

**TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS  
SUPERIORES DE COACALCO**

---

**“MEJORA PARA LA INSPECCIÓN DE PIEZAS  
MECANIZADAS EN LA INDUSTRIA DEDICADA A  
LA AUTOMATIZACIÓN AUTOMOTRIZ”**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERIA  
EN GESTIÓN EMPRESARIAL**

**PRESENTA**

**MARIA FERNANDA ALVAREZ CARRANZA**

**ASESOR**

**MTRA. REBECA DIAZ TÉLLEZ**

**COACALCO DE BERRIOZABAL, MEX. MARZO, 2025**

# Agradecimientos

Quiero expresar mis agradecimientos a las personas que estuvieron para mí durante la realización de este proyecto y mi desarrollo académico:

A mi familia por la paciencia y el apoyo brindado cuando más perdida me sentía.

A mi hermano Sergio, quien ha sido una estela de luz en mis momentos más autocríticos, no solo durante mi vida académica y profesional, sino también en mi vida personal.

A la profesora Rebeca Téllez por su mentoría, tiempo y paciencia de forma constante, profesional y, sobre todo, humanitaria; quien me apoyó en todo momento, siendo una de las catedráticas que marcaron mi desarrollo profesional.

*Gracias.*

## **Resumen**

El proyecto de investigación se enfoca en la estandarización de piezas en una empresa del sector de la automatización automotriz. La investigación revela una sobrecarga de trabajo en el área de calidad, con un único inspector de planta encargado de todas las cuestiones relacionadas con la calidad. Además, se identifica la falta de herramientas para instruir a nuevos inspectores sobre los estándares aceptables.

La propuesta busca abordar estas deficiencias mediante la implementación de un panel Andon, una herramienta visual para la inspección de acabados en mecanizados. Se pretende delimitar, por funcionalidad, las medidas críticas que requieren especial atención, ya que los planos actuales incluyen medidas que no afectan directamente el funcionamiento de la pieza.

La aplicación de esta herramienta ha demostrado ser eficaz al revelar que existe una diferencia de uno a dos minutos por pieza revisada. En conjunto, esto se traduce en una reducción significativa, incluso de hasta una hora de trabajo, dependiendo del tipo de mecanizado. Este enfoque no solo optimiza el proceso, sino que también agiliza la identificación de estándares aceptables, beneficiando la eficiencia global del área de calidad en la empresa.

# Índice

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| Agradecimientos .....                                              | 2  |
| Resumen.....                                                       | 3  |
| Capítulo I. Generalidades del proyecto.....                        | 6  |
| Introducción .....                                                 | 7  |
| Planteamiento de hipótesis.....                                    | 9  |
| Justificación .....                                                | 9  |
| Problemática por resolver .....                                    | 11 |
| Antecedentes .....                                                 | 12 |
| Objetivos .....                                                    | 14 |
| Alcances y limitaciones .....                                      | 15 |
| Impacto esperado y viabilidad .....                                | 16 |
| Capítulo II. Marco teórico.....                                    | 17 |
| Capítulo III. Desarrollo .....                                     | 24 |
| Capítulo IV. Resultados .....                                      | 31 |
| Diagnostico .....                                                  | 32 |
| Establecimiento de prioridades .....                               | 36 |
| Propuesta de alternativa .....                                     | 40 |
| Comparativa de inspección: Método tradicional vs. panel andon..... | 46 |
| Conclusiones .....                                                 | 56 |
| Competencias desarrolladas.....                                    | 58 |
| De perfil de egreso .....                                          | 58 |
| Competencias genéricas profesionistas.....                         | 60 |
| Fuentes de información.....                                        | 62 |
| Anexos .....                                                       | 65 |

## Índice de figuras

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 Panel de acabados, sistema de medición Andon (PA-SMA-V01) ..... | 42 |
| Figura 2 Panel dimensional. sistema de medición Andon (PD-SMA-V01) ..... | 45 |
| Figura 3 Panel Andon .....                                               | 46 |
| Figura 4 Proceso para la obtención de resultados .....                   | 47 |

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 5 Gráfico de barras de la eficiencia en la cantidad de piezas medidas con el método tradicional ..... | 49 |
| Figura 6 Gráfico de barras de la eficiencia en la cantidad de piezas medidas con el Panel Andon .....        | 50 |
| Figura 7 Comparativo eficiencia- cantidad.....                                                               | 50 |
| Figura 8 Comparativo total de piezas medidas .....                                                           | 51 |
| Figura 9 Gráfico de barras relación eficiencia tiempo usando el método tradicional .....                     | 52 |
| Figura 10 Gráfico de barras relación eficiencia tiempo usando el Panel Andon.....                            | 53 |
| Figura 11 Comparativo- eficiencia tiempo. ....                                                               | 54 |
| Figura 12 Comparativo total tiempo .....                                                                     | 55 |
| Figura 13. Pieza medida A.....                                                                               | 65 |
| Figura 14. Pieza medida B.....                                                                               | 65 |
| Figura 15. Pieza medida C .....                                                                              | 65 |
| Figura 16. Pieza medida D.....                                                                               | 66 |
| Figura 17. Pieza medida E .....                                                                              | 67 |
| Figura 18 Pieza medida F .....                                                                               | 67 |
| Figura 19 Nómina que respalda la participación como inspectora de calidad, Departamento de Calidad. ....     | 68 |
| Figura 20 Investigador en su labor de inspección de mecanizados .....                                        | 68 |

## Índice de tablas

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 Análisis de los hallazgos encontrados .....                            | 35 |
| Tabla 2 Concentrado de medidas críticas y complementarias en piezas stock..... | 39 |
| Tabla 3 Tipos de acabados en piezas mecanizadas.....                           | 40 |
| Tabla 4 Piezas validadas-eficiencia cantidad. Método tradicional .....         | 48 |
| Tabla 5 Piezas validadas- eficiencia cantidad. Panel Andon.....                | 49 |
| Tabla 6 Piezas validadas- eficiencia tiempo. Método tradicional.....           | 52 |
| Tabla 7 Piezas validadas- eficiencia tiempo. Panel Andon .....                 | 53 |

## **Capitulo I. Generalidades del proyecto**

## **Introducción**

La presente investigación se enfoca en el tema de la inspección de piezas mecanizadas en el departamento de calidad de una empresa de automatización de giro automotriz. Este proceso, esencial como filtro inicial previo al ensamblaje en la maquinaria correspondiente, implica dimensionar individualmente cada pieza para asegurar su acabado, cumplimiento de requerimientos materiales y dimensiones dentro de tolerancias precisas. El objetivo principal de este estudio es proporcionar a los inspectores de calidad, herramientas visuales que faciliten la inspección, asegurando que las piezas mantengan los estándares de calidad necesarios.

La característica principal de este trabajo es la necesidad de agilizar la inspección, ya que las piezas ingresan gradualmente, en diferentes cantidades y para diversos proyectos, lo que genera atrasos y una carga de trabajo considerable. La falta de estandarización en la medición de piezas es una de las causas de esta problemática, a pesar de que comparten parámetros que podrían sistematizarse para acelerar la inspección. En este sentido, se planea identificar aspectos estandarizables, como las medidas en piezas de stock y el acabado individual de cada material, con el fin de reducir los cuellos de botella asociados a este proceso.

Este estudio se desarrolla con un propósito académico, en el marco de un proyecto de investigación, por lo que se limita a una breve inclusión de imágenes y fotografías de piezas, respetando su carácter confidencial. El interés principal se centra en optimizar el proceso de inspección de piezas mecanizadas, combinando aspectos académicos y profesionales para

proponer soluciones que mejoren la eficiencia del departamento de calidad de la empresa de automatización automotriz.

La metodología empleada se basa en un enfoque mixto. Comienza con un marco teórico sobre la inspección de piezas y acabados industriales, seguido por un análisis práctico mediante observación directa como inspector de calidad y entrevistas con el personal involucrado. Este enfoque exploratorio y descriptivo busca comprender los métodos existentes, identificar áreas para mejorar y proponer soluciones concretas que aumenten la eficiencia del proceso de inspección.

Sin embargo, este trabajo enfrenta limitaciones significativas, como la confidencialidad de la información que podría dificultar la documentación detallada limitando así la profundidad de la investigación y la implementación práctica de las soluciones propuestas. Además, la resistencia al cambio por parte de los inspectores podría ralentizar la adopción de nuevas herramientas o métodos propuestos.

La estructura de este trabajo se compone de diferentes apartados destinados a abordar y resolver los desafíos asociados al proceso de inspección de piezas mecanizadas en la empresa de automatización automotriz. Comenzando por la justificación que muestra la importancia de este proyecto en diferentes aspectos y no exclusivo de mejorar la eficiencia en el departamento de calidad. La fundamentación teórica y contextual respaldará el desarrollo de estrategias. Los resultados obtenidos serán presentados y analizados junto con las conclusiones, que destacarán las

contribuciones de este trabajo para optimizar el proceso de inspección y proponer soluciones viables en este entorno industrial.

## **Planteamiento de hipótesis**

$H_0$ : La productividad se incrementa implementando la técnica de calidad Andón en una empresa de giro automotriz que inspecciona piezas mecánicas.

$H_1$ : La productividad actual no sufre cambios si se aplica Andón o no

## **Justificación**

Este proyecto tiene por objetivo ofrecer una alternativa de ayuda visual estandarizada dentro de la industria de la automatización automotriz, tomando como objeto de estudio el área de calidad de una empresa del ramo, donde son inspeccionados mecanizados en los aspectos de medición de piezas stock y sobre los diferentes tipos de acabados que manejan los mecanizados recibidos como materia prima para el siguiente paso, que es el ensamblaje.

Esta alternativa busca disminuir el tiempo de medición en piezas stock, aumentando así la cantidad de piezas medidas, y ofrecer de forma gráfica una ayuda visual que permita a los nuevos inspectores reducir la curva de aprendizaje sobre los acabados manejados en los mecanizados. Así

mismo, a los inspectores experimentados les ayudará a no pasar por alto detalles, salvo que sea estrictamente necesario, para ofrecer una mayor calidad en el producto final. Con esta propuesta en los procesos de inspección, se generarán beneficios significativos en términos de:

**Capacitación:** El uso de ayudas visuales reducirá la curva de aprendizaje para el entendimiento y familiarización de los acabados y de las medidas funcionales en piezas stock, facilitando la familiarización práctica, correcta y constante con las piezas trabajadas, ofreciendo un aprendizaje efectivo y dinámico.

**Ingenieriles:** Al estandarizar la evaluación de piezas, se optimizarán los tiempos de medición de piezas base. Otorgando a los inspectores mayor tiempo para la revisión de piezas complejas, sin comprometer la precisión en las evaluaciones de piezas stock. Además, se reducirá el riesgo de pasar por alto detalles importantes que podrían afectar el acabado de los productos finales.

**Calidad:** La estandarización en la evaluación de piezas de stock, junto con una guía visual clara sobre los acabados aceptables, permitirá reducir tiempos de inspección sin comprometer la precisión, lo que permite liberar espacio a los inspectores para priorizar la revisión meticulosa de piezas únicas y con un mayor grado de complejidad.

**Económicos:** La inspección guiada mediante la herramienta visual, permitirá aceptar piezas con criterios más claros, asegurando su durabilidad durante el proceso de ensamblaje. Previendo problemas como oxidación, descascarillado, rayaduras o defectos durante el almacenamiento o montaje, lo que reduce la necesidad de adquirir nuevamente las piezas que hayan sufrido algún desperfecto debido a una evaluación errónea, reduciendo costes de compra y retrasos en proyectos.

**Ambientales:** La aceptación de piezas con criterios precisos disminuye el desperdicio de materiales evitando el desecho de piezas, aminorando el impacto de estas en el ambiente, así como el gasto energético que conlleva su maquinación.

## **Problemática por resolver**

### **Ubicación del contexto:**

Referente a la empresa de automatización automotriz usada como objeto de estudio de este proyecto de investigación, esta se encuentra actualmente con desafíos significativos en su departamento de calidad debido a la carencia de una estructura adecuada para el inspeccionamiento de piezas. Esta situación origina fluctuaciones en la llegada de estas, generando períodos de espera y la llegada en grandes cantidades. La inspección de las piezas para su ingreso al departamento de calidad resulta complicada por la limitación de espacio y la insuficiencia de personal capacitado. Se ha identificado un problema en la medición de las piezas, especialmente aquellas clasificadas como "stock", utilizadas en diversas máquinas y que presentan variaciones en medidas no funcionales.

### **Propuesta y necesidad de implantación:**

La solución que se propone implica la identificación de las piezas de "stock" y sus partes funcionales, priorizándolas en el proceso de inspección. Asimismo, se propone la implementación de ayudas visuales para agilizar la inspección de medidas funcionales y acabados aceptables. Abordar este problema es crucial en el momento actual debido al aumento en la cantidad de proyectos aceptados, generando una carga de trabajo excesiva para el reducido personal en el departamento de calidad.

### **Consecuencias de no aplicarse la propuesta:**

La falta de resolución de este problema podría resultar en retrasos en la entrega de proyectos, la priorización de la velocidad sobre la calidad y la producción de productos con estándares deficientes. Estas consecuencias tendrían un impacto negativo en la reputación de la empresa, con el riesgo de perder clientes y enfrentar una carga de trabajo excesiva y desorganizada.

### **Antecedentes**

*Evolución de los procesos de calidad en la empresa objeto de estudio.*

En la institución inicialmente no existía un departamento de calidad, lo que implicaba que las piezas recibidas se enviaban directamente a producción sin una revisión previa en cuanto a medidas y acabado uniforme. Esta práctica en ocasiones generaba problemas al unir las piezas nuevas con las ya ensambladas, ya que los errores de medidas eran visibles tiempo después del ensamble con las nuevas piezas. La calidad de los acabados era evaluada por el área de producción sin una preparación o ayuda visual de cómo debería verse la pieza, así, si las piezas estaban oxidadas o rayadas, se debía reportar para que el departamento de compras hiciera una nueva requisición, afectando así el tiempo que se tenía para la entrega de los proyectos.

Posteriormente, se contrató a un inspector de calidad y el área de ingeniería comenzó a implementar cotas en todas las medidas dentro de los planos de las piezas, sean funcionales o no (es decir que estén directamente involucradas con la función de la pieza dentro del mecanismo o no), para facilitar la inspección. Adicionando a estas medidas un margen de aceptación que proporcionaba tanto al proveedor como al inspector un rango conocible de funcionamiento.)

Para las piezas que requerían tratamiento químico, se agregó un apartado de acabados en los planos. Sin embargo, la empresa no cuenta con una forma de corroborar estos tratamientos, por lo que se adjuntaba un certificado emitido por la empresa manufacturera que indicaba el tratamiento aplicado.

Debido a la rotación de personal y los diferentes tipos de acabados manejados, se implementó por primera vez una ayuda visual, un muestrario de acabados que consiste en una tabla con piezas no utilizadas en proyectos, etiquetadas con el nombre del acabado (anodizado, pavonado, acero inoxidable, etc.). Esta tabla se encontraba fuera de la vista continua del área de inspección.

La implementación del inspector de calidad y las medidas en los planos resultaron en una reducción de la devolución de piezas, ya que se especificaban tolerancias y medidas. Sin embargo, muchas de estas medidas se colocaban solo para cumplir con una indicación y no tenían importancia funcional, lo que aumentaba el tiempo de revisión retrasando el proyecto según la complejidad de la pieza.

Dentro de la industria automotriz y la metrología en general, se suele contar con laboratorios especializados, pues al trabajarse con piezas para la creación de líneas productoras se busca exactitud en medidas y acabados usando así elementos como medidores láser y ópticos, durómetros, rugosímetros entre otros. Sin embargo, dentro de la empresa objeto de estudio únicamente se cuenta con una barra de mármol de menos de dos metros, tres calibradores, una regla de ángulo y cuatro flexómetros.

Comparada con otras empresas de la industria automotriz, la empresa objeto de estudio presentaba una implementación deficiente de controles de calidad. Frecuentemente se deja pasar piezas defectuosas según la urgencia, lo que evidenciaba una falta de planificación y control de tiempos. Esto resultaba en la aceptación de piezas rayadas, dañadas, sin pintura o con acabados incorrectos; afectando directamente la calidad de las piezas.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Proponer alternativas para la mejora de la calidad a través de la inspección de los productos que la empresa ofrece, con la finalidad de que los criterios de inspección sean claros y el flujo de los procesos mejore.

### **Objetivos específicos**

1. Realizar un diagnóstico en cuanto a la inspección de piezas dentro de la organización.
2. Establecer prioridades basadas en el diagnóstico para el desarrollo de alternativas de mejora.
3. Proponer una o más alternativas de solución con base en las prioridades.

## **Alcances y limitaciones**

### ***Alcances***

Este estudio se centra en la inspección de piezas mecanizadas en el departamento de calidad de una empresa de automatización automotriz. El proceso de inspección es un filtro previo al ensamblaje en la maquinaria correspondiente, implica la evaluación manual e individual de cada pieza para garantizar su acabado, cumplimiento de requerimientos materiales y dimensiones dentro de tolerancias recomendadas. El objetivo principal es proporcionar a los inspectores de calidad herramientas visuales que faciliten la inspección, asegurando que las piezas mantengan los estándares de calidad necesarios, especialmente en lo que respecta a la dimensionalidad y los acabados.

### ***Limitaciones***

Este proyecto se enfrenta a desafíos que podrían influir en su desarrollo y resultados. La confidencialidad de la información es una limitación importante que podría dificultar la documentación detallada y el acceso a ciertos datos específicos para la investigación. Limitando la profundidad de la investigación y la implementación práctica de las soluciones propuestas. Otra limitación crítica es la resistencia al cambio por parte de los inspectores, lo que podría ralentizar la adopción de nuevas herramientas o métodos propuestos para mejorar el proceso de inspección.

## **Impacto esperado y viabilidad**

El impacto esperado de este estudio es significativo en la mejora del flujo y calidad del proceso de inspección de piezas mecanizadas en la empresa de automatización. Al proporcionar herramientas visuales y estandarizar procesos, se espera una mejora sustancial en la rapidez y precisión de la inspección, lo que llevará a una reducción en los tiempos de espera y una mayor consistencia en los estándares de calidad de las piezas.

Por otro lado, la viabilidad de este proyecto se respalda en la experiencia previa del investigador como inspector de calidad en la industria de automatización automotriz. Esta experiencia proporciona un profundo entendimiento de los desafíos y procesos en el área de inspección de piezas mecanizadas, facilitando la recopilación de datos relevantes y la identificación de áreas de mejora.

Además, la colaboración con la empresa facilitará el acceso a datos y la implementación práctica de soluciones propuestas. La metodología mixta empleada respalda este enfoque sólido y práctico para la investigación, asegurando una ejecución exitosa del proyecto.

## **Capitulo II. Marco teórico**

Este proyecto se enfoca en un aspecto fundamental de la industria de automatización automotriz, específicamente en el control de calidad y la gestión de piezas en un entorno de producción de aplicaciones avanzadas.

El presente trabajo se fundamenta en la exploración y comprensión de los conceptos clave del marco teórico relacionados con el ámbito de una empresa centrada en la automatización de la industria automotriz. Este proyecto encuentra su enfoque primordial en aspectos críticos de la industria de automatización, centrándose específicamente en el control de calidad y la gestión de piezas dentro del entorno productivo de aplicaciones avanzadas. En este contexto, se destaca que la herramienta visual propuesta, basada en el sistema Andon, toma como referencia los métodos de análisis de calidad de las piezas, como la inspección dimensional, las pruebas de tolerancia y ajuste y la inspección visual, mismos que se describen detalladamente en el marco teórico. Los formatos desarrollados en este proyecto han sido diseñados específicamente para apoyar y guiar los procesos de inspección, proporcionando una solución práctica para mejorar la eficiencia y la calidad en el trabajo.

## **Piezas mecanizadas**

Las piezas mecanizadas se refieren a componentes fabricados mediante la aplicación de la técnica conocida como mecanizado. Este procedimiento posibilita la obtención de elementos con una precisión notable, caracterizados por presentar una geometría, tamaño y acabados ajustados a las necesidades de fabricación correspondientes. (Grumeber , 2022)

Estos elementos se conciben minuciosamente para cumplir con una función específica dentro de un sistema determinado. La producción de estas piezas se orienta hacia la elaboración

de componentes que se ajusten con precisión a los requerimientos técnicos y operativos establecidos para una aplicación específica deseada. (Grumeber , 2022)

### **Inspección dimensional**

Es el proceso de medir las dimensiones clave de las piezas mecanizadas mediante el uso de herramientas de precisión, como calibres, micrómetros y máquinas de medición por coordenadas. Esta inspección se realiza durante el proceso de producción para corregir posibles desviaciones y al finalizar, con el propósito de validar la conformidad del lote fabricado con las especificaciones del diseño. (Valencia, 2024)

### **Pruebas de tolerancia y ajuste**

Comprenden la verificación de la capacidad de las piezas mecanizadas para encajar correctamente con otros componentes o sistemas con los que deben interactuar. Estas pruebas aseguran que las piezas cumplan los requisitos establecidos para su montaje. (Valencia, 2024)

### **Inspección visual**

Es el análisis detallado de las superficies de las piezas para identificar defectos en el acabado, marcas de herramientas o rebabas. Este procedimiento busca garantizar tanto la funcionalidad como la estética de las piezas mecanizadas. (Valencia, 2024)

### **Automatización**

La automatización se considera un componente esencial en la implementación de elementos relacionados con robots o robótica en diversos modelos. Este sistema depende de sensores, procesadores y actuadores para ejecutar una amplia gama de procesos, abarcando

aspectos mecánicos, industriales, informáticos y de maquinaria, todos ellos gestionados mediante una programación específica. (Ripipsa, 2023)

### **Industria automotriz**

La industria automotriz abarca un extenso conjunto de actividades industriales que se dedican al proceso integral de producción y comercialización de vehículos automotores. Este sector industrial incluye diversas empresas involucradas en actividades que van desde el diseño y planificación hasta la fabricación de componentes, el ensamblaje de vehículos y su posterior comercialización. Es un sector que cubre múltiples etapas desde la creación inicial del vehículo hasta su llegada al mercado. (AMN Quality, 2023)

### **Avellanado**

El avellanado es un proceso de mecanizado que implica crear una hendidura cónica en una pieza metálica. Esta técnica busca obtener una superficie más uniforme y estéticamente agradable. Además de mejorar el aspecto visual, el avellanado distribuye de manera más equitativa la presión ejercida por los tornillos sobre la superficie, lo que ayuda a prevenir daños como grietas o desgastes. (EONSI, 2022)

### **Pintado**

La pintura metálica representa un acabado superficial eficaz aplicado mediante control numérico computarizado (CNC) con el propósito de proteger contra la corrosión, ofreciendo

cobertura en toda la superficie. Por lo general, emplean laca y poliuretano para resguardar la superficie de la exposición al agua y a contaminantes, lo que se traduce en una protección duradera. (Rapid Direct, 2023)

### **Pavonado**

El pavonado es una técnica que consiste en la aplicación de una capa de óxido sobre una pieza metálica, comúnmente de acero. Esta capa funciona como una protección contra la corrosión y, al mismo tiempo, contribuye a mejorar la apariencia visual del metal, ofreciendo un acabado más atractivo y resistente. (Hidegar, 2019)

### **Anodizado**

El anodizado es un procedimiento químico en el que sumergen la pieza en una solución electrolítica para desarrollar una capa de óxido que protege su superficie. Existen dos tipos de anodizado: tipo II y tipo III. El tipo II es más estético, mientras que el tipo III es una capa más resistente y adecuada para aplicaciones de alto rendimiento. Ambos tipos emplean ácido sulfúrico y un proceso de electrólisis para crear una capa uniforme de óxido sobre la superficie de la pieza. Este método es esencial en la protección y mejora de las propiedades de diferentes componentes, utilizados en una amplia variedad de industrias. (Rapid Direct, 2023)

## **Barreno**

Un barreno es un dispositivo o herramienta utilizado para realizar agujeros o pozos cilíndricos extrayendo el material sólido perforado; Dentro de la industria se le conoce así a la perforación hecha por un barreno en el metal o pieza mecanizada. (Tool insert, 2023)

## **Pulido**

El pulido es un proceso mediante el cual se trabaja la superficie de una pieza con un material o herramienta abrasiva para alisar, dar brillo y eliminar imperfecciones o desgastes que haya sufrido la superficie del material. (EONSI, 2022)

## **Sandblasting**

El "Sand Blast" es un proceso de limpieza mediante un chorro abrasivo de alta presión que remueve impurezas, óxido o pintura de superficies. Utiliza distintos materiales como arena, sílice, óxido de aluminio, entre otros, según las necesidades y el entorno. (Pragmar Distributors, 2023)

## **Cuello de botella**

Actividad o fase de la producción que suele ser más lenta o costosa y, por tanto, genera tiempos de parada y retrasos en el resto de la línea de producción. (Infaimon, 2023)

## **Gestión Visual**

Conjunto de herramientas basadas en gráficos, colores, esquemas que forman parte de una estrategia dentro de un proceso que permite agilizar su implementación o entendimiento. (Herrero, 2021)

## **Inspección de calidad**

Una inspección de calidad mide, examina y prueba una o varias de las características de los productos y compara los resultados con los requisitos especificados para establecer si se logra la conformidad con los criterios establecidos. (HQTS, 2021)

## **Tolerancia Unilateral**

Las tolerancias unilaterales permiten desviaciones exclusivamente en una dirección, ya sea sólo positiva o sólo negativa. (Rapid Direct, 2023)

## **Andon**

Es una herramienta industrial, un sistema de control visual que advierte mediante alertas luminosas inconvenientes e imperfecciones que se presentan durante el desarrollo de procesos de producción y flujos de control de calidad, para que estos sean atendidos y corregidos de forma inmediata, sin alterar ni interrumpir significativamente las operaciones. (Arteaga, 2023)

## **Capitulo III. Desarrollo**

En esta investigación, se empleará una metodología basada en un enfoque mixto, integrando tanto elementos cualitativos como cuantitativos. Esta estrategia metodológica pretende proporcionar una visión más completa y sólida del tema.

Se empleó un método de observación directa, ya que el investigador colaboró en el departamento y área donde se identificó la problemática. Asimismo, se llevó a cabo una investigación de campo, puesto que los problemas analizados ocurren dentro del área de calidad, donde el investigador está inmerso. Además, se realizó una investigación documental para describir y comprender los diferentes procesos relacionados con los acabados de las piezas mecanizadas en la industria de automatización en general.

A continuación, se desarrolla cada uno de los pasos que se emplearon para cubrir los objetivos específicos.

## **1. Realizar un diagnóstico en cuanto a la inspección de piezas dentro de la organización.**

### *Recopilación de información de la industria*

Comenzar con la investigación de la industria en la que opera la empresa, lo que proporciona un contexto general y contribuye a la comprensión de los estándares y tendencias del sector.

### *Realizar entrevistas y análisis con el personal del área*

Llevar a cabo entrevistas con el personal relevante del área de inspección para obtener datos e información crucial.

### *Realizar el análisis de la información recopilada*

Procesar los datos obtenidos de la industria y las entrevistas para identificar patrones, tendencias y desafíos relacionados con el proceso de inspección, con el objetivo de definir áreas de mejora potencial.

## **2. Establecer prioridades basadas en el diagnóstico para el desarrollo de alternativas de mejora.**

### *Revisión de procesos actuales*

Analizar los procesos de inspección actuales en la organización para identificar áreas de mejora, priorizando los procesos que requieren atención inmediata.

### *Análisis de los hallazgos del diagnóstico*

Analizar los datos recopilados en el objetivo específico 1 para identificar áreas críticas que requieren mejoras, priorizando problemas de calidad y eficiencia.

### *Priorización de problemas*

Evaluar y clasificar los problemas identificados según su gravedad y prioridad, con el objetivo de asignar recursos de manera efectiva para abordar los desafíos más apremiantes.

## **3. Proponer una o más alternativas de mejora con base en las prioridades.**

### *Recopilación de información de herramientas de calidad*

Identificar y recopilar herramientas de calidad que sean funcionales y aplicables dentro del giro de la empresa, con el propósito de mejorar los procesos de inspección.

### *Selección y desarrollo de alternativa*

Evaluar, seleccionar y desarrollar alternativa de mejora, considerando las herramientas de calidad recopiladas y su idoneidad para abordar los problemas prioritarios.

Para el desarrollo de este proyecto, se requiere la implementación de métodos que faciliten la comprensión de la industria y su evolución. Con este propósito, se ha establecido un enfoque que inicia con la recopilación y análisis de información detallada. Esta fase permitirá identificar áreas clave para luego elaborar una lista de elementos relevantes a considerar en la búsqueda de soluciones.

#### **Recopilación de información de la industria:**

- Investigación de sobre la industria de automatización automotriz.

#### **Entrevistas y análisis con el personal del área:**

- Entrevistas con el personal de inspección.

#### **Análisis de la información recopilada:**

- Procesamiento de datos de investigación y entrevistas.
- Identificación de patrones, discrepancias y áreas para mejorar.

#### **Identificación de necesidades visuales:**

- Evaluación de estándares visuales para criterios claros de inspección.

El estudio se llevará a cabo en el departamento de control de calidad de la empresa inmersa en el giro de automatización automotriz, específicamente en el área de revisión de piezas antes de su ensamble centrándose en la implementación de herramientas de inspección. Este enfoque

pretende optimizar la eficiencia y fluidez de los procesos de inspección y mejorar la gestión de las piezas en el contexto de la empresa.

La recolección de datos se dirigirá al período entre septiembre de 2023 y enero de 2024. Durante estos cuatro meses se recolectará información sobre los acabados de piezas y funcionalidad de dimensiones con el propósito de desarrollar una herramienta de gestión visual enfocado al departamento de calidad, específicamente en el área de inspección y validado.

El objetivo central de este enfoque es evaluar la efectividad de las herramientas de inspección como herramientas de control en el contexto de revisión y validación de piezas. Se espera obtener un análisis que permita evaluar la viabilidad y eficacia de esta implementación para mejorar la eficiencia de los procesos de inspección, priorización y gestión de piezas dentro de la empresa.

Para el desarrollo de este proyecto, se utilizará un sistema Andon en la fase de evaluación de piezas mecanizadas, donde se realizará la aceptación o rechazo en función de dimensiones funcionales y acabados. Este sistema visual permitirá al departamento de calidad, señalar rápidamente problemas relacionados con la calidad estética o dimensional, facilitando la detección temprana y la corrección inmediata. Para la medición precisa de las piezas, se emplearán herramientas como vernier y flexómetro, para una evaluación meticulosa. Se considerarán distintos acabados estéticos, desde aluminio pulido hasta el anodizado de color, en este proceso de evaluación. La implementación del sistema Andon priorizará las dimensiones funcionales de las piezas stock y mostrará los acabados correctos para su inspección, así como los rechazables. La técnica usada para el desarrollo de este será la inspección de piezas con el Andon visible de forma que se pueda realizar la revisión de piezas.

Para la obtención de datos, se ha llevado a cabo un proceso de recopilación propia mediante observación directa y entrevistas verbales al encargado de inspección, así como entrevistas a diseño mecánico para abordar aspectos relacionados con medidas críticas fundamentales en piezas stock. En este contexto, se ha optado por entrevistas orales, investigación de campo y el método de observación como herramientas principales para la recolección de información.

A pesar de la confidencialidad del diseño de las piezas, el investigador ha superado esta limitación mediante práctica propia al desempeñarse como inspector de calidad en campo, lo cual le ha permitido obtener información destacable en el área dentro de la institución.

Es relevante destacar que la información necesaria para el proyecto no está disponible de manera predeterminada en la empresa, con excepción de un panel de piezas que exhibe ejemplos de cada acabado mencionado, proporcionando una referencia visual útil para comprender los distintos tipos de acabados.

Para el desarrollo del presente proyecto, se ha optado por usar Microsoft Excel como herramienta principal para el procesamiento de información. Con este software, se ha creado un panel visual utilizando la metodología Andon, que simplifica la identificación de acabados estéticos y dimensiones críticas de piezas mecanizadas según prioridades en el proceso de trabajo.

En este panel, se presentarán de manera concisa las características de cada acabado o pieza, indicando su estado como correcto, aceptable o rechazable.

En el proceso de análisis de datos, se utilizarán las capacidades de Microsoft Excel para organizar la información de manera estructurada y realizar cálculos que permitan evaluar la conformidad de las piezas mecanizadas. La flexibilidad de Excel también posibilita la

incorporación de imágenes correspondientes a cada material y detalles sobre el uso de las piezas, con el objetivo de mejorar la comprensión y reducir la curva de aprendizaje.

La estrategia implementada busca agilizar la identificación inmediata de las características de las piezas, contribuyendo simultáneamente a la capacitación autónoma de nuevos inspectores o personal menos familiarizado con los componentes mecanizados. En síntesis, la combinación del uso de Microsoft Excel para la realización del panel visual tiene como finalidad lograr una reducción significativa en los tiempos de validación, mejorando así la eficiencia del proceso de inspección y capacitación en la planta.

## **Capitulo IV. Resultados**

## **Diagnostico**

### **1. Realizar un diagnóstico en cuanto a la inspección de piezas dentro de la organización.**

El presente diagnóstico tiene como objetivo identificar áreas de oportunidad en el proceso de inspección de piezas mecanizadas. Para ello, se recopilará información sobre la inspección de piezas en el sector y se analizará en conjunto a los procesos internos.

### **Información sobre la industria**

Cuando una industria utiliza máquinas y equipo como parte de sus procesos de producción se exponen a que, como resultado del uso, sus dispositivos comiencen a presentar fallas o dejen de funcionar. (SMH, s.f.)

La parte estética de la pieza es determinada por el diferente tipo de material del cual es requerido la pieza, sin embargo, cada pieza mecanizada en CNC respeta el parámetro de tolerancias; Las tolerancias son medidas que indican el nivel de precisión necesario para una pieza que desea fabricar. Específicamente, las tolerancias CNC indican el grado de variación permitida en las dimensiones finales o el valor medido de una pieza mecanizada personalizada. (Rapid Direct, 2023)

Una tolerancia límite se expresa como un rango de valores, donde la pieza está bien siempre que la medición se encuentre dentro de ese rango. (Rapid Direct, 2023)

Considerando la índole del proyecto, se precisará llevar a cabo un examen detallado de las piezas que poseen tolerancias restringidas. Esta etapa demandará un período considerable debido a la alta precisión que se requiere. Además, podría resultar fundamental emplear instrumentos y maquinaria de medición especializada, tales como calibradores, micrómetros o comparadores ópticos, para evaluar con exactitud las tolerancias de dichas piezas. (Rapid Direct, 2023)

### **Información interna**

A continuación, se presentan los principales hallazgos obtenidos durante el desempeño como inspector de calidad (véase Figura 19 y 20 en Anexo 2). Estas observaciones fueron corroboradas tanto por la experiencia directa como colaborador del departamento, como por las entrevistas orales realizadas al encargado del departamento de calidad y al departamento de diseño mecánico:

### **Dependencia de Proveedores Externos**

*"La institución no produce todas las piezas mecanizadas necesarias para sus proyectos y contrata proveedores externos, pero incluso ellos pueden llegar a usar placas en las que el grosor no puede controlarse"* (Encargado del Departamento de Calidad)

### **Revisión de piezas mecanizadas**

*"Calidad se encarga de revisar que la pieza coincida con el plano que se nos da diseño mecánico con las pocas herramientas que tenemos"* (Encargado del Departamento de Calidad)

Esto incluye confirmar que las piezas coincidan con el número de parte, el diseño, el material y los certificados correspondientes.

## **Normas de Tolerancia**

*"Las tolerancias limite que se muestran en algunas partes del plano de la pieza son las que llevan la parte funcional, donde se conectan o unen por lo que son medidas críticas. Para medidas no críticas, se aplica de  $\pm 0.1$  mm entre lo aceptable"* (Encargado del Departamento de Calidad)

## **Información sobre acabados**

*"Al inicio, no existía un departamento de calidad formal, cuando entre hice una tabla con piezas sobrantes y sus acabados, al menos para mostrarlos, pero está en la entrada y ya está rota. No hay algo que nos diga: Esto está bien o no."* (Encargado del Departamento de Calidad)

*"Trabajé en el sector, pero aquí hay más variedad de acabados, aprendí viéndolos constantemente, pero al inicio como no los conocía pues era complicado, hasta que te adaptas"* (Encargado del Departamento de Calidad)

## **Capacitación y Recursos**

*"Era el único encargado de hacer todas las labores de calidad, documentales, de revisión, validación y seguimiento de máquinas. Es muy complicado poder enseñarles a las personas así y no tenemos algo como para ayudarlos a guiarse, más que la tabla que comente en la entrada"* (Encargado del Departamento de Calidad)

## **Enfoque en Medidas Críticas**

*"Estas son piezas de stock, se usan en casi todas las máquinas, así que siempre tienen los mismos requerimientos, la medida crucial es la distancia entre barrenos. No afecta si es unos milímetros más larga que la tolerancia o milímetros más chica incluso si sobrepasa los límites del plano, no afecta en nada y regresarla por eso sólo retrasaría."* (Diseñador Mecánico)

*"En las piezas de stock, como brackets, guardas y soportes de lámpara, el ancho puede variar por micras o milímetros sin afectar el ensamble. Los proveedores usan placas prefabricadas que no siempre coinciden con el ancho del plano, pero mientras los machuelos y acabados estén bien, se pueden usar. (Diseñador Mecánico)*

### **Área de oportunidad**

*"A veces te llevas mucho tiempo midiendo las piezas stock de todas porque son muchas, y en realidad solo hay pocas partes que son esenciales de ellas. Intento priorizar las piezas complejas porque llevan más tiempo y hay que tenerles más cuidado" (Encargado del Departamento de Calidad) (Tabla 1)*

**Tabla 1 Análisis de los hallazgos encontrados**

| Aspecto            | Industria                                                                  | Procesos                                                             | Observación                                                                                                                    |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                    | externa                                                                    | internos                                                             |                                                                                                                                |
| <b>Tolerancias</b> | Los mecanizados usan un sistema CNC donde deben respetarse las tolerancias | Existen mecanizados donde es únicamente primordial el área funcional | Existen piezas únicas que deben revisarse directamente con el diseñador. Y, existen piezas que stock que pueden estandarizarse |
| <b>Acabados</b>    | La estética de la pieza es determinada por de tipo de material             | No existe una herramienta visual para conocer los acabados usados    | Colocar al alcance del inspector ayuda visual de los acabados correctos e incorrectos ayudaría en cuanto a la                  |

|                  |                                                                                                  |                                                                                                                 |                                                                                                                              |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  |                                                                                                  |                                                                                                                 | rapidez de la validación                                                                                                     |
| <b>Tiempo</b>    | Dependiendo la pieza se requerirá un análisis más exhaustivo                                     | Debido a la complejidad de algunas piezas necesitan más tiempo, con la carga de trabajo las piezas se acumulan. | Debido a la cantidad de trabajo, no se da el tiempo suficiente a las piezas únicas sin que se acumulen más mecanizados.      |
| <b>Económico</b> | Las empresas para realizar este trabajo necesitan herramientas y maquinaria de medición especial | El departamento de calidad no posee las herramientas necesarias para la complejidad de algunas piezas           | Cualquier alternativa considerada debe ser sin costo adicional y se limita a mejorar la eficiencia del proceso de inspección |

Nota: La tabla muestra un concentrado comparativo entre la industria y los procesos internos para su observación.

## Establecimiento de prioridades

### 2. Establecer prioridades basadas en el diagnóstico para el desarrollo de alternativas de mejora.

En el actual proceso de inspección de piezas mecanizadas en el departamento de calidad de la empresa, se dispone de un espacio limitado y herramientas básicas. El procedimiento consiste en recibir piezas mecanizadas junto con planos enviados por el departamento de diseño mecánico.

Con estos planos, se revisan las piezas, las cuales deben coincidir con el acabado, material y medidas correspondientes.

Sin embargo, el diseñador mecánico afirma que muchas medidas dentro de los planos no afectan su funcionalidad, incluso cuando son marcadas como tolerancias críticas. Estas no son importantes para su funcionalidad al ser ensambladas dentro de los proyectos. No obstante, el área de los planos y sus acotaciones críticas corresponden a un departamento diferente al de calidad. Por lo tanto, la información proporcionada por el ingeniero se utiliza como ayuda para identificar las medidas primordiales dentro de las piezas que se usan en todas las máquinas, a las cuales se hace referencia como piezas en stock.

### ***Análisis de los hallazgos del diagnóstico***

Con los hallazgos presentados en la Tabla 1, se ha realizado el siguiente análisis, enfocado en interpretar de forma clara los resultados obtenidos, con el fin de identificar patrones y áreas de mejora dentro del proceso de inspección de piezas mecanizadas.

#### **Carencia de Panel Visual:**

*Hallazgo:* Falta de un panel visual claro para evaluar acabados.

*Oportunidad de Mejora:* Desarrollar un Panel Visual de Acabados con ejemplos que sirva como guía rápida para los inspectores.

#### **Identificación de Dimensiones Críticas:**

*Hallazgo:* No todas las dimensiones especificadas son críticas para la funcionalidad.

Oportunidad de Mejora: Destacar y tabular las dimensiones críticas para cada tipo de pieza en un documento visual estandarizado.

### **Capacitación en el Uso del Panel Visual:**

*Hallazgo:* La falta de herramientas visuales dificulta la identificación precisa de mecanizados y acabados.

*Oportunidad de Mejora:* Implementar un programa de capacitación que incluya el uso efectivo del Panel Visual de Acabados.

El desarrollo de un Panel Visual de Acabados y la estandarización de la inspección basada en dimensiones críticas son importantes para mejorar la eficiencia y consistencia en el control de calidad dentro de la organización.

Es imposible estandarizar todas las piezas que se miden; algunas piezas requieren tolerancias estrictas, mientras que otras toleran variaciones de 3 o 4 mm como lo son las piezas stock, por lo que se identificará las partes clave de funcionamiento para disminuir su tiempo de medición sin comprometer su evaluación. De la misma forma el uso de un panel visual que muestre un sistema Andon respecto a los acabados que se manejan en la empresa ayudará a reducir la curva de aprendizaje de nuevos inspectores y evitar contratiempos. Actualmente, no se cuenta con ningún apoyo de este tipo, lo que deja las decisiones al criterio y experiencia del inspector, sin ofrecer un estándar.

## Priorización de problemas

Con base en las conversaciones con el inspector de calidad y el diseñador mecánico, se llevó a cabo un análisis de las prioridades para el desarrollo de herramientas visuales de inspección.

El ingeniero de diseño mecánico señala que algunas medidas marcadas como tolerancias críticas en los planos no afectan la funcionalidad, especialmente en proyectos de ensamblaje.

Esta información se utiliza para identificar medidas clave en las "piezas en stock", que son usadas en todas las máquinas comprendidas en: Soportes para lámpara, guardas, copetes y Brackets.

La Tabla 2 muestra cada pieza stock, junto a las medidas funcionalmente críticas y aquellas que poseen una prioridad menor y no afectan su funcionamiento por lo cual se consideran complementarias.

*Tabla 2 Concentrado de medidas críticas y complementarias en piezas stock*

| Pieza stock          |  | Medidas críticas                     |  | Medidas complementarias            |
|----------------------|--|--------------------------------------|--|------------------------------------|
| Soporte para lámpara |  | Distancia entre barrenos             |  | Grosor Pasador para cables         |
|                      |  | Longitud                             |  |                                    |
|                      |  | Ancho                                |  |                                    |
| Guardas              |  | Longitud                             |  | Ancho Grosor                       |
| Copetes              |  | Distancia entre barrenos             |  | Grosor Ancho Curvatura             |
|                      |  | Longitud                             |  |                                    |
| Brackets             |  | Distancia entre barrenos             |  | Ancho de líneas Largo Ancho Grosor |
|                      |  | Guías de posicionamiento dispositivo |  |                                    |

Nota: Adaptado de datos internos

La Tabla 3 se presenta un resumen de los diversos tipos de acabados en las piezas mecanizadas utilizadas en los proyectos ejecutados dentro de la institución. Este concentrado se ha desarrollado a partir de un estudio de campo, respaldado por la información recopilada durante una entrevista con el encargado del departamento de calidad. La tabla asociada brinda una visión integral de los tipos de acabados y las características esenciales que deben exhibir para su validación por parte del departamento de calidad.

***Tabla 3 Tipos de acabados en piezas mecanizadas***

| <b>Acabado</b>         | <b>Características de aceptación</b>                                                                                              |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Aluminio pulido</b> | Textura lisa, franjas suaves por el proceso de pulido.                                                                            |
| <b>Inox pulido</b>     | Textura lisa, acabado uniforme, no presenta manchas ni oxido en el material                                                       |
| <b>Pavonado</b>        | Textura lisa, acabado de color negro uniforme, sin presencia de raspaduras y/o abolladuras en el material, sin presencia de óxido |
| <b>Anodizado</b>       | Acabado liso, acabado semi reflectivo, no presenta óxido, no presenta raspaduras ni abolladuras.                                  |
| <b>Pintado</b>         | Pintura sin burbujas, arrugas o mal acabado estético, la pintura no cubre los machuelos barrenados.                               |
| <b>Sandblast</b>       | Textura arenosa uniforme, no presenta manchas ni oxido en el metal, sin raspaduras ni abolladuras en el material.                 |

Nota: Inox hace referencia al material, acero inoxidable.

## **Propuesta de alternativa**

### **3. Proponer una o más alternativas de mejora con base en las prioridades.**

Debido a la interrelación entre priorización y elementos de aseguramiento en acabados y medidas de funcionamiento críticas se eligió un panel Andon. Un panel por la parte estética,

aplicable a todas las piezas que ingresan al departamento de calidad y otro panel para la parte dimensional de piezas stock, aplicable únicamente a este tipo de mecanizados.

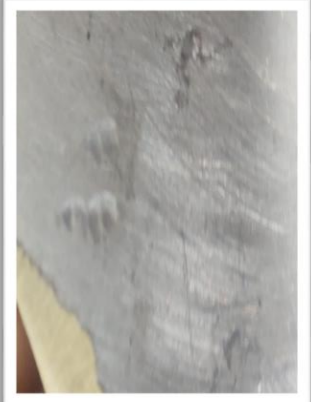
Según (López, 2019) , La mayor parte de la información que captan las personas proviene de las señales y los signos. Se convive diariamente con múltiples señales al rededor y de forma consciente, o no, se utiliza para aumentar la comprensión que se tiene del entorno...”

Considerando la problemática que se busca abordar mediante una herramienta visual y las características fundamentales del sistema Andon, se sostiene que esta constituye la elección idónea para implementar una solución que optimice el proceso de inspección de piezas mecanizadas. La aplicación de esta herramienta tiene como objetivo disminuir la curva de aprendizaje y minimizar la posibilidad de errores durante las fases de inspección y validación, proporcionando una interfaz visual y práctica.

Este enfoque no solo resultaría beneficioso para los miembros actuales del área, sino que también facilitaría la comprensión y adaptación para futuros inspectores que se incorporen en el equipo.

La Figura 1 muestra el Panel de acabados, sistema de medición Andon (*PA-SMA-V01*)

Figura 1 Panel de acabados, sistema de medición Andon (PA-SMA-V01)

| Acabado         | Correcto                                                                                                                                                                     | Aceptado                                                                                                                                                                                            | Rechazado                                                                                                                                                                                |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aluminio pulido | <p>Textura lisa<br/>Franjas suaves por el proceso de pulido</p>                             | <p>Textura lisa<br/>rayones suaves<br/>Imperfecciones no visibles estéticamente</p>                               | <p>Acabado oxidado<br/>abolladura en el material y/o<br/>rasguños que son altamente<br/>visibles</p>  |
| Inox Pulido     | <p>Textura lisa<br/>Acabado uniforme<br/>No presenta manchas ni oxido en el material</p>  | <p>Textura lisa<br/>Rayones suaves por<br/>transportación<br/>imperfecciones estéticamente<br/>no visibles</p>  | <p>Acabado oxidado<br/>Manchas amarillentas<br/>rasguños o rayones altamente<br/>visibles</p>       |

|                  |                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Sandblast</b> | <p>Textura arenosa uniforme<br/>No presenta manchas ni oxido en el metal<br/>No presenta raspaduras ni abolladuras en el material</p>     | <p>Textura arenosa uniforme<br/>Presenta raspaduras y/o abolladuras leves o casi imperceptibles</p>                               | <p>Textura lisa<br/>Textura arenosa desigual<br/>Acabado oxidado<br/>Acabado con manchas amarillas</p>                                                               |
| <b>Pavonado</b>  | <p>Textura lisa<br/>Acabado de color negro uniforme<br/>No presenta raspaduras ni abolladuras en el material<br/>No presenta óxido</p>  | <p>Textura lisa<br/>Acabado de color negro uniforme<br/>Presenta raspaduras casi imperceptibles y/o en lugares no visibles</p>  | <p>Textura aspera<br/>Acabado que no corresponde al pavonado<br/>Superficie descarapelada o manchada<br/>Presenta abolladuras o raspones visibles y profundos</p>  |

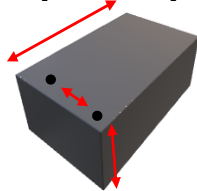
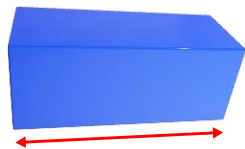
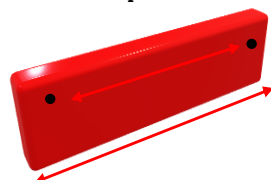
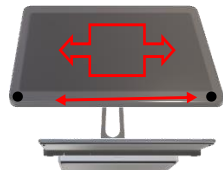
|                         |                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                       |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Anodizado</b></p> | <p>Acabado liso<br/>Acabado semi reflectivo<br/>No presenta óxido<br/>No presenta raspaduras ni abolladuras graves</p>  | <p>Acabado liso<br/>Acabado opaco<br/>Presenta raspaduras casi imperceptibles y/o en lugares no visibles</p>  | <p>Acabado liso<br/>Presenta enterrones, raspaduras y/o abolladuras profundas</p>  |
| <p><b>Pintado</b></p>   | <p>Acabado de pintura uniforme<br/>Pintura sin imperfecciones estéticas<br/>Pintura sin desprendimiento</p>           | <p>Pintura con errores estéticos en lugares no visibles durante el montaje</p>                              | <p>Desprendimiento de pintura<br/>Errores estéticos visibles</p>                  |

Nota: Siguiendo la metodología Andon se usan colores respecto al nivel de aceptación que se posee, considerando que se aceptara la columna amarilla únicamente bajo urgencia de proyecto

Con ayuda del concentrado de medidas críticas (Tabla 2), se realizó el panel dimensional. sistema de medición Andon (PD-SMA-V01) para la delimitación de la validación de medidas de las piezas stock. Considerando el carácter confidencial de dichas piezas se especifica únicamente

las medidas y se coloca una forma geométrica representativa para guiar al inspector en su labor (Figura 2)

*Figura 2 Panel dimensional. sistema de medición Andon (PD-SMA-V01)*

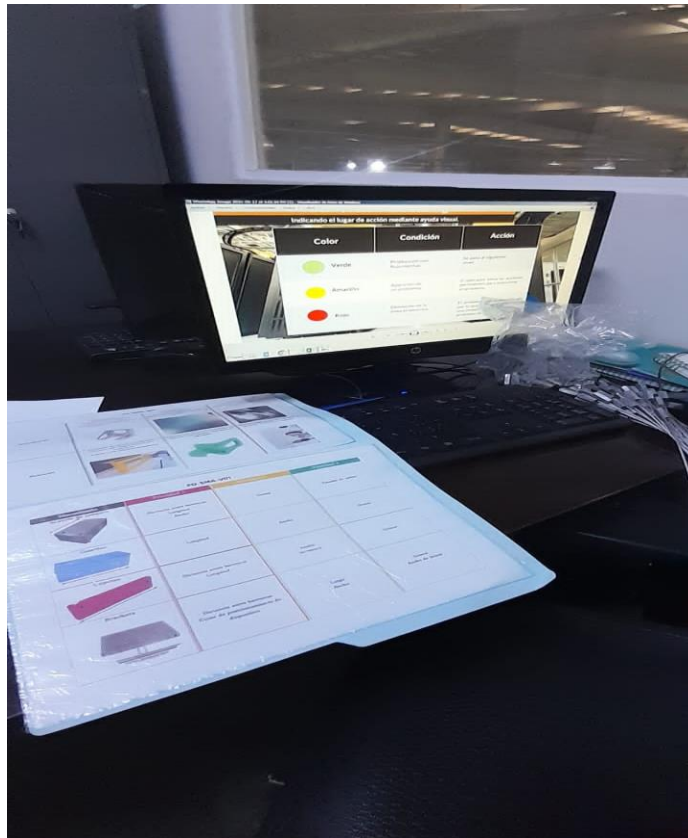
| Mecanizado                                                                                                     | Prioridad 1                                                         | Prioridad 2        | Prioridad 3               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------|
| <b>Soporte de lámpara</b><br> | Distancia entre barrenos<br>Longitud<br>Ancho                       | Grosor             | Pasador de cables         |
| <b>Guardas</b><br>            | Longitud                                                            | Ancho              | Grosor                    |
| <b>Copetes</b><br>           | Distancia entre barrenos<br>Longitud                                | Ancho<br>curvatura | Grosor                    |
| <b>Brackets</b><br>         | Distancia entre barrenos<br>Guías de posicionamiento de dispositivo | Largo<br>Ancho     | Grosor<br>Ancho de líneas |

Nota: Siguiendo la metodología Andon se coloca en rojo la prioridad más importante, seguido de amarillo de prioridad media y verde de prioridad baja; Las formas presentadas son representaciones geométricas debido a la confidencialidad de piezas mecanizadas.

## Comparativa de inspección: Método tradicional vs. panel andon

La comparativa de resultados y tiempos de mejora se ha detallado en dos tablas que presentan la evaluación entre los resultados iniciales de la inspección de piezas, siguiendo el método tradicional, y los procesos implementados con la introducción del Panel Andon diseñado en el proyecto. Este panel, orientado a la medición y validación de piezas mecánicas, se ha desarrollado con el objetivo principal de reducir el tiempo necesario para la validación de las piezas. (Figura 3)

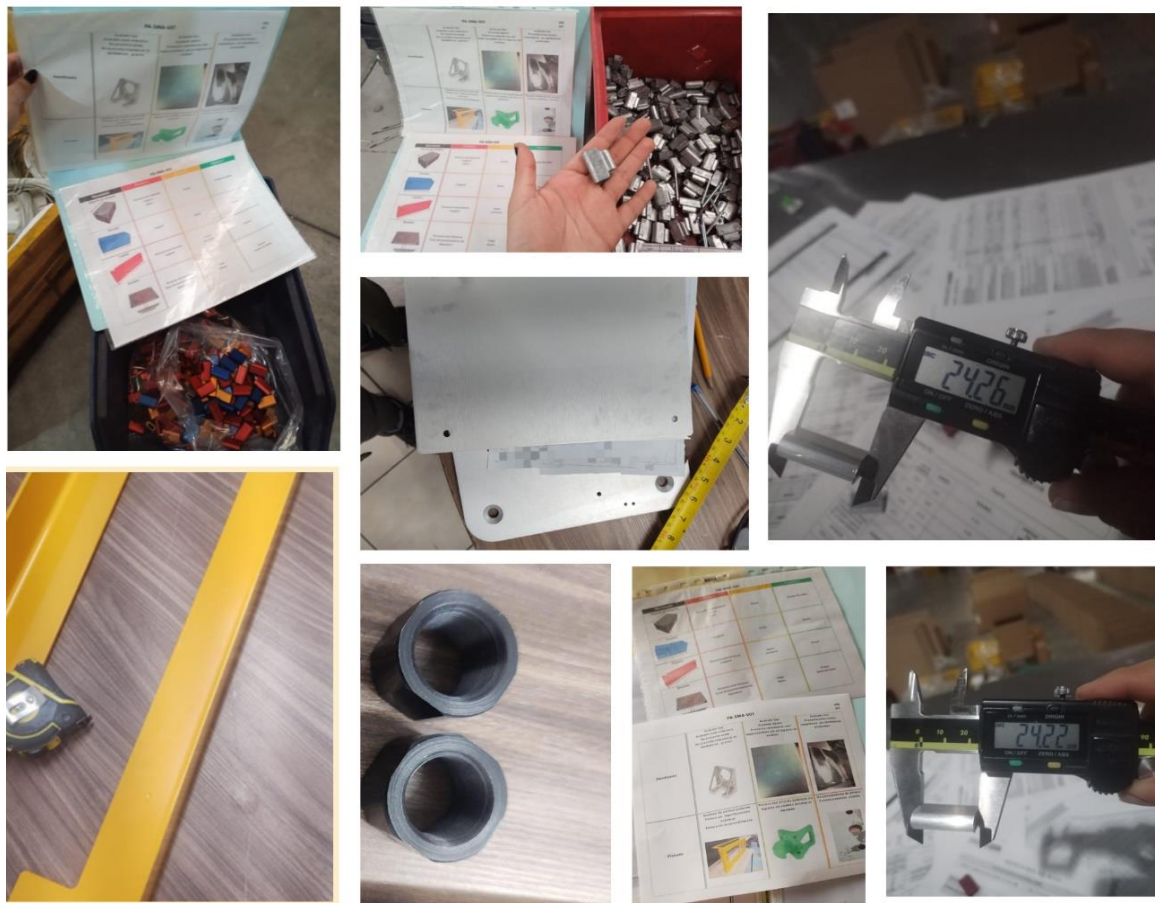
*Figura 3 Panel Andon*



Nota: Formato usado del panel Andon para su prueba dentro de la institución.

Para hacer uso de esta herramienta se han designado dos escenarios: La medición de 4 lotes de piezas de mecanizadas por tiempo, para identificar cuantas piezas son medidas en un tiempo determinado haciendo uso del panel y haciendo uso del proceso tradicional; y el segundo escenario donde se medirán 4 lotes, pero con un número finito de piezas para identificar cuanto tiempo se toma por cada método para su inspección. A continuación, se muestra un recopilado del proceso, desde la recolección, selección, medición, así como una pequeña muestra de las piezas usadas para llevar a cabo la investigación. (Figura 4)

**Figura 4 Proceso para la obtención de resultados**



Nota: Recopilación gráfica sobre el procedimiento de medición de mecanizado, comparando el método tradicional con el propuesto Panel Andon.

## Eficiencia- cantidad

Los resultados se derivan de la investigación de campo realizada por el investigador. Se estableció un límite de 35 minutos para evaluar la mayor cantidad de piezas posible, tanto con el panel como sin él a la vista del inspector. Se recolectaron maquinados para validar forma y acabado, utilizando una mezcla de piezas stock y especiales con acabados en pulido, pavonado, anodizado, anodizado de color y sandblast.

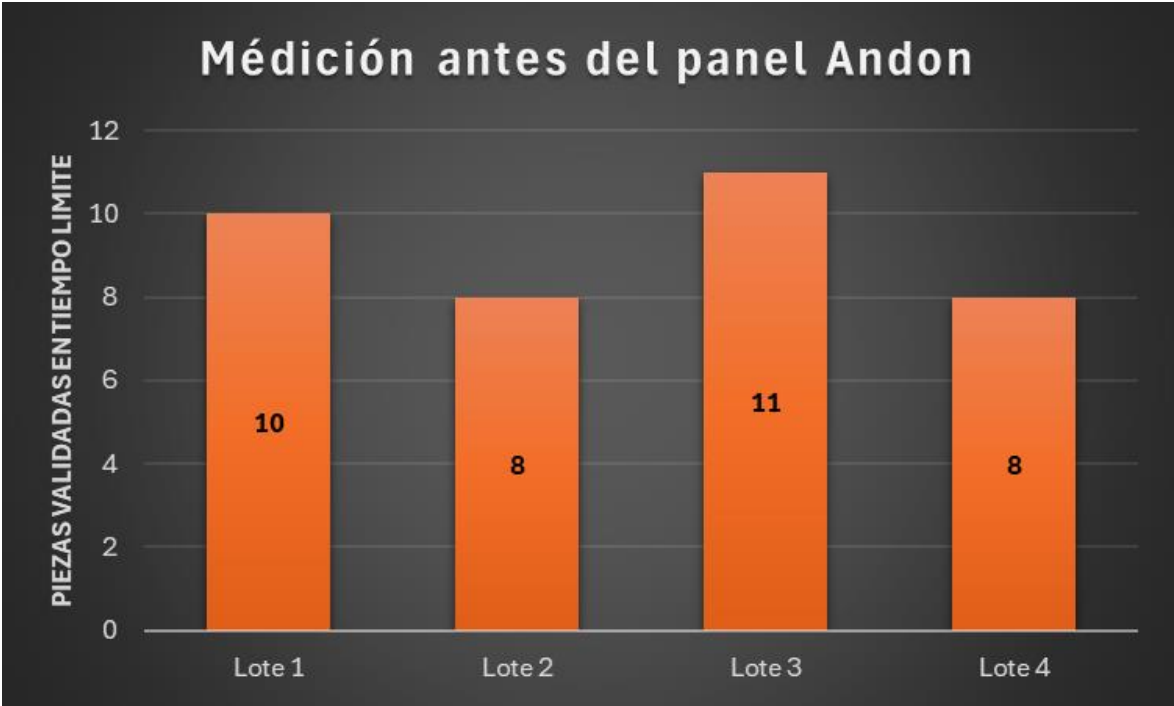
En el proceso de inspección tradicional, se empleó un concentrado para registro (Tabla 4) que corresponde al método tradicional de inspección, sin la asistencia visual del panel. Por otro lado, la tabla continua proporciona la recopilación de datos en relación con las piezas validadas en el mismo lapso haciendo uso de la herramienta de inspección visual (Tabla 5). Los resultados mostrados en la Tabla 4 y Tabla 5 también se representan visualmente en los Diagramas de Barras (Figura 5 y Figura 6, respectivamente) para facilitar su interpretación.

***Tabla 4 Piezas validadas-eficiencia cantidad. Método tradicional***

| Método tradicional |                      |            |
|--------------------|----------------------|------------|
| Lote               | Tiempo de validación | No. Piezas |
| Lote 1             | 35                   | 10         |
| Lote 2             | 35                   | 8          |
| Lote 3             | 35                   | 11         |
| Lote 4             | 35                   | 8          |

Nota: Elaboración propia

Figura 5 Gráfico de barras de la eficiencia en la cantidad de piezas medidas con el método tradicional



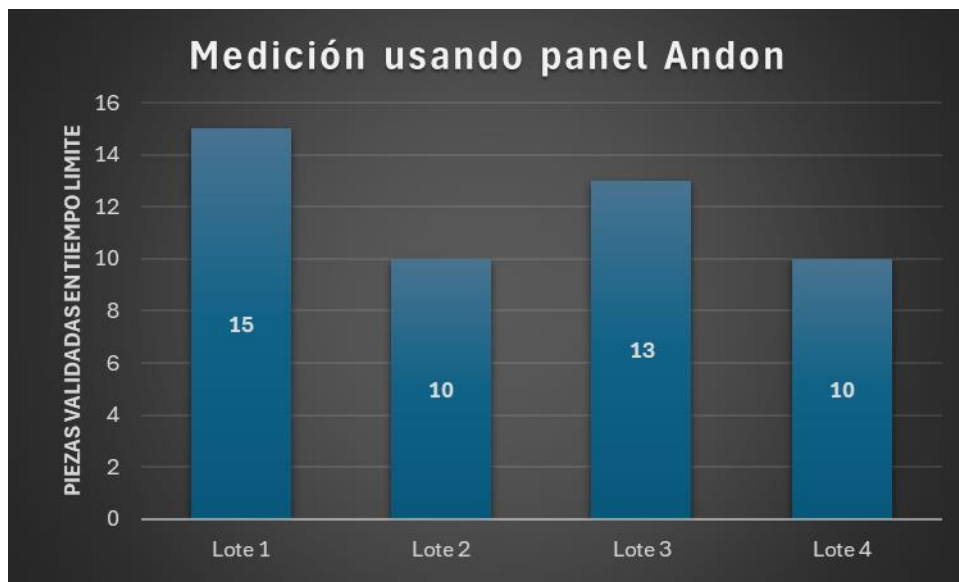
Nota: Elaboración propia

Tabla 5 Piezas validadas- eficiencia cantidad. Panel Andon

| Panel Andon |                      |            |
|-------------|----------------------|------------|
| Lote        | Tiempo de validación | No. Piezas |
| Lote 1      | 35                   | 15         |
| Lote 2      | 35                   | 10         |
| Lote 3      | 35                   | 13         |
| Lote 4      | 35                   | 10         |

Nota: Elaboración propia

**Figura 6 Gráfico de barras de la eficiencia en la cantidad de piezas medidas con el panel andon**



Nota: Elaboración propia

Con estos datos se realizó una comparativa gráfica entre la cantidad de piezas validadas en un lapso de 35 minutos utilizando ambos métodos para identificar si existe alguna diferencia significativa entre el uso de la herramienta propuesta para la validación de piezas (Figura 7).

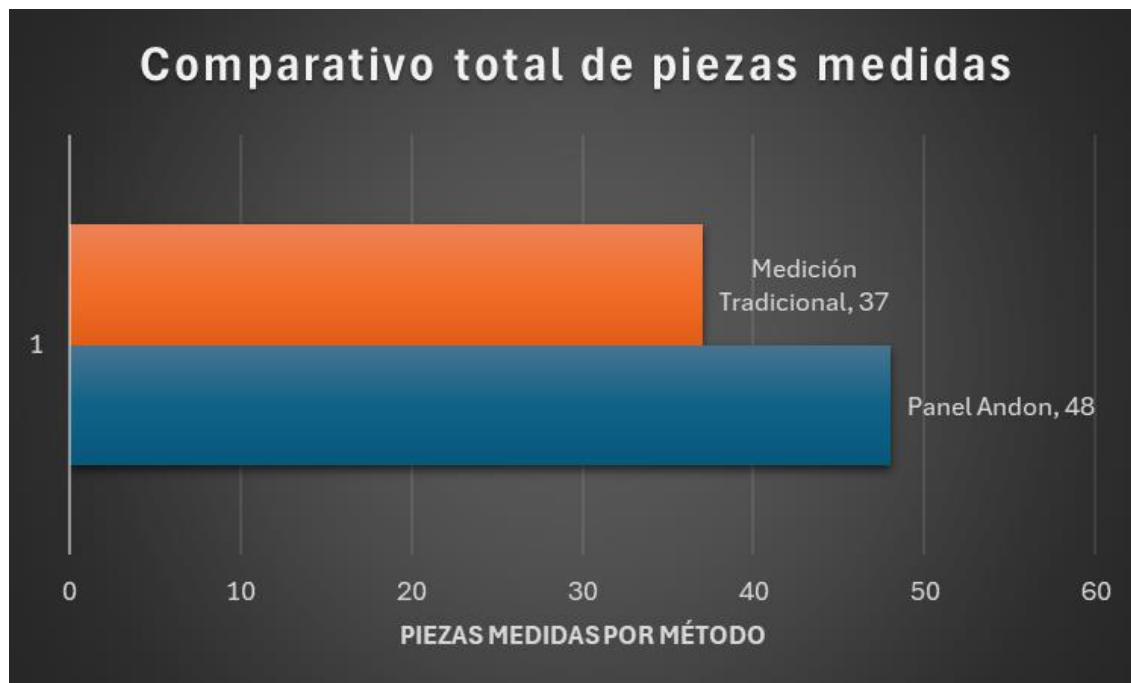
**Figura 7 Comparativo eficiencia- cantidad**



Nota: Elaboración propia

Se observa que haciendo uso del panel Andon, en este escenario se miden en promedio 3 piezas extra por lote que haciendo uso del método tradicional. En total al usar el panel de inspección en 35 minutos se revisaron 48 piezas mientras que al seguir el método tradicional se midieron 37 piezas. Lo que significa que haciendo uso del panel de inspección Andon se revisaron 11 mecanizados más, lo que representa un 29.7% más de piezas revisadas en el mismo tiempo (Figura 8).

*Figura 8 Comparativo total de piezas medidas*



Nota: Elaboración propia

### **Eficiencia-tiempo**

Además, se usó el mismo procedimiento para identificar el tiempo (minutos) usado para medir 5 mecanizados, tabulando el tiempo usando el método tradicional (Tabla 6) y el tiempo

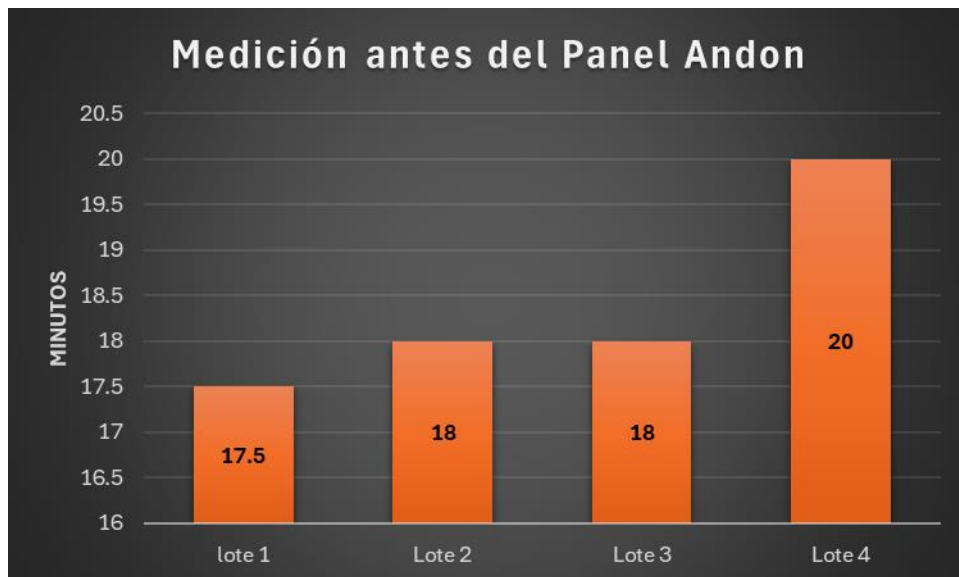
haciendo uso del panel de inspección Andon (Tabla 7) Los datos de las Tablas 6 y 7 también se representan visualmente en los diagramas de barras (Figura 9 y Figura 10, respectivamente).

**Tabla 6 Piezas validadas- eficiencia tiempo. Método tradicional**

| Método tradicional |                      |            |
|--------------------|----------------------|------------|
| Lote               | Tiempo de validación | No. Piezas |
| Lote 1             | 17.5                 | 5          |
| Lote 2             | 18                   | 5          |
| Lote 3             | 18                   | 5          |
| Lote 4             | 20                   | 5          |

Nota: Elaboración propia

**Figura 9 Gráfico de barras relación eficiencia tiempo usando el método tradicional**



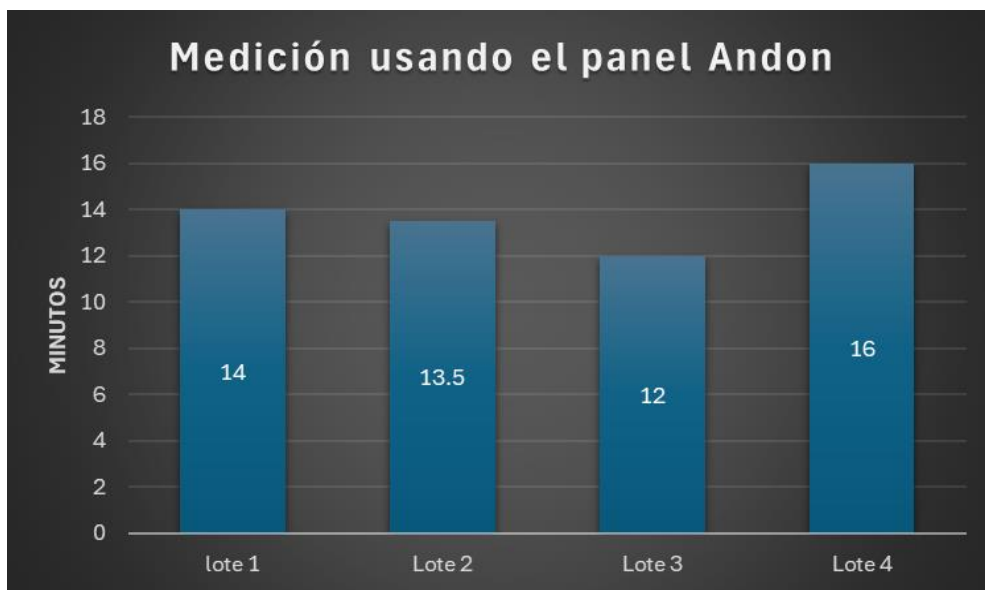
Nota: Elaboración propia

**Tabla 7 Piezas validadas- eficiencia tiempo. Panel Andon**

| Panel Andon |                      |            |
|-------------|----------------------|------------|
| Lote        | Tiempo de validación | No. Piezas |
| Lote 1      | 14                   | 5          |
| Lote 2      | 13.5                 | 5          |
| Lote 3      | 12                   | 5          |
| Lote 4      | 16                   | 5          |

Nota: Elaboración propia

**Figura 10 Gráfico de barras relación eficiencia tiempo usando el Panel Andon**



Nota: Elaboración propia

Con los datos recopilados sobre la efectividad en relación con el tiempo para la validación de piezas se realizó un gráfico comparativo entre el método tradicional y el uso del panel Andon para identificar la diferencia (Figura 11)

*Figura 11 Comparativo- eficiencia tiempo.*



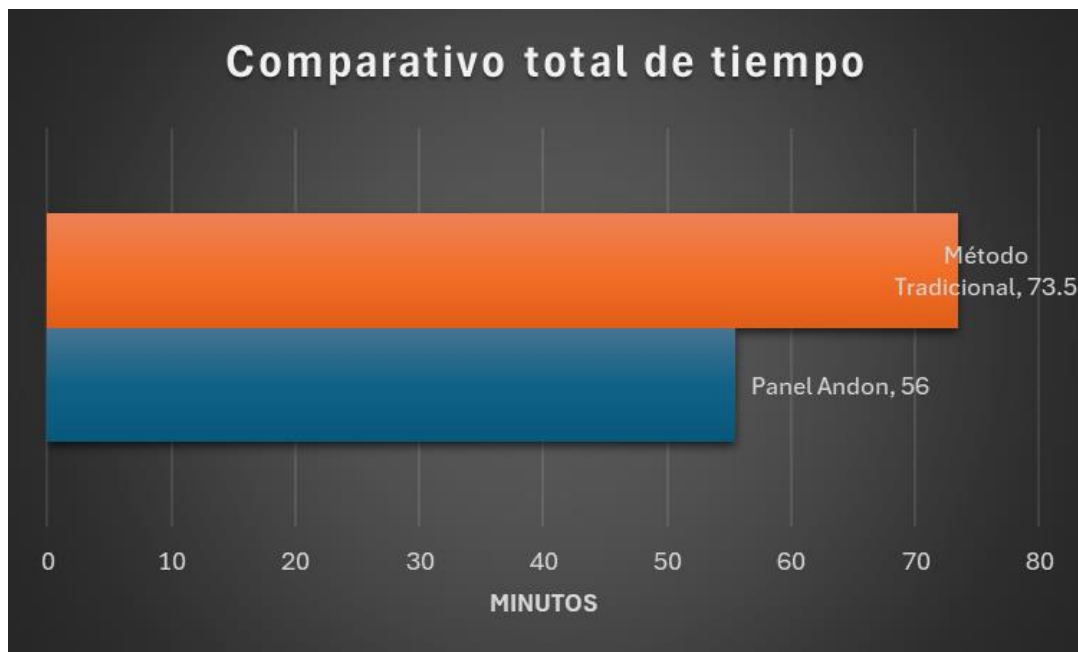
Nota: Elaboración propia

Para identificar la eficiencia respecto al tiempo, se tomaron 4 lotes todos ellos con 5 piezas los cuales fueron medidos tomando el tiempo de inspección; es importante mencionar que se usaron los mismos lotes usando el panel Andon y el método tradicional. Se observa que sin el apoyo del panel de inspección el tiempo de validación aumenta en promedio 4.5 minutos.

Al usar el método tradicional por los 4 lotes de piezas 73.5 minutos; mientras que usando el panel Andon se tomó un tiempo de medición, por la misma cantidad de piezas, de 55.5 minutos.

Por lo que usando el Panel visual fue posible la reducción de tiempo total en 18 minutos, es decir un 24.5% (Figura 12)

*Figura 12 Comparativo total tiempo*



Nota: Elaboración propia

Una muestra de piezas medidas durante el experimento pueden ser vistas en el Anexo 1 (Figuras 13 a 18). Estas imágenes ilustran las diferentes dimensiones y características observadas durante el proceso de medición.

# Conclusiones

Los hallazgos identificaron la ausencia de un apoyo o proceso con estándares para evaluar acabados, la falta de claridad en las dimensiones críticas de las piezas y la carencia de capacitación dentro de la institución, lo que complicaba la precisión en la inspección afectando las piezas con las que se trabaja en otras áreas y, el producto final. No obstante, al implementar un sistema de apoyo visual y estandarizar las inspecciones de piezas stock, se logró de forma efectiva reducir el tiempo de validación y mejorar la consistencia en las evaluaciones al tiempo que refuerza el aprendizaje permanente en inspectores.

## **1. Realizar un diagnóstico en cuanto a la inspección de piezas dentro de la organización.**

El área de calidad enfrenta limitaciones importantes debido a la falta de herramientas de medición precisas, personal capacitado y una metodología definida para la inspección. Estas deficiencias generan retrasos en el proceso de validación de piezas y afectan su precisión. Los planos de diseño, al no ajustarse a las necesidades funcionales de las piezas, requieren esfuerzos adicionales para cumplir con normativas innecesarias.

Para mitigar estos problemas, se propuso la implementación de un sistema de ayuda visual, que permitirá a los inspectores familiarizarse rápidamente con los acabados y medidas críticas, reduciendo el tiempo de validación, a pesar de las limitaciones en herramientas y personal.

## **2. Establecer prioridades para el desarrollo de alternativas de mejora.**

Las entrevistas realizadas revelaron que la empresa carece de un sistema funcional para el flujo de trabajo entre departamentos, así como de una metodología y parámetros establecidos para la inspección de calidad. La validación de piezas depende del criterio del inspector, lo que genera

inconsistencias. Además, los planos del diseño mecánico incluyen tolerancias prioritarias que no son funcionales, lo que ocasiona trabajo innecesario y extiende el tiempo de validación. La ausencia de estándares visuales para los acabados estéticos genera variabilidad en la calidad. Se identificaron piezas clave con medidas y formas consistentes, lo que permite establecer un criterio claro sobre los acabados y materiales, mejorando así la eficiencia del proceso de inspección y reduciendo la carga de trabajo del inspector.

### **3. Proponer una o más alternativas de mejora con base en las prioridades.**

En conclusión, la implementación de una guía visual para evaluar acabados y medidas críticas funcionales mejora la eficiencia en la inspección de piezas. Esta herramienta, dirigida especialmente a nuevos inspectores, facilita su familiarización con las piezas más comunes y establece un estándar de calidad claro, permitiendo un trabajo de inspección más uniforme, objetivo y menos dependiente del criterio personal.

Con los hallazgos encontrados, se propone a la institución implementar las siguientes recomendaciones: establecer guías visuales para agilizar el proceso de validación de piezas, estandarizar los planos y tolerancias de acuerdo con las necesidades funcionales, mejorar la coordinación entre departamentos para reducir retrasos y adoptar tecnologías avanzadas de medición para optimizar la precisión y eficiencia en las inspecciones.

Finalmente la anterior, nula planteada al inicio de este proyecto indica que si es posible que le Técnica Andon incremente el flujo y la productividad del proceso de inspección de piezas, ya que solo se podía trabajar en este proceso si el ingeniero de calidad se encontraba en la empresa, ahora ya existe una guía que permite al resto del equipo de trabajo inspección solos y avanzar en este proceso, dándole fluidez; en 35 minutos se revisaron 48 piezas con la ayuda de Andón y 37

con el método anterior , lo cual indica un mayor productividad al medir más piezas y a la vez se hace más fluido el proceso, por lo tanto la hipótesis queda aceptada.

## **Competencias desarrolladas**

### **De perfil de egreso**

El perfil de egreso de la Ingeniería en Gestión Empresarial fomenta habilidades clave para diseñar y mejorar procesos organizacionales, adaptándose a las necesidades de un entorno competitivo y en constante cambio. Entre las competencias desarrolladas destacan: diseñar e innovar estructuras administrativas y procesos, con base en las necesidades de las organizaciones para competir eficientemente en mercados globales; aplicar métodos de investigación para desarrollar e innovar modelos, sistemas, procesos y productos en las diferentes dimensiones de la organización; aplicar métodos, técnicas y herramientas para la solución de problemas en la gestión empresarial con una visión estratégica; y reconocer la importancia de la actualización permanente para enfrentar los cambios y tendencias del entorno de las organizaciones Tecnológico Nacional de México (s.f.)

Estas competencias sirvieron como fundamento para el diseño y aplicación del modelo de gestión visual desarrollado en este proyecto, enfocado en mejorar los estándares de calidad dentro del proceso de inspección de piezas mecanizadas.

### **1.- Diseña e innova estructuras administrativas y procesos, con base en las necesidades de las organizaciones para competir eficientemente en mercados globales.**

Dentro del proyecto se diseñó un modelo de gestión visual con los conocimientos aprendidos durante la carrera así mismo se aplicó al proceso que representaba un área de oportunidad en este caso el área de calidad dentro del proceso de inspección, proponiendo una herramienta que estandarice la calidad de piezas mecanizadas aceptadas con la cual la institución trabajara generando un estándar de calidad como organización de forma objetiva.

### **2.- Aplica métodos de investigación para desarrollar e innovar modelos, sistemas, procesos y productos en las diferentes dimensiones de la organización.**

Se llevó a cabo una investigación de campo y recopilación de datos como paso previo a la propuesta detallada en el proyecto. Este proceso fue fundamental para obtener las conclusiones necesarias y concentrar de manera específica la información esencial.

La investigación y recopilación de datos previos fueron esenciales para fundamentar las propuestas del proyecto. El objetivo final es ofrecer un sistema claro y comprensible que mejore la inspección, destacando la relevancia de la colaboración con otras áreas para abordar de manera efectiva las necesidades del departamento de calidad.

### **3.- Aplica métodos, técnicas y herramientas para la solución de problemas en la gestión empresarial con una visión estratégica.**

Se identificó la falta de presupuesto otorgado al área de calidad, a pesar de su importancia en la empresa. Para superar estas limitaciones, se propuso la implementación de una herramienta

de gestión visual accesible tanto en términos de información como de costos. Esta herramienta se diseñó específicamente para beneficiar al departamento de calidad. Y a su vez de forma estratégica esto reduce tiempos en el tiempo en el que las piezas tardan en ser validadas y llevadas a producción para su ensamble agilizando el trabajo de diversas áreas como producción, programación y electromecánica.

#### **4-. Reconoce la importancia de la actualización permanente para enfrentar los cambios y tendencias del entorno de las organizaciones.**

Dentro de la organización, los métodos en el área de calidad eran poco actualizados. El estudiante, consciente de la poca atención prestada a esta área, detectó que las piezas eran medidas con mayor eficacia cuando el inspector contaba con una ayuda visual constante. Como lo ha sido el panel Andon, reduciendo los tiempos de inspección dentro del área de calidad.

### **Competencias genéricas profesionistas**

#### **1-. Capacidad para identificar, planear y resolver problemas.**

Al desarrollarse como inspector de calidad dentro del departamento de calidad, el investigador identificó la deficiencia de estandarización dentro del proceso así como el poco apoyo con el que contaba el departamento en cuestión de recursos por lo que identificó una alternativa de bajo costo que permita estandarizar acabados y dar prioridad a medidas principales en piezas stock para así abrir una brecha que permitirá obtener más tiempo para evaluación de piezas únicas y evitar un estancamiento sin poner en riesgo su examinación.

## **2-. Creatividad**

Bajo el entorno en el cual se desarrolló la investigación se identificó carencia en el material de medición, así como la poca designación de recursos del departamento por lo que se diseñó una herramienta que fuera visual de bajo costo que resulta portátil. Considerando que el área de inspección es pequeña, la herramienta puede utilizarse en una porta hojas o colocarse de manera accesible. Además, si es necesario medir piezas de mayor tamaño, el inspector puede llevar la herramienta al lugar de inspección temporal en formato documental, minimizando así el riesgo de accidentes con las piezas y el equipo de cómputo. Sin embargo, la herramienta es versátil y se puede utilizar tanto en formato documental como digital.

## Fuentes de información

*AMN Quality*. (2023). Obtenido de <https://amnquality.com/industria/automotriz/>

Arteaga, A. A. (16 de Octubre de 2023). *Lean Construction Mexico*. Obtenido de <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/qu%C3%A9-es-andon-en-lean-manufacturing-ejemplos-y-tipos-de-sistema>

*EONSI*. (06 de 10 de 2022). Obtenido de <https://eonsi.eu/pulido-de-metales-fases-del-proceso-eonsi/>

*EONSI*. (07 de 09 de 2022). *EONSI*. Obtenido de <https://eonsi.eu/que-es-el-proceso-de-avellanado-y-en-que-consiste-eonsi/>

*Grumeber* . (06 de Septiembre de 2022). Obtenido de Grumeber : <https://grumeber.com/como-es-la-fabricacion-de-piezas-mecanizadas/#:~:text=En%20palabras%20simples%2C%20las%20piezas,que%20se%20l%20precisamente%20mecanizado.>

Herrero, P. (10 de Septiembre de 2021). *Sage*. Obtenido de <https://www.sage.com/es-es/blog/gestion-visual-para-trabajar-de-manera-mas-eficiente/>

*Hidegar*. (08 de Julio de 2019). Obtenido de <https://hidegar.com/es/que-es-el-pavonado/>

*HQTS*. (21 de Agosto de 2021). *HQTS*. Obtenido de <https://www.hqts.com/es/tipos-inspeccion-calidad/#:~:text=Una%20inspecci%C3%B3n%20de%20calidad%20mide,conformidad%20con%20los%20criterios%20establecidos.>

*Infaimon*. (07 de Marzo de 2023). Obtenido de <https://infaimon.com/blog/cuello-botella-produccion/#:~:text=El%20significado%20de%20cuello%20de,de%20la%20l%C3%ADnea%20de%20producci%C3%B3n>.

López, B. S. (01 de Noviembre de 2019). *Ingeniería industrial*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/andon-control-visual/>

metrología., C. e. (2021). *Centro español de metrología. CEM*. Obtenido de Breve historia de la metrología: [https://www.cem.es/sites/default/files/2021-01/breve%20historia\\_de%20la%20metrologia\\_doc.pdf](https://www.cem.es/sites/default/files/2021-01/breve%20historia_de%20la%20metrologia_doc.pdf)

Pragmar Distributors. (2023). *Pragmar Distributors*. Obtenido de <https://www.pragmar.net/sand-blast-y-pintura/>

*Rapid Direct*. (2023). Obtenido de <https://www.rapiddirect.com/es/base-de-conocimientos/c%C3%B3mo-obtener-el-mejor-acabado-mecanizado-cnc-para-sus-productos/>

*Rapid Direct*. (24 de Noviembre de 2023). Obtenido de <https://www.rapiddirect.com/es/blog/cnc-machining-services-tolerances/>

*Ripipsa*. (2023). Obtenido de Ripipsa: <https://ripipsacobots.com/automatizacion/>

*SMH*. (s.f.). Obtenido de <https://www.tallerdetornosmh.com/fabricacion-piezas/>

*Tool insert*. (2023). Obtenido de [https://www.toolinsert.com/barrenado\\_toolinsert\\_maquinados.html](https://www.toolinsert.com/barrenado_toolinsert_maquinados.html)

Valencia, M. d. (29 de 02 de 2024). *mepreval*. Obtenido de mepreval: <https://mepreval.com/blog/control-de-calidad-en-piezas-mecanizadas>

Tecnológico Nacional de México. (s.f.). *Perfil-Objetivo: Ingeniería en Gestión Empresarial*. En Normateca. Obtenido de TecNM

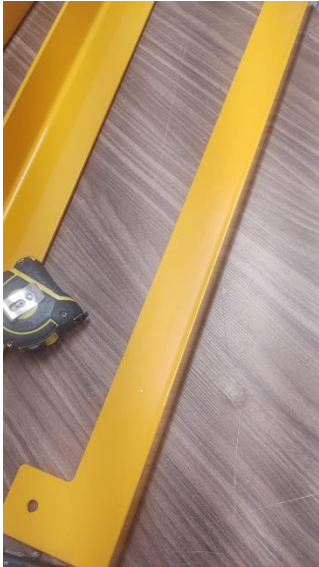
<https://www.tecnm.mx/?vista=Normateca>

## Anexos

### Anexo 1: Muestra de piezas usadas para la investigación de herramientas visuales.

*Figura 13. Pieza medida A*

*Nota:* La pieza A, forma parte de la muestra usada para la investigación.



*Figura 14. Pieza medida B*

*Nota:* Pieza B, forma parte de la muestra usada para la investigación.



*Figura 15. Pieza medida C*

*Nota:* La pieza C, forma parte de la muestra usada para la investigación.



*Figura 16. Pieza medida D*

Nota: La pieza D, forma parte de la muestra usada para la investigación.



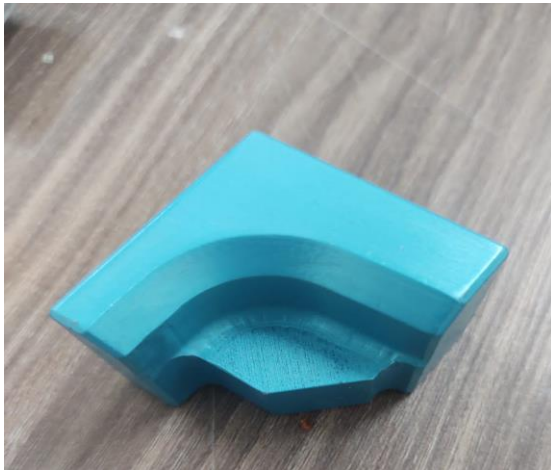
*Figura 17. Pieza medida E*

Nota: La pieza E, forma parte de la muestra usada para la investigación.



Nota: La pieza F, forma parte de la muestra usada para la investigación.

*Figura 18 Pieza medida F*



## Anexo 2 Evidencia de la participación como inspector de calidad

Figura 19 Nómina que respalda la participación como inspectora de calidad, Departamento de Calidad.

|                                              |                                 |
|----------------------------------------------|---------------------------------|
| <b>107 - MARIA FERNANDA ALVAREZ CARRANZA</b> | <b>Ejercicio: 2023</b>          |
| RFC:                                         | <b>Periodo: 18 04 Quincenal</b> |
| CURP:                                        | <b>16/Sep/2023 -30/Sep/2023</b> |
| Fecha Ini Relación Lab:                      | Días de Pago: 15.000            |
| Jornada:                                     | Fecha Pago: 29/Sep/2023         |
| NSS:                                         | Puesto: Inspector de calidad    |
| Tipo salario:                                | Depto: Calidad                  |
| Domicilio Fiscal:                            |                                 |

Nota: la información sensible ha sido censurada para proteger la privacidad

Figura 20 Investigador en su labor de inspección de mecanizados



Nota: Investigador desempeñándose como inspector de mecanizados en la industria