



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga
Departamento de Ingenierías

**REPORTE FINAL PARA ACREDITAR RESIDENCIA
PROFESIONAL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL MODALIDAD MIXTA .**

**PREVENCIÓN DE DEFECTIVO CON LA
IMPLEMENTACIÓN DE SONIDAS DE MEDICIÓN DE
ALTURA EN MODELO NEW-AT 23452.**

 **UNIPRES**

UNIPRES MEXICANA, S.A. DE C.V.

Asesor externo:
Roberto Junior Quintanar Félix.

Asesor interno:
María Esmeralda Esparza Muñoz.

Pabellón de Arteaga Ags., diciembre 2023

CAPÍTULO 1: PRELIMINARES

2.- Agradecimientos.

Agradezco a Dios por la oportunidad de llegar a este nivel de estudio en mi profesión, ya que son la fuerza y poder para realizar este proyecto de titulación.

Agradezco a mi familia por su apoyo, comprensión y paciencia en todo el tiempo que duró mi preparación profesional.

Agradezco a mi esposa por brindarme todo su apoyo al iniciar esta nueva etapa de preparación.

Agradezco a mis compañeros del Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga, por su apoyo, confianza y por los estímulos constantes que me han dado para desarrollar mi trabajo de la mejor manera aportando cada uno de ellos su granito de arena para también salir juntos adelante.

Agradezco al ING Roberto Junior Quintanar Félix, asesor, jefe de departamento de la empresa y amigo, quien, me dio la oportunidad de estudiar nuevamente y resolver mis dudas.

Agradezco a la maestra María Esmeralda Esparza Muñoz, quien fue mi asesor interno del Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga, por su disposición, paciencia y conocimiento que me brindó, para la elaboración de este proyecto de titulación.

Agradezco a la empresa Unipres mexicana, donde desde hace 16 años he brindado mis servicios iniciando como operador de ensamble y posteriormente han creído en mi para darme la oportunidad de desarrollar mis habilidades y conocimientos en el departamento de Ingeniería de planta cuando solo tenía mi título de TSU en mantenimiento industrial y ahora por darme la oportunidad de estudiar y titularme como ingeniero industrial.

3.- Resumen.

La empresa Unipres Mexicana, dedicada a la fabricación de partes ensambladas para carrocerías, se encuentra presente en Asia, Norteamérica y Europa, su meta principal es asegurar la calidad en sus productos, mediante la aplicación de distintas herramientas que ayudan a lograr ese objetivo. En este documento se agregan las actividades realizadas durante la residencia profesional e información más detallada de la empresa.

En la línea de NEW-AT 23452, se cuenta con un equipo que mide el espesor de la pieza en la parte central, se ha observado que las piezas fabricadas no corresponden a la altura especificada por el cliente, como opción de mejora, se opta por implementar un equipo de medición de precisión para la altura, adaptando dos sondas de medición, las cuales se encargaran de medir la altura de la pieza, sin afectar el proceso original de la máquina. Debido a los cambios establecidos, se capacitó al personal, se elaboró una hoja de comprobación para realizar la medición y finalmente liberar las piezas que cumplen con las especificaciones.

La mejora implementada tuvo un impacto positivo, debido a que se obtuvo una solución a los reclamos del cliente, lo que asegura su fidelidad a la empresa, la mejora también previene futuros errores en las piezas fabricadas y por lo tanto mantiene la posición de la empresa en temas de calidad.

Se obtuvo el apoyo del departamento de ingeniería para rediseñar la base del equipo y ver la posibilidad de montar el nuevo proceso de medición de altura, manteniendo su proceso original.

El objetivo fue garantizar al 100% la calidad en la medición de altura y dicho objetivo sí se alcanzó logrando la implementación y asegurando que las piezas cumplen con la especificación.

Índice

| | |
|---|-----|
| CAPÍTULO 1: PRELIMINARES | ii |
| 2.- Agradecimientos. | ii |
| 3.- Resumen. | iii |
| <i>4.1 Lista de tablas</i> | 6 |
| <i>4.2 Lista de figuras</i> | 7 |
| CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO | 9 |
| 5.- Introducción. | 9 |
| 6. Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo del residente. | 11 |
| <i>6.1 Misión.</i> | 13 |
| <i>6.2 Visión</i> | 13 |
| <i>6.3 Objetivo de la empresa</i> | 13 |
| <i>6.4 Organigrama del departamento de ingeniería de planta.</i> | 13 |
| <i>6.5 Clientes principales</i> | 13 |
| 7. Problemas a resolver, priorizándolos..... | 15 |
| 8. Justificación. | 18 |
| 9. Objetivos (general y específicos). | 19 |
| 10. Marco teórico. | 20 |
| <i>10.5 Diagrama de Ishikawa.</i> | 24 |
| <i>10.6 Metodología Gage R&R (GR&R)</i> | 28 |
| Recopilación de datos | 32 |
| Análisis de los resultados de Gage R & R | 32 |
| Métodos de análisis gráfico | 33 |
| <i>10.7 Sistema Andón.</i> | 35 |
| CAPÍTULO 4: DESARROLLO | 42 |
| 11. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas. | 42 |
| 11.1 Cronograma de actividades | 43 |
| 11.2 Planear..... | 44 |
| 11.3 Hacer..... | 45 |
| 11.4 Verificar | 48 |
| 11.5 Actuar..... | 60 |
| CAPÍTULO 5: RESULTADOS | 65 |

| | |
|---|-----------|
| 12. Resultados. | 65 |
| CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES | 73 |
| 13. Conclusiones del proyecto. | 73 |
| CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS | 75 |
| 14. Competencias desarrolladas | 75 |
| CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACION | 76 |
| 15. Fuentes de información. | 76 |
| 16. Anexos. | 77 |

4.1 Lista de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Recopilación de datos de medición de piezas por cada operador | 51 |
| Tabla 2. Promedios de medición obtenidos | 52 |
| Tabla 3. Criterios de aceptación de un estudio GR&R..... | 56 |
| Tabla 4 Datos del mes de junio..... | 70 |
| Tabla 5. Datos de los meses julio, agosto, septiembre y octubre..... | 71 |
| Tabla 6. Objetivos propuestos y su cumplimiento..... | 72 |

4.2 Lista de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 Organigrama del departamento de ingeniería de la empresa Unipres Mexicana..... | 14 |
| Figura 2 Kaoru Ishikawa..... | 22 |
| Figura 3 Diagrama de Ishikawa..... | 25 |
| Figura 4. Diagrama de Ishikawa aplicado para obtener la causa del problema..... | 44 |
| Figura 5 Zona de medición de espesor en el equipo..... | 45 |
| Figura 6. Se aprecia el equipo de la lineado corte del modelo NEW-AT 23452..... | 46 |
| Figura 7. Pantalla de operación del equipo con las medidas de espesor realizadas..... | 47 |
| Figura 8. Se muestra el equipo con las dos sondas agregadas..... | 48 |
| Figura 9. Se muestran los amplificadores instalados en gabinete eléctrico que procesan la medición..... | 49 |
| Figura 10. Visualización de datos reales y ayuda visual de las sondas agregadas..... | 50 |
| Figura 11. Gráfico de barras X de los resultados del operario Ulises Rivas..... | 53 |
| Figura 12. Gráfico de barras X de los resultados del operario Ulises Rivas..... | 54 |
| Figura 13. Gráfico de barras X de los resultados del operario Jairo Cortez..... | 55 |
| Figura 14. Resultados de repetibilidad, reproducibilidad y GR&R..... | 57 |
| Figura 15. Buzzer (se señala en círculo rojo) se activa cuando se presenta una avería en el equipo..... | 58 |
| Figura 16. Ayuda visual en pantalla y señal auditiva activas al mismo tiempo (se señalan con un círculo en color rojo y un rectángulo en color rojo)..... | 59 |
| Figura 17. Capacitación sobre calibración del equipo..... | 61 |
| Figura 18. Capacitación sobre funcionamiento del equipo..... | 62 |
| Figura 19. Capacitación sobre la gestión de anomalía..... | 63 |
| Figura 19. Hoja de Inspección de calidad..... | 64 |
| Figura 20. Equipo NEW-AT 23452 después de implementar la mejora..... | 66 |

Figura 21. Hoja de liberación de calidad.....67

Figura 22. Códigos establecidos para el registro de defectos en el formato de caja roja.....68

Figura 23. Formato de registro de caja roja.....69

Figura 24. Grafica de resultados del mes de junio.....70

Figura 25. Gráfica de resultados de los meses julio, agosto, septiembre y octubre.....71

CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO

5.- Introducción.

Alguna vez te has preguntado cómo le hacen las empresas para dar una pronta respuesta o como dar una gestión a un problema critico como lo son los reclamos de cliente en una empresa que tiene un alto índice de calidad en sus productos, pues en este proyecto te contaremos como fue que se dieron las ideas de solucionar un problema de calidad.

La empresa Unipres Mexicana planta transmisiones tiene 21 números de parte a producir y entre ellos se encuentra el número de parte 23452 modelo NEW-AT en el cual se tuvo un problema de reclamo de cliente, en este modelo se implementó el proyecto, la mejora aplicada fue de colocar dos sondas de medición, las cuales se encargan de medir la altura en la pieza y con ello contrarrestar los reclamos del cliente.

Se analizó la línea de corte para ubicar el equipo al cual se le podría agregar un dispositivo de medición que sea capaz de erradicar el error y a su vez contribuir en la racionalización de los gastos de la planta.

La ventaja que se obtuvo del proyecto es que se puede diferenciar el proceso que hace originalmente el equipo como lo es el chequeo de espesor y el nuevo proceso que va realizar.

Aplicando el ciclo PDCA, que consta de 4 etapas: Planear, Hacer, Verificar y Actuar, se realizó en la etapa planear un diagrama de Ishikawa para obtener información de la causa que origina el defecto para poder corregir el funcionamiento del equipo, para la etapa hacer se diseñó el dispositivo de medición y se implementó en la etapa verificar para validar su funcionamiento con un estudio de GR&R y en la etapa 4 que es actuar se le dio seguimiento a la mejora mediante la capacitación de personal y se realizaron hojas de liberación de calidad.

Por lo tanto el objetivo planteado para este proyecto fue la implementación del 100% de un sistema que logrará identificar la especificación de altura en la pieza.

A continuación se detalla en la integración del proyecto:

- Capítulo 2: en este capítulo se describió las generalidades de la empresa, se expuso la problemática que originó la realización del proyecto, así como su justificación para obtener resultados de mejora para la empresa.
- Capítulo 3: los temas que se incluyeron en este capítulo fueron los que sostuvieron la solución a la problemática del proyecto, se consideró los aspectos generales de la calidad, así como los sistemas o las metodologías que dan solución al problema.
- Capítulo 4: en este capítulo se abordó la problemática y se aplicaron los sistemas o las metodologías, como el ciclo PDCA y el sistema Andón.
- Capítulo 5: en este capítulo se mostraron los resultados obtenidos con la aplicación de los sistemas o metodologías, se realizó la comparación con datos históricos y datos presentes y se mostraron evidencias que avalan esos resultados.
- Capítulo 6: en este capítulo se explicó la conclusión del proyecto, puntualizando el cumplimiento del objetivo general y se explicaron los sistemas o las metodologías que se usaron y de qué manera ayudaron a la realización del proyecto.

6. Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo del residente.

Unipres mexicana es una empresa de giro automotriz ubicada en circuitos Cerezos Oriente #103 Manzana 4, Parque Industrial San Francisco de los Romo IV, Aguascalientes C.P. 20300.

En el año de 1945 en Japón justo después de la segunda guerra mundial, surge la empresa “YAMAKAWA MANUFACTURING”, fundada por el señor Tadaomi Yamakawa. En México en 1994 se establece la primera oficina de esta organización siendo en la ciudad de Aguascalientes, situada en la avenida circunvalación al poniente del estado. En ese mismo año se adquiere un terreno en el naciente parque industrial de San Francisco de los Romos, ubicado en el mismo estado de Aguascalientes.

Hasta el año de 1995 en el mes de Julio cuando empezó producciones operativas en esta empresa con aproximadamente 46 trabajadores. En mayo de 1996 iniciaron operaciones productivas en el área de estampado con un total de 15 personas atendiendo esta nueva área de la empresa. En el año de 1997 la aun llamada “YAMAKAWA MANUFACTURING cambio su nombre a UNIPRES CORPORATIONS, esto por decisión del corporativo japonés. Ya que en el año se decidió fusionar las empresas YAMAKAWA con el grupo YAMATO dando lugar a la organización que es ahora.

La intención de la compañía y ha sido llegar a ser la empresa número uno a nivel mundial respecto a la fabricación de partes de estampado y sub-ensambladas automotrices.

La materia prima principal es lámina de acero rolado en frio proveniente de Japón. Actualmente en México existe solo una empresa de esta corporación siendo UNIPRES MEXICANA S.A. DE C.V. A nivel mundial existen en este momento en la plantilla de personal, 276 empleados y 556 operarios, existen en este momento 21 empresas ubicadas en todo el mundo principalmente en Japón, además de la casa matriz.

Recientemente en el año de 2014 se inauguró y entro en plena actividad operativa la nueva planta de transmisiones proveyendo de autopartes a clientes como Honda, EDM, Jatco 1 y 2, entre otros. Actualmente cuenta con 207 personas laborando.

La planta Unipres transmisiones se dedica a la fabricación de componentes de precisión para las transmisiones de los coches, por cuestiones de confidencialidad de la empresa no se puede mencionar las marcas a las cuales van dirigidos sus productos.

Para poder llevar a cabo la elaboración de sus productos de manera general tiene que pasar por ciertos procesos como lo son:

- Recepción de rollo de acero (materia prima) después pasa al área de prensas donde se ingresa a una prensa la cual se encarga de cortar el rollo en pequeñas plantillas según el modelo a producir.
- Una vez cortado se pasa a otra prensa, llamada “transfer”, la cual se encarga de darle forma a la plantilla en el número de parte diseñado para que después de que se les dé forma se pase el material al área de corte.
- En el área de corte, se tienen tornos CNC y estos se encargan de cortar la pieza en las especificaciones que pide el cliente, una vez ya cortada la pieza se inspecciona por el depto. de calidad para después pasar a una lavadora de desengrase y uncionado.
- Finalmente, el material es empaquetado para ser embarcado con destino al cliente final.

El residente desarrolló sus actividades en el departamento de Ingeniería de Planta, este departamento se encarga de atender a los equipos y brindarles mantenimiento. El propósito de que el residente desarrollara su proyecto en esta área, fue debido a que es donde se realizan y aplican las mejoras en los equipos apoyando al área de Calidad a la solución de problemas por inconformidades o reclamos de clientes.

6.1 Misión.

La misión de la empresa es: “Ser el número uno de los proveedores con la especialidad de estampado y ensamble para la industria automotriz en América Latina”.

6.2 Visión

La visión de la empresa es: “Hacer productos con valor para la industria automotriz con el fin de contribuir al beneficio para el país, sociedad, accionista y empleados”.

6.3 Objetivo de la empresa

Lograr la evolución hacia la nueva etapa fase IV de ups con automatización por medio de transformación digital, mejorando nivel de 15 KPI'S utilizando sistematización.

6.4 Organigrama del departamento de ingeniería de planta.

En la empresa Unipres transmisiones se tiene un diagrama por departamento y en este caso para el área de Ingeniería se tiene el siguiente (ver figura 1).

6.5 Clientes principales

Por cuestiones de confidencialidad de la empresa, no me fue permitido mencionar los clientes.

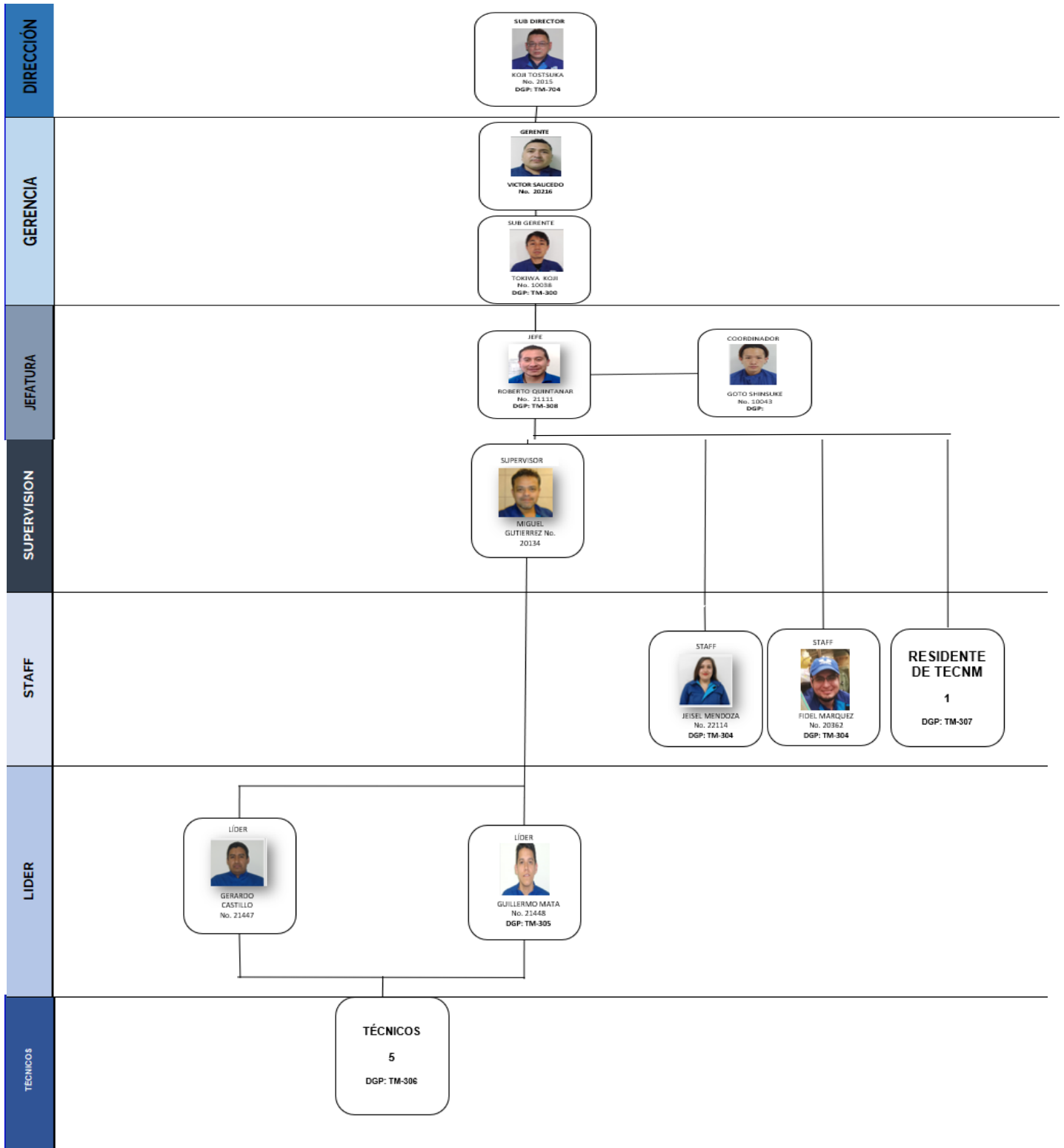


Figura 1 Organigrama del departamento de ingeniería de la empresa Unipres Mexicana

7. Problemas a resolver, priorizándolos.

Actualmente la empresa Unipres Mexicana se enfoca en la realización de transmisiones, las cuales son una parte fundamental para que un coche de combustión interna pueda funcionar, uno de los objetivos fundamentales de Unipres Mexicana es cumplir con los requerimientos del cliente sobre todo en las especificaciones de sus productos, por este motivo, se ha enfocado en implementar nuevas tecnologías, sin embargo, actualmente no tiene recurso financiero para optimizar sus equipos y se están generando ideas o mejoras pequeñas que puedan optimizar los procesos sin generar costos para la compañía.

En el área de corte el proceso para la elaboración de las transmisiones lleva la fabricación de al menos 7 pasos en la línea de corte del modelo NEW-AT 23452, que es donde se desarrolló el proyecto. El proceso que se ejecuta en la línea es el siguiente:

1. Corte de diámetro externo.
2. Corte de diámetro interno.
3. Medición del diámetro externo
4. Medición de espesor siendo en este proceso en donde se realizará el proyecto
5. Medición de diámetro interno.
6. Proceso de pulido de rebabas.
7. Unción de aceite, esta unción de aceite es para evitar la oxidación de las piezas en el trayecto al cliente.

Un reclamo del producto que se fabrica en la línea de corte del modelo NEW-AT 23452, es sumamente delicado debido a que el componente no puede ser ensamblado o puede generar en los cambios de velocidad de las transmisiones.

En el mes de junio, se recibió un reclamo de cliente para la empresa Unipres Mexicana del cliente "N" debido a que la pieza producida en la línea, no tenía la especificación de altura de manera correcta, siendo todo el lote rechazado debido a que no podía ensamblarse en la transmisión.

Este reclamo de cliente impacto a la compañía debido a que se tuvo que reponer el material, pagar una multa por el paro de producción de la línea de producción del cliente, además de que se perdió la fidelidad del cliente y ya no quiere ser parte de nuevos proyectos con la empresa Unipres mexicana.

Este reclamo de cliente se originó debido a que la instalación actual no tiene algún sensor que detecte la medición de cada una de las piezas, además no se puede colocar un inspector de calidad para medir todas las piezas producidas por que resulta demasiado costoso y finalmente, el operador no podría realizar la medición de dicha altura porque se requiere una precisión muy exacta lo que retrasaría la línea de producción.

Por lo tanto, este proceso requiere de un nuevo equipo que facilite la medición en el momento de altura en la pieza, sin embargo, como se comentó anteriormente, la empresa no está en las facultades de comprar un nuevo equipo, por lo que se requiere de una solución que pueda ser lo suficientemente efectiva para evitar un segundo reclamo de cliente, pero no requiera de una inversión elevada. Tomando en cuenta también, que no se puede colocar al operador a realizar la medición y no se puede contratar un inspector de calidad para que revise pieza a pieza, por el tiempo que incrementaría la liberación de material y el costo que implicaría.

Con todo lo anterior se priorizan las problemáticas en la línea de producción como a continuación se indica:

1. La especificación de altura en las piezas no se está cumpliendo debido a las características de la fabricación, lo que generó un defecto que se fugó al cliente y provocó un reclamo de cliente.
2. La capacidad financiera de la organización actualmente no es capaz de invertir en una nueva máquina para la detección de la especificación de esta pieza, por lo tanto, la empresa está en riesgo de que vuelva a presentarse el mismo defecto muy pronto, lo que pone en riesgo la fidelidad del cliente.
3. La producción actualmente en la línea está muy ajustada debido a que se fabrican de 85 a 90 pzs/hr mismas que son el requerimiento del cliente, por dicho motivo no se puede extender el tiempo de fabricación integrando una nueva operación para hacer la medición en la línea con el operador ni tampoco se tiene la holgura para la elaborar una inspección al 200%.
4. El departamento de Calidad no tenía identificada la medición de altura en la zona del reclamo, debido a que no conocía las consecuencias de un defecto en esta especificación, por lo que no se tiene un filtro que detecte un defecto antes de que se libere el material y sea entregado al cliente.

8. Justificación.

Unipres mexicana es una empresa que se ha destacado por generar productos de calidad a lo largo de su existencia, una de las características de las piezas que se fabrican es que un error o un defecto el producto puede generar diferentes afectaciones en el usuario final en este caso el dueño del coche. Por este motivo, la calidad para Unipres es sumamente importante y las especificaciones de sus productos son requerimientos que deben cumplirse respetando las tolerancias de los mismos.

La compañía, se ha esforzado por cumplir con los requerimientos de calidad, actualmente se recibió un reclamo de cliente mismo que fue por el número de parte 23452 con una altura de 9.45mm, la pieza que se debe de entregar una altura no mayor a 9.3mm por lo tanto este defecto puede generar un defecto en la transmisión al hacer los cambios de velocidad.

Con la problemática expuesta y las necesidades de la compañía el propósito del proyecto es realizar la implementación de un dispositivo que permita medir la altura de la pieza y asegure la calidad en el momento de la fabricación, mismo dispositivo no tienen que generar altos costos para la compañía ni tampoco extender demasiado el tiempo de fabricación.

El proyecto logrará garantizar al 100% las piezas fabricadas en la línea de corte del modelo NEW-AT 23452 en el proceso de espesor mediante el diseño, fabricación e implementación de un dispositivo que se integre al equipo instalado en la línea, para que mida la altura de manera automática y detecte de manera inmediata cuando una pieza no cumple con la especificación, generando una alarma en el dispositivo para que los responsables del proceso puedan tomar acciones correctivas y retirar la pieza.

Aplicando el ciclo PDCA, el diagrama de Ishikawa y el sistema andón, el residente será capaz de aplicar conocimientos de lean manufacturing para generar dispositivos que puedan utilizarse en las máquinas y garantizar la calidad de los productos.

9. Objetivos (general y específicos).

9.1 Objetivo general

Garantizar la fabricación del modelo NEW-AT 23452 al 100%, cumpliendo con la especificación deseada por el cliente en la medición de altura (9.3 mm), en la máquina de espesor, en la línea 23452, en el área de corte, en la empresa Unipres Mexicana. Mediante el diseño, fabricación e implementación de un dispositivo que realice la medición de la altura en el momento de la fabricación, aplicando conocimientos de Lean Manufacturing y estandarizando el proceso, lo que además ofrece una acción correctiva al reclamo del cliente, lo anterior desarrollado en el periodo agosto-diciembre 2023,

9.2 Objetivos específicos

- Reducir los reclamos por parte de los clientes logrando la fabricación de las piezas con la calidad esperada, para así, conseguir su satisfacción y que no se generen gastos innecesarios.
- Diseñar el dispositivo de una manera adecuada, garantizando que las piezas serán fabricadas con las especificaciones del cliente, en cuanto a la altura.
- Hacer las pruebas necesarias del dispositivo para que se evalúe su funcionamiento y realizar los ajustes (en caso de ser necesario), enfocándose en aumentar la confianza del cliente.
- Realizar la documentación necesaria, que aclare el funcionamiento del dispositivo, ya sea con una hoja de inspección de equipos o una HOE (si se considera necesario realizar ambas), la integración de estos documentos avalará que cualquier operador sabrá usar el dispositivo correctamente.
- Capacitar a los operarios que maniobran esta máquina, manteniendo un estricto control para maximizar la calidad de las piezas fabricadas.

CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO

10. Marco teórico.

A continuación, se describen de manera teórica todas las herramientas que se aplicaron durante el proyecto las cuales son: el sistema andón y el ciclo PDCA, así como también se explica la base que origino la creación de dichas herramientas.

10.2 Definición de calidad

El término calidad nace del latín Qualitas, lo cual significa que algo es de buena procedencia o que tiene una muy buena disposición (Perez, Concepto Definicion, 2023).

¿Qué es calidad en las empresas?

El término hace alusión a que un objeto o producto tiene la capacidad de satisfacer las necesidades básicas, explícitas o implícitas según los parámetros de las empresas y los consumidores, de manera que cumpla con los requisitos de la cualidad del objeto o producto. En las empresas y compañías existen herramientas de calidad o indicadores de calidad, en las cuales se establece si los productos son buenos para las personas o no. El concepto de este término suele ser muy subjetivo, esto quiere decir que puede cambiar de acuerdo a las percepciones que tenga cada persona, pues cada uno puede comparar las cosas según sus creencias o percepciones (Perez, Concepto Definicion, 2023).

10.3 Aspectos generales de la calidad

10.3.1 Evolución de la calidad

La historia y evolución del término de calidad puede dividirse en cinco etapas básicas (Iso Tools Excellence, s.f.):

1. Industrialización: En la Primera Guerra Mundial, las cadenas de producción adquieren mayor complejidad y simultáneamente surge el papel del inspector, que era la persona encargada de supervisar la efectividad de las acciones que los operarios realizaban. Es el primer gesto de control de calidad.
2. Control estadístico: la segunda etapa se sitúa entre 1930 y 1950. Las compañías ya no sólo dejan ver su interés por la inspección, sino también por los controles estadísticos. Estos procesos se vieron favorecidos por los avances tecnológicos de la época. Se pasó de la inspección a un control más global.
3. Primeros sistemas: entre 1950 y 1980, las compañías descubren que el control estadístico no es suficiente. Hace falta desglosar los procesos en etapas y, tras un período de observación, detectar los fallos que se originen en ellas. En estos años surgen los primeros sistemas de calidad y las compañías ya no dan prioridad a la cantidad productos obtenidos; ahora el énfasis está en la calidad.
4. Estrategias: a partir de los años 80 y hasta mediados de los 90, la calidad se asume como un proceso estratégico. Este es quizá uno de los cambios más significativos que ha tenido el concepto, pues a partir de este momento se introducen los procesos de mejora continua. La calidad, que ahora ya no es impulsada por inspectores sino por la dirección, se contempla como una ventaja competitiva. Además, toma como centro de acción las necesidades del cliente. Los Sistemas de Gestión se consolidan y la implicación del personal aumenta.

5. Calidad total: a partir de los años 90 y hasta la fecha, la distinción entre producto y servicio desaparece. No hay diferencias entre el artículo y las etapas que lo preceden; todo forma parte de un nuevo concepto que entra en escena: la Calidad Total, es decir, el proceso en su conjunto. Adicionalmente, la figura del cliente adquiere mayor protagonismo que en la etapa anterior y su relación con el artículo, que ahora llega incluso a etapas de posventa, se convierte en el principal indicador de calidad. Los sistemas se perfeccionan y se adaptan.

10.4 Calidad total

La calidad total es un tipo de gestión orientada a la búsqueda de calidad en los diferentes procesos de una organización, con el objetivo final de alcanzar la mayor satisfacción del cliente. La calidad total es una estrategia de mejora continua que alcanza a todas las áreas, personal y clientes de una empresa (Editorial, 2023).

En la década de 1960 el químico industrial y administrador de empresas japonés Kaoru Ishikawa fue quien creó este sistema de calidad empresarial y lo definió como: “Una filosofía de la organización, en la que todos sus integrantes estudian, practican, participan y fomentan la mejora continua” (Editorial, 2023).



Figura 2 Kaoru Ishikawa
(Tamaro, 2004)

En la actualidad la calidad total consiste en un conjunto de estrategias para la gestión de las organizaciones y se basa en principios. El objetivo es satisfacer de la manera más equilibrada y con el mayor nivel de calidad posible a todos los involucrados, como la empresa, sus empleados o los clientes (Editorial, 2023).

10.4.1 Características de la calidad total

Las principales características de la gestión de calidad total se destacan (Editorial, 2023):

1. Enfoque en el cliente: se refiere a que gran parte de los esfuerzos de la empresa se dedican a satisfacer las expectativas del cliente, tanto para la oferta de productos como de servicios.
2. Liderazgo alineado con los objetivos de la organización: se refiere a que los objetivos de la empresa deben estar alineados con la filosofía de la mejora continua.
3. Importancia de los empleados internos: se refiere a que el desarrollo y crecimiento de las personas dentro de la empresa es tan importante como darle lugar a su opinión.
4. Gestión basada en la mejora continua: Se refiere a que cada toma de decisiones y desempeño de la gestión debe accionar desde el cuestionamiento y autoanálisis previo, a fin de mantener la mejora continua.
5. Importancia de los empleados externos: Se refiere a que los clientes, los proveedores y demás personal externo a la empresa son de igual importancia como sus empleados internos. Fomentar la mejora continua en la relación con cada parte resulta primordial para alcanzar un nivel de calidad total.

10.4.2 Principios de la calidad total

Los principios fundamentales sobre los que se basa la gestión de calidad total son (Editorial, 2023):

- La calidad puede y debe ser cuantificada, controlada y mejorada.
- La mejora de la calidad debe ser continua.
- Toda empresa tiene clientes y es, a la vez, proveedor de otra empresa.
- Los procesos suelen ser los problemas, no los empleados en sí.
- Todos los empleados ejercen influencia en el alcance de la calidad por lo que su participación y opinión son necesarias.
- Los problemas deben evitarse, además de solucionarse.

- La gerencia debe planificar y administrar las estrategias de mejora de la calidad.
- La toma de decisiones debe realizarse en base a hechos.

10.5 Diagrama de Ishikawa.

10.5.1 Definición

El diagrama de Ishikawa, o diagrama de pescado, es una herramienta que identifica problemas de calidad y les da solución al representar de forma gráfica los factores que involucran la ejecución de un proceso. También es conocido como diagrama de causa-efecto o de las 6 M (Hubspot, 2023).

Este esquema también conocido como diagrama de causa-efecto se basa en la premisa de que todo problema tiene una causa; de algo que está mal en un proceso. Entonces hay que identificar de dónde surgen las acciones que están conformando ese problema (Hubspot, 2023).

10.5.2 Generalidades del diagrama de Ishikawa

Un ejemplo de la aplicación del diagrama causa y efecto es ante el problema de productos defectuosos. Se pueden analizar diversos motivos, como (Editorial, 2023):

- La maquinaria: El equipo puede estar dañado o con falta de mantenimiento.
- Los métodos: La falta de control de calidad o la necesidad de optimizar los tiempos de producción.
- La materia prima: La calidad es inferior o el material vino defectuoso.
- Identificadas las posibles causas, se puede corroborar qué fue lo que ocasionó el problema, en este caso, un producto defectuoso

En la imagen siguiente se aprecia la forma en que se vería un diagrama de Ishikawa (Rodríguez, 2023):

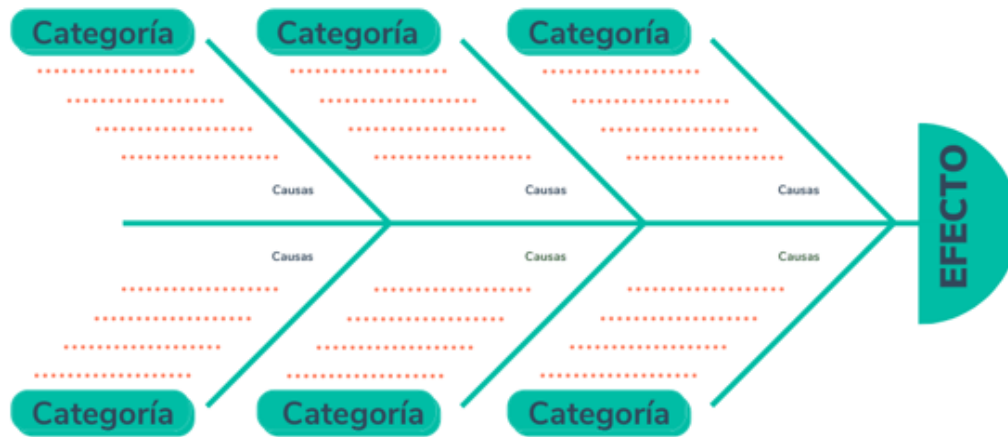


Figura 3 Diagrama de Ishikawa

10.5.2.1 Elementos del diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa recibe su nombre por su estructura como el esqueleto de un pescado. Esto no es casualidad: cada elemento representa una razón y conlleva a la resolución de los problemas expuestos. Los elementos del diagrama de pescado son (Rodríguez, 2023):

- Cabeza: emerge de la espina central y en esta parte se representan los problemas.
- Espinas: salientes de la espina central. Pueden existir muchas o pocas espinas, dependiendo de las posibles causas que estén provocando el problema en cuestión.
- Espinas menores: las espinas grandes también incluyen espinas más pequeñas, con las que se determinan las causas menores.

10.5.2.2 Utilidades del diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa es útil para conseguir diferentes objetivos como analizar, resolver o ser más rápidos y más eficientes en general. Su propósito es identificar las causas de los cuellos de botella que afectan a los procesos organizacionales y operativos de las empresas (Rodríguez, 2023).

Al hacer un análisis de los procesos, se vislumbra el problema en distintos niveles: desde pequeñas fallas de bajo impacto hasta graves obstáculos que pueden afectar severamente la operatividad, ya sea en un departamento, grupo o hasta en la empresa completa (Rodríguez, 2023).

El diagrama de Ishikawa también puede servir para (Rodríguez, 2023):

- Mejorar la toma de decisiones y, por supuesto, la mejora de procesos
- Contribuir a un mejor ambiente laboral
- Hacer apto un proceso de trabajo para obtener certificaciones
- Identificar áreas que requieran capacitar al personal
- Motivar a tus empleados
- Medir diversas áreas y su desempeño operativo
- Saber dónde invertir
- Aprovechar las áreas de oportunidad

10.5.2.3 Ventajas del diagrama de Ishikawa

Además de la resolución de problemas, la aplicación del diagrama de pescado ofrece otras ventajas, entre ellas (Rodríguez, 2023):

1. Mejora procesos: el diagrama de Ishikawa, al exponer claramente las causas de un problema específico, ayuda a determinar dónde existen errores o áreas de oportunidad. De esta manera es más fácil saber en dónde aplicar cambios en estrategias o tácticas.
2. Brinda Mayor Visibilidad a los problemas: una empresa contiene muchas áreas, departamentos y colaboradores, y es normal que con el tiempo puedan presentarse conflictos que afecten sus procesos o resultados.

Sin embargo, estas problemáticas no siempre son fáciles de visualizar. Con el apoyo de un diagrama de pescado se pueden determinar las causas y los problemas y jerarquizar los que requieren una atención inmediata.

3. Es de fácil aplicación: aplicar un diagrama de Ishikawa es muy fácil y barato, por eso es una de las técnicas de resolución de problemas preferidas de las empresas. Si bien existen algunas herramientas con las que puedes realizarlo, basta con el uso de una pluma y papel para representarlo (si se trata de una visualización rápida).
4. Previene conflictos futuros: cuando determinas de dónde provienen la mayoría de los problemas o conflictos de tu empresa es más fácil enfocarte en ellos y así evitar que puedan extenderse o repetirse.
5. Fomenta el trabajo en equipo: un diagrama de pescado se desarrolla mediante la aportación de ideas de diferentes personas. Esto significa que tus colaboradores tienen la oportunidad de reforzar las prácticas de colaboración y trabajo en equipo. Quizá una sola persona pueda realizar esta técnica, pero los resultados no serían los más objetivos, ya que se requiere la participación y opinión de diferentes empleados para identificar todas las fallas posibles dentro de un proceso con deficiencias.

10.5.2.4 Proceso para realizar un diagrama de Ishikawa

Escoge un problema: tus guías son los objetivos, metas e indicadores (KPI), ya que si no se logran tienes un verdadero problema. Piensa en cuál es la situación problemática a la que se enfrenta tu equipo (Rodríguez, 2023).

Piensa en términos de las 6M: en el esquema original, Kaoru Ishikawa hablaba de 6M o grandes bloques que todo negocio posee para su funcionamiento. Puedes usarlos, omitir algunos o hacer tus propias categorías (Rodríguez, 2023).

Los 6 bloques o grandes áreas donde se pueden alojar las causas de un problema son (Rodríguez, 2023):

1. Método: se refiere a las acciones que llevas a cabo para ejecutar un proceso.
2. Maquinaria: se trata del equipo técnico o tecnológico que se requiere para ese proceso.

3. Mano de obra: implica al personal involucrado en ese proceso.
4. Materiales: cualquier accesorio, instrumento o material que se ocupa para que el proceso se realice.
5. Medición: aquí se contempla el control para lograr el proceso.
6. Medio ambiente: hablamos más bien del contexto, espacio o lugar.

Dibuja el pescado: primero, haz una línea recta: esta es la columna vertebral del pescado; al extremo derecho, en lo que sería la cabeza, anota el problema (efecto). Posteriormente, dibuja unas líneas hacia arriba y otras hacia abajo (como vertientes) (Rodríguez, 2023).

Justo esas líneas representan las espinas o cada una de las categorías o bloques, es decir, las 6M. Luego en cada uno de esos bloques anota las causas que se suman a la columna y generan el problema (Rodríguez, 2023).

Analiza los resultados y da seguimiento: con lo anterior, tu esquema ya está listo para que realices la investigación. Organiza reuniones de equipo entre los colaboradores o todos los involucrados en el proceso para examinar qué los obstruye, qué falta o qué sobra mediante una lluvia de ideas (Rodríguez, 2023).

10.6 Metodología Gage R&R (GR&R)

10.6.1 Definición

Es una metodología utilizada para definir la cantidad de variación en los datos de medición debido al sistema de medición. Luego compara la variación de la medición con la variabilidad total observada, definiendo en consecuencia la capacidad del sistema de medición (Quality One, s.f.).

10.6.2 Factores del Gage R&R (GR&R)

La variación de la medición consta de dos factores importantes: repetibilidad y reproducibilidad (ASM, 2010):

Repetibilidad: Es la variación en las mediciones obtenidas usando un mismo sistema de medición; es decir, usando un mismo instrumento de medición varias veces por un mismo observador mientras mide la misma característica en la misma parte y en el mismo ambiente. Es la variación “consigo mismo” del sistema de medición y comúnmente es referida como Equipamiento Variation (E.V.).

Es una variación de causa común, algunas posibles causas para una pobre repetibilidad incluyen (ASM, 2010):

- Consigo mismo de la parte: forma, posición, acabado de la superficie, consistencia de la parte.
- Consigo mismo del instrumento: reparación, desgaste, falla de equipo o fixture, pobre calidad o mantenimiento.
- Consigo mismo del estándar: calidad, clase, desgaste. Consigo mismo del método: variación en el setup, técnica utilizada, ajuste a cero, sujeción.
- Consigo mismo del observador: técnica utilizada, posición, falta de experiencia, habilidades de manipulación o entrenamiento, sentimientos, fatiga.
- Consigo mismo del medio ambiente: fluctuaciones de temperatura, humedad, vibración, iluminación, limpieza, etc.
- Proceso no estable, operación incorrecta.
- Diseño del instrumento o método no robusto.
- Gage equivocado para la aplicación.
- Distorsión del gage o de la parte.
- Error de aplicación: tamaño de la parte, posición, habilidad del operador, fatiga, error de observación.

Reproducibilidad: Es la variación en el promedio de las mediciones hechas por diferentes observadores usando el mismo instrumento de medición cuando miden la misma característica de la misma parte y en el mismo medio ambiente. La variación por reproducibilidad de ver incrementada en sistemas de medición influenciados por la habilidad del observador. Es la variación “entre evaluadores” y comúnmente es referida como variación de evaluador (ASM, 2010).

Algunas posibles causas para un error de reproducibilidad incluyen (ASM, 2010):

- Entre las partes (muestras): Una diferencia promedio cuando se miden partes de los tipos A, B, C, usando el mismo instrumento, observadores y método.
- Entre los instrumentos: Una diferencia promedio cuando se usan los instrumentos A, B, C, etc. Para la misma parte, observador y medio ambiente.
- Entre los estándares: Influencia promedio de ajuste a diferentes estándares en el proceso de medición.
- Entre los métodos: Diferencia promedio causada por sistemas manuales contra automáticos, ajuste a cero, sujeción.
- Entre los observadores (operadores): diferencia promedio entre los operadores A, B, C causada por entrenamiento, técnica utilizada, habilidad y experiencia. Este es el estudio recomendado para la calificación de productos y procesos e instrumentos de medición manual.
- Entre los ambientes: Diferencia promedio en las mediciones a lo largo de los tiempos 1, 2 y 3 causados por ciclos ambientales. Este es el estudio más comúnmente utilizado para la calificación de productos y procesos altamente automatizados.
- Violaciones del supuesto de estudio.
- Diseño del instrumento o método no robusto.
- Efectividad del entrenamiento del operador.
- Error de aplicación: tamaño de la parte, posición, habilidad del operador, fatiga, error de observación.

10.6.3 Aplicación de la metodología Gage R&R (GR&R)

Dentro de cualquier sistema de calidad existe variación en los datos de medición. Dentro de todos los procesos de fabricación, existe variación. Todos los datos de medición tienen algún grado de variación o error. Un proceso SPC sólido requiere datos exactos y precisos para tener el mayor impacto en la calidad del producto (Quality One, s.f.).

La Repetibilidad y Reproducibilidad del Gage es un método probado para evaluar la capacidad de un sistema de medición. Un estudio de Gage R&R examina la repetibilidad del equipo y la reproducibilidad del tasador. Comprender Gage R&R nos permite predecir el porcentaje o probabilidad de error de medición y comprender la fuente de la variación (equipo o tasador) (Quality One, s.f.).

Al determinar dónde existe la variación en el sistema de medición, podemos tomar las medidas adecuadas y mejorar la calidad de nuestros datos. Mejores datos conducen a mejores decisiones, menos errores y mayor calidad (Quality One, s.f.).

10.6.4 Como realizar una repetitibilidad y reproducibilidad del medidor

Existen varias técnicas para completar un estudio Gage R & R. Los dos métodos más aceptados para calcular la repetibilidad y reproducibilidad del sistema de medición son los siguientes (Análisis de Sistemas de Medición, 2010):

1. El método de promedio y rango
2. El método ANOVA (análisis de varianza)

En este ejemplo, se utiliza una aplicación de software para realizar el método ANOVA. Ambos métodos proporcionan estimaciones para tres componentes del error de medición (Análisis de Sistemas de Medición, 2010):

1. Repetibilidad
2. Reproducibilidad
3. Variación de parte a parte

Los cálculos ANOVA son más complejos pero el método ANOVA también es capaz de distinguir relaciones entre los tasadores y la pieza. Muchos profesionales utilizan programas de software para realizar los cálculos necesarios y la mayoría de ellos incluyen ANOVA. Utilizando esta información, podemos identificar los principales contribuyentes a la variación en nuestro Análisis del sistema de medición (Análisis de Sistemas de Medición, 2010).

Recopilación de datos

Al realizar un estudio Gage R&R, es vital que los datos sean de naturaleza aleatoria. Es una práctica estándar que varios tasadores midan el mismo conjunto de piezas en orden aleatorio. Es una práctica común utilizar dos o tres tasadores y 5 o 10 partes (Quality One, s.f.).

Análisis de los resultados de Gage R & R

Los resultados de este estudio incluyen informes estadísticos de porcentaje de contribución, porcentaje de varianza del estudio y porcentaje de tolerancia. Cada una de estas estadísticas proporciona información valiosa; La forma de interpretar cada uno de ellos depende del propósito del estudio (Quality One, s.f.).

Los informes de porcentaje de contribución y porcentaje de estudio identifican el porcentaje de variación en su proceso atribuible a cada fuente en comparación con la variación total. Los datos reconocen el nivel de aceptabilidad de los sistemas de medición e identifican si la variación se debe en gran medida a la variación del operador, del calibre o de la pieza. Esta información es valiosa para mejorar su sistema. Los parámetros para juzgar el estado de sus sistemas de medición difieren entre los dos informes (Quality One, s.f.).

Los rangos de aceptación para el porcentaje total de Gage R&R son los siguientes (Quality One, s.f.):

- % Variación del estudio:
 - < 10% = Aceptable
 - 10-30% = Aceptable dependiendo del método de medición, aplicación, etc.
 - 30% = Inaceptable y requiere mejora
- % Contribución:
 - >1% = Aceptable
 - 1-9% = Aceptable dependiendo del método de medición, aplicación, etc.
 - >9% = Inaceptable y requiere mejora

Métodos de análisis gráfico

Los métodos de análisis gráfico pueden validar los hallazgos del estudio y brindar información adicional sobre los datos. El análisis gráfico es un método eficaz para visualizar los datos. Recuerde, los gráficos mostrados ilustran la efectividad del sistema de medición, no el proceso de fabricación (Quality One, s.f.).

Este estudio incluye los siguientes gráficos (Quality One, s.f.):

- Gráfico de dispersión: respuesta del operador: en el diagrama de dispersión, las mediciones individuales se trazan como parte del tasador.

El diagrama de dispersión puede brindar más información sobre la coherencia entre los diferentes evaluadores, resaltar las interacciones entre los evaluadores parciales y proporcionar evidencia de cualquier valor atípico.

- Pareto de componentes de variación: es una buena herramienta para ilustrar las fuentes y su porcentaje relativo de la variación total. El gráfico muestra claramente que la mayor parte de nuestra variación fue de parte a parte. Un buen sistema de medición debería tener el mayor porcentaje de varianza atribuida a la variación entre partes.
- Gráfico R por operador: valida el nivel de coherencia del operador. Si los operadores miden las piezas de manera consistente, los rangos serán pequeños en relación con los datos y los puntos de datos deben estar dentro de los límites de control. Como puede ver, los puntos de datos están dentro de los límites y el rango es muy pequeño, lo que indica que los operadores o tasadores midieron las piezas de manera consistente.
- Gráfico de barras X por operador: evalúa la variación entre piezas del factor de repetibilidad. Este gráfico indica que los patrones de los dos tasadores son similares. Esta información apoya la conclusión anterior de que el sistema de medición es efectivo.
- Respuesta por interacción: identifica si la interacción fue significativa o no. Esta parte para la interacción del operador no está disponible utilizando el método de promedio y rango. Las pautas para interpretar el gráfico de interacción son las siguientes:
 - Las líneas que parecen prácticamente idénticas indican que los operadores están midiendo piezas de manera similar.
 - Una línea que es constantemente más alta o más baja indica que el operador está midiendo las piezas constantemente más arriba o más abajo.

- Las líneas que se cruzan o no son paralelas indican que hay una interacción entre el operador y la pieza.
- Respuesta por parte: traza todas las mediciones del estudio ordenadas por número de identificación de pieza. Una línea conecta las medidas promedio de cada parte. En este estudio, las mediciones para cada parte muestran poca variación y los promedios de las mediciones difieren lo suficiente como para que la variación entre las partes sea evidente.
- Diagrama de caja: respuesta del operador: puede indicar si las mediciones y la variabilidad son consistentes entre los tasadores. Las medias del conjunto de datos de cada operador/tasador están indicadas por los círculos negros. Una línea horizontal conecta los medios del estudio.

10.7 Sistema Andón

10.7.1 Definición

Los orígenes de la palabra, Andón, proviene de la palabra para una linterna de papel que es un ornamento común en Japón. En el fondo, es un término que se refiere a una señal iluminada que notifica a otros de un problema dentro de los flujos de control de calidad o de producción (Herrera, 2020).

Andón significa “Señal” o bien “Linterna”. Es una ayuda visual que alarma y resalta dónde se requiere la acción. Piense, por poner un ejemplo, una luz intermitente en una planta de fabricación que señala que la línea ha sido detenida por uno de los operadores debido a alguna irregularidad (Herrera, 2020).

10.7.2 Generalidades del sistema Andón

Andón es un principio y es asimismo una herramienta habitual para aplicar el principio de Jidoka en la fabricación Lean – Jidoka asimismo se refiere como “autonomation”, que significa el resaltar un inconveniente, cuando este ocurre, para introducir de manera inmediata medidas para prevenir que pase otra vez (Herrera, 2020).

10.7.2.1 Beneficios del sistema andón

Como sistema de control visual aplicado en la fabricación ajustada, Andón puede aumentar los niveles de producción al tomarse el tiempo necesario para examinar los problemas y hacer el esfuerzo de solucionarlos antes de que se agraven. Al mantener sus principios en las operaciones diarias, los fabricantes pueden obtener estos importantes beneficios (SafetyCulture, 2023):

- Capacitar a los trabajadores de primera línea mediante un entorno de apertura y confianza.
- Acelere el trabajo en equipo democratizando la capacidad de tomar decisiones en la producción.
- Maximizar las materias primas y reducir la fabricación de artículos defectuosos.
- Estandarizar la calidad del producto antes de que siga avanzando en la línea.
- Mejorar la satisfacción del cliente y aumentar el valor para los usuarios finales.

10.7.2.1 Función del Sistema Andón

Antes, el personal de producción abandonaba su puesto para buscar soluciones, pero con Andón, la solución se lleva directamente al área de trabajo. Es un sistema que ha sido probado para agilizar los flujos de trabajo. En general, Andón funciona a través de una red interconectada de tres componentes principales: cable, luz y tablero (Culture, 2023).

A continuación se indica lo que significan los diferentes tipos de Andón y cómo funcionan (SafetyCulture, 2023):

➤ Cordón de Andón

El cordón, el cable o la cuerda de Andón suelen estar situados en la parte superior de los trabajadores de la cadena de montaje. Cuando se tira, significa que un operador de producción requiere apoyo porque se ha identificado un problema. En algunos entornos, el cordón se manifiesta como un botón o un interruptor. Sea cual sea el caso, su objetivo sigue siendo el mismo: alarmar a los demás de un problema que se ha detectado.

➤ Luz de Andón

El acto de tirar de la cuerda o pulsar el botón también activa la luz Andón de ese equipo o línea de producción específicos. El cambio de color ayuda a los socorristas a determinar rápidamente la zona que necesita su ayuda. Mientras que otros tipos pueden tener colores adicionales como el azul y el blanco, un sistema de luces simple muestra tres colores principales: verde, amarillo o ámbar y rojo.

- Verde significa que la producción es normal o funciona sin problemas, así que continúe con el trabajo como de costumbre.
- Amarillo o ámbar significa que se ha detectado un problema, por lo que hay que responder a la señal y ayudar al operario a solucionar el problema o realizar comprobaciones de calidad del producto.
- Rojo significa que la producción se ha detenido, por lo que hay que investigar con el jefe de equipo o remitir el problema a los responsables y solucionarlo antes de continuar con la producción.

➤ Junta de Andón

Cada uno con sus códigos de color apropiados, el estado de las líneas de producción se actualiza automáticamente en el tablero de Andón. Es una única fuente de verdad para las condiciones actuales de fabricación.

De un vistazo, los supervisores y los trabajadores de la fábrica pueden ver los objetivos de producción, las cifras reales y el tiempo total de inactividad, si lo hay, fomentando una cultura de transparencia y responsabilidad.

10.8 El ciclo PDCA: Planear, Hacer, Verificar y Actuar

10.8.1 Definición

El ciclo PDCA o Ciclo de Deming es una metodología de gestión que tiene como objetivo la mejora constante de los procesos. Este ciclo consta de cuatro pasos: planificar (plan), hacer (do), verificar (check) y actuar (act) (Sydle, 2023).

10.8.2 Generalidades del ciclo PDCA

¿Por qué se conoce como ciclo? un sistema lineal reconoce el último paso como terminado y esa no es la lógica del PDCA. Un ciclo de mejora continua, como propone este método, se basa en la repetición y en los sucesivos intentos de optimizar los procesos (Sydle, 2023).

El trabajo de PDCA es recursivo, es decir, a lo largo del proceso hay que planificar, ejecutar, medir los resultados, analizarlos, encontrar mejoras, ponerlas en práctica y, a continuación, iniciar un nuevo ciclo (Sydle, 2023).

¿Cómo surgió el PDCA? lo que conocemos hoy como el Ciclo PDCA comenzó a desarrollarse en la década de 1920. En ese momento, el ingeniero Walter Shewhart creó el Control Estadístico de Procesos (CEP), una herramienta de calidad diseñada para prevenir y detectar defectos (Sydle, 2023).

En la década de 1950, este tipo de control se volvió más popular. El profesor y matemático estadounidense William Deming, considerado un maestro en la gestión de la calidad, mejoró el CEP, por esta razón, el PDCA también se conoce como la Metodología Shewhart o la Metodología Deming, en honor a sus creadores (Sydle, 2023).

Inicialmente, la metodología PDCA se aplicaba en la gestión de la calidad, pero pronto se expandió. Hoy en día, se utiliza para la mejora continua de una serie de procesos organizacionales, promoviendo la mejora continua en empresas de todos los sectores (Sydle, 2023).

10.8.3 Etapas del ciclo PDCA

El ciclo PDCA incluye los siguientes pasos secuenciales, que deben realizarse sin saltarse ninguna fase (Sydle, 2023):

1. P plan (planificar):

Cuando se quiere optimizar un proceso o mejorar una entrega o un producto es planificar. Es necesario que los objetivos estratégicos de la empresa, así como las expectativas del cliente, estén alineados para cumplir los siguientes pasos:

- Inicialmente, es necesario hacer un diagnóstico para identificar los problemas existentes, definir las prioridades de lo que hay que mejorar o incluso detectar nuevas oportunidades.
- Una vez estipulado el objetivo, hay que desglosarlo en metas posibles y tangibles. Aquí es importante reunir datos e información para determinar el alcance del trabajo.

- Con el equipo reunido, es el momento de poner la planificación por escrito: crear un plan de acción con las actividades que hay que realizar para que se cumplan los objetivos, fijar plazos y un calendario de ejecución y designar a los responsables.
- También se deben definir indicadores clave de rendimiento (KPIs), que son las métricas que se analizarán en los siguientes pasos.

2. D do (hacer):

Ahora es el momento de poner en práctica la planificación. Para que el equipo ejecute lo descrito en el plan, es necesario contar con una formación específica.

Durante la ejecución, intenta también recoger datos para poder controlar el proceso y medir los resultados. Regístralos, independientemente de si son positivos o negativos.

3. C check (verificar):

Ahora analiza los resultados. Aquí es importante contar con parámetros objetivos y cuantitativos para poder verificar realmente la mejora del proceso y el nivel de calidad y compararlos con los ciclos anteriores.

Es en esta fase en la que podrás identificar problemas o fallas en el proceso, que podrán ajustarse posteriormente.

4. A act (actuar):

La letra "A" del acrónimo PDCA también puede significar adjust ("ajustar") y consiste en las acciones que deben implementarse para corregir las fallas detectadas en el paso anterior. En este momento es posible apuntar soluciones a los problemas y luego rehacer la planificación teniendo en cuenta los nuevos resultados.

En esta fase se dan dos situaciones:

- Si se consigue el resultado esperado, puede servir de referencia para otros procesos y sectores de la empresa u otras unidades, por ejemplo.
- Si el resultado no está a la altura de las expectativas, hay que analizarlo para encontrar nuevas soluciones.

CAPÍTULO 4: DESARROLLO

11. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.

A continuación, se adentrará al lector a los puntos principales de la metodología o desarrollo del proyecto, en los cuales se especificarán las posibles debilidades del proceso para después ver el área de mejora y su etapa de medición para el proyecto, con la finalidad de mejorar lo propuesto.

El desarrollo de la solución se basó usando la metodología PDCA, se describe brevemente que se hizo en cada una de las etapas:

→ Etapa 1 P (planear)

Se realizó un diagrama de Ishikawa para identificar la causa del problema y encontrar un área de mejora.

→ Etapa 2 D (hacer)

En esta etapa se diseñó la mejora propuesta al dispositivo y se implementó en el dispositivo.

→ Etapa 3 C (verificar)

Se realizó un estudio de Gage R&R (GR&R) para validar el funcionamiento de la mejora aplicada al dispositivo e identificar posibles errores en la mejora.

→ Etapa 4 A (actuar)

En esta etapa se estandarizó el proceso, realizando una hoja de inspección de calidad (HIC) para asegurar al 100% las especificaciones de la pieza. Se tomó acción mediante la impartición de capacitaciones para garantizar que el proceso se llevará a cabo correctamente.

11.1 Cronograma de actividades.

El cronograma para el desarrollo del proyecto se detalla de la siguiente manera:

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES AGOSTO- DICIEMBRE 2023

| | | ACTIVIDADES | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|----------------------------------|----------|--|----------|------------|---------|-----------|-----------|
| C I C L O | P | Planificación (realizar diagrama de Ishikawa ante la problemática). | X | | | | |
| | D | Hacer la implementación de la mejora colocando las sondas de medición. | | X | | | |
| | | Aplicación de sistema andón. | | X | | | |
| | C | verificación de el sistema de medición con estudio GR&R. | | | | X | |
| | | Hoja de inspección de calidad | | | | | |
| | A | Capacitación al personal sobre uso del equipo y la documentación | | | | | X |

11.2 Planear

A continuación se muestra el diagrama Ishikawa realizado en esta etapa como primer paso para la continuación del proyecto.

11.2.1 Análisis de las causas actuales por las cuales se puede genera el defecto.

Mediante la herramienta del diagrama de Ishikawa, se realiza una lluvia de ideas de las variables que pueden propiciar el defecto o se pueda generar el reclamo de cliente Mediante las 6 M, las cuales son:

- 1) Mano de obra.
- 2) Materiales.
- 3) Método.
- 4) Maquinaria.
- 5) Medición.
- 6) Medio ambiente.

Enseguida se muestra el diagrama aplicado a la problemática planteada, encontrando la causa principal (ver figura 4):

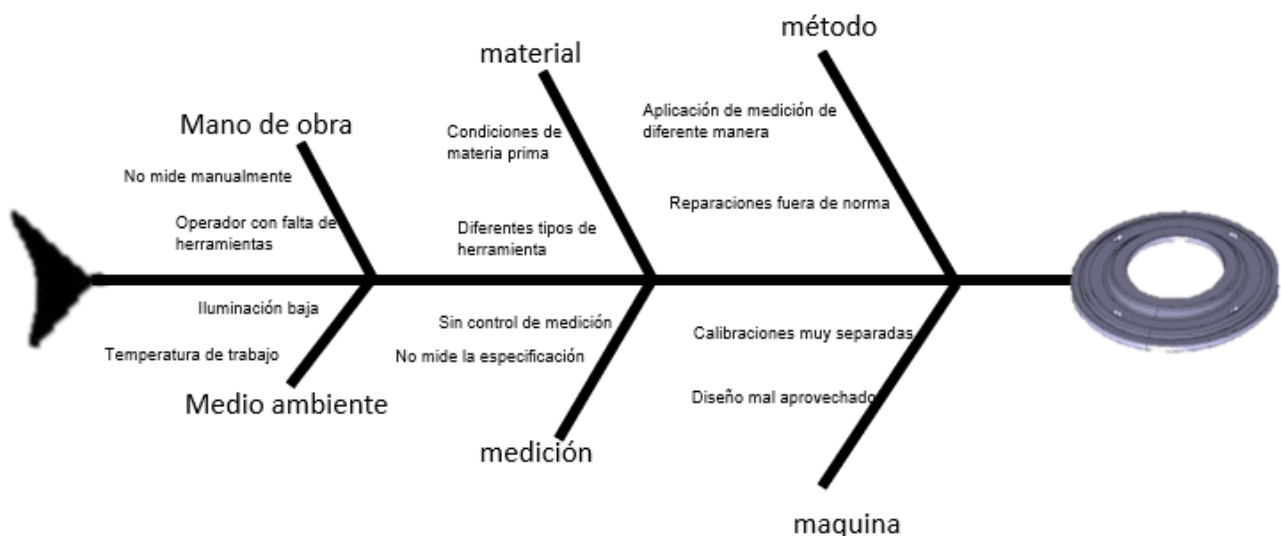


Figura 4. Diagrama de Ishikawa aplicado para obtener la causa del problema

Utilizando el diagrama de Ishikawa se logró identificar la problemática y se identificó el punto principal a mejorar y en el cual se debe trabajar. La máquina tiene espacio que debe ser aprovechado para implementar la mejora en el equipo, que será la de medir la altura, la cual no se tiene atrapado en ningún lado de todo el proceso de la línea.

11.3 Hacer

A continuación se desglosa la información necesaria para dar consecución al diseño mejorado en el equipo.

11.3.1 Antecedentes

Originalmente en la línea de corte del modelo NEW-AT 23452 se tiene el equipo de medición de espesor en el cual solo se tienen instaladas las 6 sondas que se enfocan en medir el espesor de la pieza.

Estas sondas de precisión su función principal es específicamente medir el espesor de la pieza en la parte central, en la figura 5 se señala la zona de medición:

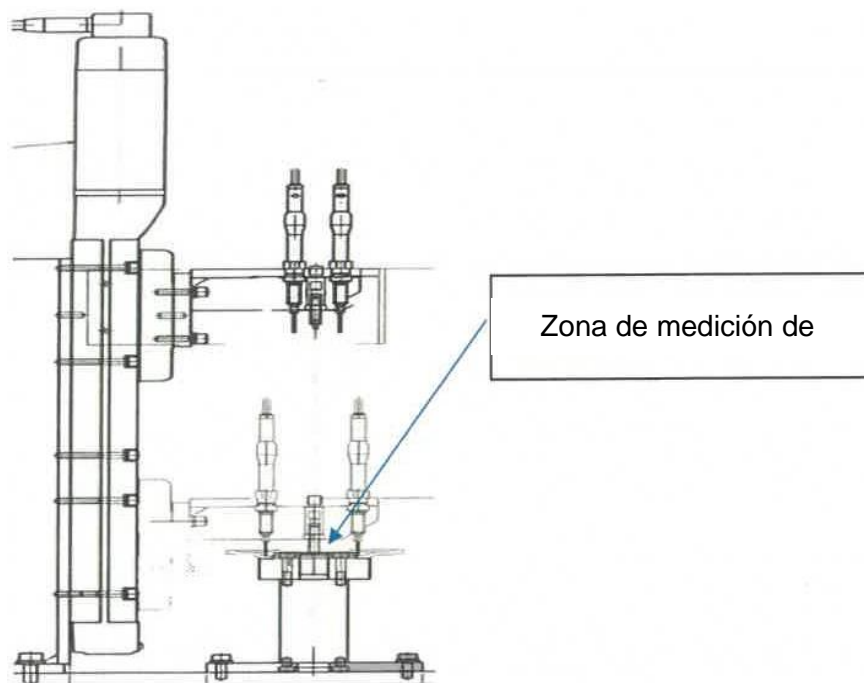


Figura 5 Zona de medición de espesor en el equipo.

En la siguiente figura apreciamos el equipo de la línea de corte del modelo NEW-AT 23452, de una manera verídica, podemos comprobar que tiene seis sondas de medición y la base amplia para instalar la mejora propuesta (ver figura 6):



Figura 6. Se aprecia el equipo de la lineado corte del modelo NEW-AT 23452.

La siguiente figura muestra en la pantalla las medidas que se obtienen del espesor de las piezas realizadas por las seis sondas, se marcan en color rojo las seis medidas (ver figura7):

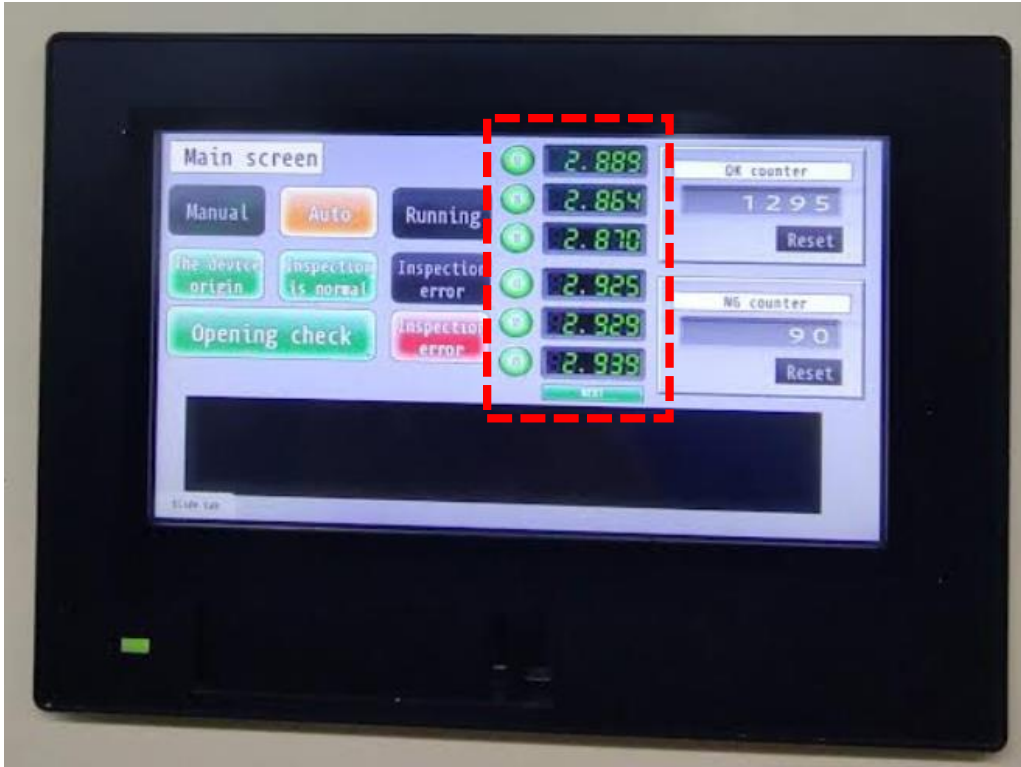


Figura 7. Pantalla de operación del equipo con las medidas de espesor realizadas.

11.3.2 Mejora propuesta

Se proponen dos mejoras, las cuales se enuncian enseguida:

1. Agregar al equipo de la línea de corte del modelo NEW-AT 23452, dos sondas de medición adicionales a las seis que originalmente tiene, las cuales se van a encargar de medir la especificación (altura) de las piezas en su contorno siendo este punto muy importante para evitar la reincidencia de otro reclamo de cliente por la altura fuera de especificación.

2. Se propone instalar un sistema andón, el cual será de manera auditiva para que el operador atienda la emergencia y aplique métodos correctivos para que las piezas erróneas no se les de paso siguiente y no lleguen al cliente.

11.4 Verificar

La mejora propuesta es agregar dos sondas de medición adicionales y en la siguiente figura se aprecia el equipo de la línea de corte del modelo NEW-AT 23452 con esas sondas agregadas, teniendo ahora un total de ocho, aprovechando el espacio en la base, para no generar costos adicionales al aplicar la mejora.

En la siguiente figura se aprecia el equipo de la línea de corte del modelo NEW-AT 23452, ya con la implementación de la mejora, se muestran las 8 sondas ya instaladas en el equipo (ver figura 8):



Figura 8. Se muestra el equipo con las dos sondas agregadas.

Ahora con las sondas instaladas en el equipo, cada sonda cuenta con un amplificador, el cual es el que procesa la medición y esta medición la recibe el sistema PLC el cual está programado para la diferenciación de cada una de las especificaciones como lo son espesor y altura.

En la siguiente imagen se aprecian los seis amplificadores pertenecientes a las seis sondas de medición de espesor (señalados en color amarillo) y se aprecia los dos amplificadores (señalados en color rojo) pertenecientes a las dos sondas que se agregaron al equipo que miden la altura, teniendo un total de ocho amplificadores correspondientes a cada sonda instalada en el equipo:

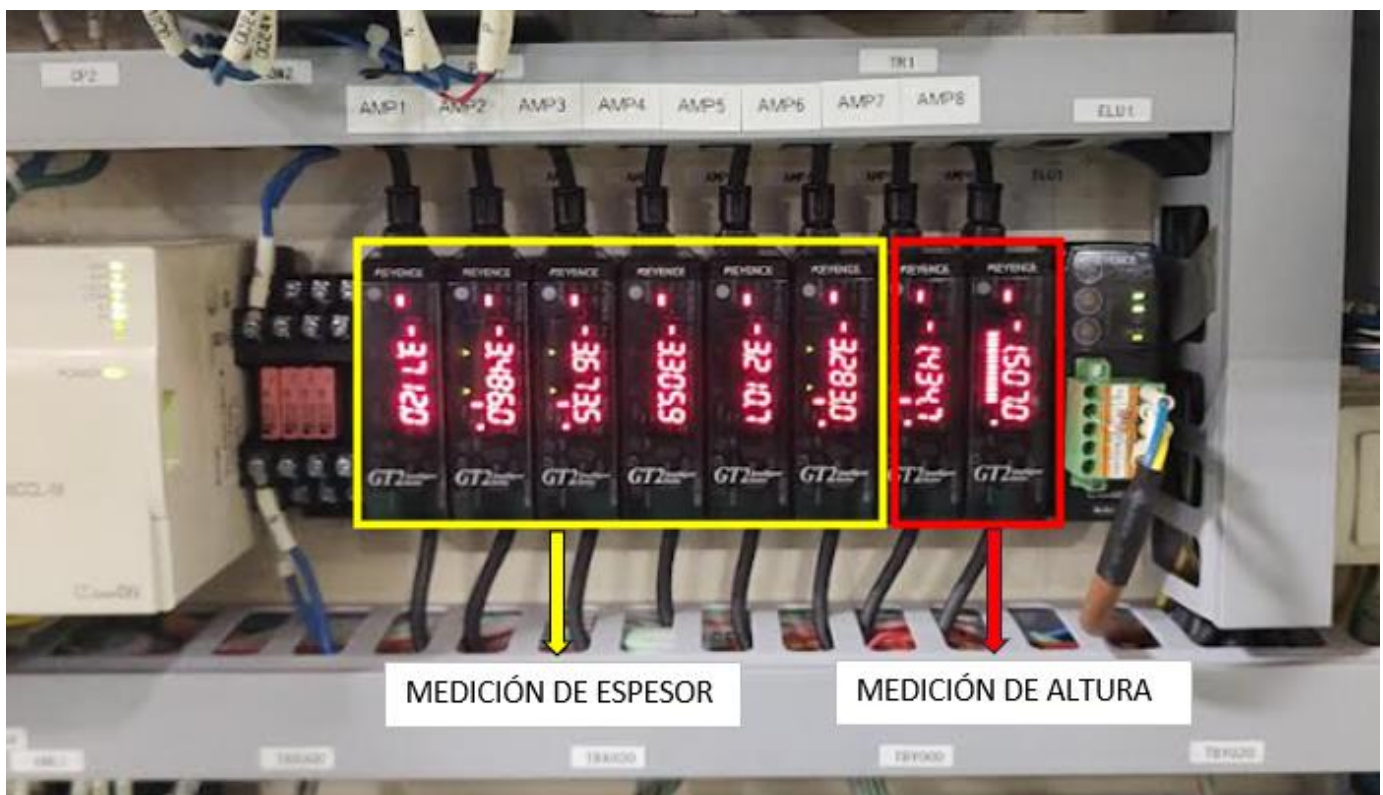


Figura 9. Se muestran los amplificadores instalados en gabinete eléctrico que procesan la medición.

Ahora con la implementación de las sondas agregadas para medir la altura se agregó también la visualización de datos reales que va a medir en la pieza, así como la ayuda visual para identificar las sondas de altura los cuales se pueden observar en la pantalla de operación (ver figura 11):



Figura 10. Visualización de datos reales y ayuda visual de las sondas agregadas.

11.4.1 Estudio Gage R&R (GR&R)

Se realizó un estudio de GR&R, el cual arrojará información que ayude a verificar si la mejora fue la correcta o en su caso realizar los ajustes pertinentes, para esto como primer paso, se les pidió a 3 operadores que son los encargados de la línea de corte del modelo NEW-AT 23452, a los cuales se les entregaron 10 piezas y de cada una de ellas los operadores van a medirla tres veces cada uno.

La información obtenida fue recopilada en una tabla (ver tabla 1):

| RECOPIACIÓN DE DATOS POR OPERADOR | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | | PIEZA #1 | PIEZA #2 | PIEZA #3 | PIEZA #4 | PIEZA #5 | PIEZA #6 | PIEZA #7 | PIEZA #8 | PIEZA #9 | PIEZA #10 |
| ULISES RIVAS | 1 | 9.355 | 9.360 | 9.355 | 9.355 | 9.356 | 9.357 | 9.357 | 9.354 | 9.352 | 9.356 |
| | 2 | 9.345 | 9.352 | 9.360 | 9.355 | 9.356 | 9.357 | 9.357 | 9.354 | 9.360 | 9.360 |
| | 3 | 9.355 | 9.353 | 9.344 | 9.355 | 9.360 | 9.357 | 9.357 | 9.354 | 9.352 | 9.356 |
| JUAN MEZA | 1 | 9.360 | 9.353 | 9.355 | 9.355 | 9.356 | 9.357 | 9.357 | 9.354 | 9.352 | 9.356 |
| | 2 | 9.356 | 9.353 | 9.355 | 9.360 | 9.356 | 9.357 | 9.357 | 9.354 | 9.352 | 9.356 |
| | 3 | 9.355 | 9.353 | 9.355 | 9.355 | 9.356 | 9.357 | 9.357 | 9.354 | 9.360 | 9.356 |
| JAIRO CORTEZ | 1 | 9.355 | 9.353 | 9.355 | 9.355 | 9.356 | 9.357 | 9.357 | 9.354 | 9.352 | 9.356 |
| | 2 | 9.356 | 9.353 | 9.355 | 9.355 | 9.356 | 9.357 | 9.357 | 9.354 | 9.352 | 9.356 |
| | 3 | 9.355 | 9.353 | 9.355 | 9.355 | 9.356 | 9.357 | 9.357 | 9.354 | 9.352 | 9.356 |

Tabla 1. Recopilación de datos de medición de piezas por cada operador

Una vez recopilada la información de las mediciones que realizaron cada uno de los operarios, se procede como segundo paso, realizar el estudio GR&R, dicha información se pasó a un archivo de Excel para ver los resultados obtenidos por cada operario evaluado y sacar los promedios por cada uno y por cada pieza.

Los promedios obtenidos de las mediciones aplicadas a las diez piezas se registraron, así como se detallan en la tabla 2 y se pudo verificar que no hay una variación importante en esas mediciones, por lo que muestra que con la mejora propuesta se cumple con las especificaciones en altura del cliente.

EVALUADOR: JORGE LUIS ORTEGA JARA

EVALUADO A: ULISES RIVAS EVALUADO B: JUAN MEZA EVALUADO C: JAIRO CORTEZ

NÚMERO DE PARTE: 23452 5MX A02DS NOMBRE DE APARATO DE MEDICIÓN: DIMENSIONADORA

NOMBRE DE LA PARTE: HUB, P2 SUN NÚMERO DE CONTROL DE APARATO DE MEDICIÓN: ZZM000054

| # | EVALUADO | # de veces de medición | Numero de partes de medición | | | | | | | | | | Promedio | |
|----|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------|--------|-----------------|-------------|--------------------------------|---------|------------------|--------|-------------|---------------|--------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| 1 | ULISES RIVAS | 1 | 9.355 | 9.360 | 9.355 | 9.355 | 9.356 | 9.357 | 9.357 | 9.354 | 9.352 | 9.356 | | 9.3557 |
| 2 | | 2 | 9.345 | 9.352 | 9.360 | 9.355 | 9.356 | 9.357 | 9.357 | 9.354 | 9.360 | 9.360 | | 9.3556 |
| 3 | | 3 | 9.355 | 9.353 | 9.344 | 9.355 | 9.360 | 9.357 | 9.357 | 9.354 | 9.352 | 9.356 | | 9.3543 |
| 4 | Promedio | | 9.352 | 9.355 | 9.353 | 9.355 | 9.357 | 9.357 | 9.357 | 9.354 | 9.355 | 9.357 | $\bar{x}_a =$ | 9.3552 |
| 5 | Rango | | 0.010 | 0.008 | 0.016 | 0.000 | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.004 | $\bar{R}_a =$ | 0.0050 |
| 6 | JUAN MEZA | 1 | 9.360 | 9.353 | 9.355 | 9.355 | 9.356 | 9.357 | 9.357 | 9.354 | 9.352 | 9.356 | | 9.3555 |
| 7 | | 2 | 9.356 | 9.353 | 9.355 | 9.360 | 9.356 | 9.357 | 9.357 | 9.354 | 9.352 | 9.356 | | 9.3556 |
| 8 | | 3 | 9.355 | 9.353 | 9.355 | 9.355 | 9.356 | 9.357 | 9.357 | 9.354 | 9.360 | 9.356 | | 9.3558 |
| 9 | Promedio | | 9.357 | 9.353 | 9.355 | 9.357 | 9.356 | 9.357 | 9.357 | 9.354 | 9.355 | 9.356 | $\bar{x}_b =$ | 9.3556 |
| 10 | Rango | | 0.005 | 0.000 | 0.000 | 0.005 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.000 | $\bar{R}_b =$ | 0.0018 |
| 11 | JAIRO CORTEZ | 1 | 9.355 | 9.353 | 9.355 | 9.355 | 9.356 | 9.357 | 9.357 | 9.354 | 9.352 | 9.356 | | 9.3550 |
| 12 | | 2 | 9.356 | 9.353 | 9.355 | 9.355 | 9.356 | 9.357 | 9.357 | 9.354 | 9.352 | 9.356 | | 9.3551 |
| 13 | | 3 | 9.355 | 9.353 | 9.355 | 9.355 | 9.356 | 9.357 | 9.357 | 9.354 | 9.352 | 9.356 | | 9.3550 |
| 14 | Promedio | | 9.355 | 9.353 | 9.355 | 9.355 | 9.356 | 9.357 | 9.357 | 9.354 | 9.352 | 9.356 | $\bar{x}_c =$ | 9.3550 |
| 15 | Rango | | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | $\bar{R}_c =$ | 0.0001 |
| 16 | Parte | | 9.355 | 9.354 | 9.354 | 9.356 | 9.356 | 9.357 | 9.357 | 9.354 | 9.354 | 9.356 | $\bar{x} =$ | 9.3553 |
| | Promedio (\bar{X}_p) | | | | | | | | | | | | $R_p =$ | 0.0033 |
| 17 | $(\bar{R}_a =$ | | 0.0050 | $+ \bar{R}_b =$ | 0.0018 | $+ \bar{R}_c =$ | 0.0001 | / Cantidad de observadores = 3 | | = \bar{R} | | $\bar{R} =$ | 0.0023 | |
| 18 | $[M_a \times X =$ | | 9.3556 | $- \text{Min} X =$ | 9.3550 | $] = X_{DIFF}$ | | 55 | | \bar{x}_{DIFF} | 0.0006 | | | |
| 19 | $[\bar{R} =$ | | 0.0023 | $] \times [D_4 =$ | | 2.58 | $] = LCS_k$ | | UCL_R | 0.0059 | | | | |

Tabla 2. Promedios de medición obtenidos

Después de capturar se hizo el gráfico de barras X por cada evaluado tomando como dato principal el promedio que arrojó según los datos de cada uno al realizar las mediciones, en esos gráficos se puede apreciar que tanta dispersión o que tanta variación dio cada uno de los evaluados.

En la siguiente figura se observa el comportamiento en la medición de cada una de las piezas, diferenciando cada pieza por colores diferentes, para que en el gráfico se identifiquen las piezas y las medidas obtenidas, los puntos registrados en el gráfico muestran que las medidas se encuentran dentro de la media permitida aunque si existe variación mínima.

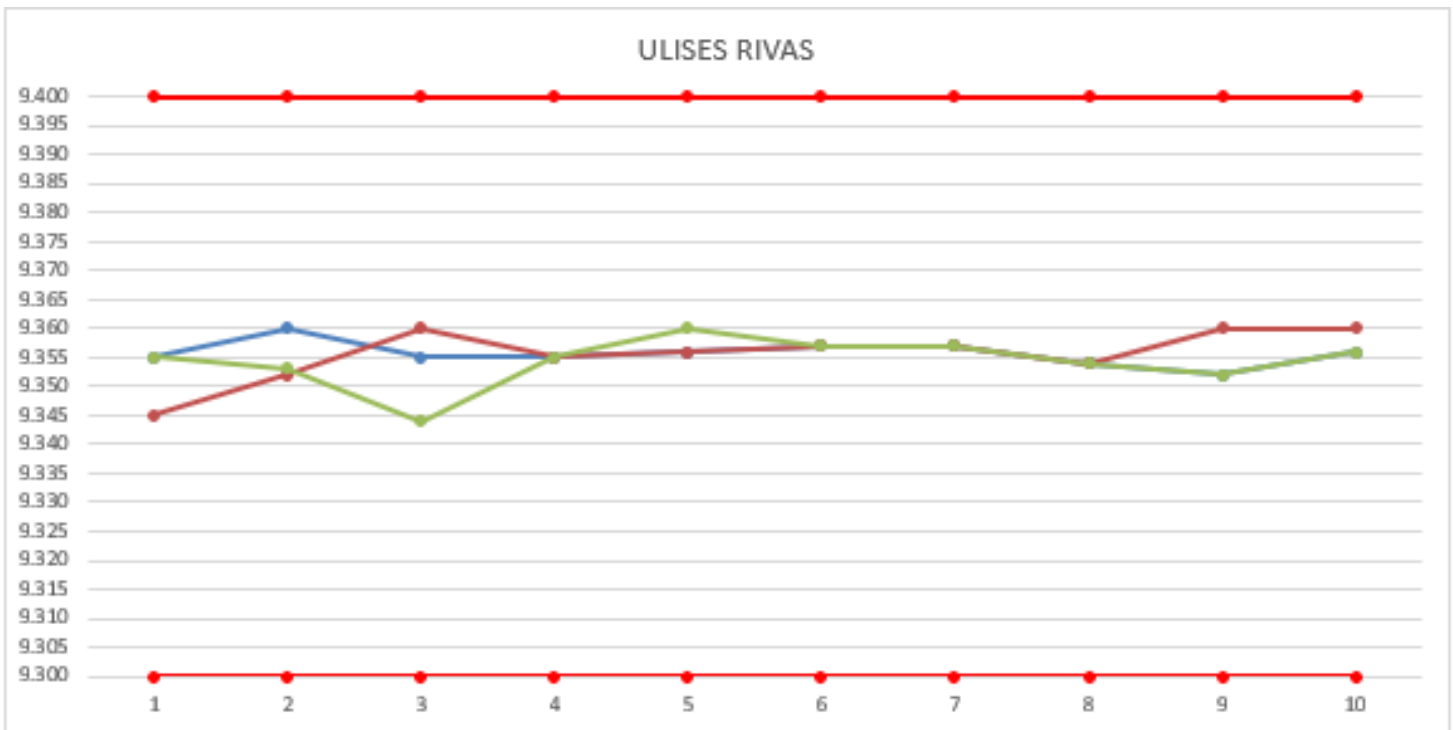


Figura 11. Gráfico de barras X de los resultados del operario Ulises Rivas.

Las mediciones realizadas por el segundo operario se mantienen más cerca de la media por lo que muestran una variación muy cerrada, así como se puede verificar en el siguiente gráfico (ver figura 12):

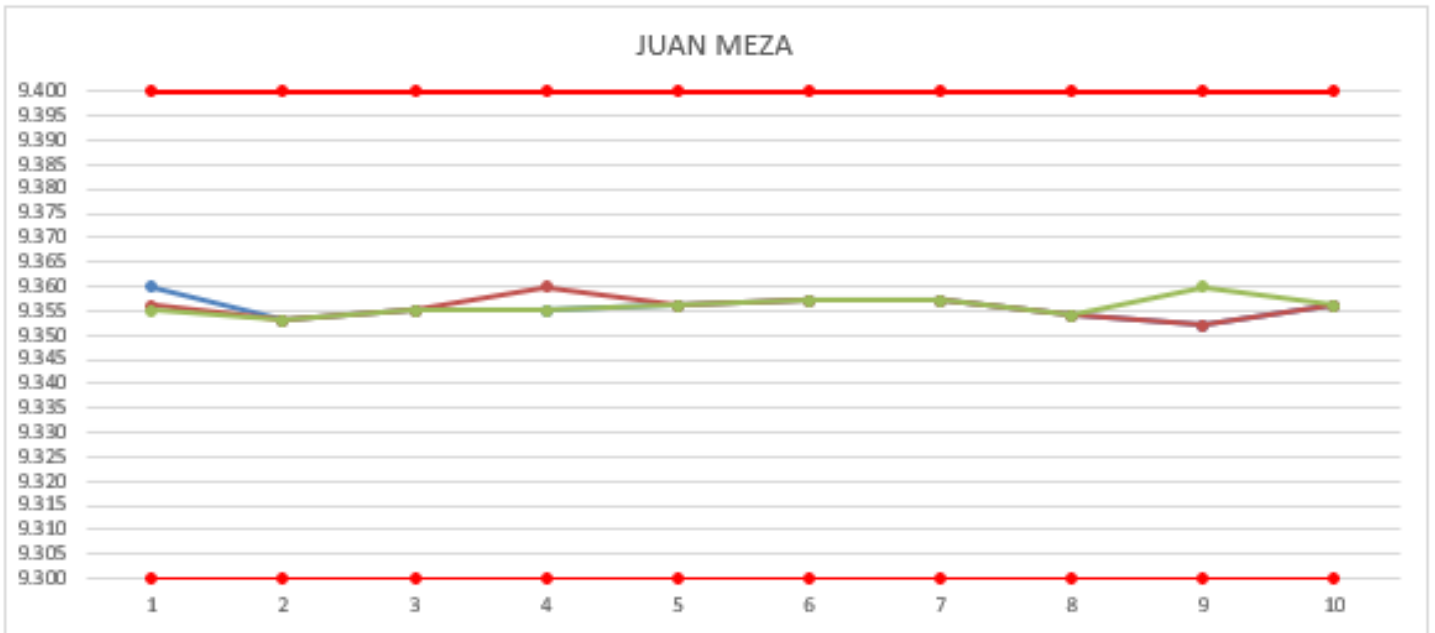


Figura 12. Gráfico de barras X de los resultados del operario Ulises Rivas.

Para el tercer operario se aprecia que las mediciones, se mantienen en un nivel óptimo, ya que no podemos ver una variación marcada, lo cual nos indica que se mantiene estable (ver figura 13):

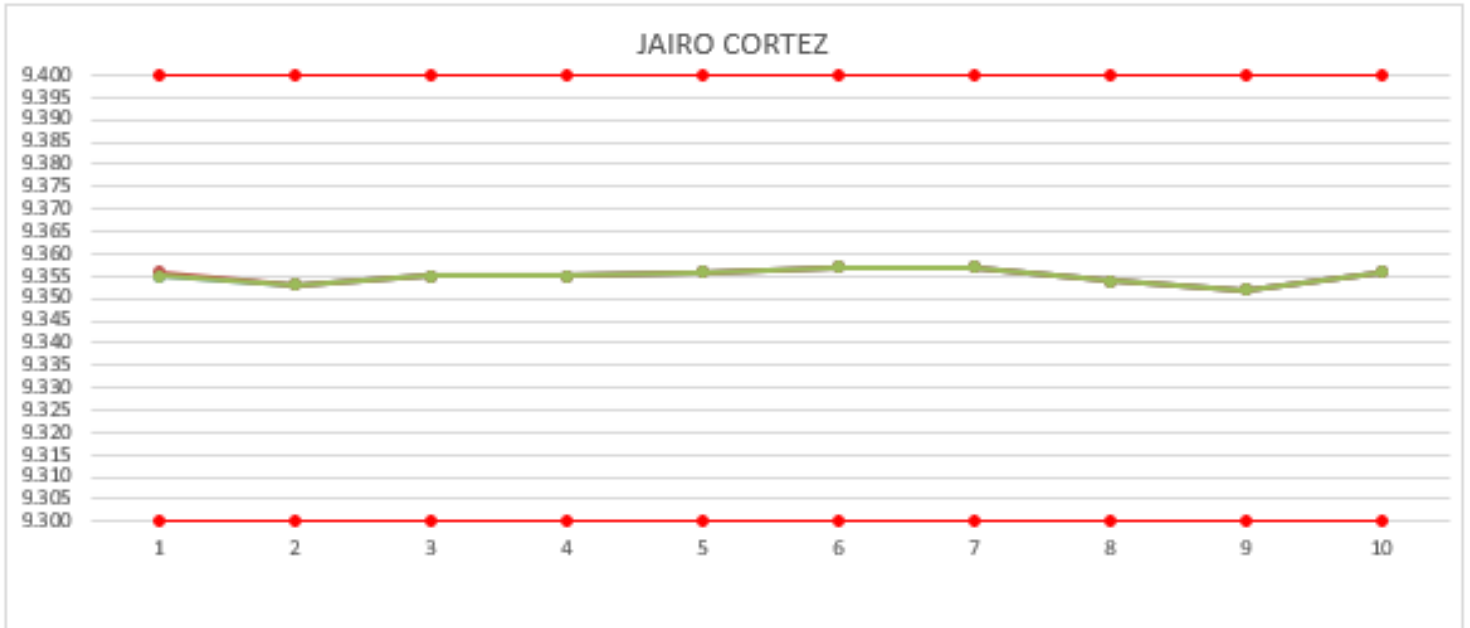


Figura 13. Gráfico de barras X de los resultados del operario Jairo Cortez.

Las gráficas anteriores muestran una estabilidad en las mediciones realizadas por el equipo ya que todas están dentro de la media permitida de la altura especificada, asegurando que la mejora está dando resultados positivos.

Con las mediciones registradas se procedió a realizar el cálculo del sistema GR&R el cual nos va a indicar si realmente el sistema de medición es aceptable o no es aceptable, cabe mencionar que para que sea aceptable el dato GR&R deberá ser $\leq 10\%$ tal y como lo indica la siguiente tabla:

| %GRR | Decisión |
|--------------------------|---|
| Abajo del 10 por ciento | Se considera como un sistema de medición aceptable. |
| Del 10 al 30 por ciento | Puede ser aceptable para algunas aplicaciones |
| Arriba del 30 por ciento | Se considera inaceptable |

Tabla 3. Criterios de aceptación de un estudio GR&R.

Los resultados del sistema GR&R con los datos recopilados de los evaluados, se ingresaron a la hoja de cálculo el cual esta formulado en base al sistema para poder determinar si el porcentaje nos da dentro de los rangos de la decisión para este proyecto, en el cual nos va mostrar los datos de la repetibilidad siendo un total de 8.15%, después también se obtuvo el dato de la reproducibilidad el cual nos dio como resultado 1.15% y por último el dato más esperado para determinar si el sistema de medición es aceptable fue el dato de GR&R el cual nos dio un total de 8.23% lo que nos da a conocer que el sistema de sondas de medición de altura (la mejora propuesta) es confiable porque está dentro del 10% permitido para que el sistema sea aceptable, los datos enunciados en este párrafo se aprecian en la figura siguiente:

| Evaluación de sistema de medición (Measurement Unit Analysis) | % de variación total (TV) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------------|---|----------------|--------|--------|--|--------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|----|--------|--|
| <p>Repetibilidad: Variación del equipo (EV)</p> $EV = \frac{\bar{R}}{R} \times K_1$ $= \frac{0.0023}{1} \times 0.5908$ $= 0.00136$ <table border="1"> <thead> <tr> <th>Número de veces de medición</th> <th>K₁</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>0.8862</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.5908</td> </tr> </tbody> </table> | Número de veces de medición | K ₁ | 2 | 0.8862 | 3 | 0.5908 | $\%EV = 100 \left[\frac{EV}{\%Tolerancia} \right]$ $= 100 \left[\frac{0.00136}{0.016666667} \right]$ $= 8.15 \%$ | | | | | | | | | | | | | | |
| Número de veces de medición | K ₁ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 0.8862 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 0.5908 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Reproducibilidad: Variación de método de medición - Variación por evaluador (AV)</p> $AV = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^r (D_{ij} - \bar{D}_i)^2}{n \times r}} \times K_2$ $= \sqrt{\frac{0.0006}{10 \times 3}} \times 0.5231$ $= 0.00019$ <p>n= Cantidad de partes a medir r= Número de veces de medición</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Cantidad de observador</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>K₂</td> <td>0.7071</td> <td>0.5231</td> </tr> </tbody> </table> | Cantidad de observador | 2 | 3 | K ₂ | 0.7071 | 0.5231 | $\%AV = 100 \left[\frac{AV}{\%Tolerancia} \right]$ $= 100 \left[\frac{0.00019}{0.016666667} \right]$ $= 1.15 \%$ | | | | | | | | | | | | | | |
| Cantidad de observador | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| K ₂ | 0.7071 | 0.5231 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Repetibilidad y Reproducibilidad: (GRR)</p> $GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2}$ $= \sqrt{0.0000018464 + 0.0000000370}$ $= 0.00137$ <table border="1"> <thead> <tr> <th>Cantidad de partes</th> <th>K₃</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>0.7071</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.5231</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0.4467</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0.4030</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>0.3742</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>0.3534</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>0.3375</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>0.3249</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>0.3146</td> </tr> </tbody> </table> | Cantidad de partes | K ₃ | 2 | 0.7071 | 3 | 0.5231 | 4 | 0.4467 | 5 | 0.4030 | 6 | 0.3742 | 7 | 0.3534 | 8 | 0.3375 | 9 | 0.3249 | 10 | 0.3146 | $\%GRR = 100 \left[\frac{GRR}{\%Tolerancia} \right]$ $= 100 \left[\frac{0.00137}{0.016666667} \right]$ $= 8.23 \%$ |
| Cantidad de partes | K ₃ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 0.7071 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 0.5231 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 0.4467 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 0.4030 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 0.3742 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 0.3534 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 0.3375 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 0.3249 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 0.3146 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Variación de partes: (PV)</p> $PV = R_p \times K_3$ $= 0.00105$ | $\%PV = 100 \left[\frac{PV}{\%Tolerancia} \right]$ $= 100 \left[\frac{0.00105}{0.016666667} \right]$ $= 6.29 \%$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Variación total: (TV)</p> $TV = \sqrt{GRR^2 + PV^2}$ $= 0.00173$ | $ndc = \frac{PV}{GRR}$ $= \frac{0.001049}{0.001372372}$ $= 1.077$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Para los detalles de la teoría y el uso de la presente hoja, consulte el manual para Análisis del Sistema de Medición (MSA) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 14. Resultados de repetibilidad, reproducibilidad y GR&R.

11.4.2 Sistema Andón

En la segunda propuesta de mejora para solucionar la problemática es la aplicación de un sistema andón para la identificación de problemas en los equipos o fallas, por medio de una alarma que se active cuando el equipo detecte una medición de altura fuera de norma, cuando eso llegue a suceder el equipo deberá activar una alarma auditiva y mostrar el mensaje en pantalla, la alarma será escuchada por el operador de la línea y cuando se acerque verá el mensaje en la pantalla para que se atienda y se tomen acciones correctivas.

En la figura 15 se muestra el buzzer que se aplicó al equipo para activarse cuando las piezas no cumplan con lo establecido:



Figura 15. Buzzer (se señala en círculo rojo) se activa cuando se presenta una avería en el equipo.

El sistema andón muestra en la pantalla del equipo que la pieza fue rechazada como NG (No Good) por el criterio de altura fuera de norma y mientras se mantiene activa la alarma auditiva, lo mencionado se puede apreciar en la figura 16:



Figura 16. Ayuda visual en pantalla y señal auditiva activas al mismo tiempo (se señalan con un círculo en color rojo y un rectángulo en color rojo).

Este sistema andón hace que el operador de línea rápido reestablezca el equipo y a su vez realice la gestión con la pieza rechazada como NG (No Good), con lo cual se evitará que la pieza con defecto llegue al cliente y se evite un futuro reclamo.

11.5 Actuar

Como última etapa del ciclo PDCA se tiene la de actuar, en la cual se realizó una estandarización del proceso mejorado, realizando la instrumentación necesaria e implementándola, así como también se realizaron capacitaciones a los operadores y líderes de la línea de corte del modelo NEW-AT 23452, esto para asegurar que todos conocen el proceso y las medidas para evitar y corregir errores.

En las capacitaciones los temas a tratar fueron:

- Calibración del equipo.
- Funcionamiento del equipo.
- Gestión de anomalía
- Documentación (hoja de inspección de calidad HIC)

Las siguientes figuras muestran la capacitación impartida a los operadores de la línea y a los líderes (ver figura 17).

En esta primera figura muestra la capacitación sobre la calibración del equipo que consiste en cómo realizarla, con los siguientes pasos:

1. Colocar master chico de espesor
2. Colocar master chico de altura
3. Dar ciclo al equipo para que realice el “cero”
4. Retirar master chico de espesor y master chico de altura
5. Colocar master grande de espesor
6. Colocar master grande de altura



Figura 17. Capacitación sobre calibración del equipo.

La siguiente figura corresponde a la capacitación del funcionamiento del equipo con la implementación de la mejora (ver figura 18).

El cual corresponde de la siguiente manera:

1. Colocar pieza en jig
2. Dar ciclo al equipo para que realice la medición en espesor y altura



Figura 18. Capacitación sobre funcionamiento del equipo.

La siguiente figura muestra la capacitación del procedimiento sobre la gestión de anomalía, que consiste de la siguiente manera (ver figura 19):

1. Poner equipo en modo manual
2. Tomar pieza expulsada y marcarla según su defecto
3. Presionar botón “reset” para silenciar buzzer y borrar leyenda de la anomalía
4. Volver a poner el equipo en modo automático



Figura 19. Capacitación sobre la gestión de anomalía.

La siguiente figura muestra la hoja de inspección de calidad (HIC), usada para la inspección de la pieza, lo cual se realiza al final del proceso, en ella podemos verificar el número de parte, fecha, turno, frecuencia, estatus, nombre, modelo, proceso, maquina, palpador, jig, programa, revisión, nombre de inspector, nombre de líder y nombre de supervisor, todo correspondiente a la pieza, así como se desglosan sus especificaciones a cumplir (ver figura 19):

Nueva Inspección - 23452 5MX A002DS

Número: 263547 Fecha: 16/11/2023 Turno: Turno A Frecuencia: Prim: primera pieza Estatus: Pendiente

Número de parte: 23452 5MX A002DS Nombre: HUB, P2 SUN Modelo: NEW AT

Proceso: CORTE 2 Máquina: TORNO NC

Palpador: N/A # Jig: N/A Programa: N/A

Revisión: 03

Inspector: Hector Castorena Ruiz

Lider: Supervisor:

Ayuda visual

Detalle de mediciones Observaciones

+ Agregar Modificar Borrar Exportar

| Seq. | Nombre | Resultado chequeo | Resultado núm. | Determ | Valor mín. | Valor máx. | Límite de control |
|------|--------------------|-------------------------------------|----------------|--------|------------|------------|--------------------------|
| 1 | Apariencia Externa | <input checked="" type="checkbox"/> | | | - | - | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Chaflán | <input type="checkbox"/> | | | +0.1000 | +0.6000 | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Paralelismo | <input type="checkbox"/> | | | - | +0.0300 | <input type="checkbox"/> |
| 4 | Diámetro de corte | <input type="checkbox"/> | | | - | +94.1000 | <input type="checkbox"/> |
| 5 | Espesor | <input type="checkbox"/> | | | +3.4300 | +3.9600 | <input type="checkbox"/> |
| 8 | Carga Magnética | <input type="checkbox"/> | | | - | +0.5000 | <input type="checkbox"/> |
| 9 | Rugosidad | <input type="checkbox"/> | | | - | +12.5000 | <input type="checkbox"/> |
| 10 | Altura (acabado) | <input type="checkbox"/> | | | +9.3000 | +9.4000 | <input type="checkbox"/> |

Figura 19. Hoja de Inspección de calidad.

CAPÍTULO 5: RESULTADOS

12. Resultados.

La empresa Unipres Mexicana dedicada a la fabricación de piezas ensambladas para carrocerías, tuvo un reclamo de cliente, por pieza fuera de altura especificada, es entonces que se analiza la situación y se abre la pauta para solucionar la problemática, ya que la empresa tiene como objetivo principal satisfacer a sus clientes.

En la línea de corte del modelo New-AT 23452, que es donde se encontró la causa de la problemática, se cuenta con un equipo de medición de espesor, como se mencionó este equipo solo realiza medición en espesor de pieza, más no mide la altura de pieza, desenfocándose de esta especificación que es de 9.3mm, por ello se propuso aplicar una mejora que lograra verificar la altura de las piezas fabricadas utilizando la metodología PDCA (planear, hacer, verificar y actuar).

El objetivo planteado para el proyecto sí se cumplió al 100% con la implementación de dos sondas que midieron la altura y la verificaron que estuviera dentro de la especificación, mediante las siguientes acciones descritas a continuación:

1. El diseño de la mejora al modelo NEW-AT 23452 en la línea de corte.
2. La implementación la mejora.
3. La comprobación del funcionamiento de la mejora realizando un estudio GR&R.
4. La instalación un sistema andón en el modelo NEW-AT 23452.
5. El desarrollo de la documentación que valida la estandarización.
6. La capacitación de personal.

En esta figura se aprecia el dispositivo con la mejora aplicada, se identifican las ocho sondas (seis que corresponden a la medición de espesor y dos que corresponden a la medición de altura) las sondas, son las que tienen un foco que emiten una luz en color rojo y color verde (ver figura 20):



Figura 20. Equipo NEW-AT 23452 después de implementar la mejora.

Se aprecia en la figura siguiente la hoja de inspección de calidad mostrando los resultados obtenidos luego de la implementación del dispositivo, en la cual se agrega el ítem de medición de altura (se señala dentro de un rectángulo en color azul). Con esta información se verifica la altura que tiene la pieza, para comprobar si está dentro del 9.3mm especificado y de acuerdo a lo registrado liberar la pieza al cliente (ver figura 21):

Nueva inspección - 23452 5MX A002DS

Número: 263547 Fecha: 16/11/2023 Turno: Turno A Frecuencia: Prim: primera pieza Estatus: Pendiente

Número de parte: 23452 5MX A002DS Nombre: HUB, P2 SUN Modelo: NEW AT

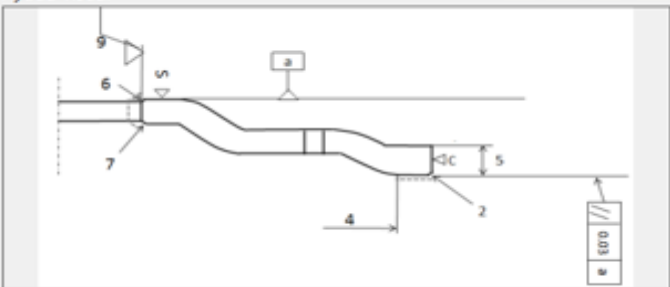
Proceso: CORTE 2 Máquina: TORNO NC

Palpador: N/A # Jig: N/A Programa: N/A

Revisión: 03

Inspector: Hector Castorena Ruiz

Lider: Supervisor:

Ayuda visual: 

Detalle de mediciones Observaciones

+ Agregar Modificar Borrar Exportar

| Seq. | Nombre | Resultado chequeo | Resultado núm. | Determ | Valor mín. | Valor máx. | Límite de control |
|------|--------------------|-------------------------------------|----------------|--------|------------|------------|--------------------------|
| 1 | Apariencia Externa | <input checked="" type="checkbox"/> | 0.0000 | OK | - | - | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Chafilán | <input type="checkbox"/> | 0.3524 | OK | +0.1000 | +0.6000 | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Paralelismo | <input type="checkbox"/> | 0.0051 | OK | - | +0.0300 | <input type="checkbox"/> |
| 4 | Diámetro de corte | <input type="checkbox"/> | 90.2145 | OK | - | +94.1000 | <input type="checkbox"/> |
| 5 | Espesor | <input type="checkbox"/> | 3.6120 | OK | +3.4300 | +3.9600 | <input type="checkbox"/> |
| 8 | Carga Magnética | <input type="checkbox"/> | 0.0300 | OK | - | +0.5000 | <input type="checkbox"/> |
| 9 | Rugosidad | <input type="checkbox"/> | 1.2035 | OK | - | +12.5000 | <input type="checkbox"/> |
| 10 | Altura (acabado) | <input type="checkbox"/> | 9.3450 | OK | +9.3000 | +9.4000 | <input type="checkbox"/> |

Figura 21. Hoja de liberación de calidad.

La siguiente figura muestra los códigos que se deben aplicar en el registro de caja roja (que es el historial de entrada/salida de piezas), enfocándose en el número 27 con el código CO9 y número 28 con el código CO10, que corresponde a la medición de la altura, siendo el CO9 para la mayor y CO10 para el menor, estos códigos se marcan con un rectángulo en color rojo (ver figura 22):

| N° | CODIGO | DEFECTO |
|----|--------|---|
| 1 | TA 1 | Oxido |
| 2 | TA 2 | Marcas por golpe |
| 3 | TA 3 | Rebaba |
| 4 | TA 5 | Piezas caidas |
| 5 | TA 6 | Oscilacion |
| 6 | TA 7 | Espesor (+) |
| 7 | TA 8 | Espesor (-) |
| 8 | DR 1 | Concentricidad de material |
| 9 | DR 2 | Diferencia de diametro mayor (Tigh mayor) |
| 10 | DR 3 | Piezas por ajuste |
| 11 | DR 4 | Diferencia de diametro menor (Tigh menor) |
| 12 | DR 5 | Diámetro externo fuera de norma (+) |
| 13 | DR 6 | Diámetro externo fuera de norma (-) |
| 14 | DR 7 | Diámetro interno fuera de norma (+) |
| 15 | DR 8 | Diámetro interno fuera de norma (-) |
| 16 | DR 10 | Desgarro |
| 17 | DR 11 | Desnivel |
| 18 | DR 12 | Presion de carga |
| 19 | CO 1 | Doble proceso |
| 20 | CO 2 | Piezas a medio proceso |
| 21 | CO 3 | Falta de proceso |
| 22 | CO 4 | Rugosidad |
| 23 | CO 5 | Ancho de ranura (+) |
| 24 | CO 6 | Ancho de ranura (-) |
| 25 | CO 7 | Diámetro de ranura (+) |
| 26 | CO 8 | Diámetro de ranura (-) |
| 27 | CO 9 | Altura (+) |
| 28 | CO 10 | Altura (-) |
| 29 | CO 11 | Paralelismo |

Figura 22. Códigos establecidos para el registro de defectos en el formato de caja roja.

Con el formato de registro de caja roja (que es el historial de entrada/salida de piezas), se comprobó que las piezas fabricadas durante el mes de noviembre, no están fuera de la especificación de 9.3mm en altura y se mantiene entonces con buenos resultados la mejora implementada (ver figura 23):

The image shows a 'Registro de Caja Roja' (Red Box Inventory Record) form from UNIPRES. The form is titled 'Registro de Caja Roja' and 'Historial de Entrada/Salida de piezas'. It includes fields for 'Número de pieza' (2345264XAC0205), 'Año' (2023), and 'Mes' (NOVIEMBRE). The main table has columns for 'Día' (1-30) and rows for 'Turno 1' and 'Turno 2'. A green arrow points to the 'Entradas' section. The table contains handwritten data for various parts like 'DA 105', 'DA 104', 'C1', 'T05', 'D00', 'D01', 'D02', 'D03', 'D04', 'D05', 'D06', 'D07', 'D08', 'D09', 'D10', 'D11', 'D12', 'D13', 'D14', 'D15', 'D16', 'D17', 'D18', 'D19', 'D20', 'D21', 'D22', 'D23', 'D24', 'D25', 'D26', 'D27', 'D28', 'D29', 'D30'. There are also sections for 'Entradas', 'Salidas', 'Entradas de Repuesto', and 'Entradas de Mantenimiento'.

Figura 23. Formato de registro de caja roja.

Podemos comprobar con las siguientes graficas el cumplimiento al 100% del objetivo general.

En la siguiente figura se aprecia la gráfica del requerimiento de piezas por el cliente (en color amarillo), de la producción real (en color verde) y del reclamo que se tuvo en el mes de junio que fue de uno (en color marrón), antes de la implementación de la mejora, también se agrega la tabla con los datos registrados para la realización de la gráfica (ver tabla 4 y figura 24):

| | Junio |
|-------------------------------------|-------|
| Requerimiento de piezas por cliente | 38000 |
| Producción real | 34000 |
| Reclamos por cliente | 1 |

Tabla 4 Datos del mes de junio

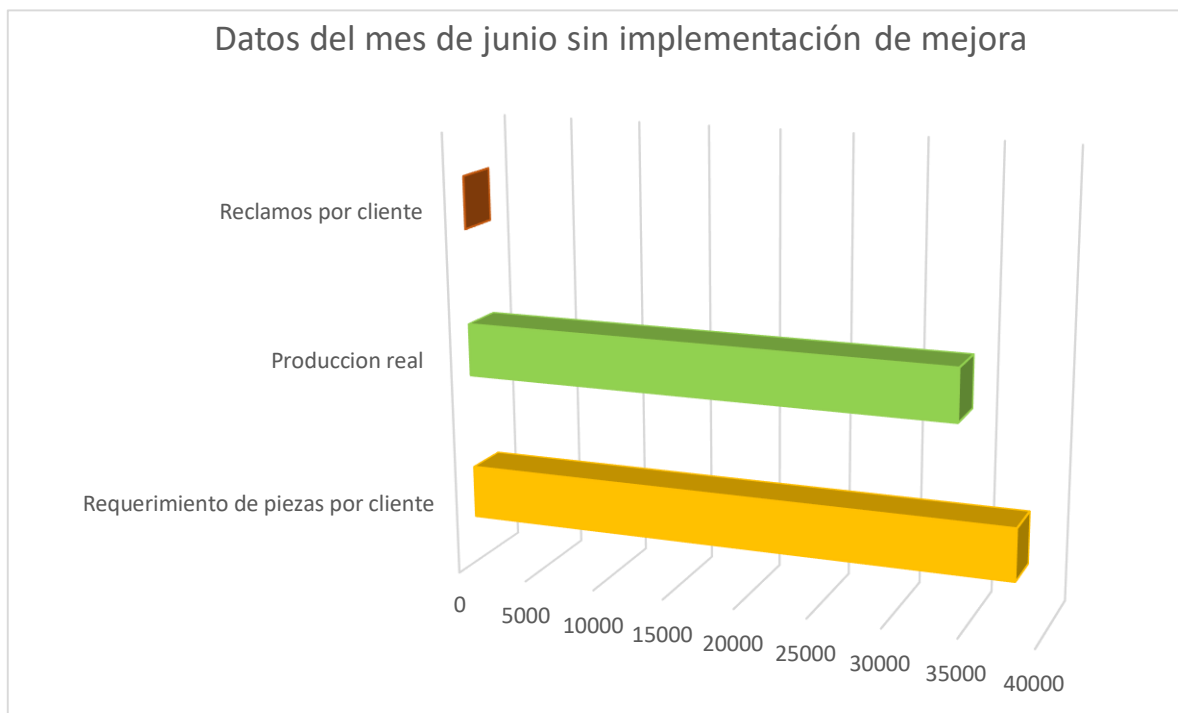


Figura 24. Grafica de resultados del mes de junio.

En la siguiente figura se aprecia la gráfica del requerimiento de piezas por el cliente, de la producción real y los reclamos (que en este caso no se presentaron, por lo cual se registran cero reclamos) de los meses de julio, agosto, septiembre y octubre, después de la implementación de la mejora, también se agrega la tabla con los datos registrados para la realización de la gráfica (ver tabla 5 y figura 25):

| | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre |
|-------------------------------------|-------|--------|------------|---------|
| Requerimiento de piezas por cliente | 38000 | 38000 | 38000 | 38000 |
| Producción real | 35000 | 36000 | 34000 | 36000 |
| Reclamos por cliente | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 5. Datos de los meses julio, agosto, septiembre y octubre.

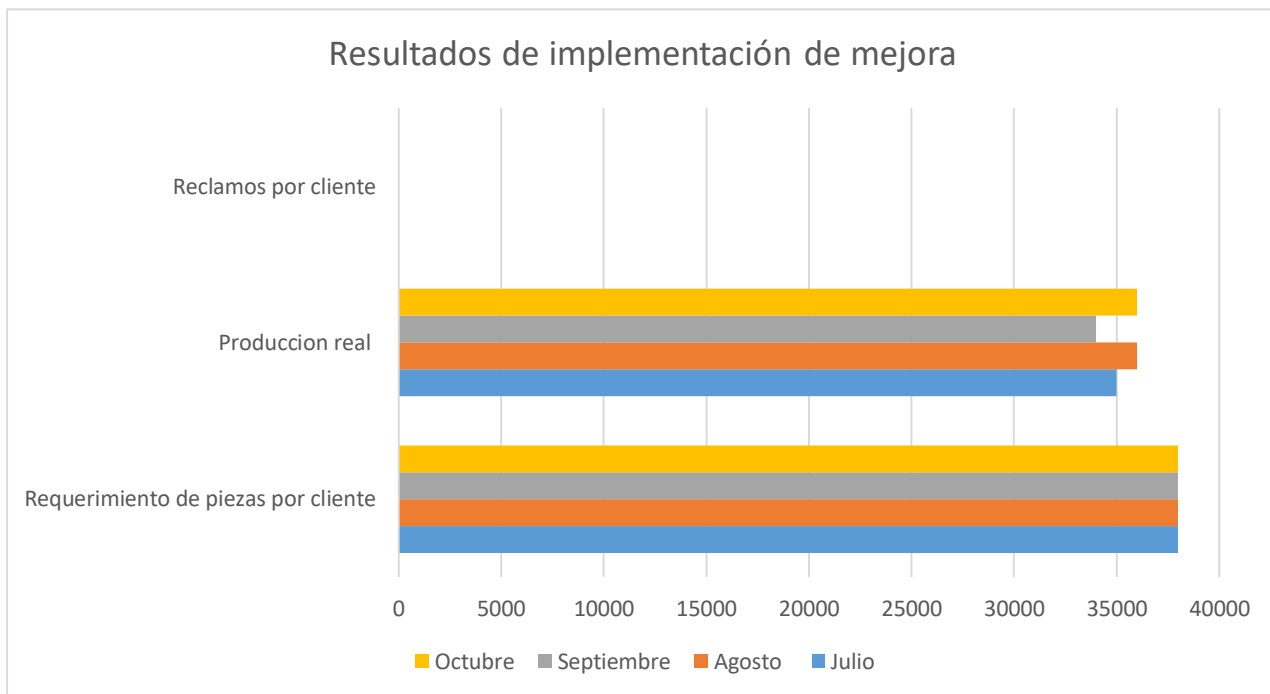


Figura 25. Gráfica de resultados de los meses julio, agosto, septiembre y octubre.

A continuación se presenta la tabla de objetivos general y específicos, se muestran cuales se propusieron y que meta se alcanzó al desarrollo del proyecto:

| Objetivo propuesto | Resultado esperado |
|--|---|
| Garantizar la fabricación del modelo NEW-AT 23452 al 100%, cumpliendo con la especificación deseada por el cliente en la medición de altura (9.3 mm), en la máquina de espesor, en la línea 23452, en el área de corte, en la empresa Unipres Mexicana. | Las piezas fabricadas cumplen al 100% con la especificación de altura de 9.3mm. |
| Reducir los reclamos por parte de los clientes logrando la fabricación de las piezas con la calidad esperada, para así, conseguir su satisfacción y que no se generen gastos innecesarios. | Piezas fabricadas que cumplen con las especificaciones de altura, por lo que el cliente queda satisfecho y no genera reclamo. |
| Hacer las pruebas necesarias del dispositivo para que se evalúe su funcionamiento y realizar los ajustes (en caso de ser necesario), enfocándose en aumentar la confianza del cliente. | Dispositivo funcionando correctamente, entregando piezas correctas al cliente. |
| Realizar la documentación necesaria, que aclare el funcionamiento del dispositivo, ya sea con una hoja de inspección de equipos o una HOE (si se considera necesario realizar ambas), la integración de estos documentos avalará que cualquier operador sabrá usar el dispositivo correctamente. | Se usa el dispositivo correctamente, con base a la documentación implementada. |
| Capacitar a los operarios que maniobran esta máquina, manteniendo un estricto control para maximizar la calidad de las piezas fabricadas. | Operarios capacitados y controlados para entregar piezas de calidad. |

Tabla 6. Objetivos propuestos y su cumplimiento.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

13. Conclusiones del proyecto.

La empresa Unipres Mexicana, dedicada a la fabricación de piezas ensambladas para carrocerías, tiene como enfoque principal la búsqueda de la calidad en sus productos y procesos, por lo que busca una rápida solución de problemas. En el mes de junio la empresa recibe un reclamo por piezas defectuosas, específicamente en la altura, por lo que se da la apertura a la búsqueda de una solución a la problemática presentada.

El objetivo planteado para dar solución a la problemática que se presentó en la empresa fue el de garantizar al 100% que las piezas fabricadas en la línea de corte del modelo NEW-AT 23452 cumplan con la especificación de altura establecida por el cliente respetando el 9.3mm, el objetivo propuesto para el proyecto sí se cumplió, garantizando que las piezas fabricadas se mantuvieran en la altura establecida, mediante un dispositivo que se adhirió al modelo el cual realiza la medición y se verifica si se encuentra dentro de la especificación, en caso contrario suena un alarma avisando que hay piezas con variación en la medida, acudiendo a atender y aplicar medidas correctivas por parte de los operarios involucrados en la línea.

El desarrollo del proyecto se dio mediante uso de la metodología PDCA, en la primera etapa “planear” se realizó una diagrama de Ishikawa como herramienta para obtener la causa de la problemática, en la etapa “hacer”, que es la segunda de esta metodología, se diseñó el dispositivo y se implementó en el modelo y se utilizó la herramienta andón para programar la alarma para detectar piezas con altura fuera de la especificación, para la etapa tres que es “verificar” se realizó estudio Gage R&R (GR&R), para comprobar si la mejora implantada fue correcta, también en esta etapa se desarrolló la hoja de inspección de calidad que se usó para registrar las especificaciones de la pieza entre ellas la de altura, como última etapa se tiene la de “actuar” en la cual se realizaron capacitaciones a los operarios y líderes, sobre el funcionamiento del equipo ya con la mejora.

Si se tuvieron limitaciones en el desarrollo del proyecto ya que la empresa no tuvo la disposición para invertir en un equipo nuevo especializado en las mediciones tanto de espesor como de altura, por eso se decidió instalar las dos sondas que midieran la altura sin generarle gastos a la empresa.

El residente con la realización de este proyecto adquirió conocimientos sobre el uso de metodologías y herramientas de calidad aplicadas a la búsqueda de resolución de problemas e implementación de mejoras, también adquirió conocimientos para validación de sistemas de medición y comprobación de resultados, así como el de conocimiento de controlar las mejoras implementadas.

CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS

14. Competencias desarrolladas

1. Apliqué herramientas de resolución de problemas, como el diagrama de Ishikawa para encontrar la causa a la problemática.
2. Apliqué herramientas de calidad para que el proceso implantado se apegara a esas normas.
3. Gestione eficientemente los recursos de la organización con el fin de reducir costos.
4. Desarrollé mi comunicación oral en la impartición de capacitaciones a los empleados en el nuevo proceso.
5. Formule posibles soluciones de mejora
6. Diseñé el dispositivo para darle solución al problema.
7. Desarrollé documentación para asegurar el cumplimiento de las especificaciones de las piezas, como: hoja de inspección de calidad.
8. Controlé que el proceso se realizara correctamente para cumplir con los objetivos propuestos por la organización.
9. Realicé inspecciones de calidad usando los documentos estándar.
10. Aprendí a realizar el registro de la caja roja, para ubicar desperfectos en la pieza.
11. Aumente mi habilidad de trabajo en equipo.
12. Aprendí que para las empresas la calidad es un factor de suma importancia.
13. Aumenté mi habilidad de trabajar bajo estrés, para darle solución a los problemas.
14. Actué como agente de cambio para facilitar la mejora continua y el desempeño de la organización.
15. Desarrollé herramientas de dirección para la implementación de la mejora aplicada al proyecto.
16. Implemente la mejora para la reducción de reclamos de clientes.
17. Comprobé que el funcionamiento de la mejora fuera el correcto utilizando herramientas de calidad.


CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACION

15. Fuentes de información.

- Análisis de Sistemas de Medición. (2010). En MSA, *MSA*.
- ASM. (2010). Análisis de Sistemas de Medición. En MSA, *MSA*.
- Biografías y Vidas*. (2004). Obtenido de Biografías y Vidas:
<https://www.biografiasyvidas.com/biografia/i/ishikawa.htm>
- Culture, R. d. (20 de noviembre de 2023). *Safety Culture* . Recuperado el 20 de noviembre de 2023, de Safety Culture: <https://safetyculture.com/es/temas/sistema-andon/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20Andon%3F,de%20las%20%C3%ADneas%20de%20producci%C3%B3n>.
- Editorial, E. (23 de Enero de 2023). *Enciclopedia Humanidades*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2023, de Enciclopedia Humanidades: <https://humanidades.com/calidad-total/>
- Fernandez, R. (23 de octubre de 2006). *Gestiopolis*. Recuperado el noviembre de 20 de 2023, de Gestiopolis: <https://www.gestiopolis.com/gage-rr-o-grr/>
- Herrera, J. F. (17 de agosto de 2020). *Leanconstructionmexico*. Obtenido de Leanconstructionmexico: <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/andon-control-visual-qu%C3%A9-es-tipos-y-ejemplos-de-aplicaci%C3%B3n>
- Hubspot. (2023).
- Iso Tools Excellence*. (s.f.). Recuperado el 18 de Noviembre de 2023, de Iso Tools Excellence: <https://www.isotools.us/2016/01/30/historia-y-evolucion-del-concepto-de-gestion-de-calidad/>
- Perez, M. (11 de octubre de 2021). *ConceptoDefinicion* . Obtenido de ConceptoDefinicion : <https://conceptodefinicion.de/calidad/>
- Perez, M. (04 de Agosto de 2023). *Concepto Definicion*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2023, de Concepto Definicion : <https://conceptodefinicion.de/calidad/>
- Quality One*. (s.f.). Recuperado el 20 de noviembre de 2023, de Quality one : [https://quality-one.com/grr/#:~:text=Gage%20Repeatability%20and%20Reproducibility%20\(Gage%20R%20%26%20R\)%20is%20a,due%20to%20the%20measurement%20system](https://quality-one.com/grr/#:~:text=Gage%20Repeatability%20and%20Reproducibility%20(Gage%20R%20%26%20R)%20is%20a,due%20to%20the%20measurement%20system).
- Rodriguez, J. (09 de febrero de 2023). *HubSpot*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2023, de HubSpot: <https://blog.hubspot.es/sales/diagrama-ishikawa>
- SafetyCulture. (14 de JUNIO de 2023). *SAFETYCULTURE*. Recuperado el 2023, de SAFETYCULTURE: <https://safetyculture.com/es/temas/sistema-andon/>
- Sydle*. (11 de septiembre de 2023). Recuperado el 20 de noviembre de 2023, de Sydle: <https://www.sydle.com/es/blog/ciclo-pdca-61ba2a15876cf6271d556be9>
- Tamaro, T. F. (2004). *Biografías y Vidas*. (La enciclopedia biografica en linea) Recuperado el 18 de Noviembre de 2023, de Biografías y Vidas:
<https://www.biografiasyvidas.com/biografia/i/ishikawa.htm>
- Uriarte, J. M. (28 de mayo de 2021). *Caracteristicasco*. Obtenido de Caracteristicasco: <https://www.caracteristicas.co/calidad-total/>

CAPÍTULO 9: ANEXOS

16. Anexos.

| | | |
|---|--|-----------------------------------|
|  | Formato para Carta de Presentación y Agradecimiento de Residencias Profesionales por competencias. | Código: TecNM-AC-PO-004-03 |
| | Referencia a la Norma ISO 9001:2015 7.5.1 | Revisión: 0 |
| | | Página: 1 de 1 |

Departamento: GESTION TEC. Y VINC.
No. de Oficio: DGTV/

ASUNTO: **PRESENTACIÓN DEL ESTUDIANTE
Y AGRADECIMIENTO**

PABELLÓN DE ARTEAGA, AGUASCALIENTES 11 DE AGOSTO DE 2023

Enrique Edgardo Gutiérrez Romo
Recursos Humanos
Unipres mexicana

PRESENTE:

El Instituto Tecnológico de pabellón de Arteaga, tiene a bien presentar a sus finas atenciones a **C. Ortega jara Jorge Luis**, con número de control **A191059715** de la carrera de **Industrial mixto**, quien desea desarrollar en ese organismo el proyecto de Residencias Profesionales, denominado **"Implementación de sondas de medición para detección de altura NG"** cubriendo un total de 500 horas, en un período de cuatro a seis meses.

Es importante hacer de su conocimiento que todos los estudiantes que se encuentran inscritos en esta institución cuentan con un seguro de contra accidentes personales con la empresa **THONA Seguros S.A. de C.V.**, según póliza **AP-TEC-031-03** e inscripción en el IMSS.

Así mismo, hacemos patente nuestro sincero agradecimiento por su buena disposición y colaboración para que nuestros estudiantes, aun estando en proceso de formación, desarrollen un proyecto de trabajo profesional, donde puedan aplicar el conocimiento y el trabajo en el campo de acción en el que se desenvolverán como futuros profesionistas.

Al vernos favorecidos con su participación en nuestro objetivo, sólo nos resta manifestarle la seguridad de nuestra más atenta y distinguida consideración.

ATENTAMENTE:

Excelencia en Educación Tecnológica®
"Tierra Siempre Fértil!"



JULISSA ELAYNE COSME CASTORENA
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE GESTIÓN TECNOLÓGICA Y VINCULACIÓN





San Francisco De Los Romo, Ags., 03 De Octubre Del 2023

**M.C. FRANCISCO SÁNCHEZ MARES
JEFE DE GESTIÓN TECNOLÓGICA Y VINCULACIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AGUASCALIENTES
P R E S E N T E**

Asunto: Aceptación de Residencias

Por medio de la presente le informo que el alumno(a) **JORGE LUIS ORTEGA JARA**, de la carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL MIXTO**, con número de control **A191050715** ha sido aceptado como Residente en nuestra empresa **UNIPRES MEXICANA SA. DE CV.** con un periodo del **28 de agosto del 2023 al 28 de diciembre del 2023**, desarrollando el proyecto que tiene como nombre **"IMPLEMENTACION DE SONDAS DE MEDICIÓN PARA DETECCIÓN DE ALTURA NG"** con un horario de lunes a viernes de 08:00 hrs a 17:30 hrs.

Se extiende la presente para los fines que al interesado le convenga, sin otro particular quedo de usted para cualquier aclaración.

ATENTAMENTE

P.A.

**ING. VERÓNICA ESPARZA MELÉNDEZ
JEFA DE RECURSOS HUMANOS**

 **UNIPRES**
MEXICANA S.A. DE C.V.
TRANSMISIONES
RFC: UME941007IH3

**Av. Japón No. 128 Parque industrial San Francisco 20355
San Francisco de los Romo, Ags.**