de componentes para automóviles de las marcas a las cuales se trabaja como son Audi y Volkswagen, con criterios establecidos por sus clientes.

Actualmente, con la llegada de nuevos proyectos, la planta se ve en la necesidad de optimizar espacios. El presente proyecto consistió en realizar una implementación de mejoras para procesos productivos en línea de ensamble de puertas Audi Q5 426 para mejorar el KPI de method improvement de ingeniería.

El departamento de ingeniería es encargado de mejorar los indicadores de Cp y Cpk a través de un balanceo de línea, debido a que este problema está afectando en la planta, debido a que la empresa Audi México es el principal cliente comercial. El proyecto está dirigido específicamente al área de ensamble de puertas; el proceso actual de las líneas de ensamble incluye tener dos líneas, una encargada del ensamble de puertas delanteras, izquierdas y derechas y la de puertas derechas tanto delanteras como traseras, las líneas se están viendo afectadas por la reducción de espacios dentro de la planta por lo que se pretende implementar mejoras en las líneas para convertirlas en una sola donde se realice el ensamble de izquierdas y derechas.

Dentro del presente proyecto se encuentran diferentes puntos que se irán desarrollando, entre los puntos importantes se encontrará la descripción de la empresa, donde se encuentra todo lo referente a la empresa, los antecedentes históricos de la empresa, dónde y por quién fue fundada, de igual manera se habla sobre la visión, valores y políticas que componen a la empresa, sus principales clientes y la importancia de ellos para la empresa. Se presentan los problemas a resolver dentro del proyecto, estos son de suma importancia dentro del proyecto ya que serán la guía para tener un desarrollo adecuado del proyecto, cumpliendo los objetivos planteados, teniendo una justificación donde se argumenta la propuesta de proyecto, explicando su finalidad e importancia. Dentro del marco teórico se encuentra la investigación y redacción de los conceptos más importantes utilizados a lo largo del desarrollo del presente proyecto.

Con el desarrollo del proyecto, los resultados obtenidos fueron favorables, ya que, se implementó una llamada línea híbrida, donde se redujo el espacio de dos líneas de ensamble a solo una, se implementaron mejoras, reduciendo movimientos, tiempos y costos. Además, se realizaron actualizaciones en la documentación conforme a los cambios realizados en la línea de ensamble, se hicieron cambios en SAP por medio de las validaciones que se obtuvieron conforme a los tiempos ciclos tomados de cada operación de las estaciones de trabajo, teniendo un favorable balanceo de línea.

Con los datos obtenidos de las mejoras implementadas, se realizaron las modificaciones necesarias en SAP con la cantidad de piezas producidas por hora y el MOD total requerido en la línea actualmente, éstas mejoras se pudieron obtener por medio de las herramientas six sigma implementadas, de igual manera se realizaron actualizaciones en la documentación, como son en el layout, las instrucciones detalladas del proceso, instrucciones puesto de trabajo, los estados de referencia 5's, diagramas de procesos, medios y flujos fueron actualizados con los nuevos estándares por cumplir en las áreas de trabajo.

índice

Agradecimientos	2
Resumen	3
1. Generalidades del proyecto	10
1.1 Introducción	10
1.2 Descripción de la empresa u organización y del puesto de trabajo del estudiante.....	11
1.2.1 Nombre de la empresa	11
1.2.2 Ubicación de la empresa	11
1.2.3 Visión.....	11
1.2.4 Historia.....	12
1.2.5 Política de seguridad y salud en el trabajo	13
1.2.6 Política de calidad	14
1.2.7 Sustentabilidad	15
1.2.8 Valores	16
1.2.9 Clientes principales	17
1.2.10 Área de trabajo del estudiante y puesto	18
1.3 Problemas a resolver	18
1.4 Objetivos.....	19
1.4.1 Objetivos generales	19
1.4.2 Objetivos específicos	19
1.5 Justificación.....	19
2. Marco teórico	20
2.1 5 W y 2 H.....	20
2.2 Toma de tiempos	21
2.3 7+1 Desperdicios	24
2.4 SMART	26
2.5 Pareto	27
2.6 Ishikawa	27
2.7 Balanceo de proceso	28
2.8 Supermarket / Supermercado	29
2.9 Distribuciones	31
2.10 Boxplot.....	36

2.11 Capacidad de procesos	38
2.12 Histograma.....	41
2.13 SIPOC	42
3. Desarrollo	45
3.1 Recopilación de datos de las líneas de ensamble de puertas delanteras y traseras	46
3.1.1 Distribución de líneas de ensamble.....	46
3.1.2 Diagrama de flujo del proceso actual.....	47
3.1.3 Tiempo por operación individual de líneas de ensamble de puertas delanteras y traseras	47
3.2 Recopilación de información y análisis de datos de la línea de ensamble de puertas delanteras.	48
3.2.1 SIPOC	48
3.2.2 VSM.....	49
3.2.3 Análisis de tiempos ciclo.....	50
3.3 Recopilación de información y análisis de datos de la línea de ensamble de puertas traseras.....	57
3.3.1 SIPOC	57
3.3.2 VSM.....	58
3.3.3 Análisis de tiempos ciclo.....	58
3.4 Análisis de causa raíz “Ensamble de puertas delanteras y traseras”	62
3.4.1 Lluvia de ideas	63
3.4.2 Análisis de causa raíz.....	65
4. Resultados.....	66
4.1 Resultados obtenidos.....	66
5. Conclusión	81
6. Competencias desarrolladas	82
7. Glosario.....	83
8. Fuentes de información	84
10. ANEXOS	85

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 5 W y 2 H	21
Ilustración 2 Tipos de actividades.....	25
Ilustración 3 SMART	26
Ilustración 4 Elementos del supermercado	31
Ilustración 5 Tipos de distribuciones.....	32
Ilustración 6 Formas generales de Curtosis	32
Ilustración 7 Asimetría de distribución	33
Ilustración 8 Gráfica de probabilidad normal.....	35
Ilustración 9 Tipos de distribuciones.....	35
Ilustración 10 Diagrama Boxplot.....	37
Ilustración 11 Boxplot asimétrico	37
Ilustración 12 Capacidad de proceso	40
Ilustración 13 Interpretación de la capacidad potencial del proceso	40
Ilustración 14 Interpretación de resultados	41
Ilustración 15 Tipos de histogramas	42
Ilustración 16 SIPOC	42
Ilustración 17 Pasos para la elaboración	43
Ilustración 18 Layout actual de las líneas de ensamble	47
Ilustración 19 Diagrama de flujo del proceso de ensamble de puertas delanteras y traseras.....	47
Ilustración 20 Mapa VSM puertas delanteras	50
Ilustración 21 Informe de resumen del proceso "Ensamble de componentes (Upper, bocina y ruber)"	52
Ilustración 22 Informe de resumen del proceso "Ensamble de componentes (Luces y botones)"	52
Ilustración 23 Tablas de tiempos elementales	71
Ilustración 24 Línea híbrida de ensamble de puertas Au426	72
Ilustración 25 Anexo 1: Layout de las líneas de ensamble	85

Ilustración 26	Anexo 2: Diagrama de flujo del proceso de ensamble de puertas delanteras y traseras.....	86
Ilustración 27	Anexo 3: Toma de tiempos "Puertas delanteras"	87
Ilustración 28	Anexo 4: Toma de tiempos "Puertas traseras"	88
Ilustración 29	Anexo 5: SIPOC Ensamble de puertas delanteras	89
Ilustración 30	Anexo 6: Mapa VSM puertas delanteras	90
Ilustración 31	Anexo 7: SIPOC Ensamble de puertas traseras.....	91
Ilustración 32	Anexo 8: Mapa VSM puertas traseras	92
Ilustración 33	Anexo 9: Diagrama de Ishikawa	93
Ilustración 34	Anexo 10: Promedio de tiempos ciclo de líneas de ensamble de puertas delanteras y traseras.....	94
Ilustración 35	Anexo 11: Tablas de tiempos elementales	98
Ilustración 36	Anexo 12: Línea de ensamble de puertas Au426	99
Ilustración 37	Anexo 13: Antes/Después Línea de ensamble st. 10-80	103
Ilustración 38	Anexo 14 VSM Línea híbrida.....	104

Índice de gráficas

Gráfica 1	Tiempo ciclo de estaciones "Puertas delanteras"	51
Gráfica 2	Gráfica de probabilidad estación 60 "Atornillado"	55
Gráfica 3	Gráfica de probabilidad para ciclos mayores a 108 seg.	56
Gráfica 4	Tiempo ciclo individual de línea de ensamble "Puertas traseras"	59
Gráfica 5	Boxplot Tiempo ciclo de línea de ensamble "Puertas delanteras"	63
Gráfica 6	Boxplot Tiempo ciclo de línea de ensamble "Puertas traseras"	63
Gráfica 7	Tiempo ciclo línea híbrida	76

Índice de tablas

Tabla 1	Tabla Westinghouse	22
Tabla 2	Suplementos.....	23
Tabla 3	Residuos en el cálculo	29

Tabla 4 Métricas de capacidad	39
Tabla 5 Producción: Unidad/Turno/Tiempo.....	46
Tabla 6 Toma de tiempos "Puertas delanteras"	48
Tabla 7 Toma de tiempos "Puertas traseras"	48
Tabla 8 SIPOC Ensamble de puertas delanteras.....	49
Tabla 9 Tiempo ciclo individual de línea de ensamble "Puertas delanteras"	50
Tabla 10 SIPOC Ensamble de puertas traseras	57
Tabla 11 Tiempo ciclo individual de línea de ensamble "Puertas traseras"	59
Tabla 12 Índice de capacidad	62
Tabla 13 Lluvia de ideas	64
Tabla 14 Promedio de tiempos ciclo de líneas de ensamble de puertas delanteras y traseras.....	66
Tabla 15 Cálculo de lecturas	67
Tabla 16 Cálculo de tiempos normales	68
Tabla 17 Suplementos básicos	68
Tabla 18 Suplementos Variables	69
Tabla 19 Suplementos totales.....	69
Tabla 20 Tiempo estándar del proceso.....	69
Tabla 21 Operadores óptimos	69
Tabla 22 Operadores teóricos	70
Tabla 23 Antes/Después Línea de ensamble st.10-30.....	73
Tabla 24 Antes/Después línea de ensamble st.40-55.....	73
Tabla 25 Antes/Después línea de ensamble st.60-75	74
Tabla 26 Antes/Después Línea de ensamble st.80	74
Tabla 27 Tiempos por operación (seg)	75
Tabla 28 Tiempos actuales línea híbrida	76
Tabla 29 Índices de capacidad	79
Tabla 30 Ahorros generados	80

1. Generalidades del proyecto

1.1 Introducción

La empresa Grupo Antolin Tlaxcala S. de R.L. de C.V., se dedica a la elaboración de componentes para automóviles como son los techos, puertas, pilares y respaldos de los asientos del Audi Q5, que se fabrica en la planta ensambladora de Audi ubicada en San José Chiapa, Puebla. Además, alberga otros proyectos de la fábrica de Volkswagen de Puebla.

Los clientes tienen bien definidos los criterios y parámetros bajo los cuales se deben trabajar las piezas producidas, de igual manera decide los estándares y criterios de calidad a través de dibujos y normas, si el proceso por parte de la empresa no cumple con estos estándares y criterios solicitados por el cliente, se realizan procesos de mejora mediante la puesta a punto, esto con el objetivo de diseñar, producir y suministrar los mejores productos para llegar a la satisfacción del cliente, cumpliendo sus requisitos, necesidades y expectativas.

El presente proyecto tiene como objetivo principal la implementación de mejoras para procesos productivos en línea de ensamble de puertas Audi Q5 426 para mejorar en KPI de method improvement de ingeniería, en el presente proyecto se podrán en práctica conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, así como herramientas six sigma (Toma de tiempos, balanceo de proceso, 7+1 desperdicios, 5's, cp, cpk, pruebas de normalidad, sipoc, entre otros).

Se requiere mejorar la capacidad potencial del proceso en las líneas de ensamble de puertas Audi Q5 426, la eficiencia de ambas líneas fue detectada en el mes de diciembre del año 2023, a partir del comienzo de proyectos nuevos dentro de la planta de Antolin Tlaxcala.

Actualmente de tienen indicadores de capacidad de proceso por debajo de 1.5 en ambas líneas de ensamble de puertas delanteras y traseras. Al tener un Cp y Cpk por debajo de 1.5 en las líneas de producción de ensamble de puertas, se determina que se tiene un problema en la eficiencia de las líneas.

1.2 Descripción de la empresa u organización y del puesto de trabajo del estudiante

1.2.1 Nombre de la empresa

Grupo Antolin Tlaxcala S. de R.L. de C.V.

1.2.2 Ubicación de la empresa

Grupo Antolin Tlaxcala S. de R.L. de C.V., se encuentra ubicada en el estado de Tlaxcala en el municipio de Huamantla, con domicilio en Virgen de la Caridad S/N Lote19 Vesta Park Tlaxcala I Ciudad Industrial Xicohtencatl II Huamantla CP. 90500

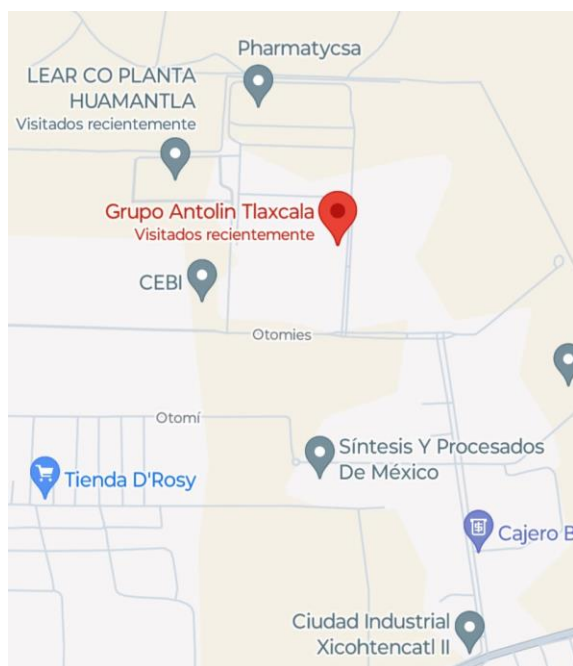


Ilustración 1 Ubicación Grupo Antolin Tlaxcala

1.2.3 Visión

Crear la movilidad del futuro desde el interior, ofreciendo soluciones inteligentes, integradas y sostenibles que contribuyen a un mundo mejor.

1.2.4 Historia

El origen de Antolin, comienza en un taller mecánico en Burgos, España especializado en reparaciones de vehículos y maquinaria agrícola, regentado por Avelino Antolín López junto a sus hijos Avelino y José.

Hoy en día, Antolin es una multinacional líder en el desarrollo, diseño y fabricación de componentes de interior para la industria del automóvil (techos, puertas, iluminación, paneles de instrumentos y sistemas electrónicos). Una empresa sólida y competitiva establecida en 25 países y en la que más de 24.000 personas desarrollan su talento. Creatividad, liderazgo y orientación al cliente siguen vigentes hoy día y son la mejor receta para afrontar el futuro con éxito.

En 2002 Grupo Antolin lanza módulo de puertas DTMDoor Trim Module, el más completo exponente de integración modular. El panel de puertas se convierte en un elemento que incorpora todos los componentes: asideros, elevallunas, altavoces, cerraduras o cableados mejorando la estanqueidad y la seguridad.

En 2014 nace grupo Antolin Tlaxcala, la octava planta en el país, generando 850 empleos y teniendo una producción de techos, puertas, pilares y respaldos de los asientos Audi Q5. Además, también tiene previsto que pueda albergar otros proyectos de la fábrica de Volkswagen de Puebla.

Con este nuevo centro, Grupo Antolin expande su red industrial en uno de los principales mercados de la automoción mundial, contando con las últimas tecnologías necesarias para la fabricación de productos automovilísticos.

Grupo Antolín inauguró en 2016 en Huamantla Tlaxcala su octava planta en el país, en la que fabrica los techos, puertas, pilares para Audi en su modelo Q5. Además, también albergar otros proyectos de la fábrica de Volkswagen de Puebla y de igual manera fabrica respaldos para asientos para la fábrica Lear.



***Ilustración 2** Logo Antolin TLX*

Anualmente la presidenta de Grupo Antolin, María Helena Antolín, otorga reconocimientos por el mejor desempeño logrado durante el año a las plantas que representen sus valores y que alcanzan las metas esperadas. Para 2019 Grupo Antolin Tlaxcala obtiene el reconocimiento a “Mejor planta”.

Grupo Antolin ha consolidado su status como Full Service Supplier (Proveedor de Servicio Completo) gracias a sus múltiples competencias, por lo que esta categoría habilita a la empresa para acompañar al cliente en el ciclo completo del producto en los distintos países en los que opera.



***Ilustración 3** Grupo Antolin Tlaxcala*

1.2.5 Política de seguridad y salud en el trabajo

ANTOLIN, compañía líder en el diseño y fabricación del interior de automóvil, manifiesta su compromiso con la seguridad, la salud y el bienestar laboral y por ello establece la necesidad de implementar, desarrollar y mantener actualizado un adecuado sistema de gestión.

Este compromiso va más allá del estricto cumplimiento de la legislación aplicable ya que el objetivo es proteger, promover y optimizar la seguridad, la salud y el bienestar laboral de las personas que forman nuestra organización y las de nuestros contratistas y proveedores

ANTOLIN se compromete a:

- Asegurar el cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) aplicables a nuestras actividades, productos y servicios.
- Eliminar los peligros y reducir los riesgos para la Seguridad y Salud en el Trabajo controlando los procesos productivos, las instalaciones, los equipos, las materias primas y los productos químicos.
- Proporcionar condiciones de trabajo seguras y saludables para prevenir los daños y el deterioro de la salud física y mental.
- Promover ambientes y hábitos saludables para incrementar el bienestar de las personas tanto en el ámbito laboral como extralaboral y comunitario.
- Garantizar la concienciación, información y capacitación de los empleados.
- Garantizar la consulta y participación de los trabajadores y sus representantes legales.
- Establecer y revisar periódicamente la consecución de los objetivos de SST.
- Dedicar los recursos materiales y humanos necesarios para lograr estos objetivos.
- Integrar el Sistema de Gestión de SST en la gestión de la Organización, considerando todas las actividades y etapas de los procesos directos e indirectos.
- Promover actividades de investigación para el diseño y desarrollo de procesos y productos más seguros, higiénicos y ergonómicos para los empleados y los clientes.
- Impulsar la mejora continua de nuestro sistema de gestión para mejorar el desempeño.
- Poner a disposición de las partes interesadas internas y externas, esta política para su conocimiento y aplicación.

1.2.6 Política de calidad

La alta dirección de grupo Antolin se compromete a:

- Diseñar, producir y suministrar los mejores productos y servicios a la industria del automóvil.
- Centrar las operaciones en la satisfacción del cliente, cumpliendo sus requisitos, necesidades y expectativas.
- Centrar las actividades de investigación y desarrollo en la innovación y la integración de funciones a nuestros productos, evolucionando nuestra cartera de negocios y aportando mayor valor a los negocios actuales.
- Mantener un crecimiento sólido y sostenido basado en la consecución de un alto nivel de atractivo de mercado y en la satisfacción del cliente para una rentabilidad líder actual y futura.
- Hacer de grupo Antolin el empleador preferido.
- Garantizar el cumplimiento de todos los requisitos legales y de los clientes.
- Gestionar las operaciones según el Sistema de Gestión de Calidad.
- Definir objetivos de mejora de la calidad y evaluar continuamente el progreso como parte de la estrategia de la empresa.
- Impulsar la mejora continua de la eficacia y la eficiencia de las operaciones basándose en los principios y objetivos del Sistema de Gestión de Calidad.

Difundir la Cultura de Mejora Continua implicando a toda la empresa, manteniendo un progreso constante para la transformación y el crecimiento.

1.2.7 Sustentabilidad

“COMPROMETIDOS CON UNA MOVILIDAD SOSTENIBLE”

Grupo Antolin cuenta con un modelo de negocio responsable se apoya en tres áreas principales de incremento del valor para la compañía que permite convertir en soluciones de negocio los retos que plantea el entorno: Planeta, Personas y Negocio. Para avanzar en ellas Antolin ha fijado unos objetivos Ambientales, Sociales y de Gobierno Corporativo (ASG), así como acciones para alcanzarlos.

El Plan ofrece un marco de actuación claro que permite a la compañía posicionarse como referente por su gestión responsable del negocio, reforzar su cultura sostenibilidad y dar respuesta a los desafíos globales de la industria y la sociedad.

La Agenda 2030, objetivos y metas asociadas y los diez principios del Pacto Mundial de Naciones Unidas se perfilan como la hoja de ruta donde se apoya nuestro plan.

Antolin contribuye indirectamente con los ODS's nº1, 2, 6, 14 y contribuye directamente con los 13 ODS's restantes.



Ilustración 4 Objetivos de desarrollo sostenible

1.2.8 Valores

Personas: Clave del éxito

- Reconoce los logros: todos contribuyen al éxito
- Genera un clima de confianza
- Sé tolerante con el error
- Escucha, comunica: actúa con transparencia
- Trabaja en equipo

Espíritu Familiar: Nuestra identidad

- Sé humilde
- Actúa con honradez
- Respeta a los demás

- Trata los problemas con equidad

Innovación: Fundamento de nuestro futuro

- Muéstrate flexible y abierto a nuevas ideas
- Sé inconformista, promueve el atrevimiento
- Todo es cuestionable, busca la mejor solución

Pasión: Por el trabajo bien hecho

- Trabaja con calidad
- Cumple con tus compromisos
- Fórmate permanentemente
- Implícate desde el inicio

Contribución: Al desarrollo de la sociedad

- Muéstrate comprometido con tu entorno
- Representa los valores de la empresa en la sociedad

1.2.9 Clientes principales

Grupo Antolin se desarrolla en un sector de automóviles de gama premium, los clientes de la planta Antolin Tlaxcala son marcas reconocida dentro del mundo automotriz, para cada cliente existe uno o varios proyectos enfocados a dicho sector.

Grupo Antolin desarrolla de manera conjunta con nuestros clientes soluciones innovadoras que mejoran la experiencia a bordo del vehículo y respondan a las necesidades que plantea cada nuevo modelo.

Los clientes de Antolin Tlaxcala son los siguientes:

- **Audi Puebla**

La planta ubicada en San José Chiapa, Puebla, es un miembro valioso en la red de producción de Audi ya que cuenta con los últimos avances en cuanto a eficiencia de recursos y procesos de fabricación.

- **Fábrica Volkswagen Puebla**

La planta de componentes Puebla ganó el primer lugar entre 23 fábricas de grupo Volkswagen con los mejores resultados en eficiencia de ensamble.

1.2.10 Área de trabajo del estudiante y puesto

Área de trabajo: Departamento de ingeniería

Puesto: Residente profesional del departamento de ingeniería

Jefe inmediato: Sofía Gómez Nava

Asesor externo: Gabriela Sánchez Meneses

1.3 Problemas a resolver

La empresa Grupo Antolin Tlaxcala requiere mejorar la eficiencia de sus líneas de ensamble de puertas Audi Q5 426 ya que se cuenta con dificultades actuales para cumplir con los requisitos de producción del cliente, en base a los cuellos de botella detectados en ambas líneas de ensamble que son reflejados en su baja capacidad potencial de proceso (C_p y C_{pk}). El área de ingeniería es la encargada de mejorar los indicadores de C_p y C_{pk} a través de un balanceo de línea, ya que este problema afecta a toda la empresa por ser Audi México su principal cliente comercial, por lo cual el problema debe ser abordado inmediatamente, debido a que las dificultades para cumplir con las metas de producción diarias están generando un gasto de USD\$17,215.36 mensuales en pagos de salarios e insumos.

Los problemas por resolver son:

1. Identificar e implementar las oportunidades de mejora en la línea de ensamble
2. Realizar un balanceo de línea
3. Mejoramiento de la eficiencia de las líneas de ensamble
4. Mejorar los indicadores C_p y C_{pk}

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivos generales

Implementación de mejoras en la capacidad de proceso productivos a largo y corto plazo en línea de ensamble de puertas Audi Q5 426, reduciendo movimientos innecesarios, transporte de materiales, retrabajos y tiempos muertos para identificar las principales causas que ocasionan la variabilidad en el tiempo de trabajo y aumentar la capacidad del proceso en un mínimo de 1.3, evitando acciones que afecten la calidad del productos, con la finalidad de obtener resultados de mejora en semana 20 del 2024

1.4.2 Objetivos específicos

- I. Realizar una toma de tiempos de cada estación para poder distribuir de manera equilibrada las tareas y actividades en la línea de ensamble, obteniendo un balanceo en la línea se pretende tener una reducción de espacios y costos.
- II. Identificación de problemas en el flujo de recorrido del layout para generar un plan de mejora en la organización y ubicación de las estaciones de trabajo.
- III. Mejoramiento en la capacidad potencial del proceso en las líneas de ensamble de puertas delanteras y traseras.
- IV. Identificación y reducción de los desperdicios en la línea de procesos para generar ahorros y mejoras (KPI method improvement, reclamación del cliente y valor no agregado)
- V. Mejoramiento de los indicadores Cp y Cpk a corto plazo a través de un balanceo de línea para determinar si el proceso es potencialmente capaz de cumplir con las especificaciones del cliente.

1.5 Justificación

El proyecto propuesto busca aplicar una implementación de mejoras para procesos productivos en líneas de ensamble de puertas Audi Q5 426, con el objetivo de mejorar el KPI de method improvement de ingeniería, logrando el cumplimiento de los objetivos propuestos, empleando herramientas de mejora, identificando las

áreas de oportunidad dentro de la línea de ensamble desde un enfoque sistémico, donde se permitirá mantener la producción, reducir los costos innecesarios, garantizar la calidad y disminuir los tiempos del proceso en la línea.

De acuerdo con los tiempos analizados se detectan cuellos de botella en la línea de ensamble de puertas delanteras y traseras; actualmente se cuenta con un Cp y Cpk por debajo de 1.5, por lo que esto representa dificultades en el cumplimiento de las metas de producción diarias, por lo que se están generando gastos adicionales en salarios e insumos, esto debido a que se están trabajando turnos extras los días domingo para cumplir con la demanda requerida por el cliente.

La implementación de este proyecto permitirá dar un balanceo de línea, mejorando los Cp y Cpk, optimizando las líneas de ensamble de puertas delanteras y traseras, dando como resultado una línea híbrida, balanceando el proceso productivo en las estaciones de trabajo, reduciendo los desperdicios de movimientos, tiempo de espera, intelecto, transporte, procesos innecesarios y reducción de retrabajos en el proceso, visualizando las oportunidades de mejora y dando la oportunidad de realizar las actividades de una manera más ágil y productiva.

2. Marco teórico

2.1 5 W y 2 H

Definición del problema: Es la técnica utilizada para definir un problema correctamente de forma simple y correcta, mediante el uso de preguntas clave para así facilitar la comprensión.

Método utilizado para buscar la causa raíz de un problema, esta técnica se genera a partir de la herramienta llamada 5W's, donde se pregunta repetidamente "¿Por qué?" hasta encontrar la causa raíz.

Función

- Herramienta fácil de usar
- Permite estructurar o definir el problema de manera completa

- Aterriza el problema de tal manera que se aprecie el alcance real del problema, que abarca y que no abarca para concentrar esfuerzos en un problema específico.¹



Ilustración 1 5 W y 2 H

2.2 Toma de tiempos

La toma de tiempos es una herramienta que permite medir el tiempo en que se realizan las actividades dentro de una operación, no solo permite medir el desempeño del operador y del proceso, sino que también facilita la implementación del flujo continuo.

Método Maytag

Maytag-Company emplea un procedimiento para estimar el número de observaciones necesarias:

Toma de observaciones

¹ Arteaga, A. A. (5 de Agosto de 2020). *Lean Construction Mexico*. Obtenido de <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/5w2h-qu%C3%A9-significa-para-qu%C3%A9-SIRVE-c%C3%B3mo-aplicarla-y-algunos-ejemplos>

- A. Diez lecturas para ciclos de dos minutos o menos
- B. Cinco lecturas para ciclos superiores a dos minutos

Tabla Westinghouse

Se utiliza para medir el valor de la actuación del operador al realizar una tarea. Considera los siguientes parámetros:

- Habilidad, Esfuerzo, Condiciones, Consistencia

TABLA WESTINGHOUSE			
HABILIDAD		ESFUERZO	
0.15	Superhabil	0.13	Superhabil
0.13	Superhabil	0.12	Superhabil
0.11	Excelente	0.1	Excelente
0.08	Excelente	0.08	Excelente
0.06	Bueno	0.05	Bueno
0.03	Bueno	0.02	Bueno
0	Promedio	0	Promedio
-0.05	Regular	-0.04	Regular
-0.1	Regular	-0.08	Regular
-0.16	Pobre	-0.12	Pobre
-0.22	Pobre	-0.17	Pobre
CONDICIONES		CONSISTENCIA	
0.06	Ideal	0.04	Perfecta
0.04	Excelente	0.03	Excelente
0.02	Buena	0	Buena
0	Promedio	0	Promedio
-0.03	Regular	-0.02	Regular
-0.07	Pobre	-0.04	Pobre

Tabla 1 Tabla Westinghouse

Suplementos

Una vez que se establece el tiempo básico o normal, al calcular la cantidad de producción estándar esperada, difícilmente se podría alcanzar.

Al realizar un análisis de causa, se encuentra lo siguiente:

- Causas asignables al trabajador
- Causas asignables al trabajador estudiado
- Causas no asignables

Cualquier tarea existe un esfuerzo humano y requiere promover suplementos para compensar la fatiga, descansar y ocuparse de sus necesidades personales.

SUPLEMENTOS CONSTANTES	HOMBRE	MUJER	SUPLEMENTOS VARIABLES	HOMBRE	MUJER
Necesidades personales	5	7	a) Condiciones atmosféricas		
Básico por fatiga	4	4	Índice de enfriamiento, termómetro de KATA (milicalorías/cm2/segundo)		
SUPLEMENTOS VARIABLES	HOMBRE	MUJER			
a) Trabajo de pie			16		0
Trabajo se realiza sentado(a)	0	0	14		0
Trabajo se realiza de pie	2	4	12		0
b) Postura normal			10		3
Ligeramente incómoda	0	1	8		10
Incómoda (inclinación del cuerpo)	2	3	6		21
Muy incómoda (Cuerpo estirado)	7	7	5		31
			4		45
			3		64
			2		100
c) Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, tirar o empujar)			f) Tensión visual		
Peso levantado por kilogramo			Trabajos de cierta precisión	0	0
2,5	0	1	Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
5	1	2	Trabajos de gran precisión	5	5
7,5	2	3	g) Ruido		
10	3	4	Sonido continuo	0	0
12,5	4	6	Sonidos intermitentes y fuertes	2	2
15	5	8	Sonidos intermitentes y muy fuertes	5	5
17,5	7	10	Sonidos estridentes	7	7
20	9	13	h) Tensión mental		
22,5	11	16	Proceso algo complejo	1	1
25	13	20 (máx)	Proceso complejo o de atención dividida	4	4
30	17		Proceso muy complejo	8	8
33,5	22		i) Monotonía mental		
d) Iluminación			Trabajo monótono	0	0
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	Trabajo bastante monótono	1	1
Bastante por debajo	2	2	Trabajo muy monótono	4	4
Absolutamente insuficiente	5	5	j) Monotonía física		
			Trabajo algo aburrido	0	0
			Trabajo aburrido	2	2
			Trabajo muy aburrido	5	5

Tabla 2 Suplementos

Considerando como 100% un ritmo estándar la actuación del operario de acuerdo con los valores de la tabla Westinghouse se resta las consideraciones. Este valor se le resta al 100 y da como resultado una actuación del X%. Para calcular el tiempo normal se tiene la siguiente fórmula:

$$TN = TM(V.A.)$$

Dónde: T.N. = Tiempo Normal
T.M. = Tiempo Medio
V.A. = Valor de la Actuación

Posteriormente:

$$T.S. = (1 + \text{Suplementos})$$

Dónde: T.S. = Tiempo Estándar
T.N. = Tiempo Normal

Pasos de aplicación de cálculo de tiempo estándar

Paso 1. Determinar si la duración de la actividad es:

- A) 2.0 minutos o menos
- B) Más de 2.0 minutos

Paso 2. Tomar las lecturas de tiempo iniciales para cada una de las actividades que integran el proceso (5 / 10 lecturas) y calcular el tiempo ciclo.

Paso 3. Calcular Rango y Factor R/X.

Paso 4. Obtener el número de lecturas necesarias en la columna correcta de la tabla Maytag, utilizando el R/X y calcular nuevamente los tiempos ciclo.

Paso 5. Calificar la actuación del operador para cada actividad utilizando la tabla Westinghouse y obtener el factor del valor de la actuación.

Paso 6. Calcular los tiempos normales (TN) de cada actividad y del proceso.

Paso 7. Calcular el factor de suplementos (Tabla de suplementos de la OIT).

Paso 8. Calcular tiempo estándar.²

2.3 7+1 Desperdicios

¿Qué es?

Los desperdicios son todos aquellos derroches o desaprovechamientos de los recursos y talentos con los que cuenta una organización.

Valor no agregado

Se conoce como la cantidad económica que el cliente está dispuesto a pagar por un producto o servicio.

Valor no agregado (Desperdicio)

² Socconini, L. (2019). Lean Six Sigma Yellow Belt. Manual de certificación. Barcelona: Marge books.

Es una actividad que comúnmente necesita recursos para ser ejecutada y no agrega ningún valor hacia el producto o servicio y por ende genera gasto.



***Ilustración 2** Tipos de actividades*

Tipos de desperdicios

- **Espera:** Se considera como el tiempo muerto que el empleado está esperando por materia prima o algún proceso.
- **Defectos:** Es el producto que no cumple con las especificaciones requeridas por parte del cliente y se vuelve retrabajo.
- **Movimiento:** Son los movimientos de los operadores que no agregan valor al producto.
- **Transportación:** Son aquellos movimientos o traslados innecesarios que se aplican en el flujo de un proceso.
- **Intelecto:** Manera ineficiente en el que se usa el intelecto o habilidades de un empleado.
- **Sobreproducción:** Se conoce como producir de una manera más rápida de lo que el cliente requiere.
- **Inventario:** Es todo aquel producto terminado o materia prima que no tiene un movimiento natural dentro del proceso, por lo que se queda almacenado sin generar alguna ganancia.
- **Sobre procesamiento:** Esfuerzo excedido que no agrega valor al cliente ni al proceso.

Beneficios de conocer los desperdicios

- Exponer los desperdicios que la empresa tiene y por ende se genera ahorros considerables, al tener un proceso con desperdicios se debe de actuar de manera reactiva y no esbelta.
- Teniendo una cultura de identificación dentro de la empresa promueve un ambiente más eficiente y productivo.³

2.4 SMART

Herramienta para establecer ¿Dónde queremos llegar?, ¿Qué resultados queremos tener? En base a los criterios que se establecen.



Ilustración 3 SMART

¿Cómo realizarlo?

1. **Medible:** Es la forma en la que se medirá el éxito del proyecto.
2. **Alcanzable:** Verificar si se puede llegar al objetivo, ya que un proyecto inalcanzable no tiene sentido comenzar.
3. **Realista:** Para asegurar que el objetivo es realista, se deben de realizar las siguientes preguntas: ¿Hay responsable?, ¿La experiencia del responsable es suficiente?, ¿Se tienen contemplados los obstáculos y restricciones?
4. **Específico:** Para validar que un objetivo es específico se debe de asegurar que todas las personas involucradas en el proceso conozcan su rol, los involucrados entienden perfectamente ¿qué es lo que se hace?, se tienen términos y condiciones.

³ Socconini, L. (2019). Lean Six Sigma Yellow Belt. Manual de certificación. Barcelona: Marge books.

- 5. En tiempo:** Se deben de establecer periodos de tiempo ya que, al no tener el objetivo, no podrá ser medible y mucho menos realista, comúnmente al no tener bien definido el tiempo puede presentar impacto en el costo.⁴

2.5 Pareto

Es un tipo de gráfica de barras que ayuda a detectar las causas de un problema, de tal manera que se puede determinar el 20% de las causas que generan el 80% del problema (costo).

Pasos

1. Identificar el problema a analizar.
2. Recolección de datos (frecuencia, impacto económico).
3. Ordenar de mayor a menor de acuerdo con la frecuencia e impacto.
4. Calcular el porcentaje correspondiente de cada causa.
5. Obtener el porcentaje acumulado y determinar hasta donde es el 80%
6. Graficar y seleccionar acciones de mejora.⁵

2.6 Ishikawa

Es una herramienta gráfica que se obtiene de una lluvia de ideas, en la que se enlistan de una manera organizada todas las causas de un determinado efecto, con lo cual resulta más fácil separar los problemas y las posibles zonas de mejora.⁶

⁴ Socconini, L. (2019). Lean Six Sigma Yellow Belt. Manual de certificación. Barcelona: Marge books.

⁵ López, F. (28 de Julio de 2018). Ingenio empresa. Obtenido de Herramientas de calidad: <https://ingenioempresa.com/diagrama-de-pareto/>

⁶ Lopez, C. (07 de 11 de 2010.). Calidad industrial. Obtenido de Blog de la calidad: <https://blogdelacalidad.com/diagrama-de-ishikawa/>

Función

- Permite encontrar la causa raíz de un problema
- Incentiva la participación de todos los involucrados y de esta manera encontrar el problema real de un proceso

Como realizarlo

- Hacer una reunión con las personas involucradas del proceso en cuestión
- Escoger las categorías a utilizar
- Escribir el problema en el apartado de efecto resultante de nuestro 5W2H
- Seleccionar y utilizar preguntas recomendadas para agilizar la lluvia de ideas
- Clasificar las posibles causas generadas de la lluvia de ideas
- Realizar un plan de acción para la solución de problema.⁷

2.7 Balanceo de proceso

Herramienta utilizada para cumplir con la tasa de producción/entrega requerida con el menor tiempo posible de espera, mediante esto, las tasas son asignadas a cada estación de trabajo procurando que todas requieren aproximadamente el mismo tiempo.

Función

- Evitar que se generen cuellos de botellas por los tiempos de carga bien balanceados.
- Ayuda a reducir el inventario, sobreproducción, estrés entre más desperdicios.
- Incrementa la eficiencia de un proceso.

Pasos

1. Enlistar todas las operaciones de proceso.

⁷ Socconini, L. (2019). *Lean Six Sigma Yellow Belt. Manual de certificación*. Barcelona: Marge books.

Colocar el nombre de cada proceso o estación de trabajo.

2. Cronometrar el tiempo de cada operación.

Tiempo ciclo

Es el tiempo en el que tarda en salir un producto pasando por todas las operaciones, es decir, la suma de todas las actividades.

3. Identificar el Takt Time y los cuellos de botella.

Takt Time: Es el ritmo con el que cada pieza pasa por todas las operaciones del proceso.

- $\text{Takt Time} = \text{Tiempo disponible por turno} / \text{demanda del cliente por turno}.$
4. Balancear combinando actividades para generar un tiempo de ciclo cercano al Takt time.
 5. Obtener el número de personas.

$\text{Número de operadores} = \text{Suma de tiempos de ciclo} / \text{Takt Time}$

Residuos en el cálculo	Lineamiento / Objetivo
< 0.3	No aumente un operador. Reduzca más el desperdicio.
0.3 – 0.5	No añada un operador aún, tras dos semanas de operación, evalúe si aún se puede eliminar desperdicio.
> 0.5	Añada un operador si es necesario y continúe eliminando desperdicio hasta eliminar la necesidad de este operador.

Tabla 3 Residuos en el cálculo

6. Evaluar la eficiencia del proceso.
7. Volver a balancear en caso de que sea necesario.⁸

2.8 Supermarket / Supermercado

Almacén temporal localizado en un área cercana a las operaciones, esto con la finalidad de reducir los tiempos de surtimiento de materiales y evitar que el proceso

⁸ Socconini, L. (2019). *Lean Six Sigma Yellow Belt. Manual de certificación*. Barcelona: Marge books.

se detenga. Este almacén es surtido por personas que mueven el material, llamados Water Spider.

Ubicación

La ubicación del supermercado debe de ser estratégico, de igual manera mantener el inventario del proceso estandarizado. Cada componente debe de tener una posición determinada, el cual será tomado conforme a las cantidades necesarias

Si un componente es utilizado, debe de existir una señal que autorice reemplazar el que se utilizó (Kanban).

Función

- Prevenir paros en la producción (esperas)
- Reducción de espacios (traslados y movimientos)

Elementos

El supermercado cuenta con 5 elementos:

- **01 Cliente:** Retira lo necesario cuando lo necesita
- **02 Proveedor:** Proceso que surte o produce lo que el cliente retiró
- **03 Kanban de producción:** Tarjeta o indicador visual que indica las características y cantidades de las piezas que tiene que producir el proveedor
- **04 Kanban de retiro o movimiento:** Tarjeta que se utiliza para retirar productos del supermercado y moverlos hacia el proceso que le cliente requiera.

- **05 Water spider:** Persona que mueve la materia, mantiene el ritmo del surtido, recoge las tarjetas Kanban, las herramientas y componentes para cada operación y entrega el material en el lugar y momento adecuado.⁹



Ilustración 4 Elementos del supermercado

2.9 Distribuciones

Una distribución refleja el comportamiento de los datos, se tiene una variedad de distribuciones de probabilidad, la cual se utiliza mediante la similitud al comportamiento de los datos y ajustarla a una distribución que permite calcular la probabilidad de que ocurra.

Función

- Comparar un comportamiento de los datos históricos con una función de probabilidad.
- Accionar las mejoras encontradas en el proceso mediante herramientas estadísticas.
- Anticipar las variaciones del proceso.

⁹ Socconini, L. (2019). *Lean Six Sigma Yellow Belt. Manual de certificación*. Barcelona: Marge books.

Tipos de distribuciones

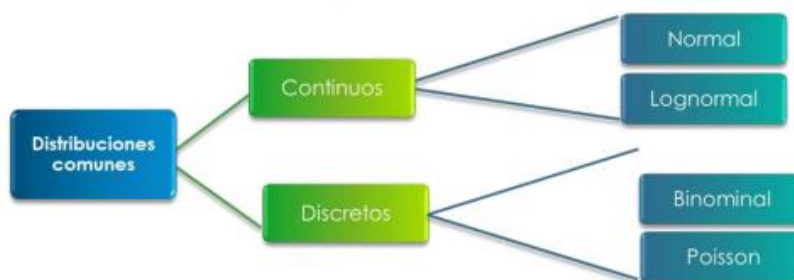


Ilustración 5 Tipos de distribuciones

- **Distribución Normal**

Una curva en forma de campana que es simétrica de la media, donde las desviaciones estándar sucesivas con respecto a ésta establecen valores de referencia para estimar el porcentaje de observaciones de los datos.

Es la distribución más común debido a que la normalidad aproximada se presenta naturalmente en muchas situaciones de medición física, biológica y social.

Propiedades:

Una población se determina por su media y desviación estándar, esta distribución tiene una media=0 y desviación estándar=1

- **Curtosis**

Miden la mayor o menor concentración de datos alrededor de la media. **Lepocúrtica**, cuando hay más concentración de datos en la media. **Platicúrtica**, cuando hay menor concentración de datos en la media. **Mesocúrtica**, similar al normal.

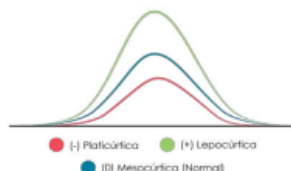


Ilustración 6 Formas generales de Curtosis

- **Asimetría**

Miden la mayor o menor simetría de la distribución. Si la distribución es simétrica, es igual a 0; si es asimétrica a la derecha es positiva; y si es asimétrica a la izquierda, es negativa.

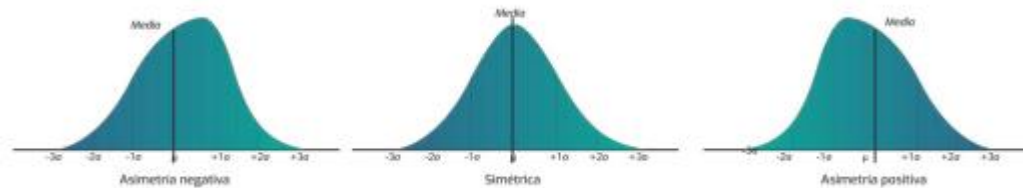


Ilustración 7 Asimetría de distribución

- **Teorema del límite central**

Comúnmente cuando el tamaño de la muestra es demasiado grande, este probablemente tenga una aproximación normal.

- **Distribución Lognormal**

Tiene un comportamiento similar a la normal solo que el tiempo afecta en el comportamiento de los datos. Pueden ser 2 o 3 parámetros.

Estadísticos:

- **Ubicación**

Localización: La ubicación de los datos al desplazarlos a lo largo del eje X. Un valor de ubicación positivo desplaza la distribución hacia la derecha, mientras que un valor de ubicación negativo desplaza la distribución hacia la izquierda.

Escala: Distribución de los datos; que tan dispersos son los datos. Por lo general, un valor de escala más grande puede hacer que la distribución luzca más expandida horizontalmente.

Umbral: Define la ubicación del mínimo valor que es teóricamente posible para los datos de una distribución.

- **Distribución Binomial**

La distribución discreta binomial asigna probabilidades al número de “éxitos”, observado en un conjunto de pruebas cuando la propensión al “éxito” es p , donde $0 \leq p \leq 1$. Esta distribución mide el número de defectuosos.

La distribución Binomial se aproxima a la distribución normal lo cual involucra un riesgo en cuanto a la confusión del uso de la normal para datos discretos.

Estadísticos: Numero de pruebas, probabilidad de éxito.

- **Distribución de Poisson**

La distribución de Poisson se puede utilizar para calcular las probabilidades de los resultados del proceso que se miden las tasas de: ratones / acre, defectos / unidad y llamadas son “eventos”.

Acre, unidad y hora representan “áreas de oportunidad” en el cual el evento ocurre. La probabilidad de la ocurrencia de un “evento” en cualquier parte del “áreas de oportunidad” es independiente de la ocurrencia de otro.

Estadísticos: Media (μ)

- **Prueba de Normalidad**

Muchas de herramientas estadísticas están en la suposición de que la distribución de los datos que se van a analizar es normal.

Entre estas técnicas estadísticas están, por ejemplo, las herramientas para calcular la capacidad del proceso, la regresión, las pruebas de hipótesis. Antes de utilizar estas herramientas es importante evaluar la validez de esta suposición, o asumir el riesgo de obtener resultados y conclusiones incorrectas.

Gráfica de probabilidad normal: Esta herramienta grafica los datos contra una distribución normal teórica (línea en rojo). Si los datos tienen una distribución normal.

Los puntos de datos formarán una línea recta en forma diagonal a la línea roja. Mientras más cerca la mayor parte de los datos está de la línea roja, la mayor evidencia para soportar que existe una distribución normal.



Ilustración 8 Gráfica de probabilidad normal

Por medio de pruebas (Anderson Darling, Kolmogorov, Chi cuadrada) se estima si los datos se comportan conforme una distribución normal. Su estadístico se llama P value donde si $P \geq 0.05$, se concluye que los datos siguen una distribución normal.

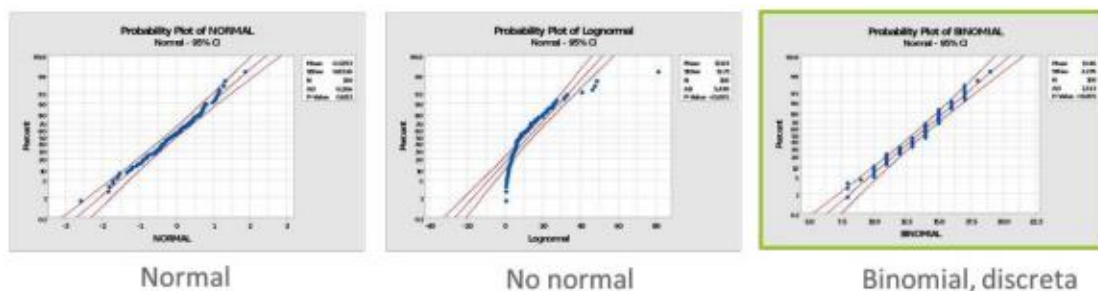


Ilustración 9 Tipos de distribuciones

Interpretación de resultados

Los datos se ajustan a la línea roja, nuestra distribución normal teórica, visualmente podemos decir que los datos tienen una distribución normal.

Además, podemos revisar el valor p, que en este caso es $p > 0.05$, por lo tanto, comprobamos también que nuestro set de datos tiene una distribución normal.

Interpretación de resultados por simetría de distribución

- **Binomial:** Validando que son datos discretos ahora solo falta definir si se miden defectos o defectuosos para poder determinar si se debe utilizar una distribución Binomial o Poisson.
- **Normal:** El valor p es mayor que 0.05, se confirma la normalidad, en este caso se debe mantener estos datos como están, pues pueden aplicarse a los estudios estadísticos estándar.
- **Lognormal:** Asegura que se realizó la prueba de identificación de distribución individual para identificar la distribución y poder proceder de manera adecuada.

Interpretación de resultados minitab

- Minitab generará los gráficos de probabilidad del set de datos elegido para todos los tipos de distribución y transformaciones.
- Además, en la hoja de proyecto se observará la prueba de bondad del ajuste donde podrás elegir la distribución que tenga un valor $p > \alpha$ 0.05.¹⁰

2.10 Boxplot

Los diagramas de Boxplot (Caja-Bigotes) son una representación visual general de un conjunto de datos que describe varias características importantes de los mismos como: centro, dispersión, simetría, rango intercuartílico, y datos atípicos.

Componentes del diagrama de Boxplot

- **Mediana:** Es el valor que se encuentra a la mitad de todos los datos, por lo que la mitad de los datos se encuentran arriba de este número y la otra mitad abajo.

¹⁰ Socconini, L. (2020). *Lean Six Sigma Green Belt. Manual de certificación*. Valencia, Barcelona: Alfaomega, Marge Books.

- **Caja de rango intercuartil:** Representa el 50% de los datos, y se compone del primer cuartil (25% de los datos) y tercer cuartil (75% de los datos), se puede apreciar la distancia entre estos dos cuartiles.
- **Bigotes:** Muestran el recorrido entre los datos mínimos y máximos que se encuentran arriba del 75% de los datos y debajo de los 25% de los datos excluyendo los datos atípicos.
- **Outliers:** Datos atípicos que se encuentran más allá de los bigotes.

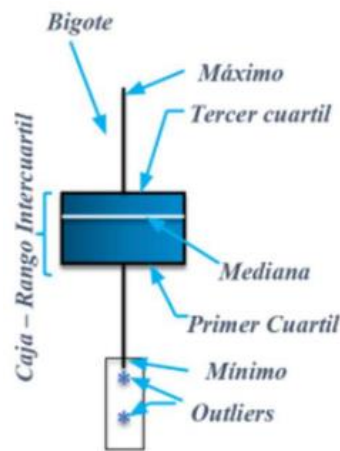


Ilustración 10 Diagrama Boxplot

Datos asimétricos: La asimetría indica que los datos pueden no estar distribuidos normalmente.



Ilustración 11 Boxplot asimétrico

Valores atípicos: Valores de datos que están muy alejados de otros valores de datos, pueden afectar fuertemente sus resultados. Se debe de identificar la causa, corregir cualquier error de entrada de datos o de medición, se debe de considerar eliminar aquellos que estén asociados con eventos únicos (causas especiales).

Diferencia entre grupos: Buscar diferencias entre los centros y las dispersiones de los grupos.

Consideraciones

Una gráfica de caja funciona mejor cuando el tamaño de la muestra es al menos de 20, los grupos no requieren tener tamaños de muestra iguales.

Puede ser mostrado contra una gran cantidad de grupos haciendo de esta una herramienta muy poderosa al poder comparar distintos grupos con tamaños y formas distintas en un solo gráfico.

Función

- Nos permite evaluar y comparar entre varios grupos la variabilidad de las distribuciones, tendencia central entre cosas.
- Visualizar valores extremos por grupo (bigotes)
- Encontrar valores atípicos (outliners)¹¹

2.11 Capacidad de procesos

Es el análisis que determina si un proceso es capaz de satisfacer las necesidades del cliente, haciendo referencia a la distribución y tipo de datos.

La mayoría de los métricos de desempeño tienen algún valor objetivo y límites aceptables de variación alrededor del objetivo. La medida en que los valores “esperados” caen dentro de estos límites determina la capacidad del proceso para cumplir sus requisitos.¹²

¹¹ Socconini, L. (2020). *Lean Six Sigma Green Belt. Manual de certificación*. Valencia, Barcelona: Alfaomega, Marge Books.

¹² Gutiérrez, H. & Salazar, R. (2013). *Capacidad de procesos I. Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Función

- Permite la comparación contra la competencia si es que es usado como indicador de desempeño.
- El resultado determinará si somos capaces de producir de acuerdo con las especificaciones del cliente y si es que podemos satisfacerlas.
- Nos arroja una línea base para saber cuál será el punto de partida.

Métricos

Métricas de Capacidad	Definición	Propósito
Nivel Sigma	El número de desviaciones estándar que caben dentro desde la media hasta el límite de especificación más cercano.	Métrico Universal de Seis Sigma.
Cp	Capacidad Potencial Corto Plazo = Compara el rango de tu proceso contra el rango de especificación a corto plazo, no toma en consideración el centrado.	¿El proceso es potencialmente capaz en un corto plazo de cumplir con especificaciones del cliente?
Cpk	Capacidad Real a Corto Plazo = Compara el rango de tu proceso a corto plazo contra los límites de especificación, toma en consideración el centrado y obtiene el mínimo valor entre ambos extremos).	¿El proceso es realmente capaz de cumplir con especificaciones del cliente a corto plazo?
Pp	Capacidad Potencial a Largo Plazo: Compara el rango de tu proceso a largo plazo contra el rango de especificación, no toma en consideración el centrado.	¿El proceso es potencialmente capaz en un largo plazo de cumplir con especificaciones del cliente?
Ppk	Capacidad Real a Largo Plazo = Compara el rango de tu proceso a largo plazo contra los límites de especificación, toma en consideración el centrado y obtiene el mínimo valor entre ambos extremos).	¿El proceso es realmente capaz de cumplir con especificaciones del cliente a largo plazo?

Tabla 4 Métricas de capacidad

En forma general se puede presentar 4 escenarios:

- Problemas de dispersión (El Cp nos lo va a indicar).
- Problemas de ubicación (El Cpk es significativamente menor al Cp).
- Problemas de ubicación y dispersión (Cp en condiciones nos favorables y adicional un Cpk significativamente menor a valor del Cp).
- Proceso en un escenario aceptable.

Para datos con una distribución normal es posible calcular la capacidad a corto y largo plazo.

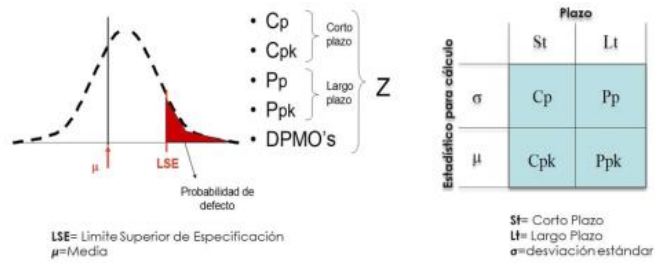


Ilustración 12 Capacidad de proceso

La capacidad potencial no puede identificar el mejor proceso entre los dos casos debido a que mide la variación mediante el ancho del proceso, más no el centrado, es por ello por lo que se utiliza el C_{pk} para complementar nuestro análisis

Si el proceso está centrado entonces $C_p = C_{pk}$

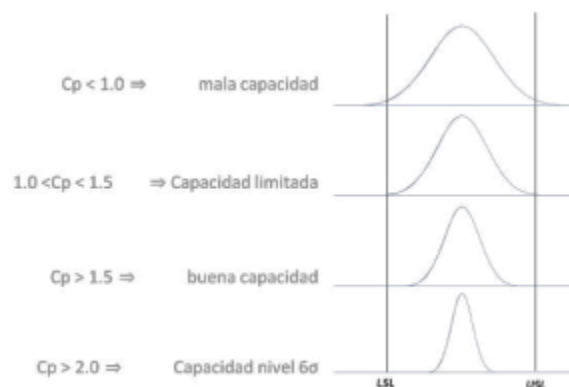


Ilustración 13 Interpretación de la capacidad potencial del proceso

Interpretación de resultados

1. Se puede apreciar que todos los datos están dentro de los límites de especificación.
2. El proceso no está centrado por lo que se puede apreciar una ligera variación entre C_p y C_{pk} .
3. Los índices de capacidad C_p , C_{pk} están entre 1 y 1.5 por lo que podemos determinar que el proceso tiene una capacidad limitada para cumplir las necesidades a corto plazo.

4. Los índices de capacidad Pp, Ppk están entre 1 y 1.5 por lo que podemos determinar que el proceso tiene una capacidad limitada para cumplir las necesidades a largo plazo.¹³

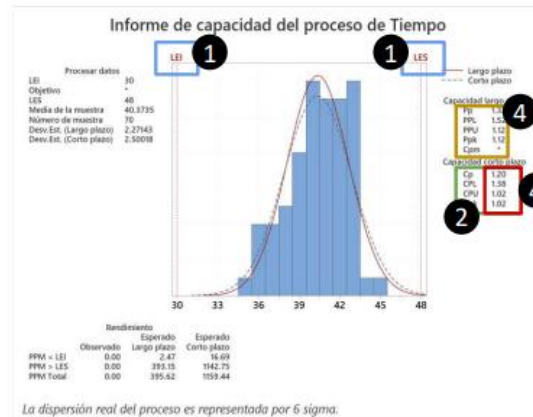


Ilustración 14 Interpretación de resultados

2.12 Histograma

Es una herramienta que representa una distribución de frecuencias de un grupo de datos, en los cuales se pueden detectar los siguientes puntos:

1. Forma en que se distribuyen los datos
2. Acumulación o tendencia central
3. Dispersión o variabilidad

Consideraciones:

- El tamaño de la muestra debe ser aproximadamente de 20 o mayor. Si el tamaño de la muestra es demasiado pequeño, es posible que cada barra en el histograma no contenga suficientes puntos de datos para mostrar exactamente la distribución de los datos.

¹³ Socconini, L. (2020). *Lean Six Sigma Green Belt. Manual de certificación*. Valencia, Barcelona: Alfaomega, Marge Books.

- Los datos de la muestra se deben seleccionar aleatoriamente, Si sus datos no se recopilaban aleatoriamente, sus resultados podrían no representar la población.

Tipos de gráficas basados en el comportamiento de los datos

- **Forma de campana:** Se tiene una forma de campana y se tiene una simetría alta en el centro.
- **Bimodal:** Se tienen dos principales picos con esta distribución.
- **Sesgada:** La concentración se tiene en los datos inferiores y superiores.¹⁴

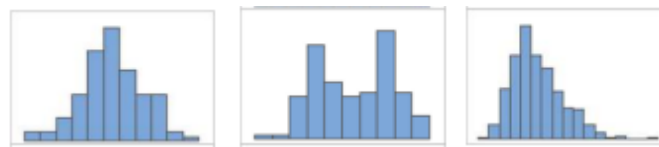


Ilustración 15 Tipos de histogramas

2.13 SIPOC

Herramienta que proporciona una perspectiva gráfica un proceso en conjunto con los proveedores, entradas, procesos, salidas, clientes y requerimientos.



Ilustración 16 SIPOC

¹⁴ Socconini, L. (2020). *Lean Six Sigma Green Belt. Manual de certificación*. Valencia, Barcelona: Alfaomega, Marge Books.

Funcionamiento

- Permite diferenciar y encontrar las salidas y entradas
- Visualiza las conexiones que se tienen entre operaciones

Pasos

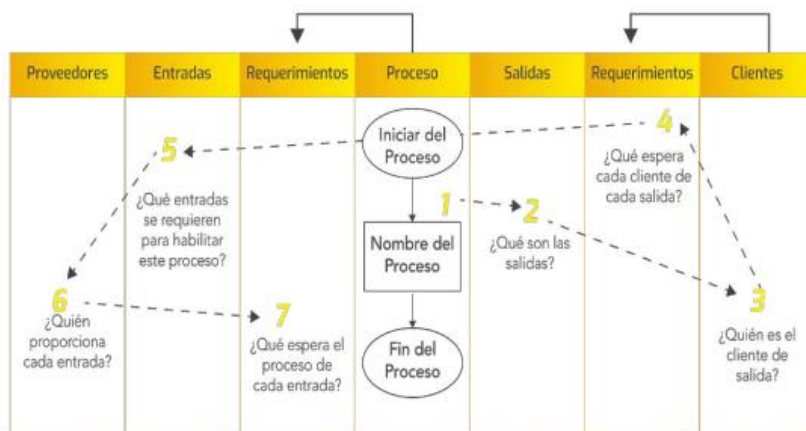


Ilustración 17 Pasos para la elaboración

1. Definición del proceso

Dar un nombre al proceso: Debe declarar una acción, abarcar todo el proceso en cuestión).

Identificar los límites del proceso: Asegurar que el patrocinador tiene control sobre todo el proceso, asegurar que el problema se encuentra dentro de los límites, los límites del proceso definen el alcance de la oportunidad de la mejora).

2. Identificar las salidas del proceso

Listar lo que el proceso provee al cliente: Producto, documentación, información, desperdicios (Salida indeseable). Se debe de listar las salidas actuales, no las deseadas o futuras.

3. Identificar los clientes

Listar los recipientes de las salidas listadas en el paso 2: Pueden ser clientes externos o internos, pueden ser de diferentes departamentos, pueden ser gerencias o cliente final.

4. Identificar las entradas del proceso

Listar los requerimientos de cada cliente para cada salida: Los requerimientos deben ser (Numéricos, especificaos, cuantitativos).

Escuchar la voz del cliente: Observar cómo se usa el producto, utilizar grupos de enfoque.

5. Identificar los proveedores

Listar lo que el proceso necesita para generar las salidas: Usar las 6M's para encontrar todas las entradas de alto nivel (Mano de obra, Material, Método, Medición, Máquina, Ambiente).

6. Identificar requerimientos de los clientes

Listar las entidades que proporcionan las entradas al proceso: Pueden ser internas o externas (Departamentos, proveedores externos). Cada entrada debe de contar con al menos un proveedor.

7. Identificar requerimientos del proceso

Validar que las necesidades de las operaciones empaten con las entradas de información y materiales que fueron declaradas para la ejecución de estas.¹⁵

¹⁵ Socconini, L. (2020). *Lean Six Sigma Green Belt. Manual de certificación*. Valencia, Barcelona: Alfaomega, Marge Books

3. Desarrollo

De acuerdo con la reciente incorporación de nuevos proyectos en grupo Antolin Tlaxcala, nace la necesidad de implementar mejoras en líneas de ensamble de puertas Audi Q5 426, identificando las áreas de mejora se detectó la falta de espacios, por lo que principalmente se implementarán mejoras en la línea de ensamble de puertas Audi Q5 426.

Audi México por ser una empresa que se caracteriza en fabricar autos de gama de lujo, con procesos certificados que garantizan la calidad de sus productos y procesos que entregan a sus clientes. Uno de los aspectos más importantes es cuidar los niveles de producción y especificaciones diarias, que son requeridas por Audi. Deben de cumplirse las metas de producción solicitadas por el cliente diariamente para evitar paros de producción en las líneas armadoras de autos premium de Audi, manteniendo la calidad en el ensamble de componentes para puertas delanteras y traseras.

Actualmente se cuenta con dos líneas de ensamble de puertas, traseras y delanteras, donde se están produciendo 670 piezas diarias reales y se trabajan los días domingo 2 turnos extra para poder cumplir con el objetivo de 4500 piezas semanales requeridas por el cliente (véase en la tabla 6).

		Proceso
DESCRIPCIÓN	UDM	Ensamble puertas AU426
NÚMERO DE TURNOS	unidad	3
JORNADA LABORAL	hrs/turno	8
TIEMPO DESCANSO	hrs/turno	0.5
TIEMPO DISPONIBLE (TD)	seg/día	81000
PRODUCCIÓN POR TURNO	unidad/turno	250

PRODUCCIÓN REAL DE CLIENTE POR DIA	unidad/dia	750
PRODUCCIÓN SEMANAL	unidad	4500
TAKT TIME (TC)	seg/und	108
N° OPERADORES ACTUALES	unidad	37

Tabla 5 Producción: Unidad/Turno/Tiempo

3.1 Recopilación de datos de las líneas de ensamble de puertas delanteras y traseras

3.1.1 Distribución de líneas de ensamble

- La línea de ensamble para puertas delanteras está dividida en 10 estaciones de trabajo, con un total de 17 operadores, incluyendo al líder de la línea, logísticos y embarque, como se muestra en la ilustración 18, delimitado en color azul.
- La línea de ensamble para puertas traseras está dividida en 9 estaciones de trabajo, con un total de 15 operadores, incluyendo al líder de la línea, logísticos y embarque, como se muestra en la ilustración 18, delimitado en color anaranjado. Para su mejor visualización, véase **Anexo 1**.

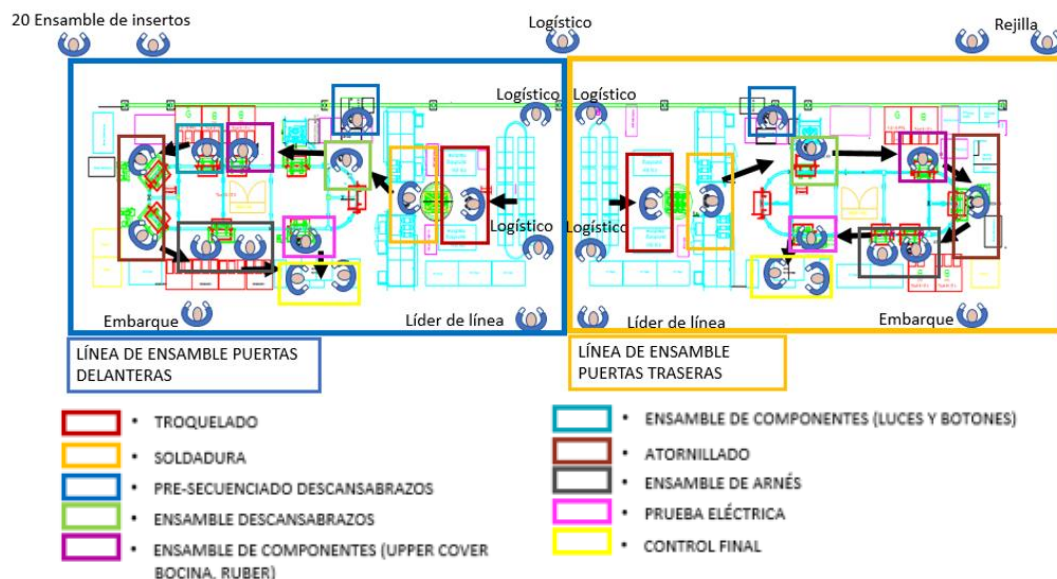


Ilustración 18 Layout actual de las líneas de ensamble

3.1.2 Diagrama de flujo del proceso actual

Realizando un diagrama de flujo del proceso de las líneas de ensamble, se visualiza claramente los pasos del proceso, la comunicación que se tiene entre cada uno, las actividades que se realizan y si tenemos cuellos de botella presentes. Para su mejor visualización, véase **Anexo 2**.

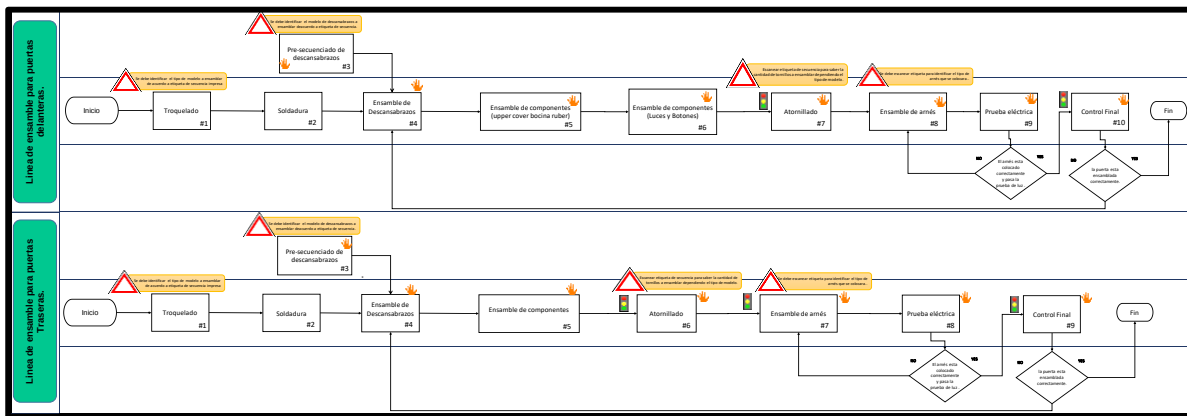


Ilustración 19 Diagrama de flujo del proceso de ensamble de puertas delanteras y traseras

3.1.3 Tiempo por operación individual de líneas de ensamble de puertas delanteras y traseras

Se elaboró una toma de tiempos de cada una de las estaciones, tomando 30 tiempos de cada una de las estaciones de ambas líneas, obteniendo el promedio, mínimo y máximo de cada una de ellas (véase en la ilustración 6 y 7). Al contar con los tiempos de las estaciones, se realizó la evaluación del proceso obteniendo el tiempo ciclo individual de cada una de las operaciones que integran las líneas de ensamble, con el objetivo de poder identificar si existen cuellos de botella, puntos críticos o áreas potenciales donde se deban enfocar las herramientas necesarias para mejorar el proceso. Para su mejor visualización, véase **Anexo 3 y 4**.

ETAPAS DEL PROCESO	TABLA DE TIEMPOS "ENSAMBLE DE PUERTAS DELANTERAS"																														PRO M.	MIN.	MAX.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
TROQUELADO	79.3	84.5	93.1	88.6	82.5	83.6	86.9	92.1	84.3	90.1	89.6	84.3	90.2	87.9	94.1	88.5	96.7	91.6	90.0	91.5	82.6	88.9	87.7	94.1	90.3	87.8	95.6	92.4	90.8	90.7	89.0	79.3	96.7
SOLDADURA	78.5	80.6	77.4	81.2	72.2	77.9	78.5	86.3	75.4	76.1	72.0	82.6	76.8	81.4	81.6	80.9	78.7	77.4	81.2	72.6	77.4	78.3	86.5	75.4	76.1	72.8	82.5	76.9	81.4	81.4	78.6	72.0	86.5
PRE-SECUENCIADO DESCANSABRAZOS	74.3	78.4	79.6	79.2	82.4	81.6	78.4	82.5	76.9	79.4	78.6	82.4	76.8	79.3	76.1	77.8	80.9	80.6	84.5	82.4	84.7	77.9	75.8	78.9	82.6	74.1	86.9	79.9	79.7	81.2	79.8	74.1	86.9
ENSAMBLE DESCANSABRAZOS	86.6	88.9	83.4	79.2	76.1	83.4	81.8	79.6	78.7	80.4	77.6	79.7	82.5	81.3	76.4	78.6	82.5	80.9	74.7	78.2	81.0	81.5	83.6	82.4	79.1	81.5	80.3	76.4	82.6	82.5	80.7	74.7	88.9
ENSAMBLE DE COMPONENTES (UPPER COVER BOCINA, RUBER)	69.9	40.1	40.6	47.8	44.5	49.8	41.3	45.3	45.1	45.9	46.4	48.6	50.2	52.8	42.1	41.6	38.9	42.5	42.7	45.9	48.7	46.3	50.9	45.1	44.6	46.3	45.7	42.9	44.6	43.8	46.0	38.9	69.9
ENSAMBLE DE COMPONENTES (LUCES Y BOTONES)	51.1	55.6	59.4	53.8	51.3	59.7	57.9	58.6	55.9	47.3	61.8	52.1	70.3	59.8	59.9	57.1	70.3	63.6	67.8	58.4	68.9	68.4	69.5	69.1	69.5	67.3	68.5	68.2	68.6	68.4	61.9	47.3	70.3
ATORNILLADO	121.0	95.7	100.0	102	95.8	110	99.2	104	101.0	93.2	108	101	121	113	102.0	98.7	109	106	111	104	118	115	120	114	114	114	114	111	113	112	108.0	93.2	121.0
ENSAMBLE DE ÁRNES	75.3	93.9	90.8	85.4	88.3	88.6	77.4	97.5	91.9	98.8	90.3	73.6	79.4	80.4	90.9	87.3	94.1	76.6	87.5	68.1	87.3	73.3	101	83.6	78.0	77.6	80.9	93.5	71.6	103	85.5	68.1	102.8
PRUEBA ELÉCTRICA	64.5	60.1	79.8	66.3	69.7	71.6	66.2	60.4	70.1	80.7	68.6	71.4	80.6	65.5	66.1	66.8	61.3	66.4	79.9	64.8	70.8	59.7	60.8	59.9	78.6	69.8	76.9	67.4	58.9	68.4	68.5	58.9	80.7
CONTROL FINAL	98.9	97.6	93.7	98.3	101	90.3	99.2	99.8	99.9	101	98.1	96.3	99.9	98.8	98.4	101	98.8	97.9	95.5	95.2	97.3	94.5	95.3	96.5	95.8	95.6	96.6	100	99.6	97.8	97.6	90.3	100.7

Tabla 6 Toma de tiempos "Puertas delanteras"

ETAPAS DEL PROCESO	TABLA DE TIEMPOS "ENSAMBLE DE PUERTAS TRASERAS"																														PRO M.	MIN.	MAX.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
TROQUELADO	81.6	91.5	81.8	90.2	80.3	99.4	80.8	91.2	81.8	89.4	84.2	73.3	82.2	85.8	86.4	81.2	90.2	80.5	89.5	82.7	80.4	91.9	82.9	81.5	93.7	85.3	82.1	82.2	81.6	81.1	84.9	73.3	99.4
SOLDADURA	80.5	82.7	83.9	85.7	87.2	80.1	83.5	82.8	88.9	83.2	87.1	80.8	84.9	89.2	83.1	85.4	80.2	81.8	89.7	87.3	90.1	82.4	83.8	85.5	88.7	87.4	81.6	83.2	80.1	83.9	84.5	80.1	90.1
PRE-SECUENCIADO DESCANSABRAZOS	73.6	74.4	71.4	71.2	69.3	66.7	64.2	63.9	65.4	74.4	67.3	66.7	68.8	69.4	66.4	68.1	71.4	70.3	70.2	65.3	62.2	65.1	70.3	73.2	72.3	72.7	71.4	72.3	70.2	72.1	69.3	62.2	74.4
ENSAMBLE DESCANSABRAZOS	83.1	75.6	79.9	79.5	75.6	73.3	72.5	75.8	73.7	73.6	72.4	69.1	71.3	67.2	68.1	83.4	75.7	79.7	79.3	75.4	73.2	72.7	75.7	69.6	72.2	72.1	73.7	68.3	75.5	73.9	74.4	67.2	83.4
ENSAMBLE DE COMPONENTES	52.5	40.4	40.7	40.8	41.7	37.8	38.9	36.7	38.1	40.3	39.4	39.8	40.7	40.3	37.2	36.2	42.2	40.7	39.5	40.8	36.4	42.3	40.2	37.4	40.2	38.7	39.4	36.5	40.2	37.1	39.8	36.2	52.5
ATORNILLADO	78.2	103	94.5	99.6	107	102	99.8	85.2	88.7	103	94.7	88.2	85.2	90.7	97.2	101	97.9	97.7	83.4	80.7	110	104	96.8	103	92.1	94.3	105	92.2	86.9	103	95.8	78.2	109.8
ENSAMBLE DE ÁRNES	98.2	72.3	97.7	102	71.3	96.7	94.3	104	73.3	51.5	59.2	58.9	55.3	96.7	106	102	66.2	99.4	73.9	48.4	52.2	53.3	84.1	86.7	96.9	94.5	54.7	60.3	68.7	58.3	77.9	48.4	105.8
PRUEBA ELÉCTRICA	54.6	53.4	49.9	54.4	54.3	55.5	56.3	59.8	58.3	58.4	55.2	56.8	50.9	53.5	49.2	57.7	55.9	59.1	59.4	54.2	55.3	57.1	55.7	54.3	55.3	56.2	58.6	54.3	55.1	55.8	55.4	49.2	59.8
CONTROL FINAL	109	130	99.8	115	106	119	128	112	121	101	122	125	127	129	118	112	109	120	115	120	122	108	96.2	107	121	122	116	115	120	125	116.3	96.2	129.7

Tabla 7 Toma de tiempos "Puertas traseras"

3.2 Recopilación de información y análisis de datos de la línea de ensamble de puertas delanteras.

3.2.1 SIPOC

Con la herramienta SIPOC se realizó para obtención los trazos del proceso del ensamble de puertas delanteras para poder entender el proceso, teniendo de manera visual los proveedores, las entradas, el proceso, las salidas, los clientes y requerimientos que se demanda.

En la tabla 8 se proporciona la información necesaria pero no detallada del proceso, brinda información clave sobre el proceso, teniendo las actividades involucradas en

el proceso y la manera en las que están interconectadas, en primer lugar se muestra el inicio del proceso, el nombre de cada una de las estaciones y en dónde termina el proceso, en segundo, nos muestra el nombre del producto que saldrá, en tercero, se tiene el cliente al que se le enviarán los productos, en cuarto se tienen los requerimientos que el cliente nos indica, en quinto lugar se tienen las entradas, estos son los materiales que se utilizarán para llevar a cabo el proceso y por último se tienen a los 7 proveedores que surten a la línea de ensamble de puertas delanteras para llevar a cabo el proceso. Para su mejor visualización, véase **Anexo 5**.

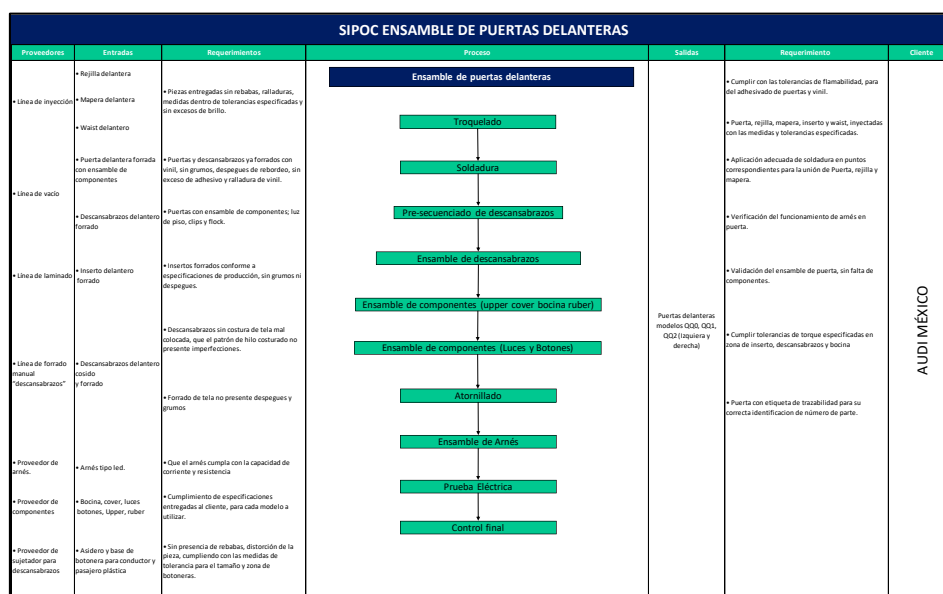


Tabla 8 SIPOC Ensamble de puertas delanteras

3.2.2 VSM

Se elaboró el diagrama de flujo (véase ilustración 20) para analizar el proceso, donde se pudieron identificar todas las acciones y procesos que no aportan valor al producto final, con el fin de ser mejoradas o eliminadas.

Se identificaron las estaciones más críticas dentro del proceso de ensamble de puertas delanteras, se registraron sus tiempos ciclos, requerimientos y de igual manera los proveedores internos y externos para la línea. Para su mejor visualización, véase **Anexo 6**.

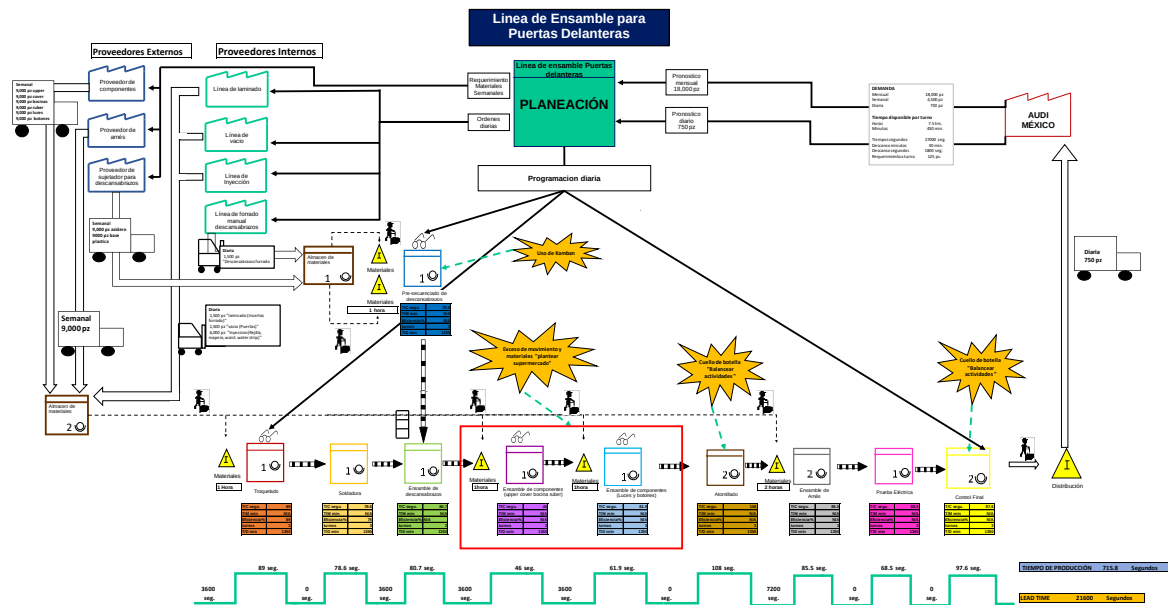


Ilustración 20 Mapa VSM puertas delanteras

3.2.3 Análisis de tiempos ciclo

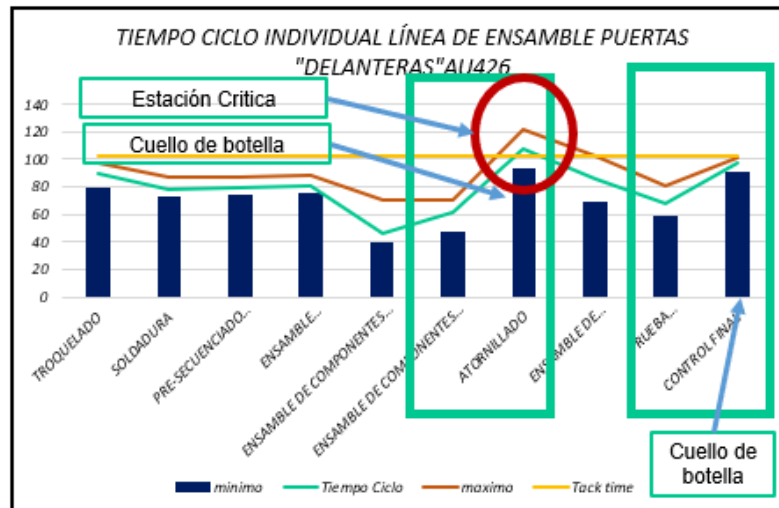
Realizando la toma de tiempos de la línea de ensamblaje de puertas delanteras como se muestra en la tabla 9, se obtuvo los tiempos ciclo individuales representado en segundos de las estaciones de la línea de ensamblaje de puertas delanteras, obteniendo los tiempos ciclo, su mínimo, máximo y el tack time de cada una de las estaciones como se muestra en la tabla 9.

	TIEMPOS ACTUALES LÍNEA PUERTAS DELANTERAS									
	TROQUELADO	SOLDADURA	PRE-SECUENCIADO DESCANSABRAZOS	ENSAMBLE DESCANSABRAZOS	ENSAMBLE DE COMPONENTES (UPPER COVER BOCINA, RUBER)	ENSAMBLE DE COMPONENTES (LUCES Y BOTONES)	ATORNILLADO	ENSAMBLE DE ÁRNES	PRUEBA ELÉCTRICA	CONTROL FINAL
Tiempo Ciclo	89.0	78.6	79.8	80.7	46.0	61.9	106.0	85.5	68.5	97.6
minimo	79.3	72	74.1	74.7	38.9	47.3	93.2	68.1	58.9	90.3
maximo	96.7	86.5	86.9	88.9	69.9	70.3	121	102.8	80.7	100.7
Tack time	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102

Tabla 9 Tiempo ciclo individual de línea de ensamblaje "Puertas delanteras"

Al evaluar los tiempos ciclo en la línea de ensamblaje para puertas delanteras, se pudo detectar en la gráfica 1 que a partir de la operación "Ensamble de componentes (Upper cover, bocina, ruber)", las operaciones se encuentran desbalanceadas ya que existe un decrecimiento en el tiempo, esto quiere decir que en esa estación cuenta con un tiempo ciclo menor que el de las demás estaciones; teniendo de igual manera dos cuellos de botella en los procesos de "Atornillado" y

“Control final”, teniendo tiempos ciclo superiores por lo que provoca un desbalanceo, además de que se pudo identificar como estación crítica al proceso de atornillado, esto debido a que en ocasiones el tiempo ciclo sobrepasa el tack time.



Gráfica 1 Tiempo ciclo de estaciones "Puertas delanteras"

Realizando una evaluación de las primeras estaciones de trabajo desde donde se comienza a observar el desbalanceo del proceso, se puede visualizar en las ilustraciones 21 y 22 totalmente asimétricas y realizando una prueba de normalidad se puede confirmar que la distribución de los datos no es normal, tanto en la estación de “Ensamble de componentes (Upper, bocina y ruber)”, y en la estación de “Ensamble de componentes (luces y botones)”, al tener un P value < 0.05. De igual manera se cuenta con un dato atípico en la gráfica de cajas como se muestra en la ilustración 21, esto para la estación de “Ensamble de componentes (Upper, bocina y ruber).

Para ambas estaciones se tiene una dispersión muy alta, de 5.596 como se muestra en la ilustración 21 para “Ensamble de componentes (Upper, bocina y ruber)” y de 6.943 como se muestra en la ilustración 22 para “Ensamble de componentes (luces y botones)”, el cual se refleja de igual manera en su curtosis negativa, se debe de reducir la variabilidad de los datos para la estación de “Ensamble de componentes (luces y botones)”, y mejorar la centralización de los datos de la estación de

“Ensamble de componentes (luces y botones)”, además de identificar la causa del valor atípico observado en la gráfica de caja que se encuentra en la ilustración 21.

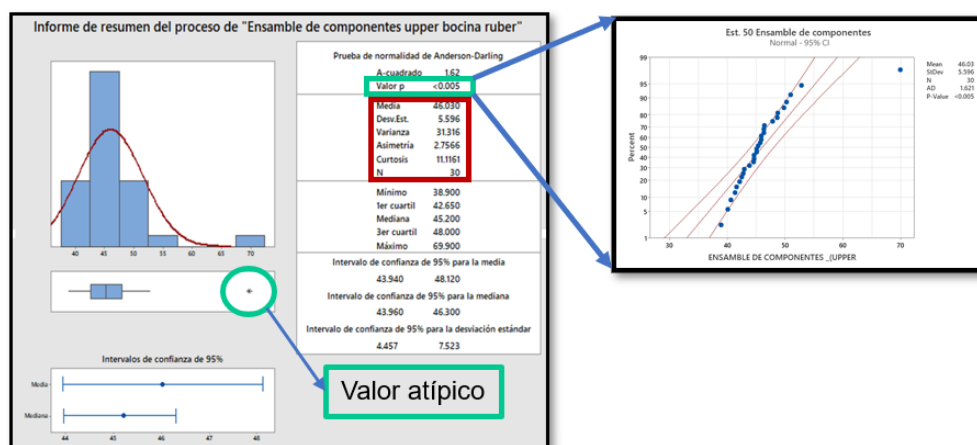


Ilustración 21 Informe de resumen del proceso "Ensamble de componentes (Upper, bocina y ruber)"

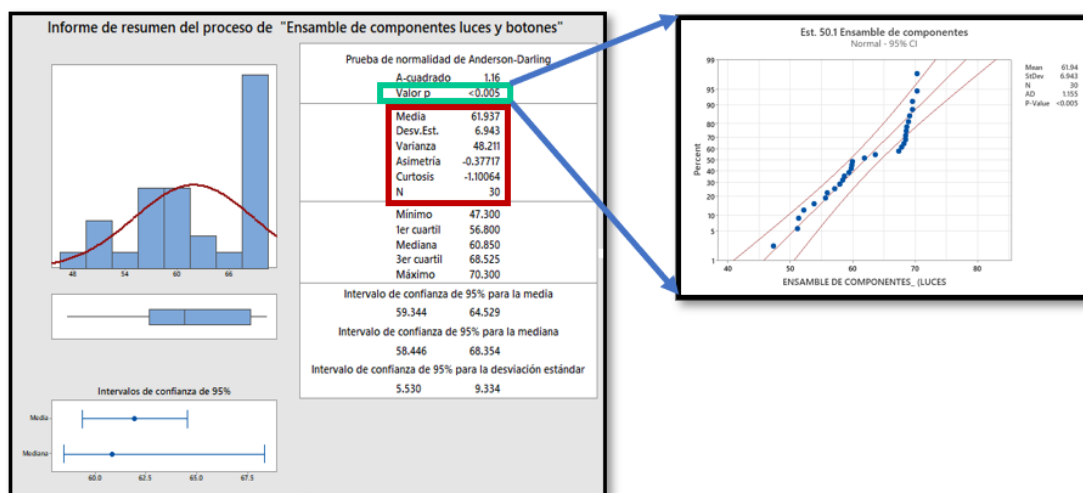


Ilustración 22 Informe de resumen del proceso "Ensamble de componentes (Luces y botones)"

En la estación de control final, donde se detectó un cuello de botella, donde se observa que se tiene un histograma asimétrico negativo como se muestra en la ilustración 23, sin embargo, la prueba de normalidad con un valor P value > 0.05 indica que se tiene una distribución de los datos normal. De igual manera la curtosis (leptocúrtica) como la desviación estándar de 2.407, indica que se tiene poca

variabilidad, sin embargo, se debe de enfocar en mejorar la centralización de los datos.

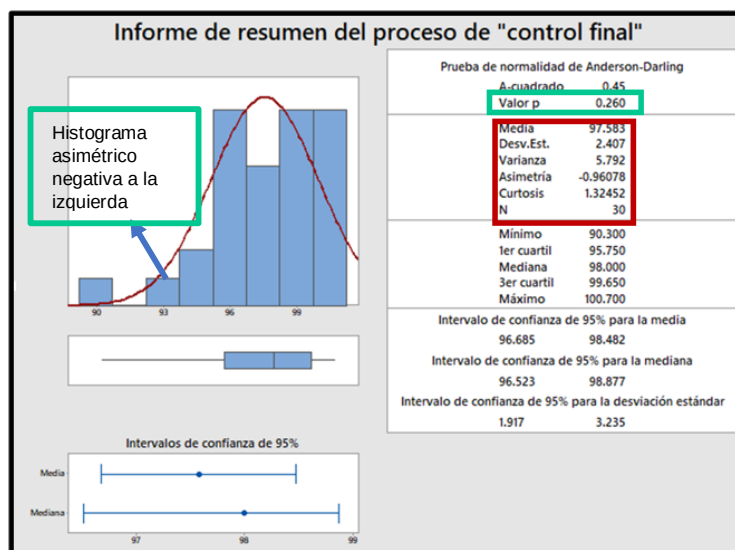


Ilustración 23 Informe de resumen del proceso "Control final"

Debido a que se tiene una prueba de normalidad de $P \text{ value} > 0.05$, esto indica que los datos son normales; se realizó un análisis de capacidad de proceso como se muestra en la ilustración 24, para contar con la evaluación precisa del desempeño del proceso, donde se puede observar que el proceso tiene una capacidad limitada para cumplir con las necesidades del cliente por tener los índices de capacidad a corto plazo de $C_p = 1.50$ y $C_{pk} = 1.27$, de igual manera se tienen índices de capacidad a largo plazo de $P_p = 1.25$ y $P_{pk} = 1.05$.

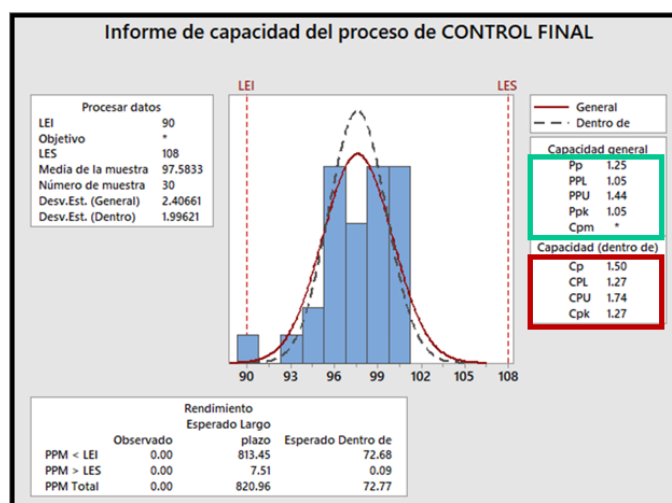


Ilustración 24 Informe de capacidad del proceso "Control final"

Al evaluar el proceso de atornillado, ésta se clasificó como la estación crítica, debido a que al tener los tiempos ciclo más elevados en comparación con las otras estaciones de trabajo, ésta es la que marca el ritmo de producción para la línea de ensamble de puertas delanteras.

Realizando el análisis de tiempo ciclo, en la gráfica 2 de probabilidad de la estación 60 "Atornillado" se pudo confirmar que se tiene una distribución de datos normal por tener un valor de P value > 0.05 , sin embargo se puede apreciar en la ilustración 25 del informe de resumen de la estación de atornillado que los datos tienen un comportamiento binomial por el histograma que se puede apreciar en dicha ilustración, debido a esto, se debe de evaluar la causa raíz de este, ya que puede haber piezas que requieran mayores movimientos elementales durante su tiempo ciclo, lo cual causa que algunos tiempos tarden más que otros. De igual manera se puede observar en la ilustración 25 que tenemos una dispersión de 7.89, lo cual es una variabilidad muy alta entre los datos y es reflejado en el valor de la curtosis negativa (platicúrtica), lo cual significa que hay menor concentración de datos en la media.

Se tiene un valor mínimo de 93.20 y un valor máximo de 121.00 por lo que se debe de mejorar el centrado de los tiempos ciclo y lo más importante, disminuir la variabilidad.

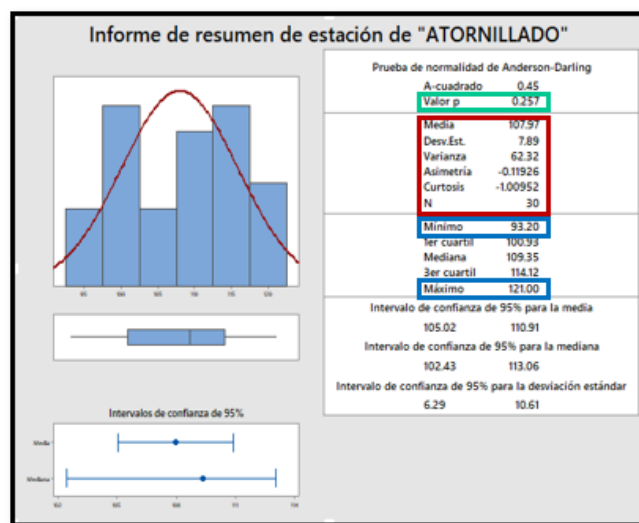
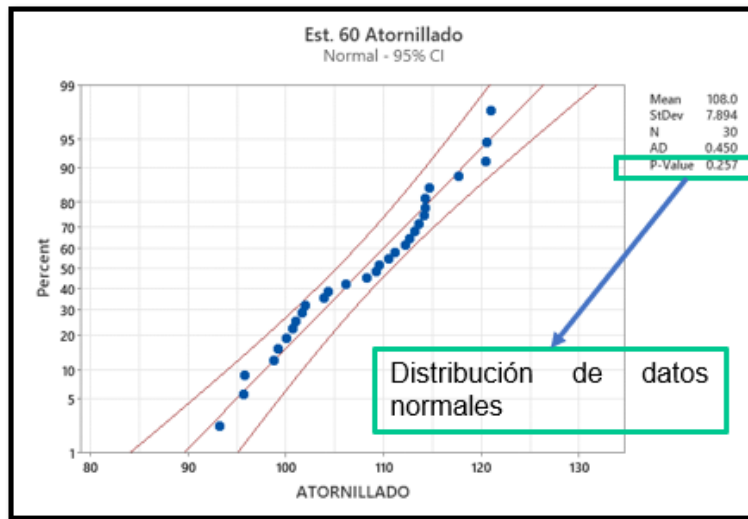


Ilustración 25 Informe de resumen de estación "Atornillado"



Gráfica 2 Gráfica de probabilidad estación 60 "Atornillado"

Debido a que se pudo observar en la gráfica 2 que los datos se comportan como una distribución normal, pero se tiene un histograma binomial como se muestra en la ilustración 26, se realizó un análisis de capacidad de proceso para contar con una evaluación más precisa del desempeño del proceso de la línea de ensamble para puertas, por ser la estación de atornillado la que marca el ritmo de producción; se observa en la misma ilustración que el proceso no tiene la capacidad para cumplir con las necesidades del cliente por tener los índices de capacidad a corto plazo de $C_p = 0.49$ y $C_{pk} = 0.00$ y tener índices de capacidad a largo plazo de $P_p = 0.38$ y $P_{pk} = 0.00$.

Con estos resultados, se obtuvo que por cada millón de piezas 498,315.53 serán entregadas fuera del tiempo establecido por el tack time (108 segundos), es decir, tiene un incumplimiento del 49.8% por lo cual es necesario mejorar urgentemente la dispersión de los datos y disminuir el tiempo ciclo de la estación de atornillado.

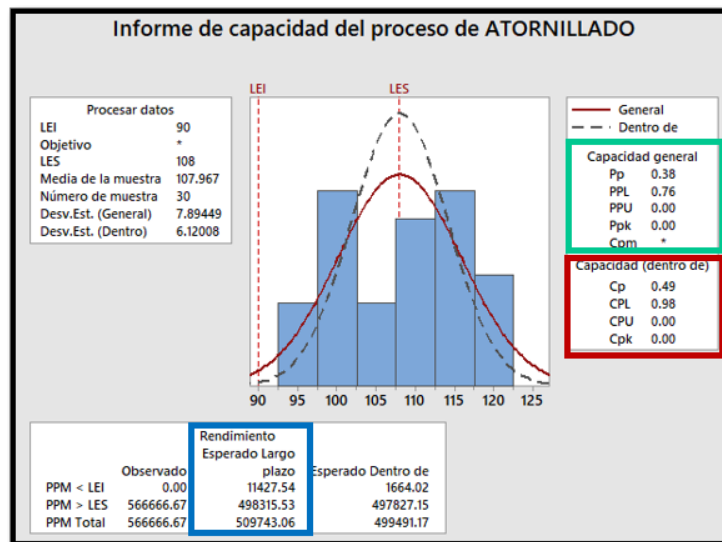
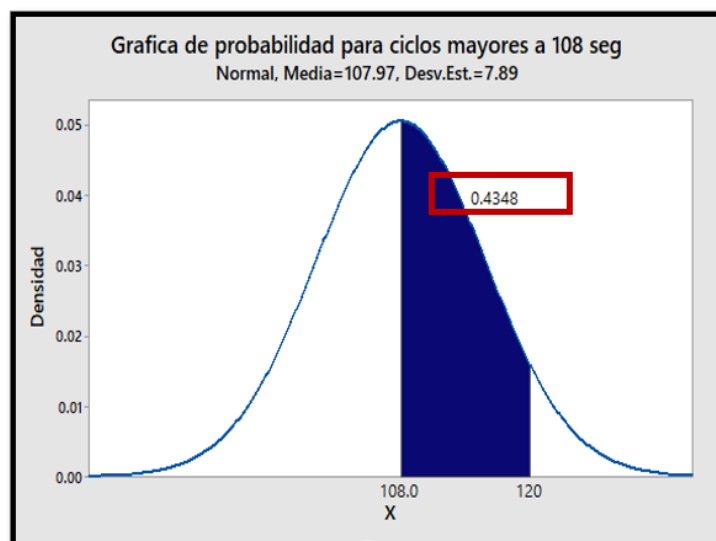


Ilustración 26 Informe de capacidad de proceso "Atornillado"

Realizando una gráfica de probabilidad como se muestra en la gráfica 3, se puede confirmar que el proceso tiene un incumplimiento mayor al 40%, ya que como se puede observar en dicha gráfica, el 43.48% de la producción tarda en producirse un tiempo mayor a 108 segundos.



Gráfica 3 Gráfica de probabilidad para ciclos mayores a 108 seg.

3.3 Recopilación de información y análisis de datos de la línea de ensamble de puertas traseras

3.3.1 SIPOC

Con la herramienta SIPOC se realizó para obtención los trazos del proceso del ensamble de puertas traseras para poder entender el proceso, teniendo de manera visual los proveedores, las entradas, el proceso, las salidas, los clientes y requerimientos que se demanda.

En la tabla 10 se proporciona la información necesaria pero no detallada del proceso, brinda información clave sobre el proceso, teniendo las actividades involucradas en el proceso y la manera en las que están interconectadas, en primer lugar se muestra el inicio del proceso, el nombre de cada una de las estaciones y en dónde termina el proceso, en segundo, nos muestra el nombre del producto que saldrá, en tercero, se tiene el cliente al que se le enviarán los productos, en cuarto se tienen los requerimientos que el cliente nos indica, en quinto lugar se tienen las entradas, estos son los materiales que se utilizarán para llevar a cabo el proceso y por último se tienen a los 7 proveedores que surten a la línea de ensamble de puertas delanteras para llevar a cabo el proceso. Para su mejor visualización, véase **Anexo 7**.

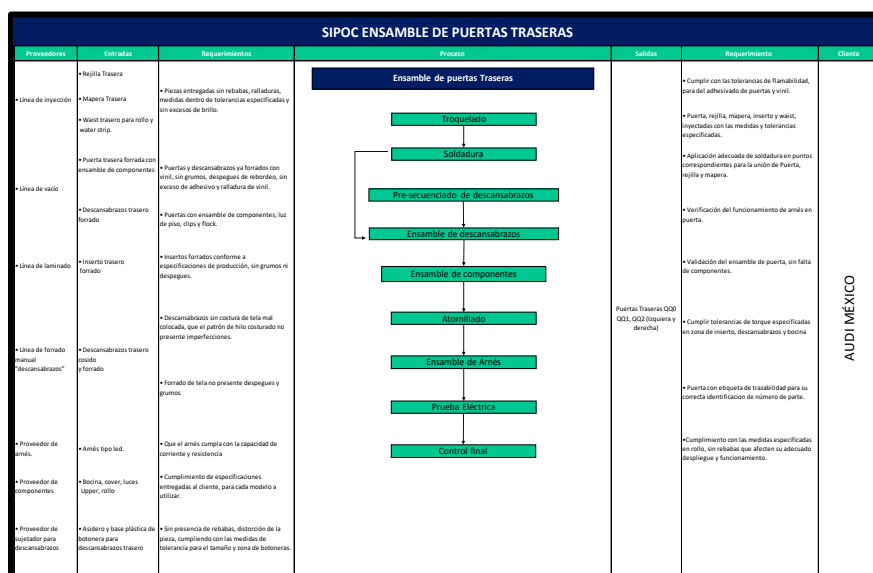


Tabla 10 SIPOC Ensamble de puertas traseras

3.3.2 VSM

Se elaboró el diagrama de flujo (véase ilustración 27) para analizar el proceso, donde se pudieron identificar todas las acciones y procesos que no aportan valor al producto final, con el fin de ser mejoradas o eliminadas.

Se identificaron las estaciones más críticas dentro del proceso de ensamble de puertas delanteras, se registraron sus tiempos ciclos, requerimientos y de igual manera los proveedores internos y externos para la línea. Para su mejor visualización, véase **Anexo 8**.

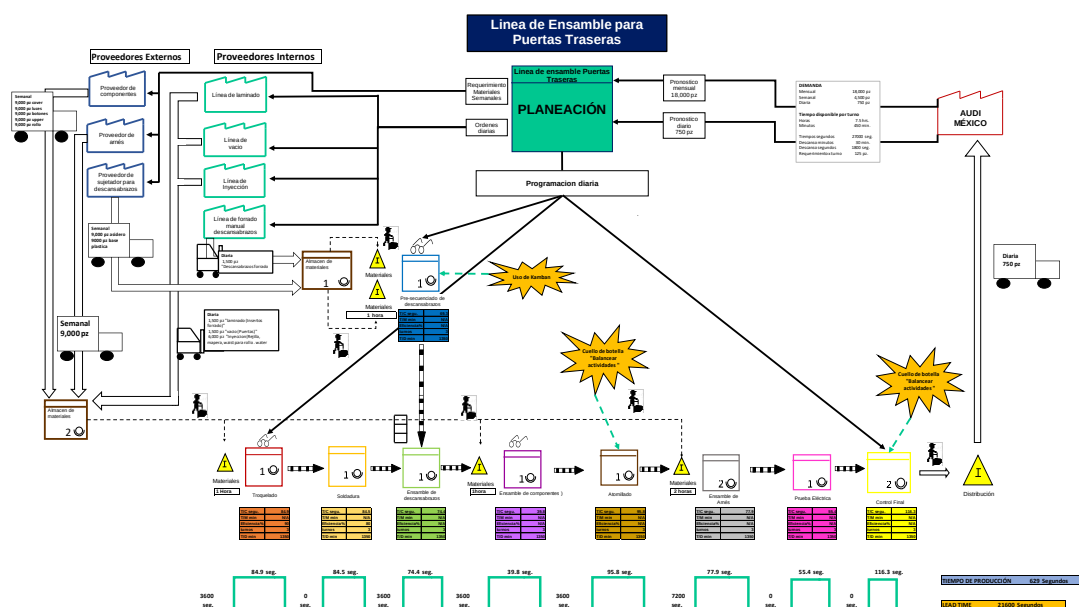


Ilustración 27 Mapa VSM puertas traseras

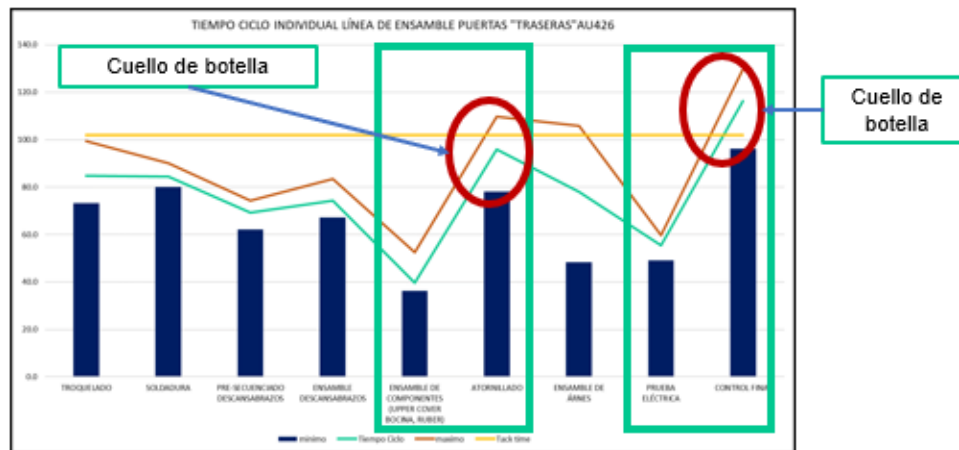
3.3.3 Análisis de tiempos ciclo

Realizando la toma de tiempos de la línea de ensamble de puertas traseras como se muestra en la tabla 11, se obtuvieron los tiempos ciclo individuales en segundos de las estaciones de la línea de ensamble de puertas traseras, al obtener los tiempos ciclo, su máximo y el tack time de cada una de las estaciones como se muestra en la tabla 11.

TIEMPO CICLO INDIVIDUA LINEA DE PUERTAS TRASERAS (SEGUNDOS)									
	TROQUELADO	SOLDADURA	PRE-SECUENCIADO DESCANSABRAZOS	ENSAMBLE DESCANSABRAZOS	ENSAMBLE DE COMPONENTES (UPPER COVER BOCINA, RUBER)	ATORNILLADO	ENSAMBLE DE ÁRNES	PRUEBA ELÉCTRICA	CONTROL FINAL
Tiempo Ciclo	84.9	84.5	69.3	74.4	39.8	95.8	77.9	55.4	116.3
mínimo	73.3	80.1	62.2	67.2	36.2	78.2	48.4	49.2	96.2
máximo	99.4	90.1	74.4	83.4	52.5	109.8	105.8	59.8	129.7
Tack time	102	102	102	102	102	102	102	102	102

Tabla 11 Tiempo ciclo individual de línea de ensamble "Puertas traseras"

Al realizar una evaluación de los tiempos ciclo para la línea de ensamble de puertas traseras, se pudo detectar en la gráfica 4 que existen dos cuellos de botella en las estaciones de "Atornillado" y "Control final", además de detectar en la misma gráfica que existe mucha variabilidad entre las estaciones del proceso.



Gráfica 4 Tiempo ciclo individual de línea de ensamble "Puertas traseras"

Realizando una evaluación de los datos obtenidos en la estación de atornillado, donde se detectó un cuello de botella, se puede visualizar en las ilustraciones 28 que se tiene una distribución asimétrica negativa, sin embargo, con la prueba de normalidad mostrada en la misma ilustración se tiene un valor de $P \text{ value} = 0.05$, por lo que se puede identificar que se tiene una distribución normal.

Se observa que se tiene una variabilidad de los datos muy alta, con una dispersión de 7.96, el cual también se tiene reflejado en la curtosis negativa, el cual menciona que hay una menor concentración de datos en la media, al identificarse esta alta variabilidad en la estación de atornillado, se deben identificar las causas y estabilizar la variación de los tiempos ciclo.

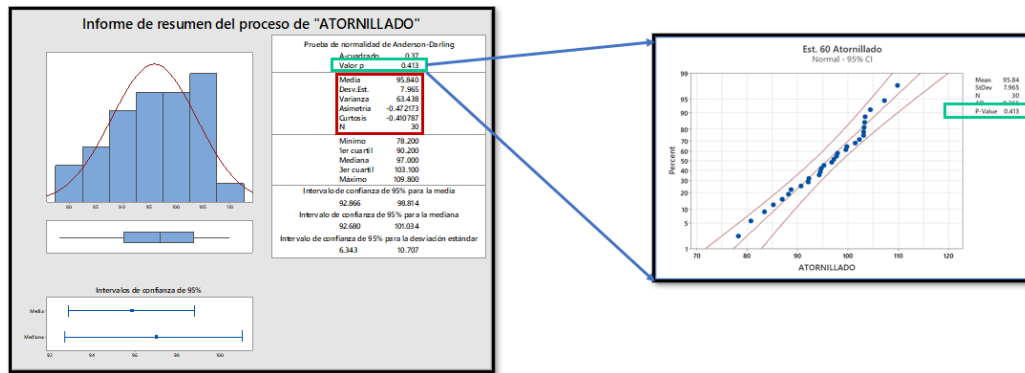


Ilustración 28 Informe de resumen del proceso "Atornillado"

Al realizar un análisis de la estación de control final, se puede observar que esta estación es la que marca el ritmo de trabajo para la línea de ensamble para puertas traseras, esto debido a que tiene tiempos ciclo más elevados.

Al analizar los tiempos ciclo, a través de una descripción estadística y prueba de normalidad, se tiene una distribución de datos normal, con un valor de P value > 0.05, sin embargo, los datos se muestran asimétricos, por lo que se debe de evaluar la causa raíz del porque la mayoría de los datos sobrepasan el tack time.

En la ilustración 29 se puede observar que se tiene una dispersión de 8.86, lo cual indica que existe una variabilidad muy elevada entre los datos, reflejado de igual manera en su curtosis negativa, mostrada en la misma ilustración.

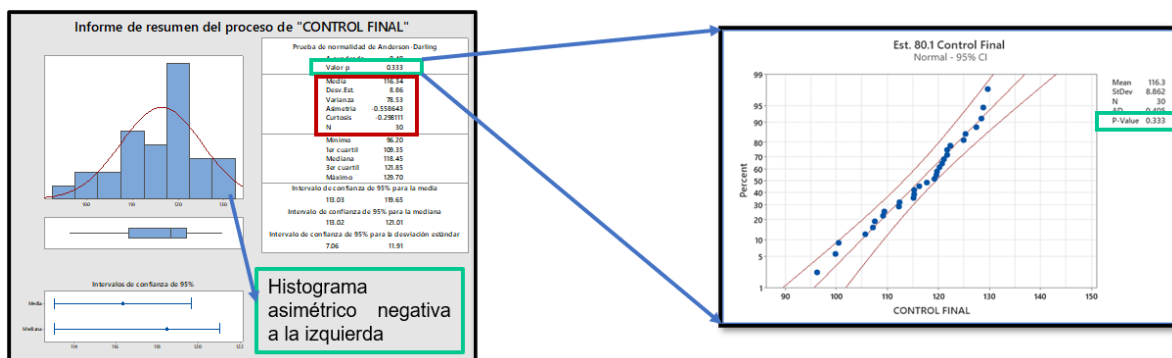


Ilustración 29 Informe de resumen del proceso "Control final"

Al ser la estación de control final la que marca el ritmo de producción de la línea, se realizó un análisis de capacidad de procesos para contar con una evaluación más precisa.

Se puede observar en la ilustración 30 que el proceso no tiene la capacidad de cumplimiento con las necesidades del cliente por contar con índices de capacidad a corto plazo de $C_p = 0.35$ y $C_{pk} = -0.32$, de igual manera teniendo índices de capacidad a largo plazo de $P_p = 0.34$ y $P_{pk} = -0.31$, se obtuvo que por cada millón de piezas producidas, 826672.60 serán entregadas fuera del tiempo establecido por el tack time (108 segundos), esto quiere decir que se tiene un incumplimiento del 82.66%, por lo cual es necesario mejorar urgentemente la dispersión de los datos y disminuir el tiempo ciclo de la estación de control final.

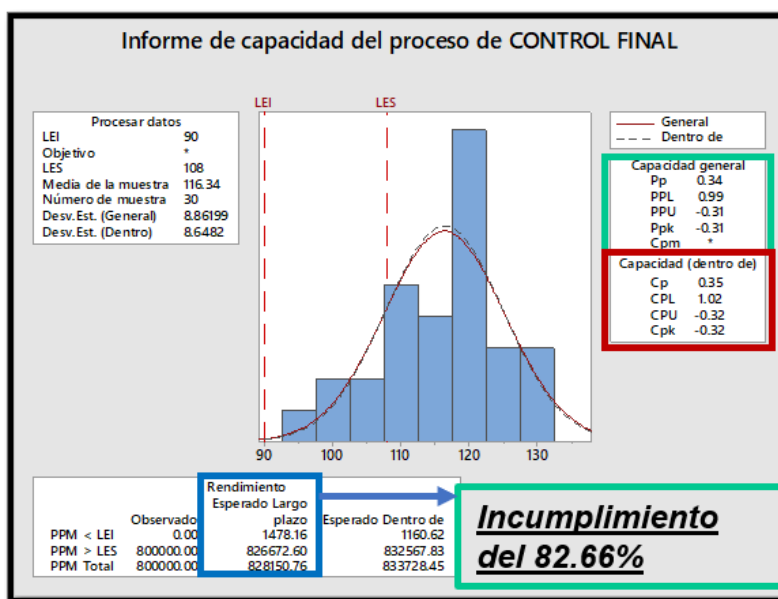


Ilustración 30 Informe de capacidad del proceso "Control final"

3.4 Análisis de causa raíz “Ensamble de puertas delanteras y traseras”

Al realizar el análisis de tiempos de ciclo en las líneas de ensamble para puertas delanteras y traseras, se obtuvo, que **los procesos no tienen la capacidad para cumplir con las necesidades del cliente**, teniendo los siguientes resultados en los índices de capacidad que se muestran en la tabla 12.

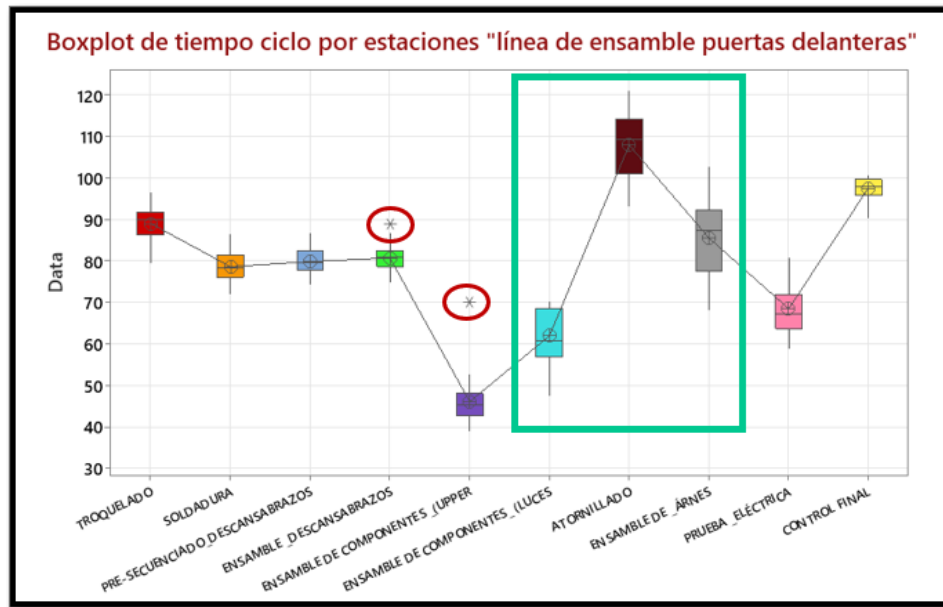
Indices de capacidad			
Línea de ensamble puertas delanteras		Línea de ensamble puertas traseras	
Cp	0.49	Cp	0.35
Cpk	0	Cpk	0.32
Pp	0.38	Pp	0.34
Ppk	0	Ppk	0.31

Tabla 12 Índice de capacidad

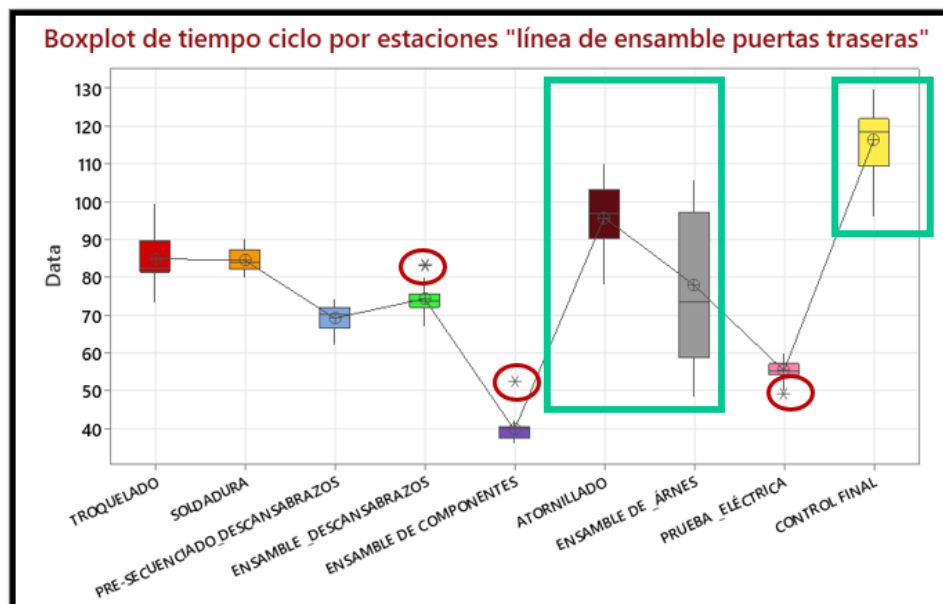
En la gráfica 5 y 6 se visualiza que se presenta mucha variación entre los tiempos ciclo de cada estación de trabajo que conforman ambas líneas; se detectaron 3 cuellos de botella (Estación de atornillado en ensamble de puertas delanteras y en atornillado y control final de ensamble de puertas traseras), esto se observa en la gráfica 6, además de tener una alta variabilidad en los tiempos de ciclo.

En las estaciones “Ensamble de componentes (luces y botones)”, “Atornillado” y “Ensamble de arnés”, ubicados en la línea de ensamble de puertas delanteras y en las estaciones de “Atornillado”, “Ensamble de arnés” y “Control final”, ubicados en la línea de ensamble de puertas traseras.

Además que en la estación de “Ensamble de descansabrazos” y “Ensamble de componentes (Upper, bocina y rubber)” se presentan datos atípicos, esto se visualiza en la gráfica 5 y en la gráfica 6 se presentan datos atípicos en las estaciones de “Ensamble de descansabrazos y “Ensamble de componentes (luces y botones), como se muestra en la gráfica 6.



Gráfica 5 Boxplot Tiempo ciclo de línea de ensamble "Puertas delanteras"



Gráfica 6 Boxplot Tiempo ciclo de línea de ensamble "Puertas traseras"

3.4.1 Lluvia de ideas

Realizando una lluvia de ideas, involucrando a un grupo de 6 personas con conocimiento en las líneas de ensamble de puertas delanteras y traseras e involucrados en dicho proceso, se fueron aportando diversas ideas y

complementando las mismas hasta que se tuviera una estructura de las mismas, con la finalidad de plantearan una propuesta de mejora para las antes mencionadas líneas de ensamble.

Problema/Objetivo: Mejorar la eficiencia en las líneas de ensamble para puertas AU426, aumentando su capacidad de proceso a largo y corto plazo			
	1	2	3
1	Realizar un ajuste de layout para tener un mayor aprovechamiento de los espacios disponibles	Realizar un reajuste en las actividades de cada operación para poder balancear la línea de ensamble.	Identificar las operaciones críticas de proceso para no tener rotación de personas (con experiencia y sin experiencia).
2	Modificar las estanterías de materiales para que estén más cerca de los operadores.	Hacer que el material llegue preensamblado a las estaciones de trabajo que lo requieran.	Identificar cuáles son los materiales de mayor requerimiento para realizar un reajuste en su ubicación dentro de la línea de ensamble.
3	Realizar pruebas de torque en la estación de atornillado para regular su velocidad, sin que afecte la calidad del proceso.	Elaborar una ruta de trabajo para atornillar cada punto en las puertas y así tener un trabajo estándar.	Elaborar un plan de trabajo para el mantenimiento autónomo de los atornilladores
4	Tener un supermercado de materiales que pueda preensamblar y abastecer a las estaciones de "Ensamble de componentes"	Reubicar almacén de materiales para el ensamble de descansabrazos he implementar supermercado para el abastecimiento de materiales ya preensamblados en la línea de "ensamble descansabrazos"	Reubicación de estantería de arnés de acuerdo con su requerimiento, con la finalidad de evitar recorridos prolongados.
5	Reubicar mesas de trabajo en la estación de control final para el aprovechamiento de espacios y eliminar movimientos innecesarios	Ubicar racks de embarque cerca de control final, para minimizar los tiempos de traslado.	Evaluación de actividades elementales en las estaciones críticas de la línea, para realizar una distribución equilibrada de la carga de trabajo

Tabla 13 Lluvia de ideas

3.4.2 Análisis de causa raíz

Realizando un diagrama de Ishikawa, se determinaron las causas que producen el problema en las líneas de ensamble de puertas delanteras y traseras, al identificar los problemas se plantearon objetivos para encontrar soluciones, con la finalidad de conocer qué echo produjo los problemas en las líneas y darle solución. Para su mejor visualización, véase **Anexo 9**.

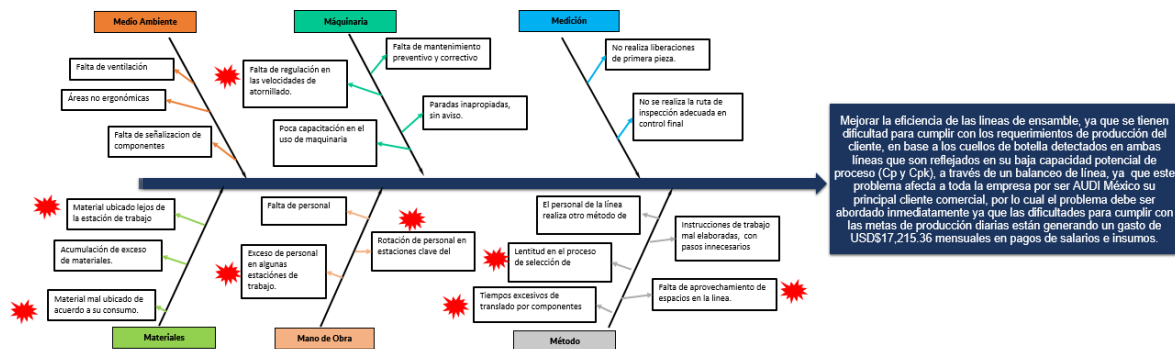


Ilustración 31 Diagrama de Ishikawa

Se determinaron los puntos a corregir:

1. Lentitud en el proceso de selección de componentes.
2. Falta de aprovechamiento de espacios en las líneas.
3. Tiempos excesivos de traslado por componentes.
4. Falta de regulación en las velocidades de atornillado.
5. Material ubicado lejos de la estación de trabajo.
6. Material mal ubicado de acuerdo con su requerimiento.
7. Exceso de personal en algunas estaciones de trabajo.
8. Rotación de personal en estaciones clave del proceso.

4. Resultados

4.1 Resultados obtenidos

Con los tiempos ciclo tomados de cada una de las estaciones de trabajo, se detectó que ambas líneas de ensamble tienen actividades elementales similares, por lo cual se generó un tiempo ciclo promedio en conjunto para cada estación de trabajo, esto con la finalidad de obtener un tiempo estándar para poder generar un balanceo de línea.

Realizando la toma de tiempos conforme al número de lecturas especificadas en la tabla 14, se obtuvieron los tiempos ciclo promedio para las estaciones de trabajo en las líneas de ensamble de puertas delanteras y traseras en conjunto. Para su mejor visualización, véase **Anexo 10**.

PROMEDIO DE TIEMPOS LINEAS DE ENSAMBLE PUERTAS DELANTERAS Y TRASERAS										
	TROQUELADO	SOLDADURA	PRE-SECUENCIADO DESCANSABRAZOS	ENSAMBLE DESCANSABRAZOS	ENSAMBLE DE COMPONENTES (UPPER COVER BOGUNA, RUEDAS)	ENSAMBLE DE COMPONENTES (LUCES Y BOTONES)	ATORVILLADO	ENSAMBLE DE ÁRNES	PRUEBA ELÉCTRICA	CONTROL FINAL
1	1.20	1.17	1.14	1.25	0.49	0.52	1.17	1.27	0.80	1.44
2	1.28	1.21	1.16	1.22	0.40	0.48	1.39	1.12	0.77	1.74
3	1.27	1.22	1.16	1.22	0.41	0.52	1.33	1.34	0.85	1.37
4	1.29	1.22	1.16	1.19	0.44	0.54	1.33	1.34	0.80	1.47
5	1.21	1.25	1.16	1.16	0.43	0.48	1.38	1.20	0.82	1.43
6	1.32	1.21	1.14	1.18	0.44	0.52	1.35	1.33	0.84	1.45
7	1.24	1.21	1.11	1.17	0.40	0.55	1.29	1.31	0.81	1.74
8	1.32	1.23	1.13	1.18	0.41	0.53	1.31	1.41	0.80	1.46
9	1.23	1.23	1.11	1.16	0.42	0.50	1.30	1.23	0.84	1.71
10	1.30	1.21	1.17	1.17	0.43	0.47	1.41	0.95	0.90	1.41
11								1.38		
12								1.32		
13								1.39		
14								1.31		
15								1.14		
16								1.19		
17								1.21		
18								1.31		
19								1.28		
20								1.35		
21								1.27		
22								1.37		
PROMEDIO	1.27	1.22	1.14	1.19	0.43	0.51	1.32	1.27	0.82	1.52
TIEMPO DE CICLO	1.27 Minutos	1.22 Minutos	1.14 Minutos	1.19 Minutos	0.43 Minutos	0.51 Minutos	1.32 Minutos	1.27 Minutos	0.82 Minutos	1.52 Minutos

Tabla 14 Promedio de tiempos ciclo de líneas de ensamble de puertas delanteras y traseras

Siguiendo la metodología Maytag, como los tiempos de trabajo para cada estación son menores a 2 minutos, solo se tomaron en cuenta las primeras 10 tomas de tiempos ciclo, para calcular el rango y factor R/X, y así poder tener el número de lecturas necesarias para obtener el tiempo ciclo de cada estación.

ACTIVIDAD	FACTOR R/X	FACTOR TABLA	LECTURAS
TROQUELADO	0.09	2	2
SOLDADURA	0.06	2	2
PRE-SECUENCIADO DESCANSABRAZOS	0.05	2	2
ENSAMBLE DESCANSABRAZOS	0.08	2	2
ENSAMBLE DE COMPONENTES (UPPER COVER BOCINA, RUBER)	0.21	7	7
ENSAMBLE DE COMPONENTES (LUCES Y BOTONES)	0.15	3	3
ATORNILLADO	0.18	6	6
ENSAMBLE DE ÁRNES	0.37	22	22
PRUEBA ELÉCTRICA	0.16	4	4
CONTROL FINAL	0.24	10	10

Tabla 15 Cálculo de lecturas

Se realizó una evaluación de operadores y el cálculo del factor de actuación por estación de trabajo

Teniendo los tiempos ciclo individuales de cada estación de trabajo, se evaluó la habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia de cada operador que se encuentra en la línea de ensamble, para obtener un valor de actuación y tiempo de normalidad en cada etapa del proceso de acuerdo con la cantidad de operadores que lo conforman; esta actividad se realizó en base a la Tabla de Westinghouse.

CÁLCULO DE TIEMPOS NORMALES (TN) DE CADA OPERACIÓN Y DEL PROCESO				
ACTIVIDAD	TIEMPO CICLO INDIVIDUAL (Min)	FACTOR DEL V.A.	TIEMPO NORMAL INDIVIDUAL	
TROQUELADO	1.267	1.26	1.589	Minutos
SOLDADURA	1.216	1.20	1.459	Minutos
PRE-SECUENCIADO DESCANSABRAZOS	1.144	1.22	1.396	Minutos
ENSAMBLE DESCANSABRAZOS	1.190	1.24	1.476	Minutos
ENSAMBLE DE COMPONENTES	0.427	1.29	0.548	Minutos
ENSAMBLE DE COMPONENTES	0.512	1.22	0.624	Minutos
ATORNILLADO	1.325	1.14	1.506	Minutos
ENSAMBLE DE ÁRNES	1.272	1.19	1.517	Minutos
PRUEBA ELÉCTRICA	0.822	1.23	1.011	Minutos
CONTROL FINAL	1.520	1.14	1.733	Minutos
TIEMPO NORMAL DEL PROCESO		12.86	Minutos	

Tabla 16 Cálculo de tiempos normales

De igual manera se realizó la evaluación de suplementos básicos y variables para cada operador que se encuentra dentro de la línea de ensamble, con la finalidad de obtener el factor de suplementos para cada estación de trabajo.

Se realizó el cálculo de los suplementos básicos, obteniendo el porcentaje de suplementos dependiendo si es hombre o mujer el operador, de igual manera el porcentaje de suplementos variables y el factor de suplementos totales por estación de trabajo.

Suplementos Básicos		
Suplemento	Hombre	Mujer
Necesidades Personales	5	7
Fatiga	4	4
Total Básicos	9	11
PORCENTAJES BÁSICOS	0.09	0.11

Tabla 17 Suplementos básicos

Suplemento Variable		
Suplemento	Hombre	Mujer
A) Trabajo sentado	2	4
B) Postura Incómoda	2	3
C) Peso levantado	2	3
D) Iluminación	0	0
E) Condiciones Atmosféricas	3	3
F) Tensión Visual cierta precisión	0	0
G) Ruido continuo	0	0
H) Proceso muy complejo	4	4
I) Trabajo Monótono	0	0
J) Trabajo aburrido	2	2
Total Variables	15	19
PORCENTAJES DE VARIABLES	0.15	0.19

TOTAL DE SUPLEMENTOS					
ACTIVIDAD	OPERADORES POR OPERACIÓN		SUPLEMENTOS		TOTAL SUPLEMENTOS
TROQUELADO		MUJER	0.300		0.600
		MUJER	0.300		
SOLDADURA	HOMBRE	MUJER	0.240	0.300	0.540
		MUJER			
PRE-SECUENCIADO		MUJER	0.300		0.600
		MUJER	0.300		
DESCANSABRAZOS		MUJER	0.300		0.600
		MUJER	0.300		
ENSAMBLE DE COMPONENTES (UPPER COVER BOCINA, RUBER)	HOMBRE		0.240		0.240
ENSAMBLE DE COMPONENTES (LUCES Y BOTONES)		MUJER	0.300		0.600
		MUJER	0.300		
ATORNILLADO	HOMBRE	HOMBRE	0.240	0.240	0.720
	HOMBRE		0.240		
ENSAMBLE DE ÁRNES	HOMBRE	MUJER	0.240	0.300	1.080
	HOMBRE	MUJER	0.240	0.300	
PRUEBA ELÉCTRICA	HOMBRE	MUJER	0.240	0.300	0.540
CONTROL FINAL	MUJER	MUJER	0.300	0.300	1.200
	MUJER	MUJER	0.300	0.300	

Tabla 18 Suplementos Variables**Tabla 19 Suplementos totales**

Se elaboró el cálculo de tiempo estándar para cada una de las estaciones de trabajo y del proceso de ensamble, con base en la multiplicación de “Tiempo normal” y “Factor de suplementos”, teniendo como resultado un tiempo estándar para la línea de ensamble de 1338 segundo, equivalente a 22.18 minutos.

TIEMPO ESTANDAR

ACTIVIDAD	TIEMPO NORMAL	FACTOR DE SUPLEMENTOS		TIEMPO ESTANDAR INDIVIDUAL	
TROQUELADO	1.589	1.60	%	2.543	Minutos
SOLDADURA	1.459	1.54	%	2.246	Minutos
PRE-SECUENCIADO DESCANSABRAZOS	1.396	1.60	%	2.233	Minutos
ENSAMBLE DESCANSABRAZOS	1.476	1.60	%	2.362	Minutos
ENSAMBLE DE COMPONENTES	0.548	1.24	%	0.680	Minutos
ENSAMBLE DE COMPONENTES	0.624	1.60	%	0.999	Minutos
ATORNILLADO	1.506	1.72	%	2.590	Minutos
ENSAMBLE DE ÁRNES	1.517	2.08	%	3.156	Minutos
PRUEBA ELÉCTRICA	1.011	1.54	%	1.557	Minutos
CONTROL FINAL	1.733	2.20	%	3.813	Minutos

TIEMPO ESTANDAR DEL PROCESO	22.18	MINUTOS	1338	SEGUNDOS
-----------------------------	-------	---------	------	----------

Tabla 20 Tiempo estándar del proceso

Se realizó el cálculo del índice de productividad, obteniendo un valor de 0.556 por turno, con un requerimiento diario de 750 piezas, con un tiempo de 450 minutos trabajados.

Al tener el tiempo estándar por operación y el índice de productividad con una eficiencia del 95%, se realizó el cálculo de operadores óptimos para cada estación de trabajo, teniendo como resultado un total de 18 operadores, lo cual indica que la

línea de ensamble en condiciones óptimas puede trabajar con dicha cantidad de operadores estando ya balanceada.

OPERADORES OPTIMOS			
ACTIVIDAD	TIEMPO ESTANDAR (MIN)	OPERADORES TEORICOS	OPERADORES NO REALES
TROQUELADO	2.543	1.49	2
SOLDADURA	2.246	1.31	2
PRE-SECUENCIADO DESCANSABRAZOS	2.233	1.31	2
ENSAMBLE DESCANSABRAZOS	2.362	1.38	2
ENSAMBLE DE COMPONENTES (UPPER COVER BOCINA, RUBER)	0.680	0.40	1
ENSAMBLE DE COMPONENTES (LUCES Y BOTONES)	0.999	0.58	1
ATORNILLADO	2.590	1.51	2
ENSAMBLE DE ÁRNES	3.156	1.85	2
PRUEBA ELÉCTRICA	1.557	0.91	1
CONTROL FINAL	3.813	2.23	3
TOTAL DE OPERADORES		18	

Tabla 21 Operadores óptimos

EFICIENCIA PLANEADA 95%	
95%	= 0.95
INDICE DE PRODUCTIVIDAD	
0.556	
N° DE OPERADORES TEORICOS	
TROQUELADO	1.49
SOLDADURA	1.31
PRE-SECUENCIADO DESCANSABRAZOS	1.31
ENSAMBLE DESCANSABRAZOS	1.38
ENSAMBLE DE COMPONENTES	0.40
ENSAMBLE DE COMPONENTES	0.58
ATORNILLADO	1.51
ENSAMBLE DE ÁRNES	1.85
PRUEBA ELÉCTRICA	0.91
CONTROL FINAL	2.23

Tabla 22 Operadores teóricos

Se realizó la evaluación de los tiempos elementales para las estaciones críticas del proceso (Ensamble de componentes, atornillado, ensamble de arnés y control final), tomando un total de 30 tiempos ciclo, con la finalidad de detectar que actividades pueden ser realizadas en otras estaciones de trabajo para poder balancear las líneas de ensamble. Para su mejor visualización, véase **Anexo 11**.

Teniendo los siguientes resultados:

- I. En el proceso de ensamble los componentes se deben entregar ya preensamblados, provenientes del supermercado.
- II. En el supermercado de descansabrazos se debe entregar ya preensamblado la botonera en la estación de ensamble para descansabrazos trasero.

- III. Se debe distribuir el atornillado de las puertas en 3 zonas diferentes para equilibrar la estación de trabajo entre los operadores, colocando 6 tornillos en la primera estación, 6 en la segunda estación y 7 en la última estación de trabajo.
- IV. El proceso de ensamble de rollo se ordena la ubicación de arneses, de acuerdo con su nivel de requerimiento para disminuir los tiempos de traslado.
- V. En la operación de control final, se distribuyeron las 4 estaciones de trabajo (Inspección de puertas delanteras y trasera), en la parte central del área de trabajo asignada para disminuir los tiempos de recorrido en la toma y entrega de materiales.

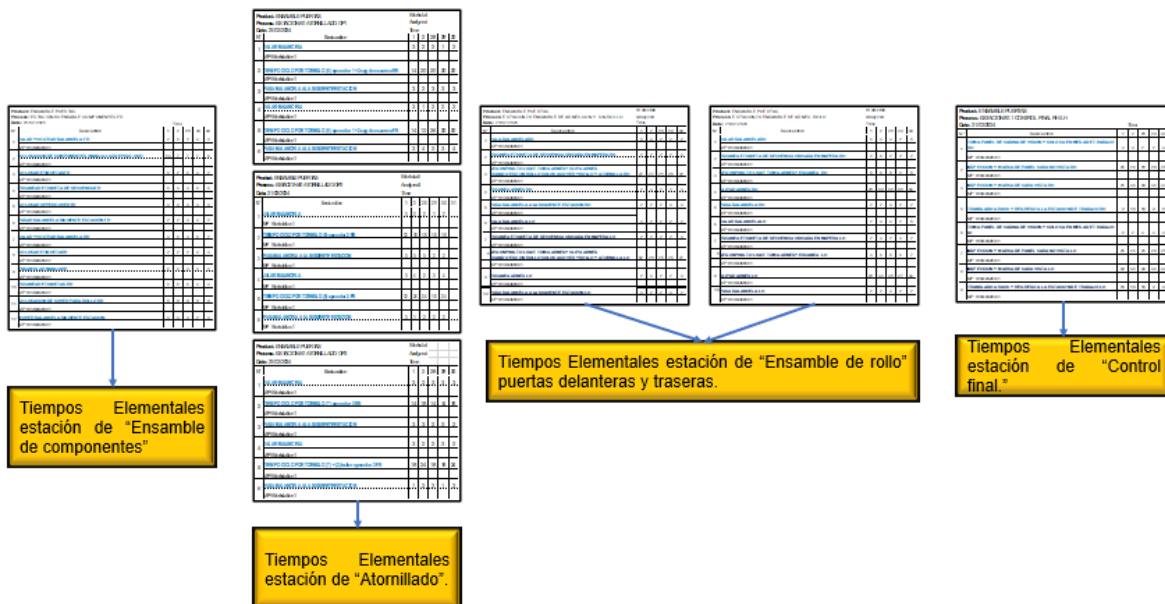


Ilustración 23 Tablas de tiempos elementales

Se realizó el reajuste de layout con base al número de operadores establecidos en el cálculo de tiempo estándar y los reajustes realizados en las actividades que son llevadas a cabo en cada estación de trabajo para poder balancear la línea de ensamble. (Algunas estaciones de trabajo no pudieron ser ajustadas con el número de operadores indicados en el tiempo estándar debido a la curva de aprendizaje presentada por el reajuste de layout).

Se pudo disminuir de 37 a 31 operadores por turno y ocupar menos espacio del asignado para la línea anteriormente.

Se elaboró un ajuste en la distribución de materiales para el área de almacén de la línea, esto con el objetivo de disminuir los tiempos de traslado para abastecer de materiales a la línea de ensamble de puertas e implementar la zona de supermercado; se asignó a un líder de línea, un auxiliar de embarques y dos auxiliares de logística, con el reajuste de layout, considerando que de estos se tenía el doble de personas. Para su mejor visualización, véase **Anexo 12 y 13**.

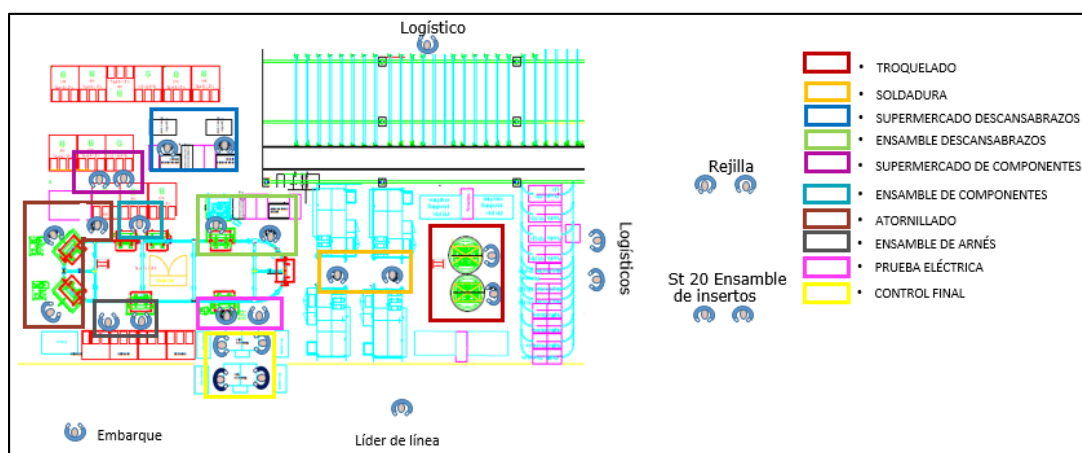


Ilustración 24 Línea híbrida de ensamble de puertas Au426

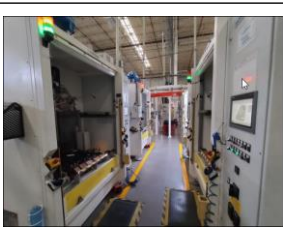
Estación	Layout actual (línea de puertas traseras)	Layout (Línea híbrida)
Riel de suministro de materiales		
10/15		
30		

Tabla 23 Antes/Después Línea de ensamble st.10-30

Estación	Layout actual (línea de puertas traseras)	Layout (Línea híbrida)	Supermercado
40			
50/55			

Tabla 24 Antes/Después línea de ensamble st.40-55

Estación	Layout actual (línea de puertas traseras)	Layout (Línea híbrida)
60/65		
70		
70/75		

Tabla 25 Antes/Después línea de ensamble st.60-75

Estación	Layout actual (línea de puertas traseras)	Layout (Línea híbrida)
80		
		

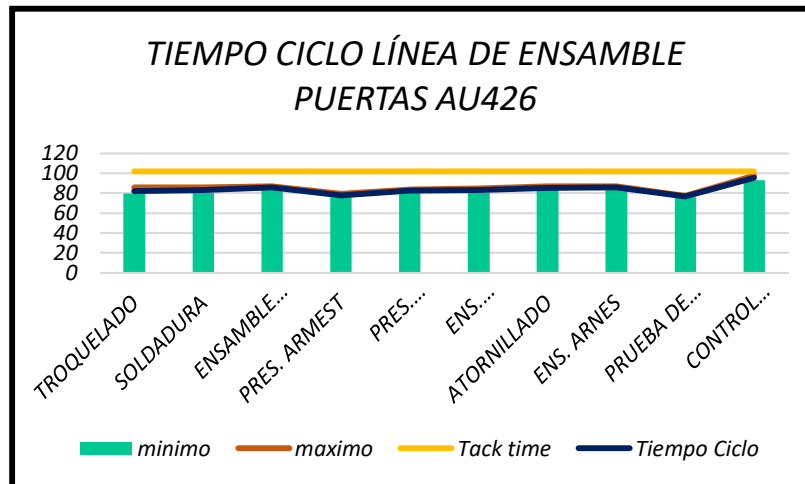
Tabla 26 Antes/Después Línea de ensamble st.80

Una vez implementadas las acciones de mejora se realizaron nuevamente las evaluaciones del proceso, obteniendo los tiempos ciclo individuales en cada una de las operaciones, observando los siguientes resultados:

- I. En la estación de atornillado se logró mejorar el tiempo ciclo sin sobrepasar el tack time.
- II. Para la estación de ensamble de componentes se observa un mayor equilibrio en los tiempos ciclo, comparándolo con las actividades subsecuentes.
- III. En la estación de “Control final” se logró disminuir el tiempo ciclo, a pesar de seguir siendo la actividad con los tiempos más prolongados, este ya no sobrepasa el tack time.
- IV. Se puede observar un mayor equilibrio en las estaciones de trabajo de manera conjunta en comparación con sus tiempos ciclo tomados de forma individual. De igual manera ninguna estación de trabajo sobrepasa el tack time.

TABLA DE TIEMPOS POR OPERACIÓN EN SEGUNDOS "LINEA DE ENSAMBLE PARA PUERTAS AU426"										
	TROQUELADO	SOLDADURA	ENSAMBLE ARMEST	DESCANSABRAZOS	ENS. COMPONENTES	SUPERMERCADO	ATORNILLADO	ENS. ARNES	PRUEBA DE LUZ	CONTROL FINAL
1	81.3	83.5	86.3	77.8	83.2	82.2	85.3	85.2	76.5	97.2
2	81.2	82.6	85.8	78.5	82.1	81.6	84.9	86.3	76.8	96.2
3	81.6	83.4	85.4	76.4	83.3	83.5	86.2	86	77.3	94.5
4	83.5	85.8	85.6	77.8	82.2	81.5	85.2	85.9	76.6	94.7
5	80.7	85.4	85.4	77.4	83.6	82.3	85.9	84.3	76.7	96.5
6	82.6	80.7	85.7	77.3	83.2	82.5	84.7	86.2	76.4	94.8
7	80.4	83.6	84.3	78.4	83.9	82.8	86.4	85.1	76.3	95.1
8	81.7	82.9	86.5	79.2	82.6	81.9	85.9	85.7	76.8	94.6
9	81.6	85.4	85.6	76.9	82.2	81.8	85.7	85.2	76.2	93.7
10	85.4	83.6	85.8	78.7	82.5	82.5	85.6	85.9	76.9	96.2
11	84.6	85.7	85.6	77.6	84.1	82.7	85.4	86.7	77.2	95.9
12	83.3	83.2	86.3	78.7	84.6	81.9	83.9	84.9	77.3	96.7
13	82.8	84.7	85.9	77.5	80.2	83.2	85.4	85.7	77.2	95.1
14	83.4	84.5	86.7	76.5	84.1	82.5	85.8	85.2	77.1	94.5
15	84.5	83.2	85.1	76.2	84.6	83.2	85.9	85.6	76.8	94.6
16	80.7	85.1	85.5	78.2	84.3	82.8	85.2	85.2	76.7	96.3
17	80.1	80.8	85.8	77.3	82.9	82.4	86.6	85.7	76.2	97.5
18	80.4	81.6	86.4	79.2	82.1	81.5	84.9	84.9	76.8	94.3
19	79.9	83.4	85.8	77.4	83.6	83.1	85.3	86.2	76.6	93.9
20	82.7	83.6	86.1	76.7	82.1	82.4	84.8	86.1	76.9	95.7
21	80.4	80.2	85.2	77.9	84.8	82.7	86.3	85.2	76.4	95.9
22	81.6	82.7	85.1	76.4	83.1	83.1	85.4	83.2	76.2	96.3
23	81.4	83.9	85.7	79.5	82.2	82.1	85.7	83.9	76.8	97.1
24	81.5	84.2	85.4	79.3	83.7	82.5	84.9	85.6	77.1	93.2
25	83.1	84.6	85.6	78.2	83.7	82.4	85.6	86.4	77.2	94.9
26	85.6	85.3	86.9	77.1	83.2	82.6	84.9	86.7	76.5	97.1
27	82.5	81.8	85.7	78.2	83.9	83.2	85.4	85.9	76.4	95.4
28	82.7	83.4	85.4	78.9	84.2	81.6	86.8	86.4	76.8	95.8
29	81.4	80.7	85.5	76.2	82.2	81.9	86.9	86.2	76.7	95.7
30	81.8	83.6	85.3	79.6	82.5	81.3	85.4	86.7	76.7	93.9

Tabla 27 Tiempos por operación (seg)



Gráfica 7 Tiempo ciclo línea híbrida

	TIEMPOS ACTUALES LÍNEA DE ENSAMBLE EN SEGUNDOS									
	TROQUELADO	SOLDADURA	ENSAMBLE ARMEST	PRES. ARMEST	PRES. COMPONENTES	ENS. COMPONENTES	ATORNILLADO	ENS. ARNES	PRUEBA DE LUZ	CONTROL FINAL
Tiempo Ciclo	82.1	83.4	85.7	77.8	82.4	83.2	85.5	85.6	76.7	95.4
minimo	79.9	80.2	84.3	76.2	81.3	80.2	83.9	83.2	76.2	93.2
maximo	85.6	85.8	86.9	79.6	83.5	84.8	86.9	86.7	77.3	97.5
Tack time	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102

Tabla 28 Tiempos actuales línea híbrida

Se realizó la actualización de VSM Futuro, para visualizar gráficamente los cambios de layout y las acciones de mejora realizadas (para su mejor visualización, véase **Anexo 14**):

- Implementación de supermercado para la línea de ensamble.
- Uso de Kanban en estaciones específicas.
- Reducción de personal con la línea balanceada.
- Mejora en el tiempo de producción de 715.8 segundos a 667.6 segundos.
- Se obtuvo un balanceo de línea en base a los operadores especificados en el tiempo estándar.

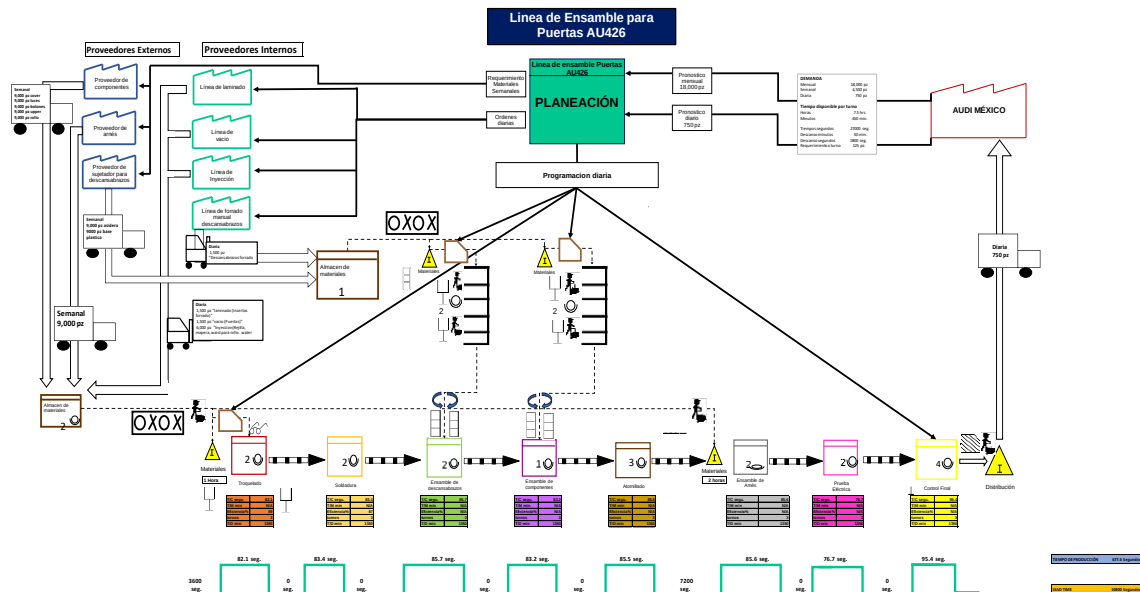


Ilustración 25 VSM Línea híbrida

Con las acciones implementadas en la estación de “ensamble de componentes” se realizó nuevamente un análisis para observar cómo se comportaban los datos, teniendo una mejora en la dispersión de los datos.

Anteriormente se tenía 5.596 y 6.943 de desviación estándar, con las mejoras realizadas, actualmente se tiene una desviación estándar de **1.020**, igualmente se logró obtener un comportamiento normal en los datos, pasando de Valor $p = < 0.05$ a **0.216**.

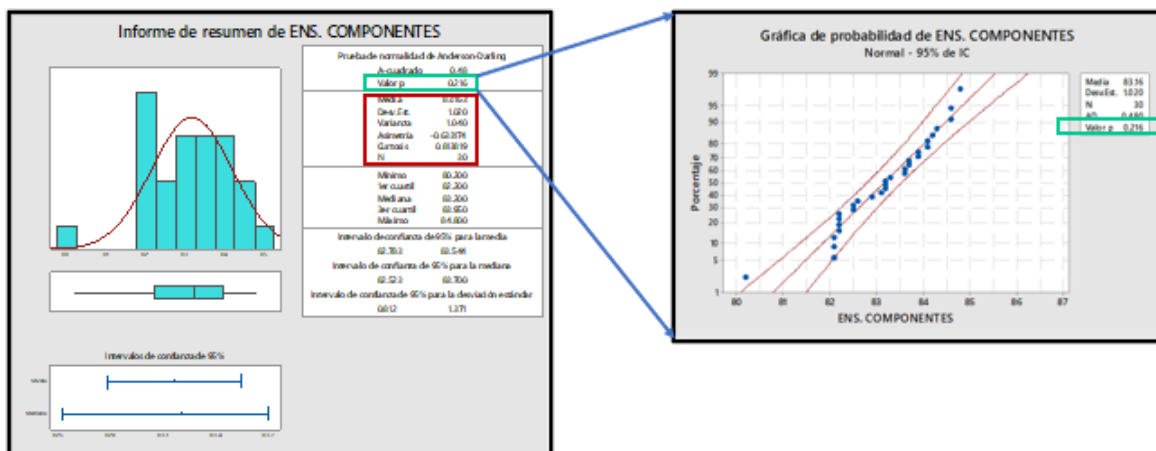


Ilustración 26 Informe de resumen y gráfica de probabilidad de est. "Ens. de componentes"

Realizando la reevaluación del proceso de atornillado, la cual era considerada como una estación crítica, se logró mejorar el comportamiento de los datos pasando de un Valor p de 0.257 a **0.457**, se disminuyó la dispersión de los datos teniendo anteriormente un valor de 0.789 como desviación estándar, y con las mejoras aplicadas actualmente se tiene una variabilidad de **0.666** como desviación estándar, esto reflejado en el histograma con una apariencia más simétrica.

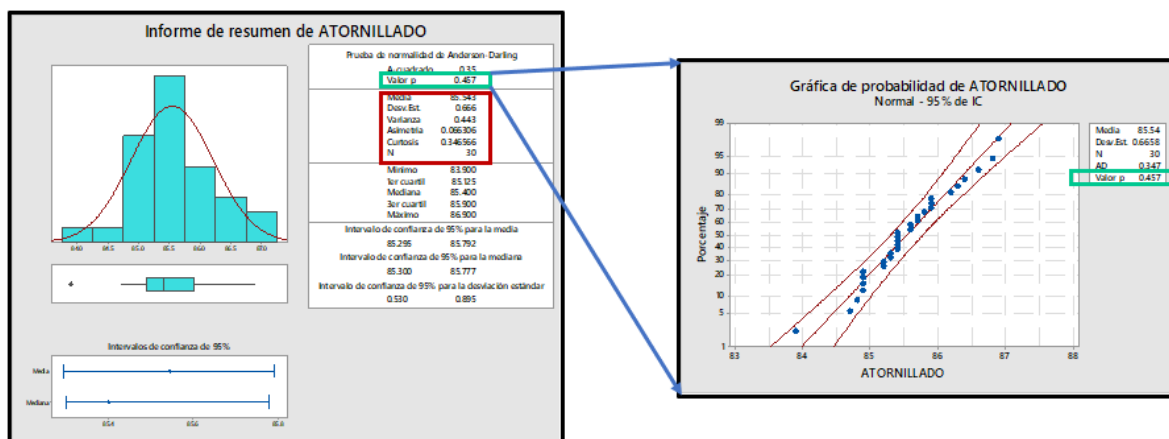


Ilustración 27 Informe de resumen y gráfica de probabilidad de est. "Atornillado"

Se realizó la evaluación en la estación de control final, la cual, al tener los tiempos ciclo más altos de todas las estaciones de trabajo, refleja el comportamiento general de producción en la línea.

Al aplicar las acciones de mejora se obtuvo un aumento en el valor de p, pasando de 0.333 a **0.675**, lo cual indica que nuestros datos están mejor controlados.

La dispersión de los tiempos ciclo disminuyó de 8.86 a **1.139** el cual se ve reflejado en el histograma con datos más centrados.

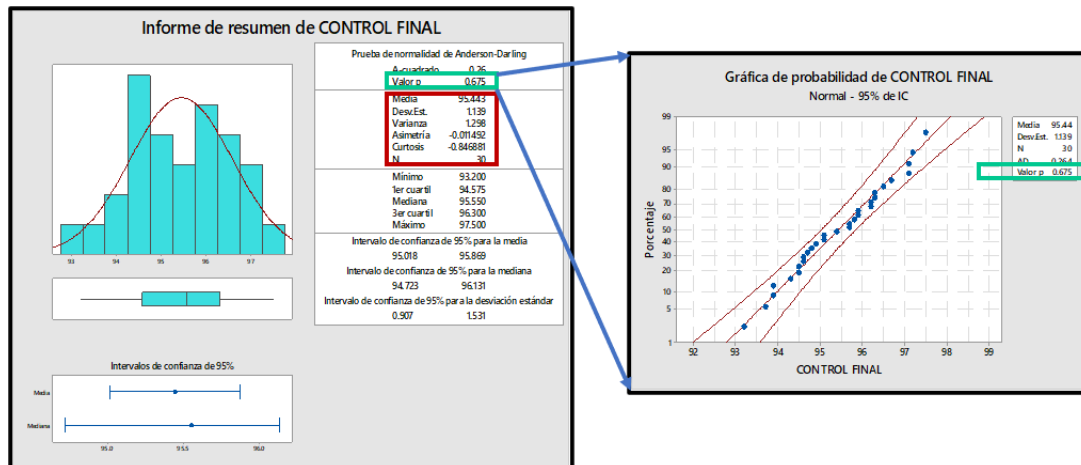


Ilustración 28 Informe de resumen y gráfica de probabilidad de est. "Control final"

Interpretando los resultados del análisis de capacidad con las mejoras aplicadas, podemos observar que los índices de capacidad del proceso aumentaron, teniendo los siguientes resultados:

Índices de capacidad			
	Datos Anteriores		Datos actuales
	Ensamble puertas delanteras	Ensamble puertas Traseras	Ensamble de Puertas AU426
Cp	0.49	0.35	2.3
Cpk	0	0.32	1.67
Pp	0.38	0.34	2.19
Ppk	0	0.31	1.59

Tabla 29 Índices de capacidad

Con los resultados obtenidos en los índices de capacidad mayores a 1.33, podemos concluir que, con las mejoras aplicadas en la línea de ensamble, el proceso es capaz de cumplir con los requerimientos del cliente a corto y largo plazo.

Dentro de los ahorros generados, se logró balancear la línea de ensamble, reduciendo de 37 a 31 operadores por turno, teniendo un **ahorro de 18 operadores**.

Al realizar el ajuste de layout para tener un mayor aprovechamiento de los espacios, se redujo el espacio utilizado por la línea de 488.05 m^2 a 289.49 m^2 , obteniendo un **ahorro de espacio del 40.7%**.

Realizando la proyección en USD, se obtuvieron los siguientes beneficios:

	Costos generados por ambas líneas de ensamble (USD)	Costos generados con mejoras aplicadas (USD)	Ahorros generados (USD)
	Gastos por personal		
Diario	\$ 2,085.69	\$ 1,747.47	\$ 338.22
Semanal	\$ 12,514.14	\$ 10,484.82	\$ 2,029.32
Mensual	\$ 50,056.56	\$ 41,939.28	\$ 8,117.28
Costo anual USD	\$ 600,678.72	\$ 503,271.36	\$ 97,407.36
	Gastos por m^2		
Ancho (mts)	9.24	9.24	
Largo (mts)	52.82	31.33	
Metro cuadrado	488.06	289.49	
Costo anual USD	\$ 207,794.27	\$ 123,252.45	\$ 84,541.82

Tabla 30 Ahorros generados

Al tener los ahorros anuales, se obtiene una proyección de \$97,407.36 USD en ahorro anual de gastos dentro del personal, realizando de igual manera el ahorro en gastos por m^2 , se obtuvo una proyección de \$84,541.82 USD anuales, por lo que, sumando ambas cifras, se obtiene una proyección de ahorro anual de **\$181,949.18 USD**.

5. Conclusión

Con el desarrollo del proyecto “Implementación de mejoras para procesos productivos en línea de ensamble de puertas Audi Q5 426 para mejorar el KPI de method improvement de ingeniería” en grupo Antolin Tlaxcala S. de R.L. de C.V., se logró la implementación de mejoras en el proceso, a través de un balanceo de línea donde se redujeron y optimizaron espacios dentro de la planta:

- Se mejoraron los indicadores de capacidad del proceso de Cp, Cpk, Pp y Ppk.
- Con las mejoras aplicadas, el proceso es capaz de cumplir con los requerimientos del cliente a corto y largo plazo.
- Creación de línea híbrida y supermercado
- Se generaron ahorros dentro de la línea de ensamble, logrando una reducción en el personal de 18 operadores.
- Se realizó un ajuste en el layout, reduciendo el espacio un 40.7%.

Con estos resultados, se logró el cumplimiento de los objetivos planteados, estudiando la situación actual de la empresa, conociendo el desempeño que se tenía con el cliente y abordando las necesidades con las que contaba la empresa.

De acuerdo con lo encontrado y las necesidades de la empresa, se llevó a cabo un plan de acción, el cual ayudó a identificar con mayor claridad las posibilidades esperando que se le dé continuidad al comportamiento de la línea con el rediseño de layout y cargas de trabajo para saber que parámetros podría ser mejorados en un futuro.

Una vez logrando todo lo antes mencionado, se espera un ahorro monetario por la reducción de los 18 operadores y la reducción del 40.7% del espacio utilizado, por lo que ambos ahorros equivalen aproximadamente a \$181,949.18 USD anuales.

6. Competencias desarrolladas

Esta práctica profesional permitió reafirmar los conocimientos adquiridos en la universidad, si bien, la universidad proporciona las bases sobre las cuales se desarrolla el criterio profesional, no siendo suficientes, es necesario la aplicación de estas dentro del campo laboral, demostrando de esta forma la capacidad para analizar, diseñar e implementar ideas para el desarrollo de un proyecto determinado.

Utilizando las herramientas aprendidas durante la carrera de ingeniería industrial, ayudaron a tener un mejor panorama del estado actual del proceso durante el desarrollo del proyecto, utilizando herramientas como toma de tiempos, balanceo de proceso, VSM y SIPOC, sirvieron en gran manera a conocer el estado actual del proceso de forma más precisa.

En lo particular, al haber podido realizar mis residencias profesionales en Grupo Antolin Tlaxcala, me ha permitido desarrollar las siguientes competencias:

Pensamiento crítico y resolución de problemas: Se debe tener la capacidad de evaluar los datos y las posibles acciones a desarrollar ante un problema, esto me ayudo para tomar decisiones fundamentales de forma imparcial y razonable.

Gestión de equipo y comunicación: Contar con una buena comunicación con el equipo de trabajo y los operadores, sirve para compartir la visión, metas, ideas y problemas que se presentaban durante el desarrollo del proyecto; la capacidad de delegar responsabilidades de manera efectiva, el manejo y solución de conflictos y la evaluación del desempeño.

Capacidad de liderazgo: Desarrollar la capacidad de inspirar, motivar y guiar a los demás hacia el logro de metas y objetivos comunes, poder adaptarse ante los cambios y circunstancias por las cuales se están pasando y motivar a los miembros del equipo.

7. Glosario

U.E.T: Unidad Elemental de Trabajo

BOM: Bill Of Materials, lista de materiales de un producto en específico.

SAP: Sistemas, aplicaciones y productos para el procesamiento de datos.

Full Service Supplier: Proveedor de Servicio Completo

Status: Posición que se ocupa dentro de la sociedad o dentro de un grupo social.

KPI: Key performance Indicator. Es una métrica cuantitativa que muestra como la empresa progresa hacia los objetivos empresariales más importantes.

Method Improvement: Mejora de Método. Práctica operativa en la que los propietarios del proceso utilizan diferentes métodos para analizar, rediseñar, implementar y optimizar sus procesos existentes.

Cp: Representa la capacidad del proceso para modelar piezas dentro de las tolerancias disponibles, pero no establece las especificaciones absolutas.

Cpk: Representa la capacidad del proceso para moldear piezas dentro de las tolerancias disponibles y cumplir con las especificaciones requeridas.

Pp: Indica el desempeño potencial del proceso.

Ppk: Indica el desempeño real del proceso.

8. Fuentes de información

- Socconini, L. (2019). *Lean Six Sigma Yellow Belt. Manual de certificación*. Barcelona: Marge books.
- Socconini, L. (2020). *Lean Six Sigma Green Belt. Manual de certificación*. Valencia, Barcelona: Alfaomega, Marge Books.
- López, F. (28 de Julio de 2018). Ingenio empresa. Obtenido de Herramientas de calidad: <https://ingenioempresa.com/diagrama-de-pareto/>
- Lopez, C. (07 de 11 de 2010.). Calidad industrial. Obtenido de Blog de la calidad: <https://blogdelacalidad.com/diagrama-de-ishikawa/>
- Arteaga, A. A. (5 de Agosto de 2020). *Lean Construction Mexico*. Obtenido de <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/5w2h-qu%C3%A9-significa-para-qu%C3%A9-SIRVE-c%C3%B3mo-aplicarla-y-algunos-ejemplos>
- Gutiérrez, H. & Salazar, R. (2013). Capacidad de procesos I. Control estadístico de la calidad y Seis Sigma. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Kulkarni, S. (01 de Marzo de 2023). *Plastics Technology México* . Obtenido de <https://www.pt-mexico.com/columnas/optimize-el-proceso-de-moldeo-por-inyeccion-con-cp-y-cpk>
- Sanz, E. (12 de Febrero de 2024). *Farmaespaña Industrial*. Obtenido de <https://www.farmaindustrial.com/process-capability-performance-iii-8F7RM#:~:text=PP%3A%20%22Process%20Performance%22,Desempe%C3%B1o%20Real%20de%20nuestro%20proceso>

10. ANEXOS

Anexo 1

20 Ensamble de insertos

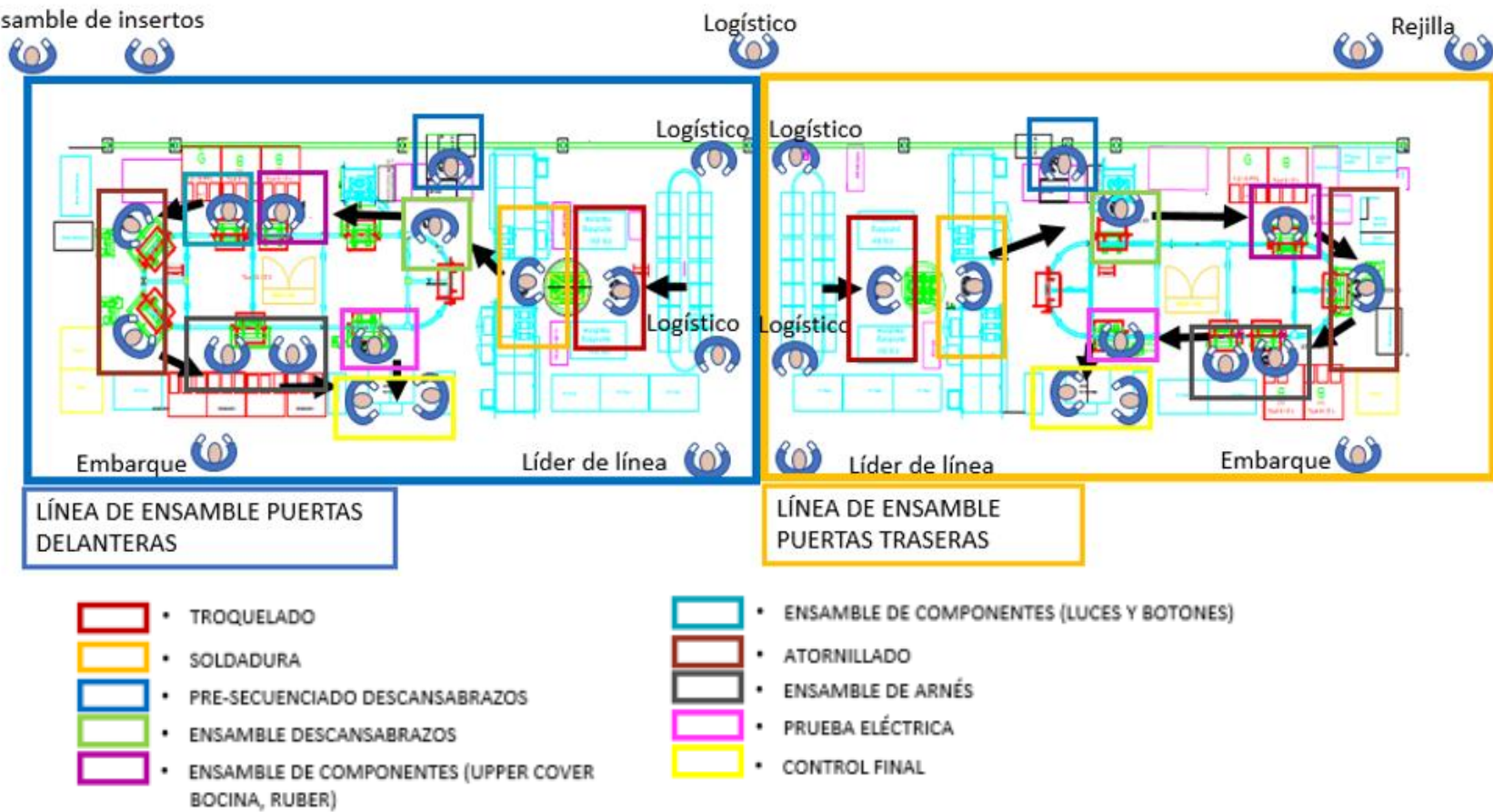


Ilustración 25 Anexo 1: Layout de las líneas de ensamble

Anexo 2

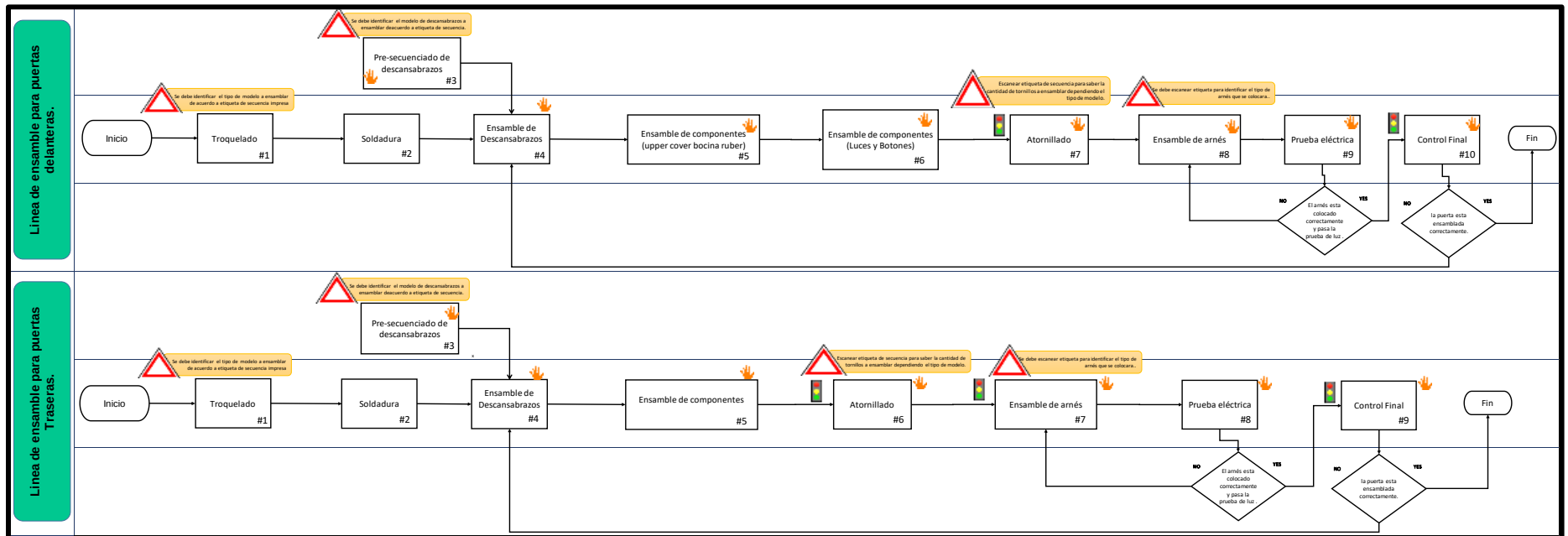


Ilustración 26 Anexo 2: Diagrama de flujo del proceso de ensamblaje de puertas delanteras y traseras

Anexo 3

ETAPAS DEL PROCESO	TABLA DE TIEMPOS "ENSAMBLE DE PUERTAS DELANTERAS"																														PRO M.	MIN.	MAX.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
TROQUELADO	79.3	84.5	93.1	88.6	82.5	83.6	86.9	92.1	84.3	90.1	89.6	84.3	90.2	87.9	94.1	88.5	96.7	91.6	90.0	91.5	82.6	88.9	87.7	94.1	90.3	87.8	95.6	92.4	90.8	90.7	89.0	79.3	96.7
SOLDADURA	78.5	80.6	77.4	81.2	72.2	77.9	78.5	86.3	75.4	76.1	72.0	82.6	76.8	81.4	81.6	80.9	78.7	77.4	81.2	72.6	77.4	78.3	86.5	75.4	76.1	72.8	82.5	76.9	81.4	81.4	78.6	72.0	86.5
PRE-SECUENCIADO DESCANSABRAZOS	74.3	78.4	79.6	79.2	82.4	81.6	78.4	82.5	76.9	79.4	78.6	82.4	76.8	79.3	76.1	77.8	80.9	80.6	84.5	83.4	84.7	77.9	75.8	78.9	82.6	74.1	86.9	79.9	79.7	81.2	79.8	74.1	86.9
ENSAMBLE DESCANSABRAZOS	86.6	88.9	83.4	79.2	76.1	83.4	81.8	79.6	78.7	80.4	77.6	79.7	82.5	81.3	76.4	78.6	82.5	80.9	74.7	78.2	81.0	81.5	83.6	82.4	79.1	81.5	80.3	76.4	82.6	82.5	80.7	74.7	88.9
ENSAMBLE DE COMPONENTES (UPPER COVER BOCINA, RUBER)	69.9	40.1	40.6	47.8	44.5	49.8	41.3	45.3	45.1	45.9	46.4	48.6	50.2	52.8	42.1	41.6	38.9	42.5	42.7	45.9	48.7	46.3	50.9	45.1	44.6	46.3	45.7	42.9	44.6	43.8	46.0	38.9	69.9
ENSAMBLE DE COMPONENTES (LUCES Y BOTONES)	51.1	55.6	59.4	53.8	51.3	59.7	57.9	58.6	55.9	47.3	61.8	52.1	70.3	59.8	59.9	57.1	70.3	63.6	67.8	58.4	68.9	68.4	69.5	69.1	69.5	67.3	68.5	68.2	68.6	68.4	61.9	47.3	70.3
ATORNILLADO	121.0	95.7	100.0	102	95.8	110	99.2	104	101.0	93.2	108	101	121	113	102.0	98.7	109	106	111	104	118	115	120	114	114	114	114	111	113	112	108.0	93.2	121.0
ENSAMBLE DE ÁRNES	75.3	93.9	90.8	85.4	88.3	88.6	77.4	97.5	91.9	98.8	90.3	73.6	79.4	80.4	90.9	87.3	94.1	76.6	87.5	68.1	87.3	73.3	101	83.6	78.0	77.6	80.9	93.5	71.6	103	85.5	68.1	102.8
PRUEBA ELÉCTRICA	64.5	60.1	79.8	66.3	69.7	73.6	66.2	60.4	70.1	80.7	68.6	71.4	80.6	65.5	66.1	66.8	61.3	66.4	79.9	64.8	70.8	59.7	60.8	59.9	78.6	69.8	76.9	67.4	58.9	68.4	68.5	58.9	80.7
CONTROL FINAL	98.9	97.6	93.7	98.3	101	90.3	99.2	99.8	99.9	101	98.1	96.3	99.9	98.8	98.4	101	98.3	97.9	95.5	95.2	97.3	94.5	95.3	96.5	95.8	95.6	96.6	100	99.6	97.8	97.6	90.3	100.7

Ilustración 27 Anexo 3: Toma de tiempos "Puertas delanteras"

Anexo 4

ETAPAS DEL PROCESO	TABLA DE TIEMPOS "ENSAMBLE DE PUERTAS TRASERAS"																														PRO M.	MIN.	MAX.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
TROQUELADO	81.6	91.5	81.8	90.2	80.3	99.4	80.8	91.2	81.8	89.4	84.2	73.3	82.2	85.8	86.4	81.2	90.2	80.5	89.5	82.7	80.4	91.9	82.9	81.5	93.7	85.3	82.1	82.2	81.6	81.1	84.9	73.3	99.4
SOLDADURA	80.5	82.7	83.9	85.7	87.2	80.1	83.5	82.8	88.9	83.2	87.1	80.8	84.9	89.2	83.1	85.4	80.2	81.8	89.7	87.3	90.1	82.4	83.8	85.5	88.7	87.4	81.6	83.2	80.1	83.9	84.5	80.1	90.1
PRE-SECUENCIADO DESCANSABRAZOS	73.6	74.4	71.4	71.2	69.3	66.7	64.2	63.9	65.4	74.4	67.3	66.7	68.8	69.4	66.4	68.1	71.4	70.3	70.2	63.3	62.2	65.1	70.3	73.2	72.3	72.7	71.4	72.3	70.2	72.1	69.3	62.2	74.4
ENSAMBLE DESCANSABRAZOS	83.1	75.6	79.9	79.5	75.6	73.3	72.5	75.8	73.7	73.6	72.4	69.1	71.3	67.2	68.1	83.4	75.7	79.7	79.3	75.4	73.2	72.7	75.7	69.6	72.2	72.1	73.7	68.3	75.5	73.9	74.4	67.2	83.4
ENSAMBLE DE COMPONENTES	52.5	40.4	40.7	40.8	41.7	37.8	38.9	36.7	38.1	40.3	39.4	39.8	40.7	40.3	37.2	36.2	42.2	40.7	39.5	40.8	36.4	42.3	40.2	37.4	40.2	38.7	39.4	36.5	40.2	37.1	39.8	36.2	52.5
ATORNILLADO	78.2	103	94.5	99.6	107	102	99.8	85.2	88.7	103	94.7	88.2	95.2	90.7	97.2	101	97.9	97.7	83.4	80.7	110	104	96.8	103	92.1	94.3	103	92.2	86.9	103	95.8	78.2	109.8
ENSAMBLE DE ÁRNES	98.2	72.3	97.7	102	71.3	96.7	94.3	104	73.3	51.5	59.2	58.9	55.3	96.7	106	102	66.2	99.4	73.9	48.4	52.2	53.3	84.1	86.7	96.9	94.5	54.7	60.3	68.7	58.3	77.9	48.4	105.8
PRUEBA ELÉCTRICA	54.6	53.4	49.9	54.4	54.3	53.5	56.3	59.8	58.3	58.4	55.2	56.8	50.9	53.5	49.2	57.7	55.9	59.1	59.4	54.2	55.3	57.1	55.7	54.3	55.3	56.2	58.6	54.3	55.1	55.8	55.4	49.2	59.8
CONTROL FINAL	109	130	99.8	115	106	119	128	112	121	101	122	125	127	129	118	112	109	120	115	120	122	108	96.2	107	121	122	116	115	120	125	116.3	96.2	129.7

Ilustración 28 Anexo 4: Toma de tiempos "Puertas traseras"

Anexo 5

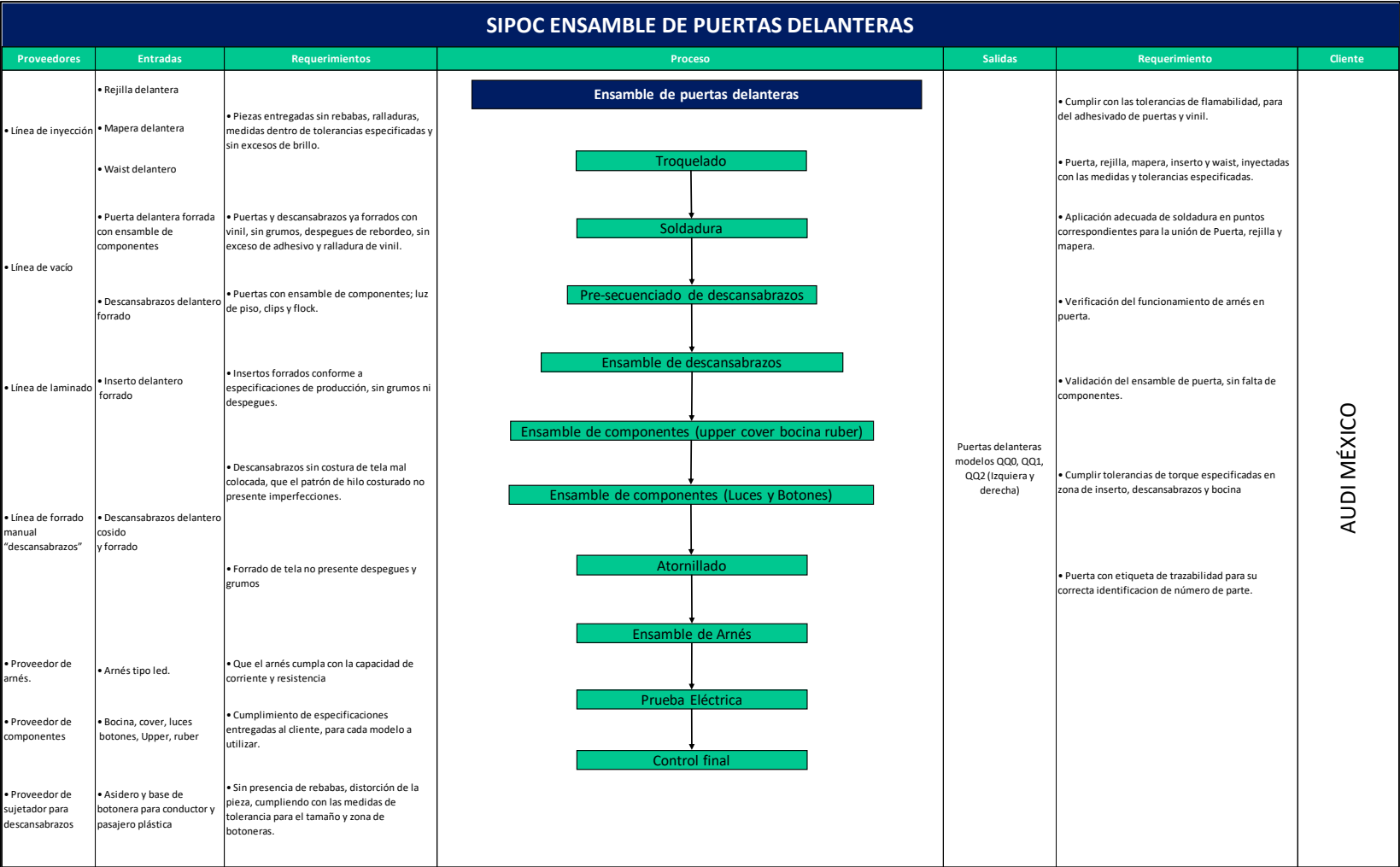


Ilustración 29 Anexo 5: SIPOC Ensamble de puertas delanteras

Anexo 6

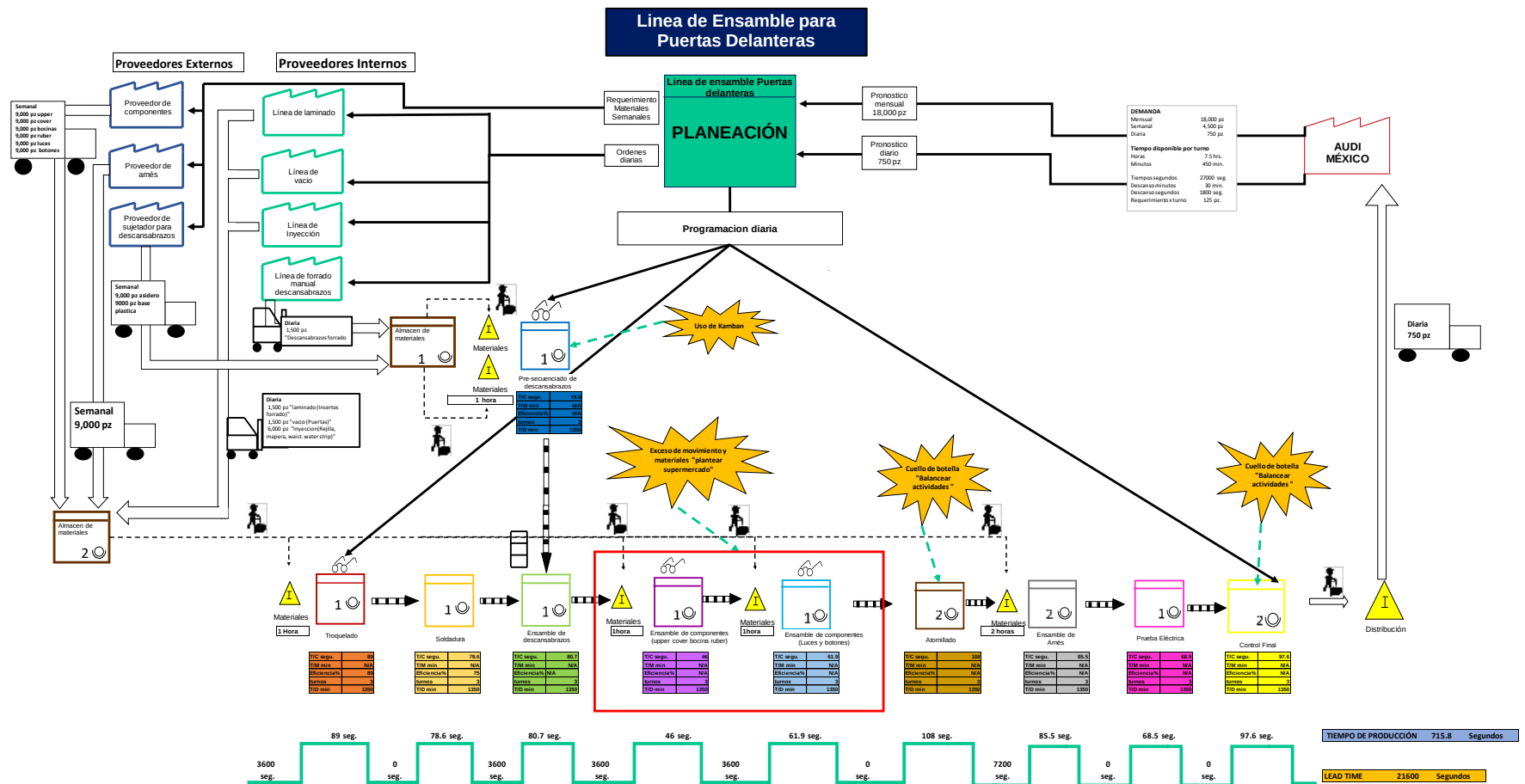


Ilustración 30 Anexo 6: Mapa VSM puertas delanteras

Anexo 7

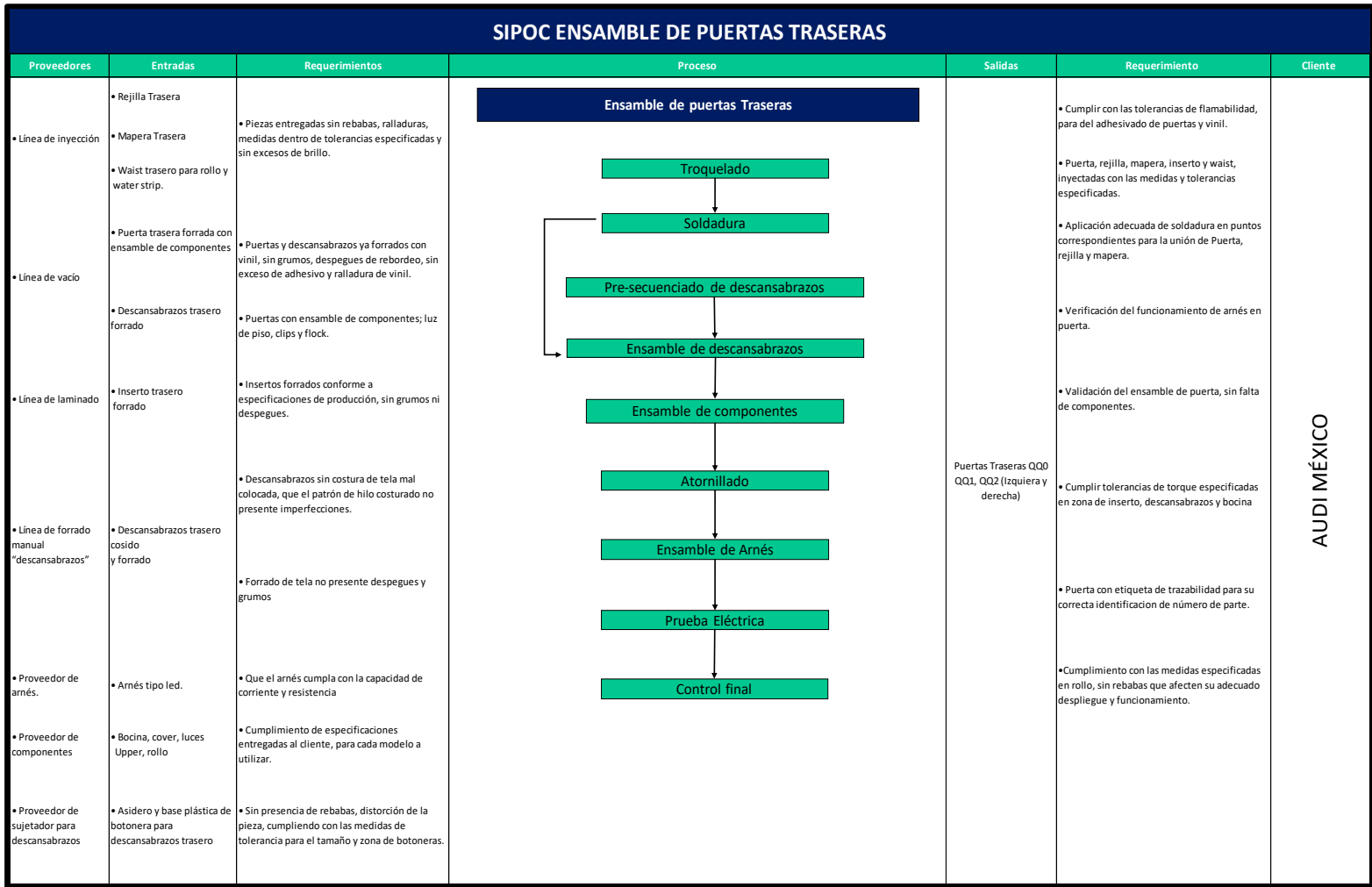


Ilustración 31 Anexo 7: SIPOC Ensamble de puertas traseras

Anexo 8

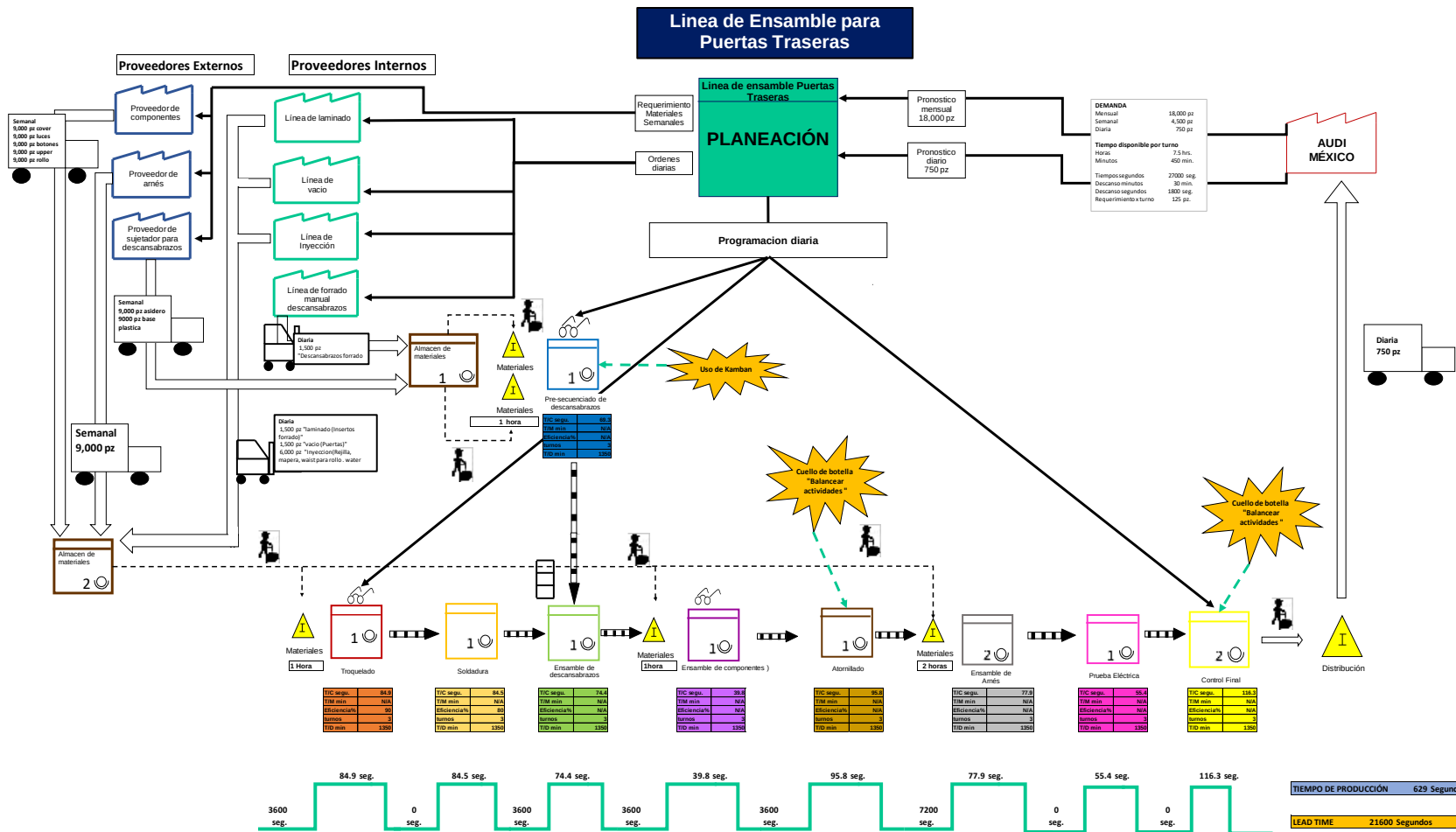


Ilustración 32 Anexo 8: Mapa VSM puertas traseras

Anexo 9

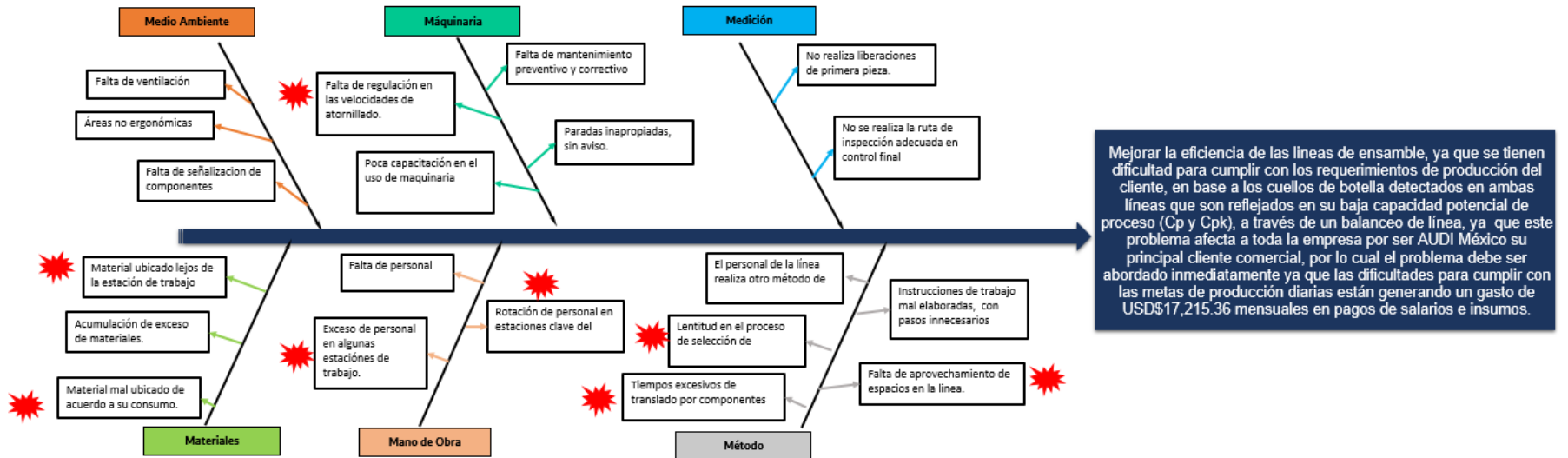


Ilustración 33 Anexo 9: Diagrama de Ishikawa

Anexo 10

PROMEDIO DE TIEMPOS LINEAS DE ENSAMBLE PUERTAS DELANTERAS Y TRASERAS																				
	TROQUELADO		SOLDADURA		PRE-SECUENCIADO DESCANSABRAZOS		ENSAMBLE DESCANSABRAZOS		ENSAMBLE DE COMPONENTES (UPPER COVER BOCINA, RUBER)		ENSAMBLE DE COMPONENTES (LUCES Y BOTONES)		ATORVILLADO		ENSAMBLE DE ÁRNES		PRUEBA ELÉCTRICA		CONTROL FINAL	
1	1.20		1.17		1.14		1.25		0.49		0.52		1.17		1.27		0.80		1.44	
2	1.28		1.21		1.16		1.22		0.40		0.48		1.39		1.12		0.77		1.74	
3	1.27		1.22		1.16		1.22		0.41		0.52		1.33		1.34		0.85		1.37	
4	1.29		1.22		1.16		1.19		0.44		0.54		1.33		1.34		0.80		1.47	
5	1.21		1.25		1.16		1.16		0.43		0.48		1.38		1.20		0.82		1.43	
6	1.32		1.21		1.14		1.18		0.44		0.52		1.35		1.33		0.84		1.45	
7	1.24		1.21		1.11		1.17		0.40		0.55		1.29		1.31		0.81		1.74	
8	1.32		1.23		1.13		1.18		0.41		0.53		1.31		1.41		0.80		1.46	
9	1.23		1.23		1.11		1.16		0.42		0.50		1.30		1.23		0.84		1.71	
10	1.30		1.21		1.17		1.17		0.43		0.47		1.41		0.95		0.90		1.41	
11															1.38					
12															1.32					
13															1.39					
14															1.31					
15															1.14					
16															1.19					
17															1.21					
18															1.31					
19															1.28					
20															1.35					
21															1.27					
22															1.37					
PROMEDIO	1.27		1.22		1.14		1.19		0.43		0.51		1.32		1.27		0.82		1.52	
TIEMPO DE CICLO	1.27	Minutos	1.22	Minutos	1.14	Minutos	1.19	Minutos	0.43	Minutos	0.51	Minutos	1.32	Minutos	1.27	Minutos	0.82	Minutos	1.52	Minutos

Ilustración 34 Anexo 10: Promedio de tiempos ciclo de líneas de ensamble de puertas delanteras y traseras

Anexo 11

Product: ENSAMBLE PUERTAS Process: ESTACIÓN 50 ENSABLE COMPONENTES FR Date: 21/02/2024						
N°	Basic action	Time				
		1	2	28	29	30
1	JALAR Y VOLTEAR BALANCELA FR	2	4	2	3	4
	MP: Workstation 1					
2	COLOCACION DE COMPONENTES (MANIJA, LUZ DE PISO, HKE)	13	7	7	7	6
	MP: Workstation 1					
3	COLOCAR ETIQUETAS FR	4	2	4	3	2
	MP: Workstation 1					
4	ESCANEAR ETIQUETA DE SECUENCIA FR	4	3	3	4	4
	MP: Workstation 1					
5	COLOCAR UPPER COVER FR	3	3	3	3	3
	MP: Workstation 1					
6	PASAR BALANCELA SIGUIENTE ESTACIÓN FR	2	2	3	3	2
	MP: Workstation 1					
7	JALAR Y VOLTEAR BALANCELA RR	3	4	3	4	2
	MP: Workstation 1					
8	COLOCAR ETIQUETA RR	2	2	2	3	3
	MP: Workstation 1					
9	ENSAMBLAR MANIJA RR	4	4	3	4	4
	MP: Workstation 1					
10	ESCANEAR ETIQUETAS RR	4	4	4	3	3
	MP: Workstation 1					
11	COLOCACION DE COVER PARA ROLLO RR	5	0	0	0	0
	MP: Workstation 1					
12	MOVER BALANCELA SIGUIENTE ESTACION.	3	3	3	2	3
	MP: Workstation 1					

Product: ENSAMBLE PUERTAS		Workstation				
Process: ESTACION 60 ATORNILLADO OP1		Analyzed				
Date: 21/02/2024		Time				
Nº	Basic action	1	2	28	29	30
1	JALAR BALANCELA	3	2	2	1	2
	MP: Workstation 1					
2	TIEMPO CICLO POR TORNILLO (6) operador 1 + 2seg de escaneo RR	14	20	20	20	20
	MP: Workstation 1					
3	PASA BALANCELA A LA SIGUIENTE ESTACION	3	2	3	3	3
	MP: Workstation 1					
4	JALAR BALANCELA	3	1	2	2	2
	MP: Workstation 1					
5	TIEMPO CICLO POR TORNILLO (6) operador 1 + 2seg de escaneo FR	14	12	26	20	20
	MP: Workstation 1					
6	PASA BALANCELA A LA SIGUIENTE ESTACION	3	4	2	3	4
	MP: Workstation 1					

Product: ENSAMBLE PUERTAS		Workstation					
Process: ESTACION 60 ATORNILLADO OP2		Analyzed					
Date: 21/02/2024		Time					
Nº	Basic action	1	2	28	29	30	31
1	JALAR BALANCELA	3	2	2	1	2	
	MP: Workstation 1						
2	TIEMPO CICLO POR TORNILLO (6) operador 2 RR	12	18	18	18	18	
	MP: Workstation 1						
3	PASA BALANCELA A LA SIGUIENTE ESTACION	3	3	3	2	2	
	MP: Workstation 1						
4	JALAR BALANCELA	3	4	2	3	4	
	MP: Workstation 1						
5	TIEMPO CICLO POR TORNILLO (6) operador 2 FR	12	24	24	18	24	
	MP: Workstation 1						
6	PASA BALANCELA A LA SIGUIENTE ESTACION	3	1	2	2	2	
	MP: Workstation 1						

Product: ENSAMBLE PUERTAS		Workstation				
Process: ESTACION 60 ATORNILLADO OP3		Analyzed				
Date: 21/02/2024		Time				
Nº	Basic action	1	2	28	29	30
1	JALAR BALANCELA	3	2	3	3	3
	MP: Workstation 1					
2	TIEMPO CICLO POR TORNILLO (7) operador 3 RR	14	18	14	14	18
	MP: Workstation 1					
3	PASA BALANCELA A LA SIGUIENTE ESTACION	3	3	2	3	2
	MP: Workstation 1					
4	JALAR BALANCELA	3	2	2	3	2
	MP: Workstation 1					
5	TIEMPO CICLO POR TORNILLO (7) + (2) twiter operador 3 FR	18	24	18	18	24
	MP: Workstation 1					
6	PASA BALANCELA A LA SIGUIENTE ESTACION	1	2	2	1	2
	MP: Workstation 1					

Product: ENSAMBLE PUERTAS		Workstation				
Process: ESTACION 70 ENSAMBLE DE ARNES CON Y SIN ROLLO		Analyzed				
Date: 21/02/2024		Time				
Nº	Basic action	1	2	28	29	30
1	JALA BALANCELA RH	4	3	2	2	2
	MP: Workstation 1					
2	ESCANEA ETIQUETA DE SECUENCIA UBICADA EN MAPERA RH	2	2	2	2	3
	MP: Workstation 1					
3	SEGÚN PING TO LIGHT TOMA ARNES Y CLIPA ARNES CUANDO ES CON ROLLO COLOCA COVER Y ROLLO Y ATORNILLA RH	27	27	21	28	12
	MP: Workstation 1					
4	ESCANEA ARNES RH	2	3	2	2	3
	MP: Workstation 1					
5	PASA BALANCELA A LA SIGUIENTE ESTACION RH	2	2	2	3	3
	MP: Workstation 1					
6	JALA BALANCELA LH	3	2	2	2	2
	MP: Workstation 1					
7	ESCANEA ETIQUETA DE SECUENCIA UBICADA EN MAPERA LH	2	2	2	2	3
	MP: Workstation 1					
8	SEGÚN PING TO LIGHT TOMA ARNES Y CLIPA ARNES CUANDO ES CON ROLLO COLOCA COVER Y ROLLO Y ATORNILLA LH	52	28	25	25	27
	MP: Workstation 1					
9	ESCANEA ARNES LH	2	3	2	2	3
	MP: Workstation 1					
10	PASA BALANCELA A LA SIGUIENTE ESTACION LH	3	2	2	3	2
	MP: Workstation 1					

Product: ENSAMBLE PUERTAS		Workstation				
Process: ESTACION 70 ENSAMBLE DE ARNES RH/LH		Analyzed				
Date: 21/02/2024		Time				
Nº	Basic action	1	2	28	29	30
1	JALAR BALANCELA RH	4	3	3	2	5
	MP: Workstation 1					
2	ESCANEA ETIQUETA DE SECUENCIA UBICADA EN MAPERA RH	2	4	2	2	2
	MP: Workstation 1					
3	SEGÚN PING TO LIGHT TOMA ARNES Y ESCANEA RH	5	4	5	4	5
	MP: Workstation 1					
4	CLIPAR ARNES RH	28	40	48	48	46
	MP: Workstation 1					
5	PASA BALANCELA RH	2	2	3	2	2
	MP: Workstation 1					
6	JALAR BALANCELA LH	2	3	3	2	5
	MP: Workstation 1					
7	ESCANEA ETIQUETA DE SECUENCIA UBICADA EN MAPERA LH	2	3	2	3	2
	MP: Workstation 1					
8	SEGÚN PING TO LIGHT TOMA ARNES Y ESCANEA LH	3	4	5	4	7
	MP: Workstation 1					
9	CLIPAR ARNES LH	29	33	35	27	33
	MP: Workstation 1					
10	PASA BALANCELA LH	2	2	3	2	2
	MP: Workstation 1					

Product: ENSAMBLE PUERTAS Process: ESTACIÓN 80.1 CONTROL FINAL RH/LH Date: 21/02/2024						
		Time				
Nº	Basic action	1	2	28	29	30
1	TOMA PANEL DE CABINA DE VISION Y COLOCA EN MESA DE TRABAJO RH	3	3	2	2	3
	MP: Workstation 1					
2	INSPECCION Y MARCA DE PANEL CARA NO VISTA RH	26	24	18	20	25
	MP: Workstation 1					
3	INSPECCION Y MARCA DE CARA VISTA RH	24	34	30	34	32
	MP: Workstation 1					
4	TRANSLADO A RACK Y REGRESO A LA ESTACION DE TRABAJO RH	9	10	10	9	8
	MP: Workstation 1					
6	TOMA PANEL DE CABINA DE VISION Y COLOCA EN MESA DE TRABAJO LH	4	2	3	3	3
	MP: Workstation 1					
7	INSPECCION Y MARCA DE PANEL CARA NO VISTA LH	25	24	24	20	25
	MP: Workstation 1					
8	INSPECCION Y MARCA DE CARA VISTA LH	30	34	30	34	32
	MP: Workstation 1					
9	TRANSLADO A RACK Y REGRESO A LA ESTACION DE TRABAJO LH	10	10	10	9	9
	MP: Workstation 1					

Ilustración 35 Anexo 11: Tablas de tiempos elementales

Anexo 12

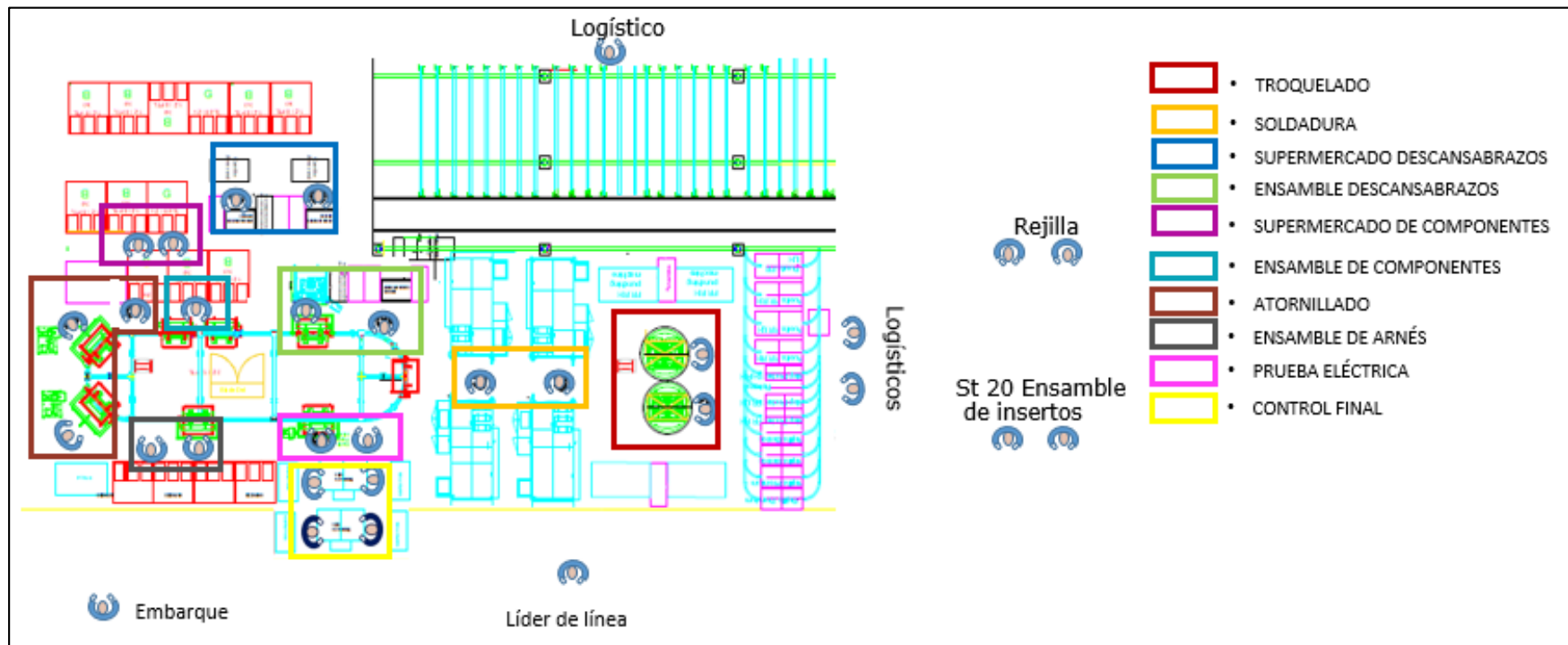


Ilustración 36 Anexo 12: Línea de ensamblaje de puertas Au426

Anexo 13

Estación	Layout actual (línea de puertas traseras)	Layout (Línea híbrida)
Riel de surtimiento de materiales		
10/15		
30		

Estación	Layout actual (línea de puertas traseras)	Layout (Línea híbrida)	Supermercado
40			
50/55			

Estación	Layout actual (línea de puertas traseras)	Layout (Línea híbrida)
60/65		
70		
70/75		

Estación	Layout actual (línea de puertas traseras)	Layout (Línea híbrida)
80		
		

Ilustración 37 Anexo 13: Antes/Después Línea de ensamble st. 10-80

