

CENTRO DE ENSEÑANZA TÉCNICA Y SUPERIOR



Colegio de Ingeniería
Dirección de Posgrado
Campus Mexicali

Tesis / Proyecto de Ingeniería e Innovación

**Implementación de un modelo mejorado para la efectiva introducción de
primeros artículos estructurales en la Industria Aeroespacial**

para obtener el grado de

Maestro en Ingeniería e Innovación

Presenta

Daniela Alejandra Costich González

Director de proyecto: Dra. Dania Licea Verduzco

Co-director de proyecto: **Nombre del co-codirector**

Asesor de la Industria: Mtro. Gabriel Piña Torres

Mexicali, Baja California. Octubre, 2020.

CENTRO DE ENSEÑANZA TÉCNICA Y SUPERIOR



Colegio de Ingeniería
Dirección de Posgrado
Campus Mexicali

Tesis / Proyecto de Ingeniería e Innovación

**Implementación de un modelo mejorado para la efectiva introducción de
primeros artículos estructurales en la Industria Aeroespacial**

para obtener el grado de

Maestro en Ingeniería e Innovación

Presenta

Daniela Alejandra Costich González

Director de proyecto: Dra. Dania Licea Verduzco

Co-director de proyecto: **Nombre del co-codirector**

Asesor de la Industria: Mtro. Gabriel Piña Torres

Mexicali, Baja California. Octubre, 2020.

CENTRO DE ENSEÑANZA TÉCNICA Y SUPERIOR



Colegio de Ingeniería
Dirección de Posgrado
Campus Mexicali

Tesis / Proyecto de Ingeniería e Innovación

**Implementación de un modelo mejorado para la efectiva introducción de
primeros artículos estructurales en la Industria Aeroespacial**

para obtener el grado de

Maestro en Ingeniería e Innovación

Presenta

Daniela Alejandra Costich González

Director de proyecto: Dra. Dania Licea Verduzco

Co-director de proyecto: **Nombre del co-codirector**

Asesor de la Industria: Mtro. Gabriel Piña Torres

Comité evaluador:

Nombre evaluador1

Nombre evaluador2

Nombre evaluador3

Mexicali, Baja California. Octubre 2020.

Agradecimiento y dedicatorias

La oportunidad de disfrutar la experiencia de la maestría en CETYS Universidad ha sido un gran momento en mi vida. Me ha brindado un panorama de conocimientos globales para implementar en mi trabajo, en mi sociedad y en mi vida personal.

Ha sido una experiencia acompañada y asesorada por extraordinarios Doctores que están especializados en cada una de las materias enfocadas en mi maestría y en mi área de énfasis.

Quiero agradecer a CETYS Universidad y a todo su personal por brindarme educación y servicios de calidad, por permitirme disfrutarlos durante mi maestría a través de la atención personalizada que me proporcionaron, en especial a la Doctora Dania Licea por asesorarme con la mejor disponibilidad a lo largo de este proyecto.

Esta experiencia no se hubiera logrado sin el apoyo de *Gulfstream Mexicali*, les agradezco por haberme seleccionado para seguirme desarrollando profesionalmente con la beca que me otorgaron. Así como a CONACYT por desarrollar la modalidad de beca industria, permitiéndome seguir trabajando y estudiar mi maestría, comparto mi éxito con ustedes.

Agradezco y le dedico mi maestría a mi esposo por ser el apoyo incondicional a lo largo de estos años, por ser la motivación que me inspira cada día.

Finalmente agradezco a cada uno de mis maestros y compañeros porque nutrieron esta experiencia de conocimientos y vivencias compartidas. Gracias por permitirme aprender de ustedes y compartir mis inquietudes para fortalecerme como persona y como Ingeniera.

Gracias a Dios por poner los medios para terminar mi maestría, gracias por acompañame en todo momento.

Carta Institucional



Mexicali, Baja California a 14 de septiembre de 2020.

Apreciable **Colegio de Ingeniería**
Dirección de Posgrado
Campus Mexicali

Por medio de la presente hacemos constar que la C. **Daniela Alejandra Costich González** labora en esta empresa, en el departamento de Tecnologías de Manufactura como Ingeniera de Planeación. A petición de la interesada y para los fines que considere pertinente se extiende la presente carta notificando que ella ha estado trabajando directamente en el desarrollo del proyecto titulado:

“Implementación de un modelo mejorado para la efectiva introducción de primeros artículos estructurales en la Industria Aeroespacial”

Este proyecto es de relevancia para las actividades y metas dentro del departamento para robustecer el sistema de introducción de nuevos productos. La generación y aplicación de este proyecto convergen con las necesidades del área y fomentan el desarrollo de nuestra gente. A la fecha se han brindados resultados satisfactorios para el sistema de introducción de primeros artículos, logrando impactar positivamente a la reducción de soportes de las órdenes en producción a través de las acciones implementadas a lo largo de este proyecto.

Sin más por el momento agradezco de antemano su atención y nos encontramos a sus órdenes para cualquier información adicional.

Atentamente

Ing. Gabriel Piña Torres

MT Lead Planning

Índice de contenido

Agradecimiento y dedicatorias	II
Carta Institucional	III
Resumen	VIII
Capítulo I: Introducción	1
1.1 Historia de <i>Gulfstream Aerospace</i>	1
1.2 Modelos <i>Gulfstream</i>	1
1.4 Departamento de soporte	8
1.5 Flujo de los primeros artículos estructurales	9
1.5 Antecedentes	11
1.6 Justificación	13
1.7 Planeamiento del problema	13
1.8 Pregunta general de investigación	17
1.8.1 Preguntas de investigación	17
1.9 Objetivo	17
1.9.1 Objetivos específicos	18
1.10 Hipótesis	18
Capítulo II: Marco teórico referencial	19
2.1 Historia y situación actual de la industria aeroespacial en una visión global y local.	19
2.2 Retos de los proyectos aeroespaciales en México	23
2.3 Estándares Internaciones Aeroespaciales	24
2.4 Implementación de un Sistema de Calidad	29
2.5 Enfoques de las industrias Aeroespaciales y Automotrices	29
2.6 PPAP	31
2.6.1 Requerimientos de un PPAP	34
2.6.2 Niveles de un PPAP	35
2.6.3 Costo de un PPAP	35
2.6.4 PPAP en Caterpillar	36

2.6.5 PPAP en <i>Honeywell</i>	36
2.7 Estudio R&R	39
2.8 Análisis del sistema de medición	41
2.9 Desarrollo de nuevos productos	42
2.10 Ciclo de vida de los productos	44
2.11 Solución de problemas	47
Capítulo III: Metodología	50
3.1 Bosquejo Metodológico	50
3.2 Plan de trabajo	51
3.3 Recursos requeridos	54
Capítulo IV: Resultados	55
4.1 Determinar las causas donde se generan las fallas en la introducción de los primeros artículos.	55
4.2 Revisión de teoría para la implementación en la práctica y relación de la industria automotriz y aeroespacial en la introducción de primeros artículos.	58
4.3 Propuesta de modelo para introducción de primeros artículos	60
4.3.1 Propuesta de <i>checklist</i> PPAP para los primeros artículos estructurales	66
4.3.2 Análisis del métrico de soporte	69
Capítulo V: Conclusiones	70
5.1 Oportunidades de desarrollo futuras	73
5.2. Experiencias y aprendizajes obtenidos	74
Referencias	1

Índice de figuras

Figura 1: Modelos de aviones <i>Gulfstream</i>	1
Figura 2: Visualización del G280	2
Figura 3: Visualización del G550	3
Figura 4. Visualización del G500	3
Figura 5. Visualización del G600.	4
Figura 6. Visualización del G650ER	4
Figura 7. Visualización del G700.	5
Figura 8. Ubicaciones de <i>Gulfstream</i> en el mundo	5
Figura 9. Mapa de plantas de <i>Gulfstream</i> en Mexicali.	6
Figura 10. Diagrama de los Departamentos de soporte.	8
Figura 11. Flujo de los departamentos de primeros artículos	10

Figura 12. Sistema de primeros artículos en excel	12
Figura 13 . Gráfico de órdenes liberadas en 2019.	14
Figura 14. Gráfico de la proporción de órdenes reportadas por cada unidad de negocio estructural	16
Figura 15 . Estructura de la industria aeroespacial en México	21
Figura 16 . Modelo APQP	25
Figura 17. Fases del desarrollo de un producto	26
Figura 18. Fases del APQP indicando los flujos de cada hito	28
Figura 19. APQP de General Motors	28
Figura 20 . Variación total del proceso	40
Figura 21. Ciclo de vida de un producto.	44
Figura 22. Matriz BCG	45
Figura 23. Industria aeroespacial	46
Figura 24. Factores de la implementación de six sigma	48
Figura 25. Pasos, entregables y duración de las fases dmaic	49
Figura 26. Esquema de la metodología del proyecto	50
Figura 27. Gráfico de Gantt del proyecto	54
Figura 28. Portada eFAST	63
Figura 29. Pantalla de planeación	64
Figura 30. Reporte de todos los primeros artículos estructurales	65
Figura 31. Reportes de Power BI	66
Figura 32. <i>Checklist</i> planeación	68

Índice de Tablas

Tabla 1. Cantidad de órdenes del 2019 de las unidades de negocio estructurales	15
Tabla 2. Principales <i>clusters</i> aeroespaciales en México	22
Tabla 3. Diferencias entre la línea de ensamble automotriz y aeroespacial	24
Tabla 4. Forma de revisión Honeywell	38
Tabla 5. Declaración de los números de parte.	39
Tabla 6. Actividades de la Fase 1	52
Tabla 7. Actividades de la Fase 2	52
Tabla 8. Actividades de la Fase 3	53
Tabla 9. Causas principales en fallas del departamento de planeación	56
Tabla 10. Causas principales en fallas del departamento de calidad	57
Tabla 11. Causas principales en fallas del departamento de materiales	57
Tabla 12. Total de clasificación de impacto	58
Tabla 13. Similitudes en la industria aeroespacial y automotriz	59
Tabla 14. Propuestas de solución	61
Tabla 15. Reporte de órdenes de julio-agosto 2020.	69

Lista de abreviaturas

Abreviatura	Significado
AIAG	<i>Automotive Industry Action Group</i>
APQP	<i>Advanced product quality planning</i>
EUA	Estados Unidos de América
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
FAI	<i>First Article Inspection</i>
FMEA	<i>Failure mode and effects analysis</i>
KM	Kilómetros
MN	Millas náuticas
MRO	<i>Maintenance, repair, and operations</i>
NPD	<i>New Product development</i>
PFMEA	<i>Process Failure Mode Effects Analysis</i>
PPAP	Proceso de aprobación de piezas de producción
PSW	<i>Part Submission Warrant</i>
R&R	<i>Repeatability and reproducibility</i>

Resumen

En *Gulfstream Mexicali*, el Departamento de Soporte Estructural está conformado por un grupo de Ingenieros que brinda atención directa al sistema de introducción de primeros artículos. Ellos tienen a su cargo actividades para cada nuevo número de parte, dependiendo del tipo de producto y los procesos que conlleva. Una vez que toda la cadena de primeros artículos termina su trabajo, la orden se libera e inicia el proceso de manufactura del número de parte. Para fines de este proyecto, se centrará la atención en las escalaciones reportadas en el 2019 de cada una de las unidades de negocio estructurales.

Este proyecto tiene como el objetivo general el analizar la problemática identificada en los soportes requeridos en las órdenes de producción de las unidades de negocio estructurales.

El sistema de introducción de primeros artículos se evaluó y se generó una propuesta de mejora de este proceso a través de un modelo de validación de nuevos productos que asegure que al menos un 90% de las órdenes de producción no requieren soportes y fluyen sin inconvenientes a lo largo de su manufactura, garantizando la calidad del producto y eficiencia del proceso. Logrando que el métrico de soporte sea menor o igual al 10%.

A lo largo de este documento se describirán las investigaciones realizadas y cada una de las actividades sustentadas en la metodología de tres fases principales para lograr responder la pregunta de investigación, ¿Cómo puede el departamento de planeación de manufactura de Mexicali reducir los soportes en las órdenes de producción de las unidades de negocio estructurales del proceso de introducción de primeros artículos?

Finalmente se concluyen los resultados satisfactoriamente obtenidos, impactando positivamente a la empresa y a la comunidad de Mexicali.

Capítulo I: Introducción

1.1 Historia de *Gulfstream Aerospace*

Los inicios de la compañía datan de 1958 cuando Roy Grumman, cofundador de *Grumman Aircraft Engineering Corporation*, propuso el desarrollo de un avión comercial especialmente diseñado al final de la Segunda Guerra Mundial. Imaginó aprovechar la experiencia de la compañía al construir aviones de combate Grumman robustos para crear aviones de pasajeros a escala reducida que pudieran facilitar el auge económico de la posguerra. Trece años más tarde, Grumman presentó el *Gulfstream I*, un avión que revolucionó la aviación general y posicionó a la compañía como un volador de la industria, trazando un rumbo para todos los demás. (La historia de *Gulfstream*, s.f.)

Hoy en día, *Gulfstream Aerospace* cuenta con seis diferentes aviones privados, como se observa en la Figura 1. Los modelos son: G280, G550, G500, G600, G650ER y G700, reconocidos a nivel mundial por la calidad, innovación y records alcanzados en diferentes indicadores de la aviación.



Figura SEQ Figura 1* ARABIC 1: Modelos de aviones *Gulfstream*

Fuente: <https://www.gulfstream.com/en/aircraft/>

La gran gama de modelos de aviones de *Gulfstream* se han ido superando para posicionarse altamente en el mercado con sus grandes desarrollos de tecnología. Además, que para cada cliente existe un modelo que se adecua a su poder adquisitivo y a las características físicas deseadas de la aeronave.

Gulfstream Aerospace diseña, desarrolla, fabrica, comercializa, presta servicios y respalda los aviones de reacción comercial más avanzados tecnológicamente del mundo. *Gulfstream* ha producido más de 2,800 aviones para clientes en todo el mundo desde 1958 para satisfacer las diversas necesidades de transporte del futuro. A continuación, se detallan algunas de las características claves de cada uno de sus modelos.

En la Figura 2 se presenta el ágil G280 que prospera en los escenarios más desafiantes, desde pistas cortas hasta aeropuertos calientes y de gran altitud.



3,600 MN	Hasta 2 salas	Máximo mach 0.85
Rango máximo de 6,667 km		

Figura 2: Visualización del G280

Fuente: *Elaboración propia, imágenes obtenidas de <https://www.gulfstream.com/en/aircraft/>.*

En la Figura 3 se presenta el G550, ese modelo es considerado cabina larga, tiene reconocimiento comprobado por sus capacidades robustas, configuraciones flexibles y la carga útil máxima en su clase.



6,750 MN

Hasta 4 salas

Máximo mach 0.885

Rango máximo de 12,501 km

Figura 3: Visualización del G550

Fuente: Elaboración propia, imágenes obtenidas de <https://www.gulfstream.com/en/aircraft/>.

El G500 cuenta con velocidad esculpida, este modelo presentó el ala más aerodinámicamente eficiente y avanzada de la industria, un ejemplo es mostrado en la Figura 4.



5,200 MN

Hasta 3 salas

Máximo mach 0.925

Rango máximo de 9,630 km

Figura 4. Visualización del G500

Fuente: Elaboración propia, imágenes obtenidas de <https://www.gulfstream.com/en/aircraft/>.

El G600 es donde la intuición se encuentra con la inteligencia. *Symmetry Flight Deck™* presentó a la industria los avances tecnológicos que aumentan la precisión, la comodidad y la seguridad, ese modelo se muestra en la Figura 5.



Figura 5. Visualización del G600.

Fuente: Elaboración propia, imágenes obtenidas de <https://www.gulfstream.com/en/aircraft/>.

En la Figura 6 se presenta un G650ER, este modelo extiende los límites de posibilidad de alta velocidad y alcance ultra largo. Tiene el récord de velocidad para el vuelo más lejano en la historia de la aviación de negocios.



Figura 6. Visualización del G650ER

Fuente: Elaboración propia, imágenes obtenidas de <https://www.gulfstream.com/en/aircraft/>.

En la Figura 7, se muestra el G700. Este modelo es el más nuevo *Gulfstream*, es conocido por su cabina más alta, ancha y larga de la industria.



Figura 7. Visualización del G700.

Fuente: Elaboración propia, imágenes obtenidas de <https://www.gulfstream.com/en/aircraft/>.

Gulfstream Aerospace es la marca mundial de aviones privados que pertenece a *General Dynamics* desde 1999 con sede en Savannah Georgia y tiene instalaciones como se observa en la Figura 8, en las ciudades de Appleton, Dallas, Long Beach, Minneapolis y Washington D.C en EUA. Además de Luton en Inglaterra y en Mexicali, México, donde se desarrollará este proyecto.



Figura 8. Ubicaciones de *Gulfstream* en el mundo

Fuente: Elaboración propia basada en una toma en Google Maps.

1.3 *Gulfstream* Mexicali

La empresa líder en la industria aeroespacial cumple 34 años creando historia junto con sus colaboradores, con el compromiso para crear y entregar al mundo la mejor experiencia en la aviación desde Mexicali Baja California. De acuerdo con la información proporcionada en la revista Siglo 21: " La cultura de éxito que promueve *Gulfstream* no se creó de la noche a la mañana, han sido años de esfuerzo, dedicación y trabajo en equipo los ingredientes que han hecho de esta una gran empresa. Todo inicio en 1986, la calidad de la manufactura mexicana hizo que *Gulfstream* colocara sus ojos en Mexicali, naciendo el 16 de junio de ese año, en 1997 comienza el crecimiento de la población en la empresa y logra llegar a 400 colaboradores" (Siglo 21, 2016) (p. 5).

En el 2014 se logran consolidar seis unidades de negocio: *Avionics*, Ensamblajes Eléctricos, *Completions*, Ensamblajes, Fabricación y Maquinado. En 2019 se iniciaron labores con dos nuevas unidades de negocios: *Z frames* y *Cabinets*, así como la separación del área de *Honeycombs* de fabricación, para ser una nueva unidad de negocios. Lo que generó la apertura de una nueva planta para mover la unidad de negocio de *Avionics* y contar con más de 2000 empleados en ambas plantas. En la Figura 9 se muestra la localización de ambas plantas en Mexicali, la planta ubicada por Calle Cuarta será la locación donde se desarrollará este proyecto.

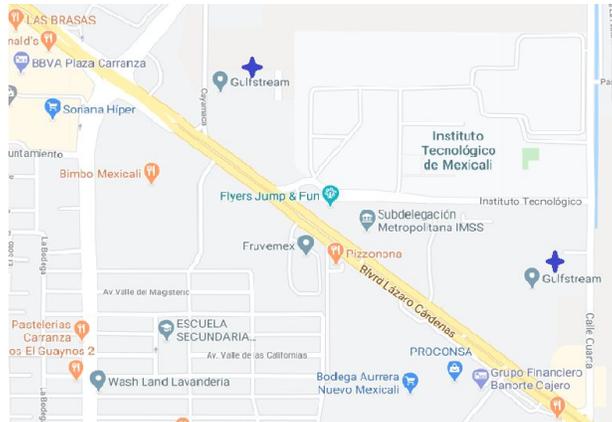


Figura 9. Mapa de plantas de *Gulfstream* en Mexicali.

Fuente: Elaboración propia basada en una toma en Google Maps.

Hoy en día, con nueve unidades de negocio: *Avionics*, Ensamblés Eléctricos, *Completions*, Ensamblés, Fabricación, Maquinado, *Honeycombs*, *Z frames* y *Cabinets*, cada uno de ellos encargado de manufacturar partes para enviar a diferentes instalaciones en EUA, principalmente a la planta de Savannah Georgia.

El gran camino recorrido como organización, la calidad en su producto y la excelencia de su gente ha sido la clave para hacer de *Gulfstream* Mexicali una organización fuerte, que continuará preparándose para los nuevos retos y la manufactura de nuevos productos.

Gran parte de la industria manufactura se enfoca en *Gulfstream* Mexicali, donde se producen todos los arneses del avión en la unidad de negocios de *Avionics*. Así como también ensamblés metálicos que se generan en la unidad de negocios de Ensamblés. Los componentes de los ensamblés nacen de la transformación de metales compuestos en forma de en placas, laminas y extrusiones, de las unidades de negocio de Fabricación, Maquinado, *Z frames* y *Honeycombs* que se convierten en componentes de estructuras primarias y secundarias.

También se cuenta con un área que las une y compone las estructuras integradas con arneses, esto se produce en la unidad de negocios de Ensamblés Eléctricos. Finalmente, la unidad de negocios de *Cabinets*, donde se fabrican diferentes muebles a base de materiales compuestos que serán a adecuados según los requerimientos del cliente.

Adicional a la manufactura de piezas para los aviones, en Mexicali se cuenta con un departamento de diseño de producción general y de producción final para cumplir con los requerimientos del cliente, ya que cada avión se personaliza de acuerdo con las características deseadas por cada uno de los clientes.

Así como en Mexicali se produce gran cantidad de los componentes del avión y se diseña también, en otras sedes se concentran los diferentes procesos que le darán vida al avión terminado. Dichos componentes son enviados Savannah donde serán ensamblados y se le realizarán las pruebas físicas para la validación de todas las regulaciones militares requeridas por la Autoridad Federal de aviación (FAA).

En *Gulfstream* Mexicali, los procesos y servicios son regulados por las diferentes instituciones mexicanas, así como la FAA de EUA, es por ello por lo que el enfoque en la seguridad de los empleados y en la calidad de los productos y servicios, es fundamental y está presente en cada actividad que se realiza día con día. El enfoque en la mejora continua ha sido clave para proporcionar a *Gulfstream* en una de las mejores empresas para trabajar, obteniendo en 2014 el lugar 41 de 100 a nivel nacional en *Great Place to Work* y en 2016 el lugar número 8, logrando ser de los mejores lugares donde cualquier persona deseara pertenecer y formar parte.

1.4 Departamento de soporte

En *Gulfstream* Mexicali, el departamento de soporte está conformado por un grupo de Ingenieros que brinda atención directa e indirecta al área de producción de las diferentes unidades de negocio, dependiendo del giro eléctrico o estructural, será el equipo asignado. En general por cada departamento existe un Ingeniero experto que es el responsable para cada unidad de negocio que le dará seguimiento a la introducción de primeros artículos. En la Figura 10 se presentan los departamentos que conforman el soporte de las unidades de negocio estructurales.



Figura 10. Diagrama de los departamentos de Soporte.

Fuente: Elaboración propia.

Los departamentos de las unidades estructurales son elementos claves que tendrán relación para dar vida a este proyecto, en el equipo de soporte son en total son nueve personas, una por cada departamento, que son responsables de atender los primeros artículos estructurales que pasaran a revisión por cada uno de los departamentos. Las unidades de negocio estructurales son seis: Ensamblaje, Fabricación, Maquinado, *Honeycombs*, *Z frames* y *Cabinets*.

En este mismo diagrama se hace la clasificación de soporte directo e indirecto, esto es porque no todos los departamentos atienden soportes directamente a las órdenes de producción, su labor aporta valor, pero en diferente forma. Sin embargo, todo el equipo consolida el éxito de los primeros artículos.

La interacción de todo el equipo de soporte provee la estructura de todos los nodos por los que pasa el proceso de primeros artículos.

Algunos de ellos pueden trabajar en paralelo, pero la gran mayoría depende del departamento anterior, en el diagrama que se muestra se indica el orden de precedencia en el flujo. Uno de los puntos a considerar es que no todos los Departamentos son esenciales, dependerá de las características del número de parte.

En la mayor parte de las situaciones, herramientas es el principal departamento que varía en cuestiones a los requerimientos, ya que menos del 20% de los primeros artículos requieren herramientas para su manufactura.

1.5 Flujo de los primeros artículos estructurales

Acorde a la Figura 11, un flujo de un número de parte de fabricación por ejemplo iniciará con la revisión manufactura (1) posteriormente pasará con planeación de producción (2) para que se le asigne fecha de liberación de la primera orden, enseguida continuará con planeación de la manufactura (3) para elaborar la lista de materiales y la rutina de producción.

Una vez que se termine pasará con Calidad (4) para que audite los materiales y la rutina, se generará el modelo por parte de modeladores (5) y las herramientas (6) en caso de que aplique, finalmente materiales (7) revisará la disponibilidad y fechas de entrega de los materiales e industrial (8) actualizará los termómetros de producción para contabilizar la próxima carga de trabajo de cada una de las áreas. En este momento todo está completo para que planeación de la producción (9) libere la orden.

En forma general, el flujo del primer artículo inicia cuando el departamento de de manufactura sube los números a un sistema digital para el seguimiento y termina cuando planeación de producción libera las órdenes para iniciar su manufactura, el flujo completo se describe en la Figura 11. No se considera manufactura ni control de producción como soporte directo porque no participan en el flujo de nuevos productos.

Cada departamento involucrado tiene una serie de actividades reguladas por parámetros que cumplirán y que simbólicamente completarán en sistema una vez que terminen sus revisiones y aprobaciones. Al cerrar cada departamento, iniciará el proceso del siguiente.

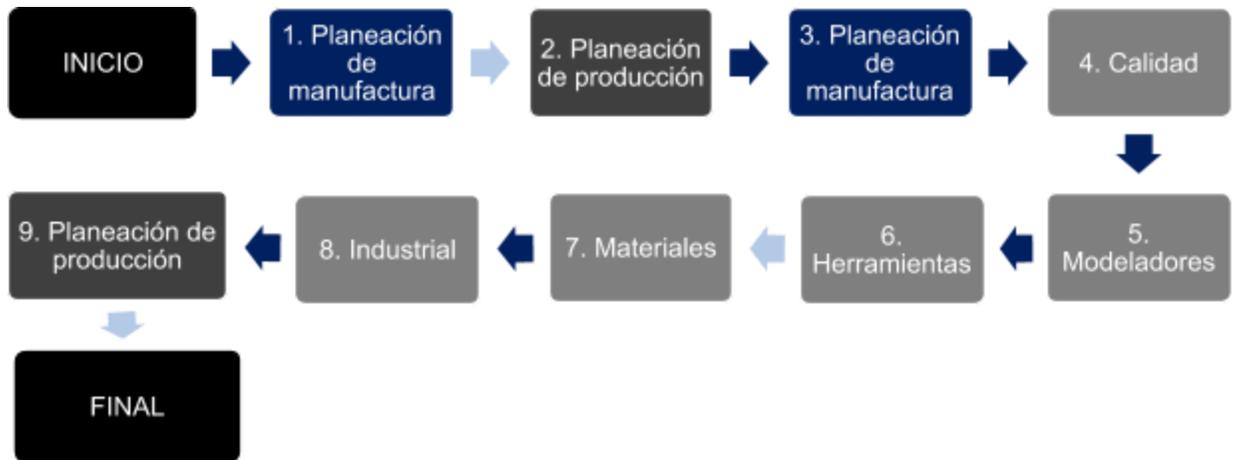


Figura 11. Flujo de los departamentos de primeros artículos

Fuente: Elaboración propia.

Uno ejemplo adicional es un número de ensambles, este número viaja a través de los nueve pasos que se indican en la Figura 11 e interactúa con los nueve nodos que se muestran en la Figura 10. Aproximadamente un 30% de estos números lleva modelos porque son ensambles grandes donde se agregan componentes de varias instalaciones del avión y necesitan modelos de manufactura para asegurar el correcto ensamblaje de cada una de estas piezas.

Una vez que este flujo de primeros artículos termina, las ordenes están en proceso de producción, según los reportes del 2019 en promedio se detienen 4 de cada 10 órdenes por errores en las rutinas, falta de materiales o herramientas principalmente. Estos problemas son escalados a los departamentos de primeros artículos según aplique, en su mayoría a los departamentos de planeación de manufactura y materiales.

Los Ingenieros representantes de cada unidad de negocio estructural brindan el soporte a la solución de las escalaciones reportadas, revisando a detalle cada una de las situaciones para encontrar las causas y proponer soluciones de contención y sistemáticas para erradicar el problema.

1.5 Antecedentes

Como parte de uno de los principales procesos realizados en todos los productos en *Gulfstream Mexicali*, es la introducción de los primeros artículos antes de que bajen las órdenes a producción. Este proceso se activa con la liberación de los diseños de los cambios de ingeniería hasta que se crean las rutinas de manufactura, definiendo materiales, procesos y secuencias de la misma manufactura de los productos.

Durante al menos 5 años el sistema de primeros artículos en *Gulfstream Mexicali* ha evolucionado de acuerdo con las necesidades de los diferentes departamentos, pero también a las características de los nuevos artículos derivados de los cambios de ingeniería y a los nuevos productos recibidos de transferencias de otros sitios de *Gulfstream* en EUA.

Antes se utilizaba un sistema diseñado en *Excel* donde cada departamento entraba para verificar los números que tenía por revisar y cerraba su nodo seleccionando la opción en el mismo sistema. Este método resultaba útil pero conforme se iba incrementando la base de datos, el sistema se volvía lento, ocasionaba interrupciones en el proceso y no era útil para utilizar ni desarrollar reportes ya que la base de datos se generaba en *Microsoft Access*. En la Figura 12 se muestra la pantalla principal del sistema de primeros artículos para la unidad de negocios de Fabricación, cabe aclarar que para cada unidad de negocios se tenía su propio archivo en *Excel* porque como se ha explicado dependiendo de las características del producto son los departamentos que ingresan al sistema a revisar.



DATA INPUT

Part Number: Search Edit
By name: OPEN CLOSED

FA Meeting
OPEN DEPT Checklist G4-G5 G650 AAP G500 G600 ALL
 Part Number MOA Assigned FA Date Start Date Issues

CHECKLIST ISSUES

ME Audit QCIP Raw Material IIM Tooling **NC Programming** IE Nes < >

Task: Complete NC Program

Machine:
NC Programmer: ASSIGN
DMS only?: OPEN
Prog. Number: UPDATE
Prog. Date: CLOSE Opti

OPP?

Status Released Comments History

SCHEDULING	ME AUDIT	NC PROGRAM	INDUSTRIAL	ORDER RELEASE
PLANNING	IIM	RAW MATERIAL	PRODUCTION	
	TOOLING	QCIP	NESTING	

0 Items. Due:

Export Stats Pivot Table



Figura 12. Sistema de Primeros Artículos en Excel

Fuente obtenido de los sistemas internos de Gulfstream Mexicali.

1. 6 Justificación

La investigación e implementación de nuevas metodologías es pauta para la mejora continua de procesos y sistemas industriales. En *Gulfstream Mexicali*, como parte de los objetivos organizacionales del departamento de Tecnologías de Manufactura, es de interés conocer y aplicar nuevas metodologías en el proceso de introducción de primeros artículos de las unidades de negocio estructurales.

Es por ello por lo que se busca mejorar el sistema actual de primeros artículos, para lograr que al menos el 90% órdenes no tengan ningún soporte a través de la investigación y conocimientos aplicados durante la maestría de Ingeniería e Innovación de CETYS Universidad. Con ello se busca proyectar un ahorro de \$10,000 dólares en horas invertidas en soporte diario a lo largo de un año.

Con gran interés se justifica que este proyecto tendrá beneficio a la comunidad de Mexicali fortaleciendo el crecimiento de la Industria, logrando mejores resultados de calidad y confianza en la mano de obra mexicana a través de proyectos de mejora como el que se desarrolla en este documento.

1.7 Planeamiento del problema

El departamento de Soporte estructurales ha tenido baja productividad en 2019, por deficiencias en el proceso de introducción de los primeros artículos estructurales, ocasionando que en producción se detengan en promedio 4 de cada 10 órdenes por falta de un análisis de falla de los departamentos de manufactura/planeación, calidad y materiales principalmente. El métrico de soporte será analizado dentro del objetivo a reducir.

Este métrico detectó dado a que hubo una reasignación de ingenieros de soporte por cambios organizaciones, esto denotó que el tiempo de espera de las órdenes en espera de resolver un soporte fuera un factor que se analizó de las bases de datos de las órdenes liberadas. Dichos tiempos se reflejaban en la base de escalaciones de la unidad de negocio, reportando que al menos el 40% de ordenes necesitaban atención y detenían su flujo de producción hasta solucionar el soporte.

Para fines de este proyecto, se centrará la atención en las escalaciones reportadas en el 2019 para cada una de las seis unidades de negocio estructurales, esta información se presenta en la Figura 13. Se clasificaron las órdenes mensuales que han tenido soporte y las que no, detectando a Fabricación como la unidad de negocios con mayor soporte requerido, con 3500 órdenes mensuales en el 2019. En orden de mayor soporte requerido resultaron: Fabricación, Maquinado, *Honeycombs*, Ensamblados, *Z frames* y por último *Cabinets*.

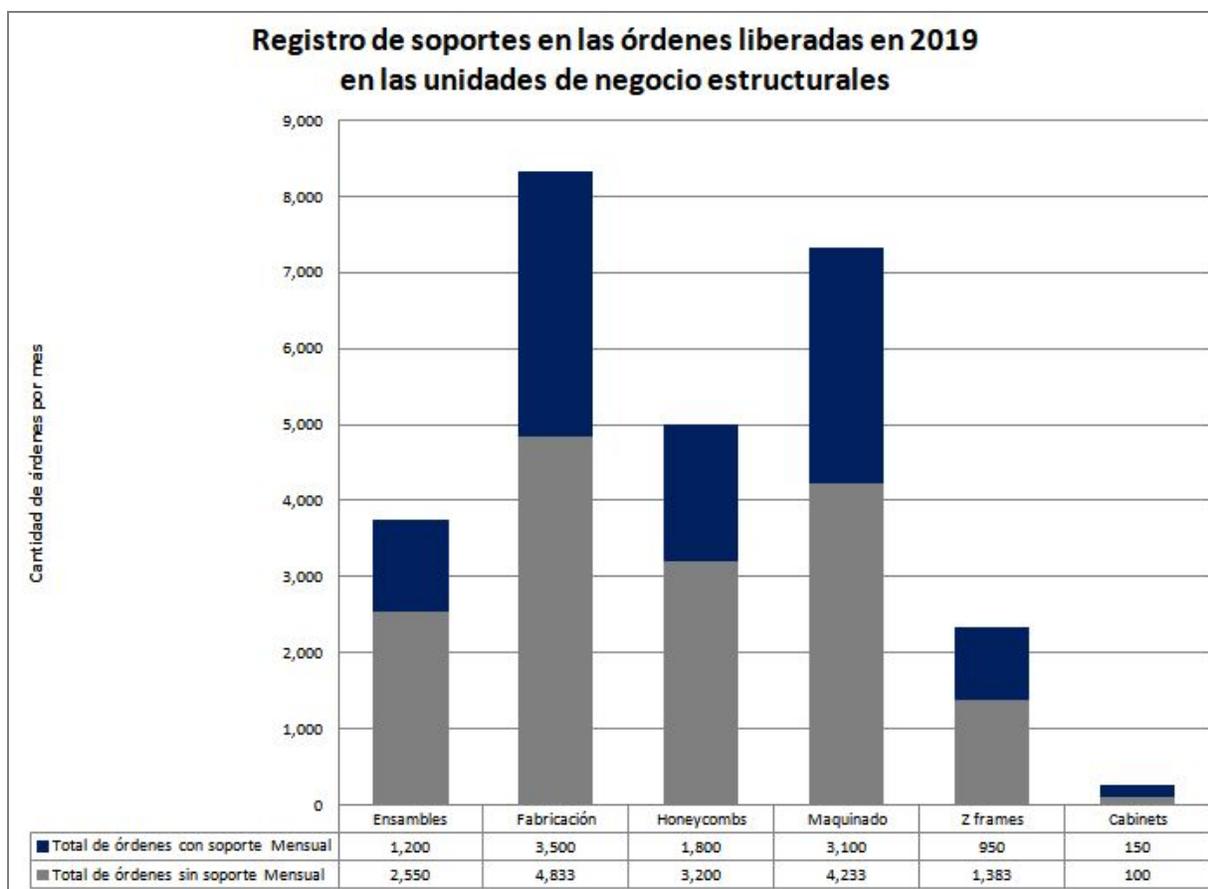


Figura 13 . Gráfico de órdenes liberadas en 2019.

Fuente: Elaboración propia de acuerdo con la base de datos de producción.

Los registros de los 2019 proveídos por el Departamento de Control de Producción indican que se liberaron más de 320 mil órdenes en las unidades de negocio estructurales, de las cuales 27 mil órdenes detuvieron su flujo de manufactura por escalaciones reportadas. En promedio un 42% de las órdenes liberadas tienen escalaciones, son casos reportados por materiales en corto, errores en la rutina, herramientas faltantes, daños en proceso y operaciones omitidas principalmente.

El problema se ha detectado una vez que de las órdenes bajan a producción, iniciando un proceso de investigación para encontrar la causa-raíz de la situación ocurrida con cada número de parte. En la mayor cantidad de las situaciones puede

resolverse en unas horas, pero han existido algunos casos donde se ha detenido por más de una semana por falta de alguna herramienta.

En la Tabla 1 se muestra el desglose de las órdenes y los soportes de las seis unidades de negocio estructurales del 2019. El porcentaje de órdenes con soporte por unidad de negocio varia, dependiendo de la cantidad de órdenes reportadas en cada mes, así como la proporción con respecto del total de órdenes.

Tabla 1. Cantidad de órdenes del 2019 de las unidades de negocio estructurales

Unidad de negocios Estructurales	Total de Anual	Total de órdenes mensual	Total de órdenes sin soporte mensual	Total de órdenes con soporte mensual	% de órdenes con soporte	Proporción de órdenes con soporte
Ensamblés	45,000	3,750	2,550	1,200	32%	11%
Fabricación	100,000	8,333	4,833	3,500	42%	33%
Honeycombs	60,000	5,000	3,200	1,800	36%	17%
Maquinado	88,000	7,333	4,233	3,100	42%	29%
Z frames	28,000	2,333	1,383	950	41%	9%
Cabinets	3,000	250	100	150	60%	1%
Total	324,000	26,999	16,299	10,700	42%	100%

Fuente: Elaboración propia.

El porcentaje de órdenes con soporte más alto se presenta en *Cabinets* con un 60%, esto se esperaba porque la unidad de negocio es relativamente nueva y se encuentran en implementación y validación la gran mayoría de sus procesos, a pesar de esto, se observa que solo representa el 1% de la proporción con respecto al total de órdenes mensuales.

Por otro lado, el menor porcentaje lo tiene a *Ensamblés* con un 32% de órdenes con soporte, en esta unidad de trabajo se ha buscado la estandarización de las rutinas de manufactura y el desarrollo de modelos digitales para evitar los cuestionamientos de procesos de manufactura, se ha entrenado al personal para desarrollar estas habilidades.

En la Figura 14 se visualiza el impacto dependiendo de la proporción del total de órdenes con soporte en el mes, *Fabricación* y *Maquinado* tienen el mayor porcentaje y

representan la mayor proporción del total de órdenes, entre ambas unidades de negocio suman un 62%.



Figura 14. Gráfico de la proporción de órdenes reportadas por cada unidad de negocio estructural

Fuente: Elaboración propia.

Cabe aclarar que este proyecto se enfocará en reducir los soportes de todas las unidades de negocio, no solo a los dos que resultaron más altos. Las acciones implementadas a través de la metodología impactarán a las seis unidades de negocios estructurales.

Es por ello por lo que se define el métrico de soporte y éste estará enfocado en medir el impacto de los soportes en todas las unidades de negocio estructurales una vez desarrollado el proyecto, logrando que reduzca el que 4 de cada 10 órdenes requieran un soporte en su flujo de manufactura.

1.8 Pregunta general de investigación

¿Cómo puede el departamento de planeación de manufactura de Mexicali reducir los soportes en las órdenes de producción, de las unidades de negocio estructurales, en el proceso de introducción de primeros artículos?

1.8.1 Preguntas de investigación

1. ¿Dónde ocurren y cómo se generan las desconexiones que ocasionan las fallas en la introducción de primeros artículos?
2. ¿Qué metodologías existen y qué resultados se obtienen al aplicarlas siguiendo el proceso de introducción de los primeros artículos automotrices?
3. ¿Cómo se genera una mejora eficiencia en el proceso de introducción de primeros artículos en *Gulfstream Mexicali*?

1.9 Objetivo

Este proyecto tiene como el objetivo generar una propuesta de mejora del proceso de introducción de primeros artículos, a través de un modelo de validación de nuevos productos que asegure que al menos un 90% de las órdenes de producción no requieren soportes y fluyen sin inconvenientes a lo largo de su manufactura, garantizando la calidad del producto y eficiencia del proceso. Logrando que el métrico de soporte de las seis unidades de negocio estructurales sea igual o menor a un 10%.

1.9.1 Objetivos específicos

1. Determinar las causas donde se generan las fallas en la introducción de los primeros artículos.

2. Conocer qué metodologías aeroespaciales y automotrices existen y cuáles son los principales beneficios de aplicar metodologías en los primeros artículos en la industria Aeroespacial.
3. Generar un modelo de mejora en el proceso de primeros artículos estructurales en *Gulfstream Mexicali*.

1.10 Hipótesis

La causa de los soportes requeridos en la introducción de los primeros artículos estructurales es ocasionada por la falta de evaluación en la revisión de cada uno de los departamentos requeridos en este proceso durante el proceso de nuevos productos.

Una revisión a detalle e identificación de modos de falla permitirá lograr un métrico de soporte menor a 10% reflejado en la reducción de los soportes en las órdenes de producción de las unidades de negocio estructurales.

Capítulo II: Marco teórico referencial

A continuación se presenta el marco teórico de referencia para el desarrollo de este proyecto, se revisaron más de 50 referencias de libros, artículos y páginas *Web* de temas relevantes asociados al proyecto.

El marco teórico de este proyecto inicia con la historia y analiza la situación actual de la industria aeroespacial, así como los retos en México. Posteriormente se hace una revisión de estándares que regulan los nuevos productos y procesos de introducción de primeros artículos. Se muestra información de la industria automotriz y las aplicaciones que se relacionan con la industria de interés del proyecto, finalmente se hace una revisión de referencias de herramientas que se han utilizado en proyecto de mejora que funcionan para los objetivos específicos de esta investigación.

2.1 Historia y situación actual de la industria aeroespacial en una visión global y local.

La industria aeroespacial a nivel mundial tiene su origen y su mayor auge principalmente después de la Segunda Guerra Mundial. Esta época se caracterizó por un rápido avance en la industria aeronáutica, y, posteriormente, las amenazas de una guerra nuclear obligaron a los países a retomar los estudios en lanzamiento de cohetes balísticos, lo que dio origen a la llamada "carrera espacial", en la que la Unión Soviética se disputó la supremacía espacial con Estados Unidos por décadas (Dávila, 2003).

(Nava, s.f) afirma que "en la última década, México se ha colocado entre las naciones líderes en manufactura aeronáutica y aeroespacial con más de 287 empresas, en su mayoría extranjeras, que generan una gran cantidad de empleos, pero, sobre todo y más importante, que crean a su alrededor otras empresas nacionales vinculadas al sector, lo que convierte a las grandes compañías en organismos madre con empresas más pequeñas en su entorno. Este conjunto de industrias conforma los grandes *clusters* aeronáuticos en varios estados de la república. Como consecuencia, se ha generado la necesidad de que estas entidades transformen sus sistemas educativos y creen carreras relacionadas al medio

aeronáutico para poder competir en el ramo y proveer a estos *clusters* de personal capacitado." (sección La historia espacial y la historia satelital de México, párr.15).

Por otro lado la Industria Aeroespacial Mexicana se ha desacatado a nivel mundial, según afirma (Barajas, 2019) que "el común denominador de los países altamente integrados con la industria aeroespacial, no es ni la ubicación geográfica ni una mano de obra barata, lo que ha detonado la industria aeroespacial que representa exportaciones globales por más de 838 mil millones de dólares (concentrando el 33% en Estados Unidos, seguido por Francia 19% y Alemania 14%), es la capacidad de generar el talento, estableciendo como prioridad los programas académicos donde se privilegia la innovación en el desarrollo de partes o componentes y la digitalización de los procesos de manufactura". (párr. 3).

Según el Programa Estratégico de la Industria Aeroespacial del 2017 se afirma que "América del Norte ha logrado atraer más de 300 proyectos, 27% del total de proyectos identificados. Estados Unidos se posiciona en primer lugar del ranking y México como 3er lugar para la atracción de proyectos aeronáuticos y es 1º entre los países latinoamericanos". (Secretaria de Economía, 2017).

(Barajas, 2019) " En el caso de México es un claro reflejo de como se ha desarrollado la industria, concentrándose en los estados con desarrollo académico alineado a las necesidades industriales; si tomamos como ejemplo los principales estados proveedores de la industria aeroespacial como Baja California, Chihuahua, Sonora, Nuevo León y Querétaro; estos estados se han identificado por desarrollar programas académicos que están ligados a las necesidades de esa industria, ejemplo claro, es como las empresas se han establecido donde han encontrado el talento necesario para no ser solamente operaciones maquiladoras, sino también centros de desarrollo e innovación de nuevos programas. (párr. 4).

En la Figura 15 se identifican las tres aéreas donde se centraliza las actividades empresariales de la Industria Aeroespacial, estas aéreas son la manufactura de compontes y su ensamblaje, MRO y el diseño e ingeniería para el desarrollo de nuevos productos.

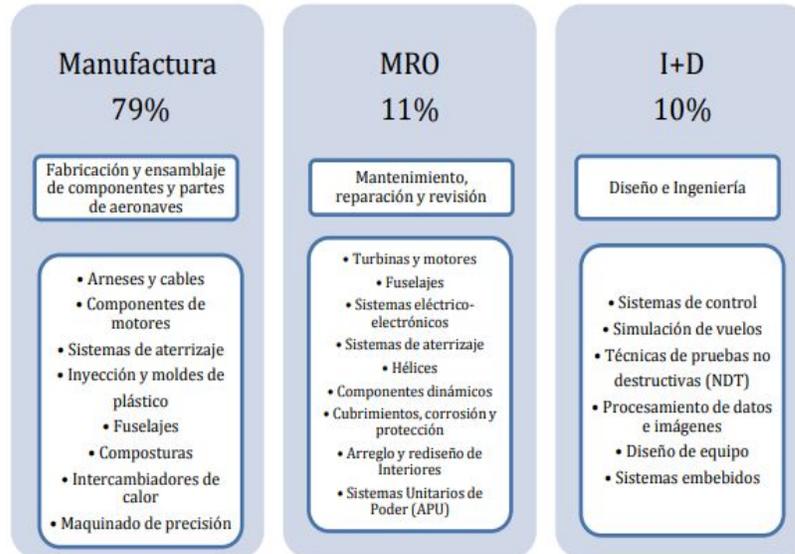


Figura 15 . Estructura de la Industria Aeroespacial en México

Fuente obtenido en:

<http://www.agendasinnovacion.org/wp-content/uploads/2015/01/4.4-Agenda-del-%C3%A1rea-Aeroespacial1.pdf>

La industria aeroespacial en México cuenta con ventajas entre otros países dado a la posición geográfica del país. México se encuentra cerca a los principales centros de desarrollo de tecnología aeroespacial en EUA, esto le permite obtener ventajas competitivas en costos de operación y disponibilidad de obra calificada según se afirma por la (Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial, s.f.).

En la Tabla 2 se muestran los principales *clusters* aeroespaciales en México, iniciando por estado de Baja California y la ciudad de Mexicali, destacando como uno de los principales jugadores la empresa *Gulfstream*.

Tabla SEQ Tabla 1* ARABIC 2. Principales clusters aeroespaciales en México

PRINCIPALES CLÚSTERES	ESPECIALIDAD	PRINCIPALES JUGADORES
<i>Baja California:</i> ☒ Mexicali ☒ Tecate ☒ Tijuana	Eléctrico– Electrónico Manufactura de partes	51 empresas entre las que destacan: ☒ Honeywell ☒ Gulfstream Interiores Aéreos
<i>Chihuahua:</i> ☒ Chihuahua ☒ Ciudad Juárez	Manufactura de partes y fuselajes, eléctrico- electrónico, interiores, mecanizados	28 empresas entre las que destacan: ☒ Labinal, de Grupo Safran ☒ Cessna Aircraft ☒ Textron International ☒ Grupo American Industries
<i>Querétaro:</i> ☒ Querétaro	Fabricación de componentes de motor y trenes de aterrizaje Ensamble de componentes y fuselajes de avión, MRO	32 empresas entre las que destacan: ☒ Bombardier ☒ ITP Ingeniería y Fabricación. ☒ SNECMA, de Grupo Safran ☒ Messier Dowty de Grupo Safran ☒ GE-IQ ☒ Aernnova
<i>Sonora:</i> ☒ Hermosillo ☒ Guaymas ☒ Ciudad Obregón	Manufactura de componentes para motores y turbinas, fuselaje y materiales compuestos.	43 empresas entre las que destacan: ☒ Goodrich Aerostructures de México ☒ ESCO
<i>Nuevo León:</i> ☒ Apodaca ☒ Monterrey ☒ Santa Catarina	Forjas y maquinados, fabricación de componentes, ensambles de fuselajes de helicópteros.	29 empresas entre las que destacan: ☒ Frisa Forjados ☒ MD Helicopters

Fuente obtenido de:

<http://www.agendasinnovacion.org/wp-content/uploads/2015/01/4.4-Agenda-del-%C3%A1rea-Aeroespacial1.pdf>

(Siglo 21, 2017) afirma que "Baja California tiene más de 51 años de antigüedad en la industria y la mayor concentración de empresas aeroespaciales en la República Mexicana, con 94 empresas establecidas en la región, muchas de ellas con certificaciones, que representan el 21% a nivel nacional; y una plantilla laboral de 35 mil personas entre operadores, técnicos e ingenieros que realizan procesos de diseño, ensamble, manufactura y operaciones de mantenimiento y reparación, aprobadas por la FAA" (párr. 5).

2.2 Retos de los proyectos aeroespaciales en México

(Chavarria, 2015) afirma que " la gran parte de las empresas en México tienen graves problemas al enfrentar a nuevos proyectos y diseños que dan como resultado clientes insatisfechos y en el peor de los casos la pérdida de estos debido a no contar con una correcta planeación. Algunas de las debilidades y problemas que son preocupantes para el crecimiento de las empresas es la falta de planificación a mediano y largo plazo, que provoca una gestión de carácter reactivo, escasa atención en el tema de calidad, al no darle importancia a la calidad de sus productos o servicios, así como a la producción, llegan a perder clientes por la razón que hacen automáticamente las operaciones de vender y producción." (párr. 2).

(Robledo, Ernesto, & Castedo, 2018) aseguran que " en la industria aeronáutica de México se ha trabajado continuamente para lograr una manufactura de clase mundial que permita instalar un sistema de producción robusto y flexible, optimizando la capacidad y control del proceso por medio del mejoramiento continuo y una sistemática eliminación del desperdicio. Por ello, se desarrollan estrategias que permitan reducir costos, mejorar el tiempo de entrega y motivar la preferencia del cliente."(párr. 3).

(Robledo, Ernesto, & Castedo, 2018) confirman que la industria automotriz " ha sido referente histórico en la industria de la transformación, desde los inicios de la administración científica con F. W. Taylor hasta las más avanzadas tecnologías promovidas por la industria 4.0 alemana. La industria aeroespacial ha buscado emular los sorprendentes resultados de la industria automotriz, adoptando sus principios y herramientas en la administración de la producción". (sección marco teórico, párr. 2).

En la Tabla 3 se describen ciertas características de las líneas de producción y se hace una comparación de la industria automotriz y la aeroespacial donde se identifican similitudes y distinciones, utilizando la clasificación de los procesos de Krajewski, Ritzman y Malhotra. (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008).

Tabla 3. Diferencias entre la línea de ensamble automotriz y aeroespacial

Características	Línea de ensamble Automotriz	Línea de ensamble Aeroespacial
Ambiente de producción	"Hacer para almacenar"	"Hacer por orden"
Organización de los recursos	Centralizado al producto	Centralizado al producto
Tecnología de proceso	Alto grado de automatización	Muy bajo a nulo grado de automatización
Grado de especialización del recurso humano	Bajo a moderado	Muy especializado
Secuencia de ensamble	Muy repetitivo y estandarizado	Muy divergente
Mezcla de modelo	Elevada	Único modelo, especialmente en línea de ensamble final
Tipo de manufactura	Línea de ensamble	Línea de ensamble
Volumen	92 millones de autos anuales (Promexico 2016)	1,500 unidades anuales (FEMIA, 2012)

Fuente: (Robledo, Ernesto, & Castedo, 2018)

2.3 Estándares Internaciones Aeroespaciales

Se toma de referencia el estándar A9145 y según (International Aerospace Quality Group, s.f) presenta una materia de referencia sobre APQP y PPAP y este "se basa en los principios de la planificación de la calidad pioneros por Deming de la década de 1950 y la industria automotriz durante las últimas décadas del siglo XX.

Afirma (International Aerospace Quality Group, s.f) que "General Motor, Ford & Chrysler publicaron el primer manual combinado de APQP para la industria automotriz en junio de 1994 y en la industria aeroespacial se publicó el Manual APQP en 2013. Finalmente se generó el estándar 9145 de APQP/PPAP aeroespacial publicado en 2017".

A diferencia de otras industrias, la aeroespacial tiene menores volúmenes de producción, largos ciclos de vida de los productos y altos niveles de regulaciones.

El seguir la metodología APQP proporciona los siguientes beneficios:

- Proporciona un método estructurado con resultados definidos para asegurar que los nuevos productos satisfagan las necesidades y deseos del cliente.
- Utiliza la gestión de proyectos para impulsar la entrega a tiempo y en calidad del producto mediante el monitoreo de entregas clave del proyecto.
- Emplea un enfoque multifuncional para apoyar el compromiso y la comunicación efectiva.
- Establece una mentalidad proactiva y preventiva.

Asegura (International Aerospace Quality Group, s.f) que " El enfoque APQP ayuda a satisfacer al cliente mejorando la calidad del producto al anticipar y mitigar los riesgos, eliminar defectos y reducir la variación del proceso. Así como proporcionar un menor tiempo de entrega al reducir el desperdicio y la reelaboración, además de gestionar mejor la capacidad y reducir los costos."

En la Figura 16 se visualiza el modelo de la metodología APQP, se muestra en la pirámide que se divide en fases, elementos y entregables. Dicho modelo se compone de planeación, diseño de producto, diseño de procesos, validación de procesos y productos y la producción, obteniendo un PPAP como entregable.

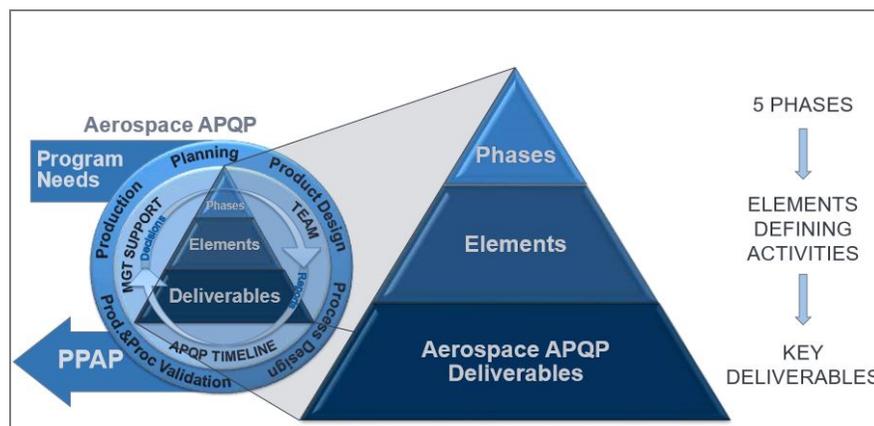


Figura 16 . Modelo APQP

Fuente: (International Aerospace Quality Group, s.f)

AQPQ soporta todo el proceso de desarrollo de un producto en tres áreas básicamente y algunas de sus estrategias son:

- Aplicar a cada artículo una estructura definida por producto.
- Estandarizar los entregables para cada fase del AQPQ.
- Evaluar la madurez basada en el tiempo y la calidad de cada entregable.

En la Figura 17 se presenta el proceso de desarrollo de un producto propuesto por AQPQ compuesto por 5 fases, donde se identifican los hitos principales de este flujo, así como las etapas por las que debe seguir el producto para cumplir con las fases de planeación del APQP. Este proceso cubre desde *el kick off* del proyecto hasta cuando la manufactura del proceso de inicia, dejando de ser un primer artículo.

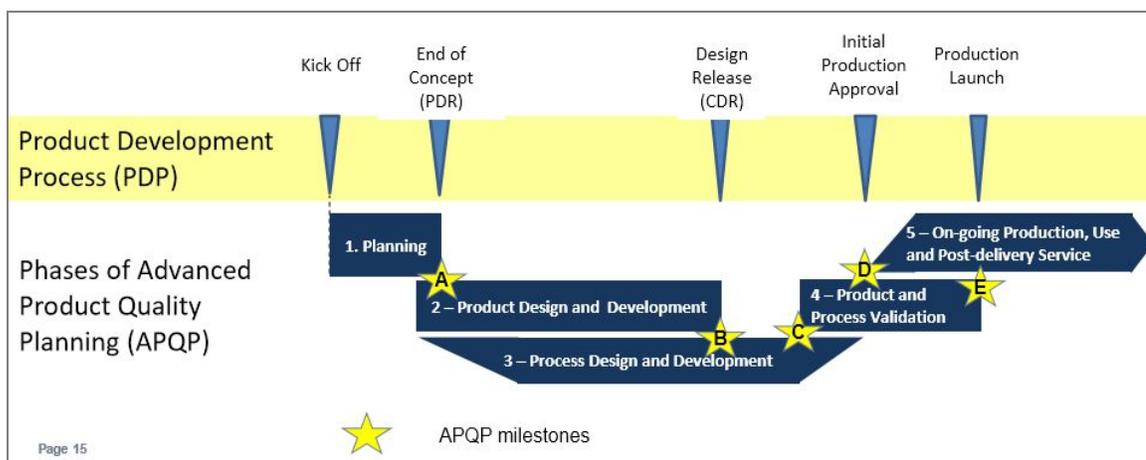


Figura 17. Fases del desarrollo de un producto

Fuente: (International Aerospace Quality Group, s.f)

En la primera fase se identifican todas las entradas aplicables para el producto, se recolecta toda la información técnica y no técnica de los requerimientos del producto y del proyecto. Se definen los objetivos y metas del proyecto, así como también se asegura que las decisiones que se tomen se considere también la opción de que algunos procesos se realicen internamente o se busquen proveedores externos, aquí

se evalúa el costo-beneficio. El entregable de esta fase es un concepto del prediseño del producto y una lista de materiales disponibles.

En la segunda fase se robustece el diseño del producto con todas las especificaciones para verificar el diseño y el equipo se compromete a la validación de la manufactura del producto. El entregable de esta fase es un diseño validado y un listado de materiales confirmado.

En la tercera fase se robustece el proceso de manufactura asegurando la calidad y cantidad del producto. Se definen los métricos para evaluar este proceso y sus resultados. El entregable de esta fase es un proceso definido, establecido y verificado, listo para validación.

En la cuarta fase el enfoque es en iniciar la producción a través del flujo del primer artículo para verificar que el producto este conformante con todos los requerimientos. Se completa también la inspección y se aprueban por el cliente. En esta fase el entregable es un PPAP aprobado y disponible para la revisión del cliente.

Finalmente, en la quinta fase se evalúa si los objetivos del producto o proyecto fueron satisfactorios, se documentan las lecciones aprendidas y se implementan las acciones para incrementar la satisfacción del cliente. Los entregables de esta fase son metas cumplidas, incluyendo de calidad, confiabilidad y satisfacción del cliente, así como también factores de entregas a tiempo y con costos de producción y servicios rentables.

En la Figura 18 se presentan las fases antes descritas con los flujos de las partes y la identificación de los hitos de cada fase. Se define las etapas donde se requieren prototipos, se desarrollan los productos, se certifican las partes, se inicia con el PPAP y finalmente concluye con la producción en masa de los productos.

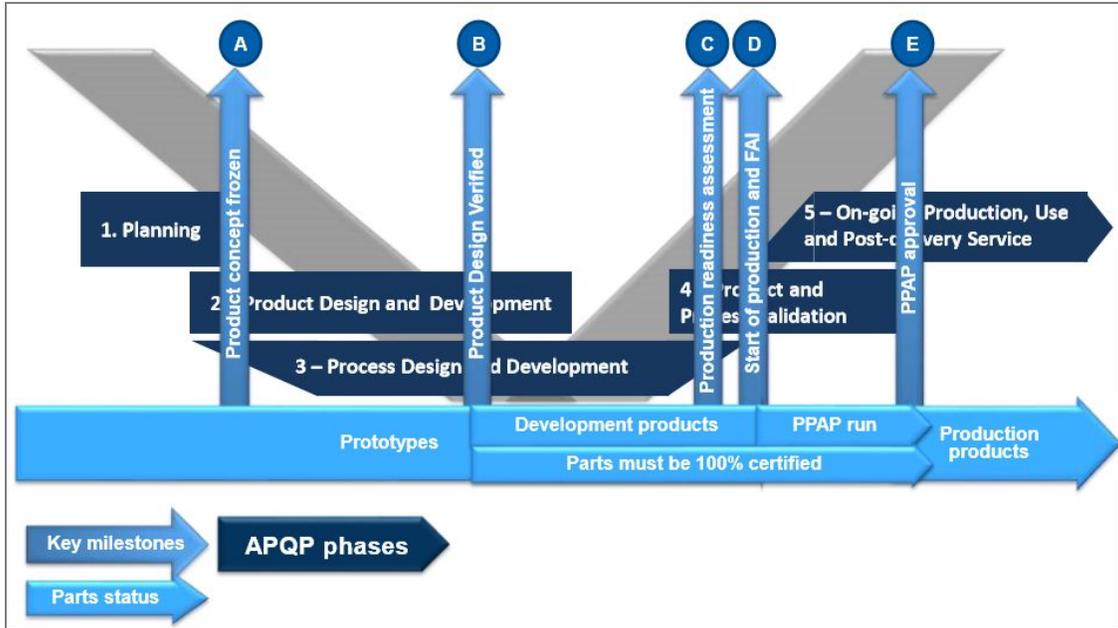


Figura 18. Fases del APQP indicando los flujos de cada hito

Fuente: (International Aerospace Quality Group, s.f)

En la Figura 19 se presentan las fases antes mencionadas pero según el Manual de General Motors donde se describen etapas desde la aprobación del concepto hasta la planeación de este conforme a (General Motors, 1999).

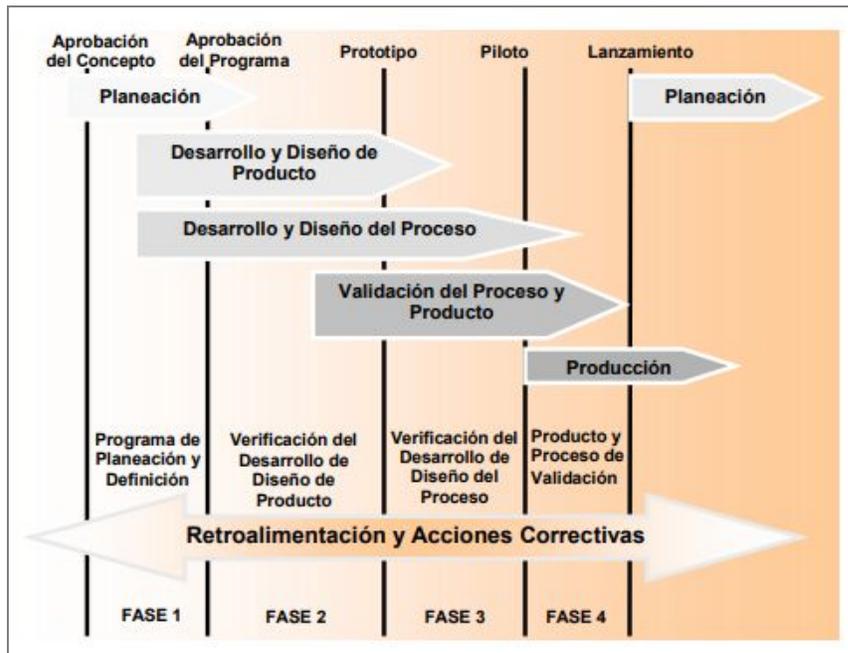


Figura 19. APQP de General Motors

2.4 Implementación de un Sistema de Calidad

Según (Macias, L., 2004) " mucho se ha dicho a cerca de la transición de los sistemas de calidad y de las recomendaciones de cómo lograr esta transición e implementar un sistema de calidad".

(Kymal, C., 2003) "propone cuatro pasos y una alternativa de enfoque para que las empresas estén listas para el futuro". Los pasos se describen a continuación:

- Paso 1. - Crear un Mapa de Procesos y entender los requerimientos del cliente.
- Paso 2. - Llevar a cabo un análisis del sistema actual para encontrar posibles oportunidades de ataque.
- Paso 3. - Implementar un Sistema de Operación de Negocios.
- Paso 4. - Implementar un Proceso de Revisión de Metodología.

2.5 Enfoques de las industrias Aeroespaciales y Automotrices

Según (Secretaría de Economía, 2012): "La industria aeroespacial es una de las más complejas e importantes en el mundo. La naturaleza de su contenido exige innovación tecnológica, así como capacitación permanente de recursos humanos; también requiere de una gran sensibilidad en los procesos productivos que involucran a una industria de la cual dependen vidas humanas".

Según él (Plan Nacional Estratégico de la Industria Aeroespacial, 2015): " la cadena de valor mundial de esta industria se divide en varios segmentos: aeronaves y sus partes; motores de aeronaves y sus partes; sistemas eléctricos-electrónicos y aviónica; mantenimiento, reparación y revisión, simuladores y entrenamiento; y espacial, misiles, armamento y otros. Para su manufactura, los segmentos antes mencionados son enviados a diversas localidades del mundo, donde se han creado condiciones para emprender y desarrollar su producción cuyo grado de sofisticación tecnológica, se advierte en el bien final, más no necesariamente en la elaboración de pequeñas piezas aparentemente de manufactura sencilla".

(Mares & Pérez, 2016) confirman que: "para las empresas de manufactura que forman parte de la cadena de suministro de la industria automotriz es requisito indispensable estar preparadas para el cambio, ya sea en sus procesos, en su diseño, en sus materiales o hasta en su infraestructura. Los constantes cambios en el diseño de los vehículos representan un reto para todos los proveedores".

"Cuando los proveedores de la industria automotriz no están preparados para adaptarse a un cambio de diseño en sus componentes se pone en riesgo la producción masiva de vehículos afectando al cliente final que son los consumidores. El AIAG (*Automotive Industry Action Group*) es una organización de escala mundial que sirve de foro para que empresas de todo el mundo desarrollen y compartan información que contribuya con la industria automotriz. Esta organización ha proporcionado una herramienta denominada APQP, esta comparte un método estructurado para definir y establecer los pasos necesarios para asegurar que un producto satisface al cliente" según (Mares & Pérez, 2016).

(Vidal, 2016) nos indica que: "Hoy en día ya hay alternativas a la entrega del PPAP, y la más importante es el ISIR (Reporte de Inspección de la Muestra Inicial), desarrollado por Volkswagen y BMW para su uso en Alemania. Incluye gran parte de los elementos de un PPAP, aunque con diferentes denominaciones; sin embargo, no requiere, por ejemplo, de descripciones del proceso de producción. Casi la totalidad de las empresas pertenecientes a la industria automotriz utilizan el PPAP como garantía obligatoria para sus clientes y, de hecho, todas las que estén certificadas bajo la norma ISO/TS 16949 estarán familiarizadas con el concepto. Sin embargo, como muchos de los conceptos y metodologías que evaluaremos más adelante, no se limita a la industria automotriz".

2.6 PPAP

(SPC GROUP, 2012) indica que: "PPAP por sus siglas *Production Part Approval Process*, es una de las herramientas también conocidas como *Core Tools* y se utiliza en la cadena de suministro para establecer la confianza de los componentes y procesos de producción de los proveedores principalmente del sector automotriz, esta es un requerimiento de la especificación técnica ISO/TS 16949".

"Aunque muchas compañías tienen sus propios requisitos específicos, la AIAG ha desarrollado un estándar común PPAP como parte de la planificación avanzada de la calidad del producto mejor conocido como APQP; esto fomenta el uso de formas y terminología estándar para la documentación de los proyectos" según (SPC GROUP, 2012).

El proceso PPAP está diseñado para demostrar que el proveedor de componentes ha establecido su proceso de diseño y producción para satisfacer las necesidades de la empresa orientadas a los clientes, minimizando el riesgo de incumplimiento y eliminando los riesgos o fallas en el proceso.

(SPC GROUP, 2012) define 18 elementos claves para el desarrollo de un PPAP, a continuación se detallan:

1. **Registros de Diseño:** una copia del dibujo. Si el cliente es responsable de este diseño es una copia del plano del cliente que se envía junto con la orden de compra. Si el proveedor es responsable del diseño es un dibujo publicado en el sistema de liberación del proveedor.
2. **Autorización de cambio de ingeniería:** un documento que muestra la descripción detallada del cambio. Por lo general, este documento se denomina "Notificación de cambios de ingeniería"
3. **Aprobación de Ingeniería:** esta aprobación es generalmente el juicio de ingeniería con piezas de producción realizadas en la planta del cliente.

4. **4.FMEA:** una copia del FMEA análisis y modo de falla de diseño, revisado y firmado por el proveedor y el cliente.
5. **Diagrama de Flujo de Proceso:** una copia del flujo del proceso, indicando todos los pasos y la secuencia en el proceso de fabricación, incluyendo los componentes entrantes.
6. **FMEA:** una copia del AMEF análisis y modo de falla de producción, revisado y firmado por el proveedor y el cliente. El PFMEA sigue los pasos de flujo de proceso, e indicar “qué podría ir mal” durante la fabricación y el montaje de cada componente.
7. **Plan de Control:** una copia del Plan de Control, revisado y firmado por el proveedor y el cliente. El Plan de Control sigue los pasos PFMEA, y proporciona más detalles sobre cómo los “problemas potenciales” son verificados en el proceso de montaje de calidad de entrada, o en las inspecciones de productos terminados.
8. **Sistema de Análisis de Medición:** contiene generalmente el estudio R&R de las características críticas, y una confirmación de que los indicadores utilizados para medir estas características son calibrados.
9. **Resultados Dimensionales:** una lista de todas las dimensiones registradas en el dibujo. Esta lista muestra la característica de producto, la especificación, los resultados de la medición y la evaluación de la muestra si esta dimensión está “bien” o “mal”.
10. **Registros de Materiales / Pruebas:** un resumen de cada prueba realizada en la parte. Este resumen es por lo general se encuentra en la forma DVP&R (*Design Verification Plan and Report*), que enumera cada prueba individual, cuando se llevó a cabo, la especificación, los resultados y la evaluación de la aptitud / fallo.

Si hay una especificación de ingeniería, por lo general se observa en la impresión.

11. **Estudios Iniciales del Proceso:** por lo general, esta sección muestra todos los gráficos estadísticos de control de procesos que afectan a las características más importantes del producto.
12. **Documentación del Laboratorio Calificado:** copia de todas las certificaciones del laboratorio donde se realizan las pruebas reportadas en la sección 10.
13. **Reporte de Aprobación de Apariencia:** una copia de la aprobación de la Inspección de la apariencia, firmado por el cliente. Aplicable para los componentes que afectan a la apariencia únicamente.
14. **Piezas muestra:** una muestra del lote de producción inicial.
15. **Pieza Maestra:** una muestra firmado por el cliente y el proveedor, que por lo general se utiliza para entrenar a los operadores de las inspecciones.
16. **Ayudas de Verificación:** cuando hay herramientas especiales para verificar las piezas, esta sección muestra una imagen de los registros de la herramienta y la calibración, incluido el informe dimensional de la herramienta.
17. **Requisitos específicos del cliente:** Cada cliente puede tener requisitos específicos que se incluyen en el paquete PPAP.
18. **Part Submission Warrant:** Este es el formulario que resume todo el paquete PPAP. Este formulario muestra el motivo de la sumisión (cambio de diseño, revalidación anual, etc.) y el nivel de los documentos presentados al cliente. Si hay cualquier desviación el proveedor deberá anotarla en el *Part Submission Warrant* o informar que PPAP no se puede presentado.

2.6.1 Requerimientos de un PPAP

(Vidal, 2016) afirma que: " El PPAP, como tal, es un paquete de documentos con pruebas y certificados aplicados sobre el producto en cuestión, buscando la aprobación del cliente, el cual evaluará cada una de esas pruebas y verificará que, efectivamente, cumplen con los requerimientos solicitados desde un inicio. Este paquete está constituido por pruebas que la AIAG requiere, como análisis dimensionales y de materiales, entre otras; aunque, naturalmente, el cliente decidirá si es necesario agregar alguna otra prueba al paquete. Para poder elaborar un PPAP se requiere cumplir con dos condiciones:

- **Corrida significativa de producción.** Para que el estudio sea válido es necesario que el proveedor haga estas evaluaciones con base en una producción "a gran escala", es decir, lo que sería una corrida normal de producción. Valores más específicos referentes a "corrida significativa" se resumen en:
 - De una a ocho horas de producción ininterrumpida
 - Al menos 300 unidades consecutivas para manufacturar

- **Compleción de los elementos del PPAP.** A menos que una prueba no pueda ser aplicada (caso que usualmente pasa con pruebas referentes a la apariencia y al desempeño), el paquete PPAP deberá estar completo para su entrega, incluyendo el diseño, las pruebas sobre el producto, las pruebas sobre el proceso y los certificados".

Por otro lado (Vidal, 2016) afirma que: " el no cumplir con las condiciones anteriores es causa suficiente para el rechazo del paquete, y por ende del rechazo de las piezas de manufactura. Las circunstancias más comunes para la elaboración y entrega de un PPAP son las siguientes: cuando un producto es introducido a la cadena por primera vez, cuando se requiere de un cambio en el proceso de producción, o bajo indicaciones del cliente".

2.6.2 Niveles de un PPAP

Para su entrega, un PPAP puede ofrecerse en cinco niveles, los cuales se caracterizan por su complejidad:

- Nivel 1. Solamente la Garantía y, en los casos necesarios, un reporte de Aprobación de Apariencia.
- Nivel 2. La garantía con muestras del producto e información básica necesaria a entregar al cliente.
- Nivel 3. La garantía con muestras del producto e información completa entregada al cliente.
- Nivel 4. La garantía y otros requerimientos solicitados por el cliente.
- Nivel 5. La garantía con muestras del producto e información completa revisada en las instalaciones de la organización manufacturera.

Según (Vidal, 2016): "Lo más común es solicitar un PPAP a Nivel 3, ya que es el más ortodoxo en cuanto a lo que refiere a AIAG, aunque para partes de producción de poca importancia suele solicitarse un Nivel 2. Otra práctica común es solicitar una revalidación del PPAP a los proveedores después de cierto tiempo (usualmente un año), como una auditoría sencilla a sus procesos: en este caso no es raro que se solicite un PPAP a Nivel 2."

2.6.3 Costo de un PPAP

Según (Vidal, 2016): "un PPAP es un documento cuyo costo viene incluido dentro del costo de las piezas, y es un costo que puede ser rápidamente diferido por la manufactura masiva de las mismas; sin embargo, no es raro que clientes y proveedores lleguen a acuerdos en los que se solicita una cuota por cada PPAP entregado".

"La principal razón por la cual se podría requerir un costo para la elaboración de un PPAP es que el proveedor no cuenta con la información necesaria para ofrecerlo, y debe recopilarla –cosa que se supone no debería ocurrir, dado que

supuestamente los procesos de una línea de producción son constantemente monitoreados—. Las principales causas para agregarle un costo extra a un PPAP son las relacionadas a las pruebas sobre las piezas: dimensionales, de materiales, de desempeño, estadísticas, entre otras" según (Vidal, 2016).

2.6.4 PPAP en Caterpillar

"En Caterpillar, el PPAP es evaluado por tres partes: ingeniería, procesos y calidad, y cada partido se centra en diferentes secciones. Ingeniería evalúa si la pieza está definida correctamente, el FMEA es actual, completo y crítico las características están adecuadamente definidas.

Ingeniería también comprueba que puede rastrear elementos clave del FMEA y características críticas hasta el plan de control. El ingeniero de control de procesos o ingeniero de fabricación es responsable de asegurarse de que todos los elementos están completos y revisados.

La calidad evalúa la muestra correlación de inspección y medición, determina si las pruebas de laboratorio y los análisis apropiados están completos y revisa los planes de inspección y control. "Cuanto antes comience la colaboración, mejor porque no puedes saltarte ningún paso ", dijo Helgeson. "Cuantas más sorpresas podemos eliminar o abordar al principio, mejor. Hace que las cosas vayan mucho más sin problemas cuando entregamos piezas ".

Caterpillar usa PPAP para todas las piezas, pero no toda parte pasa por el mismo escrutinio. Algo de fundición de metales instalaciones y casas de mecanizado cobrarán por PPAP servicios, mientras que otros lo ven como un servicio al Cliente" según (WETZEL, S., 2013).

2.6.5 PPAP en Honeywell

"Todas las piezas y materiales de producción personalizados, diseñados no estándar para o por *Honeywell*, deben ser aprobados antes de su uso en cualquier producto *Honeywell*. La aprobación se obtiene mediante el proceso AIAG PPAP,

según lo solicitado por la Unidad de Negocios de *Honeywell*" según (Global Supplier Quality Requirements Manual, 2019).

"Todas las presentaciones de PPAP deben incluir un formulario de orden de envío de piezas (PSW) completado por *Honeywell*. Los formularios de PSW completos junto con toda la documentación de respaldo deben enviarse electrónicamente al representante de calidad del sitio de *Honeywell* correspondiente. Las muestras de piezas se proporcionarán según se solicite para las pruebas y aprobaciones.

Los datos para un PPAP deben obtenerse de una serie de producción significativa; no se permiten series de muestras de prototipos. Una producción significativa debe constar de al menos 30 piezas consecutivas, a menos que el representante de calidad del sitio de *Honeywell* indique lo contrario. Este es un formulario obligatorio para todas las presentaciones y debe estar en el formato de *Honeywell*.

Los sitios de *Honeywell* que producen productos aeroespaciales pueden requerir un FAI sobre una base predeterminada por el sitio. El formulario requerido de *Honeywell SPS Part Submission Warrant* también debe enviarse con este envío de documentación.

Todas las presentaciones para el informe FAI deben seguirse de acuerdo con los requisitos del estándar AS9102. Si el proveedor está utilizando fuentes de nivel secundario, se requiere que el proveedor haga fluir estos requisitos a sus fuentes de nivel secundario y proporcione todos los requisitos necesarios según AS9102, según lo solicitado por la unidad de negocios de *Honeywell*.

Cuando el sitio lo solicite, se debe comunicar al representante de calidad del sitio de *Honeywell* que lo solicitó y dentro del plazo solicitado" según (Global Supplier Quality Requirements Manual, 2019).

AS9102: "Esta norma establece los requisitos de referencia para realizar y documentar FAI. Si hubiera un conflicto entre los requisitos de esta norma y los

requisitos legales o reglamentarios aplicables, prevalecerán los requisitos legales o reglamentarios aplicables solicitado" según (SAE International, 2014).

En la Tabla 4 se indica un formato para la revisión general de un primer artículo, en él se describen características importantes que se deberán de responder con un SI o un NO, dependerá de las repuestas para clasificar al artículo de una forma crítica o no. En este mismo formato se indica si requiere un PPAP y la inspección de un primer artículo.

Tabla 4. Forma de revisión Honeywell

GSQRM Acknowledgement Form, Revision A		
Acknowledge your Company's ability to meet the requirements of each Section below by answering Yes or No for each requirement.		
If a section is not applicable to your business please use No		
REQUIREMENT	YES	NO
Quality Certifications	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Contingency Plan	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Customer Notification	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parts Requiring Qualification (PPAP)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
First Article Inspection (FAI)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Record Retention and Certifications (CERTS)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Reportable Substances Honeywell Product Stewardship	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Identification and Traceability	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Corrective Action Report	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Deviation. Requesting a Deviation / Waiver	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Foreign Object Damage (FOD) Control	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Component Solderability	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Intrinsically Safe Components	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Shelf Life Control	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Electrostatic Discharge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Honeywell Owned Tools	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
COTS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Counterfeit Parts Prevention	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Supplier Request for Engineering Change	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente: (Global Supplier Quality Requirements Manual, 2019)

En Tabla 5 se indica el formato de la declaración de los números de parte, según (Global Supplier Quality Requirements Manual, 2019) " un representante de Honeywell puede solicitar una Declaración de activos para todas las herramientas propiedad de Honeywell.

La Declaración de Activos debe presentarse cuando se solicite. Se deben adjuntar al documento fotografías de la herramienta abierta y cerrada. Devuelva el formulario completo al remitente cuando se le solicite. Los productos básicos

(piezas) que requieren este formulario son: *casting*, plástico, estampado, moldeado con caucho, troqueles, placas de nombre y maquinados".

Tabla 5. Declaración de los números de parte.

ASSET DECLARATION

*** All fields must be completed and attached with PPAP Submission Honeywell Owned Tooling required form ***

CASTING				
<i>Part information</i>				
Part Number			Part Description	
Revision Level			Family Asset	
Asset ID Number			Family Part Numbers	
Supplier Part Number			Part Status	Prototype Active Obsolete
Customer Owned (Honeywell)	YES	NO		
<i>Supplier Information</i>		<i>Asset Cost Information</i>		
Supplier Name			Purchase Order Number	
Street Address			Total Asset Cost	
City, Country			Date PPAP was submitted	
GENERAL ASSET INFORMATIONS				
Commodity			Asset Type	
Asset Description				
<i>Tool Information (Construction)</i>		<i>Equipment Tool / Process Information</i>		
Tool Life			Manufacturing Equipment	
Tool Design			Tonnage/Force/Size	
Height			Number of Shots per Hour	
Length			Secondary Operation	
Width				
Die Weight				
Trim Tool Weight				
Number of Cavities				
Tool Material and Hardness				
Feed Type				
No. of Waterlines in Die				
Tool Construction Type				
Part Material Information				
Industry Material Specs.				
HON. Material Specs.				
Material Type (Alloy/Comp)				
<small>*** I affirm that this tool is the property of Honeywell. This is not to be modified or moved to another site without document authorization from Honeywell ***</small>				
<small>*** All request for authorization should be submitted using the SREC form (attached to this manual) ***</small>				
Supplier/Name			Title	
Date			Phone Number	
<small>*** Typed name serves as authorization signature ***</small>				

Fuente: (Global Supplier Quality Requirements Manual, 2019)

2.7 Estudio R&R

Según (Mayoral, A.) el análisis R&R " no es útil para evaluar un producto o proceso, sino para evaluar la habilidad de medir el producto o proceso de una forma precisa y consistente. Un análisis R&R nos permite investigar si la variabilidad del sistema de medida es pequeña comparada con la variabilidad del proceso, cuánta de la

variabilidad en el sistema de medida está causada por diferencias entre los operadores y si el sistema de medida es capaz de discriminar entre diferentes elementos".

(Mayoral, A.) nos indica que el estudio R&R calcula la variación total a partir de tres fuentes: las partes medidas, los operarios y el equipo de medición. En la Figura 20 se describen los elementos que participan en la variación de un proceso.

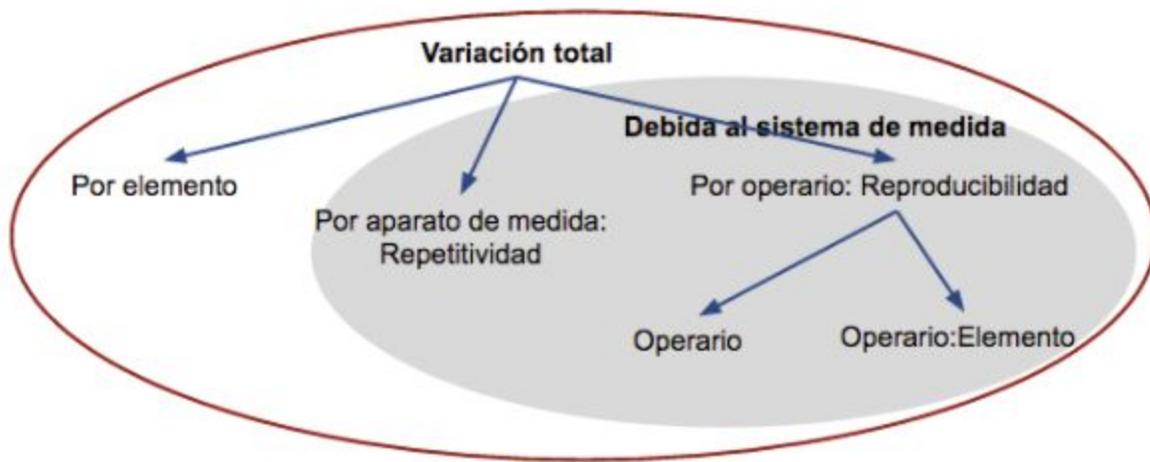


Figura 20 . Variación total del proceso

Fuente: (Mayoral, A.)

Según (Minitab 18) " un estudio R&R del sistema de medición le ayuda a investigar los siguientes puntos:

- Repetibilidad: Qué tanto de la variabilidad en el sistema de medición es causada por el dispositivo de medición.
- Reproducibilidad: Qué tanto de la variabilidad en el sistema de medición es causada por las diferencias entre los operadores.
- Si la variabilidad del sistema de medición es pequeña en comparación con la variabilidad del proceso.
- Si el sistema de medición es capaz de distinguir entre partes diferentes".

Por otro lado, según (Quality-One international) " la repetibilidad y reproducibilidad del sistema de medición es una metodología utilizada para definir la cantidad de

variación en los datos de medición debido al sistema de medición. Luego compara la variación de la medición con la variabilidad total observada, definiendo consecuentemente la capacidad del sistema de medición.

La variación de la medición consta de dos factores importantes, repetibilidad y reproducibilidad. La repetibilidad se debe a la variación del equipo y la reproducibilidad se debe a la variación del inspector u operador. R&R puede dar a conocer a cantidad de variación del sistema de medición en comparación con la variación del proceso, la cantidad de variación en el sistema de medición que se debe a la influencia del operador y a capacidad del sistema de medición para discriminar entre diferentes partes".

Según (Weaver, B., Hamada, M., Vardeman, S., & Wilson, A., 2015) "se utilizan estudios de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) para evaluar la precisión de los sistemas de medición. En particular, están acostumbrados a cuantificar la importancia de diversas fuentes de variabilidad en una medición sistema. Adoptamos un enfoque bayesiano para el análisis de datos y mostramos cómo estimar los componentes de la varianza asociados con las fuentes de variabilidad y funciones relevantes de estos utilizando los datos R&R del medidor junto con información".

En la literatura, el análisis de datos de estudios R&R se ha basado según (Weaver, B., Hamada, M., Vardeman, S., & Wilson, A., 2015) " en rangos de *Industry Action Group* y el análisis de sumas de cuadrados o cuadrados medios de las varianzas (Burdick, R. K., Borror, C. M., Montgomery, D. C., 2005) y también utilizan métodos de muestra grande modificada e inferencia generalizada para una variedad de situaciones (Hannig, J., Iyer, H., Patterson, P., 2006) ".

2.8 Análisis del sistema de medición

(Quality-One) afirma que " todos los días, nuestras vidas se ven afectadas por más y más datos. Nos hemos convertido en una sociedad basada en datos. En los negocios y la industria utilizamos los datos de más formas que nunca.

Hoy en día, las empresas de fabricación recopilan cantidades masivas de información mediante mediciones e inspecciones. Cuando estos datos de medición se utilizan para tomar decisiones sobre el proceso y el negocio en general, es vital que los datos sean precisos. Si hay errores en nuestro sistema de medición, tomaremos decisiones basadas en datos incorrectos. Podríamos estar tomando decisiones incorrectas o produciendo piezas no conformes. Un análisis del sistema de medición (MSA) planificado y ejecutado correctamente puede ayudar a construir una base sólida para cualquier proceso de toma de decisiones basado en datos".

(Quality-One) define al análisis de sistema de medición "como un método matemático y experimental para determinar la cantidad de variación que existe dentro de un proceso de medición. La variación en el proceso de medición puede contribuir directamente a la variabilidad general de nuestro proceso. Se utiliza para certificar el uso del sistema de medición mediante la evaluación de la exactitud, precisión y estabilidad del sistema ".

2.9 Desarrollo de nuevos productos

" En el actual contexto competitivo empresarial, caracterizado por una creciente globalización, rápidos cambios tecnológicos, ciclos de vida de los productos cada vez más cortos, y creciente competencia basada en el precio, la innovación como estrategia está adquiriendo un rol fundamental " afirma (Lamore, P.R.; Berkowitz, D.; Farrington, P.A., 2013).

Según (Jiménez-Jiménez, D., R., Sanz-Valle, 2017) "el éxito de las organizaciones está inevitablemente ligado a la realización de innovaciones, son estos nuevos enfoques, formas de pensar y acciones, formas de conjugación que permitan el aprovechamiento de recursos y potencialidades de tal manera que nuevos productos pueden ser mejores, más útiles para los clientes y traer más éxito a cualquier organización estructura".

" El proceso de desarrollo de nuevos productos (NPD) consta de varias incluido el desarrollo del concepto, el diseño detallado, la creación de prototipos, el aumento de

la producción, montaje y pruebas " según (Nadia, B., G. Gatard, and V. Thomson., 2006).

(Reddi K, Moon Y., 2018) afirma que "mientras el proyecto avanza, los cambios son inevitables, pero cualquier cambio tiene el potencial de poner en peligro el éxito de todo el proyecto a menos que se manejen de manera sistemática. La forma en que se gestionan los cambios depende del estado del progreso del proyecto NPD".

"Suponiendo que el producto está diseñado por el originador inicial y está fabricado por sus proveedores, cualquier cambio que ocurra durante las primeras etapas, como el desarrollo del concepto y las fases de diseño detalladas no afectan a demasiadas partes interesadas y, por lo general, se abordan mediante iteraciones en el proceso NPD" afirma (Shiau, J. Y., and H. M. Wee, 2008).

(Moreno-Moya, M., & Munuera-Alemán, J. L., 2014) asegura que " la creatividad como concepto ha generado muchas definiciones", según (Matussek, P., 1984) la creatividad del latín "creatio=creación" y se manifiesta mediante la conexión nueva, original y explosiva de asociaciones diferentes"; según (Kraft, U., 2005) " la creatividad es la capacidad de pensar más allá de las ideas admitidas, combinando de forma inédita conocimientos ya adquiridos".

(Moreno-Moya, M., & Munuera-Alemán, J. L., 2014) asegura que " ambas definiciones resaltan el carácter original de ciertas asociaciones de ideas y conocimientos que propiciarán la obtención de innovaciones". Debido a que la innovación requiere capacidad de análisis (Morcillo, P. , 2007) " la creatividad no es fruto de la improvisación, sino que es el resultado de un proceso reflexivo lógico y estructurado".

(Moreno-Moya, M., & Munuera-Alemán, J. L., 2014) concluye que "respecto a los resultados que pueden esperar las empresas del desarrollo de productos creativos estamos en condiciones de afirmar que éstos ofrecen características y funcionalidades que les permiten ser más competitivos en el mercado. De esta forma, a través de estos productos las empresas pueden diferenciarse de sus competidores.

Según (Montoya-Weiss. M. y Calantone. R., 2014) " los abundantes estudios sobre factores determinantes del éxito y sobre mejores prácticas en el desarrollo de productos que fracasan, son unánimes a la hora de reconocer el apoyo de la dirección como una inversión necesaria de las dimensiones clave del éxito".

2.10 Ciclo de vida de los productos

"Los mercados están en permanente cambio y en continua evolución, esto conlleva a que los productos que ofrecen las empresas tengan una vida limitada y experimenten una evolución desde el lanzamiento hasta su retirada, pasando por diferentes etapas y sufriendo variaciones en las ventas.

El concepto de ciclo de vida de un producto surge de la analogía entre la evolución de los seres vivos y la de los productos, ya que ambos pasan por diferentes etapas a lo largo de su existencia. Un ser vivo traza una curva de vida que pasa por el nacimiento, la adolescencia, la edad adulta, la vejez y la muerte. " afirma (Espinosa, R., 2018).

En la Figura 21 se observa la gráfica del ciclo de vida tradicional de un producto, denotando el inicio del proceso de introducción, su crecimiento, madurez y declive.



Figura 21. Ciclo de vida de un producto.

Fuente: (Espinosa, R., 2018)

De la misma forma (Levitt, T., 2006) describe las diferentes etapas del ciclo de vida y engloba que cualquier que sea el producto, siempre suele pasar por cada una de estas fases.

"Cada una de estas etapas también las podemos representar a través de la matriz desarrollada por *Boston Consulting Group*, la cual nos ayudará a definir las estrategias de ciclo de vida del producto La fase de *Cash Cows* corresponde al momento de nacimiento o lanzamiento del producto. A medida que avanza y crece el mercado, el producto pasa a ser producto estrella. Cuando alcanza su tope, se convierte en *Question Marks*, dilema o producto maduro, mientras que los 'perros' corresponden a productos en declive " según (Manes, R., 2020), esta matriz se describe gráficamente en la Figura 22.



Figura 22. Matriz BCG

Fuente: (Manes, R., 2020)

Según describen (Kotler, A., 2003) que el " ciclo de vida del producto es el curso de las ventas y utilidades de un producto durante su existencia". En la Industria Aeroespacial no se espera al declive del producto para lanzar uno nuevo al mercado, el

diseño aeroespacial toma algunos años por lo que se dice que mientras se está lanzando un nuevo producto, ya está diseñando uno más nuevo.

"La industria aeroespacial requiere ciclos de vida en el desarrollo de sus productos de más larga duración que en otros sectores, por más que el avance tecnológico y la forma de abordar los proyectos esté acortando sensiblemente los plazos. El ciclo comienza con la adquisición de los conocimientos que, desde la investigación básica, permiten desarrollar nuevas tecnologías.

Esas tecnologías deben validarse desde el punto de vista del riesgo para ser aplicables al desarrollo de un producto aeroespacial y en cumplimiento de toda la normativa vigente, por lo general muy exigente en el sector aeroespacial. Validado el producto, se afronta el estudio detallado del mercado que puede conducir a la fase de desarrollo del proyecto.

Todo este proceso habrá exigido un mínimo de diez años. Pero aún hay que añadir la fase de cumplimentación de normas o certificación que empezará con los certificados correspondientes de fabricación y terminará con la normativa de aeronavegabilidad para asegurar las características operativas del aparato o sistema. Finalmente, la fase de producción y vida operacional del producto, dependiendo de la cartera de pedidos capaz de hacer rentable el proyecto. Dependiendo del éxito comercial del proyecto, la fase operacional se extenderá en torno a los veinte años, más o menos. " según (Industria Aeroespacial , 2020), todo este proceso se describe en la Figura 23.

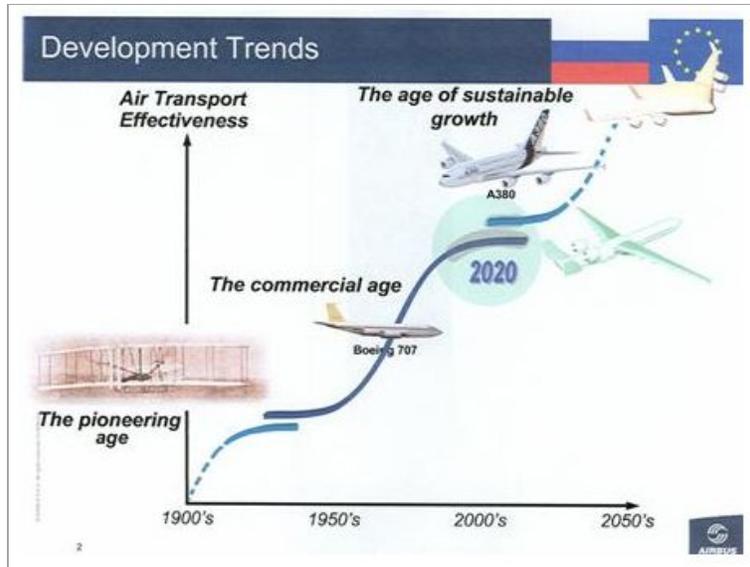


Figura 23. Industria Aeroespacial

Fuente: (Industria Aeroespacial , 2020)

"Cuando un fabricante decide iniciar la producción de un nuevo modelo de avión, junto a conocer la opinión de las compañías aéreas respecto a sus necesidades, analizar la evolución del precio del combustible, las restricciones ambientales impuestas por el ruido y otros problemas asociados con el medio ambiente -sin olvidar cualquier mejora que hubiera introducido en sus aviones la competencia-, se incorporan mejoras que hagan más seguro el avión" afirma (Hispanaviación, 2015).

(Tec Review, 2019) informa que "con el objetivo de proponer y desarrollar soluciones para procesos complejos en la optimización del ciclo de vida de los aviones, la compañía de aeronáutica Airbus lanzó *Airbus Quantum Computing Challenge*, un concurso mundial basado en computación cuántica. En dicha competencia invita a estudiantes de posgrado, doctorados, académicos, investigadores, empresas y a cualquier experto en la materia a explorar más a fondo las soluciones que pueden ofrecer las tecnologías cuánticas mediante el intercambio de conocimientos, datos y experiencias".

2.11 Solución de problemas

Según (Garrido-Vega, P., Sacristán-Díaz, M., & Magaña-Ramírez, L. M., 2016) " el desafiante entorno económico actual, que requiere una reducción en los costos de producción manteniendo altos niveles de calidad y reducción de los tiempos de entrega, el uso de metodologías para la mejora de los procesos productivos y organizativos es una propuesta interesante para cualquier sector. Six Sigma se considera una de las mejoras más poderosas estrategias actualmente disponibles para las empresas ".

"Muchas grandes organizaciones en una amplia gama de diferentes sectores ya han adoptado esta estrategia o tienen su adopción en su agenda " según (Kumal, U., 2008).

Six Sigma propone identificar los principales factores de éxito y obstáculos para su implementación con el fin de proporcionar implicaciones y recomendaciones para los profesionales en las aplicaciones industriales.

"Six Sigma es considerada como una estrategia comercial utilizada para mejorar el desempeño y la efectividad y eficiencia de todas las operaciones con el objetivo principal de satisfacer las necesidades del cliente, así como una herramienta estadística que persigue tasas de defectos de 3.4 unidades por millones (equivalente a un nivel de calidad del 99,9997%) " según (Linderman, K. , 2013).

"Estudios que informan sobre la implementación de *Six Sigma* esencialmente enfatizar los mismos obstáculos y factores clave que sustentan su eficacia. La mayoría apuntar al compromiso de gestión, educación y formación, cultura, cambio, y el vínculo con la estrategia empresarial es el más crítico factores de éxito en la implementación de Six Sigma", dichos factores se describen en la Figura 24.

KEY FACTORS FOR SUCCESS	MAIN OBSTACLES
1. Management involvement and commitment	1. Not aware of Six Sigma
2. Cultural change	2. No perceived benefits
3. Organisation infrastructure	3. Existing Quality System is sufficient
4. Training	4. Not required by customers
5. Project management skills	5. Lack of resources (this includes financial resources, human resources, time, etc.)
6. Project prioritisation and selection	6. Lack of leadership
7. Understanding Six Sigma methodology, tools and techniques	7. Poor training and coaching
8. Linking Six Sigma to business strategy	8. Internal resistance (especially political resistance and technical resistance)
9. Linking Six Sigma to the customer, customer focus	9. Poor project selection (lack of methodology, scope too large, unimportant or fuzzy objectives, and poor process performance metrics)
10. Linking Six Sigma to employees	10. Lack of tangible results
11. Linking Six Sigma to suppliers	11. Team too large
12. Attaching the success to financial benefits	
13. Organisational understanding of work processes	
14. Clear performance metrics	
15. Include all employees and all aspects of business appropriately	

Figura 24. Factores de la implementación de Six Sigma

Fuente: (Garrido-Vega, P., Sacristán-Díaz, M., & Magaña-Ramírez, L. M., 2016)

"Los proyectos *Six Sigma* normalmente aplican la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Control) "según (Thomas, A., 2009) es por ello por lo que se debe de seguir la ruta que debe seguir este proceso se muestra en la Figura 25. Se describen cada uno de los pasos de DMAIC así como los entregables de cada una de estas etapas, será muy importante considerar la duración de cada uno de los pasos para definir los tiempos y los plazos de entrega en la metodología del proyecto.

STEPS	DESCRIPTION	OUTPUTS	DURATION
Define	<ul style="list-style-type: none"> • Problem description and identification of CTQs (defects that cause nonconformity). • Definition of current performance. • Definition of the goals of the objectives. • Training of coaching team. 	<ul style="list-style-type: none"> • Timetable. • Six Sigma committee. • Project charters (goals). • Flow charts. • Sigma Metrics: initial estimate 	3 weeks (1 to 3)
Measure	<ul style="list-style-type: none"> • Data gathering regarding current situation. • Identification of possible causes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Data collection plan (standardisation). • Sigma Metrics: initial assessment. • Prioritisation of causes (Pareto). 	5 weeks (3 to 7)
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Data-based identification of causes. • Identification of relationships among variables. 	<ul style="list-style-type: none"> • Brainstorming sessions. • Ishikawa diagram. • FMEA process. 	4 weeks (5 to 8)
Improvement	<ul style="list-style-type: none"> • Prioritisation of causes through FMEA. • Definition of improved process. • Assurance of implemented actions. 	<ul style="list-style-type: none"> • Corrective actions plan. • Process standardisation. 	4 weeks (7 to 10)
Control	<ul style="list-style-type: none"> • Quantification of project benefits. • Project closure communication. 	<ul style="list-style-type: none"> • Metric assessment of improved process. • p-chart for process control. • Monitoring plan of implemented corrective actions. 	4 weeks (8 to 11)

Figura 25. Pasos, entregables y duración de las fases DMAIC

Fuente: (Garrido-Vega, P., Sacristán-Díaz, M., & Magaña-Ramírez, L. M., 2016)

"Cuando se considera si usar o no esta poderosa mejora metodología, qué herramientas específicas utilizar y algunos factores clave o barreras que deberían tenerse en cuenta. Los resultados de este proyecto sugieren que el grado de éxito o fracaso de la.

El proceso de implementación de la metodología Six Sigma depende más sobre los factores clave típicos de cualquier cambio organizacional que en el sector industrial específico" afirman (Garrido-Vega, P., Sacristán-Díaz, M., & Magaña-Ramírez, L. M., 2016).

Capítulo III: Metodología

3.1 Bosquejo Metodológico

Este proyecto busca generar una propuesta de mejora del proceso de introducción de primeros artículos estructurados en las seis unidades de negocio

estructurales, a través de un modelo de validación de nuevos productos que asegure que al menos un 90% de las órdenes de producción no requieren soportes y fluyen sin inconvenientes a lo largo de su manufactura, garantizando la calidad del producto y eficiencia del proceso.

Para lograr el objetivo de este proyecto, el desarrollo de este fue sustentado en la metodología basada en tres fases principales que se describen en la Figura 26.

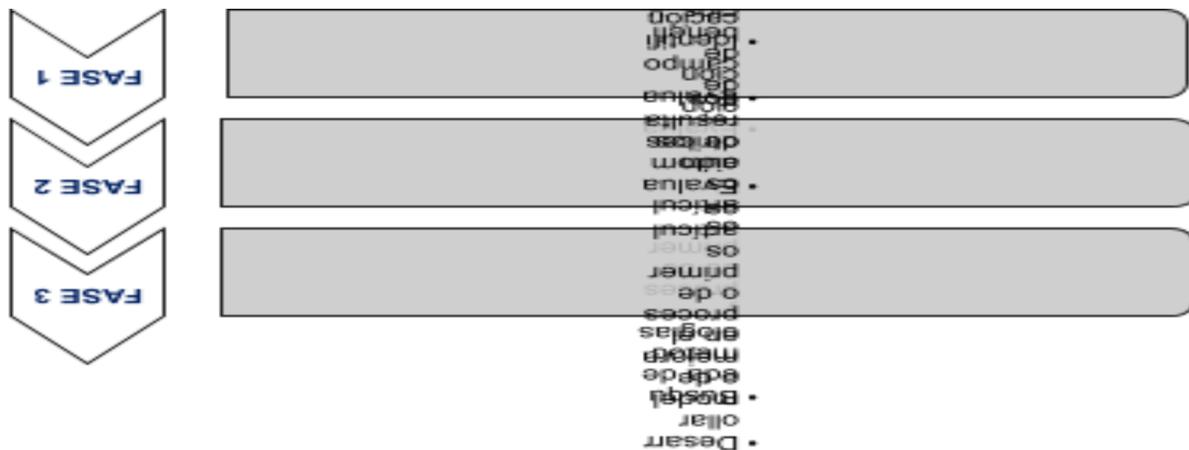


Figura SEQ Figura * ARABIC 26. Esquema de la metodología del proyecto

Fuente: Elaboración propia.

La primera fase se enfoca en una investigación de campo de las causas que ocasionan que las órdenes de producción se tengan para solicitar un soporte e identificación de cada uno de los departamentos responsables al originar las problemáticas como principales fuentes del problema.

En la segunda fase se realiza la investigación de las metodologías de los estándares aeroespaciales sobre el proceso de introducción de primero artículos y terminará con el análisis de beneficios para la implementación en el sistema actual de Mexicali. Con criterios definidos por Gerencia de planeación de manufactura, se elige la metodología y herramientas ideales a implementar. Se realiza también una

investigación del proceso de introducción de primeros artículos de la industria automotriz y se compara con la industria aeroespacial. Con dicha comparación se buscan las similitudes y diferencias entre ambas industrias.

En la tercera fase se desarrolla el modelo de mejora en la introducción de primeros artículos estructurales implementado la metodología seleccionada. Se enfocan los recursos en la implementación de modelo, eliminando la gran cantidad de fallas en el proceso y se termina con la evaluación del método, midiendo nuevamente el métrico de soporte una vez corrida la prueba piloto de este modelo.

3.2 Plan de trabajo

Para el desarrollo de esta investigación se planearon una serie actividades para cada una de las tres fases inidentificadas en el bosquejo metodológico.

A continuación se detallan las actividades y el entregable de cada una en la Tabla 6, 7 y 8. En cada tabla se proporciona el tiempo de realización y una vez identificados los tiempos de cada una de las actividades, por cada fase se procedió a determinar los días para el desarrollo del total de actividades.

Tabla 6. Actividades de la fase 1

Fase	Actividad	Entregable	Descripción del entregable	Tiempo de realización	Total horas	Días asignados
1	Equipo de trabajo	Lista con el nombre del Ingeniero de Planeación por cada unidad de negocio.	Se asigna a un representante basado en la experiencia en el área.	1 hora	31	4

	Procesos problema	Lista de procesos críticos y los de mayor soporte	Se generar por cada unidad de negocio un listado de todos los procesos críticos y los que generan mayor soporte según la experiencia	5 horas		
	Lluvia de ideas	Lista de principales causas de los soportes por cada proceso	Se obtiene un listado de los motivos que en base a la experiencia del equipo son los causantes del soporte por cada proceso detectado	5 horas		
	Análisis	Análisis de cada proceso	Se elabora un análisis de cada proceso para detectar los modos de falla	20 horas		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Actividades de la fase 2

Fase	Actividad	Entregable	Descripción del entregable	Tiempo de realización	Total horas	Días asignados
2	Búsqueda de metodológica	Ensayo de las metodologías	Se revisa literatura referente a la introducción de primeros artículos y se generará un ensayo	20 horas	41	5
	Investigación	Comparativo de Industria aeroespacial y automotriz.	Investigación del sistema de primeros artículos en ambas industrias.	15 horas		
	Beneficios	Tabla comparativa	De cada una de las metodologías se describirán los beneficios al implementarlas	5 horas		
	Selección de metodología	Metodología para implementar	Se tendrá una sección con Gerencia para determinar la metodología e implementar	1 hora		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Actividades de la fase 3

Fase	Actividad	Entregable	Descripción del entregable	Tiempo de realización	Total horas	Días asignados
------	-----------	------------	----------------------------	-----------------------	-------------	----------------

4	Elaboración de modelo	Modelo	Se evaluarán los modos de falla y se seleccionarán e implementan las herramientas de la metodología para combatir las causas de soporte	100 horas	189	19
	Reportes Power BI	Reportes	Representación de los primeros artículos estructurales por unidad de negocio	30 horas		
	Evaluar el modelo	Análisis del modelo	Se evaluarán las fallas y cómo funciona el nuevo sistema con pruebas piloto interactuando con todos los departamentos.	50 horas		
	Evaluar resultados	Análisis de implementación	Se generará un reporte con el análisis de la evaluación del modelo propuesto,	5 horas		
	Presentación	Presentación <i>power point</i>	Se generará una presentación de los resultados del modelo	3 horas		
	Validación del modelo	Veredicto de implementación del modelo	Se tendrá una sección con Gerencia para aprobar el modelo	1 hora		

Fuente: Elaboración propia.

En cada una de las tres fases se establece un tiempo determinado en horas que es la duración asignada en horas y días hábiles para culminar cada uno de los entregables. Además de establecer las tablas de actividades es fundamental visualizar el panorama en el tiempo de una forma gráfica es por ello por lo que en la Figura 27 se muestra el Diagrama de Gantt.

En el diagrama se muestran cada una de las actividades que se realizaron en cada fase, con los tiempos y duración se muestra el cronograma iniciando el 4 de mayo hasta el 11 de junio del 2020.

Capítulo IV: Resultados

En esta sección se plasmaron los resultados obtenidos a lo largo de esta investigación, los cuales sustentarán las conclusiones de este proyecto. Estos resultados están ligados a cada una de las fases metodológicas que se siguieron en el proyecto para lograr el objetivo general y los específicos de este proyecto. Los resultados están presentados en los siguientes apartados de acuerdo con la fase de la metodología:

- Determinar las causas donde se generan las fallas en la introducción de los primeros artículos.
- Revisión de teoría para la implementación en la práctica y relación de la industria automotriz y aeroespacial en la introducción de primeros artículos.
- Propuesta de modelo para introducción de primeros artículos

4.1 Determinar las causas donde se generan las fallas en la introducción de los primeros artículos.

Como se comentaba en la introducción de este proyecto, en *Gulfstream Mexicali* el flujo de primeros artículos estructurales conlleva varios procesos por diferentes departamentos y por lo tanto son muchos los factores que pueden causar fallas en dicho proceso.

Es por ello por lo que es vital plasmar y asignarle valor a cada una de las fallas identificadas en las investigaciones de cada una de las unidades de negocio en relación con los departamentos de soporte, para denotar el mayor impacto vs el tiempo de duración para buscar los resultados de este proyecto.

Para encontrar las fallas en el proceso se formó un equipo de trabajo con seis miembros, cada equipo tiene a un Ingeniero por unidad de negocio estructural, dicho equipo reportaba el avance y los hallazgos al originador de este proyecto. La revisión se inició con la categorización de las escalaciones reportadas en las bases de datos de soporte y se concretó con los *Gemba Walks* que se realizaron directamente en las áreas de manufactura. Fue clave organizar los resultados de acuerdo con el momento

de ocurrencia, ya que no todos tenían su causa raíz en un punto específico en el flujo de primeros artículos.

La investigación en las seis unidades de negocio estructurales indicó que los principales departamentos responsables de los soportes eran planeación, calidad y materiales. Los departamentos de herramientas, modeladores e industrial habían tenido escalaciones reportadas pero realmente nada impactante al proceso.

Es por ello que los resultados obtenidos de las investigaciones del equipo en referencia a los departamentos de planeación, calidad y materiales se plasmaron en las Tablas 10, 11 y 12 donde se describen las problemáticas antes, durante y posteriormente a la liberación del primer artículo.

Además de generó una clasificación del 1 al 5, donde 1 es bajo impacto hasta 5 que es alto impacto a las órdenes de producción. Esta clasificación se validó con Gerencia. En cada Tabla se muestra la sumatoria del total de cada departamento dependiendo el momento de ocurrencia.

Tabla 9. Causas principales en fallas del departamento de planeación

Problemática identificada como falla en el flujo de los primeros artículos.	Antes de liberar la orden, durante el proceso de introducción y posterior a que se libera la orden.		
	Antes	Durante	Posterior
Errores de diseño en los números de falta no identificados.	4		
Materiales, ferretería y químicos nuevos no introducidos.	5		
Errores en la rutina de producción del número de parte.	3		
Falta de requerimiento de herramientas para la manufactura.	3		
No liberar la planeación del número de parte en tiempo.	4		
Asistencia directa en la orden de producción de los primeros tres artículos		1	
Total de impacto	19	1	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Causas principales en fallas del departamento de calidad

Problemática identificada como falla en el flujo de los primeros artículos.	Antes de liberar la orden, durante el proceso de introducción y posterior a que se libera la orden.		
	Antes	Durante	Posterior
No identificación de errores de diseño.	3		
Inspección deficiente en la rutina de la manufactura del número de parte.	4		
No liberar la planeación del número de parte en tiempo.		5	
Total de impacto	7	5	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Causas principales en fallas del departamento de materiales

Problemática identificada como falla en el flujo de los primeros artículos.	Antes de liberar la orden, durante el proceso de introducción y posterior a que se libera la orden.		
	Antes	Durante	Posterior
Falta de seguimiento en las juntas de cambios de ingeniería	3		
Procurar fuera de tiempo nuevas partes compradas	5		
No identificación de nuevas partes por comprar	5		
Concluir proceso de introducción sin revisar a detalles los consumibles del número de parte		5	
No administrar efectivamente las compras y generar sobre inventario de partes compradas			4
Total de impacto	13	5	4

Fuente: Elaboración propia.

En general se observa que la gran mayoría ocurre antes de que bajen las órdenes a producción y son las que más impacto generan. Ya identificadas cada una de las problemáticas de los tres principales departamentos y el impacto de cada una de ellas, se dirigen los pasos a seguir y los rubros a considerar en el modelo mejorado

para la introducción de primeros artículos. No significa que las causas de menor valor son menos importantes, sin embargo, será relevante considerar y atender lo antes posible a las de mayor valor, continuando con las demás en diferentes momentos de la implementación.

En la Tabla 12 se muestran las sumatorias de cada uno de los hallazgos encontrados con referencia a la clasificación de impacto, resultando el departamento de planeación como responsable de las problemáticas identificadas de impactan mayormente al flujo de primeros artículos, le sigue materiales y por ultimo calidad.

Tabla 12. Total de clasificación de impacto

	Planeación	Calidad	Materiales	Total
Antes	19	7	13	72%
Durante	1	5	5	20%
Después	0	0	4	7%

Fuente: Elaboración propia.

Para cada uno de las problemáticas de le asignará un apartado para ser evaluado durante la revisión de cada departamento en el flujo de primeros artículos, se incorpora en el modelo que se mostrará más adelante en este capítulo de resultados.

4.2 Revisión de teoría para la implementación en la práctica y relación de la industria automotriz y aeroespacial en la introducción de primeros artículos.

En la investigación del marco teórico fue sustancial encontrar las metodologías automotrices y las aeroespaciales que impactan positivamente el flujo de introducción de primeros artículos.

Las teorías encontradas en base de datos como *EBSCO* y *Springer*, de las referencias de la biblioteca digital de CETYS, fueron mayormente en el área automotriz y aunque de primera instancia pareciera lejano de la industria aeroespacial, se encontraron como resultado las similitudes en procesos que son funcionales para los objetivos específicos de esta investigación, en Tabla 10 se describen dichas características.

Se identifica que ambas industrias tienen enfoque en la reducción de lanzamientos de números productos, tienen alto enfoque en estándares de calidad, así como también en los parámetros de nuevos productos y también alinean sus criterios para el cumplimiento de los estándares internaciones de los regulan.

Tabla 13. Similitudes en la Industria Aeroespacial y Automotriz

Características y metodologías	Industria Aeroespacial	Industria Automotriz	Ambas Industrias
Enfoque en reducción de lanzamientos de nuevos productos.			✓
Mayor variedad y producción de productos		✓	
Menor producción y variedad de productos para el cliente.	✓		
Enfoque en altos estándares de calidad			✓
Enfoque en parámetros para nuevos productos.			✓
Alineación en cumplimiento de estándares internaciones.			✓
APQP			✓
PPAP		✓	

Fuente: Elaboración propia.

Adicional a las teorías y las investigaciones de diferentes autores, uno de los objetivos fue identificar estándares regulados en la industria que fungiera como guía para la mejora del proceso e impactar generosamente a las metas y objetivos de este proyecto. Con dichos estándares se definen los requerimientos mínimos para la implementación de un modelo robusto que funcione efectivamente al implementar la introducción de primeros artículos.

Ahora que se conocen los estándares APQP aeroespaciales y la utilidad de la herramienta PPAP, se planea enfocarnos en la cuarta fase del proceso de desarrollo de un producto, cuyo enfoque es que a través del flujo del primer artículo se verifique que

el producto conformante con todos los requerimientos y eviten el 100% de las problemáticas identificadas. En esta fase el entregable es un PPAP aprobado y disponible para la revisión de los nueve departamentos de soporte involucrados en la inducción de nuevos productos.

4.3 Propuesta de modelo para introducción de primeros artículos

La propuesta del nuevo modelo busca lograr todas las necesidades de cada uno de los departamentos, principalmente a los identificados con la mayor contribución de la falla de la introducción de los primeros artículos: planeación de la manufactura, calidad y materiales.

Esta propuesta logra consolidar todos los requerimientos para la efectiva introducción de los primeros artículos y así lograr disminuir considerablemente los soportes una vez que se generen las órdenes de producción a través de un PPAP de los departamentos de planeación, materiales y calidad.

Es por ello que en revisión con los equipos de cada uno de los departamentos involucrados, se definieron roles y responsabilidades para cada uno, aplicando para las seis unidades de negocio estructurales.

Estos roles y responsabilidades resultan como propuesta de solución para cada una de las problemáticas identificadas, se muestra el objetivo principal en la Tabla 14.

Como parte de la estandarización de los documentos donde se expresan las responsabilidades de diferentes procesos dentro de *Gulfstream Mexicali*, se describen a detalle en un procedimiento cada una de las funciones de los nueve departamentos que participan en la introducción de primeros artículos estructurales.

Esto busca que ante cualquier situación como cambio de personal, exista un documento que funja como guía para indicar los acuerdos que se han plasmado a lo largo del tiempo. En caso de ser necesario, este procedimiento podrá ser actualizado pero requerirá las firmas de cada una de las Gerencias para aprobación.

Tabla 14. Propuestas de solución

Problemática identificada como falla en el flujo de los primeros artículos	Propuesta de solución
Errores de diseño en los números de falta no identificados.	<p>El Ingeniero de Planeación es responsable de verificar que la lista de materiales corresponda al modelo del producto, revisará que el modelo cumpla con los requerimientos de calidad y que sea manufacturable. En caso contrario documentará la discrepancia y lo escalará a diseño.</p> <p>De la misma forma el Ingeniero de Calidad revisará y reportará a Planeación en caso de alguna discrepancia.</p>
Materiales, ferretería y químicos nuevos no introducidos.	El Ingeniero de Planeación es responsable de dar de alta en sistema los nuevos componentes a utilizar, así como iniciar el formato de introducción de químicos para unidad de negocio que aplique.
Errores en la rutina de producción del número de parte.	<p>Se asignará a un Ingeniero de Planeación para que audite la lista de materiales y la rutina de manufactura, en caso de que detecte errores, se rechazará y se regresa para corrección.</p> <p>Una vez que se audite pasa a una segunda auditoria con Calidad.</p>
Falta de requerimiento de herramientas para la manufactura.	El ingeniero de Planeación es responsable de revisar si se ocupa fabricar o comprar una herramienta, ingresará el requerimiento en el sistema aplicable.
No liberar la planeación del número de parte en tiempo.	El líder de Planeación asignará los números de parte con su respectiva meta diaria para evitar impactar a liberación de órdenes.
Asistencia directa en la orden de producción de los primeros tres artículos	Se asignará un Ingeniero de Planeación en cada una de las seis unidades de negocios para que este en piso de producción brindando apoyo.
Falta de seguimiento en las juntas de cambios de ingeniería	Se asignará al menos un recurso por parte de materiales para que asista diariamente a cada una de las juntas de cambios de ingeniería, esta persona será responsable de acordar efectividades de cada unos de los cambios.
Procurar fuera de tiempo nuevas partes compradas	Una vez que se aprueben los cambios de ingeniería, revisará cantidad de piezas y ya que se libere la ingeniería, iniciará el proceso de cotización del nuevo producto.
No identificación de nuevas partes por comprar	Existirá un segundo filtro en el sistema de primeros artículos para corroborar disponibilidad de nuevas partes compradas.
Concluir proceso de introducción sin revisar a detalles los consumibles del número de parte	El departamento de materiales es responsable de explotar la lista de materiales de cada numero de parte para y verificar disponibilidad.
No administrar efectivamente las compras y generar sobre inventario de partes compradas	En coordinación con el departamento de planeación, el departamento de materiales requerirá revisión para rutinas de retrabajos en caso de que se pueda re trabajar el inventario existencia para evitar obsoletos. Será responsable de tener un inventario saludable de acuerdo al producto y el ritmo de producción de cada unidad de negocio.

Fuente: Elaboración propia.

Todas las problemáticas y su solución cobran vida en el procedimiento vigente pero la interacción de cada una de las actividades es realizada a través del sistema de primeros artículos que a continuación de describe.

El modelo se desarrolló en plataforma *SharePoint* fue desarrollado por un Ingeniero del departamento de Planeación de manufactura y fue asesorado por expertos de *BT West*, el centro de soporte tecnológico de *Gulfstream Mexicali*. Este modelo utiliza las herramientas de *Power BI* para obtener los reportes gráficos de la situación de todos los primeros artículos, estos reportes fueron desarrollados por Ingenieros de Planeación de manufactura. *SharePoint* y *Power BI* se seleccionaron por la practicidad y el entrenamiento con el que cuenta el personal para desarrollar y trabajar con ellos.

Adicional que *SharePoint* es un lugar seguro en Intranet de *Gulfstream* donde se puede almacenar, organizar y compartir información de las bases de datos y que se puede acceder con el acceso a Internet desde algún dispositivo ligado a la compañía.

El modelo mejorado para la efectiva introducción de los primeros artículos estructurales en la industria Aeroespacial se llamará **eFAST**, que *significa Electronic First Article System Tracker*. Esta nomenclatura surge inicialmente del sistema anterior, pero se incluye la parte electrónica al inicio para fusionar el sistema anterior con las nuevas plataformas. La caratula del modelo será personalizada para cada departamento y se requerirá acceso para interactuar con el sistema inicialmente, después quedaran los registros aprobados para todos los usuarios activos.

Cabe aclarar que aunque eFAST se utilice en Mexicali, el sistema está configurado e idioma inglés para una mejor interacción en la reportaría con el cliente.

En la Figura 28 se observa la portada de eFAST donde están asignados a todos los *planners* estructurales los primeros artículos cargados al sistema que reflejan los próximos primeros artículos a liberar órdenes.

Están categorizados por el tipo de producto que es y en resumen se indica la cantidad de números en cada una de las unidades de negocio. Se muestra también la

liga para acceder a los reportes gráficos en *Power BI*, herramienta que se utilizara en diversos foros, pero principalmente en las juntas semanales de primeros artículos.

The screenshot displays the eFAST Structures web application. At the top, there is a navigation bar with the logo 'INSIDE GULFSTREAM' and a user profile 'Costich, Daniela'. Below this is a secondary navigation bar with tabs for 'eFAST Structures', 'Planning', 'ME Audit', and 'Models', along with a search bar labeled 'Search Everything'. The main content area is titled 'eFAST Structures' and includes a sidebar with 'Producibility' and 'Upload' options. The central part of the page features a 'Welcome' message and a search section for 'Part Number' with a table of results. The table lists various part types and their counts, such as 'Assemblies (730)', 'Cabinets Assembly (83)', and 'Estructuras (25)'. On the right side, there is a 'Power BI Report for Pending Queues' section with a link to 'Open Report Here' and a 'Documents' list containing items like '000 - Signature Process change Std workflow' and 'eFAST Report How-To'.

Figura 28. Portada eFAST

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 29 se visualiza la cantidad de números de parte asignados a cada *planner*, desplegando cada nombre se encontrarán los diferentes tipos de números de partes y el sistema permitirá ordenar según la fecha asignada para determinar la importancia del seguimiento. Para el líder del departamento de manufactura funcionará adicional para validar las cargas de trabajo que se asigna a cada uno de sus recursos, cada número de parte tendrá una cantidad de horas para planearse y así administrará los recursos e identificará cuándo la cantidad de números sea más de la capacidad alcanzable en un periodo de tiempo con jornadas laborales normales.

Figura 29. Pantalla de Planeación

Fuente: Elaboración propia.

Como se ha mencionado a lo largo de este proyecto, la introducción de primeros artículos conlleva un esfuerzo adicional para todo el equipo de soporte, adicional para el mecánico que realiza la operación, puesto que al ser un número de parte nuevo, tendrá en sus manos un producto que requiera total atención para detectar y escalar opciones de mejora en su manufactura.

La cultura de *Gulfstream Mexicali* invita a todos los operadores a revisar antes, durante y después los artículos que están procesando, poniendo énfasis cuando es la primera vez que los realizan. En muchas de las ocasiones el equipo de soporte está asistiendo personalmente durante se realiza esta tarea, dependerá de la complejidad y el impacto del proyecto. Así que este eFAST permitirá monitorear el estatus del número de parte y así programar cuando se requerirá este soporte.

En la Figura 30 se indica uno de los reportes *de Power BI* del estatus global de los primeros artículos estructurales, el alcance de este reporte será clave para todo el equipo de la cadena de introducción de estos números, así como para que el equipo de

liderazgo de producción conozca la cantidad de nuevos artículos que bajaran con nuevas órdenes a piso de producción.

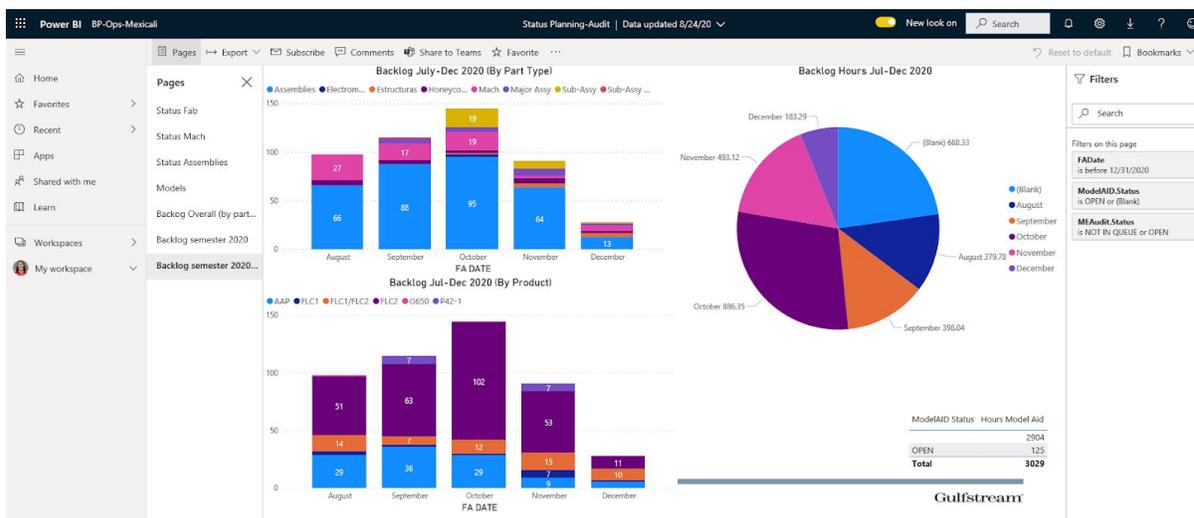


Figura 30. Reporte de todos los primeros artículos estructurales

Fuente: Elaboración propia.

Como se ha mencionado a lo largo de este proyecto, la introducción de primeros artículos conlleva un esfuerzo adicional para todo el equipo de soporte, adicional para el mecánico que realiza la operación, puesto que al ser un número de parte nuevo, tendrá en sus manos un producto que requiera total atención para detectar y escalar opciones de mejora en su manufactura.

La cultura de *Gulfstream* Mexicali invita a todos los operadores a revisar antes, durante y después los artículos que están procesando, poniendo énfasis cuando es la primera vez que los realizan. En muchas de las ocasiones el equipo de soporte está asistiendo personalmente durante se realiza esta tarea, dependerá de la complejidad y el impacto del proyecto. Así que este eFAST permitirá monitorear el estatus del numero de parte y así programar cuando se requerirá este soporte.

En la Figura 31 se indica uno de los reportes de *Power BI* de la unidad de negocios de Ensamblés, eFAST tendrá para cada unidad de negocios un reporte disponible. El objetivo es conocer el estatus en cada una de las juntas de revisión de primeros artículos y medir el seguimiento de cada uno de los departamentos, identificar cuellos de botella en retrasos recurrentes, así como conocer las cargas en cada uno de

los departamentos. Este reporte es muy dinámico y se considera muy adecuado y completo para sustentar alguna decisión.

Los reportes en *Power BI* son una excelente herramienta de analítica visual para lograr una visión detallada del proceso de introducción de primeros artículos estructurales y así sustentar la toma de decisiones en función de estos reportes.

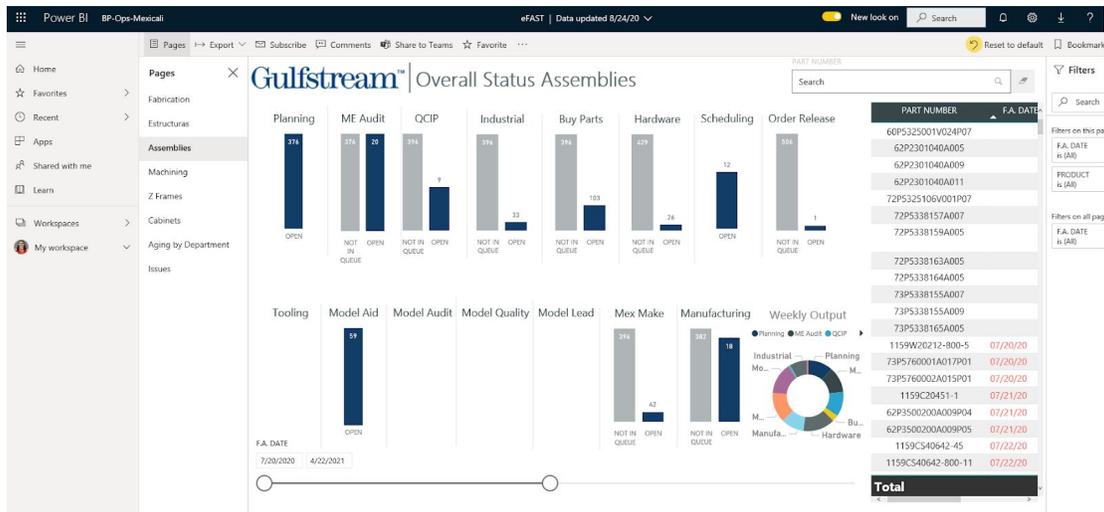


Figura 31. Reportes de Power BI

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1 Propuesta de *checklist* PPAP para los primeros artículos estructurales

Adicional al modelo, se diseñó un formato tipo *checklist* que fungirá como firma digital para la aprobación del proceso de introducción, este será el PPAP de cada número de parte. Logrando los objetivos de proporcionar un método estructurado con resultados definidos para asegurar que los nuevos productos satisfagan las necesidades y deseos del cliente, así como también emplear un enfoque multifuncional.

Este *checklist* de muestra en la Figura 32 e inicia cuestionado si el número de parte tiene TMO, este acrónimo significa *Tooling manufacturing order* y se utiliza cuando el número de parte requiriera una herramienta para formado, para localizar algún componente, para delimitar un área requerida, para localizar

un punto a barrenar principalmente. En caso de que si tenga se llena el número del TMO como referencia.

La segunda sección es *Model Aid*, es para indicar si el número de parte tendrá MMT, IIM o modelo de manufactura. A la fecha solo los números de fabricación tienen MMT que significa *Model manufacture tool* y es un visor en tercera dimensión con medidas del número de parte.

Los números de maquinado tienen IIM que significa *Illustrated inspection model* y es un plano en dos dimensiones con las diferentes vistas y medidas necesarias, algunos ensambles pequeños también tienen IIM pero en su mayoría tienen modelos de manufactura. En caso de que lleve modelo también se llena el número de referencia.

Uno de los puntos muy importantes del *checklist* es indicar si el número tiene algún problema o error de ingeniería. Existen procedimientos de Calidad que nos indican que cuando esto sucederá se requerirá documentar la discrepancia, pero dependerá del impacto al producto. Existen categorías que clasifican de menor a mayor el impacto, así que indicar esta situación en el *checklist* de eFAST permitirá informar a todos los departamentos de esta condición saber de las implicaciones que ocasiona, algunas veces es necesario cambiar el material con el que se va a fabricar o omitir procedimientos, todo esto es con la disposición del equipo de ingeniería.

Finalmente, una vez llenados todos los campos del *checklist* se procede a guardar y enviar la notificación de que ya se terminó el proceso y pasa a revisión con el siguiente departamento. Toda la información queda guardada con nombre y fecha de quien la llenó para futuras consultas de investigaciones. Este sistema robustece la introducción de primeros artículos y apoya a tener la información cuando se requiere de una forma muy fácil de obtener.

Planning - OPEN

EDIT ADOBE SIGN

Save and Submit Save Cancel New Issue? Paste Cut Copy Attach File ABC Spelling Print to PDF

Commit Clipboard Actions Spelling Printing

Checklist

TMO

- No
 Input TMO

Model AID

- MMT
 IIM
 No
 Input MMR Number

Material change per design issue

No

Design Issue

- No
 Yes

New Issue?

Attachments

+ Add Attachment

CANCEL

SAVE

SAVE AND SUBMIT

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 Análisis del métrico de soporte

Para fines prácticos de este proyecto se lanzó la prueba piloto de eFAST durante 5 días a principios de junio para que los departamentos interactuaran con el sistema, no se mostraron fallas de *software*. Durante todos los días hábiles del mes de julio y agosto del 2020, funcionando para todas las unidades de negocio estructurales, se formalizó el ya no usar el sistema de Excel y migrar a eFAST todas las unidades de negocio.

El análisis de métrico de soporte es la principal guía de medición para conocer que tan efectiva es la introducción de los primeros artículos. Es por ello por lo que se recabó información de las bases de control de producción y la base de escalaciones de soporte y resulta que solo el 14% de las ordenes de producción están queriendo soportes. Dicha información se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15. Reporte de órdenes de julio-agosto 2020.

Total de órdenes en julio-agosto 2020				
Unidad de negocios Estructurales	Total de órdenes	Total de órdenes con soporte	Total de órdenes sin soporte	% de órdenes con soporte
Ensamblés	1252	187	1065	15%
Fabricación	2851	293	2558	10%
Honeycombs	3294	388	2906	12%
Maquinado	1847	169	1678	9%
Z frames	1665	283	1382	17%
Cabinets	596	132	464	22%
Total	11505	1452	10053	14%

Fuente: Elaboración propia.

El objetivo del proyecto buscaba lograr que el 90% de las ordenes fluyeran sin soportes, que solo el 10% o menos lo tuvieran. En la Tabla 14 se observa que el total de órdenes con soporte es del 14%, que aunque no es exactamente el porcentaje del objetivo del proyecto, hubo una reducción de 42% al 14%, lo que nos dice que 28 de cada 100 órdenes liberadas de primeros artículos en las unidades de negocio

estructurales ya no requieren soportes. El impacto en la reducción de horas requeridas del equipo de primeros artículos es de alrededor de \$8,500 dólares anuales.

Capítulo V: Conclusiones

Como bien lo mencionaba (Jiménez-Jiménez, D., R., Sanz-Valle, 2017) "el éxito de las organizaciones está inevitablemente ligado a la realización de innovaciones, son estos nuevos enfoques, formas de pensar y acciones, formas de conjugación que permitan el aprovechamiento de recursos y potencialidades de tal manera que nuevos productos pueden ser mejores, más útiles para los clientes y traer más éxito a cualquier organización estructura".

En *Gulfstream Mexicali* la mejora continua siempre ha tenido un sí para invertirlo, no ha sido una labor sencilla pues el departamento de Tecnologías de manufactura ha apostado por nuevos talentos y capacitaciones para mejorar continuamente cada uno de sus procesos, principalmente el de la introducción de los primeros artículos.

Este proyecto deja resultados satisfactorios en la reducción de soportes ocasionados por la falta de atención a cada uno de los procesos de nuevos artículos, ahora se sabe en donde se encuentran las fallas y en que parte del proceso ocurren.

Este proyecto ha logrado responder la pregunta general de investigación: ¿Cómo puede el departamento de planeación de manufactura de Mexicali reducir los soportes en las órdenes de producción, de las unidades de negocio estructurales, en el proceso de introducción de primeros artículos? a través de las tres fases del bosquejo metodológico que se plantea en este proyecto.

Así como cumplir el objetivo de generar una propuesta de mejora del proceso de introducción de primeros artículos, a través de un modelo de validación de nuevos productos que asegure que al menos un 90% de las órdenes de producción no requieren soportes y fluyen sin inconvenientes a lo largo de su manufactura, garantizando la calidad del producto y eficiencia del proceso. Logrando que el métrico de soporte de las seis unidades de negocio estructurales sea igual o menor a un 10%.

La primer fase de este proyecto se enfocó en determinar las causas donde se generan las fallas en la introducción de los primeros artículos. Para lograrlo se formó un equipo de trabajo conformado por Ingenieros de cada una de las seis unidades de negocio, con *Gemba Walks* directamente en el proceso se detectaron las principales problemáticas que ocasionan los soportes en las ordenes de producción de los nuevos productos, encontrando a tres departamentos de soporte como los mayores contribuyentes. Con mayor impacto se detectó a planeación, en segundo lugar a materiales y en tercero a calidad.

Dentro de las principales problemáticas identificadas fueron: errores de diseño no identificados, materia prima no procurada en tiempo, químicos no introducidos al proceso, errores en las rutinas de manufactura y sobre inventario de partes compradas por nombrar a algunos.

A cada una de las problemáticas identificadas se le planeo una propuesta de solución que se formalizara en un procedimiento documentado y aprobado por las Gerencias involucradas.

En la segunda fase de este proyecto se enfocó en la investigación para conocer qué metodologías aeroespaciales y automotrices existen y cuáles son los principales beneficios de aplicar metodologías en los primeros artículos en la industria Aeroespacial.

Las metodologías investigadas dieron sustento de desarrollo de este proyecto, conocer el por qué la industria automotriz ha tenido excelentes resultados y saber cómo lo ha logrado. PPAP nos deja una serie de procedimientos alcanzables para cada producto que implementado en eFAST se ligan de una manera satisfactoria en el proceso de introducción de primeros artículos.

A diferencia de la industria automotriz, la industria aeroespacial no lanza modelos de aviones cada año, se estima que cada 3 o 4 años sale un modelo mejorado. Los tiempos y recursos económicos invertidos al desarrollo de nuevos diseños es más largo que el automotriz es por ello que aunque tengamos alto volumen

de números de parte los ciclos de vida son más largos. Adicional que muchos de los números de parte pueden ser comunes entre varios modelos de aviones.

Las referencias teóricas llevaron a comprender factores muy importantes a considerar en la industria aeroespacial y enfocándonos en *Gulfstream Mexicali* se pueden aterrizar la gran mayoría de las referencias para la aplicación en los procesos de la compañía.

La implementación de nuevas tecnologías es una nueva era a la que todos le tenemos que dar la bienvenida y reusarnos al cambio, se tiene que invertir tiempo y tener la mejor disposición para desarrollar nuevos sistemas como lo es eFAST.

En la última y tercer fase de este proyecto se desarrolló un nuevo modelo, eFAST, para la oportunidad revisión de todos los números de parte estructurales, este sistema inicia con una excelente plataforma diseñada para satisfacer las necesidades de los departamentos de soporte y se visualiza que se le invertirá mucho más para hacer de este sistema una plataforma sólida para la administración de primeros artículos.

Este modelo utiliza reportes en *Power BI* siendo una excelente herramienta de analítica visual para lograr una visión detallada del proceso de introducción de primeros artículos estructurales y así sustentar la toma de decisiones en función de estos reportes.

Dentro de las conclusiones de este proyecto es importante reconocer que aunque ya existía un sistema de primeros artículos en *Excel*, el migrar a una nueva plataforma digital en *SharePoint* no es sencillo, como todo cambio nos enfrentamos a negativas y a fallas durante el proceso de implementación. Es hasta cuando se superar la etapa de aprendizaje cuando se empiezan a denotar todos los resultados positivos de la implementación.

En este proyecto se trabajó en colaboración de todo el equipo de soporte de las unidades de negocio estructurales y ellos fueron los primeros en reconocer lo resultados satisfactorios mejorales la administración de los primeros artículos.

eFAST sigue en etapa de implementación pero se han visto los resultados en los soportes en las órdenes de producción, es mucho más productivo brindar atención adicional a las ordenes sin ser requerido directamente, sin ser el causante de retrasos en las entregas.

Este proyecto permite que en futuras transferencias de otros productos, estemos preparados para llevar de la mano todo el proceso de introducción, anticipándonos a problemas de manufactura, faltantes de material o herramientas, y a muchas fallas en el proceso.

Por lo tanto retomando la hipótesis de este proyecto: la causa de los soportes requeridos en la introducción de los primeros artículos estructurales es ocasionada por la falta de evaluación en la revisión de cada uno de los departamentos requeridos en este proceso durante el proceso de nuevos productos, se concluye que en efecto son diferentes los factores que ocasionan los soportes de los primeros artículos pero la implementación de un sistema mejorado con la metodología PPAP ayudara a contribuir positivamente a este flujo, evitando dejar fuera criterios de evaluación importantes para que los números de parte bajen a producción sin inconvenientes cumpliendo con el servicio de excelente calidad que ofrece *Gulstream Mexicali*.

5.1 Oportunidades de desarrollo futuras

Este proyecto abre una serie de oportunidades que se pueden trabajar en diferentes etapas de implementación. Una de las primeras oportunidades detectadas es extender el sistema o generar uno exclusivo para las unidades de negocios eléctricas.

El sistema de introducción de primeros artículos eléctricos es similar al de estructuras pero si tiene diferencias que de primera instancia nos llevan a pensar que requiere una plataforma personalizada a sus requisitos.

En segundo plano se podría incluir las bases alternas al eFAST, esto para unificar sistemas y robustecer la administración de primeros artículos. En *Gulstream Mexicali* contamos por diferentes bases de datos, prácticamente una o más bases por

departamento, lo cual ha funcionado pero puede ser mejorado al incluir a *SharePoint* y a los reportes de *Power BI* de eFAST.

La tercera oportunidad analizada de impacto es enlazar las escalaciones al eFAST, así se podrá tener toda la historia por número de parte, desde que se inició con la revisión de la planeación de manufactura hasta las escalaciones reportadas en producción cuando la orden viaja a través del proceso. Se pueden identificar familias de números de parte con los patrones reportados en las escalaciones.

Existirán más oportunidades para el proceso de introducción de primeros artículos así como de su sistema de administración, la intención es mantenerlo en constante mantenimiento para mejorarlo acorde a las necesidades que se vayan presentando.

5.2. Experiencias y aprendizajes obtenidos

El trabajar en este proyecto me deja enormes satisfacciones porque fueron un conjunto de retos desde que inicié la clase de Proyecto de Aplicación I que fueron creciendo conforme se me indicaban los pasos a seguir en el desarrollo del proyecto, adicional a las labores prácticas que llevaron el éxito del proyecto.

El aprender todo el contexto metodológico del proyecto no fue una labor sencilla porque cada etapa exigía un esfuerzo más, desde que empezó el proceso de investigación de más de 200 referencias y seleccionar solo las que impactaban en mi proyecto.

Cada fase de este proyecto fue revisada y aprobada paso a paso, desde la identificación de los objetivos, las preguntas de investigación hasta los pasos a seguir en el desarrollo de la metodología.

Considero que estoy preparada y lista para nuevas investigaciones, ahora sé que el proceso de investigación es largo pero de disfruta al desarrollar habilidades aprendidas por los diferentes puntos de vista de los artículos de referencia por ejemplo.

Mi mayor reto fue el llevar la documentación de este proyecto y practica de todas las acciones a coordinar. He estado enfocada en mi vida laborar a solo presentar el

alcance y los resultados obtenidos, pero hoy se cómo se consolidan las investigaciones y no solo es labor de campo sino labor de documentación de la metodología.

Adicional con este proyecto, aprendí de nuevas metodologías y estándares que impactan en mi trabajo diario. Son herramientas que en ocasiones se aprenden después de que ya se utilizan.

Finalmente quiero comentar que esta investigación me hizo reconocer mis errores y fallas durante el proyecto, aprender lecciones y retomar los pasos hacia el objetivo. Me hizo madurar y valorar a todas las personas que me han apoyado durante este proyecto, a mis asesores y a mis compañeros de trabajo.

Es una alegría y reto más cumplido en mi vida profesional y personal, un gran regalo que me llevo con los resultados de este proyecto.

Referencias

- Secretaria de Economía. (2017). *Pro-Aéreo 2.0*.
- Barajas, G. (Julio de 2019). *Forbes México*. Obtenido de <https://www.forbes.com.mx/mexico-y-el-avance-de-la-industria-aeroespacial/>
- Burdick, R. K., Borror, C. M., Montgomery, D. C. (2005). *Design and Analysis of Gauge R&R Studies: Making Decisions with Confidence Intervals in Random and Mixed ANOVA Models*. ASA-SIAM Series on Statistics and Applied Probability.
- Chavarria, C. D. (2015). *Industrialización De Un Nuevo Cilindro Maestro , Basado en la Metodología APQP*.
- Dávila, H. (2015). El último mohicano. *Historia de un biplanonotable, en América Vuela*, 16.
- Espinosa, R. (2018). *El ciclo de vida de un producto y sus 4 etapas*. Obtenido de <https://robertoepinosa.es/2018/11/04/ciclo-de-vida-de-un-producto>
- Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial. (s.f.). *Agenda de Innovación de Baja California*. Obtenido de <http://www.agendasinnovacion.org/wp-content/uploads/2015/01/4.4-Agenda-del-%C3%A1rea-Aeroespacial1.pdf>
- Garrido-Vega, P., Sacristán-Díaz, M., & Magaña-Ramírez, L. M. (2016). Six Sigma in SMES with low production volumes. A successful experience in aeronautics. *Universia Business Review*, 51, 52–71.
- General Motors. (1999). Advanced Product Quality Planning. *GM Global APQP*.
- Global Supplier Quality Requirements Manual. (2019). Obtenido de https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:9n1Gj_49-sQJ:https://sensing.honeywell.com/sps-gsqrm-rev-b.docx+&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=mx
- Hannig, J., Iyer, H., Patterson, P. (2006). Fiducial generalized confidence intervals. *Journal of the American Statistical Association*, 254–269.
- Hispaviación. (2015). Obtenido de <http://www.hispaviacion.es/el-avion-diseno-fabricacion-y-mantenimiento/>
- Industria Aeroespacial . (2020). Obtenido de <https://www.aero.upm.es/departamentos/economia/investiga/informe2004/1%20Introduccion.html>
- International Aerospace Quality Group. (s.f). *Supply Chain Management Hanbook*. Obtenido de https://www.sae.org/servlets/registration?PORTAL_CODE=IAQG&OBJECT_PKG=iaqg.businessCl asses&OBJECT_TYPE=SCMHGeneral&PAGE=getSCMHBOOK&vgenNum=1247&scmhs=1

- Jiménez-Jiménez, D., R., Sanz-Valle. (2017). Innovation, organizational learning, and performance. *Journal of Business Research* 64, 408-417.
- Kotler, A. (2003). *Fundamentos de Marketing*.
- Kraft, U. (2005). Creatividad. *Mente y cerebro*, 42-46.
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones* (8va edición ed.). Ciudad de MÉXICO: Pearson Educación.
- Kumal, U. (2008). On the optimal selection of process alternatives in a Six Sigma implementation. *International Journal of Production Economics*, 456-467.
- Kymal, C. (2003). *Making the transition from QS-9000 to ISO/TS16949*. Obtenido de https://www.qualitydigest.com/dec01/html/ts_16949.html
- Lamore, P.R.; Berkowitz, D.; Farrington, P.A. (2013). Proactive/Responsive Market Orientation and Marketing. *Journal of Product Innovation Management*, 695-711.
- Levitt, T. (2006). Exploit the Product Life Cycle. *Harvard Business Review*.
- Linderman, K. . (2013). Six Sigma: a goal-theoretic perspective. *Journal of Operations Management*, 193-203.
- Macias, L. (2004). *DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO Y REALIZACION DE NUEVOS PRODUCTOS*. Obtenido de https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/569917/DocsTec_10792.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Manes, R. (2020). *Matriz BCG*. Obtenido de <https://rubenmanez.com/matriz-bcg/>
- Mares, A., & Pérez, I. (2016). Aprobación de PPAP Utilizando la Herramienta de APQP en la Implementación de un Cambio de Ingeniería.
- Matussek, P. (1984). *La creatividad*. Barcelona: Herder.
- Mayoral, A. (s.f.). *Análisis Gage R&R*. Obtenido de https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/329339_be78cf8ff806432f9926b69f7f12d314.html
- Minitab 18. (s.f.). *Soporte de Minitab 18*. Obtenido de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/measurement-system-analysis/supporting-topics/gage-r-r-analyses/what-is-a-gage-r-r-study/>
- Montoya-Weiss. M. y Calantone. R. (2014). Determinants of new product performance: a review and meta-analysis. *Journal of Product Innovation Management*, 397-417.
- Morcillo, P. . (2007). Cultura e Innovación Empresarial. *La conexión perfecta*.
- Moreno-Moya, M., & Munuera-Alemán, J. L. (2014). ¿Es importante la creatividad en el desarrollo de nuevos productos? *Universia Business Review*, 44, 72-86.

- Nadia, B., G. Gatard, and V. Thomson. (2006). Engineering Change Request Management in a New Product Development Process. *European Journal of Innovation Management* 9, 5.
- Nava, R. (s.f). *Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León*. Recuperado el junio de 2020, de <http://cienciauanl.uanl.mx/?p=6263>
- Plan Nacional Estratégico de la Industria Aeroespacial. (2015). Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/58802/Plan_Estrat_gico_de_la_Industria_Aeroespacial_junio.pdf
- Quality-One. (s.f.). Obtenido de <https://quality-one.com/msa/>
- Quality-One international. (s.f.). Obtenido de <https://quality-one.com/grr/>
- Reddi K, Moon Y. (2018). Modelling engineering change management in a new product development supply chain. *International Journal of Production Research*, 5271-5291. Obtenido de <https://ebiblio.cetys.mx:4083/10.1080/00207543.2013.807954>
- Robledo, Y., Ernesto, G., & Castedo, F. (2018). *Línea de ensamble en la industria aeroespacial*.
- SAE International. (2014). Obtenido de <https://www.sae.org/standards/content/as9102b/>
- Secretaría de Economía. (2012). Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-70362018000400153
- Shiau, J. Y., and H. M. Wee. (2008). A Distributed Change Control Workflow for Collaborative Design Network. *Computers in Industry*, 119.
- Siglo 21. (Julio de 2016). *Gulfstream celebra 30 años de historia en Mexicali*. Obtenido de <http://siglo21.com.mx/edicion-digital/images/ed-458/S21-458Ed.pdf>
- Siglo 21. (2017). *Exponen crecimiento de la industria aeroespacial en Baja California*. Obtenido de <http://siglo21.com.mx/index.php/16-aeroespacial/2953-exponen-crecimiento-de-la-industria-aeroespacial-en-baja-california>
- SPC GROUP. (2012). Obtenido de <https://spcgroup.com.mx/ppap/>
- Tec Review. (2019). *Airbus lanza convocatoria para mejorar el ciclo de vida de los aviones*. Obtenido de <https://tecreview.tec.mx/76765-2/>
- Thomas, A. (2009). Applying Lean Six Sigma in a small engineering company: A model for change. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 113-129.
- Vidal, F. (2016). *Métodos Avanzados de Gestión de la Producción y de la Calidad*. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/7429/M%C3%A9todos%20avanzados%20de%20la%20gesti%C3%B3n%20de%20la%20producci%C3%B3n%20y%20la%20calidad.pdf?sequence=1>
- Weaver, B., Hamada, M., Vardeman, S., & Wilson, A. (2015). A Bayesian Approach to the Analysis of Gauge R&R Data. *Quality Engineering*. Obtenido de <https://ebiblio.cetys.mx:4083/10.1080/08982112.2012.702381>

WETZEL, S. (2013). Proving Process Control with PPAP. 40–45. Obtenido de <http://ebiblio.cetys.mx:2122/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=5&sid=d772afb1-2769-49a6-a729-2d0c09b9e543%40sessionmgr101>