



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE PUEBLA**



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA

**TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL GRADO DE: LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN
SISTEMAS AUTOMOTRICES**

TEMA DE TESIS:

**Metodología para la puesta en marcha de la preproducción
en la manufactura de autopartes.**

Presenta:

Dulce Alejandra Martínez Olvera

Matrícula:

201733711

Asesor de Tesis:

Dr. Cesar Augusto Arriaga Arriaga

Puebla, Pue., julio 2025

Resumen

Esta tesis presenta el desarrollo de una metodología estructurada para la etapa de preproducción en la manufactura de autopartes, orientada a optimizar el arranque de nuevas líneas de producción en la industria automotriz, con base en los lineamientos de la norma IATF 16949:2016 y el uso integral de las Core Tools. El propósito principal fue brindar una herramienta técnica que facilitara la planeación inicial de un proyecto automotriz, reduciendo riesgos, tiempos y costos, garantizando el cumplimiento de estándares de calidad e impulsando la mejora continua desde sus fases más tempranas.

A lo largo del documento se analizan los fundamentos normativos que rigen la calidad en el sector automotriz, así como las carencias en la organización de la documentación técnica y pruebas durante las fases iniciales de los proyectos. Se identificó que, aunque existen múltiples herramientas de calidad reconocidas internacionalmente, estas suelen aplicarse de forma aislada, sin una estructura que facilite su integración o una guía clara para su ejecución, en respuesta a esta necesidad, se diseñó una metodología con una secuencia lógica de actividades, documentos clave y pruebas necesarias, brindando una guía estructurada para la coordinación entre áreas, la estandarización de criterios y la prevención de errores, alineada a los principios de la IATF 16949.

Para comprobar su viabilidad, la propuesta fue implementada en un entorno real de trabajo representativo del sector. A través de la aplicación de una de las Core Tools —el AMEF de proceso— y la documentación complementaria correspondiente, se observaron beneficios como mayor trazabilidad de las acciones, orden en las actividades de mantenimiento y mejoras en la gestión de recursos. Esta experiencia evidenció que, incluso en empresas de pequeña escala, aplicar una metodología basada en la calidad puede generar resultados positivos y replicables en industrias Tier 1 con un impacto aún mayor.

Con este trabajo, se espera ampliar los conocimientos del lector en materia de calidad, brindándole una visión integral sobre la importancia de la planeación técnica, el cumplimiento normativo y la prevención de errores en la manufactura de autopartes a través del análisis de normas, herramientas y procesos documentados, esta tesis busca fortalecer el compromiso con una cultura organizacional enfocada en la mejora continua, el trabajo multidisciplinario y la trazabilidad desde el inicio de los proyectos.

En su conjunto, esta tesis ofrece una herramienta útil y adaptable que responde a las necesidades actuales de la industria automotriz. Más que una simple guía operativa, representa una forma de trabajo basada en principios sólidos de calidad, prevención y organización, en donde su implementación favorece una cultura técnica más robusta, donde las decisiones se toman con mayor claridad, los procesos se documentan con precisión y las áreas de trabajo operan de forma integrada. En un entorno global cada vez más competitivo, este tipo de propuestas se vuelve indispensable para sostener niveles elevados de desempeño, fomentar la innovación y garantizar una respuesta ágil ante los retos del mercado.

Agradecimientos

Con sincero aprecio y profundo reconocimiento, extiendo mi gratitud a todas las personas e instituciones que hicieron posible la realización de este trabajo.

Agradezco a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla por brindarme una formación integral a lo largo de mi trayectoria académica. De manera particular, reconozco a la Facultad de Ciencias de la Electrónica, espacio en el que adquirí los conocimientos, habilidades y valores fundamentales para desarrollarme como ingeniera.

Expreso mi más sincero agradecimiento al asesor de tesis, el Doctor Cesar Augusto Arriaga Arriaga, por su guía, orientación y constante disposición durante el desarrollo de este proyecto. Asimismo, agradezco a los integrantes del jurado revisor, cuyas observaciones y aportaciones fueron esenciales para enriquecer y consolidar el contenido de este trabajo.

De igual forma, extiendo mi reconocimiento a los asesores del diplomado en sistemas de gestión de calidad, gracias al cual obtuve la certificación como auditora interna en la norma IATF 16949. Sus enseñanzas aportaron significativamente al enfoque técnico y profesional de esta tesis, y agradezco también a los miembros de mi equipo de trabajo, con quienes fue posible llevar a cabo la implementación práctica de la propuesta metodológica, así como a la empresa Toledo Maquinados, por abrir sus puertas y colaborar en la validación de esta investigación.

Finalmente, expreso mi reconocimiento a los docentes que me acompañaron a lo largo de esta carrera, por su compromiso, su guía y la generosidad con la que compartieron sus conocimientos. Del mismo modo, agradezco profundamente a mis amistades, por estar presentes en cada etapa con su apoyo sincero.

Y por último, pero no menos importante, quiero dar un agradecimiento especial a mi familia, por ser mi mayor sostén emocional, por motivarme con su confianza inquebrantable y brindarme, cada día, la fuerza necesaria para continuar. Su respaldo, afecto y palabras de aliento fueron esenciales para llegar hasta aquí. Gracias por acompañarme con amor en cada paso de este camino. Este logro también les pertenece.

Dedicatoria

A mis padres, quienes han sido mi mayor ejemplo y mi pilar más firme. Gracias por enseñarme con amor gran parte de lo que sé en esta vida; espero algún día llegar a ser, aunque sea, la mitad de los seres humanos tan buenos, nobles y sabios que ustedes son.

A mis hermanitas, porque sin ustedes mi vida no estaría completa, son mi alegría, mi motor y mi inspiración constante para ser mejor cada día. A mi abuelito, con todo mi cariño y admiración. Y a mi tío Francisco, por todo lo bonito que me dio en esta vida, que, aunque ya no esté físicamente, me acompaña en mis recuerdos, en mis pensamientos y en cada paso que hoy celebro con el corazón lleno.

A todos los que me enseñaron algo, no solo de mi carrera, sino también de la vida, a quienes me ayudaron a aprender de mis errores, a disfrutar lo cotidiano, a reírme de lo simple y a encontrar sabiduría en los momentos más pequeños. Todos han sido mis maestros, y por eso, cada uno vive en mí.

A mi familia extendida —tíos, primos y abuelos—, gracias por su amor constante y por acompañarme en este camino. A mis amistades, desde quienes conocí en La Salle y han ido creciendo conmigo, hasta quienes me acogieron en la universidad, ya fueran de mi carrera o de otras áreas dentro de la facultad, me demostraron que la afinidad entre personas va más allá de los planes de estudio. A quienes conocí durante el servicio social, en las prácticas, en algún curso o simplemente porque la vida nos cruzó en el momento justo, gracias por compartir risas, consejos y aprendizajes. A mis docentes, gracias por su paciencia, por su guía y por, en algunos casos, confiar en mí más allá del aula.

Me disculparán si al leer esta dedicatoria no encuentran su nombre escrito directamente, pero están aquí, presentes en cada palabra, en cada idea, en cada paso que me trajo hasta aquí. No los enumero, no por olvido, sino porque no alcanzarían las páginas ni las palabras para agradecerles y expresar todo lo que cada uno de ustedes ha significado en mi vida. A quienes me han acompañado con gestos, enseñanzas, conversaciones o silencios. A quienes, con cariño genuino, me han formado y guiado, incluso sin saberlo.

Y si estás leyendo esto, créeme: esta tesis también es para ti. Tal vez no lo imaginas, pero has dejado huella en mi vida; quizá fue una risa, un consejo o un momento compartido. Gracias por compartir conmigo un fragmento de tu camino, ojalá estas palabras logren evocarte un buen recuerdo, y ojalá, con mi gratitud, pueda devolverte un poco de todo lo que me diste.

Finalmente, agradezco también a quienes fueron parte de mi vida por un tiempo, a quienes estuvieron en momentos clave y hoy ya no están presentes, ya sea porque tomamos caminos distintos o porque partieron antes de ver este logro, pero que siguen vivos en mi memoria. Gracias, de corazón, por haber sido parte de mi historia.

Contenido

Capítulo 1. Introducción	1
Rama automotriz y la industria de autopartes en México	3
Justificación	8
Objetivos	10
Objetivo general	10
Objetivos específicos	10
Alcances y limitaciones	11
Alcances	11
Limitaciones	11
Capítulo 2. Norma IATF 16949	12
Norma ISO 9001	13
Norma IATF 16949	17
Comparativa entre normas	24
Actualización normativa y vigencia de la propuesta	26
Capítulo 3. Metodología	28
Etapas de la preproducción	30
Core Tools (Norma IATF 16949)	33
Desarrollo de la propuesta metodológica	36
Capítulo 4. Aplicación	52
Proyecto en el que se aplicó la metodología	54
Detección de la brecha	55
Fase 1 – Planeación y definición del programa	55
Fase 2 – Diseño y desarrollo del proceso	58
Fase 3 – Diseño del proceso (creación del AMEF)	60
Resultados preliminares y conclusiones de la aplicación	62
Capítulo 5. Conclusiones	64
Capítulo 6. Glosario	67
Capítulo 7. Anexos	73
Referencias	75

Índice de ilustraciones

Ilustración 1.1: Primeras líneas de montaje de Toyota [3]	1
Ilustración 1.2: Ubicación de las principales armadoras de vehículos en México [11].....	5
Ilustración 1.3: La industria automotriz en números según reportes de la AMIA [11]	6
Ilustración 1.4: Ubicación general de la cadena de proveeduría automotriz en México [11]	7
Ilustración 2.1: Certificación en gestión de la calidad ISO 9001 [25]	14
Ilustración 2.2: Representación estructural de la Norma Internacional con el ciclo PHVA [25].....	15
Ilustración 2.3: Certificación en gestión de la calidad IATF 16949 [26]	17
Ilustración 2.4: International Automotive Task Force (IATF) [27]	18
Ilustración 3.1: Montaje de celdas robóticas en una línea de producción [32].....	33
Ilustración 3.2: Manuales de las Core Tools desarrollados por la AIAG [33].....	35
Ilustración 3.3: Fases del desarrollo de la calidad del producto aplicadas en el manual APQP [36].	37
Ilustración 3.4: Fundamentos de la planeación avanzada de la calidad (APQP) [36].....	38
Ilustración 4.1: Diagrama de flujo de alto nivel Análisis de Toledo Maquinados	57
Ilustración 4.2: Diagrama de árbol del proceso.	58
Ilustración 4.3: Análisis Ishikawa Análisis FODA de Toledo Maquinados.....	59
Ilustración 4.4: Layout preliminar de taller	60

Índice de tablas

Tabla 2.1: Comparativa entre Normas ISO 9001:2015 e IATF 16949:2016.....	25
Tabla 3.1: Metodología propuesta para la preproducción en la manufactura de autopartes.....	51
Tabla 4.1: Análisis FODA de Toledo Maquinados.	55
Tabla 4.2: Diagrama SIPOC de Toledo Maquinados.	56
Tabla 4.3: Listas preliminares de características críticas del taller.....	60
Tabla 4.4: Secciones del formato FMEA.....	61
Tabla 4.5: Parte de la implementación del PFMEA de proceso.	61
Tabla 6.1: PFMEA realizado en el proyecto	74

Capítulo 1. Introducción

Actualmente, la industria automotriz trabaja bajo un concepto en común llamado línea de producción, el cual surgió hace ya bastante tiempo, concretamente en el siglo XX, trayendo consigo un antiguo concepto social: la división del trabajo, dándole a los participantes en la fabricación de algún proyecto solo una actividad para su ejecución, de manera que, al juntar estas partes, se permitiera tener el proyecto ya terminado. Desde su invento aceleró los procesos de fabricación, ya que no solo surgió como una idea, sino que este se volvió una metodología implementada que se esforzaba por aumentar la eficiencia y la producción [1].

La primera línea de montaje en la industria automovilística se remonta al año 1901. Esta se dedicó a la producción en masa del modelo Curved Dash, implementada por Ransom Olds en su compañía Olds Motor Vehicle Company como principal medio de producción. Gracias a este concepto, se creó una metodología, la cual se fue adaptando y modificando, dando paso al surgimiento de sus variantes. Fabricantes de automóviles como Ford o como Toyota pronto se encontraban utilizándola, con su propio diseño y visión, para producir en masa sus vehículos, y de las cuales parte de ellas se utilizan todavía en la actualidad [2].



Ilustración 1.1: Primeras líneas de montaje de Toyota [3].

Hablar concretamente del sistema de producción de Toyota es prioritario, debido a que es el precursor de una importante metodología para la ingeniería, a la que por hoy se le conoce como Lean Manufacturing o manufactura esbelta, y que, en pocas palabras, es un modelo de gestión enfocado a la creación de flujo en la producción, para que la línea de ensamblaje

funcione de manera óptima, reduciendo los problemas, con un desperdicio mínimo y una productividad máxima; un sistema socio tecnológico integrado, gracias al cual el país de Japón es reconocido como líder en la fabricación de automóviles, y con el que se nos recuerda que para que una empresa tenga un indiscutible éxito en el presente, debe funcionar sin problemas, dando su máximo en cuanto a eficiencia [2] [3].

La industria automotriz en México ha crecido exponencialmente a lo largo de los años, lo que hace que el país se encuentre entre los principales productores del mundo en este ramo, siendo el séptimo mayor productor de automóviles a nivel mundial y el mayor de América Latina, aumentando el número de asociados interesados en acomodar sus compañías dentro de él; trayendo consigo el desarrollo y la realización de nuevos proyectos para ser utilizados a nivel global, buscando acciones concretas y pasos específicos en los cuales las distintas áreas que conforman la empresa, como es ingeniería, calidad, mantenimiento y logística, se vuelven participes para la mejora de procesos, llevando todo esto a un resultado común entre las distintas empresas, el cual, es entregar un flujo de línea óptimo a su respectiva área de producción, de tal modo que se puedan fabricar sus productos en masa, con la mejor calidad y eficiencia posibles, utilizando el método más preciso [4] [5].

Analizando y observando la forma de trabajo de las empresas automotrices bajo líneas de producción, es posible notar que, en esencia, las líneas de automóviles actuales no son muy diferentes a los sistemas de tiempos pasados, permitiéndose apreciar que los automóviles todavía van de estación en estación y de operador en operador, dando como resultado final la salida de un vehículo nuevo de la línea de ensamblaje. Pero hay detalles que hoy en día se tiene que considerar para adaptar las metodologías implementadas: factores nuevos que contribuyen al rendimiento, tales como las recientes tecnologías optimizadas o los métodos sistemáticos que posibilitan un desperdicio mínimo, los cuales han hecho que se integren conceptos variados a tomar en cuenta en su aspecto organizacional, llevando a una no adecuada implementación de estas metodologías, debido a que se vuelven dispersas e inconclusas por no tomar en cuenta todas estas variables en conjunto [2].

Estas innovaciones recientes han cambiado un poco las cosas; sobre todo, dos factores en concreto: el primero, la mecanización de herramientas y piezas, lo que causó que revolucionara la producción y la industria en sí, asignando trabajos específicos a los robots que fueron reemplazando a los trabajadores en algunos puntos de la línea de montaje; y el segundo, el compartir plataformas entre las empresas automotrices, dado a que este factor, de igual forma, ha obligado darle un cambio a las líneas de producción, debido a que muchas de las piezas que intervienen en el montaje final de un automóvil actualmente son fabricadas por diversos proveedores, en fábricas ubicadas en distintas partes del país y del mundo [6].

Todas estas variables mencionadas, aunque le ahorran dinero a la empresa y facilitan la fabricación de sus automóviles, hacen que surja una problemática en la industria actual, debido a que varias líneas de producción deben de estar trabajando en conjunto bajo una misma sistemática y normalizados, para un mismo fin, y contar con una metodología base establecida que tome en cuenta todas estas variables en conjunto para la puesta en marcha de los procesos productivos.

A pesar de que las empresas de la rama automotriz tengan distintos productos, así como conceptos de trabajo, requieren de cierta documentación, pruebas y acciones en común, por las cuales todas ponen en práctica para realizar un proyecto nuevo en ellas. De tal forma que para poder trabajar de manera óptima el producto, se deben de tener en cuenta todos estos conceptos importantes y relevantes en su flujo de fabricación, de manera que el proceso de producción pueda estar listo en un menor tiempo y no ocurran más errores de los esperados, teniendo en cuenta desde las tecnologías de producción que lo integran hasta los tiempos ciclos de una celda de producción, asegurando los resultados propuestos y el cumplimiento de las demandas establecidas por la empresa y sus respectivos clientes [6].

Rama automotriz y la industria de autopartes en México

La industria automotriz está conformada por toda la cadena de valor industrial, cuyo objetivo es producir y comercializar vehículos automotores terrestres. Esta es comprendida por empresas del entorno industrial relacionadas con el diseño, planificación, fabricación de componentes, ensamblaje y comercio de automóviles; por lo que involucra la participación de múltiples disciplinas de la ingeniería, y por ende, se encuentra conformada por una gran cantidad de profesionales; consolidándola, gracias a el paso del tiempo, como uno de los sectores industriales más valiosos para la economía de todos los países en los que opera, donde su relevancia también se refleja en la magnitud de su inversión en investigación y desarrollo a nivel global, lo que la posiciona entre las industrias de mayor impacto económico y tecnológico [7].

Para comprender la configuración actual del sector automotriz mexicano, y cómo es que este funciona, mencionaré lo siguiente: la historia se remonta a 1921 con la llegada de la marca de automóviles Buick y, posteriormente, a 1925 con la instalación de las primeras líneas de ensamble de Ford; estas empresas, junto con las que arribaron posteriormente, como General Motors o Automex, entre otras, convirtieron desde ese momento al país en un punto clave para el ramo [8].

Durante la década de 1950 el gobierno mexicano orientó sus esfuerzos y políticas hacia la industrialización, transformando su estructura económica —que hasta entonces era dependiente de la agricultura— hacia un modelo orientado al desarrollo industrial.

En las últimas décadas, el sector automotriz en México ha experimentado un crecimiento exponencial, consolidándose como un referente internacional; este desarrollo se vio impulsado principalmente desde la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), el cual, en el contexto del modelo neoliberal adoptado en la década de los 90's, promovió una transición hacia un modelo económico basado en un esquema maquila, dentro de un proceso de industrialización más dinámico, fortaleciendo de manera sustancial la industria automotriz convirtiéndola en una plataforma de exportación

cuya política se especializó en exportar bienes manufacturados e importar los insumos necesarios para fabricarlos [8].

La red de acuerdos comerciales de México le ha permitido acceder a 46 mercados a través de 12 Tratados de Libre Comercio, lo que ha fortalecido el crecimiento del sector automotriz. En particular, el Tratado de Libre Comercio entre México y la Unión Europea (TLCUEM), vigente desde el año 2000, ha eliminado los aranceles para la mayoría de los productos industriales importados desde la Unión Europea, incentivando así el comercio y la inversión en el país.

Este proceso de crecimiento culminó en la formalización del Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC) en 2018, también conocido como TLCAN 2.0., acuerdo que posicionó a México como un actor estratégico en la industria automotriz global, posicionándolo entre los principales exportadores de vehículos y autopartes hacia Estados Unidos y Canadá [9]. Entre las modificaciones más relevantes introducidas por el T-MEC al TLCAN de 1994 se encuentra el incremento en el porcentaje de contenido regional requerido para que un vehículo sea considerado como originario de la región de Norteamérica; debido a que, mientras que el TLCAN establecía un requisito del 62.5%, el T-MEC lo elevó al 75%, con el propósito de fortalecer la producción dentro de los países firmantes [10].

La ubicación geográfica estratégica del país es un elemento clave a considerar en estos tratados. La frontera norte, especialmente, ha sido un factor determinante en este posicionamiento; su cercanía con Estados Unidos, junto con la existencia de zonas industriales clave dentro de la macro región del T-MEC con fábricas —en su mayoría de procedencia europea— como los estados tradicionalmente industrializados (Coahuila, Nuevo León, Puebla, Guanajuato y Chihuahua) y los de incorporación más reciente al desarrollo industrial (Baja California, Sonora, Estado de México, Morelos, Aguascalientes, San Luis Potosí, Tlaxcala y Jalisco), los cuales se pueden visualizar en la ilustración 1.2, han contribuido a consolidar un ecosistema industrial robusto [8]; lo que ha detonado un crecimiento sostenido de la industria automotriz y, particularmente, de la manufactura de autopartes, impulsado esta fabricación de componentes en México, beneficiando la industria local y promoviendo nuevas oportunidades de inversión, generando empleos de alto nivel y fomentando el desarrollo económico regional.

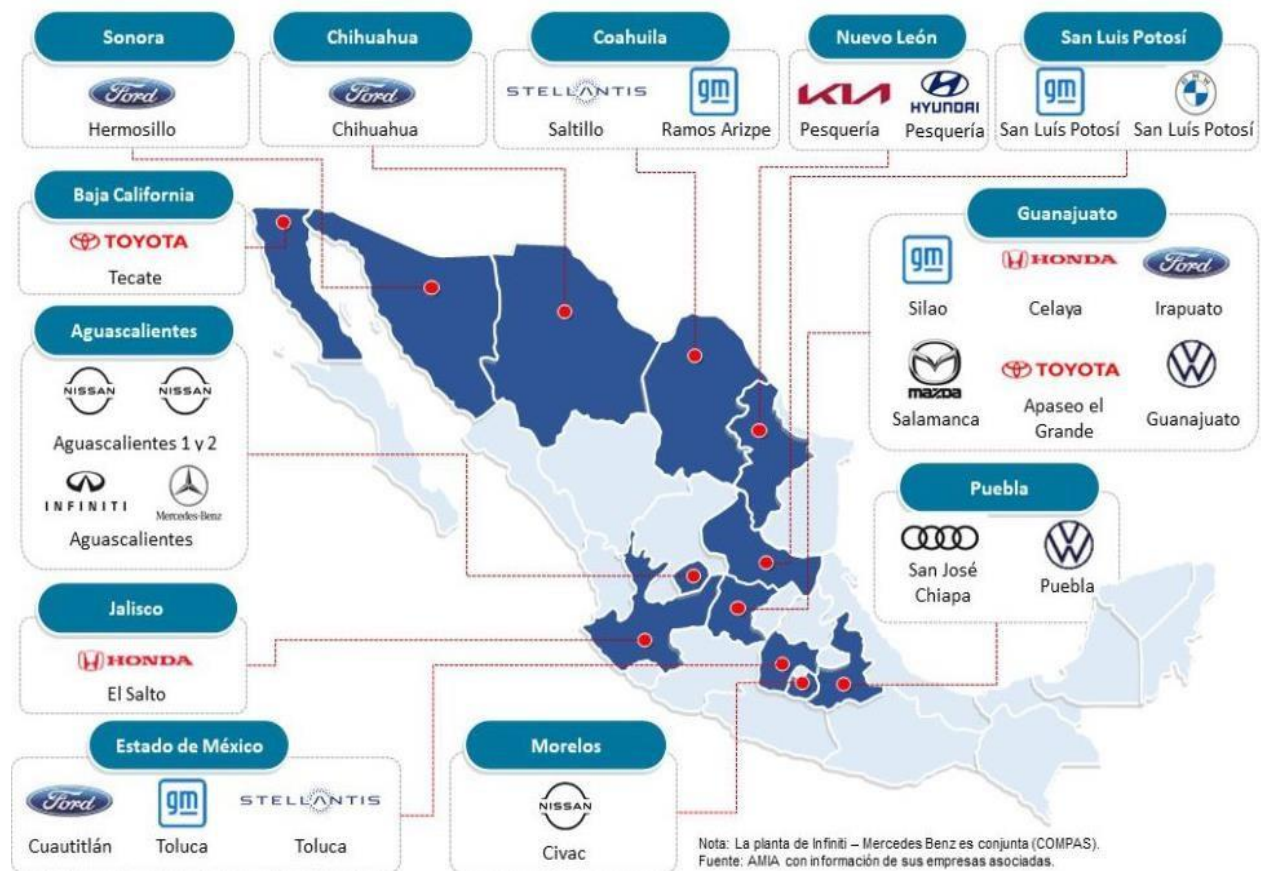


Ilustración 1.2: Ubicación de las principales armadoras de vehículos en México [11].

Esto evidencia que, la industria automotriz tiene una larga trayectoria en México y, desde entonces, ha conformado un entorno sólido para el país, evolucionando de manera acelerada, integrando y aportando nuevas y mejoradas perspectivas tanto de ingeniería, como de economía, administración y relaciones laborales al país, colocándose como uno de los líderes mundiales en el sector automotriz y de autopartes, generando 1 millón de empleos directos y 3.5 de empleos indirectos [11]. Aunado a ello, la presencia de empresas multinacionales en México ha impulsado significativamente la capacidad y competitividad de la industria automotriz, consolidando como el segundo sector económico más importante del país. Este crecimiento ha promovido la producción de bienes tecnológicos de alto valor, así como la adopción de esquemas industriales como los clústeres, que integran desde empresas y academias, hasta gobiernos, para fortalecer la cadena de valor.

En 2018, el sector automotriz se convirtió por primera vez en el aportador mayoritario del Producto Interno Bruto (PIB) de la manufactura del país, actualmente representando el 4.5% de este [12]; y, según reportó la Asociación Mexicana de la industria Automotriz (AMIA), tan solo en 2020 y 2021 el país se posicionó como el séptimo productor de automóviles en el mundo, el cuarto exportador de estos y uno de los principales destinos de inversión de las empresas automotrices a nivel mundial, con un total actual de 39 plantas ensambladoras

pertenecientes a las marcas de Audi, BAIC, Ford, GM, Honda, JAC, KIA, Mazda, Nissan, Nissan Daimler, Stellantis, Toyota y Volkswagen [11]. Esta relevancia puede dimensionarse a través de diversos indicadores que muestran el alcance económico, productivo y laboral del sector, tal como se observa en la siguiente imagen, donde se sintetizan algunos de los datos más representativos del panorama automotriz nacional en años recientes.



Ilustración 1.3: La industria automotriz en números según reportes de la AMIA [11].

Todas estas grandes armadoras con plantas en México han impulsado a la derivación de una industria auxiliar clave: la producción de autopartes; y en México, este sector manufacturero representa la industria más relevante del país, al ser fundamental para las exportaciones, estar vinculado con múltiples actividades económicas, además de generar una alta cantidad de empleos, al mismo tiempo que funciona como uno de los ejes del comercio exterior nacional. La industria de autopartes, en términos generales, abarca diversas empresas y organizaciones encargadas de la fabricación y reconstrucción de diferentes piezas y accesorios para vehículos de motor. Esta es una de las más grandes y con mayor inversión en investigación y desarrollo a nivel mundial.

En el caso de México, gracias a la calidad de su manufactura automotriz, se ha vuelto posible que diversas armadoras lo elijan plataforma única de fabricación para todos sus mercados; estableciendo las principales empresas de autopartes de Norteamérica, Europa y Asia en él, garantizando las entregas “justo a tiempo” y facilitando la flexibilidad de producción requerida por las armadoras, lo que ha fortalecido el reconocimiento global de México como un hub manufacturero de alto nivel. No solo por su personal altamente capacitado y calificado en el sector manufacturero automotriz, sino también por factores ya mencionados, como su localización. Este último punto en especial, ya que algunos de los sistemas de producción implementados por la industria para incrementar su productividad requieren de la proveeduría de sus partes directamente en el lugar y momento del ensamble de dicho componente en el vehículo [13].



Ilustración 1.4: Ubicación general de la cadena de proveeduría automotriz en México [11].

México cuenta con una industria de autopartes altamente competitiva, como se puede apreciar en la ilustración 1.4, cuyos productos manufacturados han contribuido a posicionar al país como un centro clave en crecimiento, integrada por más de 700 empresas de primer, segundo y tercer nivel [14]. En 2012, el índice de costo de manufactura en autopartes elaborado por la firma KPMG —firma multidisciplinaria global que ofrece servicios de auditoría, impuestos y de asesoría de negocios a la industria automotriz—, ubicó a México en una posición competitiva respecto de un grupo de países productores de América, Europa y Asia. Así, los costos de manufactura en el país son 19.0%, 15.5% y 13.1% más bajos que en Japón, Australia y Alemania, respectivamente [15].

De acuerdo con la Asociación Mexicana de Distribuidores Automotrices (AMDA) y la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA), el sector de autopartes en México es relevante debido a que, de cada 100 vehículos producidos en el mundo, 4.2 fueron ensamblados en México, posicionando a su economía como una de las más dinámicas y competitivas en el mundo, donde 91% de los 100 principales fabricantes de autopartes a nivel mundial tienen presencia en México [16].

Como se puede apreciar, la industria de autopartes es muy importante, ya que de ella proviene el mayor porcentaje de ganancias dentro del sector automotriz, dado que el valor se concentra más en la fabricación de componentes que en la de vehículos completos. Además, ayuda a promover el desarrollo tecnológico de las piezas como de los sistemas que se ocupan para que estas se puedan producir, por lo que su producción implica diversas etapas secuenciales

que deben cumplir con los altos estándares del sector automotriz, esenciales para la producción eficaz de componentes.

Actualmente, si bien la industria automotriz y de autopartes en México sostiene un crecimiento constante y se consolida como un referente a nivel global, enfrenta una serie de desafíos que deben ser abordados de manera estratégica para garantizar su sostenibilidad y competitividad a largo plazo. Retos como la transición hacia la electromovilidad, la adopción de tecnologías avanzadas de manufactura, la reconfiguración de las cadenas de suministro impulsadas por fenómenos como el nearshoring, así como la necesidad de certidumbre en el entorno político y jurídico, constituyen desafíos cruciales para el sector [17]. En este escenario, la colaboración con las instituciones de educación superior adquiere un papel central, ya que son estas las responsables de la formación de profesionales capaces de liderar procesos de innovación, automatización y desarrollo tecnológico dentro de la industria.

La integración de la academia con el sector automotriz, mediante proyectos de investigación, iniciativas de desarrollo conjunto y programas de formación especializados, resultan fundamentales para fortalecer el ecosistema industrial nacional. De esta forma, México no solo consolidará su posición como un hub manufacturero estratégico, sino que también impulsará la transición hacia una industria automotriz más sustentable, eficiente y competitiva, capaz de responder a las exigencias de los mercados internacionales y de contribuir al desarrollo económico y tecnológico del país.

Justificación

La forma de trabajo empleada por las líneas de producción en la industria automotriz revolucionó al mundo, debido a que, gracias a estas, se presentaron grandes avances para la sociedad, dejando apreciar ciertas ventajas a través del tiempo, tales como: el crecimiento de las personas que se permitieron comprar un vehículo propio; la creación tanto de empleos, debido a la cantidad de trabajadores necesarios para abastecer de personal a las empresas, así como de la misma creación de la variedad de empresas automotrices y las fusiones de algunas de estas compañías; el cambio en los mercados emergentes, e incluso el desarrollo e innovación en cuanto a las tecnologías aplicadas a la industria, por mencionar algunas; transformando y modificando varios sectores de la sociedad, influyendo sobre todo al sector económico, estableciendo sus bases en la manufactura [2].

El sector automotriz es una de las industrias más importantes para la economía mexicana y se ha convertido en una de las más fuertes a nivel mundial, por lo que es importante comprender los aspectos clave que lo conforman; aspectos como el desarrollo de un proyecto enfocado en la fabricación de una pieza automovilística para iniciar su desarrollo y montaje en la variedad de empresas que trabajan en el país, concretamente en sus empresas manufactureras. Lo que vuelve necesario, para su comprensión y sobre todo para la

realización de este trabajo, una metodología base con la que se pueda contar a la hora de poner en marcha una línea de montaje [5].

Enfrentando estas situaciones, se propone la realización de un método de trabajo óptimo de organización, el cual surge del análisis de las líneas de producción en la manufactura de autopartes, permitiendo observar que cada proyecto cuenta con una serie de pasos esenciales en su realización, los cuales toman en cuenta todo lo que pueda surgir en la parte de ingeniería para que se llegue hasta el área de producción; aspectos que actualmente se encuentran dispersos en cuanto a su organización, pero que están relacionados entre sí, debido a que comparten un núcleo de actividades a realizar tanto en las empresas como en los proyectos. Haciendo posible que se proponga, mediante una serie de procedimientos, un camino idóneo; creando y, en un futuro, aplicando este método eficiente, riguroso y productivo entre las empresas, permitiendo presentar resultados de calidad —una calidad especializada en la industria— basándose en la norma IATF 16949; además de contar con una excelente productividad, liberando los recursos internos y concentrándose plenamente en su proceso de ensamble [18].

Metodología dirigida a la industria automotriz encargada del diseño y maquinado de piezas, industria que trata de revolucionar la forma de trabajo interna de las empresas, con acciones y documentos específicos aplicados a partir de que un proyecto se adquiere, para que este se plasme como un hecho.

Actividades basadas en la aplicación de la norma y de las Core Tools (término desarrollado más a fondo en el capítulo 3) solicitadas por esta, que abarquen desde el diseño de línea fluido y sin paros en la producción —como son la realización de layouts para posteriormente construir la celda de producción— hasta la implementación de todas las pruebas necesarias requeridas por el cliente y por la empresa para dar inicio a una producción en masa; teniendo no solo el modelo de las piezas o proyectos en sus últimos niveles de ingeniería al corriente y lo más correctos posibles, sino también demandando toda la documentación necesaria y desarrollada a la par de las acciones, con las cuales todas las áreas que conforman la empresa tengan sus formatos estandarizados y determinados de información, estableciendo una ingeniería de integración completa y concreta, y asegurando que se produzcan resultados acordes con los objetivos, tiempos y metas planeadas, dentro de los parámetros estimados para la ejecución del proyecto [19] [20].

La implementación de una metodología estructurada para la puesta en marcha de las líneas de producción en la industria automotriz constituye una respuesta eficiente a los desafíos actuales del sector; al organizar las fases iniciales del montaje, se facilita la integración de las áreas clave, lo que mejora el flujo de trabajo, reduce tiempos muertos y asegura que los estándares de la norma IATF 16949 sean cumplidos de manera más efectiva (los cuales serán especificados a profundidad en el capítulo 2. Este enfoque no solo optimiza el uso de recursos, sino que también garantiza la producción de autopartes de alta calidad, contribuyendo directamente a la competitividad de las empresas en un entorno global cada vez más exigente.

A través de esta propuesta de estandarización de procesos críticos, se espera que las empresas manufactureras puedan mejorar la eficiencia operativa y responder con mayor agilidad a las demandas del mercado. Además, esta metodología refuerza la calidad como un punto clave a ser considerado y concede a las empresas la posibilidad de satisfacer las expectativas de sus clientes, lo cual es esencial para el crecimiento y la sostenibilidad del sector automotriz, tanto en México como a nivel global; permitiendo optimizar la productividad y fortalecer la capacidad de adaptación de las empresas, garantizando que las futuras líneas de producción sean más alineadas con objetivos estratégicos y los estándares requeridos por la industria

Objetivos

Objetivo general

Elaborar un manual de proceso para las fases iniciales del montaje de líneas de producción en la manufactura de autopartes para optimizar los procesos y mejorar el desempeño de la empresa cumpliendo con la norma IATF: 16949.

Objetivos específicos

1. Construir una jerarquía de información para la planeación y ejecución de las fases iniciales del montaje de una línea de producción, garantizando su organización y accesibilidad para todas las áreas involucradas de la empresa armadora.
2. Estandarizar la documentación clave necesaria para el desarrollo de proyectos, asegurando que se cumpla con la normativa IATF 16949, y que se acople con los procesos de todas las áreas involucradas en la cadena productiva.
3. Identificar y establecer las pruebas esenciales que deben realizarse para validar el correcto funcionamiento de la línea de montaje, cumpliendo con los estándares de calidad y expectativas del cliente.
4. Diseñar un esquema de acciones clave y responsabilidades que guíe a las áreas involucradas en la implementación de proyectos, fomentando la colaboración y el cumplimiento de los objetivos establecidos.
5. Elaborar un manual para lograr su implementación al ser aplicado a futuro en tiempo y forma.

Alcances y limitaciones

Alcances

Esta metodología busca facilitar el trabajo tanto de los ingenieros que conforman el departamento de producción en la industria manufacturera de autopartes, así como el de su equipo de trabajo; ya que, si es implementada correctamente, esta podrá tener ventajas variadas.

- Permitirá tener la documentación conforme sea necesaria durante el proceso, además, compartirá la información concreta, con las distintas áreas que conforman la empresa.
- La documentación será registrada; teniendo una base de datos de la puesta en marcha de los proyectos.
- Se implementarán únicamente las pruebas necesarias para que la línea de producción pueda tener una fabricación en masa acertada del producto deseado.
- En el caso de que el proyecto sea similar a uno implementado previamente, sintetizará la información permitiendo modificar la documentación con los datos correspondientes al del actual.
- Definirá ciertas metas y objetivos antes de implementar una línea de producción nueva, teniendo en cuenta resultados de líneas predecesoras.

Limitaciones

- La metodología no podrá ser implementada a una línea de producción la cual se encuentre funcionando en la empresa ya que solo está dirigida al desarrollo de proyectos nuevos.
- Los resultados de las pruebas aplicadas en la línea nueva una vez entregados al área de producción no podrán modificarse, controlado por el departamento de calidad.
- La metodología a realizar es una sugerencia para el rendimiento óptimo de las áreas y si no hay un acuerdo entre estas sobre sus formatos y pruebas la producción en masa será afectada.
- Si se opta por basarse en la información de las documentaciones previas a la implementación de esta metodología, no se puede asegurar que estas sean verídicas.
- La metodología es general por lo que pueden surgir limitaciones, o no adaptarse a los formatos particulares con los que cada empresa cuenta, afectando también los resultados.

Capítulo 2. Norma IATF 16949

En las últimas décadas, se han experimentado transformaciones significativas en la industria automotriz, no solo en la manera en que las empresas gestionan sus operaciones, sino también en las relaciones de colaboración entre fabricantes y proveedores que conforman sus cadenas de suministro. Todos estos cambios han sido impulsados por la necesidad de responder y adaptarse al creciente entorno global cada vez más competitivo, lo que ha llevado a implementar esquemas más eficientes de colaboración, especialización y estandarización internacional. En este contexto, la gestión de la calidad se ha consolidado como un pilar fundamental para garantizar la eficiencia operativa, la satisfacción del cliente y la conformidad con los requisitos del mercado. Bajo estas premisas, han surgido y evolucionado normas internacionales que orientan y estandarizan los procesos, especialmente aquellas específicamente diseñadas para el sector automotriz.

Para comprender las normas que regulan al sector automotriz, es importante conocer el concepto de calidad, el cual puede variar según el autor que lo defina. El enfoque más antiguo y utilizado de calidad es: excelencia, entendida como el más alto estándar posible, concepto que se remonta a los antiguos filósofos griegos. A lo largo del tiempo, diversos enfoques se han propuesto, complementando más esta definición. Entre ellos destacan autores como Feigenbaum, quien considera que “la calidad es en su esencia, una forma de dirigir la organización”, añadiendo que “el control de calidad es mucho más que una agrupación de proyectos técnicos y actividades de motivación, sin ningún enfoque directivo claramente articulado”. De igual manera, Ishikawa coincide con esta visión, al sostener que “el control de calidad es una nueva manera de pensar en la dirección y de considerarla”, y lo describe como “una revolución conceptual en la gerencia” [21].

En consecuencia, el concepto de calidad es subjetivo y ha ido evolucionando a través del tiempo. Actualmente se entiende por calidad a “todas las formas a través de las cuales la empresa satisface las necesidades y expectativas de sus clientes, sus empleados, las entidades implicadas financieramente y toda la sociedad en general”. En este sentido, la calidad puede definirse como un conjunto de características presentes en un producto o servicio que buscan satisfacer necesidades explícitas e implícitas conforme a parámetros establecidos, asegurando así el cumplimiento de los requisitos establecidos [22].

La calidad no se limita a obtener un producto terminado conforme, sino que requiere una gestión integral que abarque todos los procesos productivos, fomentando una cultura organizacional enfocada en la mejora continua, prevención de errores y participación de todas las áreas. Por lo tanto, para alcanzar una verdadera calidad, se requiere la participación de toda la organización. Diversos estudios dentro del enfoque de gestión de calidad sostienen que hasta el 90 % de los defectos se originan en los propios procesos, lo que resalta la importancia de abordarlos de manera integral. En este sentido, la gestión de la calidad se configura como un paradigma directivo completo, sustentado en fundamentos académicos y

experiencia práctica, que se logra gracias a la implementación de normas rigurosas, la evaluación continua de los procesos, la aplicación de medidas correctivas y preventivas, y el aseguramiento y cumplimiento de los requisitos de calidad.

Como se menciona previamente, en la industria automotriz, los resultados de los procesos en las líneas de producción de las empresas del sector están regulados por diversas normas. Entre estas normas se destaca la norma IATF 16949:2016, la cual se encarga principalmente de los procesos del sistema de gestión de la calidad desde una perspectiva organizativa. Esto es especialmente relevante debido a que, actualmente, las instituciones que integran la cadena de fabricantes de autopartes son plenamente conscientes de cómo los defectos en los productos o las no conformidades en los procesos pueden conducir a un aumento de costos, a retrasos y, en última instancia, a pérdidas comerciales. Por ello, resulta esencial priorizar la calidad tanto en los sistemas como en los procesos, lo que ha llevado al perfeccionamiento continuo de las normas y modelos de evaluación, consolidándose como herramientas clave en una industria cada vez más exigente y competitiva.

La norma IATF 16949:2016 es un estándar de calidad dirigido específicamente al sector automotriz. Este establece los requisitos necesarios para implementar un sistema de gestión de la calidad eficaz, adaptado a las necesidades de la industria, promoviendo una gestión sistemática de los procesos clave. Además, se fundamenta en la norma ISO 9001 y en los estándares nacionales de calidad de la automoción, lo cual facilita su integración en sistemas de gestión existentes mediante estructuras modulares compatibles [23].

Norma ISO 9001

A fin de comprender con mayor profundidad la norma IATF 16949, es fundamental conocer la norma ISO 9001:2015; esta norma es un estándar internacional que establece los requisitos para un sistema de gestión de calidad aplicable en una amplia variedad de organizaciones, independientemente de su tamaño, ubicación o sector. La norma fue desarrollada por la Organización Internacional de Normalización (ISO), una federación mundial de organismos con comités técnicos públicos y privados. Su objetivo es ofrecer un marco de referencia que permita a las empresas efectuar correctamente las exigencias de sus clientes y mejorar continuamente sus procesos; y se ha consolidado como una herramienta esencial para optimizar la eficiencia dentro de toda su organización [24].



Ilustración 2.1: Certificación en gestión de la calidad ISO 9001 [25].

Esta norma fomenta un enfoque basado en procesos, en el cual se consideran las actividades de la organización como un sistema interrelacionado el cual proporciona directrices esenciales para las instituciones que la emplean, dirigidas a mejorar su desempeño organizacional y aumentar la satisfacción con sus clientes y partes interesadas; por lo que, es utilizada tanto por partes internas como externas y se puede aplicar ya sea con fines de certificación o no, esto último debido a que la certificación no es obligatoria, ni constituye una garantía de calidad por sí misma, pero en la práctica se ha convertido en un "requisito" exigido por el propio mercado para asegurar la creación de productos y servicios óptimos para el consumidor, otorgando ventajas competitivas más específicas dentro del esquema de globalización, tales como:

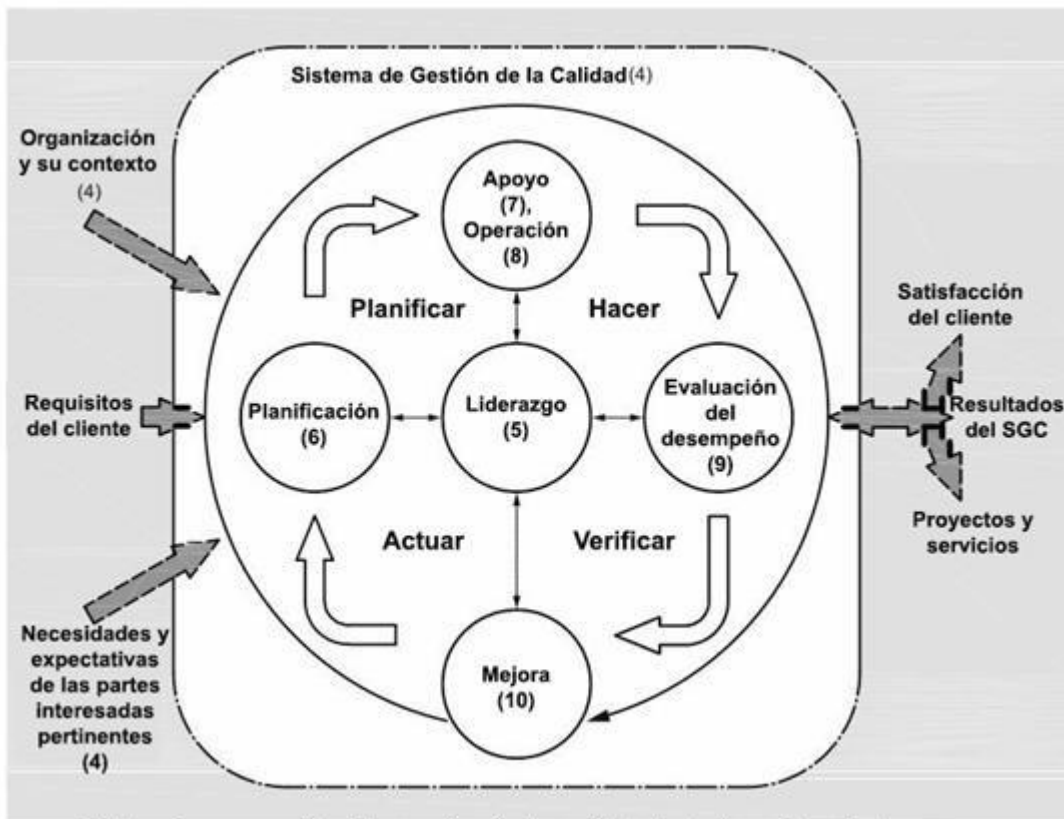
- Adquirir la capacidad para proporcionar regularmente productos y servicios que satisfagan los requisitos del cliente, los legales y reglamentarios aplicables.
- Facilitar oportunidades para aumentar la satisfacción del cliente.
- Encarar los riesgos y oportunidades asociadas con su contexto y objetivos.
- Demostrar la conformidad con requisitos del sistema de gestión de la calidad especificados.

La certificación ISO 9001 es uno de los estándares más reconocidos y adoptados en el entorno profesional, ya que no se limita únicamente a aspectos técnicos, sino que proporciona una guía estructurada que permite a las organizaciones lograr consistencia en sus productos y servicios; además actúa como un marco de cumplimiento adaptable fácilmente gracias a su “Estructura de Alto Nivel”, una arquitectura común diseñada para facilitar la integración con otras normativas de gestión, lo que contribuye a reducir significativamente el tiempo y los recursos requeridos para su implementación en las empresas [25].

La estructura de ISO 9001:2015, se basa en los siete principios fundamentales de gestión de la calidad, los cuales son: enfoque al cliente, liderazgo, compromiso de las personas, enfoque de procesos, mejora, toma de decisiones basada en evidencia y gestión de las relaciones. La elaboración de esta norma contó con la participación de comités técnicos pertenecientes a organismos nacionales de normalización, como el COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas) y el INLAC (Instituto Latinoamericano de la Calidad) y representantes del sector empresarial de algunos países, lo que incentivó a muchas organizaciones a

implementar planes de mejora enfocados en el incremento del rendimiento de sus procesos y departamentos.

Asimismo, esta norma se distingue por emplear un enfoque basado en procesos que permita a las organizaciones planificar las interacciones entre sus actividades, este enfoque incorpora el ciclo PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) el cual se encuentra ilustrado en la imagen continua a este párrafo, y el pensamiento basado en riesgos, como herramientas para alinear o integrar su sistema de gestión de la calidad con los requisitos de otras normas. Cabe resaltar que el ciclo PHVA concede a una organización asegurarse de que sus procesos cuenten con recursos y se gestionen adecuadamente, además permite que las oportunidades de mejora se determinen y se actúe en consecuencia de estas; mientras que el enfoque basado en riesgos permite identificar posibles desviaciones respecto a los resultados planificados y aplicar medidas preventivas que reduzcan efectos negativos y maximicen la oportunidades de mejora a medida que surjan [24].



Nota Los números en paréntesis hacen referencia a los capítulos de esta Norma Internacional.

Ilustración 2.2: Representación estructural de la Norma Internacional con el ciclo PHVA [25].

Para comprender adecuadamente a la Norma ISO 9001:2015 y facilitar el abordaje de la Norma IATF 16949, es esencial revisar las cláusulas que la conforman. Incluye 10 apartados

en los que se establecen los requisitos específicos para implementar un sistema de gestión de calidad efectivo, destacando las cláusulas 4 a 10, las cuales proporcionan directamente una guía estructurada para los procesos organizacionales, en las cuales se puede leer los siguientes pedimentos [25]:

- **Cláusula 4: Contexto de la organización**
Establece la necesidad sobre el conocimiento de cómo se encuentra la organización, pues busca que la organización comprenda su contexto interno y externo, así como las necesidades y expectativas de las partes interesadas para determinar tanto su sistema de gestión, como sus procesos, definiendo su alcance.
- **Cláusula 5: Liderazgo**
Subraya la importancia del compromiso de la alta dirección con el sistema de gestión aplicado, detallando las acciones que reflejen el liderazgo de la organización, estableciendo una política de calidad, en la cual se asignen responsabilidades y se fomenta una cultura enfocada a la mejora continua.
- **Cláusula 6: Planificación**
Al planificar el sistema de gestión de la calidad se establece la determinación de acciones para abordar tanto los riesgos como las oportunidades, de manera que estas sean proporcionales a su impacto potencial; definiendo objetivos de calidad coherentes con su contexto y estableciendo planes para alcanzarlos, anticipándose a los posibles cambios que los puedan impactar.
- **Cláusula 7: Apoyo**
Se centra en las competencias que debe tener la organización y los recursos necesarios para operar el sistema de gestión, incluyendo personal competente, infraestructura adecuada, ambiente laboral apropiado, así como la información documentada que asegure el control y trazabilidad de los procesos.
- **Cláusula 8: Operación**
Describe los requisitos para una planificación, control y ejecución adecuada de los procesos de producción de las organizaciones para sus productos o prestaciones de servicio, incluyendo el tratamiento de los requisitos del cliente y la gestión de cambios; definiendo sus etapas, controles y las características de las entradas y salidas.
- **Cláusula 9: Evaluación del desempeño**
Establece la necesidad de monitorear, medir, analizar y evaluar el desempeño del sistema de gestión de la calidad determinando las especificaciones necesarias para el seguimiento de sus procesos, con el objetivo de asegurar la satisfacción de sus clientes, llevando a cabo actividades como auditorías internas, revisión por la dirección y análisis de resultados.
- **Cláusula 10: Mejora**
Enfatiza la importancia de reaccionar ante no conformidades llevando a cabo acciones correctivas y apropiadas, buscando e identificando sistemáticamente oportunidades de mejora continua que incrementen la eficacia del sistema y la satisfacción del cliente considerando los resultados de la organización obtenidos en sus revisiones.

Estas cláusulas no deben entenderse de manera aislada, sino como partes interrelacionadas que permiten establecer, operar, mantener y mejorar un sistema de gestión de calidad sólido. Esta estructura ha sido adoptada por otras normas, lo que facilita su integración y aplicación en diversos sectores.

Norma IATF 16949

Una vez comprendida la estructura y filosofía de la norma ISO 9001, es posible proceder al análisis de la norma IATF 16949:2016. La IATF 16949, como se mencionó previamente, es una norma internacional para los sistemas de gestión de la calidad en la automoción, la cual adapta los requisitos de la ISO 9001 al contexto específico del sector, incorporando aspectos y apartados propios con el fin de tener una producción idónea. En palabras más sencillas, representa la adaptación de la norma ISO dirigida únicamente al sector automotriz.



Ilustración 2.3: Certificación en gestión de la calidad IATF 16949 [26].

La norma es aplicable a cualquier organización que fabrique componentes, conjuntos o piezas destinadas a suministrar la industria automotriz; su objetivo principal es la mejora continua, poniendo énfasis en la prevención de defectos y la reducción de desperdicios a lo largo de la cadena de suministro, asegurando el cumplimiento con todos los requisitos técnicos y reglamentaciones aplicables, impulsando de igual manera la investigación y desarrollo de nuevos componentes que influyen en la innovación de los vehículos y de su entorno.

La IATF 16949 fue desarrollada por miembros de la International Automotive Force (IATF), un grupo conformado por fabricantes automotrices y sus asociaciones comerciales, en colaboración con la Organización Internacional de Normalización (ISO). La norma fue establecida originalmente en 1999, teniendo varias versiones posteriormente, la primera llevando por nombre ISO/TS 16949, la cual, durante muchos años, se estableció como el estándar global para la calidad en la industria automotriz. Con el tiempo, la norma fue actualizada para incorporar mejoras derivadas de la evolución del sector y de las revisiones de la norma ISO 9001, conformando un marco común de técnicas y métodos para la

manufactura automotriz mundial, llevando a muchos proveedores automotrices a pasar por una fase de transición. Estas actualizaciones culminaron en la versión vigente: IATF 16949:2016 [26].



Ilustración 2.4: International Automotive Task Force (IATF) [27].

Las normas en la industria automotriz se mejoran y actualizan constantemente para responder a los desafíos de un sector en permanente evolución debido a su rápido crecimiento. La versión 2016 de la IATF 16949 amplía el alcance de los requisitos del sistema de gestión de calidad, proporcionando un marco sólido para garantizar el cumplimiento en el diseño, validación y producción de componentes destinados a la fabricación en serie, asegurándose de que se han tomado todos los pasos necesarios en la producción.

La norma IATF 16949: 2016 se considera un documento innovador por su fuerte enfoque centrado en el cliente, al incorporar requerimientos específicos propuestos tanto por clientes/organizaciones consolidadas como por nuevos actores del sector. Entre las principales adiciones de esta última versión se encuentran:

- Requisitos extra enfocados en la seguridad del producto.
- Conceptos de responsabilidad social corporativa.
- Procesos para la gestión de garantías.
- Ajustes de la terminología.

Además, se fortaleció el enfoque basado en procesos mediante la introducción del pensamiento basado en riesgos, y se intensificó el control sobre proveedores y procesos subcontratados, contribuyendo así a una mayor confiabilidad y trazabilidad en la cadena de suministro.

Contar con la certificación IATF 16949 suele ser un requisito previo para establecer contratos relacionados con proyectos de manufactura, ya que garantiza que la empresa ha sido auditada y cumple con estándares internacionales de calidad. Esta certificación es obligatoria para todos los proveedores que suministran directamente a las constructoras; además, estas organizaciones certificadas se encuentran registradas en la base de datos oficial de la IATF, disponible en línea para su consulta [23].

La certificación IATF 16949:2016 es relevante para las organizaciones del sector automotriz, no solo porque promueve la mejora continua, sino también porque contribuye al incremento de la satisfacción del cliente y a la reducción de los riesgos asociados con defectos y fallos, tanto en los productos como en la cadena de suministro, fortaleciendo así la competitividad de las empresas en un mercado global cada vez más exigente. En este contexto, los proveedores han intensificado sus esfuerzos para elevar el nivel de madurez y capacidad de sus procesos, realizando evaluaciones internas orientadas a identificar sus brechas, implementando planes de acción correctiva para atenderlas y generando evidencia documental que respalde el cumplimiento. De esta manera, estas acciones se alinean con la necesidad de abordar de forma sistemática los riesgos y oportunidades, estableciendo una base sólida para el aumento de la eficacia del sistema de gestión de la calidad [23].

Además de lo expuesto en el capítulo, la implementación de la certificación IATF 16949 ofrece ventajas estratégicas que fortalecen la posición competitiva de las organizaciones dentro de la industria automotriz; entre los beneficios más relevantes se destacan los siguientes [27]:

- Reconocimiento internacional como proveedor confiable, lo que facilita el acceso a nuevos mercados y fortalece la competitividad en licitaciones dentro de cadenas globales de suministro.
- Reducción de auditorías múltiples mediante la armonización de los requisitos de calidad entre fabricantes y proveedores, eliminando duplicidades y promoviendo la eficiencia en las evaluaciones.
- Mejora de la eficiencia operativa a través de la detección temprana de desviaciones, el control sistemático de la producción y la reducción de costos asociados a fallas y reprocesos.
- Integración con otros sistemas de gestión, que permite a las organizaciones alinearse con la normativa ISO 9001 e implementar estrategias organizacionales de mejora continua de forma coordinada.
- Gestión de riesgos y oportunidades gracias al enfoque de pensamiento basado en riesgos, que promueve decisiones orientadas a la estabilidad operativa y a la sostenibilidad del negocio.
- Fortalecimiento del liderazgo organizacional mediante una mayor participación del equipo directivo en las estrategias a implementar.

Adicionalmente, la IATF 16949 incorpora elementos propios del sector automotriz que no contempla la ISO 9001, tales como:

- Integración obligatoria de requisitos específicos de cliente (CSR), que garantiza el cumplimiento de expectativas particulares definidas por cada fabricante automotriz.
- Mayor exigencia en la trazabilidad de productos y procesos, permitiendo un seguimiento más riguroso a lo largo de toda la cadena de suministro.
- Enfoque obligatorio en seguridad del producto, asegurando la identificación, control y mitigación de riesgos que puedan afectar al usuario final.

- Auditorías más rigurosas y requerimientos elevados de desempeño, con el objetivo de verificar la eficacia del sistema de gestión en condiciones exigentes.
- Aplicación obligatoria de herramientas de calidad del sector automotriz (Core Tools), como APQP, PPAP, FMEA, entre otras, que respaldan el desarrollo, validación y control de los procesos clave.

El proceso de certificación puede variar según diversos factores, como el tamaño y la complejidad de la organización, su nivel de preparación y el sistema de gestión de calidad que tenga implementado. Cada empresa desarrolla su propio enfoque para cumplir con los requisitos de la norma; no obstante, en términos generales, el proceso de certificación puede extenderse durante varios meses e involucrar a distintos niveles del personal dentro de la empresa.

Antes de llevar a cabo una certificación, es necesario implementar un sistema de gestión de calidad eficaz que cumpla con los requisitos de la norma IATF 16949; para ello, se debe conformar un equipo responsable de la implementación, en el cual se definan claramente los roles, responsabilidades y plazos de su forma de trabajo, y que permita obtener retroalimentaciones tanto de los procesos internos como de la cadena de suministro. Para garantizar el éxito de la implementación, la organización debe asegurarse de que todas sus áreas estén comprometidas y mantengan una comunicación constante, ya que es fundamental adaptar los principios de la norma a la estructura organizacional, capacitar adecuadamente al personal y fomentar la participación de la cadena de suministro.

Una vez que la organización ha alcanzado un nivel adecuado de cumplimiento, se lleva a cabo una auditoría de certificación por parte de un organismo de acreditación. Durante esta evaluación se determina la conformidad con los requisitos de la norma IATF 16949 y se verifica la eficacia del sistema de gestión de calidad implementado. Tras la auditoría, se emite un informe con los hallazgos y, si se cumplen todos los requisitos, se le otorga la certificación IATF 16949 a la empresa; esta certificación no es permanente, por lo que requiere auditorías de seguimiento periódicas para mantener su validez.

Con el fin de comprender más a fondo el enfoque de la norma IATF 16949 y su aplicación en las organizaciones del sector automotriz, resulta necesario analizar detalladamente sus cláusulas. Tal como se mencionó previamente, esta norma adopta la estructura de alto nivel de la ISO 9001, por lo que de igual manera se compone de diez cláusulas; sin embargo, la IATF 16949 amplía los principios fundamentales de la ISO 9001 mediante la incorporación de requisitos adicionales específicos para la industria automotriz. Las cláusulas 4 a 10 constituyen el núcleo operativo del sistema de gestión de calidad, por lo que su análisis resulta esencial para identificar las principales diferencias y particularidades con respecto a la norma base. A continuación, se describen estas cláusulas, destacando sus particularidades y diferencias clave respecto a la ISO 9001 [23] [28]:

- Clausula 4: Contexto de la organización
En esta cláusula establece que la organización debe definir su contexto en relación con el sistema de gestión de calidad, identificando las partes interesadas, así como

sus necesidades y expectativas. Asimismo, requiere determinar el alcance del sistema, considerando las funciones de apoyo tanto internas como externas que contribuyan en sus operaciones. Un aspecto clave de esta cláusula es la integración de los requisitos específicos del cliente, lo que permite garantizar la conformidad del producto y una adecuada documentación de los procesos, contribuyendo así a una gestión efectiva de la seguridad en sus productos dentro de su sistema de gestión de la calidad (a diferencia de la norma ISO 9001, esta sección incluye cuatro sub-apartados adicionales que refuerzan la cláusula).

- **Clausula 5: Liderazgo**

Esta cláusula establece que la organización debe demostrar liderazgo y compromiso con el sistema de gestión de la calidad, realizando una asignación de responsabilidades corporativas bien establecidas en los procesos, mediante la definición de la política de calidad a implementar, funciones que aseguren el cumplimiento de los requisitos del cliente y promuevan la mejora continua. Además, se enfatiza la implementación de políticas de responsabilidad corporativa orientadas a la revisión de los procesos que intervienen en la creación del producto, evaluando eficacia y eficiencia, y aplicando acciones correctivas ante la presencia de desviaciones o no conformidades; manteniendo todas estas designaciones y actividades debidamente documentadas (esta cláusula incorpora cinco sub-apartados adicionales que refuerzan estos aspectos específicos).

- **Clausula 6: Planificación**

En esta cláusula se definen los lineamientos para atender los riesgos y oportunidades dentro de la organización, incluyendo las acciones preventivas, el establecimiento de planes de contingencia, así como la formulación de los objetivos de la calidad y los planes necesarios para alcanzarlos. Además, se establece que los objetivos deben alinearse con el cumplimiento de los requisitos del cliente, no solo en relación con el producto, sino también respecto a los procesos involucrados; asimismo se, requiere implementar acciones que prioricen la prevención de no conformidades, respaldadas por documentación técnica como el análisis de riesgos y los planes de contingencia para mitigar los riesgos identificados (esta sección incluye cuatro sub-apartados adicionales).

- **Clausula 7: Apoyo**

Se establecen los recursos y procesos de soporte necesarios en la organización para una gestión de calidad eficaz. Entre ellos se incluyen el personal, la infraestructura, el ambiente de trabajo, los recursos para el seguimiento y la medición, las competencias, la comunicación y la información documentada. La norma enfatiza un enfoque multidisciplinario que garantice la eficiencia operativa, mediante una adecuada planificación de recursos, instalaciones y equipos, conforme a los manuales y lineamientos del sistema de gestión. Asimismo, se requiere llevar a cabo actividades como el análisis de los sistemas de medición, incluyendo sus registros de calibración, así como el mantenimiento de instalaciones críticas, como lo son sus laboratorios internos y externos, en cumplimiento de requisitos establecidos. También se identifican las necesidades de formación del personal, promoviendo el desarrollo de

competencias específicas —especialmente en auditores internos—, asegurando que todos los empleados comprendan su impacto en la calidad del producto y contribuyan activamente al logro de los objetivos de la organización. Todos estos elementos mencionados deben estar respaldados por una política de retención de registros que documente adecuadamente las actualizaciones de ingeniería y los cambios realizados (esta sección incluye quince sub-apartados adicionales).

- Clausula 8: Operación

Se muestran los requerimientos tanto del producto con respecto a la planeación y creación del producto o servicio, como del control y ejecución de los procesos de producción.

Esta cláusula establece los requisitos necesarios para la planeación, creación y control de los productos, así como para la ejecución efectiva de los procesos de producción mediante un enfoque multidisciplinario, en el cual se definan las operaciones y actividades necesarias para cumplir con los requisitos del cliente, tomando en cuenta las características especiales establecidas para los productos y para un funcionamiento adecuado de los procesos, garantizando la confidencialidad de la información y una comunicación efectiva con el cliente.

Se requiere planificar la realización del producto conforme a los requisitos de ingeniería establecidos, documentando dicha planeación siempre, y sometiéndola a revisiones formales para verificar su factibilidad y su debida capacidad en los procesos de fabricación. El diseño y desarrollo del producto debe contemplar todas sus características especiales, incluyendo el uso de softwares integrados, las entradas y las salidas tanto del diseño del producto como del proceso, destacando que las salidas deben ser verificadas frente a los requisitos de las entradas y validarse mediante documentaciones técnicas y pruebas específicas.

Asimismo, se debe implementar programas prototipos y planes de control específicos para las etapas de prelanzamiento y producción; los cuales deben haber superado procesos de aprobación del producto y de fabricación, contemplando posibles cambios de diseño y garantizando el cumplimiento de los requisitos legales, reglamentarios y del cliente. Determinando el alcance del control, el cual puede extenderse hasta las fuentes externas de suministro como los proveedores exteriores, estas fuentes deben de pasar por un proceso de selección que aseguran que cuentan con sistemas de gestión de la calidad certificados conforme a la norma ISO 9001, evaluado continuamente su desempeño mediante seguimientos y auditorías de segunda parte.

Todos estas actividades deben ejecutarse bajo un sistema de trabajo estandarizado, con validaciones de diseño y desarrollo, y con un seguimiento adecuado conforme a los acuerdos de servicio establecidos con los clientes; asegurando una producción la cual este programada para cumplir órdenes y pedidos, garantizando entregas just-in-time e identificando de forma clara si se pueden llegar a presentar no conformidades, y estableciendo un control para enfrentar estos cambios incluso si son temporales, con el fin de tener mantener una trazabilidad efectiva que retroalimente continuamente al sistema de gestión, considerando aspectos como la preservación de

materiales y componentes, el mantenimiento productivo total, y la gestión de materiales, recursos y herramientas; llevando a cabo verificaciones puestas a punto y verificaciones realizadas tras paros de producción.

Finalmente, se debe verificar el cumplimiento de los requisitos del producto, mediante inspecciones dimensionales, ensayos funcionales y criterios de aceptación establecidos. Las disposiciones para la liberación del producto deben estar debidamente planificadas, incluyendo la elaboración de piezas de apariencia y la obtención de autorizaciones en concesiones dirigidas hacia el cliente; y en caso de presentarse productos no conformes, reprocesados, sospechosos o reparados, se deberá notificar al cliente y gestionar su disposición de manera formal y documentada; asegurando la calidad del producto final y el cumplimiento normativo.

- **Clausula 9: Evaluación del desempeño**

En esta cláusula se determinan los requerimientos necesarios para asegurar el monitoreo y la medición del funcionamiento del sistema de gestión de calidad; entre las actividades clave para su cumplimiento se encuentra el seguimiento de la satisfacción del cliente, la realización de auditorías internas, y la revisión del desempeño del producto, los procesos y el sistema en su conjunto, con base en los resultados obtenidos. Asimismo, se establece que la organización debe realizar estudios de capacidad de procesos para verificar su desempeño, además de aplicar técnicas estadísticas que permitan identificar y priorizar las tendencias de la calidad, evaluando el cumplimiento de las especificaciones del cliente y dándole énfasis a las oportunidades de mejora tanto en la calidad como en el desempeño operativo. La evaluación sistemática del desempeño de los procesos de fabricación en un sistema de gestión debe realizarse mediante programas de auditorías que incluyan la participación de la alta dirección, y cuyos resultados, junto con sus indicadores clave, deben utilizarse con el propósito de verificar la eficacia y eficiencia del sistema; y en caso de presentarse desviaciones o incumplimiento de metas, se debe implementar planes de acción correctivos enfocados en los requerimientos específicos del cliente, dando prioridad al seguimiento su satisfacción (esta sección incluye doce sub-apartados adicionales).

- **Clausula 10: Mejora**

Se definen los requisitos relacionados con la mejora continua del sistema de gestión de la calidad, abarcando el tratamiento de no conformidades, la implementación de acciones correctivas, la solución de problemas y el desarrollo de procesos a prueba de errores; todo esto con el objetivo de incrementar la eficacia del sistema y mejorar la satisfacción del cliente. De igual manera, se establece que la organización debe contar con procesos documentados que incluyan características definidas para la atención de problemas, empleando metodologías estructuradas de solución, así como la implementación de procesos de gestión de garantías que contemplen un análisis de las quejas del cliente y el estudio de fallas detectadas en el mercado (esta sección incluye cinco sub-apartados adicionales).

Comparativa entre normas

Para comprender mejor las similitudes y diferencias entre las normas ISO 9001:2015 e IATF 16949:2016, se presenta a continuación una tabla comparativa centrada en las cláusulas 4 a 10. Esta comparación permite observar cómo la IATF 16949 expande los requisitos de la ISO 9001, incorporando elementos adicionales específicos para la industria automotriz.

Cláusula	ISO 9001:2015	IATF 16949: 2016
4. Contexto de la organización	Enfatiza el conocimiento del contexto interno y externo de la organización, incluyendo las necesidades de las partes interesadas y el alcance del sistema de gestión.	Añade la necesidad de incluir requisitos específicos del cliente, documentar funciones de apoyo internas y externas, y reforzar el enfoque en seguridad del producto. Incluye cuatro sub-apartados adicionales.
5. Liderazgo	Establece el rol de la alta dirección en el liderazgo del sistema de gestión fomentando a la mejora continua, definiendo responsabilidades en la organización.	Refuerza la responsabilidad corporativa, la evaluación de los procesos, y la documentación de acciones correctivas; además de añadir políticas de responsabilidad social. Contiene cinco sub-apartados adicionales.
6. Planificación	Define acciones para abordar riesgos y oportunidades, establece objetivos de calidad y anticipa los cambios.	La planificación de la organización se amplía con acciones preventivas, planes de contingencia y alineación directa con los requisitos del cliente, entre otros aspectos. Requiere documentación técnica de riesgos. Incluye cuatro sub-apartados adicionales.
7. Apoyo	Describe los recursos y competencias necesarios para operar el sistema de gestión (personas, infraestructura, documentación).	Detalla procesos como la calibración de herramientas, mantenimiento de laboratorios, formación específica del personal y análisis de sistemas de medición, entre otros. Tiene quince sub-apartados adicionales.
8. Operación	Establece la planificación y el control de procesos productivos, considerando los requisitos del cliente y la gestión de cambios.	Requiere de un enfoque multidisciplinario, documentación del diseño, validación de entradas y salidas, control de proveedores, control de cambios, trazabilidad y liberación

		del producto. Contiene numerosos requisitos adicionales específicos del sector automotriz.
9. Evaluación del desempeño	Incluye el seguimiento del desempeño, la satisfacción del cliente, así como auditorías internas y revisión por parte de la dirección.	Añade análisis estadísticos, estudios de capacidad, planes de acción correctiva, e indicadores clave con participación de la alta dirección. Tiene doce sub-apartados adicionales.
10. Mejora	Establece acciones correctivas y la búsqueda de oportunidades de mejora.	Añade metodologías estructuradas de solución de problemas, procesos de gestión de garantías y análisis de fallas de mercado. Incluye cinco sub-apartados adicionales.

Tabla 2.1: Comparativa entre Normas ISO 9001:2015 e IATF 16949:2016.

Este desglose detallado concede observar cómo la norma IATF 16949:2016 permite comprender su relevancia operativa en la industria automotriz, particularmente en el contexto de la preproducción de autopartes, donde constituye un requisito fundamental, en especial para las empresas proveedoras de componentes destinados a fabricantes de equipo original (OEM). Tal como se ha expuesto previamente, la norma garantiza la calidad del producto, promueve la mejora continua e incrementa la satisfacción del cliente mediante un marco sólido para los sistemas de gestión de calidad, aplicado a lo largo de la cadena de suministro automotriz [23].

Cabe aclarar que no es necesario tomar en cuenta las primeras tres cláusulas de las normas ISO 9001:2015 e IATF 16949:2016 al realizar una comparativa o explicar su aplicación práctica en las empresas, debido a que no contienen requisitos aplicables. Las cláusulas son introductorias e informativas; no establecen acciones, controles ni procesos obligatorios que las organizaciones deban implementar, solo proporcionan un contexto general, referencias normativas y definiciones para comprender el resto de la norma, por lo que no impactan directamente en las operaciones del sistema de gestión

La implementación de sus requisitos no solo asegura el cumplimiento de estándares internacionales de calidad, sino que también establece una base estructurada para prevenir fallos, gestionar riesgos y optimizar los procesos desde las etapas iniciales de manufactura. Contar con un sistema de gestión de calidad certificado bajo la IATF 16949 representa, además de un requisito contractual, un elemento estratégico que proporciona múltiples beneficios operativos y competitivos a las empresas que buscan consolidarse o expandirse en el mercado global, al alinear sus procesos con las expectativas del cliente y los estándares de exigencia del sector. Esta norma, al ser una extensión especializada de la ISO 9001, permite estructurar metodologías más robustas para abordar la complejidad de la preproducción,

asegurando la repetitividad, la trazabilidad y la seguridad funcional de los componentes fabricados.

Actualización normativa y vigencia de la propuesta

Es importante señalar que, durante el desarrollo de este trabajo, surgió una inquietud legítima relacionada con la vigencia de los requisitos normativos abordados, particularmente ante la actualización en la norma ISO 9001 y, en consecuencia, en la IATF 16949. Sin embargo, este aspecto no representa una debilidad de la propuesta metodológica, sino una oportunidad para confirmar su alineación con las nuevas directrices internacionales, reafirmando su pertinencia tanto en el presente como en el mediano plazo.

Actualmente, la norma ISO 9001 se encuentra en proceso de revisión por parte de la Organización Internacional de Normalización (ISO), previendo una nueva versión para el año 2026. Según los borradores publicados hasta ahora, se mantendrá la estructura de alto nivel (HLS), por lo que los principios fundamentales y la secuencia de cláusulas permanecerán intactos. Esto garantiza la compatibilidad con sistemas complementarios como IATF 16949. Entre los cambios más destacados se anticipa una mayor integración de temas relacionados con la sostenibilidad ambiental, la digitalización de procesos, la resiliencia organizacional, la cultura de calidad y el pensamiento basado en riesgos. No obstante, dichos cambios no afectan los fundamentos técnicos utilizados en la presente tesis, lo que refuerza la continuidad de su aplicabilidad.

Por su parte, la IATF 16949, en su versión 2016, continúa vigente sin cambios sustanciales en su estructura de requisitos. No obstante, en enero de 2025 entraron en vigor las nuevas “Reglas para lograr y mantener la certificación IATF” (6.^a edición), que no modifican el contenido técnico de la norma, pero sí ajustan ciertos aspectos administrativos del proceso de certificación. Entre estos cambios se incluyen: la redefinición del término “sitio extendido”, lineamientos más claros para la ejecución de auditorías virtuales bajo condiciones específicas, la reducción de plazos para cerrar no conformidades y la mejora de criterios para la evaluación del desempeño del sistema. Estas medidas buscan incrementar la eficiencia en el proceso de evaluación sin comprometer la profundidad ni la rigurosidad del sistema de gestión de la calidad.

Cabe destacar que, en la práctica, las actualizaciones normativas suelen centrarse en refinar enfoques, clarificar conceptos o incorporar tendencias emergentes, sin eliminar los requisitos esenciales ni invalidar metodologías existentes. Por lo tanto, la propuesta metodológica planteada en esta tesis conserva su valor, ya que se basa en principios estructurales que seguirán vigentes. Además, su diseño modular permite ser actualizado o adaptado fácilmente ante cualquier modificación futura, gracias al enfoque por procesos, la trazabilidad documental y la aplicación obligatoria de herramientas como las Core Tools, que seguirán siendo pilares dentro del esquema automotriz.

En consecuencia, es posible afirmar que esta propuesta se encuentra alineada con los estándares actuales y preparada para mantenerse útil y vigente en un escenario de transformación normativa, lo cual fortalece su aplicabilidad en la industria automotriz, especialmente en la etapa de preproducción, donde la gestión de riesgos, la validación de procesos y la cultura de calidad seguirán siendo ejes fundamentales.

A lo largo de este capítulo se destacó la importancia de contar con un sistema de gestión de calidad eficaz, sustentado en las normas ISO 9001 e IATF 16949, pilares fundamentales dentro del sector automotriz. Se analizaron las cláusulas operativas de ambas normas, con especial énfasis en su aplicación práctica, abordando elementos como la satisfacción del cliente, la trazabilidad, la seguridad del producto y el uso obligatorio de herramientas de calidad como las Core Tools. La inclusión del apartado sobre actualización normativa confirmó la continuidad de estos lineamientos como base estructural para sistemas de calidad robustos, incluso ante futuros cambios normativos.

Partiendo de lo anterior, el siguiente capítulo se enfocará en el desarrollo de una propuesta metodológica aplicable a la etapa de preproducción en la manufactura de autopartes, fundamentada en los lineamientos establecidos por la norma IATF 16949. Se pondrá especial énfasis en la implementación práctica de las Core Tools, así como en la planificación y ejecución de pruebas orientadas a validar procesos y asegurar la conformidad del producto antes de la puesta en marcha formal de la producción.

Capítulo 3. Metodología

Ante la creciente competencia en la industria automotriz y las cambiantes demandas del mercado, las empresas enfrentan el reto de lanzar productos más confiables en plazos cada vez más reducidos. En este entorno, cada organización busca satisfacer a sus clientes e incluso liderar el mercado [29]. Estas condiciones exigen una planeación estratégica aplicada desde las etapas iniciales del desarrollo, impulsada por la necesidad de establecer una logística robusta que conecte de forma eficaz las fases previas a la fabricación en serie, especialmente en la manufactura de autopartes. Para hacer frente a este desafío, es esencial implementar un sistema de gestión de la calidad alineado con el ritmo actual de producción, cuyo enfoque contribuya a mejorar la competitividad mediante una planificación de procesos flexible y detallada, capaz de transformar materia prima en piezas terminadas utilizando eficientemente los recursos disponibles. Esto brinda ventajas clave para responder oportunamente a las exigencias del mercado [30].

En la industria automotriz, el éxito de un nuevo proyecto de manufactura no depende únicamente del diseño del producto o de las tecnologías implementadas para su producción, sino también de la forma en que se estructuran y gestionan sus fases iniciales. Tal como se explicó en el capítulo anterior, la norma IATF 16949:2016 proporciona los lineamientos necesarios para garantizar la calidad y fomentar la mejora continua en los sistemas de gestión, promoviendo prácticas sólidas desde las etapas más tempranas del desarrollo del proyecto. En este contexto, resulta indispensable implementar dicha norma mediante una metodología clara para integrar los elementos clave de la preproducción, asegurando que la transición desde la planeación hasta la producción en masa se lleve a cabo de forma ordenada, eficaz y conforme a los requerimientos.

Los sistemas logísticos de la preproducción abarcan desde la selección de materias primas y sus respectivos proveedores hasta la preparación integral de la línea de ensamble. Estos sistemas suelen tener una estructura multicapa, con distintos niveles de planificación táctica y operativa que requieren de una alta eficiencia, bajos costos y tiempos de respuesta mínimos. En este sentido, el establecimiento de un sistema de información y operación logística adecuado permite gestionar de manera integrada los aspectos clave de la forma de trabajo en las líneas, adaptándose a nuevos modelos de autopartes de forma rentable y asegurando su viabilidad técnica y económica [31].

A partir de los fundamentos normativos establecidos por la IATF 16949 y su impacto en la gestión de la calidad dentro de la industria automotriz, la presente sección desarrolla una propuesta metodológica estructurada, enfocada en las fases de preproducción dentro de la manufactura de autopartes, la cual busca estandarizar las acciones a implementar desde que un cliente solicita una nueva pieza hasta que la línea de producción esté lista para iniciar su puesta en marcha. Esta propuesta se enfoca en garantizar la conformidad del producto y la estabilidad del proceso mediante el uso adecuado de herramientas de calidad esenciales (Core

Tools) y pruebas clave aplicadas dentro del entorno manufacturero, asegurando que cada paso cuente con la documentación, pruebas y validaciones correspondientes.

En consecuencia, se propone una ruta de proceso óptima, entendida como una secuencia ideal de operaciones, pruebas y validaciones necesarias para asegurar que la línea de producción esté lista para su puesta en marcha. Dicha ruta debe contemplar decisiones clave sobre factores como el tipo de operación, la maquinaria y herramientas que se utilizarán, así como la orientación de corte o estrategia de ensamble, permitiendo verificar la viabilidad del modelo y establecer una cooperación efectiva entre las empresas productoras de autopartes, garantizando eficiencia operativa [30].

La planificación de una ruta de proceso óptima se convierte, entonces, en un componente esencial para alcanzar una fabricación de autopartes eficiente; esta planificación debe surgir del análisis de los aspectos generales de la producción, de manera que esté alineada con un sistema de gestión de la calidad eficaz. Considerar las características técnicas de las piezas, las secuencias de operación y los recursos disponibles permite definir rutas de procesamiento viables y seleccionar aquella que ofrezca mejores resultados en su implementación. Al facilitar una planificación adecuada en la etapa de preproducción, no solo se mejora la eficiencia operativa de las empresas, sino que también se genera un impacto directo en el incremento de su tasa de producción, se eleva la calidad del producto y se fortalece la competitividad del mercado automotor. Por ello, contar con un sistema logístico bien estructurado no solo contribuye a la eficiencia operativa, sino también a la expansión del mercado de autopartes y al aumento de los beneficios económicos.

Cabe señalar que, si bien cada empresa automotriz puede diferir en cuanto a su enfoque operativo (de acuerdo con sus políticas internas) y estructura interna, todas ellas comparten un proceso similar en la fase de puesta en marcha, el cual requiere la coordinación de múltiples áreas funcionales —como ingeniería, calidad, logística y mantenimiento— en torno a un objetivo común. Para lograrlo, se requiere un marco metodológico que permita visualizar con claridad la secuencia de actividades, así como identificar los entregables que deben generarse en cada etapa. La integración efectiva de estos elementos no solo garantiza la preparación técnica de la línea, sino también su alineación con las expectativas del cliente y los estándares del sector [31].

Finalmente, la implementación de una metodología clara en esta etapa temprana del proceso resulta fundamental para comprender y replicar fácilmente cada actividad involucrada, permitiendo que los usuarios se orienten adecuadamente durante su implementación. Considerando el creciente número de modelos de vehículos y la rapidez con la que se renuevan, contar con una producción flexible —incluso para series pequeñas— resulta fundamental. Esta flexibilidad se alcanza mediante procesos que operen a alta velocidad, bajos costos, menor tiempo de desarrollo y mayor precisión, apoyados en herramientas automatizadas y materiales de alto rendimiento.

En los apartados siguientes se detallarán las etapas generales por las cuales debe transitar todo proyecto en su fase de preproducción, especificando tanto las acciones clave como la documentación asociada a cada fase. Posteriormente, se abordarán las pruebas esenciales que

deben realizarse como parte del cumplimiento con la normativa, y finalmente, se propondrá una estructura metodológica aplicable a las empresas manufactureras de autopartes, con el objetivo de facilitar la implementación de nuevos proyectos con mayor eficacia, calidad y control.

Etapas de la preproducción

Para comprender las etapas que conforman la preproducción en la manufactura de autopartes, es necesario considerar que estas piezas —plásticas, eléctricas o metálicas— constituyen los componentes individuales que integran un vehículo y garantizan su funcionamiento y seguridad. Su fabricación implica la integración de tecnologías avanzadas de mecanizado y sistemas de planificación altamente detallados, los cuales son esenciales ya que permiten transformar el diseño en productos viables para su eficaz producción en serie. Cada componente, desde el tornillo más pequeño hasta el chasis completo, requiere procesos específicos y controlados desarrollados mediante una estrategia de planificación precisa. En este contexto, tanto los fabricantes de equipo original (OEM) como los proveedores de primer nivel (Tier 1), quienes suministran productos o servicios a las armadoras estableciendo relaciones comerciales directas; se benefician de sistemas de gestión eficaces para cumplir con los exigentes estándares de calidad establecidos por la industria automotriz.

La fabricación de piezas automotrices es un proceso complejo que involucra múltiples etapas, desde el diseño inicial hasta el control de calidad, estas etapas comprenden actividades como la documentación técnica y la realización de pruebas especialmente en las fases previas al inicio de la producción en serie. Con el fin de mejorar continuamente sus procesos, las empresas fabricantes adoptan sistemas de gestión de calidad, como la norma ISO 9001 y la Norma IATF 16949 [32].

De forma general, las etapas de preproducción en la manufactura de autopartes comprenden desde la concepción de un nuevo producto hasta su lanzamiento a la producción en masa. Estas incluyen la planificación, el diseño, la creación de prototipos, la ejecución de pruebas y la optimización de procesos. Aunque el enfoque puede variar un poco dependiendo del tipo de pieza a fabricar, es fundamental seguir una secuencia bien definida que garantice tanto la calidad como la eficiencia del proceso, así como el cumplimiento de las especificaciones técnicas y normativas aplicables. En términos generales, y tras una exhaustiva investigación y observación se puede decir que el desarrollo de autopartes puede resumirse en los siguientes pasos:

1. **Planeación y desarrollo de conceptos:**
En esta etapa se define el objetivo del producto, se investiga el mercado y se identifican las necesidades del cliente. Se analiza la viabilidad técnica y económica de la pieza, considerando desde el inicio las posibles restricciones de manufactura y los estándares normativos aplicables (como IATF 16949). También se realiza un

primer análisis de factibilidad respecto a materiales, procesos requeridos y posibles proveedores clave.

2. Diseño de sistemas:

Se elabora el diseño general de la pieza, considerando la funcionalidad, la ingeniería, la estética y la manufacturabilidad. En esta fase se determinan los procesos de fabricación tentativos que serían necesarios (moldeo, maquinado, estampado, etc.), lo cual servirá de base para definir las necesidades de equipo, Layout preliminar y logística. Se contempla la identificación temprana de características críticas para su posterior control en el proceso.

3. Diseño de detalle:

Se definen con precisión los componentes, materiales y tolerancias. Aquí se eligen los materiales específicos y se validan contra sus propiedades mecánicas y térmicas, tomando en cuenta su disponibilidad y compatibilidad con los procesos productivos. También se analizan los requerimientos de sujeción, utillaje, y los posibles riesgos asociados a la manufactura o ensamblaje de cada componente.

4. Creación de prototipos:

Se desarrollan modelos físicos o virtuales para evaluar el diseño, funcionalidad y ensamblaje. Este paso permite probar hipótesis de diseño y validar anticipadamente los requerimientos técnicos. Dependiendo del tipo de prototipo, se puede generar retroalimentación valiosa para ajustar tanto el diseño como el planteamiento del proceso productivo y las herramientas que se requerirán. Los prototipos suelen elaborarse de manera manual y/o utilizando herramental blando, lo que facilita modificaciones rápidas y reduce costos en etapas tempranas del desarrollo. Existen diferentes niveles de prototipos, que van desde modelos conceptuales o de apariencia hasta prototipos funcionales que simulan las condiciones reales de uso, permitiendo una validación progresiva y detallada.

5. Pruebas y ajustes del prototipo:

Los prototipos se someten a pruebas rigurosas para evaluar su rendimiento, durabilidad y seguridad. En esta fase también se prueban parámetros de proceso preliminares, herramientas y condiciones operativas que podrían formar parte del proceso final. Normalmente, según los estándares, se solicitan lotes piloto o de preproducción con más de 50 piezas (con una variación mínima de 50 piezas iguales) para garantizar la estabilidad y repetitividad del proceso. Estas piezas deben estar claramente identificadas y etiquetadas como prototipos o preproducción, con documentación detallada que permita su rastreo y control.

A partir de los resultados, se realizan ajustes tanto en el diseño del producto como en las estrategias de producción propuestas, asegurando la conformidad con los requisitos técnicos y de calidad establecidos.

6. Optimización del diseño y preparación del proceso productivo:

Se aplican los ajustes finales al diseño y se formaliza la planificación del proceso productivo. Esto incluye:

- Definición de la secuencia de operaciones, tiempos y movimientos.
- Especificación de maquinaria, herramientas y utillajes requeridos.

- Diseño del Layout preliminar de estaciones.
 - Elaboración de documentos técnicos (hojas de proceso, instructivos).
 - Establecimiento de parámetros iniciales de calidad y tiempos ciclo.
7. Implementación y pruebas de línea:
- Se instauran celdas robóticas, estaciones manuales o semiautomáticas según lo previsto. Se realiza el montaje inicial de la línea, incluyendo conexiones eléctricas, neumáticas, de sensores y de sistemas de seguridad. Se ejecutan pruebas de preproducción o corridas de validación preliminar, tales como:
- Funcionalidad del Layout.
 - Capacidad de los equipos.
 - Ergonomía de estaciones.
 - Secuencia de operaciones y eficiencia general.
- También se detectan desviaciones o ajustes necesarios en herramientas, programación de robots o flujo de materiales.
8. Validación:
- Se garantiza que tanto el producto final como la línea de producción cumplen con los estándares de calidad, seguridad y normativos requeridos. Esto se logra mediante evaluaciones finales que pueden incluir auditorías internas, validación de procesos especiales, análisis de capacidad (C_p , C_{pk}), estudios de repetitividad y reproducibilidad (R&R); y simulaciones de producción real. Una vez validados todos los elementos, se autoriza la puesta en marcha formal de la línea de producción.

Estas etapas son fundamentales para asegurar que la pieza final sea de alta calidad, cumpla con las especificaciones y pueda ser producida de forma eficiente y económica. Por lo que resulta indispensable incorporar de igual manera en estas etapas, herramientas que permitan asegurar el cumplimiento de cada etapa del proceso, desde el diseño hasta la validación de la línea, pero sobre todo las normas de calidad para asegurar un trabajo óptimo. En este sentido, las Core Tools se consolidan como un conjunto de metodologías fundamentales que respaldan la calidad, trazabilidad y control en la preproducción, además estas fueron originalmente desarrolladas por la industria automotriz



Ilustración 3.1: Montaje de celdas robóticas en una línea de producción [32].

Con el objetivo de proporcionar una guía clara, ordenada y técnicamente fundamentada para la implementación eficiente de los requisitos de la norma IATF 16949:2016 y de las Core Tools en la industria de autopartes, se elaboró una propuesta metodológica basada en la identificación, clasificación y secuenciación lógica de los documentos y pruebas requeridos durante la fase de preproducción, con el fin de facilitar su aplicación efectiva y estandarizada en el sector manufacturero de autopartes. Esta propuesta busca servir como un “mapa que marque una ruta”, la cual facilite la ejecución ordenada de actividades críticas durante el desarrollo de un proyecto nuevo, asegurando que ninguna documentación esencial sea omitida, y que se respeten las prácticas establecidas en los manuales técnicos al igual que los requisitos normativos del sector automotriz.

Core Tools (Norma IATF 16949)

En una industria automotriz en constante crecimiento, las Core Tools se han consolidado como herramientas fundamentales para garantizar la eficiencia, calidad y rentabilidad de los procesos de manufactura. Este conjunto de metodologías, desarrollado y promovido conforme a la norma IATF 16949:2016 para Sistemas de Gestión de la Calidad, ha sido adoptado ampliamente por fabricantes de todo el mundo. Su implementación permite a las organizaciones cumplir con los estándares exigidos por los clientes y asegurar resultados consistentes durante la producción.

Estas herramientas fueron desarrolladas por el Automotive Industry Action Group (AIAG), una asociación fundada en 1982 por Chrysler, Ford y General Motors con el propósito de mejorar la calidad, sostenibilidad y eficiencia en la cadena de suministro automotriz. Entre 1990 y 1994, la AIAG publicó los manuales técnicos de las principales herramientas de

calidad que, con el pasar del tiempo y tras actualizaciones, se conocen actualmente como “Core Tools” [33].

Los objetivos principales de la aplicación de las Core Tools son:

- Optimizar la comunicación entre diseño y manufactura.
- Identificar errores potenciales antes de que se conviertan en problemas costosos.
- Estandarizar procesos confiables que permitan fabricar productos de alta calidad a bajo costo.

Estas herramientas están interrelacionadas y se aplican mediante equipos multidisciplinarios. La cláusula 7.1 de la IATF 16949:2016 establece su uso obligatorio, exigiendo que las organizaciones implementen al menos cuatro de ellas como parte de su enfoque de mejora continua. En total, son seis herramientas que conforman este grupo, cada una enfocada en una etapa o aspecto específico del proceso de calidad [34]:

- APQP – Advanced Product Quality Planning (Planeación Avanzada de la Calidad del Producto)
Es una metodología estructurada que guía el desarrollo de productos y procesos desde su concepción hasta su validación, asegurando que se efectúen los requisitos establecidos antes de entregar por primera vez un producto al cliente, destacando que estos cumplan con los términos de calidad, tiempo de entrega y costo acordados. Consta de cinco fases: planeación y definición del programa, diseño y desarrollo del producto, diseño y desarrollo del proceso, validación del producto y proceso, y retroalimentación con acciones correctivas; las cuales favorecen la coordinación y comunicación entre áreas internas, proveedores y clientes.
- PPAP – Production Part Approval Process (Proceso de Aprobación de Partes de Producción)
La herramienta describe la documentación de soporte que debe elaborarse en la producción y que se comparte con el cliente. Tiene como objetivo demostrar que el proceso de fabricación puede producir piezas de manera repetitiva durante una corrida bajo condiciones reales de producción y que se encuentra conducido conforme a los requisitos del cliente. La entrega final del paquete documental se conforma por 18 elementos, entre ellos: diagramas de flujo, AMEF's, plan de control, estudios estadísticos, muestras físicas, resultados dimensionales y garantías (PSW).
- FMEA – Failure Mode and Effects Analysis (Análisis de Modo y Efecto de Falla)
Es una técnica preventiva que identifica y evalúa fallas potenciales en productos o procesos, analizando sus causas y efectos. Esta herramienta permite establecer controles de detección y prevención que reduzcan riesgos y mejoren la confiabilidad del producto, llevando a un enfoque de mejora continua más amplio y actualizado. Se clasifica en FMEA de diseño (DFMEA) y de proceso (PFMEA).
- SPC – Statistical Process Control (Control Estadístico del Proceso)
Aplica técnicas estadísticas para monitorear la variabilidad de los procesos mediante gráficas de control. Permite distinguir si la variación presentada en la producción es natural o atribuible a causas específicas, evaluando la capacidad del proceso para

cumplir con especificaciones críticas. Su objetivo es mantener los procesos bajo control y prevenir defectos antes de que lleguen al cliente, cumpliendo con las características críticas solicitadas.

- **MSA – Measurement Systems Analysis (Análisis de Sistemas de Medición)**
Evalúa la confiabilidad y precisión de los sistemas de medición utilizados en el control de calidad. A través de estudios como repetitividad y reproducibilidad (GR&R), sesgo, linealidad y estabilidad, se garantiza que los resultados obtenidos sean válidos para la toma de decisiones que ayudan a disminuir riesgos, ya que una mala medición puede derivar en problemas tanto para la empresa como para el cliente, como aceptar piezas defectuosas o rechazar piezas conformes. Además, asegura que los sistemas establecidos en el plan de control se encuentren correctamente calibrados.
- **CP – Control Plan (Plan de Control)**
Es un documento estructurado que describe los métodos y controles necesarios para asegurar la calidad durante la producción. Incluye parámetros de inspección, frecuencias de verificación, responsables y planes de reacción ante fallas. Su contenido debe estar alineado con el diagrama de flujo y el AMEF, favoreciendo la trazabilidad y coordinación entre procesos. Con este enfoque estructurado, ayuda a la manufactura de productos de calidad de acuerdo con los requerimientos del cliente, proporcionándole un valor agregado al sistema total.



Ilustración 3.2: Manuales de las Core Tools desarrollados por la AIAG [33].

La implementación efectiva de estas herramientas fortalece el sistema de gestión de la calidad y se alinea con la filosofía Lean Manufacturing, la cual, como se había mencionado previamente, está orientada a eliminar desperdicios y optimizar los tiempos de ciclo. Aunque las Core Tools fueron desarrolladas para el sector automotriz, actualmente su aplicación se ha extendido a múltiples industrias manufactureras, ya que aportan beneficios clave como:

- Toma de decisiones basada en datos reales.
- Identificación de causas raíz y aplicación de acciones correctivas/preventivas.
- Fomento de la colaboración entre equipos mediante un lenguaje técnico común.
- Promoción de una cultura de mejora continua.

Su correcta aplicación asegura productos conformes a los requisitos del cliente, mantiene bajo control la variabilidad del proceso y eleva el estándar de calidad. Además, contribuyen directamente a reducir el Costo de la Mala Calidad (COPQ, por sus siglas en inglés) que se implementa en las empresas. Este abarca gastos por reprocesos, desperdicios, devoluciones, inspecciones adicionales y pérdidas de confianza del cliente. Mientras que empresas con sistemas sólidos mantienen un COPQ cercano al 1 %, aquellas con controles deficientes pueden alcanzar niveles superiores al 5 % o más [35]. Las Core Tools, al prevenir errores desde las más tempranas del proceso, permiten minimizar significativamente este indicador.

En resumen, las Core Tools no deben ser percibidas como una carga documental o un simple requisito normativo, sino como elementos estratégicos que, al ser comprendidos e implementados correctamente, impulsan la competitividad, reducen los riesgos y aseguran la satisfacción del cliente.

Desarrollo de la propuesta metodológica

Nota aclaratoria: A partir de esta sección, se hace uso del término la autora para referirse a la persona responsable de la presente investigación y elaboración de la propuesta metodológica, con el fin de mantener un tono formal y en tercera persona, conforme a los lineamientos académicos.

Toda esta información anterior es relevante, ya que un aprovechamiento adecuado de las herramientas Core Tools no solo permite cumplir con los requisitos normativos, sino que también impulsa la mejora continua y la prevención de errores desde las primeras fases del desarrollo. Por ello, comprender e integrar estas herramientas en la etapa de preproducción resulta fundamental. Su inclusión dentro de una propuesta metodológica aporta estructura, claridad y enfoque estratégico, sentando las bases para una gestión eficiente y orientada a resultados óptimos.

Una metodología, entendida como un conjunto estructurado de pasos, criterios y herramientas para abordar un proceso determinado, permite estandarizar la ejecución de actividades dentro de una organización. En entornos industriales complejos como el sector

de autopartes, su aplicación no solo facilita la coordinación entre áreas, sino que también mejora la trazabilidad, la consistencia de resultados y, sobre todo, asegura la calidad desde etapas tempranas del proyecto.

Partiendo de este concepto, surgió la idea de realizar una propuesta para la optimización de la calidad en las industrias de autopartes. El punto de partida de este desarrollo fue el análisis detallado de la norma IATF 16949:2016, ya que esta rige a la industria, de la cual se extrajeron todas las referencias explícitas e implícitas a documentos técnicos, pruebas, registros o evaluaciones requeridas como parte del sistema de gestión de calidad. Posteriormente, se profundizó en el estudio de cada uno de los manuales técnicos de las Core Tools —APQP, AMEF, MSA, PPAP, SPC y el Plan de Control— para identificar todos los documentos y pruebas que se generan como parte de su aplicación.

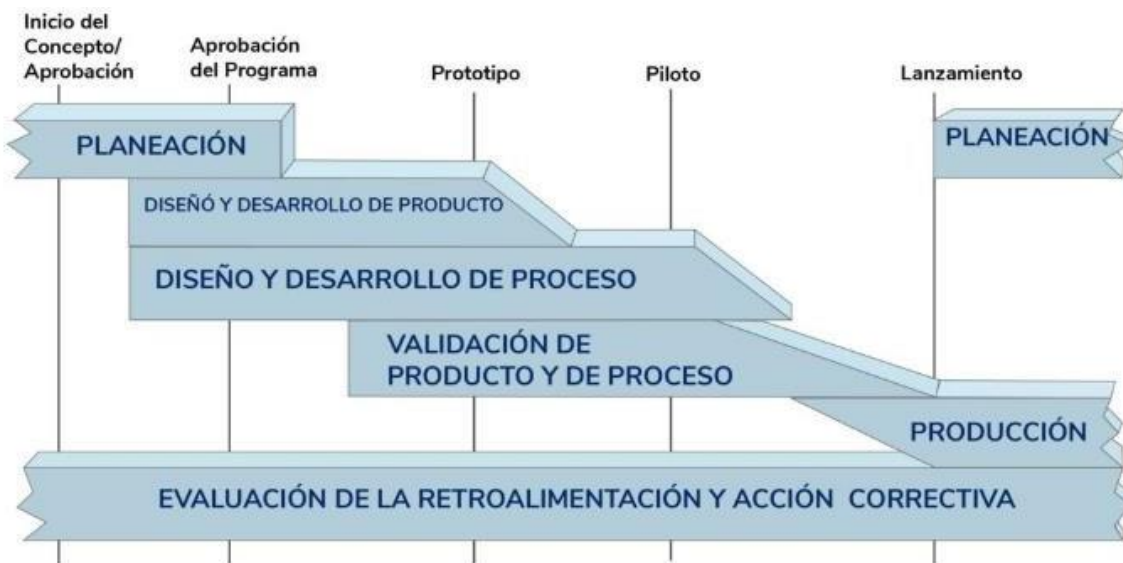


Ilustración 3.3: Fases del desarrollo de la calidad del producto aplicadas en el manual APQP [36].

Se prestó especial atención al manual del APQP, dado que establece un cronograma estructurado en cinco fases que definen el desarrollo de la calidad del producto, el cual se visualiza en la ilustración 3.3 —planeación y definición del programa, diseño y desarrollo del producto, diseño y desarrollo del proceso, validación del producto y del proceso, y finalmente retroalimentación, evaluación y acciones correctivas— (aunque no es la única herramienta Core Tool que utiliza este enfoque). Dicho cronograma sirvió como base para organizar temporalmente las evidencias [36].

Durante este análisis, se identificaron elementos repetidos entre los manuales, por lo que se realizó una depuración rigurosa para eliminar duplicados, conservando únicamente los elementos indispensables para una implementación robusta. También se consideraron aquellos documentos o pruebas que, aunque mencionados en pocos manuales, eran esenciales como insumos para actividades posteriores. Su inclusión se evaluó con base en su función

dentro del proceso, utilidad como entrada o validación de otras actividades, y pertinencia dentro del sistema propuesto.

Una vez consolidada la lista de elementos, los elementos se organizaron conforme a las cinco fases del APQP y sus respectivas sub-etapas intermedias; estas sub-etapas fueron definidas por la autora a partir de un análisis transversal de los manuales, ya que algunos elementos aparecían en más de una fase o se utilizaban como entradas para distintos elementos. Como podemos apreciar en la imagen 3.4, en esta se muestran los elementos ubicados para el APQP. Aunque las demás Core Tools también hacen lo mismo, no se basó tanto en ellas, ya que lo hacen de una forma no menos estructurada. Para lograr una distribución lógica y técnica de organización, la distribución respondió a criterios como la relación secuencial entre documentos, la dependencia a elementos previos y el momento óptimo de aplicación dentro del ciclo de desarrollo del producto.

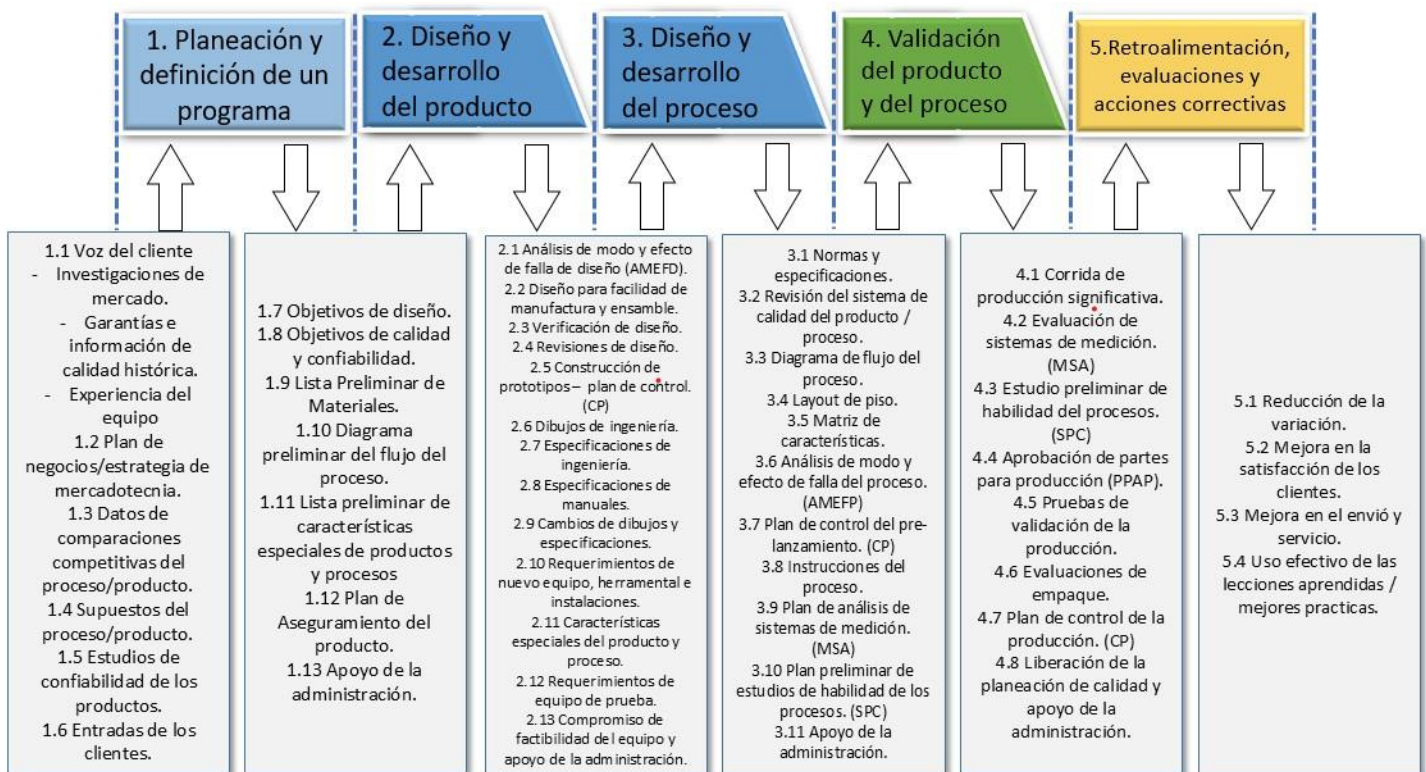


Ilustración 3.4: Fundamentos de la planeación avanzada de la calidad (APQP) [36].

Como herramienta principal de síntesis en la metodología propuesta, se desarrolló una tabla de planeación o plan de trabajo, estructurada en columnas que permiten entender la naturaleza, función y secuencia de cada elemento. La estructura de la tabla está compuesta por los siguientes ocho apartados:

1. Fases para la preproducción de autopartes:
Corresponde a una adaptación elaborada por la autora, la cual integra la experiencia de la industria y literatura técnica sobre el desarrollo general de autopartes desarrollada previamente en este mismo. Esta sección permite contextualizar la propuesta dentro del entorno manufacturero.
2. Fases sugeridas por las Core Tools:
Retoma las cinco fases del cronograma del APQP y sus sub-etapas derivadas, permitiendo alinear la documentación y pruebas con los momentos clave del control y validación del proceso de desarrollo de calidad.
3. Nombre del documento o prueba:
Identifica el elemento específico a ejecutar o generar.
4. Clasificación como documento o prueba:
A través de una marca “X”, se distingue si el elemento se considera un documento (registro, especificación, instructivo, plan, etc.) o una prueba (evaluación, ensayo, auditoría, etc.).
5. Descripción:
Se ofrece una breve explicación técnica del propósito y/o contenido del elemento.
6. Core Tool relacionada:
Indica que herramienta de calidad pertenece el elemento y si es una entrada, parte integral o requisito asociado a dicha metodología.
7. Área(s) de la empresa involucrada(s):
Deja en claro quien/quienes son los departamentos responsables, fortaleciendo la planificación operativa.
8. Tipo de evidencia esperada:
Indica que tipo de resultados serán los obtenidos (refiriéndose a: archivo, fotografía, certificado, informe) para facilitar auditorías o verificaciones.

A fin de asegurar que la metodología no solo agrupase los elementos por fases, sino también reflejara una secuencia lógica dentro de cada etapa, se realizó un segundo análisis detallado. Este permitió jerarquizar los elementos de cada sub-etapa mediante una numeración que indica el orden sugerido de ejecución. Si varios comparten el mismo número, significa que pueden llevarse a cabo simultáneamente. Cabe destacar que esta numeración representa el orden propuesto para iniciar actividades, sin implicar que deban estar finalizadas para avanzar, salvo que se especifique lo contrario.

Finalmente, se integró toda esta estructura con las etapas de preproducción de autopartes, previamente desarrolladas por la autora a partir del análisis del proceso general de manufactura automotriz, integración que, fortalece la metodología, ya que permite contextualizar cada documento o prueba dentro del ciclo real de desarrollo de producto y proceso, aportando mayor claridad y aplicabilidad.

El resultado de esta integración quedó plasmado como una tabla, la metodología se aprecia a continuación:

Fases para la preproducción de autopartes.	Fases sugeridas por las Core Tools	Nombre	Documento	Prueba	Descripción	Core Tool donde se encuentra	Área(s) de la empresa involucrada(s)	Tipo de evidencia esperada	
1. Planeación y desarrollo de conceptos		Entradas			X	Es un documento estratégico que define los objetivos, metas, proyecciones financieras, análisis de mercado y plan operativo de un proyecto o producto. En el contexto automotriz, se utiliza para justificar las inversiones en nuevos desarrollos de autopartes o líneas de producción.	Entrada informativa establecida APQP y del FMEA .	Dirección general, Planeación estratégica, Finanzas	Documento formal aprobado (PDF, presentación ejecutiva, reporte firmado)
				2. Análisis de viabilidad técnica y económica	X	Documento que analiza si un proyecto o producto es viable desde el punto de vista técnico y económico antes de su desarrollo.	Entrada informativa establecida del APQP .	Ingeniería de producto, Ingeniería de procesos, Finanzas	Reporte técnico-económico, hoja de cálculo con análisis de costos y factibilidad técnica
				2. Investigaciones de mercado	X	Son estudios documentados que recopilan y analizan información sobre las necesidades, preferencias, competencia y tendencias del mercado. Se utilizan para orientar decisiones estratégicas sobre diseño, precio y posicionamiento de productos.	Entrada informativa establecida del APQP .	Mercadotecnia, Comercial, Planeación	Informe con datos de mercado, encuestas, benchmarking
				3. Estudios de confiabilidad	X	Son pruebas diseñadas para evaluar la capacidad de un producto o componente para desempeñarse de manera consistente bajo condiciones normales y extremas durante su vida útil. Incluyen ensayos de resistencia, ciclos de uso, envejecimiento acelerado, entre otros.	Entrada informativa establecida del APQP . Se puede integrar como evidencia de validación en el PPAP	Ingeniería de producto, Calidad	Reportes de resultados de pruebas de ciclos de vida o análisis estadístico
				4. Diagrama SIPOC	X	SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers) es un diagrama que resume los elementos clave de un proceso desde sus proveedores hasta los clientes. Se usa para mapear procesos a alto nivel antes de analizarlos a fondo.	Entrada informativa establecida del APQP .	Ingeniería de procesos, Calidad, Producción	Diagrama visual entregable (PDF, presentación, documento)

Fases para la preproducción de autopartes.	Fases sugeridas por las Core Tools	Nombre	Documento	Prueba	Descripción	Core Tool donde se encuentra	Área(s) de la empresa involucrada(s)	Tipo de evidencia esperada
2. Diseño de sistemas	FASE I Planeación y definición del programa	5. Reportes de desempeño	X		Informes que documentan el rendimiento de procesos, equipos o productos, generalmente asociados a métricas de producción o calidad.	SPC (como resultado del monitoreo), PPAP (puede ser evidencia complementaria).	Dirección, Finanzas, Producción, Calidad	Informes con métricas clave (KPI), análisis históricos, gráficos de tendencia
		5. Análisis FODA	X		El análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas) evalúa factores internos y externos que pueden afectar un proyecto o negocio. Se usa para planificar estrategias en etapas iniciales.	Entrada informativa establecida del APQP .	Dirección, Planeación Estratégica, Ingeniería	Matriz con fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas; documento validado en comité
		6. Lista preliminar de características especiales del producto	X		Es un listado inicial de las características críticas del producto que pueden afectar la seguridad, la función o el cumplimiento regulatorio. Se basa en requerimientos del cliente y especificaciones del diseño.	Entrada en el AMEF de diseño y de proceso. Se usa y documenta en el Plan de Control, APQP y PPAP .	Ingeniería de Producto, Calidad	Documento enlistado con justificación técnica; revisión con cliente si aplica
		7. Lista preliminar de materiales	X		Documento que detalla los materiales requeridos para el desarrollo del producto en su fase de diseño o preproducción. Incluye descripciones, cantidades estimadas y especificaciones generales, sirviendo como base para compras, pruebas y planificación del proceso.	Alimenta los documentos el Plan de Control y el FMEA de proceso . Se utiliza en el Plan de Control	Ingeniería, Compras	Lista detallada con especificaciones técnicas y cantidades estimadas
	8. Diagrama preliminar del flujo del proceso	X		Representación gráfica inicial que muestra la secuencia general de pasos o etapas del proceso de manufactura, desde la recepción de materiales hasta la entrega del producto. Ayuda a visualizar los flujos físicos y lógicos antes de definir el flujo final.	Se integra en el APQP y Plan de Control . Puede ayudar a anticipar la estructura del PFMEA .	Ingeniería de Procesos, Producción	Diagrama de bloques o flujograma general del proceso	

Fases para la preproducción de autopartes.	Fases sugeridas por las Core Tools	Nombre	Documento	Prueba	Descripción	Core Tool donde se encuentra	Área(s) de la empresa involucrada(s)	Tipo de evidencia esperada
3. Diseño de detalle	Intermedio entre fase 1 y fase 2	9. Dibujos de ingeniería (diseños 2D y 3D tanto de prototipos como de la pieza final)	X		Son representaciones gráficas detalladas del diseño del producto. Incluyen dimensiones, tolerancias, materiales y ensamblajes. Son fundamentales para la fabricación y el control de calidad.	Se usan como entrada en AMEF de diseño y de proceso , PPAP, Plan de Control y parte del APQP .	Ingeniería de Producto	Planos detallados, archivos CAD, versiones controladas
	Intermedio entre fase 1 y fase 2	10. Diagrama de árbol del proceso	X		Es un diagrama jerárquico que descompone visualmente el proceso en subprocesos y actividades específicas. Ayuda a entender la secuencia y ramificación de tareas.	Se usa como herramienta de análisis en APQP . Entrada para el AMEF de proceso .	Ingeniería de Procesos	Representación jerárquica de los procesos y subprocesos
	Intermedio entre fase 1 y fase 2	11. Lista de materiales	X		También conocida como BOM (Bill of Materials), es un listado estructurado que incluye todos los componentes, materiales y subensambles necesarios para fabricar una pieza o producto, así como más especificaciones. Lo mismo que la lista preliminar de materiales, pero este ya aprobado.	Insumo para el plan de producción , Plan de Control , PFMEA y APQP	Ingeniería, Compras, Logística	Documento con códigos, cantidades, versiones y proveedores
	FASE 2 Diseño y desarrollo del	12. Evaluaciones de riesgos y errores	X		Consiste en la identificación, análisis y priorización de riesgos potenciales en diseño o proceso. Incluye análisis de fallos y sus efectos, y suele derivar en acciones preventivas.	Parte del desarrollo del AMEF de diseño y del AMEF de proceso .	Ingeniería, Calidad, Seguridad	Matrices de riesgo, listas de chequeo, análisis previos (como AMEF)
	FASE 2 Diseño y desarrollo del	13. Revisiones de diseño	X		Son registros de las evaluaciones formales del diseño del producto, realizadas por equipos multidisciplinarios para asegurar que cumpla con los requisitos técnicos, normativos y del cliente.	Se realizan durante el APQP . Sirven como entrada para el DFMEA .	Ingeniería de Producto, Calidad, Cliente	Actas, listas de revisión, autorizaciones formales

Fases para la preproducción de autopartes.	Fases sugeridas por las Core Tools	Nombre	Documento	Prueba	Descripción	Core Tool donde se encuentra	Área(s) de la empresa involucrada(s)	Tipo de evidencia esperada
		14. Análisis de modo y efecto de falla de diseño (DFMEA)	X		Es una herramienta estructurada para identificar modos de falla potenciales en el diseño del producto, sus efectos y causas, y establecer acciones preventivas o de mitigación.	Parte fundamental de las Core Tools, específicamente el AMEF de diseño (DFMEA) , y se desarrolla dentro del APQP .	Ingeniería de Producto, Calidad	Documento estructurado de análisis con riesgos priorizados y acciones
		15. Plan de control prototipo	X		Es un tipo específico de plan de control que define cómo se controlará el producto durante la fase de prototipado. Establece métodos de inspección, criterios de aceptación y responsables.	Variante inicial del Plan de Control aplicable dentro del APQP .	Ingeniería, Calidad, Producción	Documento con parámetros críticos y métodos de verificación
		16. Estudios estadísticos		X	Son análisis que utilizan herramientas estadísticas para evaluar procesos, productos o sistemas. Incluyen análisis de capacidad, tendencia, dispersión, etc. (Relacionado con "estudios de confiabilidad").	Parte esencial del MSA y del SPC .	Calidad, Ingeniería	Resultados con análisis de normalidad, tendencia y capacidad
		17. Reporte de aprobación de apariencia (ARR)	X		Es un informe que certifica que la apariencia visual del producto cumple con los requisitos del cliente, incluyendo color, textura, acabados, etc.	Es un documento clave del PPAP (forma parte del paquete de aprobación de producción).	Calidad, Cliente	Documento con fotografías, criterios visuales y firmas de aprobación
		18. Ayudas de verificación (listas de verificación) (PSW)	X		Son formatos que apoyan la revisión y validación de requisitos o procesos. El PSW (Part Submission Warrant) es un documento que avala que el proveedor ha cumplido con todos los requisitos del cliente.	Es un documento clave del PPAP (forma parte del paquete de aprobación de producción), si se desea se puede aplicar en otras Core Tools.	Calidad, Producción	Checklists, registros firmados, resultados de evaluación visual y dimensional

Fases para la preproducción de autopartes.	Fases sugeridas por las Core Tools	Nombre	Documento	Prueba	Descripción	Core Tool donde se encuentra	Área(s) de la empresa involucrada(s)	Tipo de evidencia esperada	
4. Creación de prototipos		Intermedio entre fase 2 y fase 3		19. Diagrama de flujo del proceso	X	Es diagrama preliminar del flujo del proceso, pero este ya es el que se utilizara definitivamente. Representación visual secuencial de las etapas de un proceso de manufactura. Muestra operaciones, inspecciones, movimientos y almacenamiento.	Entrada clave para el AMEF de proceso (PFMEA) y el Plan de Control , dentro del APQP .	Ingeniería de Procesos, Producción	Flujo detallado con entradas, actividades y controles
				19. Layout de piso	X	Plano que muestra la distribución física del equipo, estaciones de trabajo y flujo de materiales dentro del área de producción.	Se utiliza en el APQP y puede influir en el PFMEA y Plan de Control .	Ingeniería, Producción, Seguridad	Plano de distribución de estaciones, equipos, materiales y operadores
				20. Hojas de proceso	X	Documento que detalla paso a paso las operaciones de fabricación, incluyendo parámetros, herramientas y tiempos de ciclo por estación.	En APQP , Plan de Control .	Ingeniería de Procesos, Producción	Instrucciones paso a paso del proceso, parámetros clave y estándares
				21. Planes de mantenimiento	X	Documento que describe las actividades programadas para conservar en óptimas condiciones los equipos y maquinaria crítica de producción.	Se desarrolla en el APQP .	Mantenimiento, Producción	Listado de actividades preventivas, frecuencias y responsables
				22. Análisis Ishikawa	X	Diagrama causa-efecto que permite identificar, organizar y visualizar posibles causas de un problema. Ayuda a estructurar el análisis de fallas.	Usado como herramienta de apoyo en el desarrollo de DFMEA , PFMEA y en el análisis de causas raíz.	Ingeniería, Calidad	Diagrama causa-efecto, acompañado de análisis de causa raíz
				23. Lista de características especiales del producto	X	Registro de las características que son críticas para la seguridad, cumplimiento normativo o funcionalidad del producto. Es la	Entrada para el DFMEA , el PFMEA , el Plan de	Ingeniería de Producto, Calidad	Lista validada con criterios de identificación

Fases para la preproducción de autopartes.	Fases sugeridas por las Core Tools	Nombre	Documento	Prueba	Descripción	Core Tool donde se encuentra	Área(s) de la empresa involucrada(s)	Tipo de evidencia esperada
5. Pruebas y ajustes del prototipo					versión final de la lista preliminar de características especiales del producto.	Control y el PPAP .		(CP, CTQ) y referencias
		24. Inspecciones visuales		X	Evaluaciones realizadas mediante observación directa del producto para detectar defectos superficiales, fallas estéticas o problemas de ensamblaje.	Se emplean en Plan de Control , pueden formar parte del PPAP y se vinculan a estudios dentro del SPC (para control de defectos).	Calidad, Producción	Registros de verificación visual, fotos, resultados de aceptación/rec hazo
		25. Instrucciones de trabajo	X		Son guías detalladas que indican los pasos a seguir por los operarios para realizar correctamente un proceso o ensamblaje. Incluyen imágenes, especificaciones, parámetros y medidas de seguridad.	Utilizadas como resultado del APQP y son entradas para el Plan de Control y el PPAP .	Ingeniería de Procesos, Producción, Calidad	Documentos operativos ilustrados, firmados y actualizados
		25. Evaluaciones de control de prevención y detención de errores		X	Son análisis o pruebas que verifican si existen y funcionan correctamente mecanismos de prevención de errores (poka-yoke) y detección de fallas en el proceso.	Parte importante del PFMEA y Plan de Control .	Ingeniería, Calidad	Listas de chequeo, resultados de prueba de poka-yoke, reportes de auditoría
	FASE 3 Diseño y desarrollo del	26. Documentos de cambio de ingeniería	X		Registros que documentan cualquier modificación al diseño del producto o proceso, incluyendo fecha, justificación, impacto y responsables.	Se utilizan como entradas y seguimiento dentro de APQP y PPAP .	Ingeniería, Calidad, Producción, Cliente	Formularios aprobados, trazabilidad de cambios, versiones actualizadas

Fases para la preproducción de autopartes.	Fases sugeridas por las Core Tools	Nombre	Documento	Prueba	Descripción	Core Tool donde se encuentra	Área(s) de la empresa involucrada(s)	Tipo de evidencia esperada
		27. Evidencia de capacitación del personal clave	X		Registro documentado que demuestra que el personal involucrado en las actividades clave de calidad, producción, inspección y pruebas ha sido capacitado y es competente. La norma IATF 16949 lo solicita explícitamente en cláusulas como 7.2 (Competencia) y es vital para asegurar la calidad del proceso desde etapas tempranas.	IATF 16949 , indirectamente en APQP y PPAP	Registros de asistencia, evaluaciones, certificados, temarios	Recursos Humanos, Producción, Calidad
		27. Revisión del sistema de Calidad	X		Es un informe o actividad formal en la que se evalúa el desempeño general del sistema de gestión de calidad, su efectividad y cumplimiento con los requisitos normativos y del cliente.	Es parte del sistema de calidad que da soporte a las Core Tools, especialmente en el marco del APQP y el cumplimiento de la IATF 16949 .	Dirección, Calidad, Ingeniería, Producción	Actas de revisión, listas de verificación, reportes de hallazgos y acciones correctivas
		28. Pruebas de parámetros de proceso		X	Evaluación para verificar que los parámetros de operación definidos (presión, velocidad, temperatura, etc.) están dentro de los límites especificados.	SPC, Plan de Control.	Ingeniería de Procesos, Producción	Reportes de pruebas, gráficas de parámetros, registros de condiciones operativas
		28. Pruebas de materiales		X	Ensayos físicos, químicos o mecánicos aplicados a materiales utilizados en la fabricación, para garantizar que cumplen con las especificaciones requeridas.	Considerada dentro del PPAP (como parte del cumplimiento de especificaciones) y pueden ser apoyo en el APQP .	Calidad, Ingeniería de Materiales, Compras	Reportes de laboratorio, certificados de calidad del proveedor, resultados de ensayos

Fases para la preproducción de autopartes.	Fases sugeridas por las Core Tools	Nombre	Documento	Prueba	Descripción	Core Tool donde se encuentra	Área(s) de la empresa involucrada(s)	Tipo de evidencia esperada
		6. Optimización del diseño y preparación del proceso productivo						
		28. Pruebas no destructivas		X	Evaluaciones que permiten inspeccionar componentes sin dañarlos, tales como rayos X, ultrasonido o líquidos penetrantes.	Forma parte del plan de validación del producto en APQP o PPAP .	Calidad, Producción, Ingeniería de Pruebas	Informes de inspección, imágenes o resultados, procedimientos utilizados
		29. Registros de laboratorios	X		Son reportes generados por laboratorios internos o externos que documentan los resultados de pruebas realizadas a materiales, productos o procesos, usualmente para validar conformidad.	Se utiliza como evidencia en el PPAP .	Calidad, Laboratorio, Ingeniería	Certificados de pruebas, resultados firmados, acreditaciones
		30. Certificación de laboratorios	X		Evidencia que acredita que un laboratorio cumple con estándares (como ISO 17025) para asegurar la confiabilidad de sus resultados.	PPAP (como requisito cuando se usan pruebas externas).	Calidad, Compras, Laboratorio	Documentación oficial de acreditación (ISO 17025), validez y vigencia
		31. Análisis de modo y efecto de falla del proceso (PFMEA)	X		Herramienta que identifica, evalúa y prioriza los posibles modos de falla en el proceso de manufactura, sus efectos y causas, y define acciones para prevenirlos o mitigarlos.	Una de las Core Tools clave. Es usada como entrada en el Plan de Control y soporte del PPAP .	Ingeniería de Procesos, Calidad	Documento PFMEA completo con evaluación de riesgos y acciones
		32. Graficas de control	X		Son herramientas del SPC que representan el comportamiento de un proceso a lo largo del tiempo, permitiendo identificar variaciones normales y anormales.	Forman parte esencial del SPC y también pueden incluirse en el PPAP .	Producción, Calidad	Control charts, reportes SPC, análisis de tendencias
		33. Plan de control del prelanzamiento	X		Es una versión preliminar del plan de control que se utiliza antes del inicio formal de producción. Define controles temporales y métodos de monitoreo durante las fases iniciales.	Pertenece al Plan de Control , como parte de su desarrollo.	Ingeniería, Calidad, Producción	Documento de control temporal, medidas preventivas iniciales
		34. Plan de análisis del sistema de	X		Documento que define los métodos y recursos a emplear para realizar estudios de análisis del sistema de	Parte fundamental del MSA y también	Calidad, Ingeniería, Metrología	Plan formal con equipos, métodos, y cronograma

Fases para la preproducción de autopartes.	Fases sugeridas por las Core Tools		Nombre	Documento	Prueba	Descripción	Core Tool donde se encuentra	Área(s) de la empresa involucrada(s)	Tipo de evidencia esperada
	7. Implementación y pruebas de línea	Intermedio entre fase 3 y fase 4		medición (MSA)			medición (como repetitividad y reproducibilidad).	puede incluirse en el PPAP como soporte.	
			35. Estudio de la capacidad / habilidad del proceso (SPC)		X	Análisis inicial de los datos de un proceso de producción para determinar si es estable y capaz de cumplir con las especificaciones antes del inicio formal de producción. Suele medirse con índices Cp y Cpk, especifica cómo se realizarán los estudios estadísticos, incluyendo la recolección de datos, el análisis y los métodos utilizados para determinar capacidad y estabilidad.	Actividad clave dentro del SPC y se incluye como parte del PPAP .	Calidad, Ingeniería, Producción	Resultados Cp, Cpk; reportes gráficos
FASE 4 Validación del producto y del proceso			36. Corrida de prueba de producción significativa (pruebas piloto)		X	Simulación controlada de la producción real, en condiciones representativas, para validar que los procesos, materiales y equipos cumplen los requisitos antes de la puesta en marcha formal.	Requerida como entrada del PPAP y en el APQP .	Producción, Ingeniería, Calidad	Registros de resultados, reporte de fallas, lista de acciones
			37. Plan de control por familia	X		Variante del plan de control que agrupa productos con características similares en un solo documento, optimizando el control para familias de piezas con procesos o materiales comunes.	Extensión del Plan de Control .	Calidad, Ingeniería	Documento con planes generalizados por grupo de piezas
			37. Plan de control (CP)	X		Documento que detalla los métodos de control del proceso y producto durante producción. Incluye características especiales, métodos de medición, frecuencias, límites de control, etc.	Forma general de los Plan de control prototipo y Plan de control por familia.	Calidad, Producción, Ingeniería	Documento formal de control con todas las etapas del proceso

Fases para la preproducción de autopartes.	Fases sugeridas por las Core Tools	Nombre	Documento	Prueba	Descripción	Core Tool donde se encuentra	Área(s) de la empresa involucrada(s)	Tipo de evidencia esperada
		38. Planes de muestreo	X		Documento que define la estrategia para seleccionar muestras representativas durante inspecciones, pruebas o auditorías.	MSA, SPC, Plan de Control (forma parte del diseño de control).	Calidad, Producción	Documentos que especifican cantidades y criterios de aceptación
		39. Planes de contingencia y reacción	X		Documento que define acciones específicas a tomar ante eventos inesperados que puedan interrumpir la producción, como fallas en equipos, retrasos en el suministro, o defectos graves.	APQP (como parte de la planificación de calidad), Plan de Control.	Calidad, Producción, Logística, Mantenimiento	Procedimientos documentados para escenarios de fallo
		40. Manual de plan de control	X		Guía corporativa o estándar interno que describe cómo estructurar y desarrollar los planes de control dentro de la organización. No es un plan de control en sí, sino un documento guía.	Apoya la aplicación del Plan de Control	Ingeniería, Calidad	Documento consolidado con todos los CP validados
		41. Plan de aseguramiento o del producto	X		Documento que define acciones específicas para asegurar que un producto cumpla requisitos de calidad en todas las fases, desde diseño hasta entrega. Puede incluir controles, verificaciones y planes de contingencia.	Se relaciona como soporte del APQP y del Plan de Control.	Calidad, Ingeniería, Servicio al Cliente	Documento con controles especiales y seguimiento posventa
		42. Pruebas de validación de la producción		X	Conjunto de pruebas realizadas con productos provenientes de producción real para confirmar que cumplen las especificaciones funcionales, estéticas y de seguridad antes de la puesta en marcha oficial.	Parte del PPAP (como evidencia de cumplimiento) y se menciona en el APQP.	Producción, Calidad, Ingeniería	Reportes finales, checklist de verificaciones de especificaciones
		43. Proceso de aprobación de partes para producción (PPAP)		X	Core Tool que reúne documentación y evidencias (como estudios de capacidad, MSA, DFMEA, PFMEA, etc.) para validar que el proveedor puede producir partes conforme de manera consistente.	Es una de las Core Tools (PPAP).	Ingeniería, Calidad, Cliente	Paquete documental completo (checklist, PSW, planos, etc.)
8. Validación								

Fases para la preproducción de autopartes.	Fases sugeridas por las Core Tools	Nombre	Documento	Prueba	Descripción	Core Tool donde se encuentra	Área(s) de la empresa involucrada(s)	Tipo de evidencia esperada
		44. Registros de pruebas	X		Compilación formal de resultados obtenidos durante pruebas funcionales, dimensionales, materiales o de validación. Sirven como respaldo para trazabilidad y auditorías.	Forma parte de los requisitos documentales del PPAP , y pueden ser entrada para el Plan de Control o el SPC .	Laboratorio, Calidad	Resultados de laboratorio o pruebas internas, firmados
		45. Evaluaciones de empaque		X	Pruebas para verificar que el empaque protege adecuadamente el producto durante el almacenamiento y transporte. Evalúan resistencia, facilidad de manejo, identificación, y cumplimiento con requerimientos del cliente.	Evidencia en el PPAP .	Logística, Ingeniería, Calidad	Reportes de validación, pruebas ISTA, revisiones de diseño
		46. Aprobación de ingeniería	X		Aprobación formal por parte del área de ingeniería respecto a planos, cambios, diseño o especificaciones técnicas antes de su liberación para fabricación o validación.	Requisito dentro del PPAP .	Ingeniería, Dirección, Calidad	Documentación firmada, planos validados, autorizaciones
		47. Registros de cumplimiento o de requisitos	X		Evidencias documentadas que muestran que se han cumplido todos los requisitos técnicos, normativos y contractuales acordados con el cliente.	Parte de la evidencia documental del PPAP . También se relacionan con el Plan de Control como sustento.	Calidad, Ingeniería, Cliente, Legal	Evidencias de conformidad, certificados, reportes
	FASE 5 Evaluación	48. Auditorías y verificaciones		X	Evaluaciones sistemáticas para asegurar el cumplimiento de requisitos establecidos en procesos, productos o sistemas. Incluyen inspecciones, checklists o revisiones normativas.	Apoyo al MSA , al cumplimiento o del PPAP , y al control del proceso.	Calidad, Dirección, Producción, Ingeniería	Reportes de auditoría, listas de verificación, planes de acción

Fases para la preproducción de autopartes.	Fases sugeridas por las Core Tools	Nombre	Documento	Prueba	Descripción	Core Tool donde se encuentra	Área(s) de la empresa involucrada(s)	Tipo de evidencia esperada
		49. Liberación de piezas	X		Aprobación formal que permite fabricar o entregar piezas tras verificar que cumplen requisitos de diseño, calidad y funcionalidad. Puede emitirse tras un PPAP exitoso.	Se genera al final del PPAP como resultado del Submission Warrant (PSW).	Producción, Ingeniería, Calidad, Cliente	Documentos de aprobación final, registros de conformidad, firmas de autorización

Tabla 3.1: Metodología propuesta para la preproducción en la manufactura de autopartes.

La metodología propuesta representa una guía técnica integral para llevar a cabo una implementación ordenada y completa de las Core Tools, en armonía con los requisitos de la norma IATF 16949, dentro del contexto de la industria de autopartes. Su principal aportación radica en ofrecer una visión sistemática y secuencial de los documentos y pruebas requeridas, basada tanto en los lineamientos de los manuales oficiales como en la dinámica real de la práctica industrial. Al articular las fases normativas con las etapas operativas de la preproducción, esta propuesta no solo asegura el cumplimiento regulatorio, sino que también optimiza la planificación, minimiza omisiones y favorece una gestión más eficiente de los recursos técnicos y humanos involucrados en el arranque de nuevos productos.

En conjunto, los elementos abordados en este capítulo permiten dimensionar la relevancia de una preparación estructurada previa al inicio formal de la producción. Este enfoque anticipado contribuye de manera significativa tanto al cumplimiento normativo como a la construcción de un proceso productivo más confiable, controlado y alineado con los objetivos de calidad del cliente. En definitiva, una metodología a aplicar en la industria se consolida como un recurso estratégico para fortalecer la gestión de calidad ya que permite una utilización más efectiva de las herramientas preventivas, favorece la coordinación entre áreas funcionales y reduce el margen de error en las fases iniciales del ciclo productivo. La correcta implementación de este enfoque puede traducirse en elementos tangibles como procesos más estables, una mayor capacidad de respuesta ante contingencias y mejores resultados en la calidad final del producto.

Capítulo 4. Aplicación

El desarrollo de una metodología no solo responde a la necesidad de ordenar y estructurar procesos técnicos; también representa una oportunidad para reflexionar sobre cómo decisiones aparentemente pequeñas pueden tener un impacto significativo en entornos industriales complejos, ya sea de forma positiva o negativa. En el caso de la manufactura de autopartes, donde la calidad, la precisión y la coordinación entre áreas son imprescindibles, contar con una guía clara desde la fase inicial del proyecto puede significar la diferencia entre un lanzamiento fluido y costosas rectificaciones posteriores que consumen tiempo y recursos.

Pese a los continuos avances tecnológicos y organizacionales en la industria automotriz, persiste la carencia de metodologías de planificación que combinen eficazmente el conocimiento técnico, la práctica de campo y el cumplimiento normativo. Si bien abundan múltiples herramientas y enfoques orientados a la optimización de procesos, son pocas las que ofrecen un marco integral y adaptable. Con frecuencia, estas iniciativas se fragmentan y recaen en esfuerzos individuales, lo que limita su efectividad ya que dificulta la colaboración y se termina recurriendo a procedimientos informales, provocando brechas en trazabilidad, eficiencia operativa y calidad durante la preproducción.

Diseñar una metodología tiene, por tanto, un valor estratégico. Una metodología, entendida como un conjunto sistemático y validado de procedimientos, no se limita a enumerar pasos documentados, sino que busca facilitar la toma de decisiones, impulsar la mejora continua y asegurar resultados fiables. En la práctica industrial, su adopción acelera la puesta en marcha, optimiza recursos y minimiza errores desde el origen del proyecto, estableciendo estándares que guían al equipo técnico y de gestión hacia una ejecución ordenada y trazable.

En la práctica, la elección de una metodología adecuada depende del tipo de proyecto, de las condiciones del entorno y de los objetivos específicos; por ende, no existe una única metodología ideal, sino aquellas que se adapten mejor al contexto y que permitan obtener resultados confiables sin generar ineficiencias. En este sentido, metodologías como Lean Manufacturing o el ciclo PDCA han demostrado su utilidad al enfocarse en los objetivos de la calidad, por lo que la mayoría de las empresas las adaptan a su forma de trabajo, para cumplir con estos aspectos especialmente valiosos en entornos productivos donde el margen de error debe ser mínimo. Hoy en día, existen distintas metodologías que se aplican en la gestión de proyectos, cada una con características particulares que las hacen más o menos adecuadas según el contexto, van desde enfoques tradicionales como el Project Management Professional (PMP) o Prince2, hasta metodologías ágiles como Kanban o Extreme Programming [37], todas adaptables a las necesidades de cada organización y que no solo mejoran los indicadores de desempeño, sino que también fortalecen la cultura de prevención.

En el campo de la ingeniería, destaca la aplicación de metodologías para resolver problemas específicos, ya que, si hay algo en lo que la ingeniería es excelente es en la investigación y

estudio de métodos para solucionar problemas. Además, se enseña la importancia de prestar atención a los métodos científicos, ya que son indispensables para llegar al resultado final esperado, y en donde cualquier discrepancia en los resultados obtenidos es debido a desviaciones de las reglas y tienen que ser atendidos inmediatamente para combatirlas; contar con un modelo pertinente es esencial para cumplir objetivos con eficiencia y calidad.

La gestión de proyectos y la planificación meticulosa son aliadas decisivas para alcanzar la calidad. Al estructurar cada fase —desde la definición de conceptos hasta la validación final— se reduce la variabilidad, se previenen errores y se optimizan recursos. Además, contar con plantillas, cronogramas y métricas claras facilita la coordinación de equipos multidisciplinarios, potencia la productividad y minimiza riesgos, permitiendo que las pequeñas decisiones en etapas tempranas tengan un gran impacto al final del ciclo productivo. Por lo que, al fusionar estos conceptos en este trabajo, se espera contribuir de manera relevante a la forma de trabajo ya instaurada en la industria, generando un impacto positivo en las líneas de producción [38] .

Este último capítulo retoma dicha propuesta y analiza su aplicación potencial dentro de un entorno industrial típico, destacando cómo la integración oportuna de documentos, pruebas y áreas responsables puede mejorar significativamente los procesos de arranque.

Lejos de pretender ofrecer una solución definitiva, esta propuesta metodológica busca aportar una herramienta útil, adaptable y realista que cierre las brechas existentes entre la teoría normativa y la ejecución práctica. A través de una mirada crítica y constructiva, se reflexiona sobre el valor de anticiparse a los errores, trabajar con orden desde el inicio y valorar que, detrás de cada proceso bien ejecutado, hay personas, decisiones informadas y un trabajo preventivo que merece ser reconocido.

Este panorama fue uno de los principales motivos que impulsaron la elaboración de la metodología. No se trata solo de alinear las Core Tools con los requisitos de la norma, sino de proponer un flujo de trabajo jerarquizado que, partiendo del conocimiento de campo y de las dinámicas reales en planta, estructure una ruta clara para la planeación técnica en la etapa de preproducción. Aunque es conceptual, su enfoque concreto aborda la falta de esquemas ordenados que integren el amplio concepto de calidad, facilitando así el arranque de nuevos productos con un enfoque preventivo, transversal y documentado.

La calidad en la industria de autopartes es la base sobre la que descansa la seguridad y la fiabilidad de todo vehículo automotor. Cada componente, desde una simple arandela hasta el chasis completo, debe cumplir especificaciones rigurosas para garantizar un desempeño seguro de sus productos para sus usuarios en las calles, debido a que, si un solo fallo por más mínimo que sea se presenta, puede desencadenar desde costosas retiradas de producto hasta graves riesgos que ponen en peligro la vida del usuario, por lo que mantener altos estándares de calidad se convierte en un aspecto obligatorio vital [39].

Además de proteger a los usuarios, la calidad impulsa la competitividad y la reputación de los fabricantes, como se estipuló previamente en un mercado global saturado y exigente, diferenciarse mediante productos confiables y duraderos fortalece la lealtad del cliente y abre

puertas a nuevos contratos, especialmente cuando se operan cadenas de suministro complejas y multinivel. La certificación bajo normas como la IATF 16949 es, en este sentido, una carta de presentación que valida el compromiso de la empresa con la excelencia.

Asimismo, un enfoque sistemático de calidad resulta en beneficios operativos tangibles: menos retrabajos, menores costos de garantía y tiempos de ciclo optimizados. La organización de tareas, la asignación transparente de responsabilidades y la comunicación fluida evitan duplicidades y retrasos. Al incorporar prácticas de mejora continua y lecciones aprendidas, las empresas logran no solo mantener sino elevar sus estándares, generando un retorno de inversión medible y fortaleciendo su posición en el mercado.

La calidad es un proceso cultural que debe permear todos los niveles de la organización. Fomentar la participación de ingenieros, operarios, logística y dirección en un objetivo común el cual es obtener un producto sin defectos creando un clima laboral orientado hacia la excelencia. De modo, que la industria de autopartes no solo cumple con las expectativas del cliente y las normativas vigentes, sino que construye un camino sólido hacia la innovación sostenible y la competitividad global.

Particularmente en el entorno automotriz, donde las exigencias de calidad y de cumplimiento normativo son elevadas, una metodología adecuada puede representar la diferencia entre una ejecución eficiente y una operación sujeta a constantes correcciones. Desde esta perspectiva, a metodología que aquí se propone no busca imponer un modelo rígido, sino ofrecer una base flexible y aplicable que permita al personal técnico y de gestión, visualizar con mayor claridad qué documentos y pruebas se necesitan en un proceso, así como el establecimiento de una secuencia lógica de actividades alineadas a los principios de la norma IATF 16949. Facilitando la organización del trabajo de manera que se visualicen con claridad estos elementos que deben considerarse antes de iniciar formalmente un proceso productivo. En este sentido, metodologías bien diseñadas no solo guían el trabajo cotidiano, sino que también se convierten en vehículos para transferir conocimiento, asegurar la repetibilidad de buenas prácticas y fortalecer la cultura de calidad dentro de las organizaciones [40].

Proyecto en el que se aplicó la metodología

Para ilustrar la viabilidad de la metodología propuesta, se llevó a cabo una implementación inicial en un entorno real: Toledo Maquinados, un taller de autopartes ubicado en Saltillo, Coahuila. En colaboración con un equipo de trabajo, se permitió a la autora aplicar la propuesta metodológica con el objetivo de mejorar la calidad de los procesos internos e impulsar la implementación de un enfoque de mejora continua.

Aunque su escala es modesta y carece de líneas continuas de producción, este taller enfrenta retos similares a los de cualquier planta industrial: cada nuevo proyecto demanda organización, control de calidad y coordinación multidisciplinaria para evitar retrabajos y costos inesperados.

DetECCIÓN DE LA BRECHA

El diagnóstico inicial reveló que la ausencia de un programa documentado de mantenimiento estaba provocando paradas imprevistas de maquinaria y generando costos correctivos elevados. A partir de esta necesidad, el equipo adoptó el AMEF de proceso (PFMEA) como herramienta central de mejora, conforme a las recomendaciones metodológicas desarrolladas por la autora.

Con base en la identificación de fallas, se documentó un AMEF de proceso general (ver en el capítulo de anexos), diseñado para ser replicado en futuros proyectos. Dado su carácter genérico, se omitieron elementos específicos como diseños de piezas o listas de materiales, enfocándose en definir modos de falla, efectos y controles preventivos. Este enfoque se alineó con la propuesta metodológica, la cual indica los documentos requeridos para implementar correctamente las Core Tools y asegura la trazabilidad de cada paso.

A partir de los resultados del análisis, se propusieron acciones de mantenimiento autónomo y preventivo, conforme a la norma IATF 16949. Se instauraron formatos de capacitación para el personal y se organizó el almacén de herramientas y refacciones, generando mejoras tangibles en la trazabilidad de las actividades, reducción de fallas y mayor claridad en el flujo de trabajo.

Este caso práctico demuestra que incluso en microempresas, la adopción rigurosa de las Core Tools y la secuencia de documentos y pruebas definida en la metodología puede transformar procesos aparentemente sencillos.

Fase 1 – Planeación y definición del programa

Con ayuda de la metodología propuesta la cual fue proporcionada al equipo, se emplearon las entradas de la metodología para estructurar el PFMEA, aclarando que solo se generaría una Core Tool que forma parte del listado de la metodología propuesta, por lo que se realizó:

Análisis FODA: Se identificaron las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas.

	POSITIVO	NEGATIVO
	FORTALEZAS	DEBILIDADES
INTERNO	<ul style="list-style-type: none"> Infraestructura existente. Tiempo de respuesta eficiente. Baja rotación de personal. Relaciones estables con proveedores. Capacidad de diseño y fabricación. 	<ul style="list-style-type: none"> Falta de herramientas modernas. Ausencia de un sistema de inventario en almacén. Falta de un layout establecido. Carencia de documentación para procesos clave. Variabilidad en los tiempos de producción. Deficiencias en el control de calidad. Altos costos por desperdicio de material.
	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
EXTERNO	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de manufactura esbelta. Mejora en la planificación de producción. Compra y venta de maquinaria. Implementación de nuevas herramientas. Capacitación en mantenimiento autónomo. Apoyo de certificaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> Exigencias de la industria automotriz (Norma IATF 16949). Falta de clientes. Altos costos de envío. Competencia del mercado (sobre todo con talleres certificados). Variación en costos de insumos. Riesgo de penalizaciones y rechazos.

Tabla 4.1: Análisis FODA de Toledo Maquinados.

Las siguientes ilustraciones y tablas muestran los documentos generados durante las fases a manera de evidencia para comprender mejor su aplicación.

Diagrama SIPOC: utilizado para mapear proveedores, entradas, procesos (mecanizado y servicios asociados), salidas y clientes (OEM), como se muestra en la tabla 4.2.

Diagrama SIPOC				
S	I	P	O	C
PROVEEDORES	ENTRADAS	PROCESOS	SALIDAS	CLIENTES
Proveedores de materia prima (acero, aluminio, bronce, plásticos de ingeniería, etc.). Proveedores de herramientas y equipos de corte, abrasivos y consumibles. Empresas de tratamiento térmico y nitrurado. Empresas de software CAD/CAM y equipos de medición. Empresas de logística para distribución y envíos. Instituciones de certificación en calidad (IATF 16949, ISO 9001).	Materias primas y componentes mecánicos. Herramientas de corte y sujeción. Programas CAD/CAM y software de simulación. Mano de obra especializada (operadores, soldadores, técnicos de mantenimiento, ingenieros de calidad). Documentación técnica y planos de fabricación. Insumos de mantenimiento.	1 Recepción de materia prima (Sin sistema de inventario, lo que genera descontrol y sobras). 2 Planificación y asignación de trabajos (Limitada por falta de estandarización). 3 Maquinado en torno y fresadora (Herramientas no siempre en óptimas condiciones). 4 Soldadura y rectificado (Procesos secundarios con baja estandarización). 5 Ensamble de dispositivos o productos terminados (Falta de trazabilidad del producto). 6 Tratamiento térmico externo (No se cuenta con trazabilidad ni control de calidad). 7 Inspección final (Falta de estandarización de criterios de calidad). 8 Embalaje y envío (Altos costos por envíos individuales sin planificación logística).	Componentes mecanizados con requerimientos específicos. Piezas soldadas y rectificadas listas para ensamblar. Dispositivos y productos terminados con bajo control de calidad. Componentes con modificaciones no registradas y mecanizado de piezas mejoradas. Asesoría técnica y modificaciones para cliente.	Empresas de la industria automotriz que requieren piezas mecanizadas. Empresas del sector metalmeccánico y manufacturero. Talleres de mantenimiento y reparación industrial. Fabricantes de maquinaria y dispositivos especiales. Empresas de automatización industrial.

Tabla 4.2: Diagrama SIPOC de Toledo Maquinados.

Diagrama de flujo de alto nivel: que definió las etapas clave del proceso: recepción de plano → preparación de herramienta → mecanizado → inspección inicial → entrega (ver ilustración 4.1).

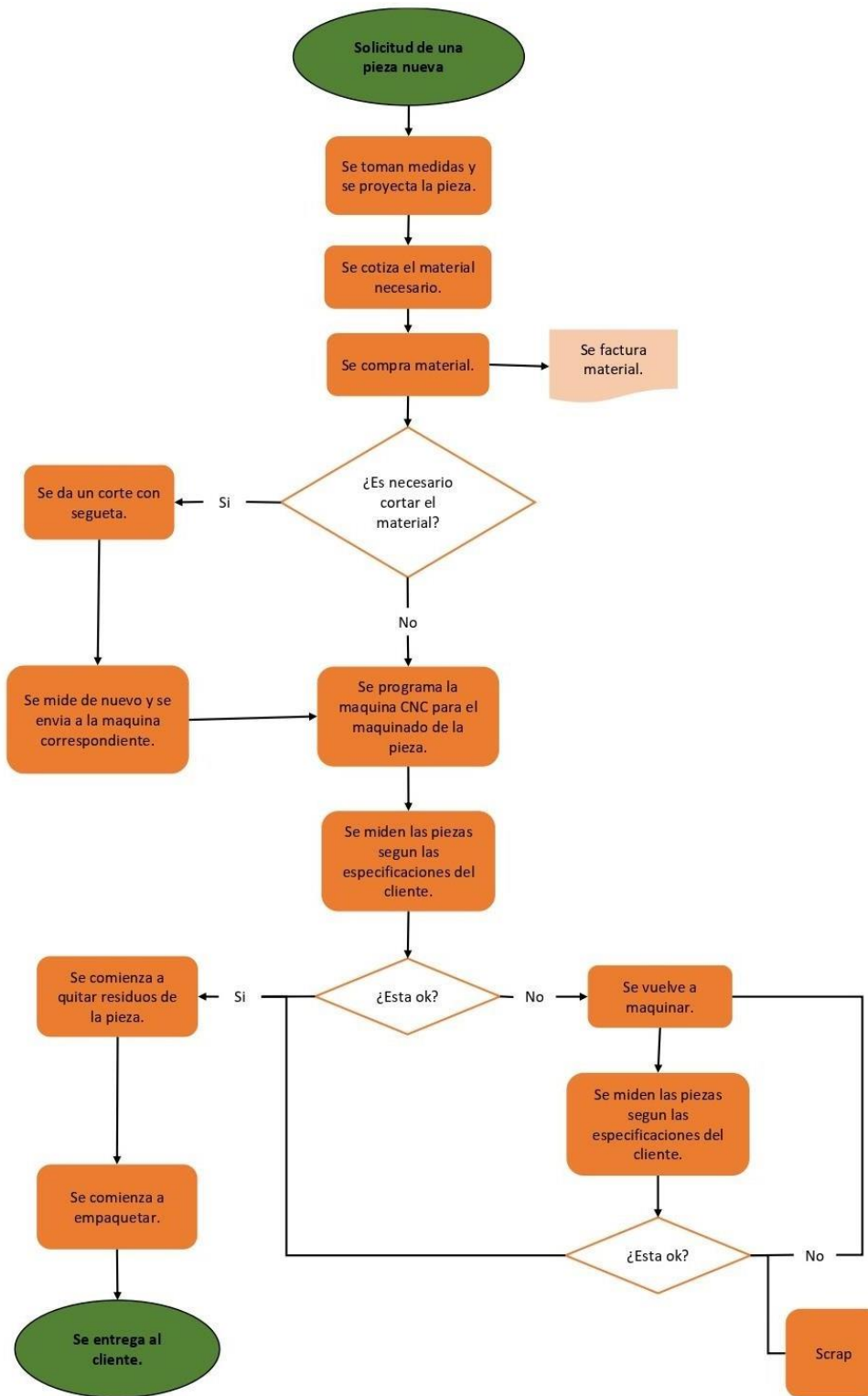


Ilustración 4.1: Diagrama de flujo de alto nivel Análisis de Toledo Maquinados.

Estos análisis sirvieron de base para planear un programa de 5S en almacén y definir las primeras secciones del PFMEA.

Fase 2 – Diseño y desarrollo del proceso

En esta fase se generó documentación genérica sin enfocarse en una pieza específica:

Diagrama de árbol del proceso: (ver ilustración 4.2) ayudó a identificar la secuencia jerárquica de actividades dentro del taller.

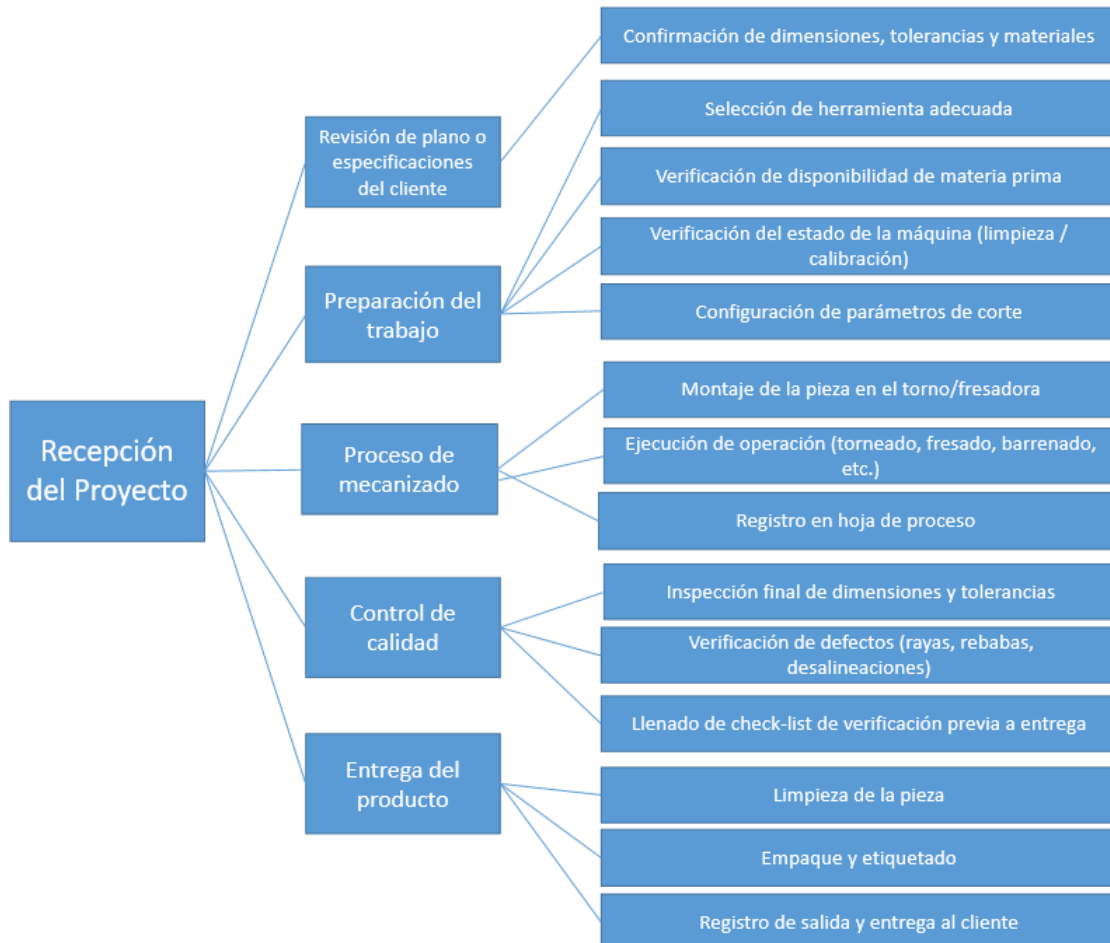


Ilustración 4.2: Diagrama de árbol del proceso.

Análisis Ishikawa: Se elaboró un con base en las 5 M's (Máquina, Mano de obra, Material, Método y Medio ambiente) para identificar las causas raíz de los paros y desperdicios, el cual se puede apreciar en la ilustración 4.3.

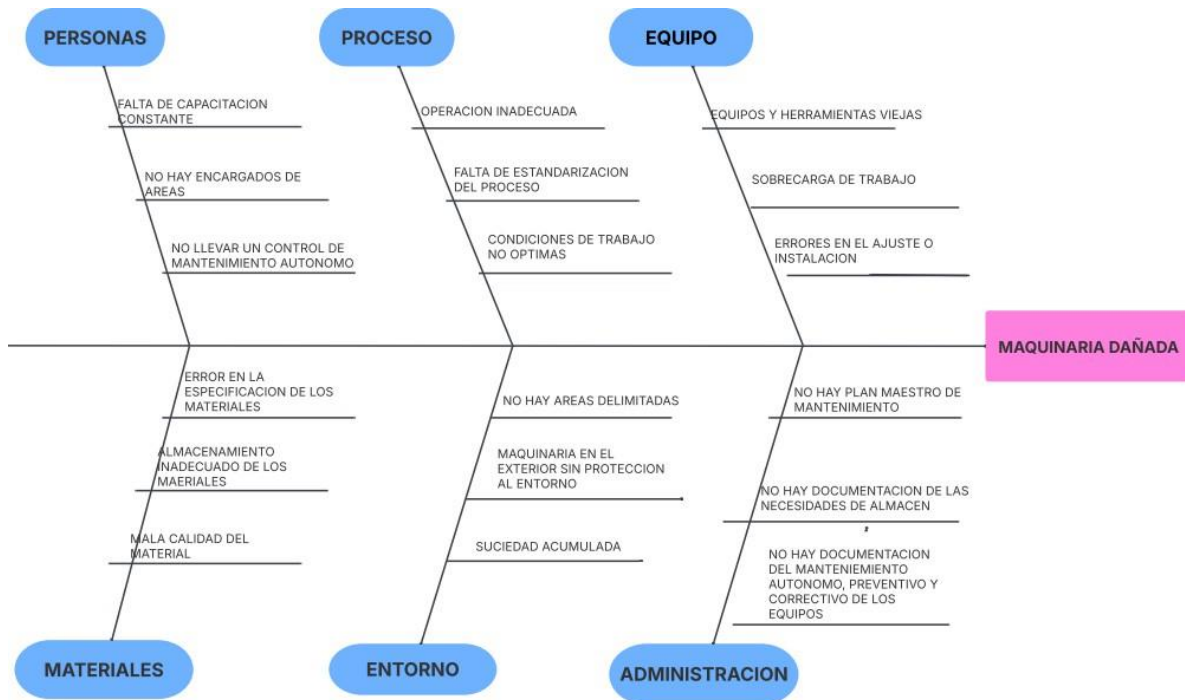
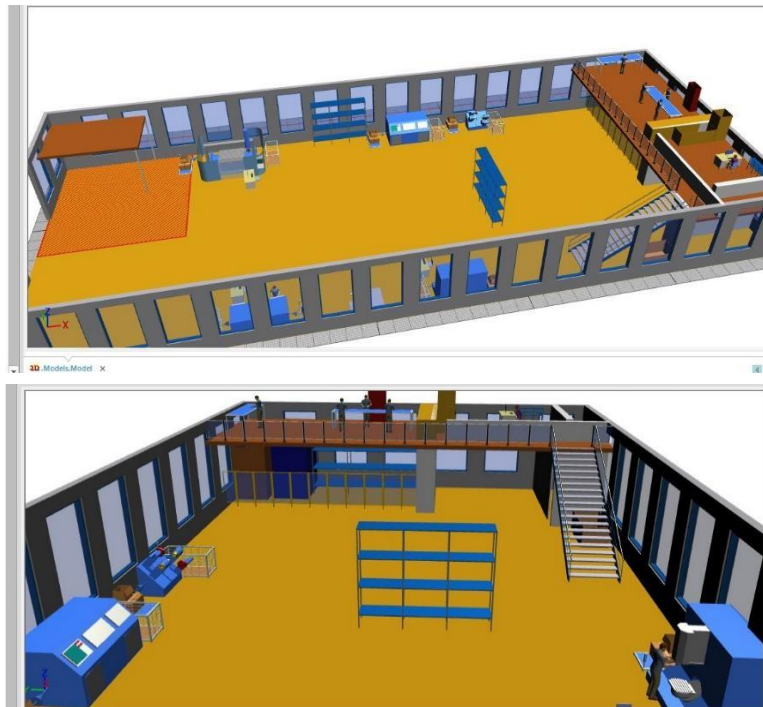


Ilustración 4.3: Análisis Ishikawa Análisis FODA de Toledo Maquinados.

Layout preliminar de taller: Se diseñó un layout preliminar del taller como se muestra en la ilustración 4.4, optimizando la ubicación de máquinas, estanterías y puntos de inspección.



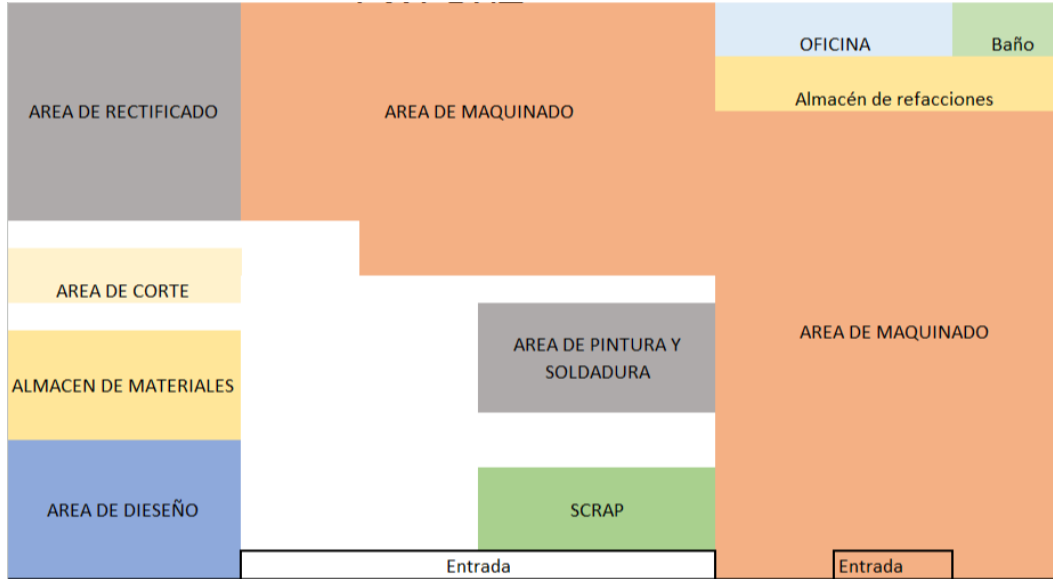


Ilustración 4.4: Layout preliminar de taller.

Listas preliminares de características críticas y consumibles: Se enlistaron características críticas de los procesos y consumibles utilizados, los cuales se integraron como entradas en el PFMEA.

Carcterística crítica	Materiales/consumibles
Tolerancias dimensionales	Lubricante de corte
Rugosidad superficial	Piedra de afilar; liquido refrigerante
Paralelismo/ perpendicularidad	Insertos de corte
Control de rebabas	Material abrasivo
Entrega del Producto	

Tabla 4.3: Listas preliminares de características críticas del taller.

Fase 3 – Diseño del proceso (creación del AMEF)

Con los insumos anteriores se completó el PFMEA genérico, definiendo:

- Modos de falla y efectos.

- Controles preventivos, conforme a la IATF 16949.
- Formatos asociados:
Check-list de inspección previa.
Planilla de capacitaciones en mantenimiento autónomo.

Aunque la implementación plena del PFMEA quedó pendiente, estos documentos establecen un marco replicable para futuros proyectos.

Tras validar los prototipos, el equipo de trabajo elaboro con esta información el núcleo de este proyecto el formato de PFMEA además de elaborarse, documentaciones extra como el check-list de inspección previa a cada operación y la instauración de un formato de capacitaciones para el personal, orientado al mantenimiento autónomo de las máquinas y al correcto uso de estas para combatir con los problemas que se presentaron en un principio.

En el formato de PFMEA encontramos secciones clave que incluyen:

Análisis de la Estructura (Paso 2)			Análisis de la Función (Paso 3)			Análisis de la Falla (Paso 4)			Análisis del Riesgo (Paso 5)				
1. Elemento del Proceso	2. Paso del Proceso	3. Elemento de trabajo de proceso	1. Función del Elemento del Proceso	2. Función del Paso del Proceso y características del producto	3. Función del Elemento de trabajo de proceso y características del proceso	1. Efectos de la Falla (FE)	Severidad (S)	2. Modo de Falla del paso del proceso (FM)	3. Causa de la Falla del Elemento de trabajo (FC)	Control de prevención Actual (PC) de FC	Severidad (D) de FC	Control de Detección Actual (DC) de FC o FM	Severidad (D) de FC/FM

Tabla 4.4: Secciones del formato FMEA.

Quedando la propuesta de la siguiente manera:

Análisis de la Estructura (Paso 2)			Análisis de la Función (Paso 3)			Análisis de la Falla (Paso 4)			
1. Elemento del Proceso	2. Paso del Proceso	3. Elemento de trabajo de proceso	1. Función del Elemento del Proceso	2. Función del Paso del Proceso y características del producto	3. Función del Elemento de trabajo de proceso y características del proceso	1. Efectos de la Falla (FE)	Severidad (S)	2. Modo de Falla del paso del proceso (FM)	3. Causa de la Falla del Elemento de trabajo (FC)
OP 04 Proceso de corte (moldeado)	Máquina Material Método Mano de obra	Tipos de 4 M's	En mi planta: Asegurar el corte conforme a las especificaciones de diseño, con tolerancias y superficies limpias. En la planta a embarcar: Garantizar piezas con dimensiones precisas y sin rebabas para el siguiente proceso. Con el cliente final: Asegurar piezas con corte preciso y limpio, cumpliendo las especificaciones para un rendimiento adecuado.	Función: Realizar el corte del material según las especificaciones del diseño. Características: 1. Dimensiones de la pieza conforme a tolerancia (+/- 0.05mm). 2. Superficie de corte uniforme y libre de rebabas.	Máquina Función: Ejecutar el corte del material con precisión y estabilidad. Característica: Profundidad de corte xxx. Material Función: Garantizar la integridad del material durante el corte para obtener un acabado adecuado. Característica: Superficie de corte uniforme y libre de rebabas. Método Función: Establecer los parámetros operativos para garantizar la precisión del corte. Característica: Dimensiones de la pieza conforme a tolerancia (+/- 0.05 mm). Mano de obra Función: Supervisar el proceso de corte y verificar la calidad de la operación. Característica: Certificación del operador en ejecución y control del proceso CNC.	En mi planta: Realización de una pieza nueva En la planta a embarcar: Rechazo de pieza Con el cliente final: No cumple con las especificaciones del producto	6	Dimensiones de la pieza fuera de tolerancia (por debajo 0.05mm).	Máquina: Descalibración de máquina Mano de obra: operador manipula de manera inadecuada la máquina por falta de capacitación
			En mi planta: Retrabajo En la planta a embarcar: Retrabajo Con el cliente final: No cumple con las especificaciones del producto	3	Dimensiones de la pieza fuera de tolerancia (por arriba de 0.05mm).	Máquina: Descalibración de máquina Mano de obra: operador manipula de manera inadecuada la máquina por falta de capacitación			
			En mi planta: Retrabajo En la planta a embarcar: Retrabajo Con el cliente final: No cumple con las especificaciones del producto	3	Superficie de corte irregular con presencia de rebabas.	Material: presenta dureza inhomogénea, impurezas, defectos internos o desgaste natural. Método: Selección inadecuada de los parámetros de corte (como velocidad, avance o profundidad)			
						En mi planta: Retrabajo / Realización de una pieza nueva En la planta a embarcar: Retrabajo / Rechazo de pieza	8	Uso de herramienta de corte incorrecta	Método: Instrucción de trabajo no actualizada que no especifica correctamente el tipo de herramienta xxx. Mano de obra: Selección incorrecta de herramienta

Tabla 4.5: Parte de la implementación del PFMEA de proceso.

Nota: Para lograr visualizar la tabla del formato puede consultarse el capítulo de en Anexos en el cual se ilustra el formato final implementado en Toledo Maquinados, el cual fue compartido con el equipo de trabajo.

Aunque se planificaron documentos como el PFMEA completo, estas actividades quedaron pendientes para futuras interacciones, ante la novedad del proyecto y la limitada ventana de aplicación que se presentaba en ese momento.

Resultados preliminares y conclusiones de la aplicación

Durante estos primeros meses de ejecución se documentaron los siguientes resultados:

- Reducción del 92 % en costos de mantenimiento correctivo, pasando de \$160,000 USD a \$12,750 USD.
- Disminución del 20 % en paros no programados, atribuido a las inspecciones y capacitaciones de mantenimiento básico.

Estos indicadores evidencian que medidas organizativas simples —como listas de verificación y formatos de capacitación— ya generan mejoras significativas en trazabilidad y reducción de fallas.

De este modo, Toledo Maquinados compartió que, gracias al trabajo de implementación y, en particular, al uso de la tabla metodológica de documentación y pruebas propuesta por la autora, fue posible establecer una guía clara y replicable para nuevos proyectos.

Si bien la implementación completa de la metodología propuesta implicaría una mayor inversión de tiempo, recursos y, en algunos casos, la adecuación de líneas nuevas o incluso el diseño de una planta que la adopte desde su origen, los resultados obtenidos en su aplicación parcial permiten vislumbrar su alto potencial. La experiencia demuestra que incluso con la aplicación de una sola herramienta —en este caso, el AMEF de proceso— demostró que es posible lograr una ejecución ordenada, cumplir con los requisitos de calidad y técnicos, además del apego a los tiempos y una reducción tangible de costos. Esta experiencia validó no solo la utilidad del enfoque, sino también su adaptabilidad a entornos reales, al evidenciar mejoras en la organización del trabajo, la toma de decisiones y la previsión de fallas mediante una documentación estructurada y un trabajo preventivo colaborativo.

Considerando que estos resultados se obtuvieron en un entorno de pequeña escala, su aplicación en una empresa Tier 1 podría generar impactos aún más significativos. Tomando como ejemplo esta aplicación, y si se logra una implementación completa de la metodología, se podría fortalecer el control de riesgos desde etapas tempranas, disminuir significativamente los modos de falla mediante el uso eficaz del PFMEA, reducir tiempos muertos por paros de línea y elevar la confiabilidad de los procesos productivos. Esto no solo permitiría cumplir con los principios clave de la norma IATF 16949 —como la mitigación de riesgos y la mejora continua—, sino que también abriría la puerta a una cultura organizacional más sólida, centrada en la prevención, la estandarización y la eficiencia sostenible. En este sentido, la metodología propuesta no debe entenderse como una

herramienta limitada a ciertos contextos, sino como una base flexible y replicable capaz de escalar a niveles industriales mayores, contribuyendo al fortalecimiento integral de la calidad en la industria de autopartes.

Capítulo 5. Conclusiones

Desde el inicio de esta investigación, el propósito fue claro: desarrollar una metodología que permitiera estructurar de manera eficiente las fases iniciales del montaje de una línea de producción en la industria manufacturera de autopartes, con el fin de optimizar tiempos, recursos y resultados en términos de calidad. Esta meta se abordó bajo los lineamientos de la norma IATF 16949, reconocida internacionalmente por su enfoque en la mejora continua y la prevención de errores en la cadena de suministro automotriz.

A lo largo del trabajo se construyó una propuesta, tanto en sus fundamentos teóricos como en su aplicabilidad práctica, integrando los requisitos normativos con las necesidades operativas reales que enfrentan las empresas, particularmente aquellas que, a pesar de su tamaño, están comprometidas con la entrega de productos confiables y competitivos. Esta metodología no pretende ser una guía rígida, sino una herramienta flexible, que puede adaptarse a diversos entornos industriales en función de sus capacidades y objetivos.

Durante el desarrollo del proyecto, la propuesta metodológica fue evolucionando conforme se profundizaba en los procesos, herramientas y documentos que verdaderamente aportan valor a la cadena de suministro. Se descartaron elementos que inicialmente parecían indispensables y, en su lugar, se integraron otros más pertinentes, basados en la comprensión profunda de la norma. Este ajuste progresivo permitió adaptar el enfoque a las condiciones reales de operación de una microempresa del sector automotriz, sin perder de vista los principios clave: calidad, prevención y estandarización.

Uno de los principales logros de este trabajo ha sido vincular con éxito los requisitos de la norma IATF 16949 con el uso estratégico de las Core Tools, ofreciendo una perspectiva operativa realista aplicable a proyectos de distinta envergadura. A menudo, las metodologías se limitan a escenarios idealizados o a fases avanzadas de producción, dejando de lado el impacto que una planificación estructurada puede tener desde las primeras etapas. Esta propuesta busca subsanar esa brecha, promoviendo una lógica preventiva en la que cada área de la empresa comprenda su rol y las evidencias necesarias para avanzar de forma coordinada.

En cuanto al cumplimiento de los objetivos planteados, se alcanzaron de manera satisfactoria. Se logró una comprensión integral de los lineamientos normativos mediante el análisis de las cláusulas que estructuran los sistemas de gestión de calidad, lo cual permitió jerarquizar la información técnica y traducirla en una guía de implementación práctica. En el capítulo 3 se detalla cómo esta comprensión se tradujo en una forma de trabajo aplicable, articulando las Core Tools de manera sistemática y funcional.

Asimismo, se avanzó en la estandarización de la documentación clave, alineándola a los principios de la mejora continua y la gestión de riesgos. Esta estandarización se convierte en un soporte esencial para la toma de decisiones, permitiendo que las empresas respondan

ágilmente a los cambios del mercado y a las exigencias normativas. En un entorno industrial que avanza a pasos acelerados, el establecer procesos bien definidos representa no solo una ventaja competitiva, sino una necesidad estratégica para garantizar la sostenibilidad del negocio.

A lo largo de esta investigación también se organizaron pruebas esenciales para validar el funcionamiento de las líneas de producción, transformando acciones dispersas en tareas concretas y eficientes, eliminando desperdicios y costos innecesarios. Se delinearón funciones claras para cada área involucrada, reconociendo que incluso las tareas más pequeñas contribuyen al buen funcionamiento del sistema global. Esta visión integral del trabajo en equipo es crucial para fomentar una cultura organizacional sólida, basada en una responsabilidad compartida.

El resultado más significativo fue la elaboración del manual metodológico propuesto, que constituye el eje central del presente trabajo. Este manual no solo sistematiza las fases de preproducción, sino que ha sido validado en un entorno real, permitiendo observar cómo incluso en una microempresa es posible implementar prácticas de calidad robustas. Esta validación a pequeña escala demuestra que acciones modestas, bien fundamentadas, pueden generar un impacto considerable en la eficiencia y organización de las empresas.

También se permitió evidenciar que la implementación de metodologías preventivas, acompañadas de documentación oportuna y coordinación interdepartamental, facilita una producción más acertada, sin desperdicio de recursos ni tiempo. Con el uso de bases de datos derivados de buenas prácticas documentadas, se sientan las bases para facilitar futuros procesos de planeación y ejecución. Así, esta propuesta metodológica, aunque inicialmente no pueda aplicarse en toda su extensión, puede implementarse gradualmente hasta convertirse en un estándar dentro de la organización, adaptable incluso a los formatos específicos de cada empresa.

En un contexto más amplio, es fundamental subrayar la importancia que tiene la calidad en el éxito y permanencia de las empresas, particularmente en industrias tan exigentes como la automotriz. La calidad no debe concebirse como una meta aislada, sino como un compromiso continuo que se manifiesta en todos los niveles del proceso productivo. Seguir lineamientos establecidos por normas reconocidas internacionalmente no solo garantiza el cumplimiento de requisitos legales y contractuales, sino que promueve una cultura de mejora continua, innovación y responsabilidad. Los principios tratados en las normas, como el enfoque al cliente, el liderazgo, la gestión de riesgos, la planificación estratégica, la competencia del personal, el control de los procesos y la evaluación del desempeño, son elementos esenciales para construir organizaciones resilientes, capaces de anticipar problemas y responder eficazmente ante los retos del entorno global.

Además de los logros técnicos, este proyecto significó un importante crecimiento personal y profesional. La implementación de esta metodología en una microempresa real me permitió comprender de manera profunda los desafíos que enfrentan las organizaciones al aplicar estándares de calidad. Paralelamente, la realización de un diplomado especializado en la norma IATF 16949 me brindó herramientas valiosas, consolidando mis competencias como

auditora interna de calidad. Esta formación no solo fortaleció mis habilidades analíticas y técnicas, sino que también me permitió desarrollarme como persona, adquirir una visión más estratégica del funcionamiento empresarial y reafirmar mi compromiso con la excelencia profesional.

De cara al futuro, considero que esta propuesta puede contribuir significativamente a la evolución de la industria automotriz, especialmente en un contexto de transformación digital, automatización y creciente presión regulatoria. Las soluciones que ofrece la Industria 4.0, como la integración de sensores inteligentes, análisis de datos en tiempo real y trazabilidad digital, requieren como base una estructura metodológica sólida y confiable. En este sentido, disponer de herramientas claras, documentadas y adaptables permitirá a las empresas no solo cumplir con estándares internacionales, sino también innovar con seguridad y construir ventajas competitivas sostenibles.

En conclusión, esta tesis representa un esfuerzo por unir teoría y práctica en un sector donde los errores en fases tempranas pueden traducirse en pérdidas significativas. Más allá del aporte técnico, se ofrece una reflexión sobre la importancia de planear con visión, documentar con rigurosidad y trabajar con enfoque colaborativo. Considero que este trabajo no solo responde a una necesidad actual del sector automotriz mexicano, sino que también abre la puerta a futuras mejoras y adaptaciones que sigan fortaleciendo la calidad, eficiencia e innovación dentro de esta industria clave para el país. Esta experiencia, sin duda, ha sido un pilar para mi formación profesional, y deja un precedente útil para aquellas empresas que buscan crecer desde la estructura, la calidad y el compromiso.

Capítulo 6. Glosario

Línea de producción:

Sistema organizado de estaciones de trabajo donde se realizan tareas secuenciales para transformar materias primas en productos terminados. Es un proceso continuo que se utiliza en la fabricación para optimizar la producción de bienes.

Lean Manufacturing:

Filosofía de gestión que busca optimizar los procesos de producción para eliminar desperdicios, mejorar la eficiencia y aumentar el valor para el cliente. Se centra en la mejora continua y en la entrega de productos o servicios de alta calidad en el momento justo y en la cantidad necesaria.

Just-in-time:

Método de gestión de inventario y producción que busca optimizar la eficiencia y reducir costos al producir o recibir materiales justo cuando son necesarios, fabricando de tal manera, solo lo necesario en el momento requerido para la entrega al cliente minimizando así los inventarios y los costos asociados. También es conocido como "justo a tiempo" (JIT).

Tiempos ciclo:

Tiempo total que toma completar un proceso desde su inicio hasta su finalización. En la fabricación, se mide el tiempo que toma producir una sola unidad, desde que se inicia la producción hasta que se completa y se puede repetir el proceso, lo que significa que un producto pasa por una etapa de su producción.

Celdas de producción:

Conjunto de sistemas organizados de producción en los que se agrupan máquinas, herramientas y operarios para realizar una secuencia específica de operaciones en la fabricación de componentes o productos de manera eficiente. Su diseño se basa en la integración de procesos complementarios dentro de un espacio delimitado, optimizando el flujo de trabajo y reduciendo tiempos de traslado y espera.

Clúster industrial:

Concentraciones geográficas de empresas e instituciones relacionadas entre sí (proveedores, fabricantes, universidades, centros de investigación, etc.) que colaboran estratégicamente y compiten, dentro de una región geográfica para fortalecer una cadena productiva, fomentando y mejorando la competitividad y productividad.

Hub manufacturero:

Término usado para describir a una región o país que funge como un centro estratégico de producción industrial a gran escala, con alto nivel de especialización, eficiencia y conectividad para abastecer mercados globales.

KPMG:

Es una red global de firmas de servicios profesionales que ofrece servicios de auditoría, de asesoramiento legal y fiscal, y de asesoramiento financiero y de negocio en 156 países, siendo una de las cuatro firmas más importantes del mundo de servicios profesionales.

Nearshoring:

Tendencia empresarial que implica trasladar operaciones o procesos, de la producción o servicios de un negocio a países geográficamente cercanos en lugar de ubicaciones más distantes, con el objetivo de reducir tiempos de entrega, riesgos logísticos y costos de operación.

Contenido regional:

Porcentaje mínimo de componentes fabricados dentro de una región específica (como el T-MEC) requerido para que un producto se considere originario de dicha región y pueda gozar de beneficios arancelarios en acuerdos comerciales.

Metodología:

Es la disciplina que estudia el conjunto de técnicas o métodos que se usan en las investigaciones científicas para alcanzar los objetivos planteados. Un conjunto estructurado de procedimientos, técnicas y herramientas diseñadas para lograr un objetivo específico de forma sistemática y repetible.

Core Tools:

Conjunto de herramientas de calidad desarrolladas por la AIAG y requeridas por la norma IATF 16949, utilizadas para planificar, controlar y mejorar la calidad en el desarrollo de productos y procesos en la industria automotriz. Incluyen APQP, PPAP, FMEA, MSA, SPC y Plan de Control.

IATF 16949:

Es una norma de gestión de calidad específica para la industria automotriz, basada en la ISO 9001 pero con requisitos adicionales y específicos para este sector. Asegura la calidad de los productos y procesos, promoviendo la mejora continua y la prevención de defectos.

Layout:

Distribución física planificada de los elementos dentro de una planta de producción, como máquinas, estaciones de trabajo, herramientas y rutas de materiales. Su diseño busca optimizar el espacio, reducir tiempos de traslado, minimizar riesgos y facilitar el flujo de trabajo en las operaciones industriales.

Ingeniería de integración:

Enfoque metodológico que busca coordinar y unificar los procesos, documentos, herramientas y responsabilidades de todas las áreas involucradas en un proyecto (como ingeniería, calidad, logística y producción) para asegurar que el diseño, fabricación y montaje de un producto se realicen de manera coherente, eficiente y alineada con los objetivos estratégicos de la empresa.

Sistema de gestión de la calidad (SGC):

Conjunto de políticas, procesos y procedimientos requeridos para planificar, ejecutar y controlar las actividades de una organización con el fin de mejorar continuamente su desempeño y satisfacer los requisitos del cliente y normativos, asegurando que sus productos o servicios cumplan con los requisitos de calidad establecidos, tanto internos como externos.

Ciclo PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar):

Metodología de mejora continua que guía a las organizaciones a planificar procesos, ejecutarlos, verificar resultados y actuar para optimizar continuamente. Este ciclo se utiliza para optimizar procesos, productos y servicios de manera iterativa, buscando la mejora constante en cualquier organización.

No conformidad:

Incumplimiento de un requisito especificado, ya sea en un producto, proceso o sistema, que debe ser identificado y corregido para garantizar la calidad. Según la norma ISO una No Conformidad es un incumplimiento de un requisito del sistema, sea este especificado o no. Se conoce como requisito una necesidad o expectativa establecida, generalmente explícita u obligatoria.

Estructura de Alto Nivel (High Level Structure, HLS):

Esquema común utilizado en normas ISO que permite integrar diferentes sistemas de gestión de forma coherente y eficaz, facilitando su implementación conjunta. Directriz para el desarrollo de nuevas normas, que lleva la estructura y los requisitos de las normas de sistemas de gestión ISO a un denominador común y, por lo tanto, las armoniza.

Pensamiento basado en riesgos:

Enfoque preventivo que implica identificar, evaluar y abordar riesgos y oportunidades como parte del proceso de planificación dentro de un sistema de gestión de calidad para la mitigación de los riesgos potenciales antes de tomar decisiones o implementar acciones.

Requisitos específicos del cliente (CSR):

Condiciones particulares establecidas por cada cliente del sector automotriz que deben ser cumplidas además de los requisitos generales de las normas de calidad, como IATF 16949. Son exigencias particulares que un cliente impone a su proveedor, más allá de los requisitos generales de la industria o la norma.

Auditoría de certificación:

Evaluación formal realizada por un organismo acreditado para verificar si una organización cumple con los requisitos de una norma específica, como ISO 9001 o IATF 16949, con el fin de otorgar la certificación correspondiente.

Preproducción:

Etapa previa al inicio formal de la producción en serie, en la que se realizan actividades de planificación, diseño, creación de prototipos, pruebas y ajustes, con el fin de asegurar que los procesos y productos cumplan con los requisitos técnicos y de calidad.

Cultura de calidad:

Sistema de valores, actitudes y prácticas compartidas dentro de una organización que enfatizan la importancia de la excelencia en la prestación de productos o servicios, y la mejora continua. Implica que todos los miembros, desde la alta dirección hasta los empleados, se responsabilicen de la calidad y se comprometan con la mejora constante.

Gestión de proyectos:

Disciplina que comprende la planificación, ejecución y control de recursos para alcanzar objetivos específicos dentro de un plazo y presupuesto definidos aplicando conocimientos de procesos, habilidades, herramientas, resultados y técnicas para garantizar el éxito.

Herramental blando:

Conjunto de herramientas o dispositivos de fabricación provisional, generalmente de bajo costo y menor durabilidad, empleados para fabricar prototipos o pequeñas series antes de invertir en herramientas definitivas. También conocido como herramental rápido o herramental prototipo.

OEM (Original Equipment Manufacturer):

Fabricante de equipo original; empresa que diseña, fabrica y comercializa productos o componentes que se utilizan como componentes en los productos de otra empresa. En pocas palabras, un OEM crea piezas y componentes que otras empresas utilizan en sus productos terminados, en la industria automotriz estos componentes se integran en vehículos nuevos y que lleva su propia marca.

Tier 1:

Proveedor de primer nivel que suministra directamente a los fabricantes de equipo original (OEM), generalmente entregando productos complejos o sistemas completos. Como una empresa automotriz, proporcionándole componentes o sistemas completos, en la industria, los proveedores Tier 1 suelen fabricar motores, transmisiones, sistemas de frenos, entre otros, y los entregan directamente al fabricante del vehículo.

Ruta de proceso:

Secuencia planificada de operaciones, inspecciones y validaciones necesarias para transformar la materia prima en un producto terminado, asegurando la viabilidad técnica y eficiencia del proceso.

Trazabilidad:

Capacidad de rastrear el historial, aplicación o localización de un producto, proceso o lote mediante información documentada, desde su origen hasta su destino final, incluyendo su producción, transformación y distribución. En otras palabras, es la habilidad de conocer "qué, quién, cómo, cuándo y dónde" ocurrió cada paso en la historia de un producto.

Plan de Control (Control Plan):

Documento que define los métodos y controles necesarios para asegurar la calidad del producto durante la fabricación, incluyendo qué se debe verificar, cómo, con qué frecuencia y quién es responsable.

Diseño de detalle:

Etapa del desarrollo final y más específico de un proceso de diseño, donde se definen con precisión todos los aspectos técnicos, dimensiones, materiales, tolerancias y otros detalles necesarios para la fabricación o construcción de un producto o proyecto. Es la etapa donde se materializan las ideas y conceptos en planos, diagramas y especificaciones detalladas [41].

Simulación de producción real:

Prueba que replica las condiciones reales de producción con el objetivo de validar procesos, equipos, ergonomía y flujo de trabajo antes del arranque oficial de la línea.

AMEF (FMEA / PFMEA):

Análisis de Modo y Efecto de Falla (por sus siglas en inglés: Failure Mode and Effects Analysis), herramienta preventiva que permite identificar posibles fallas en un proceso o producto y definir acciones para evitar su ocurrencia.

PDCA (ciclo de Deming):

Método de gestión para el control compuesto por cuatro fases: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar (Plan-Do-Check-Act) es una estrategia iterativa de resolución de problemas para mejorar la gestión procesos e implementar cambios. El ciclo PHVA es un método de ciclo de mejora continua.

Project Management Professional (PMP):

Estándar global en gestión de proyectos promovido por el Project Management Institute (PMI), que incluye buenas prácticas para planificar, ejecutar, controlar proyectos y cerrar proyectos de forma eficiente. Esta certificación internacional valida la competencia de un profesional en la aplicación de metodologías, herramientas y técnicas reconocidas a nivel mundial, alineadas con el PMBOK Guide (Project Management Body of Knowledge).

Prince2:

Metodología estructurada de gestión de proyectos basada en procesos, ampliamente utilizada en Europa especialmente en Reino Unido. PRINCE2 proporciona un marco adaptable y escalable a diversos tipos y tamaños de proyectos, desde pequeñas hasta grandes iniciativas.

Kanban:

Método visual de gestión de trabajo que limita el trabajo en curso y promueve la entrega continua, muy usado en entornos ágiles, se centra en la visualización del trabajo a través de un tablero Kanban, donde las tareas se representan como tarjetas que se mueven a través de diferentes etapas del flujo de trabajo.

Extreme Programming (XP):

Metodología ágil de desarrollo de software para la gestión de proyectos, que se centra en la velocidad y la simplicidad con ciclos de desarrollo cortos. Esta metodología se basa en 5 valores, 5 reglas y 12 prácticas de programación. Si bien tiene una estructura rígida, el resultado de estos sprints altamente centrados y las integraciones continuas buscan dar como resultado un producto de mayor calidad.

Análisis FODA:

Herramienta estratégica que identifica Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas de un proyecto o empresa. Su objetivo principal es identificar tanto los factores internos (fortalezas y debilidades) como externos (oportunidades y amenazas) que pueden afectar el éxito de algo.

Diagrama SIPOC:

Representación gráfica que resume los proveedores (Suppliers), entradas (Inputs), proceso (Process), salidas (Outputs) y clientes (Customers) de un proceso, herramienta visual utilizada en la gestión de procesos, especialmente en metodologías como Six Sigma y Lean, para proporcionar una visión general de un proceso de alto nivel.

5S:

Metodología japonesa que se enfoca en la organización del espacio de trabajo para mejorar la eficiencia, la productividad y la seguridad, herramienta de gestión visual fundamental dentro de Lean Manufacturing, y utilizada habitualmente como punto de partida para introducir la mejora continua en la empresa.

Capítulo 7. Anexos

Análisis del Modo y Efecto de la Falla de Proceso (FMEA de Proceso)

PLANEACIÓN Y PREPARACIÓN (PASO 1)		Temas		PFMEA	
Nombre de la Compañía	TOLEDO MAQUINADOS	AMEP del Maquinado CNC del diseño de una pieza			1
Ubicación de la Planta	Avda. Vidales s/n, Barrio 4053, col. Occidente, Saltillo	Fecha de inicio del FMEA	11 de febrero de 2020	proceso	RODENDO TOLEDO
Nombre del Cliente	Normal	Fecha de revisión del FMEA	4/2/2020	calidad	3 (Mes)
Modelo Año/ Plataforma	2020	Equipo multidisciplinario	Talía & Martínez, Francisco yarens y roberta ragaña		

Análisis de la Estructura (Paso 2)		Análisis de la Función (Paso 3)			Análisis de la Falla (Paso 4)			Análisis del Riesgo (Paso 5)							
2. Paso del Proceso	3. Elemento de trabajo de proceso	1. Función del Elemento del Proceso	2. Función del Paso del Proceso	3. Función del Elemento de trabajo de proceso y características del proceso	1. Efectos de la Falla (FE)	2. Modo de Falla del paso del proceso (FM)	3. Causa de la Falla del Elemento de trabajo de proceso (FC)	Control de prevención Actual (PC) de FC	Severidad (S)	Exposición (E)	Detección (D)	Control de Detección Actual (CA) de FC	Exposición (E) del FMEA	Calificación de Material	Calificación de Error (Código de Error)
OP. 01 Selección del material	Material Método Mano de obra	<p>En mi planta: Garantizar que el material seleccionado cumpla con las especificaciones y requisitos del proceso.</p> <p>En la planta a embarcar: Asegurar que las piezas sean fabricadas con el material adecuado, sin defectos y conforme a las especificaciones.</p> <p>Con el cliente final: Cumplir con los estándares de calidad y durabilidad de la pieza en su aplicación final.</p>	<p>Función: Seleccionar material.</p> <p>Características:</p> <ol style="list-style-type: none"> Material xxx conforme a la especificación técnica Dimensiones xxx y formato xxx del material para el proceso. Ausencia de defectos superficiales o internos 	<p>Material: Función: Asegurar que el material cumpla con las especificaciones para el maquinado. Característica: Verificación de especificaciones del material, dimensiones y ausencia de defectos.</p> <p>Método: Función: Aplicar el procedimiento adecuado para la selección del material. Característica: Instrucción estandarizada de selección y validación.</p> <p>Mano de obra: Función: Inspeccionar visual y dimensionalmente el material antes del proceso. Característica: Certificación del operador en inspección de materia prima.</p>	<p>En mi planta: Paro de producción En la planta a embarcar: N/A Con el cliente final: N/A</p>	8	Material diferente al xxx	<p>Método: Falta de verificación del material contra la especificación técnica antes de su uso.</p> <p>Mano de obra: Error del operador al seleccionar el material por falta de capacitación o descuido en la inspección.</p>	Check list de validación del material antes del ingreso a máquina. Identificación visual estandarizada del material.	3	Inspección visual	8	H	-	-
					<p>En mi planta: Paro de producción En la planta a embarcar: N/A Con el cliente final: N/A</p>	7	Dimensiones xxx y formato xxx incorrectos del material para el proceso.	<p>Método: Falta de un proceso de inspección adecuado para verificar dimensiones y formato antes del uso.</p>	Check list de validación del material antes del ingreso a máquina. Identificación visual estandarizada del material.	5	Comprobación y medición dimensional	7	M	-	-
					<p>En mi planta: Paro de producción En la planta a embarcar: N/A Con el cliente final: N/A</p>	7	Presencia de defectos superficiales o internos	<p>Material: Material con defectos de origen, como porosidades, grietas o inclusiones.</p>	Check list de validación del material antes del ingreso a máquina. Identificación visual estandarizada del material.	3	Inspección visual Prueba de propiedades del material	5	M	-	-
					<p>En mi planta: Paro de producción En la planta a embarcar: N/A Con el cliente final: N/A</p>	2	Falta de identificación de material xxx con documentación xxx y certificación xxx.	<p>Método: Falta de un procedimiento estandarizado para la verificación y etiquetado del material.</p> <p>Mano de obra: Error del operador al no revisar o registrar correctamente la documentación del material.</p>	Check list de validación del material antes del ingreso a máquina Identificación visual estandarizada del material Revisión de documentación de	4	Verificación documental del material Inspección visual	8	M	-	-
					<p>En mi planta: Paro de producción En la planta a embarcar: N/A Con el cliente final: N/A</p>	2	Falta de registro del material en el inventario	<p>Método: Falta de actualización en el sistema de inventario o ausencia de un procedimiento claro de registro.</p> <p>Mano de obra: Omisión del personal en el ingreso del material al sistema de control</p>	Check list de validación del material antes del ingreso a máquina Procedimiento estandarizado para el ingreso de materiales al inventario Capacitaciones periódicas dirigidas al	5	Revisión periódica y aleatoria de inventario	9	M	-	-
					<p>En mi planta: Paro de producción En la planta a embarcar: N/A Con el cliente final: N/A</p>	2	Material xxx no disponible en almacén.	<p>Método: Planificación inadecuada de la gestión de inventario y reposición del material.</p> <p>Mano de obra: Error en la solicitud o reposición del material debido a una mala</p>	Procedimiento estandarizado para el ingreso de materiales al inventario Planificación anticipada de compras según programación de producción	5	Comprobación visual de materiales disponibles Verificación de inventario	9	M	-	-
OP. 02 Preparación del equipo de mecanizado CNC.	Máquina Método Mano de obra Material	<p>En mi planta: Garantizar que el equipo de CNC esté configurado correctamente.</p> <p>En la planta a embarcar: Asegurar que las piezas sean mecanizadas con los parámetros adecuados, cumpliendo con las especificaciones.</p> <p>Con el cliente final: Cumplir con los estándares de calidad y precisión para garantizar la funcionalidad y desempeño de la pieza final.</p>	<p>Función: Preparación del equipo de mecanizado CNC.</p> <p>Características:</p> <ol style="list-style-type: none"> Configuración de la herramienta xxx y portaherramienta xxx. Ajuste de parámetros de velocidad en xxx y avance xxx de acuerdo al material de la pieza. 	<p>Máquina: Función: Garantizar la operatividad del equipo CNC para el mecanizado. Característica: Configuración de la herramienta xxx y portaherramienta xxx.</p> <p>Método: Función: Establecer los parámetros de operación para el proceso de mecanizado. Característica: Ajuste de velocidad en xxx y avance xxx de acuerdo al material.</p> <p>Mano de obra: Función: Preparar y verificar la correcta instalación de herramientas y parámetros de mecanizado. Característica: Certificación del operador en la configuración y ajuste del equipo.</p> <p>Material: Función: Asegurar la compatibilidad del material con los parámetros de mecanizado. Característica: Validación del material conforme a especificaciones técnicas.</p>	<p>En mi planta: Retrabaja En la planta a embarcar: Retrabaja Con el cliente final: N/A</p>	6	Configuración errónea en la preparación de las herramientas	<p>Máquina: Descalibración de máquina</p> <p>Mano de obra: operador manipula de manera inadecuada la máquina por falta de capacitación</p>	Check list pre operativo para cada máquina	9	Inspección visual	6	H	-	-
				<p>En mi planta: Retrabaja En la planta a embarcar: Retrabaja Con el cliente final: N/A</p>	6	Mal ajuste en la velocidad de giro de la máquina sobre la pieza	<p>Método: selección inadecuada de los parámetros para maquinar material específico</p> <p>Material: Características físicas del material es frágil para el maquinado con mucha velocidad.</p>	Control de capacitación para el personal operativo	3	Verificación de capacitaciones	6	L	-	-	
				<p>En mi planta: Paro total de la producción En la planta a embarcar: Paro total de la producción Con el cliente final: No cumple con las especificaciones</p>	9	mesa de trabajo de la máquina con un desbalance	<p>Máquina: desajuste por falta de mantenimiento</p>	Control de mantenimiento preventivo de manera periódica	5	Inspección visual y sensorial	7	M	-	-	
		<p>En mi planta: Garantizar que el equipo CNC esté calibrado y alineado correctamente.</p> <p>En la planta a embarcar: Asegurar que las piezas sean mecanizadas con precisión y conforme a las especificaciones.</p> <p>Con el cliente final: Cumplir con los requerimientos de calidad y tolerancias geométricas en la pieza final.</p>	<p>Función: Asegurar la calibración y alineación del equipo</p> <p>Características:</p> <ol style="list-style-type: none"> Verificación de la alineación xxx de la mesa y husillos. Calibración de la posición de origen en los ejes X, Y, Z. Revisión de nivelación xxx y fijación de la pieza en la base xxx de trabajo. 	<p>Máquina: Función: Garantizar la operatividad y precisión del equipo CNC para el mecanizado. Característica: Verificación de la alineación xxx de la mesa y husillos.</p> <p>Método: Función: Establecer los parámetros de calibración y alineación para asegurar precisión en el mecanizado. Característica: Calibración de la posición de origen en los ejes X, Y, Z.</p> <p>Mano de obra: Función: Preparar y verificar la correcta instalación y nivelación del equipo antes del mecanizado. Característica: Certificación del operador en la configuración y ajuste del equipo.</p> <p>Material: Función: Asegurar la correcta fijación y estabilidad de la pieza durante el proceso. Característica: Revisión de</p>	<p>En mi planta: Realización de una pieza nueva En la planta a embarcar: Rechazo de pieza Con el cliente final: No cumple con las especificaciones</p>	8	Aplicación de códigos erróneos en la programación de maquinado	<p>Método: Mala ejecución de la programación de la máquina</p> <p>Mano de obra: falta de capacitación para el personal</p>	Control de capacitación periódica al personal	5	Monitoreo de capacitación al personal	4	L	-	-
				<p>En mi planta: Realización de una pieza nueva En la planta a embarcar: Rechazo de pieza Con el cliente final: No cumple con las especificaciones</p>	8	Maquinado con una mala fijación de la pieza	<p>Material: Pieza con un mal agarre para el prensado</p>	Implementación de nuevas herramientas para un correcto agarre	3	Inspección visual y sensorial	3	L	-	-	

Referencias

- [1] J. P. Deaton, «Cómo funcionan las líneas de producción automotriz,» Howstuffworks, Marzo 2021. [En línea]. Available: <https://auto.howstuffworks.com/under-the-hood/auto-manufacturing/automotive-production-line.htm>. [Último acceso: 27 Agosto 2024].
- [2] B. LLC, «Líneas de producción de automóviles,» Bunty LLC, 28 Agosto 2018. [En línea]. Available: <https://buntyllc.com/car-production-lines/>. [Último acceso: 27 agosto 2024].
- [3] A. S. y. D. Upton, «Lo que realmente hace resiliente al sistema de producción de Toyota,» Harvard Business Review, Noviembre 2022. [En línea]. Available: <https://hbr.org/2022/11/what-really-makes-toyotas-production-system-resilient..> [Último acceso: 27 Agosto 2024].
- [4] A. V. Miranda, «La industria automotriz en México : Situación actual y perspectivas,» *Contaduría y Administración*, nº 221, pp. 221-248, 2007.
- [5] C. M. García-Remigio, M. A. Cardenete, P. Campoy-Muñoz y F. Venegas-Martínez, «Valoración del impacto de la industria automotriz,» *El Trimestre Económico*, vol. 87 (2), nº 346, pp. 437-461, 2020.
- [6] R. Khabibullin, I. Makarova y . A. Pashkev, «Aplicación de modelos de simulación para mejorar la gestión de procesos tecnológicos durante la producción de componentes de automoción,» de *IEEE Conferencia internacional sobre mecatrónica y automatización*, Harbin China, 2016.
- [7] E. Gonzales, «"¿Cuál es la industria automotriz?";» Cimatic, 18 noviembre 2022. [En línea]. Available: <https://cimatic.com.mx/blog/cual-es-la-industria-automotriz/>. [Último acceso: diciembre 2024].
- [8] L. Álvarez Medina, J. Carrillo y M. L. Gonzáles Marín , El auge de la industria automotriz en México en el siglo XXI: Reestructuración y Catching Up, Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México, 2014.
- [9] Secretaría de Economía, «Panel del T-MEC publica Informe Final sobre reglas de origen del sector automotriz,» 11 enero 2023. [En línea]. Available: <https://www.gob.mx/se/articulos/panel-del-t-mec-publica-informe-final-sobre-reglas-de-origen-del-sector-automotriz-323472?idiom=es>. [Último acceso: 24 abril 2025].
- [10] L. De Villamor, «La industria automotriz y autopartes en México,» How2Go, [En línea]. Available: <https://h2gconsulting.com/how2go-mexico/la-industria-automotriz-y-autopartes-en-mexico/>. [Último acceso: 24 abril 2025].
- [11] A. M. d. I. I. Automotriz, «Importancia de la Industria Automotriz,» AMIA, 2024. [En línea]. Available: https://amia.com.mx/publicaciones/industria_automotriz/. [Último acceso: 6 enero En línea]. Disponible en: 2025].
- [12] L. González, «Industria automotriz vale más que industria de alimentos,» El Economista, 12 julio 2019. [En línea]. Available: [https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Industria-automotriz-vale-mas-que-industria-de-alimentos-20190712-0007.html#:~:text=Al%20cierre%20de%202018%2C%20la,la%20Industria%20Automotriz%20\(AMIA\)..](https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Industria-automotriz-vale-mas-que-industria-de-alimentos-20190712-0007.html#:~:text=Al%20cierre%20de%202018%2C%20la,la%20Industria%20Automotriz%20(AMIA)..) [Último acceso: febrero 2024].
- [13] Secretaría de Economía, «El Sector Automotriz y de autopartes en México,» mayo 2016. [En línea]. Available: <https://www.gob.mx/se/articulos/el-sector-automotriz-y-de-autopartes-en-mexico>. [Último acceso: 07 mayo 2025].
- [14] Secretaría de Economía , «Sector Industria Automotriz,» 2015. [En línea]. Available: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/119066/Sector_Industria_Automotriz.pdf. [Último acceso: 07 marzo 2025].
- [15] Secretaría de Economía, «Industria Automotriz,» Dirección General de Industrias Pesadas y de Alta Tecnología, [En línea]. Available: <file:///C:/Users/Latitude/Downloads/diagrama%20de%20espina%20de%20pescado.pdf>. [Último acceso: 07 mayo 2025].
- [16] I. Molina, «Manufactura automotriz, importancia del sector en México,» México Industry, 21 octubre 2022. [En línea]. Available: <https://mexicoindustry.com/noticia/-manufactura-automotriz-importancia-del-sector-en-mexico>. [Último acceso: 07 marzo 2025].
- [17] J. Zozaya, «Retos y perspectivas de la industria automotriz en México para 2024,» Forbes México, 9 enero 2024. [En línea]. Available: <https://forbes.com.mx/retos-y-perspectivas-de-la-industria-automotriz-en-mexico-para-2024/>. [Último acceso: 26 abril 2025].

- [18] N. Lutz , K. Kreiskother, V. Gauckler y M. Hehl, «Gestión de la puesta en marcha de sistemas de producción escalables en la industria automotriz,» de *2019 IEEE 8ª Conferencia Internacional sobre Tecnología y Gestión Industrial (ICITM)*, Melbourne, Australia, 2019.
- [19] I. L. García Rojas (Group, BSI), «Normas y estándares: jugadores estratégicos en la industria de la manufactura,» BSI Group Blog, 2024. [En línea]. Available: <https://www.bsigroup.com/es-MX/blog/resiliencia-organizacional/normas-y-estandares-jugadores-estrategicos-en-la-industria-de-la-manufactura/>. [Último acceso: 28 Agosto 2024].
- [20] J. Hydraroll, «"Líneas de producción,» Joloda Hydraroll, Marzo 2023. [En línea]. Available: <https://www.joloda.com/es/soluciones/lineas-de-produccion/>. [Último acceso: 28 Agosto 2024].
- [21] C. Camisón , S. Cruz y T. González, *Gestión de la calidad: Conceptos, enfoques, modelos y sistemas*, A. Cañizal, Ed., Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S. A., 2006, p. 1464.
- [22] J. Irurita Alzueta y P. M. Villanueva Roldán, «SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD,» Universidad Pública de Navarra, 28 junio 2012. [En línea]. Available: https://core.ac.uk/download/pdf/10851013.pdf?utm_source=chatgpt.com. [Último acceso: 04 mayo 2025].
- [23] DNV, «IATF 16949 – Gestión de la Calidad Automotriz,» DNV México, [En línea]. Available: <https://www.dnv.com.mx/services/iatf-16949-gestion-de-la-calidad-automotriz-3284/>. [Último acceso: 01 mayo 2025].
- [24] International Organization for Standardization, «Quality management systems — Requirements,» ISO 9001:2015, 2015. [En línea]. Available: <https://www.iso.org/standard/62085.html>. [Último acceso: 01 mayo 2025].
- [25] ISOTools, «Norma ISO 9001,» ESG innova Group, [En línea]. Available: <https://www.isotools.us/normas/calidad/iso-9001/>. [Último acceso: 06 mayo 2025].
- [26] Auto Q Consulting Group, «IATF 16949:2016+ISO 9001:2015 Norma de sistemas de administración de calidad automotrices,» mayo 2022. [En línea]. Available: <https://auto-q-consulting.com.mx/Norma.IATF.16949+ISO.9001.espanol.mayo-2022.pdf>. [Último acceso: 10 mayo 2025].
- [27] International Automotive Task Force (IATF), «About IATF 16949:2016,» IATF Global Oversight, 2025. [En línea]. Available: <https://www.iatfglobaloversight.org/iatf-169492016/about/>. [Último acceso: 12 mayo 2025].
- [28] J. Rodriguez , «Las 7 cláusulas auditables de IATF 16949:2016,» SPC Consulting Group, 11 marzo 2019. [En línea]. Available: <https://spcgroup.com.mx/auditoria-iatf-16949-2016/>. [Último acceso: 15 mayo 2025].
- [29] Pan Wang y Yihang Sun, «Research on Auto Parts Resource Partner Selection Based on S2SH and GA,» de *2023 International Conference on Applied Intelligence and Sustainable Computing (ICAISC)*, Dharwad, India, 2023.
- [30] Honghui Zhan, Xinyu Shao, Guojun Zhan y Haiping Zhu, «A Novel Approach for Process Planning Using Polychromatic Sets and Fuzzy Sets,» de *Fourth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD 2007)*, Haikou, China, 2007.
- [31] Zhang Guirong, « Research of Car Sales Logistics Channel,» de *2011 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering*, Shenzhen, China , 2011.
- [32] Walter Pack, «¿Cómo se fabrican las piezas automotrices?,» Walter Pack, 16 marzo 2022. [En línea]. Available: <https://www.walterpack.com/como-se-fabrican-las-piezas-automotrices/>. [Último acceso: 16 mayo 2025].
- [33] Automotive Industry Action Group, «AIAG – Automotive Industry Action Group,» AIAG, 2024. [En línea]. Available: <https://aiag.org/>. [Último acceso: 20 mayo 2025].
- [34] J. Rodriguez , «Core Tools – ¿Qué son, cuáles son y para qué se utilizan?,» SPC Consulting group, 25 enero 2019. [En línea]. Available: <https://spcgroup.com.mx/las-herramientas-core-tools/>. [Último acceso: 20 mayo 2025].
- [35] L. Ochoa Diaz, «¿Qué son las Core Tools? Impulsa la calidad en la manufactura,» SPC Pro, 13 septiembre 2023. [En línea]. Available: <https://spcpro.com/blog/core-tools/>. [Último acceso: 20 mayo 2025].
- [36] AIAG, *Advanced Product Quality Planning (APQP) and Control Plan Reference Manual*, 2nd ed ed., Southfield, MI,USA: Automotive Industry Action Group, 2008.
- [37] . M. Gil , «¿Por qué una metodología para la gestión de proyectos?,» nae, 22 octubre 2015. [En línea]. Available: <https://nae.global/es/por-que-una-metodologia-para-la-gestion-de->

