

**Centro de Enseñanza Técnica y Superior, CETYS
Universidad**



**Maestría en ingeniería e innovación con orientación en
sistemas y procesos industriales.**

**Diseño de un sistema de calidad para el desarrollo de
accesorios mecánicos para el proceso de granallado.**

Tesis
para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
Maestro en ingeniería

Presenta:

Roberto Cervantes Verdugo

Ensenada, Baja California, México
Año 2020

Resumen de la tesis que presenta **Roberto Cervantes Verdugo** como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en ingeniería e innovación con orientación en sistemas y procesos industriales.

Diseño de un sistema de calidad para el desarrollo de accesorios mecánicos para el proceso de granallado.

Se realizó un análisis de los accesorios mecánicos del área de granallado, con el propósito de disminuir el métrico de desperdicio en un 50% mediante el diseño e implementación de un sistema de calidad. Se abordó un análisis sobre cómo evaluar una herramienta mecánica y mejorar su proceso de creación, con el fin de detectar y capturar los errores de diseño en las etapas previas a su construcción. Asimismo, se estandarizaron los tiempos de creación de los accesorios mecánicos de granallado mediante una matriz con tres tipos de herramientas.

El proyecto incluyó el estudio de una serie de pasos en los que un diseñador mecánico asegura la calidad de una herramienta de granallado, aumentando así la confiabilidad de esta.

Se realizó documentación para tener trazabilidad y formalidad durante el proceso, ayudando a tener evidencia que ayude en la mejora continua en el área de diseño. También se trabajó en la integración de un equipo multidisciplinario para integrar a diferentes expertos en el proyecto, lo que favoreció la toma de decisiones, resultando en una mejor priorización de metas, así como la resolución de problemas.

Asimismo, se muestra un contraste entre los tres meses previos a la implementación del sistema de calidad y los tres meses posteriores, donde se ve reflejada la disminución del desperdicio de piezas sometidas al proceso de granallado. Al aplicar un diagrama Pareto se muestra la forma de seleccionar los números de parte que se eligieron para la creación de nuevas herramientas. Al final del proyecto se gestionaron herramientas adecuadas, innovadoras y funcionales, por lo que este sistema de calidad para el desarrollo de herramientas de granallado ofrece una forma óptima de gestionar cada nuevo proyecto en el área de diseño de herramientas.

Palabras clave: Mejora continua, Granallado, Diagrama Pareto, Tolerancia, Diseño mecánico, Dimensionamiento, análisis.

Abstract of the thesis presented **by Roberto Cervantes Verdugo** as a partial requirement to obtain the Master of Science degree in Engineering and Innovation with orientation in industrial systems and processes.

Design of a quality system for the development of mechanical accessories for the sand blasting process.

An analysis of the mechanical accessories of the blasting area was carried out, with the purpose of reducing the waste metric by 50% through the design and implementation of a quality system. An analysis was undertaken on how to evaluate a mechanical tool and improve its creation process, in order to detect and capture design errors in the stages prior to being built. Likewise, the creation times of the mechanical blasting accessories were standardized by means of a matrix with 3 types of tools.

The project included the study of a series of steps in which a mechanical designer ensures the quality of a blasting tool, thus increasing its reliability.

Documentation was made to have traceability and formality during the process, helping to have evidence to help in continuous improvement in the design area. Work was also done on the integration of a multidisciplinary team to integrate different experts in the project, which favored decision-making, resulting in improved prioritization of goals, as well as problem solving.

Likewise, a contrast is shown between the three months prior to the implementation of the quality system and the three months afterwards, where the reduction in waste of parts subjected to the shot blasting process is reflected. By applying a Pareto chart, the way of selecting the part numbers that were chosen for the creation of new tools is shown. At the end of the project, suitable, innovative and functional tools were managed, so this quality system for the development of blasting tools offers an optimal way to manage each new project in the area of tool design.

Continuous improvement, Sand blasting, Pareto Diagram, Tolerance, Mechanical design, Dimensioning, Analysis.

Dedicatoria

A la memoria de mi madre Alba y abuela Teresa, por el apoyo, amor, esfuerzos, enseñanzas y el influir en mí el perseguir una mejor educación posible para ser un ciudadano de valor para a mi comunidad.

Agradecimientos

Agradezco al Consejo de ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca (No. de Beca: 712864) recibida durante la Maestría en Ingeniería e Innovación y el apoyo brindado por sus asesores durante mi estancia en Cetys Universidad.

A mi esposa Mariana, por el apoyo y paciencia que me diste estos años de maestría y por impulsarme a lograr esta meta.

A mis tías Gabriela y Mónica que me han cuidado y me han apoyado en mi carrera profesional.

Al plantel de maestros de Cetys Universidad de la maestría en ingeniería, por su guía y dedicación a la docencia, aprendí mucho sobre sus experiencias y conocimientos en cada una de las materias.

A mi padre, por ser de apoyo en mis estudios.

Tabla de contenido

	Página
Resumen en español.	i
Resumen en inglés.	ii
Dedicatorias.	iii
Agradecimientos.	iv
Lista de figuras.	vii
Lista de tablas.	ix
Capítulo 1. Introducción	1
Hipótesis.	5
Objetivos.	5
Objetivo general.	5
Objetivos específicos.	5
Capítulo 2. Marco Teórico	9
Análisis modal de fallos y efectos.	16
Normas para el Diseño Mecánico	19
Dimensionamiento Mecánico	22
Propiedades mecánicas	29
Propiedades obtenidas del ensayo de tensión.	30
Importancia mecánica de la fractura.	33
Tratamientos Térmicos:	34
Materiales	34
Capítulo 3. Metodología	39
Desarrollo de las herramientas:	41
Capítulo 4. Resultados y Discusión	50
Capítulo 5. Conclusiones	59
Literatura citada.	61

Anexos.	63
----------------	-----------

Lista de figuras

Figura		Página
1	Los 7 principios de la calidad según ISO.	2
2	Robot autónomo de granallado.	4
3	Simulación de un brazo robótico en la aplicación de granallado.	5
4	Ciclo de Deming	12
5	Fases del proceso de diseño que reconocen múltiples retroalimentaciones e iteraciones	21
6	Símbolos de características geométricas.	24
7	Marco de control Básico para el dimensionamiento Geométrico y tolerancias.	25
8	Los tres planos de intersección mutuamente perpendiculares de un marco de referencia de referencia.	26
9	simulación de un ensamble con GD&T.	27
10	visión general de la cartografía de la cadena de valor.	28
11	Etapas iniciales del trazado del mapa de una cadena de valor.	29
12	Módulo de Young.	31
13	Ensayo de flexión utilizado para medir la resistencia de materiales frágiles.	33
14	Diagrama de Pareto del área de alto volumen.	38
15	Diagrama de Pareto del área de bajo volumen.	39
16	Placa tipo "C"	42
17	Placa tipo "B"	42
18	Placa tipo "A"	43
19	Ejemplo de un plano con inserto.	44
20	Ejemplo de presentación hacia el equipo de ingeniería previo a una junta de	45

	análisis.	
21	Ejemplo de presentación hacia el equipo de ingeniería previo a una junta de análisis.	46
22	Diagrama de Flujo por el cual pasa una herramienta.	48
23	Desperdicio en el área de granallado de enero a Julio 2020 para alto volumen.	50
24	Desperdicio en el área de granallado de enero a Julio 2020 para bajo volumen.	51
25	Ejemplo de plano sin estandarización ni sistema de calidad.	54
26	Plano con el nuevo estándar de calidad.	55

Lista de tablas

Tabla		Página
1	Matriz de clasificación de Diseños de herramientas para granallado.	41

Capítulo 1. Introducción

En el año 1987 ISO (por sus siglas en inglés “International Standard Organization”) elabora su primer manual de calidad ISO9000 donde se postula así mismo como un manual de estandarización para la administración de la calidad y la certeza de la calidad. La organización ISO apoya a compañías de todo el mundo a mantener sistemas eficientes de calidad. A pesar de que no son específicos a ningún en específico, la mayoría de las empresas utilizan dichos estándares independientemente del giro en el que se desarrollan. ISO9000 permite a las compañías satisfacer las demandas regulatorias gubernamentales además de mejorar el proceso, por lo que permite al cliente confiar en el producto que adquiere. A partir de este primer estándar ISO, se desarrollaron documentos más específicos para giros especializados, como lo son la industria médica o electrónica por mencionar algunos.

Los modelos de estándares ISO tienen como objetivo 5 metas:

1. Satisfacer las demandas de los accionistas
2. Poder ser utilizados en empresas de cualquier tamaño
3. Ser usado en múltiples sectores industriales
4. Ser simple y claro
5. Conectar la administración de la calidad con los procesos del negocio.

Estos están basados en 7 principios de administración de calidad (Figura 1) que pueden ser aplicados para promover la mejora continua de las organizaciones. En la actualidad existen documentos ISO especializados para industrias, pero los principios básicos escritos en el ISO9000 son la base para los documentos modernos.



Figura 1. Los 7 principios de la calidad según ISO, Fuente: Consultoría GMQ

- **Enfoque al cliente:** comprende las necesidades actuales y futuras.
- **Liderazgo:** El propósito y orientación que tiene la empresa.
- **Participación del personal:** cada individuo debe ser parte de los cambios y objetivos.
- **Enfoque basado en procesos:** ser eficiente en las actividades y uso de los recursos.
- **Mejora continua:** debe aplicarse un ciclo de cambio para bien en las empresas.
- **Enfoque basado en hechos para la toma de decisión:** análisis de datos por parte de la empresa.
- **Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor:** el común acuerdo entre empresas beneficiará al negocio.

Proceso de Granallado:

La primera máquina de granallado registrada se construyó en el Reino Unido, en agosto de 1870 por Benjamin C. Tilgman, el mecanismo consistía en un sopeteo de un flujo de aire con un abrasivo. El granallado es un tratamiento sobre la superficie de un metal y se trabaja en frío. Se impacta directamente contra el metal una corriente de proyectiles en forma esférica, se simula un martilleo en puntos específicos sobre el metal ocasionado el endurecimiento de este, de manera que se va incrementando la resistencia y su punto de cedencia (Grover, 1954).

Dentro del proceso de granallado se utiliza la metodología DEMAIC (por sus siglas en inglés significa: Define, Measure, Analyze, Improve, Control) implementada por Garza (2005), quien analizó el impacto de la generación de poros, esta metodología le hizo posible encontrar y proponer posibles soluciones a su problemática. A su vez, Erwing (2008), en su tesis expuso una mejora continua sobre los efectos de los proyectiles esféricos en el proceso de granallado, realizó una serie de experimentos en el diseño enfocándose en la calidad del acabado a través del abrasivo.

En 2013 se elaboró una tesis donde se elaboró una metodología de diseño industrial con la finalidad de satisfacer los requerimientos de forma, función, uso, ergonomía, fabricación, mantenimiento, distribución y estrategia comercial en la demanda de micro y medianas empresas de clientes que utilizan el proceso de granallado tales como artesanos. Dentro de esta tesis se implementan las metodologías de calidad mencionadas, sin embargo, solo abarca el diseño de la máquina, mas no de los componentes extras como lo son, los accesorios mecánicos.

Dentro de las problemáticas del sistema de calidad del proceso de granallado, se requiere el uso del equipo apropiado, puesto que el proceso puede ser peligroso por el abrasivo y provocar silicosis. Se han reportado en informes internacionales quejas de trabajadores en fábricas de Turquía, en empresas donde fabrican pantalones de mezclilla, hacia el gobierno, ya que han sido afectados por esta condición. Una manera en que las empresas han enfrentado este problema es a través de la robotización, es una inversión significativa, pero de mayor eficiencia (Hebblethwaite, C., & Ethirajan, A., 2020).

La empresa BURWELL TECHNOLOGIES en 2019 dio a conocer su robot autónomo de granallado (figura 2), fue desarrollado originalmente para la aplicación desafiante de mantenimiento y rehabilitación de puentes peatonales y vehiculares de acero. Los puentes presentan desafíos particulares para el proceso de granallado, no solo debido a la gran escala del proyecto, sino también, debido a la complejidad de las estructuras y las dificultades para obtener acceso.



Figura 2. Robot autónomo de granallado

Burwell Technologies es uno de los principales accionistas de Sabre Autonomous Solutions y es el distribuidor exclusivo en Australia, Nueva Zelanda y las islas locales del Pacífico. La amplia experiencia de Burwell en la industria del granallado abrasivo ha ayudado a garantizar que Sabre Autonomous Solutions produzca soluciones autónomas para satisfacer las demandas de los usuarios. Este avance impulsa hacia la industria 4.0. Principalmente se utilizan en mantenimiento de puentes, para disminuir costos y reducir el peligro al que se enfrentan los empleados, al someterse a trabajos que los ponen en alturas extremas.

Se menciona que en Australia ya se implementan estos sistemas automatizados, en una investigación sobre sistemas robóticos para mantenimiento de puentes, se indicó que en este país existen más de 30,000 puentes vehiculares, y se estima que gastan alrededor de 350 millones de dólares en mantenimiento y reemplazo de partes. Como se mencionaba, el abrasivo puede ser peligroso para el ser humano, pero también para el medio ambiente, este debe ser contenido, por lo que el uso de un sistema robótico es ideal para solucionar esta problemática. Una cuestión que surge es que los modelos CAD deben estar completos y actualizados para realizar las simulaciones correctas, esto tiende a elevar el costo y aumenta el tiempo de implementación del sistema (D.K. Liu, G. Dissayanake, 2007). Podemos observar una simulación de un robot haciendo mantenimiento en la siguiente figura 3.

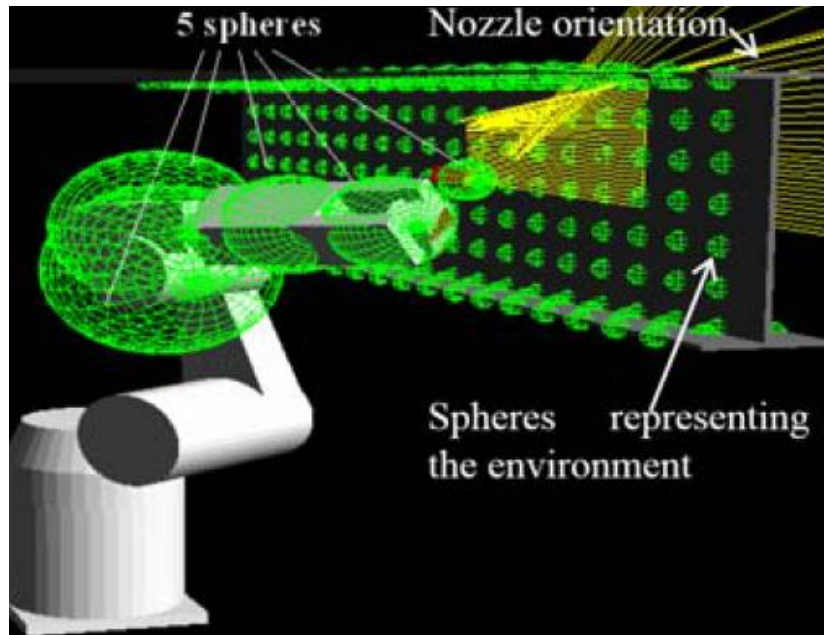


Figura3. Simulación de un brazo robótico en la aplicación de granallado, XU, Liu et al., 2007

1.3 Hipótesis

La implementación de un sistema de calidad para el diseño de accesorios mecánicos de granallado reducirá el desperdicio en el proceso en un 50%.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Implementar un Sistema de Calidad para el diseño de accesorios mecánicos utilizados en el proceso de granallado que permitirá reducir el desperdicio en un 50%.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Analizar el historial de desperdicio de los últimos tres meses del área de granallado, tomado de la base de datos de la empresa.
2. Generar un Diagrama Pareto de los generadores de desperdicio para obtener el 20% de las piezas más caras que generan el mayor impacto en el métrico de desperdicio.
3. Crear un formato que exponga los principios del sistema de calidad para accesorios mecánicos de granallado aplicado a la empresa, basado en ISO 9001.
4. Crear formato de solicitud de herramientas.

5. Crear un formato para el análisis de efectos y modos de falla.
6. Crear un diagrama de flujo especificando las aprobaciones necesarias en los diseños mecánicos.
7. Crear un documento de mejores prácticas para el uso CAD.
8. Crear un formato que indique el tiempo de diseño con base en el tipo de herramienta.
9. Crear un formato de puntos de revisión para los modelos mecánicos y dibujos.
10. Medir el tiempo de diseño y de evaluación del diseño, para verificar el cumplimiento del sistema de calidad.
11. Verificar el porcentaje de desperdicio dentro del sistema de calidad.

Materiales & Métodos:

Se utilizará el banco de datos de la empresa para obtener los registros de los últimos tres meses, anteriores al mes de junio del año 2020. Con dicha información se realizará un comparativo con el resultado final, así mismo se filtrará la información del área de granallado, continuando con un análisis de Pareto para encontrar los números de parte que más aportan al incremento de desperdicios.

Para llevar a cabo el diseño de herramientas, los ingenieros deberán utilizar el programa CAD Autodesk Inventor, se revisará literatura sobre el uso de esta herramienta computacional para guía de los diseñadores, sin embargo, se asume que ya tienen los conocimientos básicos de uso de las plataformas de software CAD.

También, se realizará una clasificación de las herramientas, para dicho proceso, es necesario catalogar los productos que se manufacturan, ya que estos determinarán qué herramientas se diseñarán y el grado de dificultad que representan basado en las dimensiones geométricas y el número de piezas que se requieren para su producción. Dado lo anterior se logrará diseñar con éxito las herramientas para los productos que llevan el proceso de granallado.

Además, para expresar los principios de sistema de calidad que utilizan los accesorios mecánicos del área de granallado, se creará un documento que determinará el reglamento sistemático a seguir e incluirá las reglas generales y asistencia a mejores prácticas. Lo anterior estará basado en el ISO 9001, dentro del documento se explicará el ciclo de Deming para que el diseñador lo utilice como guía en cada caso

nuevo. Asimismo, en el documento se encontrará el ciclo de vida que deberá seguir cada diseño mecánico con el fin de mantener el orden de la información del proyecto.

Dentro de los materiales a utilizar, se realizará un formato de solicitud por parte de los clientes para verificar en qué prioridad se encuentra cada requerimiento. Además, este documento revelará si hay fondos monetarios para la compra de materiales y expondrá la razón por la cual se requiere un nuevo diseño. Esto permitirá al diseñador evaluar y aprobar el diseño, asimismo, notificará al cliente la validación. Junto con una lista de asignaciones de diseño en un sistema de puntuación se dispondrá de cada trabajo y se determinará una fecha de entrega del diseño.

El establecimiento de esta metodología de análisis debe ser acompañada por un documento que registre las ideas del equipo, las cuales, cada una según su categoría tendrá su propio puntaje dándole un valor de riesgo, de esta manera el diseñador podrá tener en consideración las múltiples maneras de fallas potenciales, anticipándose para resolverlas, de modo que no afecte, o minimice el tiempo de tiempo de diseño.

Todos los proyectos deberán ser conformados por un equipo de especialistas con un guía, para esto, es necesario crear un diagrama de flujo, el cual indicará y ayudará al ingeniero de diseño a recibir retroalimentación del proyecto. Idealmente este debería ser automatizado por medio de software, pero al no existir dentro de la empresa se hará en un documento digital, el cual, el diseñador será el encargado de darle seguimiento con firmas obtenidas después de cada respuesta.

Para mantener las mejores prácticas al dibujar cada parte mecánica, se creará un documento que ayude al diseñador a mantener el mismo lenguaje de interpretación de planos, basado el en documento oficial del ASME Y14.5. En los anexos, se encontrarán tablas básicas de simbología, cálculos básicos de tolerancias geométricas, restricciones geométricas y ejemplos del uso de la simbología de dimensionamiento y tolerancias geométricas.

Igualmente, para tener un punto de partida, se mide el tiempo, el diseño mecánico debe ser percibido como un proceso en el que existen tiempos de valor agregado y tiempos de no valor agregado, el cual ayuda a determinar los enfoques principales de diseñador. Asimismo, el tiempo de respuesta de cada miembro del equipo deber ser medido para determinar los tiempos muertos por falta de información. El diseñador deber ser consciente de estas pérdidas de tiempo en el proceso de retroalimentación, para incluirlos dentro de la estimación de la fecha de entrega del producto terminado.

Al terminar el ciclo de trabajo, las herramientas deberán ser evaluadas con base en la eficiencia dentro del proceso de granallado, los tres meses de datos tomados del banco de información deben ser comparados con los nuevos resultados, donde las nuevas herramientas calificadas por el sistema de calidad serán puestas a prueba. Esto despliega que tan robusto es el sistema. Todos los resultados tienen que ser medidos, registrados y compartidos al equipo con el fin de alimentar al sistema de calidad y hacer ajustes, por otro lado, el diseñador encargado de cada proyecto tendrá acceso a la documentación para futuros proyectos.

Capítulo 2. Marco teórico

Hacer uso de sistemas de calidad en el diseño es de gran importancia para la industria en general, ya que el propósito de éste es generar un flujo de información que sirva como herramienta para construir un proceso de ensamble más efectivo, esto libera al diseñador de un estado donde trabaja de forma empírica para seguir un procedimiento sistemático.

La carencia de un sistema de calidad en esta área se refleja en las dificultades que tiene el proceso al ensamblar o transformar materia prima en un producto terminado, cuando no se tienen las herramientas adecuadas o no funcionan de la manera que el equipo espera, el área empieza a generar desperdicios.

En los años 90 en Estados Unidos se popularizó la metodología de manufactura esbelta, lo cual resultó en la búsqueda de eliminar los desperdicios en los procesos de manufactura, en la misma década, Motorola popularizó el concepto de seis sigmas, esta metodología se enfoca en la calidad y permite fabricar productos en los estándares más altos, la secuencia para implementar esta metodología se refleja en los siguientes pasos (Dave Antis & Jeffrey Lee Slutsky, 2002)

- Definir
- Medir
- Analizar
- Mejorar
- Controlar

Actualmente, se aplica esta metodología desde la concepción del producto, esto quiere decir, que los mismos pasos que ayudan en el proceso de manufactura en el ensamble de productos, es igual de efectivo en el proceso de diseño de este. Aplicar estas prácticas desde el principio del proceso de un producto ayuda a reducir el costo, existe una paradoja dentro del diseño, cuando en un inicio, los costos, riesgos y conocimientos del problema son bajos, pero mientras el tiempo avanza estos se invierten, dando como resultado, la necesidad de aplicar mejores métodos en el proceso de diseño cuando las modificaciones en el producto no tienen impactos significativos en estas variables. (Ullman, 1944)

En un sistema de calidad basado en la metodología de manufactura esbelta se minimizan los errores y además busca los tiempos más adecuados de trabajo, una herramienta fabricada precipitadamente puede tener fallas puesto que el diseñador tiende a omitir detalles, esto impacta en gran manera la totalidad del ciclo de vida del producto.

El proceso inicia con una junta con el equipo involucrado para entender las condiciones requeridas para el accesorio, principalmente, todo proyecto de diseño implícitamente supone el cuidado de la factibilidad económica, por lo tanto, al comenzar se considera el presupuesto inicial y el impacto que este tendrá dentro de la línea de manufactura.

Así mismo, se lleva a cabo un análisis de falla, en el cual se pueda obtener toda la información sobre las restricciones y libertades que tiene el plano del producto. Se asigna un grupo de responsables de diferentes disciplinas que se encarguen de revisar el proceso en puntos clave, los cuales responden a las preguntas ¿Quién?, ¿Qué?, ¿Cuándo? Para identificar las necesidades del proyecto, aunque esto es un proceso simple, no se puede plantear una problemática sin encontrar primero las dificultades y las metas de la situación. Se marca un calendario para revisar los avances y terminación del diseño. Es muy importante que el diseño del accesorio no sea liberado sin que este grupo multidisciplinario apruebe con unanimidad la nueva solución. (Rothbart & Brown, 2006)

Deming y Duran, quienes aplicaron novedosos sistemas de calidad, reprodujeron el diseño y tecnología de los americanos en productos japoneses. Japón perfecciono el modelo aplicando distintas metodologías, esto se vio reflejado en un menor costo de producción. En el libro “Out of crisis” (Deming, 1982) explica el sistema que estabilizó la manufactura en Japón, mejorando la calidad y haciendo responsable a las altas direcciones de ejecutar con eficiencia los planes, además, dentro del libro expone los catorce puntos a seguir para alcanzar la calidad, dirigida principalmente a personal administrativo de la industria.

Estos 14 puntos tienen el propósito de llegar a un sistema de calidad robusto dentro de una planta de manufactura:

1. Crear un propósito para la mejora: explica que la búsqueda de la mejora de la calidad debe ser continua, es decir, debe permanecer en la mente de los directivos permanentemente, teniendo una visión a largo plazo.
2. Adopción General de la nueva Filosofía: Al implementar los nuevos sistemas calidad toda la empresa debe estar en el mismo canal de pensamiento.
3. Abandonar la dependencia de la inspección en masa: es importante eliminar la inspección en masa en todas las líneas de producción, integrando el concepto de calidad en el proceso mismo.
4. No basar el negocio en el precio: Esto establece eliminar el comprar basándose enfocado en precio en otras palabras el proveedor más barato. En su lugar debe implementarse los esfuerzos

en crear lazos sólidos y duraderos con los proveedores para incrementar la fidelidad y la confianza.

5. Mejora continua: No es suficiente con resolver los problemas que vayan surgiendo. La mejora continua en el área de la calidad establece un proceso constante en la mejora de procesos.
6. Establecer el aprendizaje al trabajar: Se asume que los trabajadores aprenden mientras laboran en su área y deben ser capacitados contantemente.
7. Adoptar e implementar liderazgo: Sugiere la creación de líderes en proceso, dependiendo de las destrezas, habilidades, capacidades y aspiraciones del personal dentro de la planta.
8. Erradicar el miedo a actuar: Esto genera un ambiente de confianza, de manera que se elimine el temor a opinar o preguntar.
9. Romper las barreras que hay entre todos los departamentos: Eliminar la competencia y construir un sistema de cooperación basado en el mutuo beneficio hacia toda la organización.
10. Eliminar los slogans: Esto evita las rivalidades y relaciones adversas dentro de la empresa, la competencia entre departamentos impacta negativamente la calidad.
11. Eliminar los objetivos de métricos hacia el personal de producción: se debe eliminar la consideración solo en números y enfocar esfuerzos en mejorar los métodos de trabajo
12. Erradicar las causas que impidan al personal sentirse orgulloso de su trabajo: Se debe desarrollar una cultura correcta, para que el personal se enorgullezca de su trabajo, esto creara un mayor compromiso con la empresa.
13. Estimular la capacitación y automejora: Siguiere Deming establecer programas de capacitación dependiendo el área con el objetivo de actualización y mejora de sus trabajadores.
14. Transformación: Supone que todos los miembros de la compañía deben conjuntamente conseguir el cambio.

Así mismo Deming explica su ciclo de mejora continua llamada “El ciclo de Deming” en el cual la normatividad ISO9000 está basada, este ciclo hace un enfoque especial en el proceso, el fujo de este ciclo se puede observar en la figura 4.

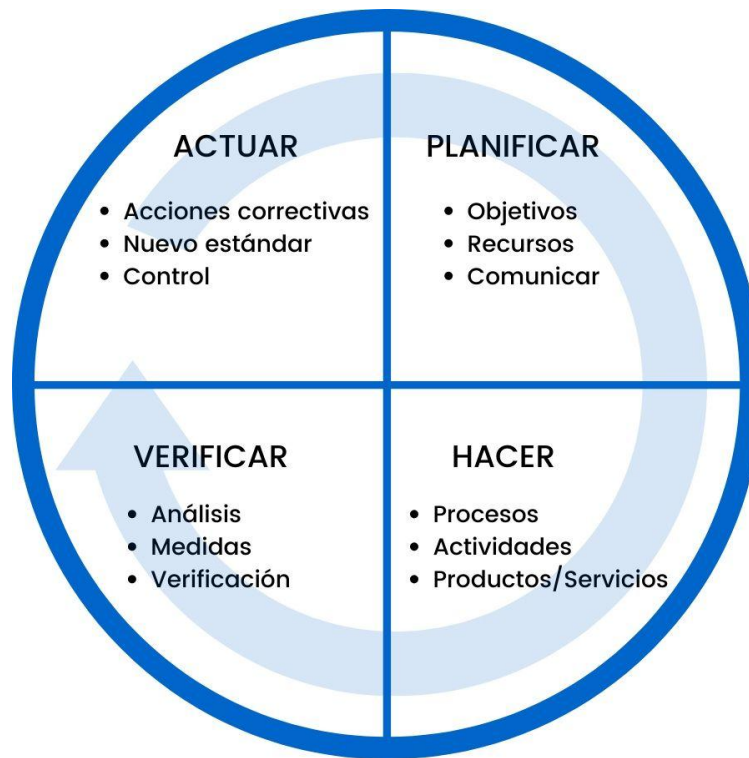


Figura 4. Ciclo de Deming

También, dentro de las metodologías utilizadas, se implementó la reducción de retrabajos, esto transfería la ganancia hacia un menor tiempo de trabajo horas/hombre, menor tiempo/máquina, y provocaba menor estrés en la cadena de valor. Esto permitió que las empresas japonesas pudieran competir con productos americanos. Otra derivación que Deming observó fue una correlación entre la satisfacción del trabajador y la calidad de su trabajo. Este despertar en Japón llevó consigo un incremento dirigido a la investigación de la calidad y como consecuencia un aumento en la productividad. Estas observaciones fueron aplicadas por ingenieros japoneses y agregaron su experiencia a la literatura del control de calidad del momento. Como resultado, se incrementó la comprensión del tema, provocando mejores resultados y demostrando que el aumento de la productividad va de la mano con la reducción de la variación. (Ginn, D., and E. Varne, 2004)

Una vez que la administración japonesa adoptó estos cambios, otros países hicieron lo mismo y desde 1950 la búsqueda de la calidad en los productos se convirtió en una meta. La relación entre la administración y la línea de producción se fortaleció ya que el propósito se alineó a un sistema de calidad.

Joshep Juran (1951), en su libro “Quality Control Handbook” expone cómo obtener resultados superiores mediante la calidad y cómo la calidad impacta a la sociedad y cultura nacional. Fue el primero en

implementar el Diagrama de Pareto en la industria manufacturera donde explica que el 80% de los problemas en el proceso de ensamble son afectados por el 20% de las causas. Así mismo implemento el concepto de la teoría de la gestión de la calidad donde aplico sistemas de muestras estadísticas, planes de inspección y graficas de control.

También desarrollo la “trilogía de Juran” donde este enfoca la gestión de la calidad en tres componentes los cuales son:

1. La planificación
2. Control de la calidad
3. La mejora de la calidad

Así mismo dentro de su teoría propuso 10 medidas que promueven a la mejora de calidad dentro de cualquier rama industrial.

1. Crear conciencia
2. Establecer metas
3. Crear planes para alcanzar metas
4. Proporcionar capacitación a los trabajadores
5. Llevar a cabo proyectos donde se implementen mejoras
6. Dar informes del progreso
7. Dar reconocimientos al personal
8. Comunicar resultados a la planta
9. Llevar la cuenta
10. Mantener el impulso de la mejora continua

Posteriormente, el sistema Toyota creado por Taichi Ono fue un hito en la concepción de los sistemas de calidad, estas metodologías se siguen usando hasta el día de hoy y reflejan el milagro económico japonés. El libro de “Toyota Production System (Monden, 2000) menciona los principios de Kanban, Justo a tiempo, producción de empuje y producción al jalar, e introduce el concepto de las 5 S’s, la cual, es la base de los modelos de calidad de Toyota.

1. SEIRI → Clasificación: Separa Innecesarios
2. SEITON → Orden: Situar Necesarios
3. SEISO → Limpieza: Suprimir suciedad

4. SEIKETSU → Estandarización: Señalizar anomalías
5. SHITSUKE → Disciplina: Seguir mejorando

Por otro lado, estos principios son aplicados también a la metodología de manufactura esbelta la cual pretende:

- Mejorar las condiciones de trabajo.
- Reducir gastos de tiempo y energía.
- Riesgos de accidentes o sanitarios.
- Mejorar la calidad de los productos.

En ese documento también se explora el concepto de autonomación, el concepto de costo de la administración de la calidad y las formas de inspeccionar la rotación de trabajo del personal. Además, auxilia a la industria a poseer una estandarización de calidad. Muchos de los conceptos del método Toyota revelan que la limpieza y el orden son clave para tener una manufactura de calidad. El método Toyota explica que, sin estandarización de los procesos no puede haber mejora continua.

Otro concepto trascendente del método Toyota fue el concepto de “Justo a Tiempo” el cual fue desarrollado a través de los siguientes principios que mutuamente se complementan:

- Sistema de jalar piezas: significa solicitar piezas que se necesitan, cuando se necesitan y en las cantidades que se necesitan
- Flujo continuo: significa eliminar todo aquello que hace que la línea de producción se detenga es decir eliminar el estancamiento mediante la producción de una pieza a la vez
- Tiempo de producción: es la medición del tiempo que le toma producir un producto o componente.

Para poder controlar este sistema Toyota desarrollo un sistema de flujo de información llamado “KANBAN”, que es un sistema de tarjetas de control donde se lleva el registro de pedido de piezas y sirve para establecer la notificación de pedidos al proveedor.

También consideraron evitar que los operadores cometieran errores los cuales muy comúnmente eran realizados por descuidos o cansancio visual, y se incorporó una nueva metodología llamada “POKA-YOKE” el cual previene que los errores pasen al siguiente proceso. Esta metodología detecta errores producidos por los trabajadores, por lo regular son sistemas electrónicos que no le permiten al trabajador accionar maquinas en condiciones inseguras para si mismo o el producto, también son basados en tableros de colores donde el trabajador o los lideres pueden percatarse de las condiciones de

su trabajo evitando así seguir con su trabajo si hay una condición insegura. En el caso de que el sistema falle será causa de análisis, la línea se detiene hacer una indagación dentro del proceso y realizar un sistema a prueba de errores dentro del proceso.

Y finalmente el método Toyota se enfoca mucho en el respeto a las personas, haciendo hincapié en respeto entre compañeros, creando todo el esfuerzo para el entendimiento entre personas y de ser posible crear vínculos laborales de mutua confianza. Así mismo, fomento el trabajo en equipo donde se pretende estimular el crecimiento tanto profesional como personal y maximizar el desempeño en los equipos.

Dentro de la metodología de la manufactura esbelta, hay un enfoque manifestado hacia la planeación ordenada, de esta manera es más fácil trabajar, ya que hay claridad en el funcionamiento del proceso y es más dependiente de un sistema robusto que de la experiencia de las personas involucradas. Hacer sistémica la planeación y ejecución en los proyectos, crea una cultura en la cual no se depende de un individuo para llevar acabo el diseño, sino de un sistema que puede intercambiar a diferentes expertos para hacer el mismo trabajo, así como se observa en una línea de ensamble. Todo flujo de ingeniería debe ser claro al ser ejecutado, esta herramienta ayuda a hacer esto posible. (Baldwin & Clark, 2000)

Para el proceso de diseño de un accesorio mecánico, se emplea un proceso basado en un consenso que considera las opiniones de todas las partes interesadas. El proceso de desarrollo está abierto a la opinión de expertos en las etapas apropiadas, y las actuaciones de la comisión de desarrollo están documentadas y son completamente transparentes. En este documento se explican las responsabilidades y funciones individuales dentro del equipo, el cual fomenta la sinergia de los involucrados, dentro de este documento se incluye una lista de verificación general para el diseñador, así mismo, se adhiere el análisis de modo falla. Es necesario un formato estandarizado y limpio que cualquier persona nueva pueda entender rápidamente y con mínimo entrenamiento. (Rothbart & Brown, 2006)

Un mapa de flujo de valor dentro del proceso de diseño es relevante puesto que, como ya se mencionó, el desarrollo es semejante a cualquier producto terminado y es necesario identificar qué actividades crean valor, cuáles no y la manera que fluye la información dentro del proceso de diseño. Los tiempos estándares salen de este mapa y junto con una matriz que clasifique los diferentes tipos de accesorios mecánicos e indiquen los tiempos promedio en que se pueden realizar.

Además, los estándares de dimensionamiento y modelado 3D deben ser implementados en el flujo del proceso, dado que orienta al diseñador a tener una visión clara de la manera que debe ejecutar el

trabajo y cómo debe plasmar la intención de diseño dentro del plano. Estos estándares de modelado 3D deben ser basados principalmente en un libro guía del software que esté utilizando el diseñador, para propósitos de este documento el software es “AutoDesk Inventor”.

Para obtener un sistema confiable, este debe basarse en principios funcionales y probados, los cuales son una guía acertada dentro del trabajo del ingeniero de diseño, de aquí se obtendrán los resultados finales que se entregarán a ser evaluados por el equipo multidisciplinario que se encargará de la evaluación de funcionamiento.

Análisis modal de fallos y efectos.

Este proceso se implementa en hojas donde los involucrados ponderan los peligros potenciales identificando cuál es más probable y cuál es más peligroso.

El objetivo principal es, focalizar el esfuerzo de encontrar la mejor solución, una vez que se delimitan las maneras que un producto o proceso puede fallar, podemos basar soluciones en datos duros y estructurar la información en prioridades, eliminando una variedad de problemas desde la raíz, lo cual ahorra tiempo y dinero en los procesos posteriores.

Este análisis puede ser descrito como un grupo sistematizado de actividades con la intención de:

- Reconocer y evaluar fallas potenciales en un producto.
- Identificar acciones de como eliminar o reducir la oportunidad de una falla potencial.
- Documentar el proceso.
- Mejorar la calidad, confiabilidad y seguridad de cada producto.
- Ayudar a robustecer el desarrollo en el área de diseño.
- Ayudar al departamento de ingeniería a priorizar y enfocarse en eliminar o reducir los problemas antes de que ocurran.
- Mejorar la satisfacción de los clientes.

Estas observaciones evalúan la idoneidad de los controles propuestos y la necesidad de mitigar el riesgo mediante cambios en el Plan de verificación del diseño o el Plan de control de fabricación. La intención de la evaluación y las acciones propuestas es evitar que las fallas lleguen a los consumidores, mejorando la satisfacción del cliente.

La compañía de automóviles Ford® en su manual de uso de Análisis de falla y efectos reflejaron estudios donde muestran ahorros en tiempo de ingeniería y en compras no realizadas gracias a este análisis el cual alienta al personal a tener una mejor comunicación y coordinación entre departamentos, así mismo reflejaron una gran ventaja el tener en su marco de visión la cantidad de problemas que potencialmente podrían ocurrir al poder mitigarlos desde el principio de cada proyecto.

Dentro de los análisis de riesgos existen diferentes tipos los cuales son los siguientes:

- Análisis de falla y efecto para el concepto del producto
- Análisis de riesgo y falla para el diseño
- Análisis de falla y efecto para procesos (ensamble, manufactura)
- Análisis de falla y efecto para maquinaria

Cada uno se aplica en las diferentes etapas del proceso, las cuales son:

- Sistemas
- Sub Sistemas
- Componentes

Como complemento a este análisis se pueden integrar otros elementos para robustecer el resultado esperado incrementar la confiabilidad del producto que se esta desarrollando, estos elementos son los siguientes:

- Diagrama P:
 - Identifica y documenta las señales de entrada, los factores de ruido, los factores de control y los estados de error asociados con la función ideal.
- Lista de verificación de robustez
 - Es un análisis en profundidad del impacto del factor de ruido en las funciones ideales y los estados de error. Es una evaluación metódica de la eficacia de los DVM (métodos de verificación de diseño) disponibles en términos de cobertura del factor de ruido, y genera estrategias de gestión.
- Plan de verificación de diseño
 - Es un plan de verificación de diseño integral.
 - Asegura que los factores de ruido se incluyan en las pruebas y aborda los críticos medibles para la evaluación de funciones ideales y modos de falla potenciales / anticipados durante y después de las pruebas.

Existen tres casos básicos para los que se generan los análisis de falla y efecto, cada uno con un alcance o enfoque diferente:

- Caso 1: Nuevos diseños, nueva tecnología o nuevo proceso.
- Caso 2: Modificaciones al diseño o proceso existente. El alcance del análisis debe centrarse en la modificación del diseño o proceso, las posibles interacciones debidas a la modificación y el historial de campo.
- Caso 3: Uso de un diseño o proceso existente en un nuevo entorno, ubicación o aplicación. El alcance del FMEA es el impacto del nuevo entorno o ubicación en el diseño o proceso existente.

Cada empresa adapta el sistema a sus necesidades, también a través de ASQ (por sus siglas en ingles "American Society for Quality") se tiene acceso a formatos prediseñados. Este modelo requiere de un entrenamiento donde se explique el llenado del formato y el valor de las ponderaciones en el análisis.

La compañía ASQ tiene estipulado dentro de sus mejores prácticas, el no remplazar un producto malo con un proceso robusto, porque como consecuencia, el mismo producto malo se fabrica de manera eficiente. Dentro de sus estipulaciones, incluyen el no corregir un proceso deficiente corrigiendo el producto, esto expone que cada variable es independiente y cada una de ellas tiene su propia solución, revela que cada modo de falla debe ser resuelto de manera independiente para no afectar procesos alternos. (ASQ. Asq.org, 2020)

Según Ford Motor Company. (2011) existen 3 fases que se deben tener en consideración al generar un prototipo dentro de los procesos:

- La fase 1 es el plan de control para un prototipo
- La fase 2 es el plan de control para preproducción
- La fase 3 es el plan de control para la producción.

Estas fases tienen consideraciones de contención donde entran los costos por defectos, defectos de riesgo, estrategias, entregas a tiempo, el costo de producción, el costo de devolución del producto final y los beneficios del seguimiento del proceso. De esta manera, se da por entendido la necesidad del equipo multidisciplinario dado que, una sola persona no puede estar pendiente de todas las variables ni dar seguimiento a todos los subprocesos que llevan al éxito de la creación de un producto.

Se incita, a que este equipo debe de tener conocimiento del área, información real, experiencia, equidad y empoderamiento, también es necesario que el equipo sea limitado a lo esencial. Todo sistema y proceso conlleva riesgos que se deben tener en cuenta tales como los siguientes: La falta de comprensión de FMEA por los integrantes, tener participantes arrogantes, o participantes reacios, el tener prisa por alcanzar los resultados, considerar opiniones como hechos, o tener una agenda oculta por parte de los participantes. (Zandin, K. 2004)

El Flujo del proceso lleva 10 Etapas las cuales son las siguientes:

1. Definir el espectro del problema
2. Definir el cliente
3. Identificar las funciones, requerimientos y especificaciones
4. Identificar modos potenciales de falla
5. Identificar causas potenciales
6. Identificar efectos potenciales
7. Identificar controles actuales
8. Identificar y priorizar riesgos
9. Recomendar acciones
10. Verificar resultados

Normas para el Diseño Mecánico

El concepto implica un conjunto de definiciones técnicas, instrucciones, reglas, directrices o características establecidas para proporcionar resultados consistentes y comparables, incluyendo:

- Productos fabricados de manera uniforme, que prevén la intercambiabilidad.
- Pruebas y análisis realizados de forma confiable, reduciendo al mínimo la incertidumbre de los resultados.
- Instalaciones diseñadas y construidas para un funcionamiento seguro.

En 1883 se creó un comité de normas y calibres, y se presentó un documento instado a la adopción de un conjunto de normas para la realización de pruebas de calderas, posteriormente en 1884 se publicó un código de prueba para las calderas, y le siguió en años más adelante más normas que abarcarían más áreas de la ingeniería mecánica. (*ASME Design Engineering Technical Conferences, 1998*)

La sociedad de americana de ingenieros mecánicos (ASME) fue fundada en 1880, en esta fecha se inició el debate para establecer normas, se centró en símbolos para los planos de tiras, poleas, ejes de línea, tornillos de máquina, llaves de asiento y tableros de dibujo. Las normas, no tienen fuerza de ley, se consideran voluntarias y sirven como guías. ASME publica normas y certifica a los usuarios de las normas para asegurar que son capaces de fabricar productos que cumplan con dichas normas. (Jensen, Helsel, & Short, 2008).

Durante la segunda guerra mundial y años posteriores a ella, la falta de intercambiabilidad de piezas mecánicas se estaba convirtiendo en un problema grave dentro de la industria, los consumidores no podían intercambiar piezas de diferentes regiones, lo que limitaba el suministro de insumos. Por lo tanto, las herramientas de esta época se volvieron poco confiables e inclusive peligrosas, dado lo anterior, se estableció la norma ASME Y14.5, la cual imprimió un hito en la historia de la calidad de ensamble de partes mecánicas.

El esfuerzo de la guerra se veía frenado por falta de calidad en los armamentos de los combatientes. Los ingenieros observaron que las armas, estaban diseñadas con el fin de ser ensambladas artesanalmente, las cuales no podían desensamblarse y por consecuencia no eran intercambiables entre sí. Primeramente, se definió el equipo de la parte mecánica y se estableció un lenguaje común para el dibujo técnico, y para las prácticas estandarizadas de realización de planos, se reconoció que, para representar una parte perfecta en el dibujo, se debe incluir una tolerancia permitida, esto es, una desviación de la parte perfecta ya que, en la realidad la perfección no se puede alcanzar. (*ASME Design Engineering Technical Conferences, 1998*)

Esta es una herramienta valiosa para los diseñadores, ingenieros de productos e ingenieros de calidad, esta norma ha sido designada como una norma internacional, y es utilizada por una gran parte del mundo industrial. Durante sus años de desarrollo y maduración, cada revisión agrega aplicaciones más complejas que siguen el ritmo de los cambios en los requisitos de ingeniería y tecnología de fabricación, además empezó a reconocer los avances de los sistemas de la fabricación electrónica.

El diseño mecánico es una tarea compleja y requiere que el ingeniero de diseño tenga experiencia y conocimientos sobre el tema. Es necesario dividir las relaciones entre los problemas en tareas simples para empezar a diseñar. Todo diseño comienza con la explicación de algunas de las diferencias entre el diseño y el análisis que presentan las diferentes nociones y enfoques.

El diseño implica formular un plan para satisfacer una necesidad específica o resolver un problema, si el plan resulta en una creación de algo físico, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable,

competitivo, útil y que pueda fabricarse. El diseño es desarrollar innovación y es un proceso que lleva acabo múltiples decisiones. Es muy importante que el diseñador este seguro de los datos que le proporcionan para una buena toma de decisiones y resolución de problemas. (Rothbart & Brown, 2006)

Al inicio del diseño se bosqueja el proceso de principio a fin como muestra la figura 5, sus elementos son los siguientes:

- Reconocimiento de la necesidad: los proyectos de diseño son iniciados por un requerimiento de un cliente o de la necesidad de una mejora de una pieza existente.
- Síntesis: orienta al diseñador a hacer un plan de desarrollo para el proceso y definir los pasos a seguir.
- Análisis y Optimización: desarrolla la importancia de buenas especificaciones, las cuales son puntos clave que se implementan y resuelven durante el proceso de diseño, describe Ullman (1944) la importancia de tomar tiempo en este punto y desarrollar conceptos que puedan en un futuro ahorra dinero y tiempo en manufactura y ensamble. Además, considera que un producto confiable ahorra tiempo de inspección.
- Evaluación: Las revisiones periódicas ayudan a exponer la calidad de diseño y posteriormente la calidad de la fabricación y ensamble.
- Presentación: El Diseño es mostrado ante los interesados del producto y se hace una inspección final del objeto para su aprobación y liberación final.

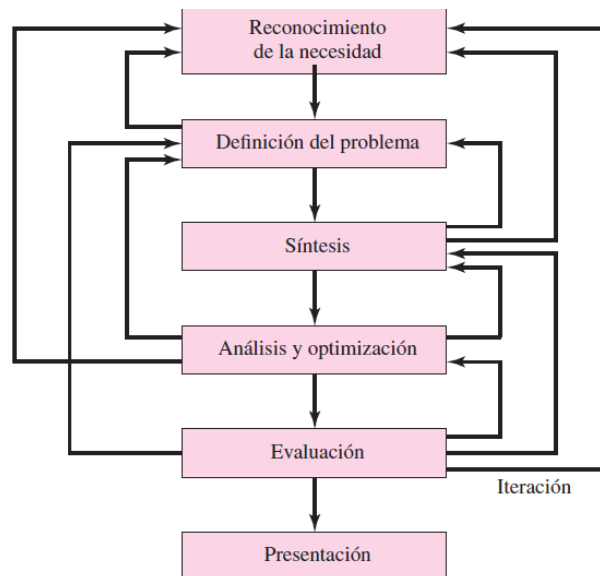


Figura5. Fases del proceso de diseño que reconocen múltiples retroalimentaciones e iteraciones

Dentro del diseño mecánico se encuentre el diseño de accesorios para acompañar la manufactura, estos tienen el propósito de ayudar a los operadores a manipular el producto dentro de una maquina o un proceso con facilidad, así acelerando la manufactura y reduciendo el costo de hacer un producto. Así mismo, otro de los propósitos de tener accesorios mecánicos dentro de un flujo manufacturero es el reducir la necesidad de comprar maquinaria.

Las funciones de un accesorio mecánico varían según la industria que lo requiera, por esta razón muchas empresas no tienen definido un estándar de cómo hacer sus accesorios mecánicos, pero en la ingeniería mecánica es importante considerar las geometrías y las restricciones de posicionamiento, para esto existe de dimensionamiento geométrico y tolerancias.

Dimensionamiento Mecánico

El tener un dimensionamiento geométrico correcto, da certeza al maquinista de lo que está construyendo, hoy en día se tiene un lenguaje común entre los ingenieros mecánicos donde se representan las reglas de tolerancias y dimensionamiento geométrico (GD&T) de ASME, estas están divididas en tres categorías:

- Dimensionamiento General
- Dimensionamiento geométrico
- Dimensionamiento de la textura de la superficie

Estas tres categorías proveen información necesaria para comenzar a entender los lenguajes del dimensionamiento en los planos de las herramientas mecánicas.

Las reglas fundamentales de dibujo en el dimensionamiento y la tolerancia definirán claramente el intento de ingeniería y se ajustarán a las siguientes reglas:

1. Cada dimensión tiene una tolerancia, excepto las dimensiones identificadas específicamente como referencia, máximo, mínimo o stock.
2. Cada característica está completamente dimensionada y tolerada para que haya una descripción completa de las características de cada parte. Las dimensiones de referencia se mantienen al mínimo.
3. Cada dimensión es seleccionada y organizada para satisfacer la función y la relación de apareamiento de la pieza y no estará sujeta a más de una interpretación.
4. Los dibujos definen la parte sin especificar un método particular de fabricación.

5. Un ángulo básico de 90° se aplica cuando las líneas centrales de las entidades en un patrón o las superficies que se muestran en ángulo recto en un dibujo están ubicadas o definidas por dimensiones básicas y no se especifican los ángulos.
6. A menos que se especifique lo contrario, todas las dimensiones se miden a 68° F (20° C). Las mediciones hechas a esas temperaturas pueden ajustarse matemáticamente.
7. Todas las dimensiones se aplican en la condición de estado libre, excepto las piezas no rígidas.
8. A menos que se especifique lo contrario, todas las tolerancias geométricas se aplican a la profundidad, longitud y anchura completas de la función.
9. Las dimensiones y tolerancias se aplican solo al nivel de dibujo donde se especifican. Por ejemplo, una cota especificada para una función particular en un dibujo detallado no es necesaria para esa función en un dibujo de conjunto.

Los símbolos característicos geométricos son la esencia de este lenguaje gráfico. Es importante para los diseñadores no solo conocer cada símbolo, sino también saber cómo aplicar estos símbolos en los dibujos. Los 14 símbolos de características geométricas, que se muestran en la figura 6, se dividen en cuatro categorías:













TOLERANCIAS	CARACTERISTICAS	SIMBOLO
Forma	Rectitud	—
	Planitud	
	Redondez	
	Cilindricidad	
	Perfil de una línea	
	Perfil de una superficie	
Orientación	Paralelismo	//
	Perpendicularidad	
	Angularidad	
Localización	Posición	
	Concentricidad y Coaxialidad	
	Simetría	
Alabeo	Circular	
	Total	

Figura 6. Símbolos de características geométricas.

El marco de control de características en el lenguaje GD&T es como una oración en el lenguaje semántico: es un pensamiento de tolerancia total. Toda la tolerancia geométrica para una característica, o patrón de características, está contenida en uno o más cuadros de control de características. Al igual que en cualquier otro idioma, el cuadro de control de características debe estar escrito de manera correcta y completa. Uno de los catorce símbolos de características geométricas siempre aparece en el primer compartimiento del marco de control de características. El segundo compartimiento es la sección de tolerancia. En este compartimiento hay, por supuesto, la tolerancia seguida por cualquier modificador apropiado. Esto se puede observar en la figura 7.

/

Marco de Control

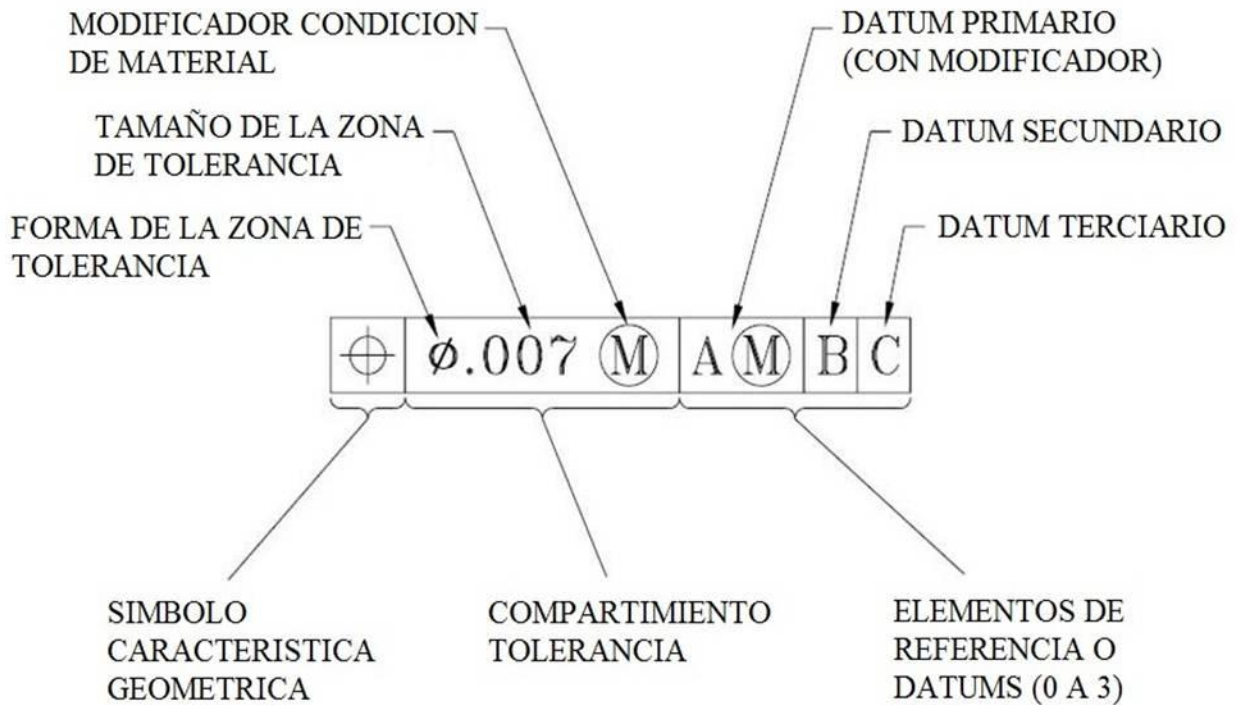


Figura 7. Marco de control Básico para el dimensionamiento Geométrico y tolerancias.

Los datums son puntos, líneas y planos teóricamente perfectos. Establecen el origen a partir del cual se establecen la ubicación o las características geométricas de las características de una pieza. Estos puntos, líneas y planos existen dentro de una estructura de tres planos de intersección mutuamente perpendiculares conocidos como un marco de referencia adaptado como se muestra en la Figura 8.

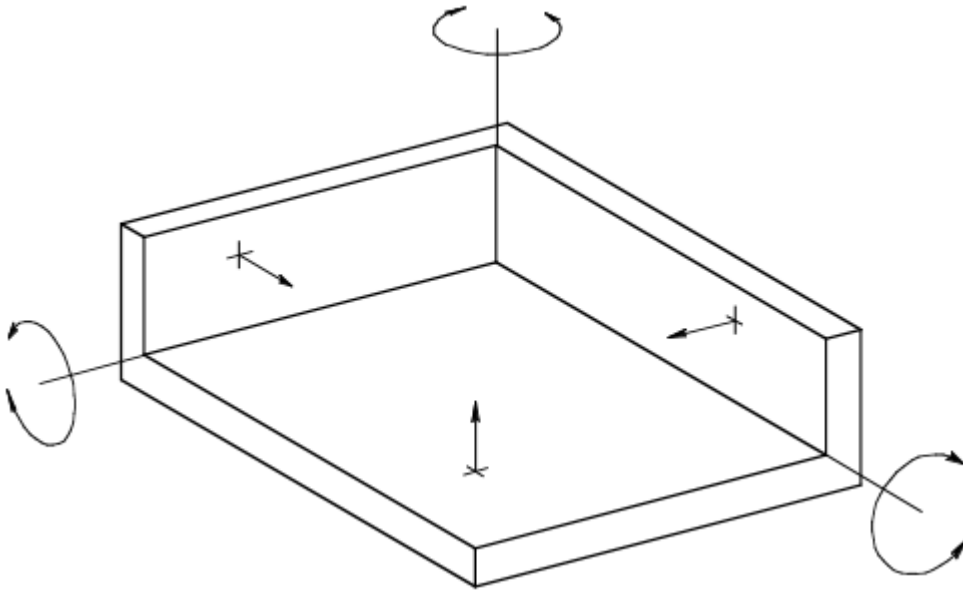


Figura 8. Los tres planos de intersección mutuamente perpendiculares de un marco de referencia de referencia.

La posición verdadera es la coordenada exacta o la ubicación definida por las dimensiones básicas u otros medios que representan el valor nominal. En otras palabras, la Tolerancia de "Posición" de GD&T es hasta qué punto la ubicación de las funciones puede variar de su "Posición real". Una vez asegurada la posición un diseñador puede certificar el ensamble como se puede ver en la figura 9.

La posición se define como la variación total permitida que puede tener una característica desde su posición "verdadera". Se puede utilizar con condición máxima del material (MMC), condición mínima del material (LMC), tolerancias proyectadas y planos tangentes.

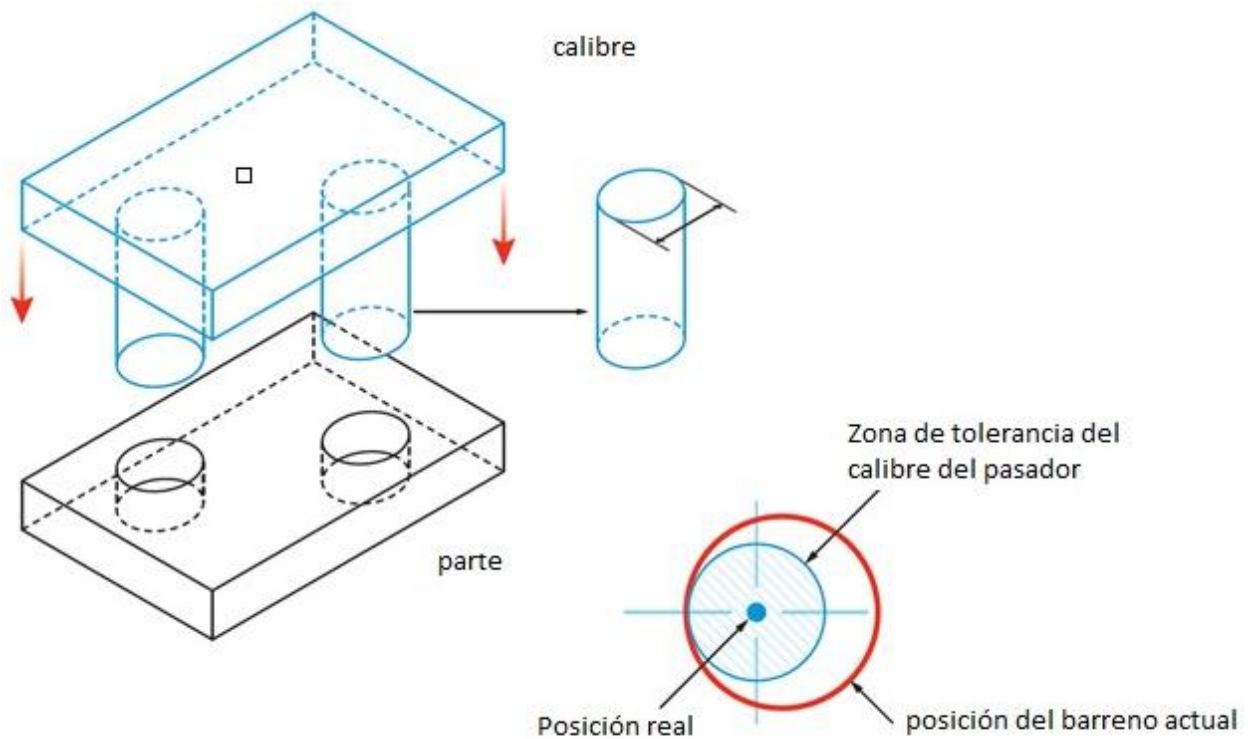


Figura 9. simulación de un ensamble con GD&T.

Importancia del dimensionamiento geométrico y las tolerancias

- Ahorra dinero, si se fabrican muchas piezas, GD&T puede reducir o eliminar la inspección de algunas características.
- Proporciona tolerancias de “bonificación”. Generando certeza al ensamblar.
- Asegura los requisitos de diseño, dimensión y tolerancia en relación con la función ideal.
- Garantiza la intercambiabilidad de piezas de acoplamiento en el ensamble.
- Proporciona uniformidad.
- Es una comprensión universal de símbolos en lugar de palabras.

Cartografía de la cadena de valor:

Es el conjunto de acciones que se necesitan para mover un producto a través de los principales flujos esenciales para cada uno de ellos, por ejemplo:

1. Flujo de producción
 - a. Materia prima hasta las manos del consumidor.
2. Flujo del diseño

a. Desde el concepto hasta el lanzamiento.

Adoptar una perspectiva de cadena de valor refleja el trabajo de todo el proceso en conjunto, y no solo los procesos individuales. Este concepto es llamado flujo “de puerta a puerta” como se ve ilustrado en la figura 10.



Figura 10. visión general de la cartografía de la cadena de valor.

Dentro del flujo de producción, el movimiento de material a través de la fábrica es el flujo en el que usualmente pensamos, pero hay otro flujo – La información – que indica a cada proceso lo que se debe hacer paso a paso. El flujo de material e información son dos caras de la misma moneda.

¿Porque es importante la cartografía de la cadena de valor?

- Ayuda a visualizar el proceso en un solo nivel, como ensamble, soldadura etc. en la producción.
- Ayuda a localizar el desperdicio.
- Suministra un lenguaje común para hablar acerca de los procesos.
- Vincula los conceptos y las técnicas de manufactura esbelta.
- Forma parte de un plan de ejecución.
- Muestra el enlace entre el flujo de información y los materiales.

Internamente es importante designar un gerente de la cadena de valor, donde se asigne una persona que controle todo el flujo, es decir, quien entienda y este pendiente de todos los procesos. La persona asignada deberá:

- Informar sobre el avance de las aplicaciones de las metodologías.
- Mover el personal a las necesidades de cada parte del flujo.
- Supervisar todos los elementos de la ejecución.
- Actualizar el plan de ejecución periódicamente.

La cartografía de la cadena de valor es una herramienta de comunicación, y también sirve para gestionar un proceso de cambio. Empieza con el dibujo del estado actual donde se representa gráficamente cómo es el flujo al comienzo del análisis como lo muestra la figura 11. Es importante notar que es muy común que, al estar dibujando el proceso actual, los ingenieros notan detalles que comúnmente no lo hacen, dado a la ceguera de taller.



Figura 11. Etapas iniciales del trazado del mapa de una cadena de valor.

Para entrar en el proceso de mejora continua los ingenieros deben hacer una propuesta para un flujo en el estado futuro, aquí se observan las ideas de manufactura esbelta aplicadas para la mejora de proceso. El paso final consiste en trazar un plan de ejecución para implementar las propuestas del estado futuro. Comúnmente, al entrar en la actividad de ejecución algunas partes del mapa cambian y deben regresar a revisar las propuestas para ser adaptadas a la realidad.

Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas de los materiales dependen de su composición y microestructura. Es importante para un diseñador entender los conceptos básicos asociados con las propiedades mecánicas y términos básicos como dureza, esfuerzo, deformación, deformación elástica y plástica, vico elasticidad y rapidez o velocidad de deformación, así como pruebas que se utilizan para evaluar estas propiedades.

El acero por ejemplo es un material muy utilizado en la industria en general, sobre todo en uso de estructuras, y los componentes deben ser construidos sin comprometer la integridad de producto y a la vez debe tener la resistencia adecuada, sin comprometer la seguridad.

Existen diferentes tipos de fuerzas o “esfuerzos” que un ingeniero de diseño puede enfrentar al tratar con propiedades mecánicas de los materiales. Askeland, (2011) define esfuerzo como la fuerza que actúa por unidad de área sobre la que se aplica la fuerza, la deformación unitaria la define como el cambio en dimensión por unidad de longitud.

Propiedades obtenidas del ensayo de tensión.

Resistencia a la tensión. Es el esfuerzo obtenido de la fuerza más alta aplicada, que es el esfuerzo máximo sobre la curva esfuerzo-deformación ingenieril. En muchos materiales dúctiles, la deformación no es uniforme. En cierto momento una región se deforma más que otras y ocurre una reducción local de importación en la sección recta. Esta región localmente deformada se conoce como zona de estricción.

Propiedades elásticas. El módulo de elasticidad o módulo de Young, E (figura 12), es la pendiente de la curva esfuerzo-deformación en su región elástica. Es la relación de Hooke.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots \dots \dots (1)$$

El módulo es una medida de la rigidez del material. Un material rígido, con un alto módulo de elasticidad, conserva su tamaño y su forma incluso al ser sometido a una carga en la región elástica.

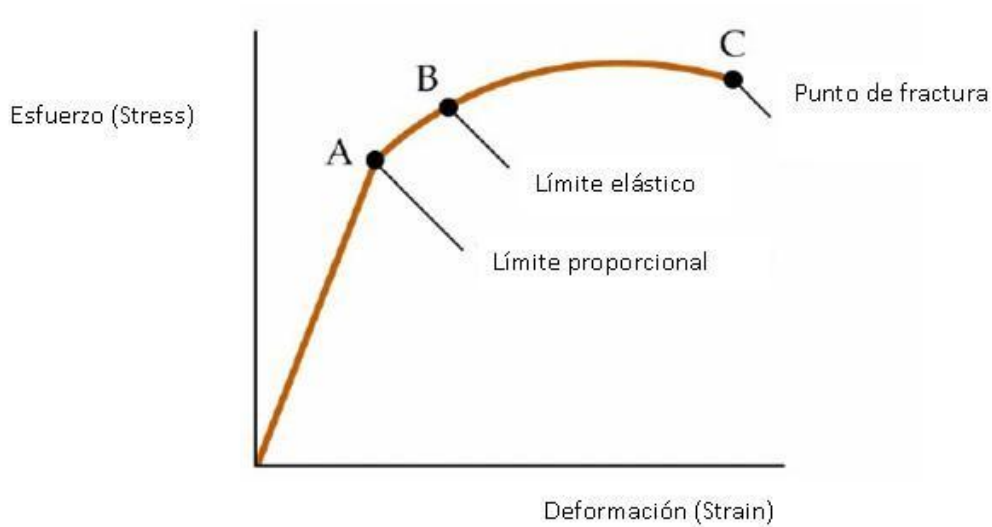


Figura 12. Módulo de Young

El módulo de resistencia, que es el área que aparece bajo la porción elástica de la curva esfuerzo-deformación, es la energía elástica que un material absorbe o libera durante la aplicación o liberación de la carga aplicada respectivamente en el caso de un comportamiento lineal.

$$E_r = \left(\frac{1}{2}\right) (\text{esfuerzo de cedencia})(\text{deformación a la cedencia}) \dots \dots (2)$$

Para un material dado, los resultados de un solo ensayo son aplicables a todo tamaño y formas de muestras, si se convierte la fuerza en esfuerzo y la distancia entre marcas calibradas en deformación. Esfuerzo y deformación ingenieriles se define mediante las ecuaciones siguientes.

$$\text{esfuerzo ingenieril} = \sigma = \frac{F}{A_0} \dots \dots \dots (3)$$

$$\text{deformación ingenieril} = \varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0} \dots \dots \dots (4)$$

Donde A_0 es el área original de la sección de la probeta antes de iniciarse el ensayo, l_0 es la distancia original entre marcas calibradas y l es la distancia entre las mismas, después de haberse aplicado la fuerza F . La curva esfuerzo-deformación se utiliza para registrar los resultados del ensayo de tensión, como se puede ver en la figura 12, cada material reacciona a los esfuerzos en diferentes maneras dependiendo de su composición y magnitud a la fuerza que es sometida.

La ductilidad mide el grado de deformación que puede soportar un material sin romperse. Se puede medir la distancia entre las marcas calibradas en una probeta antes y después del ensayo. El % de elongación representa la distancia que la probeta se alarga plásticamente antes de la fractura.

$$\% \text{ de elongacion} = \frac{l_f - l_0}{l_0} \times 100 \dots \dots \dots (5)$$

Donde l_f es la distancia entre las marcas calibradas después de la ruptura del material.

Un segundo método para medir la ductilidad es calcular el cambio porcentual en el área de la sección transversal en el punto de fractura antes y después del ensayo. El % de reducción en área expresa el adelgazamiento sufrido por el material durante la prueba.

$$\% \text{ de reducci33n en 1rea} = \frac{A_0 - A_f}{A_0} \times 100 \dots \dots \dots (6)$$

Donde A_f es el 1rea de la secci33n transversal en la superficie de la fractura.

El efecto de la temperatura en las propiedades a la tensi33n dependen de la temperatura. El esfuerzo de cedencia, la resistencia a la tensi33n y el m33dulo de elasticidad disminuyen a temperaturas muy altas, en tanto que, por lo general, la ductilidad aumenta. Un fabricante quiz1 dese33 deformatar un material a una alta temperatura (lo que se le llama com33nmente trabajo en caliente) para aprovechar es mayor ductilidad y los menores esfuerzos requeridos.

La resistencia a la flexi33n o m33dulo de ruptura describe la resistencia de un material.

$$\text{Resistencia a la flexi33n} = \frac{3FL}{2Wh^2} \dots \dots \dots (7)$$

Donde F es la carga a la fractura, L la distancia entre los dos puntos de apoyo, w es el ancho de la probeta h es su altura.

El m33dulo de elasticidad a la flexi33n o *m33dulo de flexi33n* se calcula en la regi33n el1stica, para probar la flexibilidad de un material, tambi33n es sometido a un ensayo de flexi33n como muestra la figura 13.

$$\text{M33dulo de flexi33n} = \frac{L^3}{4wh^3\delta} \dots \dots \dots (8)$$

Donde δ es la flexión de la viga al aplicarse una fuerza F .

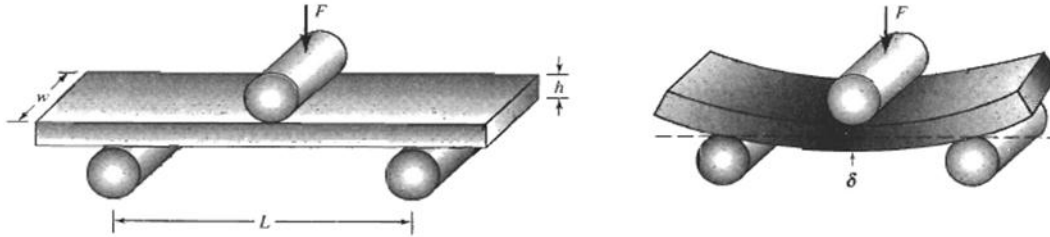


Figura 13. Ensayo de flexión utilizado para medir la resistencia de materiales frágiles.

Importancia mecánica de la fractura.

Selección de un material. Si se conoce el tamaño máximo a de los defectos en el material y la magnitud del esfuerzo aplicado, se puede seleccionar un material que tenga una tenacidad k_c y k_{lc} a fractura, lo suficiente grande para que impida que el defecto crezca.

Al Diseñar de un componente, Si se conoce el tamaño máximo de los defectos y una vez que se ha seleccionado el material, se puede calcular el esfuerzo máximo que logra resistir el componente. En el diseño de un método de manufactura o de ensayo, si el material ha sido seleccionado, se conoce el esfuerzo aplicado y determinado el tamaño del componente, se puede calcular el tamaño máximo permisible de los defectos.

Las curvas esfuerzo-ruptura permiten estimar la vida esperada de un componente para combinaciones de esfuerzo y temperatura particular. El parámetro de Larson-Miller, es el más usado para condensar la relación esfuerzo-temperatura tiempo de ruptura en una sola curva. El parámetro de Larson-Miller es:

$$L.M. = \left(\frac{T}{1000} \right) (A + B \ln t) \dots \dots \dots (9)$$

Donde T este en grados kelvin, t es el tiempo en horas, y A y B son constantes que dependen del material.

Tratamientos Térmicos:

La definición de tratamiento térmica dada en METALS HAND BOOK es: una combinación de operaciones de calentamiento y enfriamiento, de tiempos determinados y aplicadas a un metal o aleación en el estado sólido de tal forma que producirá propiedades deseadas.

Recocido total: Este proceso consiste en calentar el acero a la temperatura adecuada y luego enfriar lentamente a lo largo del intervalo de transformación, preferente en el horno. Por lo general, el enfriamiento lento continúa a temperaturas más bajas.

Esferificación: La herramienta se somete a continua carga de electricidad por las placas de cementita y resulta una superficie final mellada. Este proceso de tratamiento térmico que mejorara la maquinabilidad.

Recocido para eliminación de esfuerzos: Este proceso es llamado recocido suscritico, es útil para eliminar esfuerzos residuales debidos a un fuerte maquinado u otros procesos de trabajo frio. Generalmente se lleva a cabo a temperaturas por debajo de la línea crítica inferior.

Recocido de proceso. Este tratamiento térmico se utiliza en las industrias de lámina y alambre, se lleva a cabo el calentamiento del acero a una temperatura (1000° a 1250°F). Se aplica después de trabajo en frio y suaviza el acero.

Normalización. La normalización del acero se lleva a cabo al calentar aproximadamente 100°F por encima de la línea de temperatura critica superior seguida por un enfriamiento por aire hasta llegar a temperatura ambiente. El propósito de la normalización es producir un acero más duro y fuerte que el obtenido por el recocido total.

Materiales

Conocer los materiales dentro del diseño mecánico es fundamental para poder escoger los mejores materiales para los proyectos a desarrollar. Los materiales más básicos con el acero, aluminio, y sus aleaciones.

Aluminio: La característica más conocida del aluminio es su peso ligero, su densidad es una tercera parte de la del acero o de las aleaciones del cobre. Ciertas aleaciones al aluminio tienen mejor proporción-resistencia al peso que la de los aceros de alta resistencia. El aluminio tiene buena maleabilidad y formabilidad, alta resistencia a la corrosión y gran conductividad eléctrica y térmica. Una forma de aluminio puro se utiliza para reflectores fotográficos con el fin de aprovechar sus características de alta reflectividad a la luz y de no decoloración superficial.

El aluminio no es tóxico, ni magnético y no produce chispa. Su característica de no magnético hace al aluminio útil para diversos fines de protección eléctrica, como cajas para barras conductoras.

Una de las características más importantes del aluminio es su maquinabilidad y su capacidad de trabajado; se puede fundir mediante cualquier método conocido, laminado a cualquier espesor deseado, estirado enroldado, forjado y extruido a casi cualquier forma imaginable.

El aluminio tiene una densidad de 2,7 g/cm³, aproximadamente un tercio más que el acero (7,83 g/cm³), cobre (8,93 g/cm³), o de latón (8,53 g/cm³). Puede mostrar una excelente resistencia a la corrosión en la mayoría de los entornos, incluidos la atmósfera, el agua (incluida el agua salada), productos petroquímicos, y muchos sistemas químicos. Las características de la corrosión del aluminio se examinan en detalle en la corrosión, Volumen 13 de ASM Handbook.

Designación de temple.

Se utiliza para el aluminio y aleaciones al aluminio forjadas y fundidas. Se basa en las secuencias de los tratamientos básicos utilizados para producir diversos temple. El sistema de designación de temple consta de una letra que indica el temple básico. Excepto para los temple en condición de recocido y aquellos en condición de fabricación, sin tratamiento térmico se define más específicamente por la adición de uno o más dígitos. Hay cuatro temple básicos F, condición de fabricado; O, recocido, H endurecido por deformación y T, tratado térmicamente.

- **F: condición de fabricado.** Aplicado a productos que adquieren algún temple como resultado de las operaciones de manufactura.
- **O: recocido, recristalizado.** Es el temple más suave de los productos de aleaciones forjados.

- **H: endurecido.** Se aplica a productos susceptibles de incrementar sus propiedades mecánicas mediante trabajado en frío solamente. La H siempre es seguida por dos o más dígitos. El primero la combinación específica de las operaciones básicas como sigue:
 - **H1.** Endurecido por deformación, el segundo dígito designa la cantidad de trabajo en frío realizada, cuyo número 8 representa la condición de dureza total.
 - **H2.** Templado por deformación y luego recocido parcialmente, se aplica a productos trabajados en frío para obtener un temple más duro y luego, mediante cocido parcial, esto reduce su resistencia al nivel deseado.
 - **H3.** Endurecido por deformación y luego estabilizado. Se aplica solo a aleaciones que contienen magnesio a las cuales se da un calentamiento a baja temperatura para estabilizar sus propiedades. El grado de endurecimiento por deformación remanente después de tratamientos de estabilización se indica en la forma usual por uno o más dígitos.
- **T:** tratado térmicamente. Se aplica a productos tratados térmicamente, con o sin endurecimiento por deformación suplementario, para producir temples estables.
- **T2:** recocido (solo a productos fundido).
- **T3:** tratados térmicamente a solución y luego trabajado en frío.
- **T4:** tratados térmicamente a solución y envejecida en forma natural hasta una condición sustancialmente estable.
- **T5** solo envejecido artificial.
- **T6:** tratados térmicamente y en solución luego en envejecida artificialmente.
- **T7:** tratados térmicamente y en solución luego estabilizada.
- **T8:** tratados térmicamente, en solución trabajado en frío y luego envejecida en forma artificial.
- **T9:** trabajados térmicamente en solución, envejecida artificialmente y luego trabajado en frío.
- **T10:** envejecida artificialmente y luego trabajada en frío, lo mismo que en T5, pero seguida por trabajado en frío a fin de mejorar la resistencia.

Cobre y aleaciones al cobre:

Las propiedades más importantes del cobre son la alta conductividad eléctrica y térmica, buena resistencia a la corrosión, maquinabilidad, resistencia y facilidad de fabricación. Además, el cobre no es magnético, tiene un color atractivo, puede ser soldado, soldado con latón, soldado con estaño, y fácilmente se termina por revestimiento metálico (galvanizado) o barnizado.

El *cobre arsenical* que contiene 0.3% de arsénico tiene resistencia mejorada a condiciones corrosivas especiales y se utiliza para ciertas aplicaciones en condensadores e intercambiadores de calor.

El *cobre de alta maquinabilidad*, con aproximadamente 0.6% de telurio, tiene excelentes propiedades de maquinado y se utiliza para pernos, tornillos, puntas para soldar y diversas piezas eléctricas.

El *cobre contenido en plata* tienen 7 a 30 onzas por ton de plata, la cual se eleva la temperatura de recristalización de cobre, evitando así el suavizamiento durante el soldado de conmutadores. Se prefiere en la manufactura de motores eléctricos para usos en ferrocarriles y aviones.

Latones –general:

Estas son aleaciones de cobre y zinc, algunas de las cuales tiene pequeñas cantidades de otros elementos, como plomo, estaño o aluminio. Las variaciones en composición datan como resultado las características de color, resistencia, ductilidad, maquinabilidad, resistencia a la corrosión deseadas o una combinación de tales propiedades.

Bronces en general. El termino bronce se aplicó originalmente a las aleaciones de cobre – estaño; sin embargo, el termino se emplea para designar cualquier aleación de cobre, con excepción de las de cobre - zinc que contienen hasta aproximadamente 12% del elemento principal de aleación.

Bronces al estaño. Generalmente se refieren a *bronces al fosforo* que siempre se halla presente como un desoxidado al fundir. El rango usual de fosforo es entre 0.01% y 0.5% y el estaño entre 1 y 11%. Se caracteriza por su tenacidad, alta resistencia a la corrosión, bajo coeficiente de fricción y libertad de presencia de fisuras por esfuerzo de corrosión. Se utiliza ampliamente para diafragmas, fuelles arandelas de sujeción, seguros, bujes, discos de embrague y resortes.

El zinc se emplea para sustituir parte del estaño, cuyo resultado es una mejoría en las propiedades de las piezas fundidas y en la tenacidad con poco efecto sobre la resistencia al desgaste. Generalmente se le añade plomo para mejorar la maquinabilidad.

Bronces al silicio. Estos son los más fuertes de las aleaciones al cobre endurecibles por trabajado. Tienen propiedades mecánicas comparables a las de los aceros al medio carbón y resistencia a la corrosión comparable a la del cobre. Se utilizan para tanques, recipientes de presión, construcción marina y conductos hidráulicos sujetos a presión.

Bronces al aluminio. La mayoría de los bronce al aluminio comerciales contienen entre 4 y 11% de aluminio. Aquellas aleaciones que contiene hasta 7.5% de aluminio suelen se aleaciones unifásicas, en tanto que las que poseen entre 7.5 y 11% de aluminio son aleaciones bifásicas. Otros elementos como el hierro, el níquel, el manganeso y el silicio, frecuentemente se añaden a los bronce de aluminio.

Capítulo 3. Metodología

Para el desarrollo del sistema de calidad que mide el rendimiento del diseño de herramientas, se crearon múltiples documentos y accesorios mecánicos para productos que carecían de dichos instrumentos. Dado lo anterior, el ingeniero de manufactura del área de granallado tomo de la base de datos de la empresa un listado de productos que son sometidos a este proceso con el fin de seleccionar las herramientas que más impactarían el métrico de desperdicio del área, por medio de un diagrama de Pareto se filtraron los productos ofensores.

El 20% de los productos seleccionados como los muestra la figura 14 y 15. Represento la necesidad de tener en existencia 25 herramientas de las cuales 12 eran existentes, por lo tanto, fue requerido desarrollar solo 13 nuevas, las cuales fueron divididas para ser desarrolladas entre enero y marzo con el fin de entregar la primera herramienta en abril hasta terminar la entrega de herramientas en junio. El equipo de diseño junto con el ingeniero de manufactura encargado del proceso de granallado llevó una bitácora para dar seguimiento a la secuencia del desarrollo de todo el proyecto.

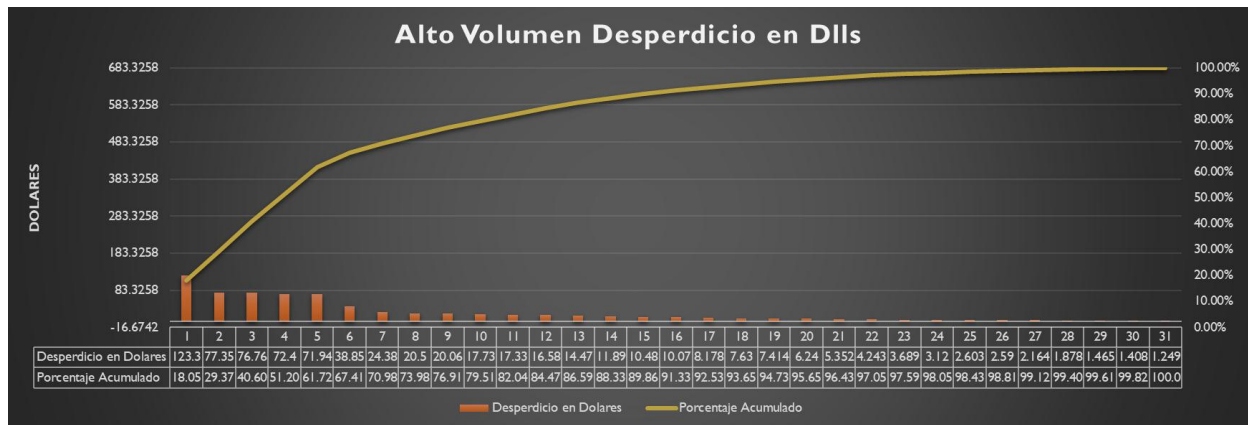


Figura 14. Diagrama de Pareto del área de alto volumen.

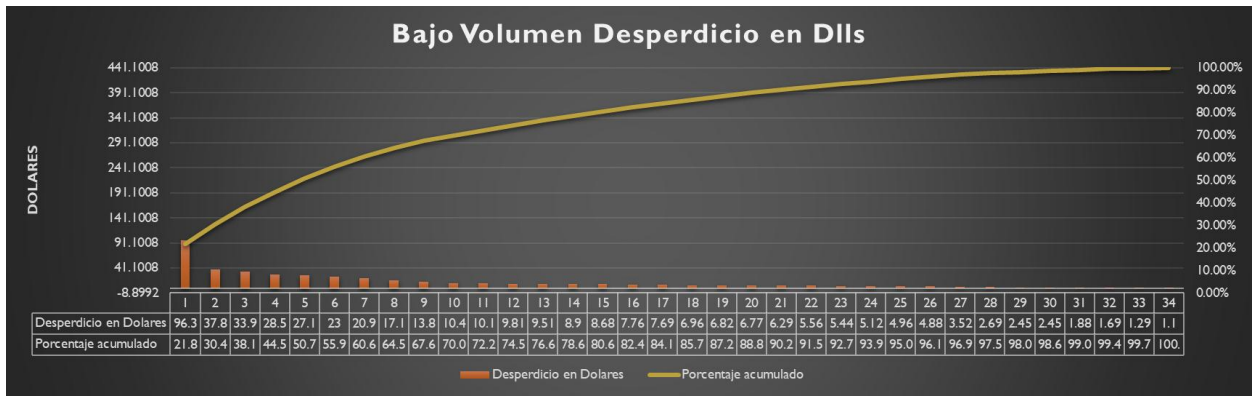


Figura 15. Diagrama de Pareto para el área de bajo volumen.

La documentación fue creada con el propósito de ayudar al equipo a resaltar los posibles errores de diseño, describir las necesidades de la herramienta e identificar las posibles fallas en el proceso de manufactura sin dejar a un lado la trazabilidad de los procesos de fabricación de las herramientas.

Se seleccionó un equipo multidisciplinario para ser de apoyo en el desarrollo de diseños de herramientas. Este equipo fue conformado por un ingeniero de Calidad, ingeniero de diseño, ingeniero de procesos y técnicos del área de metrología.

Para poder definir las responsabilidades cada miembro del equipo, se determinó el alcance de cada experto involucrado en la creación de una herramienta las cuales son las siguientes:

Ingeniero de Procesos

- ✓ Solicita nuevos diseños y revisiones con el formato de requerimiento de herramientas.
- ✓ Asiste en las revisiones de los diseños.
- ✓ Asiste con la validación funcional del herramental una vez liberada a producción.
- ✓ Justifica financieramente y obtiene aprobación del costo relacionado con la creación o modificación de un herramental.

Ingeniero de Calidad

- ✓ Se asegura que el diseño de herramientas incluya las características críticas de calidad.
- ✓ Asiste a las revisiones de los diseños.
- ✓ Valida nuevos programas, como Registros de inspección.

Ingeniero de Diseño Herramientas

- ✓ Capturar los requerimientos del cliente en el diseño de herramientas.
- ✓ Guarda, controla y mantiene actualizado el diseño de herramientas en ENOVIA.
- ✓ Crea los nuevos registros de herramientas a través del Sistema de MTS.
- ✓ Crea los registros de inspección.
- ✓ Provee la información a maquinado para la fabricación, reparación y modificación.
- ✓ Provee soporte a cotizaciones con estimado de costo de herramientas

Ingeniero de Metrología (Área de Calidad).

- ✓ Realiza las calibraciones de herramientas.
- ✓ Mantiene y actualiza los registros de inspección periódica.
- ✓ Utiliza el Sistema MTS para generar reportes de las herramientas y notifica a producción.
- ✓ Ingresa la información de calibración en el Sistema de base de datos IBM.
- ✓ Identifica y etiqueta los herramientas calibrados.

Se requirió la aprobación unánime por parte del equipo multidisciplinario en todas las etapas del proceso de la creación de las herramientas. Así mismo, el equipo ayudo a establecer la imparcialidad y evitar conflictos de interés durante el desarrollo de las herramientas.

Desarrollo de las herramientas:

El ingeniero de manufactura llena un formato de solicitud de herramientas para cada uno de los instrumentos que se requieren para este proyecto. Cada formato de solicitud fue evaluado por el diseñador con el fin de entender la petición y cuestionar si realmente era necesario desarrollar una nueva herramienta. De la misma manera fue a través de este documento que el ingeniero de manufactura recibió una fecha de entrega. El documento de solicitud de herramientas describe el número de parte, revisión, complejidad de la herramienta y secuencia de manufactura, así mismo cuestiona el costo estimado de la herramienta.

Dentro de las herramientas de granallado existen 3 tipos de configuraciones para la gama de productos que necesitan los instrumentos de granallado. Para poder clasificar estas herramientas se creó una matriz que clasifica los tipos de herramienta como se observa en la Tabla 1. El propósito de la matriz de diseño es proveer tiempos de entrega estandarizados. La matriz de diseño muestra un estimado del tiempo de desarrollo (unidades en horas) de acuerdo con las configuraciones y requerimientos de los productos.

La matriz de diseño muestra el proceso que marca desde la solicitud de la herramienta hasta el guardar y aprobar los datos en el sistema ENOVIA. El tiempo de maquinado abarca todo el proceso de fabricación y el tiempo de metrología nos determina el tiempo que calidad necesita para liberar la herramienta.

Tabla 1. Matriz de clasificación de Diseños de herramientas para granallado.

Horas					
Herramientas de Granallado	Codigo de Tamaño	Proceso de Diseño	Tiempo de Maquinado	Metrologia	Total
Placa sencilla	C	34	9	3	<u>46</u>
Placa con Guia de ensamble	B	69	22	6	<u>98</u>
Herramientas con inserto	A	80	39	12	<u>131</u>

La placa sencilla se clasifica con una “C” y tarda 46 horas en desarrollo, este tipo de herramienta consiste en una placa sencilla de acero, tiene la misma forma geométrica del producto y se amarra a la pieza con tornillos y tuercas. La figura 16 muestra un ejemplo de este tipo de herramienta.



Figura 16. Placa tipo "C"

La placa con guía de ensamble se clasifica con una "B", es una versión de herramienta con dos pernos en extremos opuestos fijados en una de las dos placas, los cuales sirven de guía para posicionar el producto, en la misma placa donde están colocados los pernos se hace un patrón de barrenos roscados para ensamblar los tornillos con la placa opuesta de la herramienta. Tarda 98 horas en desarrollarse esta herramienta. La figura 17 muestra un ejemplo de este tipo de herramienta.

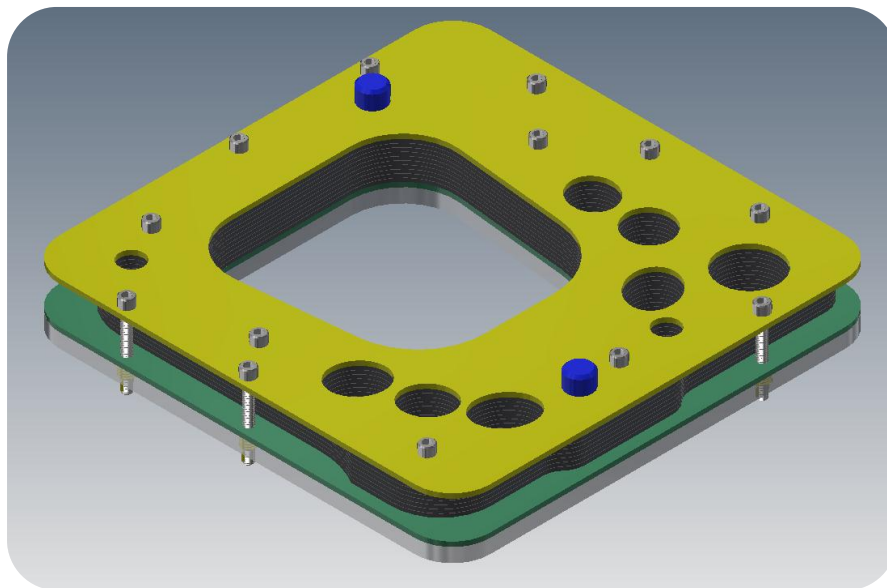


Figura 17. Herramienta Tipo "B"

El tercer tipo de herramienta lleva un inserto, este sirve para remplazar una parte de la herramienta que es desgastada agresivamente con el proceso de granallado sin tener que fabricar el resto de la herramienta, la cual permanece en buenas condiciones. De esta manera permite ahorrar material y tiempo. Tarda 131 horas en desarrollarse. La figura 18 muestra un ejemplo de este tipo de herramienta.

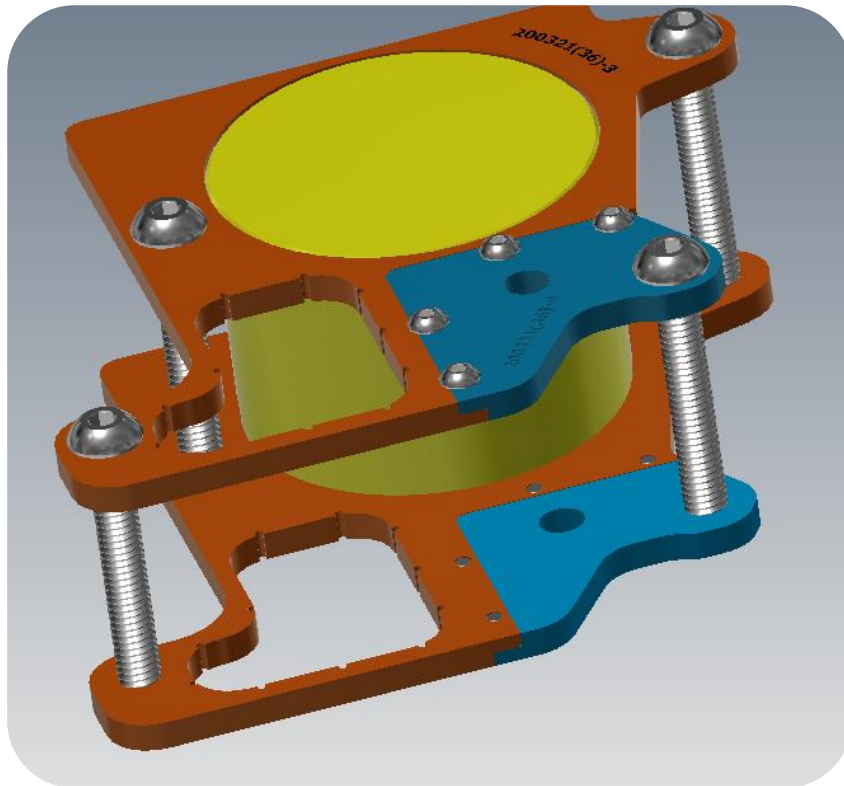


Figura 18. Herramienta tipo "A"

Es importante aclarar a los maquinistas la forma de ensamble y maquinado, la parte donde se aplican los insertos deben tener un plano por separado como muestra la figura 19. El cual estaría compuesto con su propia lista de materiales, indicaciones con burbujas enumeradas y en colores contrastantes para diferenciar los elementos en el ensamble.

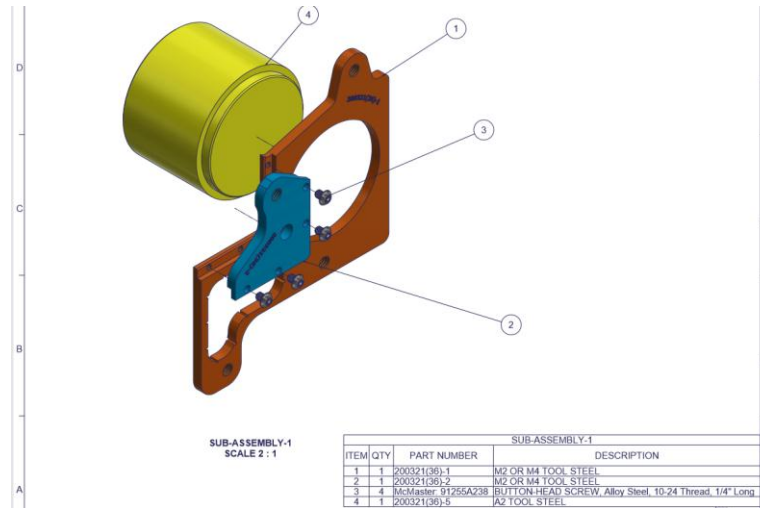


Figura 19. Ejemplo de un plano con inserto.

Para definir prioridades, el ingeniero de diseño y el gerente de ingeniería se responsabilizaron de cualquier reordenamiento de fechas que impactaran los tiempos, y fueron notificadas y aceptadas por los afectados mediante correos electrónicos.

Además, por cada solicitud de herramienta (Anexo A) se realizaba una junta de arranque para notificar y explicar el propósito y requerimientos de la nueva herramienta, dentro de esta junta participaba todo el equipo multidisciplinario. El ingeniero de manufactura expuso y justificó la necesidad de cada nueva herramienta.

Seguido de la junta de arranque, se procedía a reunir al equipo multidisciplinario a una junta en la cual se realizaba el análisis de modo de falla y efecto, en este tiempo se dedicaron los expertos de cada área a identificar los riesgos potenciales en diferentes aplicaciones, dándole ponderación a los posibles riesgos de los diferentes elementos y situaciones que enfrentaría la herramienta, en opinión y experiencia del equipo, con el fin de predecir y eliminar las potenciales fallas de la herramienta dentro del proceso de granallado. Como evidencia de lo comentado en la junta se utilizó el formato de "análisis de falla." (Anexo B)

Una vez identificadas las posibles fallas y efectos expresados por el equipo multidisciplinario, el diseñador de herramientas se dispuso a realizar el análisis y diseño, así como modelarlas en el programa CAD 3D Autodesk Inventor.

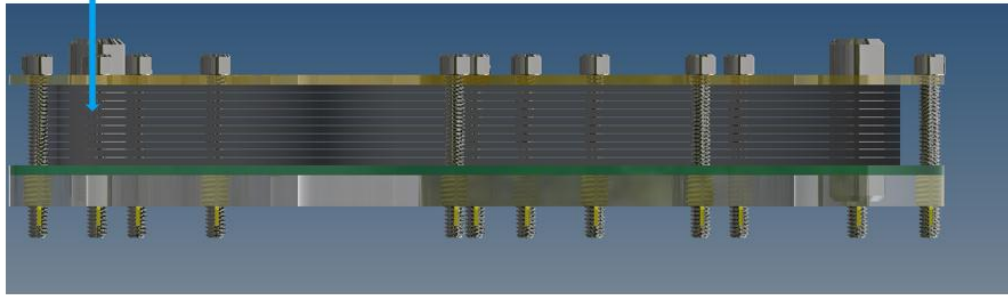
Una vez terminado el modelado 3D, el nuevo diseño fue sometido a una junta de revisión de concepto, el cual fue evaluado nuevamente por el equipo multidisciplinario y se revisó que cumpliera con todos los

puntos mencionados en la junta de análisis de falla y efecto. En este punto del proceso, se logró la aprobación unánime del concepto de diseño, en el caso de las herramientas que no lograran esta aprobación, regresaron para ser rediseñados y sometidas a esta junta nuevamente.

Previo a la junta se le envía al equipo una presentación para que analicen las características de la nueva pieza, las cuales se conforman de imágenes de software y una breve explicación de los componentes y la interacción de cada uno de ellos. Esto se observa en las figuras 20 y 21.

Producto
Cantidad = 10 PZ

Los pines guía y los Tornillos están extendidos para poder introducir un par de laminas extras, lo cual no es recomendable por el peso.



Peso aproximado de Tool + 10 Piezas = 11.85 Kg

Figura 20. Ejemplo de presentación hacia el equipo de ingeniería previo a una junta de análisis.

Los pines guía de .6875 para asegurar la posición del producto, este mismo esta fija en el plato de aluminio

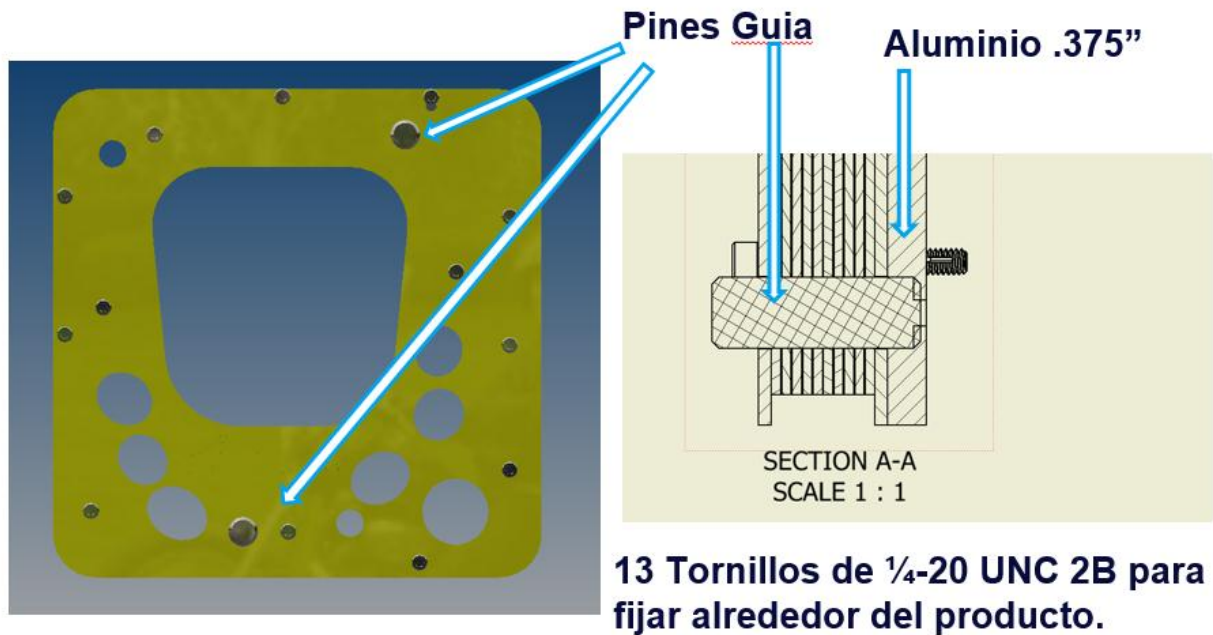


Figura 21. Ejemplo de presentación hacia el equipo de ingeniería previo a una junta de análisis.

El siguiente paso fue la creación de los planos, el plano es una parte esencial dentro del flujo, ya que, en este paso, el diseñador plasma de manera gráfica la intención de diseño, y se apoyó de la ayuda visual del dimensionamiento geométrico. Con esto resulta más sencillo unificar el lenguaje entre el diseñador y el programador de la maquina CNC. De la misma manera hubo menos dudas por parte de los técnicos de maquinado al leer los planos, de igual forma, facilitó el ensamble y el uso dentro del proceso de granallado.

La calidad de los planos se ratificó en una junta con otros diseñadores de herramientas con el fin de analizar y corregir posibles errores en los planos, para que estuvieran correctamente establecidas las tolerancias y dimensiones de la herramienta, así mismo, se revisó el formato general y el listado de materiales en el caso de herramientas que requirieran ensamble. De esta forma se evitó transmitir errores al quipo de maquinado, asegurando la intención de uso de la herramienta.

Al término de la revisión de las herramientas se procedió a liberar toda la documentación en el sistema de ENOVIA, este es un sistema de informática que funciona como una base de datos. Este sistema reveló a todos los involucrados el ciclo de vida de la herramienta.

El sistema ENOVIA congeló, notificó las aprobaciones oficiales y liberó el diseño final. Dentro de ENOVIA el diseñador introdujo el plano y un archivo comprimido Zip, en este archivo se encuentra toda la documentación del modelado 3D, así como el plano en su programa nativo (Autodesk Inventor) y formatos STP (formato genérico para poder leer entre Programas CAD). Una vez cargado en el sistema las personas autorizadas pudieron descargar los archivos para trabajar con ellos. Así mismo la revisión del trabajo quedó congelada, hasta que se solicite un cambio de ingeniería, en caso de ser necesario.

El siguiente paso, fue la fabricación. La documentación necesaria para el equipo de maquinado ya estaba establecido previo a la creación de este sistema de calidad, pero deben ser incluidos como parte del sistema para hacer una interrelación entre el departamento de diseño y maquinado, y se aplican las recomendaciones del ISO:9001 el cual establece que los departamentos deben interrelacionarse para mantener la comprensión y coherencia en el cumplimiento de los requisitos, de esta manera se logra un desempeño eficaz del proceso.

Los documentos solicitados son los siguientes:

- ✓ Orden de trabajo
- ✓ Modelo 3D en formato .STP o IGS
- ✓ Plano en PDF
- ✓ Notificación de la liberación del diseño en ENOVIA

Una vez que se terminó la fabricación de las herramientas fueron trasladadas al almacén de herramientas, ahí los almacenistas le dieron localización a cada una de las herramientas de granallado para su control, mantenimiento y trazabilidad dentro de la fábrica, simultáneamente se les dio de alta en el sistema de MTS (Por sus siglas en inglés: Mold tracking System), este es un sistema de informática que permite saber que herramientas están en uso y cuales están guardadas, de igual manera notifica a los almacenistas cuales herramientas necesitan repararse o reemplazarse. Mediante este sistema el personal del área de granallado registra la entrada y salida de las herramientas que necesitaban en cada proceso, por lo tanto, resulto en orden y limpieza del proceso, mismo que fue, es y será necesario para ser un sistema de control sostenible.

Después, el ingeniero de diseño y el ingeniero de manufactura procedieron a reunirse para inspeccionar cada una de las herramientas fabricadas, con el propósito de revisar físicamente que todos los componentes estuvieran conforme al plano. Con vernier y una cinta de medir se dimensionaron los instrumentos, de igual forma se revisó que la lista de componentes estuviera completa dentro de la

herramienta, con esto se aseguró la integridad de las piezas. Otros aspectos secundarios que se revisaron fue la limpieza de la herramienta y la identificación correcta de todas las partes.

Para evaluar la herramienta, se requiere que el primer producto terminado sea analizado por el equipo de calidad, donde el ingeniero de calidad involucrado se cerciora que al usar las herramientas en el proceso de granallado solo las partes indicadas por el plano sean procesadas, también revisa que el resto de la pieza estuviese protegida de la ráfaga de arena. Una vez aprobada se da de alta en el sistema de calidad.

Para concluir, el desarrollo de la herramienta requirió de la firma del equipo multidisciplinario para la liberación total de la herramienta a producción, en este punto termina el ciclo de diseño. El formato de liberación de cada herramienta fue escaneada y enviada por correo con copia a los involucrados como evidencia del acuerdo.

Se puede observar en la figura 22 el proceso por el cual las herramientas fueron evaluadas dentro del sistema de calidad.

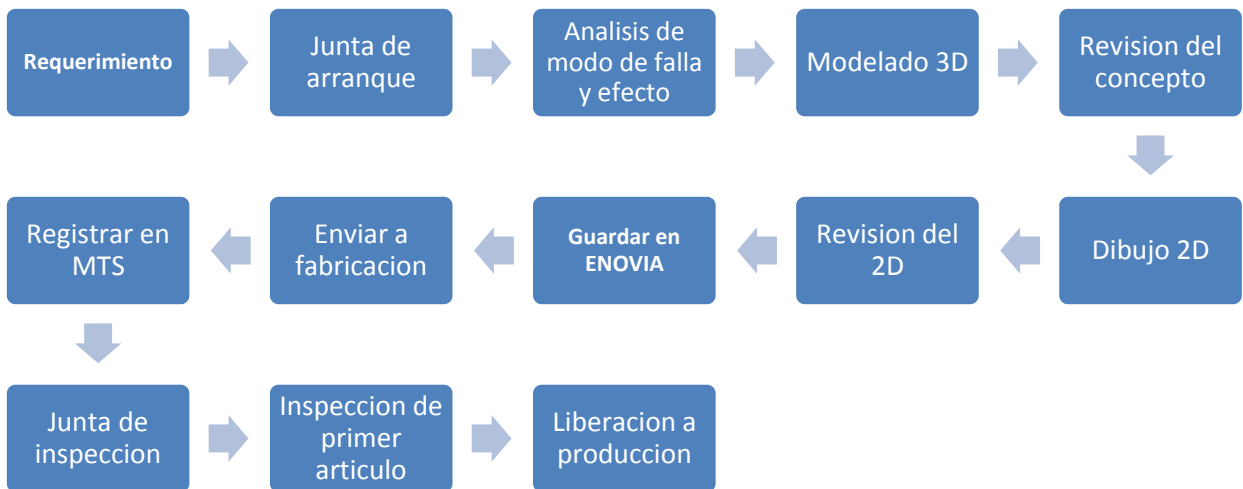


Figura 22. Diagrama de Flujo por el cual pasa una herramienta.

Capítulo 4. Resultados y Discusión

Como se mencionó anteriormente, las herramientas de granallado fueron creadas para dos áreas de la empresa, el primero es llamado alto volumen que es conformado por productos que no cambian constantemente en la línea de producción y la tendencia de estos números de parte es producirlos en grandes cantidades.

La segunda área es llamada bajo volumen el cual consta de una línea de producción que tiene pocas piezas producidas, pero cambia constantemente los modelos en la línea de producción. Por consecuencia a una producción más baja, hay menor desperdicio, sin embargo, las herramientas fueron pensadas para atacar este métrico de igual manera.

Ambas áreas fueron medidas desde que empezó el proyecto, pero fue a partir de abril cuando las herramientas de granallado empezaron a ser utilizadas dentro del proceso, lo cual empezó a dar resultados inmediatamente. Por medio de un reporte mensual de la empresa, se estuvo monitoreando diario el desperdicio generado para poder ver el impacto de las herramientas al final de cada mes.

Alto Volumen:

En el área de alto volumen podemos observar en la gráfica 23 que en los primeros tres meses del año cuando aún no estaban implementadas las herramientas y se estaba desarrollando este nuevo sistema, que había un total de desperdicio en enero de 683.32 dólares o 31.06 dólares diarios considerando 22 días de trabajo por mes y en marzo tuvo un pico de desperdicio en el área de granallado de 1060.80 Dólares o 48.18 dólares diarios.



Figura 23. Desperdicio en el área de granallado de enero a Julio 2020 para alto volumen

Terminadas las primeras herramientas se puede observar de nuevo gráfica de la gráfica 23 que el desperdicio de piezas empieza a bajar drásticamente hasta topar en un mínimo de 221.68 dólares en el mes de mayo o 10.67 dólares diarios.

En el mes de Julio se puede ver claramente que el desperdicio subió considerablemente a los meses anteriores a pesar de que ya se estaban aplicando las nuevas herramientas. En una investigación más profunda para poder atacar la causa raíz de esta elevación de desperdicio se descubrió que debido a la pandemia del virus COVID-19 hubo una rotación de personal agresiva entre junio y julio. Aproximadamente 60% de personal en julio era nuevo, por lo tanto, desconocían los procesos y el producto que la empresa produce, en consecuencia, la curva de aprendizaje de las maquinas, proceso y el uso de las herramientas sacrifico la eficiencia del proceso y se reflejó en el métrico de desperdicio de piezas del área de granallado. Pero cabe destacar que no rebaso el récord que se llevaba en el año.

Bajo Volumen:

En el área de bajo volumen al igual que en el alto volumen podemos observar en la gráfica 24 los primeros tres meses de año como nuestra base a superar, en este periodo no estaban implementadas las herramientas bajo el nuevo sistema de calidad de herramientas para el área de granallado aún.



Figura 24. Desperdicio en el área de granallado de enero a Julio 2020 para bajo volumen

En esta área se empezó con un total de desperdicio de 441.10 dólares en el mes de enero, aproximadamente 20.05 dólares diarios. En el mes de abril, donde se empezaron a liberar las primeras herramientas se puede ver un descenso en el desperdicio, al igual que el área de alto volumen, en este punto al estar protegidas piezas costosas que afectaban agresivamente el métrico, se observa una reducción drástica que topó con un mínimo en mayo con un total de 24.36 dólares eso es 1.10 dólares diarios en desperdicio. En junio se puede ver un ligero repunte a 118.54 dólares, pero sigue por debajo de lo pronosticado.

Igual como se explicó en anteriormente para el área de alto volumen, la pandemia del virus COVID-19 impacto el área de bajo volumen, el cual se vio afectado por la rotación agresiva de personal dentro de la fábrica y se ve un repunte de desperdicio significativo, el cual dejó el métrico fuera de meta. Si comparamos con los primeros tres meses donde no existía el nuevo sistema de calidad para el área de diseño de herramientas de granallado, se acercan los métricos, pero no los rebasan ni igualan.

Al igual que la tendencia al descenso que se pudo ver en los primeros dos meses de la liberación de herramientas, una vez que los operadores aprendan a utilizar mejor las máquinas y herramientas, se

puede predecir con certeza que volverá a bajar a los niveles de abril y mayo, regresando el métrico a la meta esperada.

Dentro de este proyecto la principal limitación fue el tiempo, ya que las herramientas fueron construidas dentro de la misma empresa en la cual se aplicó este estudio de caso. Además, debía coordinarse con el plan de maquinado rutinario, se realizó un acuerdo con el equipo de maquinado para construir las herramientas más sencillas tipo “C” y avanzarían hasta el tipo “A” como se mencionó previamente, el diseño de estas ya se había realizado en enero.

Cabe mencionar que la crisis de la pandemia COVID-19 impactó significativamente este proyecto, ya que los paros totales dentro de la planta restaron días en los cuales no se pudo trabajar en el plan, y uno de los objetivos que no se logró hacer fue la implementación del documento de ayuda para mejores prácticas en el modelado 3D, esto fue sustituido con un libro de Autodesk Inventor®.

El haber comenzado con un formato de requerimiento de diseño ayudo a concentrar los esfuerzos en analizar el propósito e intención del diseño propuesto por el ingeniero de manufactura, así mismo sirvió de evidencia de la petición hacia el área de diseño. Con base en las descripciones del formato, se lograron traducir los requerimientos del ingeniero de manufactura en especificaciones técnicas que necesitaban ser revisadas.

Además, este formato permitió consolidar de una manera sencilla llevar la trazabilidad y evidencia de las necesidades principales del producto, con respecto al proceso de granallado. En este mismo formato se asignó un espacio para escribir las principales metas a cubrir con la herramienta.

También, el esfuerzo del equipo multidisciplinario permitió coordinar el logro de los objetivos. Ya que procuro una estructura técnica de las relaciones entre los diferentes niveles y actividades correspondientes tanto para los materiales como el recurso humano. Dentro del equipo se establecieron funciones específicas para cada experto, esto ayudo a definir los niveles de autoridad dentro del sistema y facilitó el flujo de la información durante el proceso de la construcción e implementación de las herramientas.

Las juntas en las cuales el equipo multidisciplinario discutía los problemas que permitieron que todos estuviesen al tanto del proceso, además este espacio daba la posibilidad de discutir diferentes soluciones que eran sometidas a inspección dentro del flujo del desarrollo, y fueron llevadas a cabo desde el principio hasta el concepto final.

Otra de las juntas esenciales fue la de análisis de riesgos y efectos, puesto que en ella se analizaron las ponderaciones de riesgo, el equipo reflejó de manera cuantitativa sus pensamientos en un formato creado para dicha reunión. De ahí se basó la evaluación de la herramienta final, en caso de fallas, sería la base del análisis para futuras correcciones.

Dentro de la misma junta de análisis de riesgos y efectos se colectaron datos y se refinaron para diferenciar entre lo urgente, lo necesario y aquello que solo fuera un deseo sin fundamento. Así mismo se crearon jerarquías entre las necesidades del desarrollo del diseño y se marcaron prioridades en las metas.

Uno de los principales aprendizajes de este análisis, fue el cambio de perspectiva en relación con los problemas, el hecho de anticiparse a los riesgos de una herramienta activa en el piso de producción provocó una transformación a una cultura preventiva. Esto ahorra tiempo, dinero y esfuerzo, ya que evita hacer retrabajos y futuros análisis para explicar el porqué de las fallas.

Como se observa, en cada paso del proceso se realizó una revisión, para el modelado se dividió en dos juntas. La primera se relacionaba con el modelado 3D, en esta reunión el equipo multidisciplinario filtró aquellos conceptos que no funcionarían en la aplicación del granallado. La simulación permitió crear un concepto claro de la intención del diseño por parte de ingeniería, se identificaron los errores que debían ser corregidos y nuevamente analizados, esto provocó la confiabilidad del sistema en el flujo de diseño.

La segunda revisión del modelado era referente al 2D, esto ayudó a cerrar el ciclo de diseño en un ambiente virtual, y sirvió como filtro de errores. Ya que el diseñador difícilmente identifica sus errores y omite observación al plano por cansancio visual. Por lo tanto, otro ingeniero del mismo equipo analizó el plano con una perspectiva crítica y retroalimentó al diseñador para que el plano pudiese transmitir la verdadera intención que se plasmó en el modelado 3D, así mismo, analiza que las tolerancias revisadas se vean reflejadas para evitar errores en el ensamble.

Se puede observar el estado pasado de los planos en la figura 25 donde el diseñador no pasaba el flujo actual de diseño y no aplicaba el dimensionamiento geométrico y tolerancias. Así mismo se puede observar que el tipo de diseño para la pieza era a criterio del diseñador sin una alineación geométrica estandarizada.

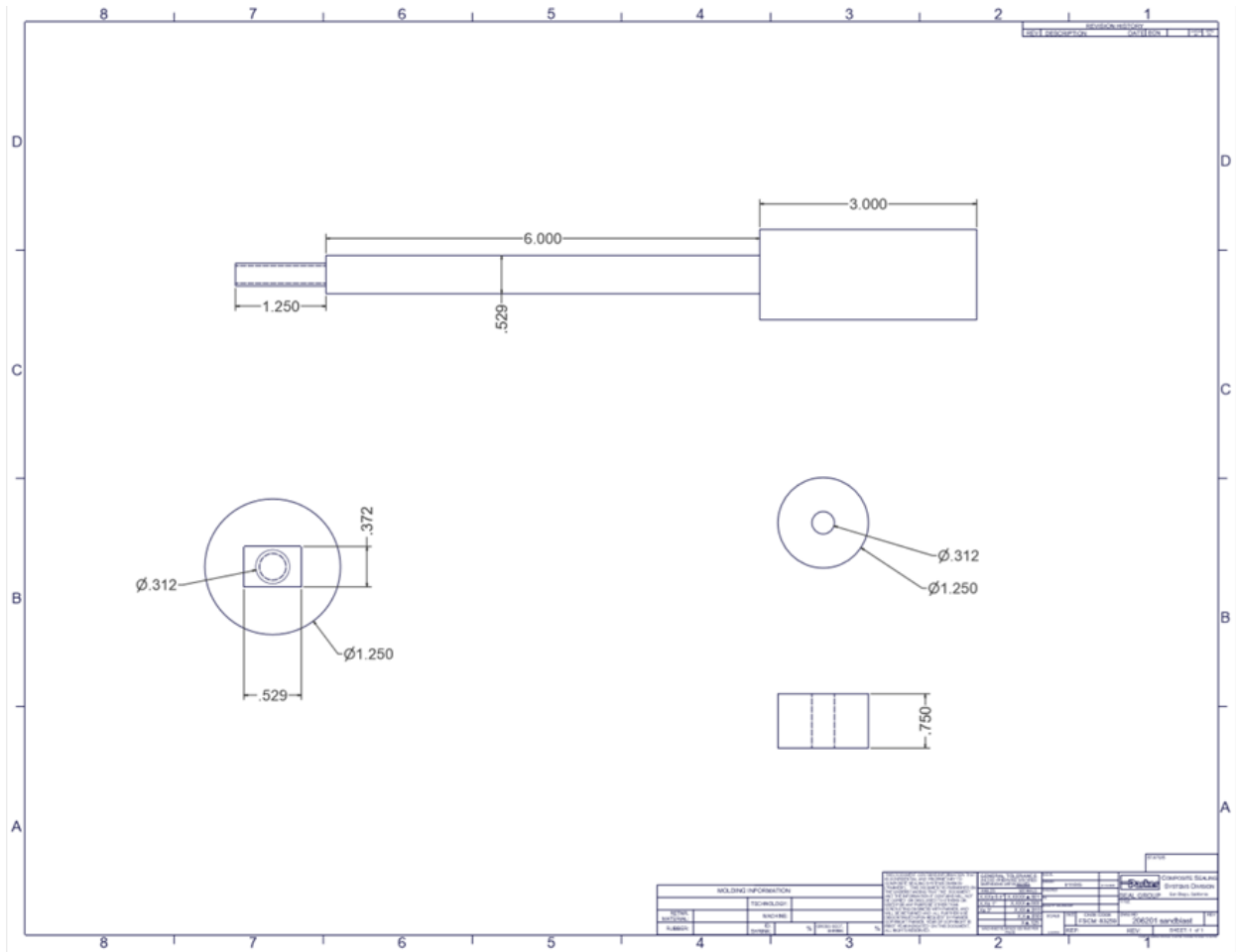


Figura 25. Ejemplo de plano sin estandarización ni sistema de calidad

En la figura 26 se puede observar un plano desarrollado por el sistema de calidad de diseño. El plano es más preciso en la intención de diseño, incluye recomendaciones de proveedores de herramientas para partes compradas y un plano isométrico para visualizar la parte ensamblada.

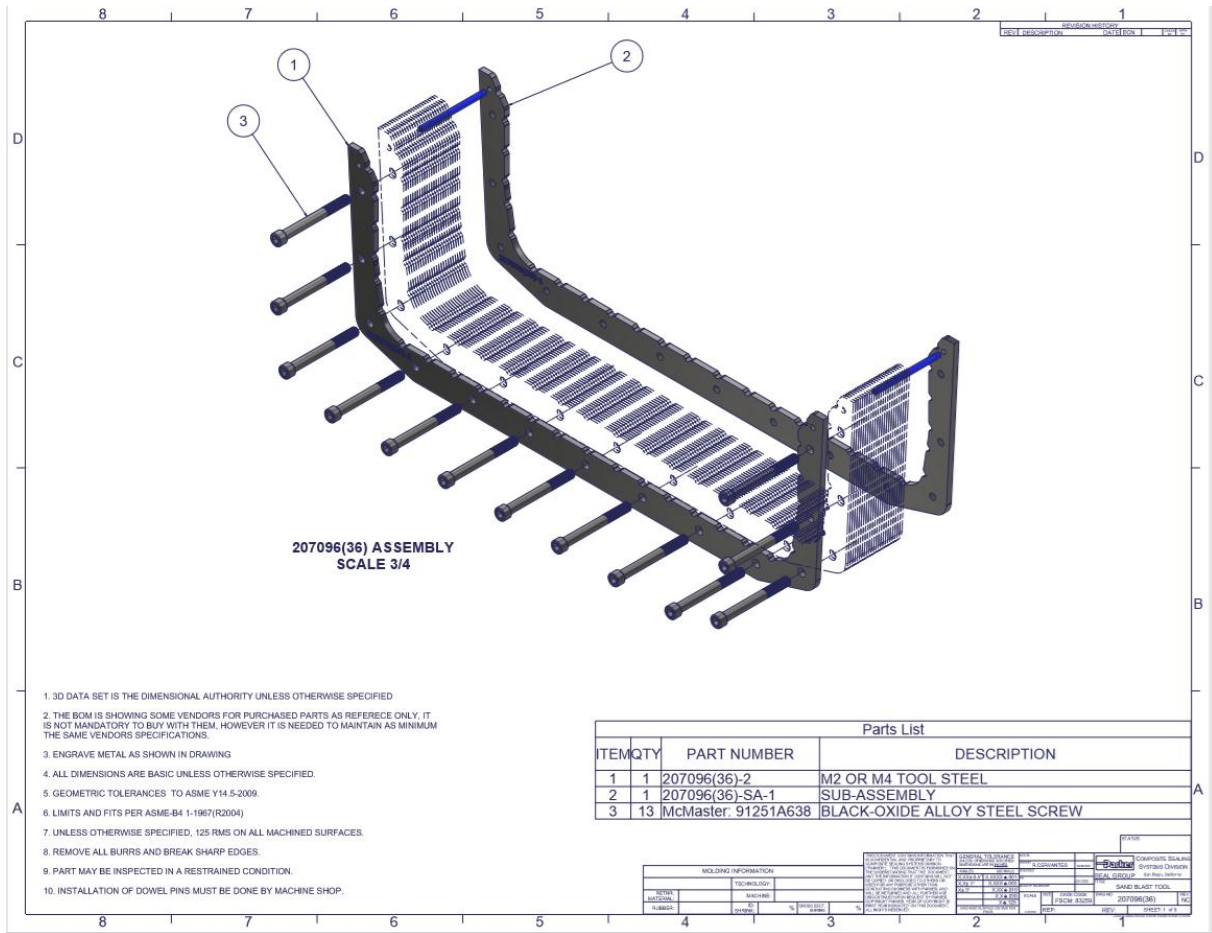


Figura 26. Plano con el nuevo estándar de calidad.

Una vez fabricada la herramienta, esta es puesta a prueba durante la inspección del primer artículo creado, en esta etapa se rechaza o aprueba la herramienta. En este proyecto, ninguna fue rechazada, todas cumplieron con las especificaciones necesarias para hacer el trabajo. Dado el caso de regresar al concepto de nuevo, la revisión de la herramienta tendría que elevarse y empezar desde primer paso, puesto que el concepto congelado de la herramienta tendría que cambiar.

Este sistema de calidad logró estandarizar el proceso de diseño de herramientas de granallado y a la vez creó una manera más segura de mantener la trazabilidad en el desarrollo de su creación, eliminando totalmente los procesos empíricos creados por cada ingeniero que entra al área de diseño de herramientas.

Con este nuevo sistema se logró diseñar herramientas funcionales, fáciles de producir, y utilizando recursos disponibles dentro de la fábrica. A la vez, la matriz de diseño ayudo a reducir los desperdicios,

tanto de tiempo como monetario. Con este proceso, se logró estandarizar los tiempos estimados para la entrega de herramientas, así como identificar rápidamente la naturaleza de las herramientas disponibles.

Además, se observa que el mayor impacto de mejora se tuvo en el diseño de las herramientas tipo "A". Aunque en principio es más tardado y complejo de diseñar, su mantenimiento es mucho más sencillo y costeable que los otros dos tipos de herramientas, ya que solo se tiene que reemplazar el inserto desgastado, sin tener que reemplazar el resto de la herramienta que permanece intacta en el proceso de granallado.

Analizamos que la evolución del desarrollo de herramientas, el cual era un proceso flexible pero poco eficiente, procede a la estandarización, liberando decisiones que anteriormente se prestaba para el retraso del proyecto. Esta evolución culmina en un proceso sistémico, que por el contrario de su predecesor cambia al sacrificar flexibilidad por eficiencia.

Estas nuevas herramientas, fueron implementadas desde el mes de abril, su diseño es más uniforme y con un concepto específico para cada tipo de producto, esto produce certidumbre en los usuarios al momento de utilizarlos, puesto que solo tienen que entender los tipos de conceptos de la matriz de diseño.

El resultado más trascendente del sistema de calidad se vio reflejado en el ahorro en desperdicio de piezas durante el proceso. Como se mencionó anteriormente, se enfocó el esfuerzo en las piezas que generaban más impacto al métrico de desperdicio en dos áreas de la empresa, alto y bajo volumen donde la reducción superó el 50% de ahorro por en los meses abril, mayo y junio.

Anteriormente se mencionó que de las 25 herramientas que se necesitaban para cumplir la meta 12 ya eran existentes y 13 herramientas necesitaban fabricarse. Las herramientas ya existentes fueron nuevamente maquinadas y reemplazadas para asegurar su funcionamiento, dado que las existentes estaban desgastadas, esto ayudo a cerciorar la disminución del métrico de desperdicio en el área de granallado. Al no tener necesidad de pasar por el nuevo sistema de calidad de diseño fueron las primeras en ser aplicadas desde el mes de abril.

Las 13 herramientas fueron fabricadas y entregadas desde el mes de abril, a partir de ese mes disminuye el desperdicio y se estabiliza el métrico por debajo de la mitad de lo que había en enero con excepción de julio.

El flujo de información es más fácil de seguir dentro de la nueva documentación. Y dentro del sistema de calidad permite que lleguen al piso de producción herramientas con tendencia a cometer errores mínimos.

El paquete de documentos que se registran es un resultado del mismo sistema, con la finalidad de tener evidencias de todo hecho durante el desarrollo, fue necesario incluir en la metodología estos registros físicos.

A partir del mes de agosto del 2020 en adelante se pronostica regresar a los niveles de desperdicio de abril, mayo y junio, por las siguientes razones:

1. El sistema seguirá filtrando los conceptos de diseño para permitir que surjan las mejores ideas de cada equipo involucrado.
2. El personal del área de granallado estará mejor capacitado para utilizar las herramientas.
3. Al estar sistematizado el flujo de información y documentación, será fácil replicar los nuevos conceptos de diseño por ingenieros en el futuro.
4. Fomentara la toma de decisiones con base en evidencias fundamentadas en datos y análisis de riesgo.
5. Se tendrá documentación de distintas fuentes de información y datos que permitirán comparar e interpretar la información desde puntos de partida más confiables.
6. El métrico ayudará a demostrar la habilidad y efectividad de las decisiones tomadas.
7. Eliminará decisiones al tener conceptos definidos en los tipos de herramientas que se pueden entregar en el área de granallado.
8. Se distinguirá entre lo urgente e importante con facilidad.
9. Se forma un equipo multidisciplinario para considerar los puntos de vista de diferentes departamentos en la creación de una nueva herramienta.
10. Dada la nueva estandarización, se puede aplicar la metodología del ciclo de Deming, el cual llevará este sistema a la mejora continua.

Capítulo 5. Conclusiones

Para finalizar este trabajo se vinculan los objetivos con el resultado del sistema de calidad implementado. Esta tesis permitió que se creara una metodología con base en un proyecto de mejora continua, el cual permitió reducir el desperdicio en un 50% durante la primera mitad del año 2020. Esto se vio reflejado en los métricos de los meses de abril a agosto, con la excepción de julio.

El proyecto consiguió hacer uso de graficas de Pareto en el mes de enero que demostraron que las partes de mayor impacto en el métrico de desperdicio pertenecían a las herramientas que utilizan para realizar el proceso de granallado, con base a la información anterior se desarrollaron nuevas herramientas. Como se pudo observar el área de mayor impacto se reflejó en el alto volumen, puesto que tiende a haber mayores iteraciones en grandes cantidades.

También se logró la regularización de formatos como evidencias entregables para analizar en cada junta, esto permitió examinar mediciones cualitativas y cuantitativas para monitorear el avance de proyecto. Estos reportes además fueron base para implementar medidas preventivas y evitan en un futuro desgastar tiempo y dinero en acciones correctivas.

Otro de los objetivos que se alcanzaron fue la implementación de categorizar los tipos de herramientas, en este caso se determinaron tres tipos, a cada uno se le dio un tiempo determinado para cada etapa de su desarrollo hasta su ejecución. El equipo enfocó esfuerzos en adaptar la producción a diseños funcionales, cabe mencionar que esto hace que se pierda flexibilidad en el momento de diseñar, sin embargo, se gana en eficiencia en el proceso de desarrollo.

Así mismo se logró establecer un equipo multidisciplinario el cual ayudo a mantener comunicación entre los departamentos involucrados además de reforzar los procedimientos del sistema de calidad con respecto a la gestión de recursos tanto en tiempo como materiales.

Por otro lado, también se elaboró un formato de Análisis de falla y efecto, esto dio pauta para una decisión estratégica para la organización bajo lineamientos y especificaciones basados en el riesgo. Y llevó a un proceso bien formulado de reducción de defectos en producción y uso. Así mismo permitió marcar prioridades en el desarrollo de las herramientas.

Adicionalmente, se buscó eliminar la necesidad de herramientas, que, al ser sometido el problema a un método de ponderaciones, también se buscaba solucionarse sin el desarrollo de la herramienta, en el caso de este proyecto no fue posible, pero se considera siempre tener esto en cuenta para generar ahorros.

Además, se reforzó la indagación hacia la seguridad del operador, el diseño de las nuevas herramientas tuvo geometrías ergonómicas de modo que fuese más sencillo de utilizar para el operador. Se identificó en el gravado de la herramienta el peso de esta, con el fin de advertir al personal de la carga y protegieran sus hombros y cinturas, ya que estas partes se ven más afectadas con el uso continuo y por el mismo movimiento que requiere el proceso de granallado.

Con el fin de desarrollar los nuevos accesorios mecánicos, se consiguió gestionar herramientas aptas, innovadoras y funcionales, por lo que este sistema de calidad para el desarrollo de herramientas de granallado ofrece una manera óptima de administrar cada proyecto nuevo. Por lo tanto, con la continuidad de la implantación de este sistema de calidad se alcanzará:

- Brindar un mejor servicio y mejorar el desempeño de las herramientas.
- Asegurar la calidad del producto.
- Reducir retrabajos.
- Reducir costos de producción y mantenimiento de las herramientas.
- Llevar una guía de pasos para nuevos elementos en el cual puedan basar diseños que aseguren la confiabilidad de las herramientas de granallado.
- Estandarizar los tiempos de entrega de las herramientas.
- Utilizar materiales similares en todas las herramientas.
- Captar los errores de diseño en las etapas previas a ser construidas.
- Tener la retroalimentación de diferentes departamentos.
- Tener una retroalimentación a través de las evidencias de los formatos y entrar en un ciclo de mejora continua.

El fundamentar los procedimientos de trabajo de una organización de calidad, habla de un compromiso por hacer productos de manera adecuada cumpliendo con las expectativas de los clientes tanto internos como externos, esto nos lleva a ser más competitivos y con ello abrir camino al desarrollo en el mercado.

En una planta manufacturera siempre existirán oportunidades para la mejora continua, pero perpetuamente deben estar sometidos a un sistema de evaluación para determinar la viabilidad de cada proyecto, en este caso de estudio, los desperdicios que generaba el proceso de granallado se vieron reducidos gracias a esta mejora continua. Esencialmente los ahorros se vieron reflejados en el ahorro de tiempo, trazabilidad de la información y dinero.

Literatura citada

- 1998 ASME Design Engineering Technical Conferences. ASME.
- Baldwin, C., & Clark, K. (2000). *Harvard business review on managing the value chain* (2da ed.). Harvard Business School Press.
- Budynas, R., & Nisbett, J. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (8va ed.). New York: Mc Graw Hill.
- Creveling, C. M., Dave Antis, and Jeffrey Lee Slutsky: Design for Six Sigma in Technology and Product Development, Prentice Hall PTR, 2002. A good book on DFSS.
- Deming, W., Cahill, K., & Allan, K. (2018). *Out of the Crisis*. MIT Press.
- Erwin Zaldívar González, Efecto del tamaño de bola en el proceso de granallado, (tesis para grado de especialidad en mecánica), Instituto politécnico nacional, México D.F 2008
- Ford Motor Company. (2011). *The FMEA handbook Version 4.2*.
- Ginn, D., and E. Varner: The Design for Six Sigma Memory Jogger, Goal/QPC, 2004. A quick introduction to DFSS
- Hebblethwaite, C., & Ethirajan, A. (2020). Should we stop buying distressed jeans. BBC News. Retrieved 19 May 2020, from <https://www.bbc.com/news/magazine-15017790>.
- Henzold, G. (2000). *Geometrical dimensioning and tolerancing*. Metrology Society of Australia.
- Héctor Hernández Et al, Mejoramiento del proceso de granallado para resortes de ballesta utilizando medición de esfuerzos residuales por difracción de rayos X. 2004
- Íñigo Fernández, L. (2019). Breve historia de la Revolución industrial. Ediciones Nowtilus.
- ISO 9000 Series of Standards - What is ISO 9000? | ASQ. Asq.org. (2020). Retrieved 18 May 2020, from <https://asq.org/quality-resources/iso-9000>.
- Jensen, C., Helsel, J., & Short, D. (2008). *Engineering drawing & design* (7ma ed.). McGraw-Hill Higher Education.
- Jesús Rigoberto Garza Flores, *Análisis de la granalla y su impacto en la generación de poros en un proceso de laminación en frio* (Tesis para grado de maestría) Universidad autónoma de nuevo león, Nuevo León.2005
- Juran, J., & De Feo, J. (2010). *Juran's quality handbook* (6ta Ed.). McGraw Hill.
- Monden, Y., 2012. *The Toyota Management System*. 4ta ed. Florida: Taylor & Francis Group, LLC.
- Rodolfo Morales Blanco, *Equipo presurizado de Sand Blast* (tesis de grado de licenciatura), Universidad Nacional Autónoma de México. Edo de México. 2003

- Rothbart, H., & Brown, T. (2006). *Mechanical Design Handbook (2nd Edition)* (2nd ed.). McGraw-Hill Professional Publishing.
- Shigley, J., 2006. *Standard Handbook Of Machine Design*. 8va ed. Norwich, NY: Knovel.
- Torres Jaramillo, Santiago Ramiro, *Diseño y construcción de un prototipo de una estación de limpieza mecánica mediante el proceso de SandBlasting utilizando granalla mineral en ciclo continuo para una unidad de mantenimiento y transporte*, (Tesis para grado de Licenciatura), Universidad de las fuerzas armadas. Sangolquí, Ecuador, 2013
- Ullman, D. (1944) *The mechanical design process* (4ta ed.). McGraw-Hill.
- Zandin, K. (2004). *Maynard's Industrial Engineering Handbook, Fifth Edition* (5ta ed.). Mc Graw Hill.

Anexos

Anexo A. Formato de requerimiento de herramienta

SOLICITUD DE DISEÑO DE HERRAMIENTA				Numero de Solicitud	
				#	
Instrucciones:					
1.- Llenar y validar con Ingenieria de Herramientas					
2.- Cargar formato scaneado y enviar al correo del ingeniero de diseño de herramientas					
3.- Todos los Campos son mandatorios					
Información General					
Ingeniero Solicitante		Fecha de Solicitud		Comentarios	
Información preliminar de la Herramienta					
Unidad de Negocio			Foto del Producto		
Cliente					
Numero de Parte					
Revisión					
Descripción de Requerimiento			Secuencia de Manufactura con herramienta		
Complejidad de herramienta					
Costo estimado de Herramienta			Tiempo estimado de Diseño de Herramienta		

Anexo B. Formato de análisis de falla y efecto.

FMEA De Un Diseño De Herramienta													
No.	Integrantes de Ingeniería Ingeniero de Manufactura Ingeniero de Calidad Ingeniero de Producto Ingeniero de Diseño	Nombres	Firmas	Diseñador Responsable		Diseñador Aprobador		Numero de Solicitud	Action Results/ Resultado de Acción Action Taken & Completion Date / Acciones y fecha actual				
				Gravedad	Clase	Causas Potenciales de Falta	Control/propuestas de prevención			Frecuencia	Control/propuestas de prevención	Acciones Recomendadas	Responsible y Fecha Compromiso
1	Numero de Parte	Requerimientos	Modos Potenciales de Falta	Efectos Potenciales de Falta	Gravedad	Clase	Causas Potenciales de Falta	Control/propuestas de prevención	Frecuencia	Control/propuestas de prevención	Acciones Recomendadas	Responsible y Fecha Compromiso	Action Results/ Resultado de Acción Action Taken & Completion Date / Acciones y fecha actual
2													
3													

- Requerimientos Primarios**
- 1. None
 - 2. Minor
 - 3. Moderate
 - 4. Very Low
 - 5. Low
 - 6. Moderate
 - 7. High
 - 8. Very High
 - 9. Hazardous with warning
 - 10. Hazardous with warning
- Gravedad**
- 1. Very low <10000
 - 2. Low - 100000
 - 3. Moderate - 10000
 - 4. Moderate - 10000
 - 5. Moderate - 10000
 - 6. Moderate - 10000
 - 7. High - 100
 - 8. High - 100
 - 9. Very High 100
 - 10. Very High 100
- Clase**
- 1. Absolute Certain
 - 2. High
 - 3. High
 - 4. Moderate High
 - 5. Moderate High
 - 6. Low
 - 7. Low
 - 8. Serious
 - 9. Very Serious
 - 10. Acceptable
- Acciones Recomendadas**
- Partially Prohibit
 - Prohibit
 - Limit Exposure
 - Warning Only
 - Scrap
 - Repair/Replace
 - Remove from Service
 - Partial Disassembly
 - Minor Rework (c/m)