

**LINEAMIENTOS DE ESPECIFICACIONES PARA NUEVOS
PRODUCTOS ENTRE LOS ÁMBITOS FUNCIONALES CAD – CAM**



Alan Stoyan Hurtado Patiño
William Hernán Valencia Gallego

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL
POPAYÁN
2009**

LINEAMIENTOS DE ESPECIFICACIONES PARA NUEVOS PRODUCTOS ENTRE LOS ÁMBITOS FUNCIONALES CAD – CAM

Monografía presentada como requisito parcial para optar por el título de
Ingenieros en Automática Industrial

Alan Stoyan Hurtado Patiño
William Hernán Valencia Gallego

Directora
Mariela Muñoz Añasco
Magíster

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL
POPAYÁN
2009**

Nota de Aceptación

Directora _____
Msc. Mariela Muñoz Añasco

Jurado _____

Jurado _____

Fecha de sustentación: Popayán, 22 de Mayo de 2009

AGRADECIMIENTOS

Totales agradecimientos a Dios por guiar y acompañar nuestro camino.

A la Universidad del Cauca por la oportunidad de aprender mucho más que Ingeniería.

A la Ingeniera Mariela Muñoz Añazco por su asesoría permanente en este proyecto, por su iniciativa, apoyo y disposición.

A los Ingenieros Juan Martín Velasco y Oscar Amaury Rojas por su apoyo, por compartirnos su conocimiento y por brindarnos un nuevo punto de vista para el desarrollo de nuestra vida profesional.

A las personas vinculadas al departamento de Electrónica Instrumentación y control, por compartir su conocimiento y sus experiencias con nosotros.

A nuestros amigos y compañeros del Programa de Ingeniería en Automática Industrial por los momentos compartidos y todos aquellos recuerdos que enriquecen nuestra vida.

Y a los ingenieros en Automática industrial: Diana Gómez, Carlos Manquillo, Andrés Ávila, Eliana Idrobo, Yesid Vidal, Steven Muñoz, Melissa Ordóñez, Javier Mina, Geovanny Catamusca y Freddy López por habernos dejado un camino de conocimiento que fue la luz para el desarrollo de nuestro trabajo de grado, con los grandes aportes que dejaron.

DEDICATORIA

A mis padres, Hernán Valencia y María Berenice Gallego, por su incondicional apoyo y la formación que me brindaron, A mi Abuelito Clodomiro por haber formado una fraterna familia, a mis hermanos Margoth y Andrés por su apoyo incondicional y la confianza depositada en mi, la cual me impulsó a culminar mi carrera, A mis sobrinos Oscar Andrés, José Manuel, Alejandro, Nicolás y Juan Manuel, porque me motivan a seguir adelante en la vida y a todas las personas que me apoyaron en esta etapa de mi vida para lograr ser un profesional.

William

A Dios porque me ha guiado durante todo este camino, a Mis padres Edgar Hurtado y Nury Patiño por su inmenso amor, su apoyo incondicional, por la educación que me han brindado, y por todo el esfuerzo que han realizado para que pueda ser un profesional. A mi hermano Hanns Peter por su amistad, cariño y comprensión. A toda mi familia que me ha ayudado a seguir adelante. A Mercedes Martínez por apoyarme en momentos difíciles y brindarle alegría a mi vida. A todos mis amigos que estuvieron conmigo en esta gran etapa de mi vida, y a Gabriel por ser una nueva motivación para salir adelante.

Alan Hurtado

RESUMEN

El presente trabajo muestra la metodología general para la realización del diseño de flujo de información para fijar los Lineamientos de Especificaciones entre los ámbitos funcionales CAD y CAM, con el fin de lograr de esta forma que el diseño de un nuevo producto pueda ser elaborado, aprovechando toda la estructura que el modelo CIM FIET 2006 brinda, según las funciones definidas para el diseño de nuevos productos exigidos por el cliente.

Con este trabajo se pretende obtener la integración del flujo de información entre los ámbitos funcionales CAD y CAM para nuevos productos, estableciendo de esta forma una relación directa entre las áreas de diseño y manufactura, lo cual trae muchas ventajas como: capacidad de producción de artículos de alta calidad, en menos tiempo y con un desperdicio mínimo de materiales, reducción en los costos de material y de gestión de compras, proveedores y almacenes.

Para el desarrollo de este trabajo se ha estudiado un grupo de tres diferentes metodologías utilizadas a nivel mundial de diseño y desarrollo de nuevos productos las cuales son: Stage-Gate o Etapa-Puerta, la metodología de la planeación avanzada de calidad de los productos APQP y la metodología con un enfoque multidisciplinario, propuesto por Karl T. Ulrich y Steven Eppinger, de las cuales se ha escogido, referenciado y tomado como base, la metodología APQP, que es la que mejor se adapta para el diseño de flujo de información entre los ámbitos funcionales CAD/CAM, debido a la gran cantidad de funciones y formatos de flujo de información que provee, similares a los utilizados en un ambiente CIM y además es utilizada por empresas del campo de la industria automotriz líderes en investigación y desarrollo en el área de la automatización industrial.

Después de escoger la metodología más apropiada de diseño y desarrollo de nuevos productos, se procedió a desarrollar el flujo de información y estudiar como éste se puede enviar utilizando el formato XML, sugerido por el estándar internacional ISA S95, como base para diseñar los lineamientos para el flujo de intercambio de información, entre los ámbitos funcionales CAD y CAM tal como lo indica la metodología estudiada.

Para validar el trabajo realizado se desarrolló un análisis detallado de toda la información correspondiente al diseño de la biela de un motor de combustión interna, para la cual se desarrollaron unas tablas siguiendo los Lineamientos de flujo de información elaborados, así como también se codificó este flujo de información en formatos XML, estableciendo el enlace o flujo de información para este nuevo producto entre los ámbitos CAD, CAP, CAM del modelo CIM FIET 2006.

TABLA DE CONTENIDOS

	Pag.
INTRODUCCIÓN	1
1. MARCO TEÓRICO	4
1.1 DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS	5
1.1.1 El Método Tradicional de Desarrollo de Productos.	5
1.2 INTEGRACIÓN DE EMPRESA	6
1.3 MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADOR (CIM)	7
1.4 MODELO CIM FIET 2006	8
1.4.1 Diseño asistido por computadora (CAD):	9
1.4.2 Planificación asistida por computador (CAP):	9
1.4.3 Manufactura asistida por computadora (CAM):	10
1.4.4 Planificación de la empresa (PE):	10
1.4.5 Calidad asistida por computadora (CAQ):	10
1.4.6 Planificación y control de la producción (PPC):	10
1.4.7 Ventas:	10
1.5 FORMATOS DE INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN	11
1.5.1 B2MML (Business to Manufacturing Markup Language)	11
1.5.2 BATCHML (Batch Markup Language).	11
1.5.3 XML (Extensible Mark-Up Language)	11
2. METODOLOGÍAS DE DISEÑO Y DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS	13
2.1 INGENIERÍA CONCURRENTES	13
2.2 METODOLOGÍA DE LA PLANEACIÓN AVANZADA DE CALIDAD DE LOS PRODUCTOS (APQP)	14
2.2.3 Etapas y Actividades de APQP	15
2.2.3.1 Planeación y definición del programa	15
2.2.3.2 Diseño y desarrollo de producto:	15
2.2.3.3 Diseño y desarrollo de proceso:	15
2.2.3.4 Validación de proceso y producto:	16
2.2.3.5 Lanzamiento, regeneración y acción correctiva:	16
2.2.4 Ventajas de APQP	16
2.3 METODOLOGÍA STAGE-GATE O ETAPA-PUERTA	16
2.3.1 Definición	16
2.3.2 Etapas en el modelo etapa-puerta.	17
2.3.3 Aplicaciones de la metodología etapa-puerta	18
2.3.4 Beneficios de la metodología etapa-puerta	18
2.3.5 Desventajas de etapa-puerta	19
2.4 METODOLOGÍA DE DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS CON UN ENFOQUE MULTIDISCIPLINARIO PROPUESTO POR KARL L RICH Y STEVEN	19
2.4.1 Definición	19
2.4.2 Etapas del método de diseño y desarrollo de productos con un enfoque multidisciplinario.	20
2.4.3 Beneficios de la metodología de diseño y desarrollo de productos con un enfoque multidisciplinario.	21

2.4.4 Desventajas de la metodología de diseño y desarrollo de productos con un enfoque multidisciplinario.	21
2.5 ESCOGENCIA DE LA METODOLOGÍA DE DISEÑO Y DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS:	22
2.5.1 Análisis para la Escogencia de la Metodología:	25
2.5.1.1 Análisis de la metodología APQP	25
2.5.1.2 Análisis de la metodología etapa - puerta:	25
2.5.1.3 Análisis de la metodología con enfoque multidisciplinario propuesto por Karl T.	26
2.6 CONCLUSIÓN DEL ANÁLISIS DE LAS METODOLOGÍAS	26
2.7 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA METODOLOGÍA APQP	26
2.7.1 Flujo de Información de cada una de las fases de APQP	27
2.7.1.1 Fase 1 de APQP: Planeación y Definición del Programa	27
2.7.1.2 Fase 2 de APQP: Diseño y Desarrollo del Producto	31
2.7.1.3 APQP Fase3: Diseño y Desarrollo del Proceso	35
2.7.1.4 APQP Fase 4: Validación del Producto y del Proceso	38
2.7.1.5 APQP Fase5: Realimentación, Valoración y Acción Correctiva	41
3. DISEÑO DEL FLUJO DE INFORMACIÓN ENTRE CAD/CAM PARA NUEVOS PRODUCTOS	43
3.1 METODOLOGÍA PARA LA ADECUACIÓN DE APQP AL MODELO CIM DE SIEMENS FIET 2006	43
3.1.1 Documentación	43
3.1.2 Análisis	43
3.2 FLUJO DE INFORMACIÓN PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS APLICADO AL MODELO CIM DE SIEMENS FIET 2006	45
3.3 NUEVO FLUJO DE INFORMACIÓN DE DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS	55
4. FORMATOS DE INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN	65
4.1 PUNTO DE PARTIDA ACERCA DEL LENGUAJE QUE IMPLEMENTAR	65
4.2 ADAPTACIÓN DEL FORMATO XML DE INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS	65
4.2.1 Modelo de Extensión	66
4.2.1.1 Esquema XML para los parámetros de producto	69
4.2.1.1 Esquema XML para los parámetros de proceso	69
4.2.2 Manejo de la información para la generación de los documentos B2MML y BATCHML	73
5. VALIDACIÓN DE LOS LINEAMIENTOS	75
5.1 INTRODUCCIÓN	75
5.2 APLICACIÓN DEL FLUJO DE INFORMACIÓN	76
5.2.1 Requerimientos del cliente para los productos	76
5.2.2 Funciones de CAD	76
5.2.2.1 Elaboración de la matriz QFD:	76
5.2.2.2 Funciones y restricciones de la biela	77
5.2.2.3 Identificación los requerimientos funcionales del producto	78
5.2.2.4 Definición de los parámetros de diseño	80
5.2.2.5 Formalización de los parámetros de diseño	81
5.2.2.6 Análisis de modo de efecto de falla del diseño (DFMEA)	81
5.2.3. Funciones realizadas por CAP	86
5.2.3.1. Establecer las propiedades del proceso	86
5.2.3.2. Identificar las propiedades de proceso	86

5.2.3.3 Tipo de relación entre los parámetros de diseño y las propiedades de proceso	87
5.2.3.4 Selección del proceso y adecuación de las propiedades de proceso al modelo B2MML	89
5.2.3.5 Diagrama de flujo del proceso de producción de la biela	91
5.2.3.6 Análisis de Modo de Efecto de Falla del Proceso (PFMEA)	92
5.2.3.7 Planeación de Trabajo	95
5.2.4 Validación de producto y proceso	96
5.2.5 Retroalimentación	96
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
7. BIBLIOGRAFÍA	100

ANEXOS

ANEXO A: Diseño del Flujo de Información entre CAD y CAM para Nuevos Productos

ANEXO B: Análisis del Modo y Efecto de Falla (FMEA)

I. Análisis del Modo y Efecto de Falla - FMEA de Proceso.

II. Análisis del Modo y Efecto de Falla - FMEA de Diseño.

ANEXO C: Elaboración de la Matriz QFD.

ANEXO D: Aplicación de funciones CAD - CAP - para diseño y elaboración de una biela de un motor de combustión interna.

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1-1. Ámbitos funcionales del modelo CIM de Siemens FIET 2006.	9
Figura 2-1. Fases y actividades de APQP	15
Figura 2-2. Modelo Stage-Gate	17
Figura 2-3. Proceso de desarrollo de producto	20
Figura 2-4. Representación gráfica de las fases de APQP.	26
Figura 2-5. Representación gráfica del flujo de información de la fase 1 de APQP	27
Figura 2-6. Representación gráfica del flujo de información de la fase 2 de APQP	31
Figura 2-7. Representación gráfica del flujo de información de la fase 3 de APQP	35
Figura 2-8. Representación gráfica del flujo de información de la fase 4 de APQP	38
Figura 2-9. Representación gráfica del flujo de información de la fase 5 de APQP	41
Figura 4-1. Estructura de parámetros de diseño	68
Figura 4-2. Estructura de especificaciones – Propiedades tipo numérica	68
Figura 4-3. Estructura de especificaciones – Propiedades tipo selección y booleano	69
Figura 4-4. Estructura de parámetros de proceso	71
Figura 4-5. Estructura de especificaciones – Propiedades tipo numérica	72
Figura 4-6. Estructura de especificaciones – Propiedades tipo booleano	72
Figura 4-7. Estructura de especificaciones – Propiedades tipo selección	73
Figura 5-1. Esquema del sistema mecánico interno principal del motor	75
Figura 5-2. Estructuras físicas de la biela	80

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 2-1: Cuadro comparativo entre las metodologías estudiadas de diseño y desarrollo de nuevos productos	23
Tabla 3-1a: Adecuación de la fase 1 APQP al modelo CIM FIET 2006 – Voz y entradas del cliente	44
Tabla 3-1b: Adecuación de la fase 1 APQP al modelo CIM FIET 2006 – Metas de Diseño	44
Tabla 3-2a: Adecuación de la fase 2 APQP al modelo CIM FIET 2006 – FMEA del Diseño	45
Tabla 3-2b: Adecuación de la fase 2 APQP al modelo CIM FIET 2006 – Especificaciones de Ingeniería	45
Tabla 3-2c: Adecuación de la fase 2 APQP al modelo CIM FIET 2006 – DFM	46
Tabla 3-2d: Adecuación de la fase 2 APQP al modelo CIM FIET 2006 – DFA	46
Tabla 3-2e: Adecuación de la fase 2 APQP al modelo CIM FIET 2006 – Revisión del diseño	46
Tabla 3-3a: Adecuación de la fase 3 APQP al modelo CIM FIET 2006	47
Tabla 3-3b: Adecuación de la fase 3 APQP al modelo CIM FIET 2006 – Distribución de planta	47
Tabla 3-3c: Adecuación de la fase APQP al modelo CIM FIET 2006 – FMEA del proceso - Estudio de capacidad de proceso	47
Tabla 3-4a: Adecuación de la fase 4 APQP al modelo CIM FIET 2006	48
Tabla 3-4b: Adecuación de la fase 4 APQP al modelo CIM FIET 2006 – Aprobación de partes de producción	48
Tabla 3-5a: Adecuación de la fase 5 APQP al modelo CIM FIET 2006 – Variación reducida	49
Tabla 3-5b: Adecuación de la fase 5 APQP al modelo CIM FIET 2006 – Variación reducida	49
Tabla 3-5c: Adecuación de la fase 5 APQP al modelo CIM FIET 2006 – Entrega y servicio	49
Tabla 3-6: Funciones de Ventas	52
Tabla 3-7: Funciones de CAD	53
Tabla 3-8: Funciones de CAP	54
Tabla 3-9: Funciones de CAQ	55
Tabla 3-10: Flujo de información para el diseño y desarrollo de nuevos productos de la fase 1 APQP aplicado en el modelo CIM FIET 2006	56
Tabla 3-11: Flujo de información para el diseño y desarrollo de nuevos productos de la fase 2 APQP , aplicado en el modelo CIM FIET 2006	57
Tabla 3-12: Flujo de información para el diseño y desarrollo de nuevos productos de la fase 3 APQP, aplicado en el modelo CIM FIET 2006	58
Tabla 3-13: Flujo de información para el diseño y desarrollo de nuevos productos de la fase 4 APQP aplicado en el modelo CIM FIET 2006	60
Tabla 3-14: Flujo de información para el diseño y desarrollo de nuevos productos de la fase 5 APQP aplicado en el modelo CIM FIET 2006	61

Tabla 4-1: Formalización de los parámetros de diseño tipo numérica	67
Tabla 4-2: Formalización de los parámetros de diseño tipo selección y boleano	67
Tabla 4-3: Formalización de los parámetros de diseño tipo numérica	70
Tabla 4-5: Formalización de los parámetros de proceso tipo boleano	70
Tabla 4-6: Formalización de los parámetros de proceso tipo selección	71
Tabla 5-1: Requerimientos del cliente para los productos	76
Tabla 5-2: Matriz de calidad para la elaboración de una biela de combustión interna	77
Tabla 5-3: Formalización de las restricciones de diseño del componente biela	78
Tabla 5-4: Definición de la función del requerimiento FR11	79
Tabla 5-5: Restricciones para el requerimiento funcional FR11	79
Tabla 5-6: Matriz de formalización del FR11 de la biela	79
Tabla 5-7: Parámetros de diseño del pie de la biela para satisfacer el FR11	81
Tabla 5-8: Formalización de los parámetros de diseño del pie de la biela - biela - características	81
Tabla 5-9: FMEA de Diseño	83
Tabla 5-10: Parámetros de diseño afectados por cada uno de los procesos de fabricación de estudio	86
Tabla 5-11: Propiedades de proceso identificados para cada proceso	87
Tabla 5-12: Matriz del grado de relación entre los parámetros de diseño y las propiedades del proceso de forja de matriz cerrada	88
Tabla 5-13: Matriz del grado de relación entre los parámetros de diseño y las propiedades del proceso de compactación y sinterizado	88
Tabla 5-14: Matriz del grado de relación entre los parámetros de diseño y las propiedades del proceso de forja de pulvimetalurgia	89
Tabla 5-15: Formalización del rango de espesor	90
Tabla 5-16: Diagrama de flujo del proceso de recalado para elaboración de la biela	91
Tabla 5-17: FMEA de proceso.	93
Tabla 5-18: Criterio de evaluación de detección sugerido para PFMA	95
Tabla 5-19: Descripción del proceso de elaboración de la biela.	96

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: Diseño del Flujo de Información entre CAD y CAM para nuevos productos.

ANEXO B: Análisis del Modo y Efecto de Falla (FMEA)

ANEXO C: Elaboración de la Matriz QFD.

ANEXO D: aplicación de funciones CAD - CAP - para diseño y elaboración de una biela de un motor de combustión interna

:

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el diseño y desarrollo de nuevos productos y la integración de empresa son dos aspectos cruciales para la supervivencia de la mayoría de las empresas debido al ambiente competitivo global y dinámico, por tanto éstas dependen de su capacidad para compartir y comunicar la información correcta a las personas adecuadas y en el momento preciso. La información es, sin ninguna duda, la fuente de generación de valor añadido.

Luego, la integración empresarial es la opción más viable estratégicamente hablando para incrementar la productividad y crear una empresa más competitiva. Este proceso de integración se basa en el modelo de manufactura integrada por computador CIM (*Computer Integrated Manufacturing*) [1].

Actualmente se utilizan los sistemas CAD/CAM que son sistema integrados en los cuales se utilizan los ordenadores o computadoras para mejorar la fabricación, desarrollo y diseño de los productos. Éstos pueden fabricarse más rápido, con mayor precisión o a menor precio, con la aplicación adecuada de tecnología informática.

Los sistemas de Diseño Asistido por Ordenador (CAD, *Computer Aided Design*) pueden utilizarse para generar modelos con muchas, si no todas, de las características de un determinado producto. Estas características podrían ser el tamaño, el contorno y la forma de cada componente, almacenada como dibujos bi y tridimensional. Una vez que estos datos dimensionales han sido introducidos y almacenados en el sistema informático, el diseñador puede manipularlos o modificar las ideas del diseño con mayor facilidad para avanzar en el desarrollo del producto. Además, pueden compartirse e integrarse las ideas combinadas de varios diseñadores, ya que es posible mover los datos dentro de redes informáticas, con lo que los diseñadores e ingenieros situados en lugares distantes entre sí pueden trabajar como un equipo. Los sistemas CAD también permiten simular el funcionamiento de un producto [2].

Cuando los sistemas CAD se conectan a equipos de fabricación también controlados por ordenador conforman un sistema integrado CAD/CAM (CAM, acrónimo de *Computer Aided Manufacturing*) [2].

La Fabricación Asistida por Ordenador ofrece significativas ventajas con respecto a los métodos más tradicionales de controlar equipos de fabricación con ordenadores en lugar de hacerlo con operadores humanos. Por lo general, los equipos CAM conllevan la eliminación de los errores del operador y la reducción

de los costos de mano de obra. Sin embargo, la precisión constante y el uso óptimo previsto del equipo representan ventajas aún mayores.

Frente a este ahorro pueden reducirse los mayores costos de bienes de capital o las posibles implicaciones sociales de mantener la productividad con una reducción de la fuerza de trabajo. Los equipos CAM se basan en una serie de códigos numéricos, almacenados en archivos informáticos, para controlar las tareas de fabricación. Este control numérico por computadora (CNC) se obtiene describiendo las operaciones de la máquina en términos de los códigos especiales y de la geometría de formas de los componentes, creando archivos informáticos especializados o programas de piezas. La creación de estos programas de piezas es una tarea que, en gran medida, se realiza hoy en día por software informático especial que crea el vínculo entre los sistemas CAD y CAM [2].

Son muchas las características y ventajas que brindan los sistemas CAD/CAM que son aprovechadas por los diseñadores, ingenieros y fabricantes para adaptarlas a las necesidades específicas de sus situaciones. Pero este tipo de software no es de fácil obtención para las empresas productivas pequeñas o aun para algunas empresas productivas medianas puesto que no es económicamente posible para ellas. Estos paquetes CAD/CAM permiten llevar a cabo ese trabajo de diseño y desarrollo de productos de una forma propietaria sin permitir acceder al flujo de información que se envía de CAD a CAM de una forma abierta.

Como se puede notar, en la actualidad solamente se cuenta con sistemas CAD/CAM los cuales tienen una gran limitación en cuanto nivel operativo, puesto que no existen unas normas o lineamientos claros para el flujo de información correspondiente a un nuevo producto que diseñar y fabricar, lo cual es el aporte de este proyecto.

Hoy en día existen varios modelos CIM de referencia tales como: PERA (*Purdue Enterprise Reference Architecture*) [3], GIM (*GRAI Integrated Methodology*) [4], CIM OSA (*Open System Architecture*) [5], Siemens [6], Siemens FIET 2006 [7], pero ninguno de ellos define una interfaz de información entre los ámbitos funcionales CAD (*Computer Aided Design – Diseño asistido por computadora*) y CAM (*Computed Aided Manufacturing*), ni un enfoque para el diseño y desarrollo de nuevos productos por lo cual al realizar una integración empresarial con cualquiera de estos modelos CIM no se obtienen las múltiples ventajas de tener una integración de las áreas de diseño y manufactura, ni unos lineamientos para el diseño de nuevos productos.

Al analizar el flujo de información en Modelo CIM de Siemens FIET no es claramente posible diferenciar el flujo de la información que se envía desde el ámbito funcional CAD al CAM, ni tampoco se diferencian unas funciones específicas para el diseño y desarrollo de nuevos productos. Puesto que las

estructuras de CAD y CAM son muy diferentes y entre estos dos ámbitos se encuentra ubicado un ámbito muy importante el cual es CAP.

El propósito del presente proyecto, es entonces, aportar al desarrollo de nuevas tecnologías de integración diseñando los lineamientos de especificaciones de una interfaz de flujo de información entre los ámbitos funcionales CAD y CAM para el diseño y desarrollo de nuevos productos, tomando como referencia el modelo de integración de Siemens FIET 2006, con el fin de complementar dicho modelo con los nuevos aspectos de producción y administración, contemplados en las normas. De este modo el modelo CIM de Siemens FIET 2006 puede cumplir con las exigencias actuales en el caso de la Integración empresarial, conservando su característica principal que es analizar la empresa como un conjunto de ámbitos funcionales, cada uno con funciones específicas e intercambio de información entre ellos, enfocándose en los ámbitos CAD, CAP y CAM.

Luego, con el desarrollo de este proyecto, se pretende establecer unos lineamientos de especificaciones para nuevos productos y diseñar una interfaz de información entre los ámbitos funcionales CAD y CAM para optimizar el proceso de desarrollo de los mismos. De esta manera ayudar a que las empresas de manufactura obtengan de este modelo CIM las ventajas de la integración empresarial y un soporte para el desarrollo de nuevos productos que les ayude a evolucionar en el mercado.

En el presente documento se muestran los resultados obtenidos del trabajo desarrollado el cual contiene cinco capítulos, en donde se exponen la terminología y los conceptos teóricos necesarios para el entendimiento de este proyecto; igualmente se presenta, el estudio de tres diferentes metodologías de diseño y desarrollo de nuevos productos, con el fin de referenciar una, para tomarla como base para realizar los lineamientos de especificaciones para nuevos productos entre los ámbitos funcionales CAD – CAM del modelo CIM FIET 2006.

Para realizar la validación de estos lineamientos de diseño y desarrollo de nuevos productos basados en la metodología APQP (Advanced Product Quality Planning), se ha tomado como caso de estudio: un producto mecánico denominado: biela para un motor de combustión interna, para el cual se ha extraído todo el flujo de información correspondiente a su diseño mecánico y diseño de los procesos de fabricación y se ha implementado en el formato XML.

También se plantean las conclusiones, aportes, recomendaciones y trabajos futuros correspondientes al desarrollo de este proyecto y se incluyen los anexos que tienen como propósito mostrar de una manera más detallada el trabajo realizado.

1. MARCO TEÓRICO

En el mercado actual la necesidad de innovación de productos se ha incrementado de una forma sorprendente. Los ciclos de vida de los productos son más cortos que nunca y los nuevos productos convierten rápidamente en obsoletos a los antiguos. Debido a la globalización de los mercados, a los avances tecnológicos y a las necesidades cambiantes de los clientes, la innovación de producto ocupa un lugar relevante en las estrategias de muchas empresas. Las empresas que no innovan tienen ante sí un futuro complicado [8].

Esta situación ha obligado a numerosas industrias a considerar nuevos y diversos diseños de producto, métodos de fabricación y estrategias de administración. Es por ello por lo que las tendencias en cuanto a negocios se dirigen hacia la gestión organizacional y cambios operacionales al interior de las compañías, para enfrentar la competencia global y las condiciones fluctuantes del mercado, debido a que la complejidad de los nuevos productos requiere un mejor manejo de amplios procesos de negocio en muchos proyectos de naturaleza colaborativa [9].

El diseño y desarrollo de nuevos productos permite que las empresas lleguen al mercado más rápido y de forma más eficiente con productos que satisfagan las necesidades y expectativas de sus clientes, creando ventajas competitivas significativas. El desarrollo de productos exitosos no sólo abre nuevos mercados y atrae nuevos clientes sino que también contribuye a apalancar los activos existentes y construye nuevas capacidades en la organización [10].

Para que una empresa sea competitiva debe mejorar su habilidad para identificar necesidades de los clientes y crear rápidamente productos que satisfagan esas necesidades, lo cual se logra a través de la productividad y del aprovechamiento de nuevas tecnologías. Este proceso no es sólo un problema de diseño; en él se ven involucradas todas las funciones empresariales, siendo entonces la integración empresarial una herramienta fundamental de las organizaciones para aumentar la productividad.

La necesidad más grande que tienen hoy los fabricantes es la de visualizar y reducir los costos de las muestras. La introducción de los sistemas CAD/CAM tiene un efecto considerable sobre la organización y los procedimientos, porque si bien se puede adaptar a los métodos de trabajo establecidos, no es ésta la mejor forma de obtener la máxima rentabilidad del sistema, de aquí que su introducción suponga una buena oportunidad para normalizar procedimientos y componentes. Este hecho, unido a la aún insuficiente capacidad de comunicación entre los distintos sistemas y al posible desconocimiento de las ventajas potenciales que éstos brindan, provoca en muchas ocasiones preocupación y decepción de lo que

se obtiene de ellos. Otro aspecto que tener en cuenta es que cada proveedor de paquetes CAD-CAM establece sus interfaces con formatos y estructuras netamente propietarias, las cuales son comercialmente difíciles de adquirir por empresas pequeñas y medianas debido a sus altos costos.

A continuación se detallan algunos conceptos relevantes que permitirán una mejor comprensión de este proyecto:

1.1. DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS

El desarrollo de nuevos productos es una actividad esencial para la supervivencia y competitividad de la empresa. Existen diferentes estrategias de mejora del proceso de desarrollo de nuevos productos, pero la mayor parte ellas pasan por potenciar el papel del diseño y la disminución de la duración del ciclo de desarrollo del producto. De esta forma se mejora la flexibilidad de la empresa para adaptarse a las diferentes necesidades del mercado [10].

1.1.1. El método tradicional de desarrollo de productos. El ciclo tradicional de desarrollo de un producto comienza con la determinación de unas necesidades a través de las actividades de investigación y análisis de mercados. Estas técnicas proporcionan el rango de precios y las prestaciones esperadas por los potenciales consumidores del nuevo producto. La información obtenida se transforma en una serie de especificaciones, que permiten a los departamentos de diseño definir las características (materiales, formas, geometrías, etc.) de los nuevos productos. Una vez elaborada toda la documentación (planos, listas de materiales, memorias descriptivas, pliegos de condiciones, etc.) que define al nuevo producto, ésta se distribuye a los otros departamentos de la empresa (Fabricación, Ventas, etc.) con el objetivo final de poner en el más breve plazo posible el nuevo producto en manos del consumidor [10].

Como puede observarse en la descripción anterior, se trata de un proceso secuencial, en el que intervienen diferentes actores, cada uno con objetivos diferentes. En este caso, los diseñadores están principalmente interesados en la funcionalidad y prestaciones de sus productos, y muy raramente toman en cuenta o en consideración los procesos de fabricación. Este camino o forma de proceder tradicional no consigue entablar un diálogo entre los diferentes actores que deben acometer el proceso de desarrollo del nuevo producto, salvo en muy contadas ocasiones, normalmente asociadas a la imposibilidad de cumplir algún requerimiento técnico fijado en una fase previa del proceso [10].

El diseño, por tanto, se realiza en un aislamiento relativo entre los diferentes departamentos que intervienen en el mismo. Esta metodología se plantea en muchos textos como Ingeniería Secuencial, y como consecuencia de su forma de proceder cualquier cambio del diseño original, que posteriormente sea necesario realizar, ocasiona retrasos y costos adicionales. Además, lo más grave es que las

modificaciones y alteraciones se producen en un gran número en las últimas etapas de la fase de desarrollo del producto, justamente cuando éstas son más caras y de difícil incorporación, ya que en muchos casos se han comprometido inversiones en herramientas y equipos. Los costos de realizar los cambios de ingeniería se incrementan de acuerdo a como los trabajos en curso se sitúan más tarde en el ciclo de vida del producto.

Por ello, es de vital importancia que durante la fase de diseño se incluyan todos los requisitos funcionales, estructurales y técnicos propios de todo el ciclo de vida del producto para evitar estos problemas. La progresiva disminución del tiempo permitido para corregir los errores de diseño y para hacer mejoras que aumenten la calidad o disminuyan el costo hace necesario el renunciar a la filosofía de "rehacer hasta que salga bien" por la de "hacer las cosas bien a la primera" [10].

1.2. INTEGRACIÓN DE EMPRESA

Este término debe ser visto claramente por los diferentes departamentos de la empresa sin importar la actividad que estén desempeñando; por lo tanto, la necesidad de información es básica.

Integración significa que la información requerida por cada departamento esté disponible oportunamente, exactamente en el formato requerido y sin preguntas. Los datos deben venir directamente de su origen, que incluyen las actividades de cada una de las áreas de la empresa [11].

La integración de las diferentes tecnologías existentes en una empresa, se ha vuelto un factor determinante en el proceso productivo, ésta implica el manejo óptimo de información útil, desde el nivel regulatorio donde se ejecutan acciones de control sobre la planta, hasta niveles de planificación corporativa donde se toman decisiones que afectan el desempeño global de la empresa.

Se puede definir la integración con base en la pirámide de automatización como un proceso que incluye la comunicación interna en cada nivel y la comunicación entre niveles, con el fin de lograr sistemas que permitan ejecutar las diferentes tareas de control y gestión existentes en una empresa; otra definición alternativa es la propuesta por Williams y Hong (1998), que ven la integración como la coordinación de las operaciones de todos los elementos de la empresa que trabajan en forma conjunta para lograr el cumplimiento en forma óptima de la misión de la empresa [8].

Esta modalidad de integración tiene como objetivo principal el compartir libremente información de producción por medio de procesos o modelos de negocios; dicha forma de integración agrupa factores tales como: procesos de decisión y manejo de la información de la empresa a través de un enfoque integral de planificación estratégica y toma de decisiones. [8]

En este nivel la integración se sustenta en el desarrollo de modelos de intercambio de información y representación común de los datos, y se lleva a cabo por medio de aplicaciones que permiten que los procesos de negocios de una empresa se comuniquen o intercambien información entre ellos o con los procesos de negocios de otras empresas. Actualmente existen distintas plataformas que permiten la integración de los procesos de negocios de las empresas, unas de las más conocidas son las plataformas orientadas a tecnologías de negocios, tales como B2B (Business-to-Business) [8].

Este tipo de integración se sustenta en el desarrollo de modelos de intercambio de información y representación común de los datos, y se lleva a cabo por medio de aplicaciones que permiten que los procesos de negocios de una empresa se comuniquen o intercambien información entre ellos o con los procesos de negocios de otras empresas [12].

1.3. MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADOR (CIM) (*Computer Integrated Manufacturing*)

Al término se refirió por primera vez Harrington, J. en 1973 [5]. El modelo CIM es un modelo ideal que permite integrar las distintas áreas funcionales de una organización productora de bienes a través de flujos de materiales e información, mediante la automatización y coordinación de sus distintas actividades como: la percepción de la necesidad de un producto; la concepción, el diseño y el desarrollo del producto; también la producción, marketing y soporte del producto en uso [9], utilizando el soporte de plataformas de “hardware”, “software” y comunicación [11].

Los beneficios derivados de una implementación CIM pueden ser tangibles, tales como calidad más alta, inventario reducido, menos espacio de piso y un flujo de productos y materiales más ordenado. Así mismo, pueden tenerse otros beneficios intangibles: flexibilidad en los procesos, mejor programación de la producción, menor tiempo de rendimiento y de producción, y rápida respuesta ante cambios en el mercado, entre otros. Los beneficios intangibles son más difíciles de cuantificar; la dificultad surge en gran parte porque estos beneficios representan un aumento de ingresos más que un ahorro de costos [11].

Debido a los beneficios que conlleva la implementación de sistemas CIM, al final de la década de los 70's, algunos fabricantes de hardware como IBM, DEC, Honey Well, entre otros, construyeron sus propios modelos CIM, modelos que fueron muy reconocidos en ese periodo [6]. A continuación se mencionan algunos modelos CIM existentes [10]:

- Concepto CIM de IBM

- Modelo jerárquico NIST-AMRF
- Concepto CIM de “Digital Equipment Corporation”
- Modelo Amherst-Karlsruhe
- Modelo CIM de Siemens

Los beneficios derivados de una implementación CIM pueden ser: aumento en productividad de la manufactura, calidad mejorada, mejora en servicio al cliente, reducción del costo total, reducción de inventario, flujo de productos y materiales más ordenado, gran flexibilidad en los procesos, mejor programación de la producción, menor tiempo de rendimiento y de producción, y rápida respuesta ante cambios en el mercado, entre otros [11].

1.4. MODELO CIM FIET 2006

Este modelo se obtuvo en la Universidad del Cauca, luego de adecuar el modelo CIM de Siemens a la norma ISA S95 e ISA S88, con el fin de cumplir con las exigencias actuales en el caso de la Integración empresarial, y optimizar los flujos de información al interior de la empresa de tal forma que ésta se encuentre sectorizada y organizada. De esta manera se tiene una visión dinámica de todas las áreas de la empresa facilitando acciones como la planeación y la toma de decisiones [7].

En este modelo al igual que en el modelo Siemens se observa la empresa como un conjunto de ámbitos funcionales principales de un ambiente CIM: CAD, CAM, CAP, PPC, CAQ, etc, cada uno con funciones específicas e intercambio de información entre ellos [7].

SIEMENS FIET es amplio en cuanto a la concepción de todas las posibles estructuras funcionales que pueda tener una organización, independiente de su tamaño, capacidad o tipo de producto. Incluye las relaciones de la organización con su entorno [13]. De este modelo se tienen como características principales las siguientes:

El modelo CIM FIET 2006, debido a que está soportado en el modelo CIM de Siemens, basa su modelo en intercambios de información entre sus ámbitos; esta información no sólo incluye datos económicos de taller sino que también incluye datos provenientes de procesos y de calidad; para poder diseñar las interfaces de comunicación se hizo necesario definir de manera exacta los requisitos de comunicación que incluían [7]:

¿Qué datos se producen y dónde?, ¿Qué datos se necesitan, dónde y para qué?
 ¿Quién administra y cuida los datos y de qué tipo?, ¿Quién es responsable de los datos y de qué tipo? y ¿Qué tipos de datos se encuentran en una base de datos común?

En la Figura 1-1 se presentan los ámbitos funcionales que se contemplan en el modelo y cómo se interrelacionan.

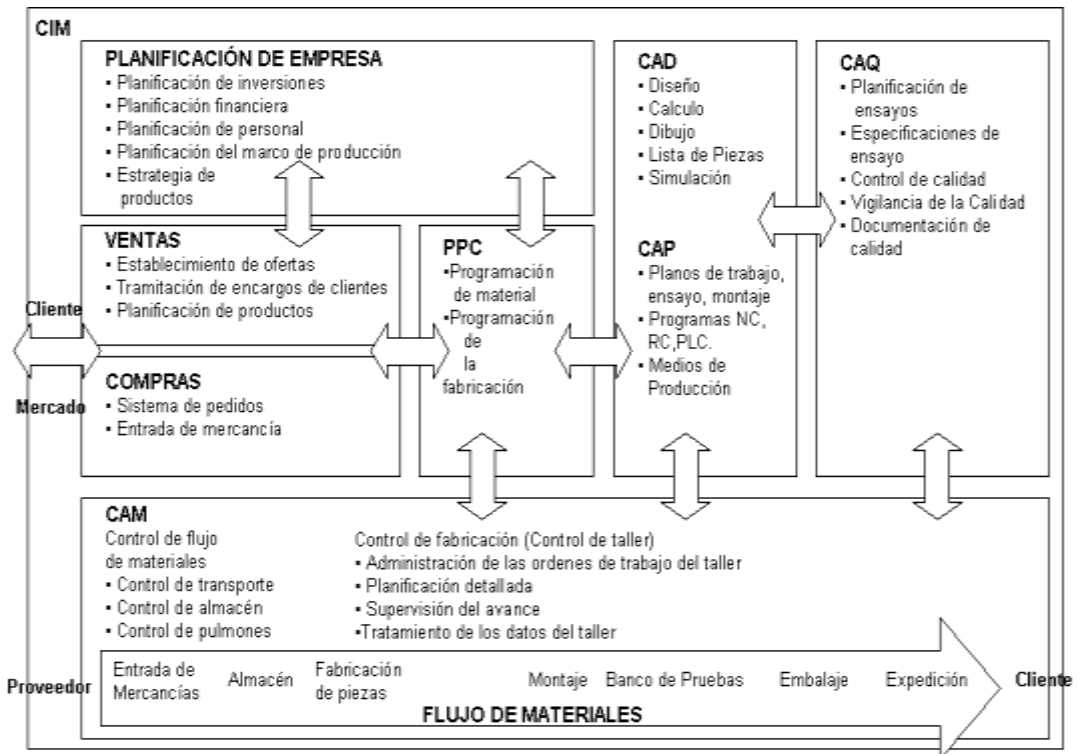


Figura 1-1. Ámbitos funcionales del modelo CIM de Siemens FIET 2006

Fuente: [7] GOMEZ, Diana y MANQUILLO, Carlos.

“Adecuación del modelo Siemens a las normas ISA S88 e ISA S95.”

A continuación se describen brevemente los ámbitos funcionales establecidos en la Figura 1-1, que están involucrados en el proceso de diseño y desarrollo de nuevos productos y los que se estudiarán a fondo en este proyecto:

1.4.1 Diseño asistido por computadora (CAD): se refiere a todas las actividades en las que se utiliza la informática directa o indirectamente dentro del marco de las actividades de diseño y desarrollo, generación gráfica, interactiva y manipulación de una representación digital de un objeto. CAD constituye la base para el establecimiento de los procesos de trabajo (CAP), la manufactura integrada por computadora (CAM), el establecimiento de procesos de verificación (CAQ) y la documentación técnica [7].

1.4.2 Planificación Asistida por Computador (CAP): representa el apoyo de los sistemas informáticos en la planificación de los procesos y secuencias de trabajo, generación de programas de máquinas de control numérico (NC - *Numeric Control*), de robots, equipos de medición, en la elección de los medios de

producción y en obtención de los datos que permitan controlar los recursos del CAM [7].

1.4.3 Manufactura asistida por computadora (CAM): ésta consiste en la asistencia de los sistemas informáticos, a nivel de planta, en la adquisición de datos, en la gestión y el control de las instalaciones de proceso, de los recursos (equipos, servicios, transportes), del almacén, en la supervisión de las líneas, en el mantenimiento de equipos, diagnóstico, etc. El módulo CAM se encuentra en el ámbito operativo y logístico de una empresa, abarcando los niveles de: proceso, control de proceso, dirección de proceso y dirección de producción [7].

1.4.4 Planificación de la empresa (PE): en este ámbito se realiza la formulación de objetivos y se deducen las medidas necesarias para alcanzarlos, para lo cual se requiere el análisis de condiciones marginales específicas del mercado y pronósticos del futuro desarrollo y orientación de la empresa [7].

1.4.5 Calidad asistida por computadora (CAQ): abarca todas las funciones que aseguren y mantengan la calidad del producto. Incluye la realización de estudios estadísticos y la generación de documentación. CAQ puede servirse de los medios técnicos auxiliares disponibles en CAD, CAP y CAM [7].

1.4.6 Planificación y control de la producción (PPC): designa la utilización de sistemas asistidos por computador para organizar la planificación, realizar el control y el seguimiento de las distintas fases: Producción – Oferta - Expedición, en lo referente a: cantidad, plazo y capacidad [7].

1.4.7 Ventas: representa la interfaz entre la empresa y el cliente, permite la capacitación de los clientes, análisis del mercado, recolección de sugerencias del mercado, registro, comprobación y seguimiento de los pedidos; además, promueve los desarrollos o modificaciones de los productos [7].

El diseño asistido por computadora (CAD) y la fabricación o manufactura asistida por computadora (CAM) se han convertido en herramientas muy importantes para mejorar la calidad del producto y aumentar la productividad en la industria moderna. El diseño y la fabricación son dos entidades inseparables, dado que el diseño precede a la fabricación. La información generada en la etapa de diseño se usa luego en la etapa de producción. El diseño se modifica de acuerdo con la realimentación del departamento de manufactura [11].

En este proyecto se trabajará con este modelo, ya que analiza la empresa con base en las estructuras funcionales que ésta pueda tener, independientemente de su tamaño, capacidad o tipo de producto. Además, gracias a la actualización de este modelo con base en las normas ISA S95 y S88, éste cumple con las exigencias actuales en el caso de la Integración empresarial.

1.5. FORMATOS DE INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN

Los ámbitos funcionales CAD y CAM contienen información proveniente de diferentes contextos profesionales y no comparten el mismo vocabulario técnico. Esta falta de consistencia en los sistemas de información produce retrasos y gasto innecesario de recursos en traducciones, y disminuye el valor de los datos para la empresa [13].

El objetivo último del manejo de datos es hacer que la información adecuada esté a disposición del personal idóneo en el momento oportuno. Para lograrlo, las estructuras de datos deben desarrollarse de forma que sean claras, accesibles, consistentes, completas, relevantes y precisas [12].

1.5.1 B2MML (Business to Manufacturing Markup language): es una implementación en XML de la familia de estándar ANSI/ISA S95, conocido internacionalmente como IEC/ISO 62264. B2MML consiste en un conjunto de esquemas XML escritos en el lenguaje de esquemas XML (XSD) del World Wide Web Consortium que implementa los modelos de objetos del estándar ISA S95 [14].

B2MML está diseñado para ser un formato de datos común para el enlace entre los sistemas de *Planificación de los Recursos de la Empresa* (ERP) con los sistemas de manufactura, tales como los sistemas de control y los sistemas de ejecución de manufactura (MES) [14].

1.5.2 BATCHML (Batch Markup Language): es una implementación en XML de la familia estándar de la norma ANSI / ISA 88, conocido internacionalmente como IEC 61512. BatchML consta de un conjunto de esquemas XML escritos en el lenguaje de esquemas XML (XSD) del World Wide Web Consortium que implementa los modelos de objetos y terminología del estándar ISA 88 [15].

BATCHML está diseñado para el intercambio de información entre récipes, equipos y listas Batch.

1.5.3 XML (Extensible Markup Lenguaje): En los últimos años se ha hablado mucho de las nuevas tecnologías, concretamente de XML como una tecnología en auge que cada vez se está utilizando más en las organizaciones. Por esta razón es muy importante definir ¿qué es realmente el XML?, ¿qué se puede hacer con él? y ¿qué beneficios aporta a una organización? [16].

El XML es un fichero de texto plano que contiene una serie de datos. Esta información está estructurada siguiendo una gramática adecuada válida según el estándar de definición XML, que entienden los diferentes sistemas gestores de datos. Es decir, el XML es un archivo que contiene una información organizada de

una manera concreta compatible con la gran mayoría de bases de datos.

La información puede servir en general para compartirla o intercambiarla con otros sistemas y, en particular para servirla a otros entornos que puedan tratarla a su gusto en función de sus necesidades.

De esta manera, y desde un punto de vista más técnico, podemos considerar el lenguaje XML como el estándar para compartir e intercambiar información entre sistemas distribuidos y heterogéneos [17].

2. METODOLOGÍAS DE DISEÑO Y DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS

Para el diseño y desarrollo de nuevos productos existen varias metodologías de trabajo que se enfocan en el uso de un proceso sistemático con etapas diferenciadas y ejecutables para garantizar un resultado exitoso. Por tal razón, es muy importante estudiar y referenciar una metodología de trabajo que permita determinar el flujo de información que se requiere entre los ámbitos del modelo CIM de Siemens FIET 2006, especialmente entre CAD, CAP y CAM, para el diseño y desarrollo de nuevos productos.

2.1. INGENIERÍA CONCURRENTE

Esta metodología de trabajo recibe otros nombres, tales como: Ingeniería simultánea, Equipos de diseño, Desarrollo integrado de producto o Ingeniería total.

La ingeniería concurrente se define como un esfuerzo sistemático para un diseño integrado, concurrente del producto y de su correspondiente proceso de fabricación y de servicio. Pretende que los desarrolladores, desde un principio, tengan en cuenta todos los elementos del ciclo de vida del producto, desde el diseño conceptual, hasta su disponibilidad incluyendo, calidad, costos y necesidades de los usuarios [18].

De esta forma, la Ingeniería Concurrente persigue un estudio sistemático, simultáneo, en el momento del desarrollo del producto, de las necesidades de mercado que va a cubrir, de los requisitos de calidad y de costos que alcanzar, de los medios y métodos de fabricación, venta y servicio necesarios para garantizar la satisfacción del cliente en todo el ciclo de vida del producto [18].

Propone realizar un trabajo coordinado y simultáneo de los diversos departamentos de la empresa: Marketing, Ingeniería del Producto, Ingeniería del Proceso, Producción, Calidad, Ventas, Mantenimiento, Costos, etc. [19].

Sustituye el clásico entorno de trabajo en el desarrollo y fabricación del producto basado en un diagrama secuencial de actuación de los distintos departamentos, por un trabajo concurrente, simultáneo, en equipo, de todos a partir del mismo momento en que se inicia el proceso [19].

La Ingeniería concurrente utiliza una gran variedad de tecnología y metodología que pueden agruparse en cuatro líneas de actuación: Organización, Comunicaciones, Especificación y Desarrollo de producto

Esta metodología busca la creación de equipos de trabajo, multifuncionales y pluridisciplinarios, para el desarrollo de un proyecto. En general el cambio de una organización funcional jerárquica a una estructura por equipos de trabajo requiere la utilización de técnicas y métodos de motivación, de trabajo en equipo, de consenso en la toma de decisiones, de delegación y asunción de responsabilidades, de dirección, planificación y seguimiento de proyectos, de dirección de reuniones, y lo que es más difícil de conseguir, un lenguaje común que elimine el lenguaje técnico de las diferentes especialidades [18].

A continuación se describen las tres metodologías basadas en ingeniería concurrente las cuales han sido estudiadas, analizadas y comparadas con el fin de lograr el propósito de obtener unos lineamientos muy bien estructurados.

2.2. METODOLOGÍA DE LA PLANEACIÓN AVANZADA DE CALIDAD DE LOS PRODUCTOS (APQP) (Advanced Planning Quality Products).

El APQP es un proceso definido para el desarrollo de un sistema de producción de un nuevo producto o un producto existente en una compañía. Es un intento de sincronizar y proveer de un método único para las actividades de desarrollo y producción; también se puede decir que es un medio para asegurar la comunicación dentro de la compañía y de la empresa con sus clientes y proveedores, donde la primera etapa y la más importante consiste en identificar quiénes son los clientes. [20].

También hay que dejar claro que el APQP no es un método nuevo, dado que la mayoría de las organizaciones están haciendo o planeando actividades que le proporcionen calidad a su producto; la razón de este hecho es que la aplicación y mantenimiento de un APQP no es complejo siempre y cuando se apliquen de manera correcta y se establezcan las normas de implementación con los empleados de la compañía y se asegure que éstos comprendan completamente su importancia en dicho proceso.

El proceso de la planeación avanzada de la calidad del producto consiste en cuatro fases que son:

- Planear y definir el programa.
- Diseño y desarrollo de producto.
- Diseño y desarrollo de proceso.
- Validación del proceso y del Producto.

Las cuales se muestran en la Figura 2-1.

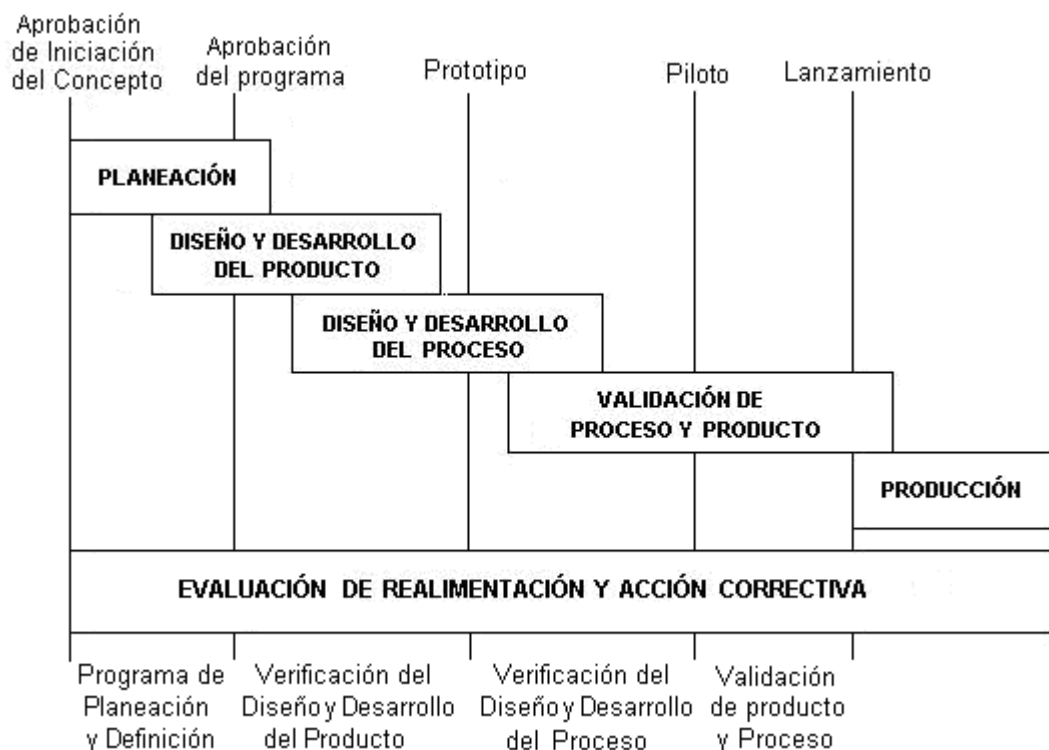


Figura 2-1. Fases y actividades de APQP
Fuente: [20] ELSMAR COVE. "Advanced Product Quality Planning Manual"

2.2.3 Etapas y actividades de APQP. A continuación se describen brevemente cada una de las etapas establecidas en la Figura 2 [20].

2.2.3.1 Planeación y definición del programa: en esta etapa se determinan las necesidades, requisitos, expectativas del cliente y objetivos de calidad del producto para traducirlas en un concepto del producto deseado, asegurando que la voz del cliente no se pierda en las actividades subsecuentes del diseño.

2.2.3.2 Diseño y desarrollo de producto: etapa de revisión crítica de los requisitos de diseño y de la información técnica. Se desarrolla y verifica el diseño evaluando los problemas potenciales del diseño en la manufactura y se definen los controles especiales del producto y proceso.

2.2.3.3 Diseño y desarrollo de proceso: se tratan las características para los sistemas de fabricación definidos y los planes de control relacionados; estas tareas son dependientes de la terminación acertada de las dos etapas anteriores y asegura que el proceso de producción será efectivo para cumplir con las necesidades del cliente.

2.2.3.4 Validación de proceso y producto: se realiza la validación correspondiente al proceso de fabricación seleccionado y de sus mecanismos de control con la evaluación del funcionamiento de producción que ciñe las condiciones y los requisitos obligatorios de la producción que identifican las salidas requeridas.

2.2.3.5 Realimentación, valoración y acción correctiva: se enfoca en la variación reducida y mejora continua que identifican salidas y acoplamientos, las expectativas del cliente y los programas futuros del producto.

2.2.4 Ventajas de APQP.

- Los recursos se dirigen hacia la satisfacción de cliente.
- Descubrimiento temprano de los requerimientos de los productos y los cambios necesarios para el proceso.
- Se entrega un producto de alta calidad, con el costo más bajo y en el tiempo estipulado.
- La gerencia debe desarrollar y documentar una política de calidad, la cual debe ser aplicada en todas las áreas de la empresa.
- Se realiza una utilización eficaz y eficiente de los recursos.
- Aumento de la satisfacción del cliente gracias a la comunicación permanente entre las áreas de la empresa y el cliente.
- Direcciona problemas potenciales rápidamente en diseño y manufactura
- Identifica los cambios requeridos en el proceso rápidamente
- Comunicaciones eficaces con todos los que están implicados en el esquema de la puesta en práctica.

2.3. METODOLOGÍA STAGE-GATE O ETAPA-PUERTA

2.3.1. Definición. Es una Metodología propuesta por Robert G. Cooper, diseñada para manejar el proceso de nuevos productos, desde una idea hasta el lanzamiento de un producto, en un número de pasos o etapas predeterminados. Cada etapa consiste en un grupo de actividades transfuncionales y paralelas que se deben terminar con éxito antes de obtener la aprobación de la gerencia para proceder a la siguiente etapa de desarrollo del producto [21].

La entrada a cada etapa se llama: Puerta. Estas puertas, que son normalmente reuniones, controlan el proceso y el servicio a través de: controles de calidad, puntos de comprobación por ejecutar, preparación-inspección, criterios por satisfacer, criterios que podrían ser satisfechos y marcadores para el plan de acción de la próxima fase.

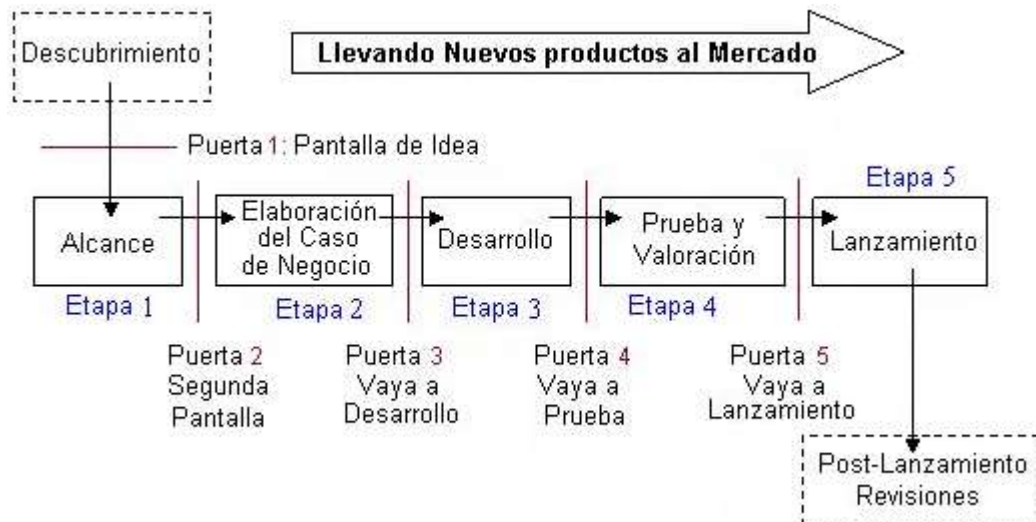


Figura 2-2. Modelo Stage – Gate

Fuente: [21] Robert Cooper. “Managing product development, Explanation of the stage-gate model”

2.3.2 Etapas en el modelo etapa-puerta. A continuación se describen brevemente cada una de las etapas establecidas en la Figura 2-2.

2.3.2.1 Descubrimiento: El proceso Etapa-Puerta es precedido por una etapa de descubrimiento, que fue agregada en una versión más reciente del modelo original que tenía solamente cinco fases. Contiene trabajo previo diseñado para descubrir oportunidades y generar nuevas ideas [22].

2.3.2.2 Alcance: es la etapa de investigación rápida, preliminar de cada proyecto, que proporciona información de primera mano a la prueba de escritorio para permitir acortar el número de proyectos.

2.3.2.3 Construcción del caso de negocio: se debe realizar una investigación mucho más detallada por parte de la comercialización primaria y la investigación técnica. El caso del negocio debe incluir una definición de producto, una justificación del producto y un plan del proyecto.

2.3.2.4 Desarrollo: etapa de diseño detallado y de desarrollo del nuevo producto; se lleva a cabo junto con algún prototipo simple del mismo.

2.3.2.5 Prueba y Validación: etapa de prueba extensiva del producto en el mercado, en el laboratorio y en la planta.

2.3.2.6 Lanzamiento: inicio de la producción, de la comercialización y de la venta. Lanzamiento al mercado, producción/operaciones, distribución, aseguramiento de la calidad. También se realizan revisiones de post lanzamiento.

En realidad, es necesario explorar profundamente dentro de las sub-actividades para proporcionar instrucciones detalladas y operacionales para el equipo de innovación.

2.3.3. Aplicaciones de la metodología etapa-puerta.

La metodología Etapa - Puerta generalmente es utilizada para el desarrollo de productos, procesos de innovación, como Componente de la Gestión de Cartera; además ha sido adecuado a las necesidades de los proyectos de desarrollo de tecnología.

2.3.4. Beneficios de la metodología Etapa-Puerta.

- Es una metodología bien organizada, puesto que la innovación puede ser una fuente de ventaja competitiva.
- Facilita el desarrollo acelerado de productos. Necesario debido al acortamiento de los ciclos de vida del producto.
- Incrementa las oportunidades exitosas de nuevos productos, permitiendo la prevención temprana de proyectos pobres, y ayuda a redireccionarlos.
- El modelo analiza el proceso complejo de la innovación en las corporaciones grandes en un número de partes más pequeñas.
- Proporciona una visión descriptiva, que permite la priorización y el enfoque.
- Está orientada hacia el mercado de una forma integrada.
- Es transfuncional, lo cual implica que los aportes y la participación de empleados de varios procesos en la organización. Ningún I+D o etapa de la comercialización queda sin considerarse. Ver Figura 2-2.
- Puede ser combinada con varias medidas de desempeño, tales como el Valor actual neto, etc.

2.3.5. Desventajas del Etapa-Puerta. Aunque dentro de una etapa las actividades se pueden conducir en paralelo, el acercamiento del Etapa-Puerta es básicamente secuencial (en cascada). Algunos expertos de la innovación creen que el desarrollo de producto se debe organizar realmente en paralelo, usando circuitos.

El marco original del método Etapa-Puerta no se ocupó del proceso de descubrimiento y de las actividades para crear nuevas ideas, lo cual genera tensión entre la organización y la creatividad, aunque ambas son muy importantes dentro de la innovación.

2.4. METODOLOGÍA DE DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS CON UN ENFOQUE MULTIDISCIPLINARIO, PROPUESTO POR KARL T. ULRICH Y STEVEN D. EPPINGER.

2.4.1. Definición. Esta metodología define el diseño y desarrollo de productos como una secuencia de actividades que una empresa debe emplear para concebir, diseñar y comercializar un producto para poder obtener mejores resultados [23].

Los métodos que se utilizan para concluir las actividades de desarrollo se encuentran estructurados, lo que significa que por lo general se proporciona un enfoque paso por paso, y con frecuencia se ofrecen plantillas para los métodos de información clave utilizados por el equipo de diseño.

Los métodos estructurados son valiosos por tres razones:

Primero: logran que el proceso de decisión sea explícito, permitiendo a cada uno de los miembros del equipo que entiendan la lógica de toma de decisiones y reduzcan la posibilidad de llevar a cabo decisiones que no estén fundamentadas.

Segundo: con ayuda de “checklists” (listas de verificación) de los pasos clave en una actividad de desarrollo, se asegura que no se olviden aspectos importantes.

Tercero: los métodos estructurados son sumamente autodocumentados; en el proceso de ejecución del método, el equipo crea un registro del proceso de toma de decisiones para su futura referencia y para capacitar los recién llegados.

Aunque los métodos son estructurados, no es la intención que se apliquen de manera indiscriminada. Estos son un punto de partida para una mejora continua. Los equipos deben adaptar y modificar los enfoques para que cumplan con sus propias necesidades y para que reflejen el carácter único de su ambiente institucional.

Puesto que esta metodología plantea seguir una serie de actividades con el fin de obtener excelentes resultados, el proceso de desarrollo del producto se encuentra distribuido en una secuencia de seis fases y cada una de ellas incluye métodos integrales para su desarrollo, tal como se muestra en la Figura 2-3.

2.4.2. Etapas del Método de diseño y desarrollo de productos con un enfoque multidisciplinario.

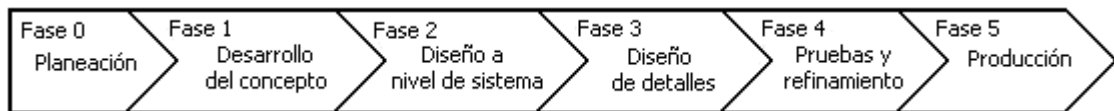


Figura 2-3. Proceso de desarrollo de producto

Fuente: [23] ULRICH, Karl y EPPINGER, Steven. *Diseño y desarrollo de productos*

A continuación se describen brevemente cada una de las fases establecidas en la Figura 2-3. [23].

2.4.2.1. Planeación: con frecuencia se conoce como fase cero "0", fase en la cual se realiza la estrategia corporativa e incluye la valoración de los desarrollos en tecnología y de los objetivos del mercado. El resultado de esta fase es el principio de misión del proyecto, el cual especifica el mercado objetivo para el producto, objetivos comerciales, suposiciones básicas y limitaciones.

2.4.2.2. Desarrollo del concepto: se identifican las necesidades del mercado objetivo, se generan y evalúan conceptos de productos alternativos y se seleccionan uno o más conceptos para desarrollo y prueba. Un concepto es una descripción de la forma, función y características de un producto, y por lo general se acompaña de un conjunto de especificaciones, un análisis de productos competitivos y una justificación económica del proyecto.

2.4.2.3. Diseño a nivel de sistema: esta fase está orientada a la definición de la arquitectura del producto y el desglose del producto en subsistemas y componentes. También se define el esquema del ensamble final para el sistema de producción. El resultado de esta fase usualmente incluye:

Una distribución geométrica del producto, una especificación funcional de cada subsistema y un diagrama de flujo de proceso preliminar para la secuencia del ensamble final.

2.4.2.4. Diseño de detalles: en la fase de diseño se desarrolla la especificación completa de la geometría, materiales y tolerancia de todas las partes que sean únicas en el producto, y la identificación de todas las partes. El resultado de esta fase es la documentación de control para el producto, como lo son dibujos, archivos de computadora que describen la geometría de cada parte y las herramientas de producción.

2.4.2.5. Prueba y refinamiento: en esta fase se involucra la construcción y evaluación de múltiples versiones de producción previas del producto y se construyen varios prototipos, para la realización de estas pruebas minuciosas, con el fin de observar el desempeño y fiabilidad de los prototipos.

Producción piloto: Se define un sistema de producción para la fabricación del producto y se pone en marcha. De esta forma poder detectar posibles fallas en el sistema de producción o defectos en el producto. La transición de producción piloto a producción continua por lo común es gradual. En cierto punto de esta transición el producto es lanzado y se encuentra disponible para su distribución generalizada.

2.4.3. Beneficios de la metodología de diseño y desarrollo de productos con un enfoque multidisciplinario.

- Esta metodología utiliza métodos estructurados para llevar a cabo el proceso de desarrollo.
- Se proporciona un enfoque paso por paso, y con frecuencia se ofrecen plantillas para los métodos de información clave utilizados por el equipo.
- Permite a cada uno de los miembros del equipo entender la lógica de la toma de decisiones y reducir la posibilidad de llevar a cabo decisiones que no estén fundamentadas.
- La documentación durante cada una de las actividades de desarrollo permite que el proceso de toma de decisiones asegure que no se olviden aspectos importantes.
- Los métodos estructurados permiten que se realice una mejora continua.

2.4.4. Desventajas de la metodología de diseño y desarrollo de productos con un enfoque multidisciplinario.

- Esta metodología no muestra claramente realimentación entre etapas de desarrollo consecutivas y también es básicamente secuencial en la definición y el diseño y desarrollo de productos.
- Se enfoca hacia el desarrollo del producto como tal, olvidando un poco el seguimiento post lanzamiento del producto en el mercado para realizar posibles revisiones o reparaciones futuras.

- Se concentra en el desarrollo del diseño o funciones CAD y CAM sin ilustrar claramente un intercambio de información con los otros ámbitos funcionales de un modelo CIM.

2.5. ESCOGENCIA DE LA METODOLOGÍA DE DISEÑO Y DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS.

Para la escogencia de la metodología más adecuada de diseño y desarrollo de nuevos productos, y obtener el flujo de información necesario entre los ámbitos funcionales CAD y CAM, se ha realizado un análisis basado en el estudio de cada una de las tres metodologías expuestas anteriormente, de acuerdo con la valoración y calificación de aspectos que miden la ventaja o desventaja que una metodología pueda tener sobre las otras. Los aspectos tenidos en cuenta son: Identificación de características del producto, Conceptualización del producto, Identificación de variables del producto que luego deben ser controladas, Realización del diseño del proceso, Relación con otros ámbitos funcionales, Trabajo interdisciplinario, entre otras; los cuales se encuentran relacionados en la siguiente tabla:

Tabla 2-1: Cuadro comparativo entre las metodologías estudiadas de diseño y desarrollo de nuevos productos.

METODOLOGÍA ASPECTO A ANALIZAR	APQP	STAGE GATE	CON UN ENFOQUE MULTIDISCIPLINARIO
Identificación de características del producto.	Se realiza utilizando una variedad de herramientas que aseguran a la empresa poder obtener todos los datos necesarios para desarrollar un nuevo producto de alta calidad, con un costo más bajo, en el tiempo estipulado y que cumpla con las necesidades del cliente.	La identificación de características del nuevo producto es llevada a cabo por medio del estudio de la voz del cliente, las cuales son llevadas a la puerta uno por una persona encargada y soportadas en algunas ocasiones por algunos empleados, este proceso es llevado a cabo en la etapa de descubrimiento.	Analiza las necesidades del cliente y especificaciones del producto preliminar. Pero la metodología no especifica que herramientas se deben usar.
Conceptualización del producto.	Esta metodología brinda herramientas adecuadas que permiten traducir las características del producto identificadas en la etapa de planeación y definición del programa en metas y objetivos del producto. Las herramientas brindadas aseguran que la voz del cliente no se pierda en las actividades subsecuentes del diseño.	El concepto del producto se realiza en la etapa uno, donde se evalúan, aceptan y rechazan las características propuestas para el nuevo producto y se realiza una investigación mucho más detallada por parte de la comercialización primaria y la investigación técnica.	Después de obtener las necesidades del cliente y las especificaciones objetivo, propone un equipo de desarrollo efectivo que se encargue de transformar estas ideas en varios conceptos de los cuales se deben elegir los mas aptos.
Identificación de variables del producto que luego deben ser controladas.	Permite identificar las variables del producto que deben ser controladas con base en las funciones y restricciones que se definen en la etapa de diseño y desarrollo del producto.	Las variables a controlar son identificadas en la etapa 1, exactamente en la planeación del proyecto, por el equipo de expertos. Si este plan es aceptado en la puerta 2 puede pasar a la elaboración del caso de negocio, de lo contrario debe ser corregido y discutido de nuevo o archivarse en un banco de información.	Se enfoca en el desarrollo del producto como tal, olvidando un poco el seguimiento post lanzamiento del producto en el mercado para realizar posibles revisiones o reparaciones futuras. La documentación durante cada una de las actividades de desarrollo, permite que el proceso de toma de decisiones asegure que no se olviden aspectos importantes.

Realización del diseño del proceso	Dedica una etapa y brinda una gran variedad de herramientas de la metodología para asegurar que el proceso de desarrollo será efectivo para cumplir con las necesidades y expectativas del cliente	El diseño del proceso para el desarrollo del prototipo en esta metodología está a cargo del equipo de desarrollo del nuevo producto integrado por ingenieros, expertos y técnicos.	Brinda variedad de herramientas relacionadas con el diseño del producto, pero no especifica las actividades relacionadas con el proceso de desarrollo del producto.
Relación con otros ámbitos funcionales.	Gracias a que esta metodología tiene un enfoque de ingeniería concurrente, propone que todas las áreas de la empresa deben trabajar durante todas las etapas de trabajo para poder obtener un producto de alta calidad.	La metodología Etapa – Puerta muestra la información descriptiva de lo que se debe hacer en cada etapa o puerta sin brindar las herramientas para generar y detallar un flujo de información entre las áreas de la empresa. Este flujo es detallado para cada prototipo específico por cada equipo especializado, encargado de cada etapa o puerta.	Esta metodología propone un enfoque de trabajo multidisciplinario, pero enfoca su trabajo al proceso de diseño del producto sin especificar la relación con otros ámbitos funcionales.
Trabajo interdisciplinario.	La gerencia debe desarrollar y documentar una política de calidad, la cual debe ser aplicada en todas las áreas de la empresa. Muestra Comunicaciones eficaces con todos los que están implicados en el esquema de la puesta en práctica. Aumento de la satisfacción del cliente gracias a la comunicación permanente entre las áreas de la empresa y el cliente.	Es transfuncional. Implica los aportes y la participación de empleados de varios procesos en la organización. Ningún I+D o etapa de la comercialización queda sin considerarse.	Permite a cada uno de los miembros del equipo entender la lógica de la toma de decisiones y reducir la posibilidad de llevar a cabo decisiones que no estén fundamentadas puesto que esta es una metodología estructurada, permitiendo que se realice una mejora continua.
Otras	Basada en la norma ISO 9000:2000 proporcionándole a esta un valor agregado muy importante a la empresa que aplique esta metodología. Trabaja con el enfoque de ingeniería concurrente y usa muchas de sus herramientas, aportando las ventajas que eso conlleva.	Esta metodología analiza el proceso complejo de la innovación en las corporaciones grandes en equipos pequeños, produciendo tensión entre la organización y la creatividad.	No muestra claramente realimentación entre etapas de desarrollo consecutivas. Es básicamente secuencial, en la definición y el diseño y desarrollo de productos.

Fuente: Elaboración propia

2.5.1 Análisis para la escogencia de la metodología. A continuación se exponen las razones por las cuales se ha escogido la metodología de diseño y desarrollo de nuevos productos, que servirá como base para los lineamientos que especificar y también se justifican los motivos por los cuales se descartan las otras dos, lo cual se realiza mediante un análisis de las características de cada una de las tres metodologías estudiadas y teniendo en cuenta los aspectos que miden la ventaja o desventajas resultantes del cuadro comparativo anterior (ver Tabla 2-1).

2.5.1.1 Análisis de la metodología APQP. Después de realizar el estudio pertinente de esta metodología se puede concluir que es un proceso muy completo puesto que se basa en los sistemas de gestión de calidad, asegura que se dé lugar a una planeación temprana, dirige los recursos hacia el cliente, identifica los cambios requeridos en el proceso, provee un producto de calidad a tiempo y a menor costo, resuelve los problemas tempranos potenciales en diseño y manufactura.

2.5.1.2 Análisis de la metodología etapa - puerta. Se nota que aunque el Etapa-Puerta está evolucionando cada vez más, siempre está expuesto a cambios puesto que las puertas o reuniones son llevadas a cabo por personal que puede rotar ocasionalmente, a lo cual se suma la tensión existente entre la organización y la creatividad.

Aunque es una metodología muy usada en ambientes CAD y en el desarrollo de proyectos de alta tecnología, su acercamiento es básicamente secuencial, lo que puede producir la elaboración de productos con posibles defectos y en el peor de los casos grandes pérdidas para la empresa.

Esta metodología no ofrece formatos de información que permitan extraer funciones y un flujo de información de diseño y desarrollo para un nuevo producto, que es lo que se busca con el desarrollo de este proyecto, para poder interactuar en un ambiente CIM, como lo es el modelo CIM de Siemens FIET 2006.

Luego, se descarta tomar esta metodología como guía para los lineamientos que se plantean en este proyecto, por las razones aquí expuestas y además por las desventajas descritas en el cuadro comparativo realizado entre las tres metodologías estudiadas.

2.5.1.3 Análisis de la metodología con enfoque multidisciplinario propuesto por Karl T. Ulrich y Steven D. Eppinger. Esta metodología no muestra claramente una realimentación entre las etapas de desarrollo, lo cual la hace muy vulnerable a que se presenten errores en las etapas siguientes del proceso de desarrollo del producto y como se describió anteriormente se concentra en la elaboración del diseño y desarrollo del nuevo producto como tal, brinda muchas funciones CAD y CAM pero no es fácil encontrar un intercambio de información

aplicable a los otros ámbitos funcionales de un modelo CIM; es por estas razones por las que se descarta para ser usada en el presente proyecto.

2.6 CONCLUSIÓN DEL ANÁLISIS DE LAS METODOLOGÍAS.

Según el anterior análisis de cada una de las tres metodologías estudiadas, la metodología que se tomará como base para realizar los lineamientos de especificaciones de diseño y desarrollo de nuevos productos es la metodología APQP (Advanced Planning Quality Products), la cual está enfocada hacia la obtención del diseño y desarrollo de un producto basado en la calidad de éste y la satisfacción del cliente, además es la que mejor se adapta para el diseño de intercambio de información, puesto que provee formatos que facilitan la integración del flujo de información, aplicable a un ambiente de arquitectura CIM, como lo es el modelo CIM Siemens FIET 2006.

2.7. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA METODOLOGÍA APQP.

A continuación se detalla el flujo de información para el diseño y desarrollo de nuevos productos necesario, correspondiente con la metodología APQP para el diseño y desarrollo de nuevos productos.

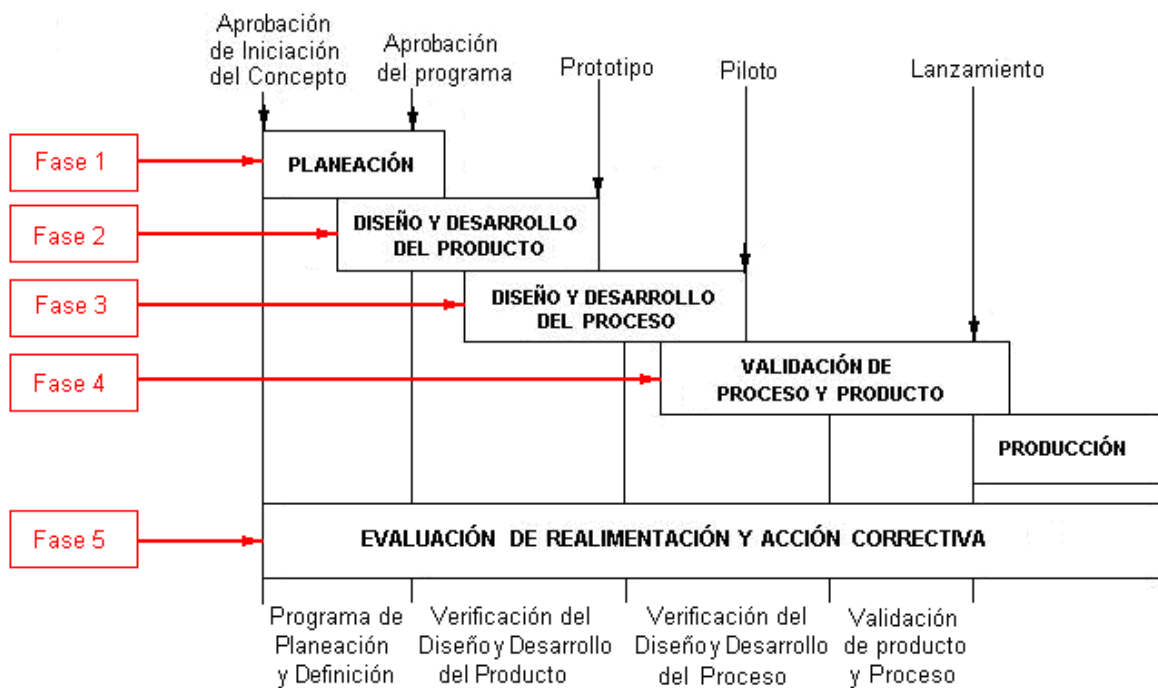


Figura 2-4. Representación grafica de las fases de APQP.

Fuente: [20] ELSMAR COVE. "Advanced Product Quality Planning Manual".

De esta forma es como APQP representa gráficamente cada una de las fases de diseño y desarrollo del producto; cada una de éstas tiene entradas y salidas de información, que serán explicadas en detalle a continuación.

Cada una de las fases, a excepción de la fase 1, son dependientes del flujo de información de la fase anterior.

Las entradas a la etapa de planeación están conformadas por toda la información relacionada con las necesidades y expectativas del cliente.

2.7.1. Flujo de información (entradas/salidas) de cada una de las fases de APQP.

2.7.1.1 Fase 1: planeación y definición del programa. Etapa de traducción de las necesidades y expectativas del cliente en especificaciones y objetivos de calidad del producto. Asegura que las necesidades y expectativas del cliente estén bien definidas [20].

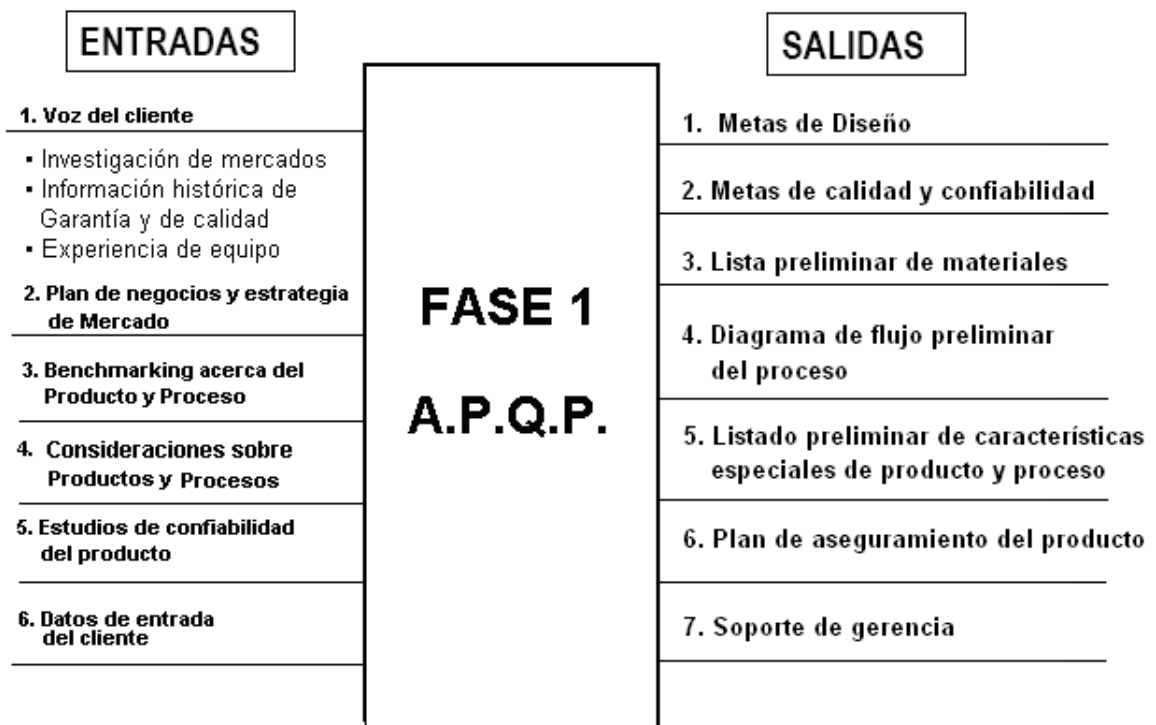


Figura 2-5. Representación gráfica del flujo de información de la fase 1 de APQP

Fuente: Elaboración propia

Entradas:

1. Voz del cliente

En esta fase se usa un análisis QFD (Despliegue de la Función de Calidad), que fácilmente ayuda a identificar los clientes internos y externos, las necesidades establecidas, las necesidades reales y las percibidas de los clientes, así como las necesidades culturales y puede ayudar a encontrar aplicaciones nuevas de un producto. También ayuda a confrontar las necesidades funcionales del producto con las características técnicas.

En esta actividad se puede realizar dos sub-actividades como complemento y son las siguientes:

a. Investigación de Mercados

El estudio de mercado puede realizarse con:

- Entrevistas al Cliente.
- Cuestionarios y encuestas al Cliente.
- Prueba de Mercadeo e informes de posicionamiento.
- Estudios de calidad y fiabilidad a nuevos productos.
- Estudios competitivos de calidad de producto.
- Reportes de cosas que van bien (things going right TGR).

Luego es usado un formato conocido como “Things Gone Right” el cual consiste en un listado de características de un nuevo producto y el cliente señala cuales desea obtener en particular, es decir, el cliente personaliza su producto.

b. Información Histórica de Garantía y de Calidad.

- Reportes de cosas que van mal (things gone wrong TGW).
- Reportes de garantía.
- Indicadores de capacidad.
- Reportes de la calidad en la planta.
- Reportes de solución de problemas.
- Devoluciones y rechazos del cliente a la fábrica.
- Análisis de producto retornados de campo.

Se utiliza el reporte "things gone wrong " que se refiere a una serie de posibles problemas que ha podido tener el cliente con el producto en otras ocasiones.

2. Plan de negocios y estrategia de mercado

Desarrollar un plan de negocios para conocer las limitaciones en cuanto a tiempo, costos, inversión, posicionamiento del producto y recursos para investigación y desarrollo.

Por medio de la estrategia de mercado se define los clientes objetivos, puntos clave de ventas y los competidores de importancia. Además permite definir las: fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de la empresa.

3. Benchmarking acerca del producto y proceso

Por medio de esta actividad se analiza el mercado con el fin de Identificar quién el mejor competidor en relación al aspecto de interés, entender la razón de la diferencia del estado de la empresa contra la competencia y con base en ese estudio desarrollar el plan para eliminar, igualar o superar la diferencia.

4. Consideraciones sobre productos y procesos

En esta actividad se deben analizar los siguientes aspectos: características, diseño, conceptos de proceso, innovaciones técnicas, materiales avanzados, evaluaciones de confiabilidad, nueva tecnología, para realizar una planificación de cómo se va a desarrollar el producto.

Esta información se debe documentar ya que se puede utilizar como aspectos para el plan de control. Es recomendable considerar otras alternativas en caso de que los posibles aspectos no sean aceptados.

5. Estudios de confiabilidad del producto

- Frecuencia de las reparaciones o los reemplazos de los componentes dentro del período de tiempo designado.
- Confiabilidad de largo alcance y/o prueba de durabilidad.
- Los estudios pueden ser muy costosos y prolongados.

6. Datos de entrada del cliente

- Los futuros usuarios proveen la información de sus necesidades y expectativas.
- Posibilidad de realizar una revisión previa y estudios.
- Usado para desarrollar la medida de la satisfacción cliente.

SALIDAS

1. Metas de diseño

En esta actividad se debe traducir la voz del cliente en objetivos de diseño medibles, con el fin de asegurar que la voz del cliente no se pierda en las actividades subsecuentes del diseño. Para realizar esta actividad se recomienda realizar un análisis QFD.

2. Metas de calidad y confiabilidad

Se establecen las metas de calidad y confiabilidad en función de las expectativas del cliente y de la comparación competitiva.

- Probabilidad de supervivencia y límites de confianza, etc.
- Nivel de defectos, reducción de desperdicio, etc.

3. Lista preliminar de materiales

Se definen los materiales que emplear y sus respectivos proveedores.

4. Diagrama de flujo preliminar del proceso

Anticipar el proceso de manufactura con base en los supuestos de producto/proceso y lista preliminar de materiales.

5. Listado preliminar de características especiales de producto y proceso

- Resultado del análisis de las entradas relacionadas con expectativas y necesidades del cliente.
- Desarrollada con base en:
 - Supuestos del producto
 - Identificación de requerimientos /metas de fiabilidad.
 - Procesos de manufactura anticipados, FMEA (Failure Mode and Effects Análisis) (Análisis de los modos y de los efectos de fallo) de partes similares.

6. Plan de aseguramiento del producto

Parte importante del plan de calidad del producto.

- Sumario sistemático de requerimientos del programa.
- Identificación de requerimientos de confiabilidad.

- Evaluación de nueva tecnología, complejidad, materiales, aplicación, medio ambiente, empaque, servicio, requisitos de manufactura, etc.
- Desarrollo de FMEA.
- Desarrollo de requerimientos de estándares de ingeniería preliminares.

7. Soporte de gerencia

- Actualizar la información para la gerencia al concluir cada fase de la planeación demostrando que todos los requerimientos se han cumplido.
- Documentar y programar las fechas de solución de preocupaciones surgidas durante el desarrollo de la planeación.
- Participación de la gerencia en las juntas de planeación de calidad de producto.

2.7.1.2. Fase 2: diseño y desarrollo del producto. Etapa de revisión crítica de los requisitos de diseño y de la información técnica. Se desarrolla y verifica el diseño evaluando los problemas potenciales del diseño en la manufactura, y además se definen los controles especiales del producto/proceso.



Figura 2-6. Representación gráfica del flujo de información de la fase 2 de APQP.
Fuente: Elaboración propia

Salidas

1. FMEA del diseño

Técnica analítica disciplinada que evalúa la probabilidad de falla así como el efecto de ésta en el diseño. Provee un documento vivo actualizado continuamente conforme lo requieran las expectativas y necesidades de los clientes.

Además proporciona al grupo de diseño una oportunidad para revisar las características de producto previamente seleccionadas, haciendo las adiciones, eliminaciones y cambios necesarios.

2. Especificaciones de ingeniería

Se deben Identificar los requerimientos de durabilidad, apariencia y funcionalidad del producto. Estos requerimientos representan lo que el producto tiene que hacer, es decir, el conjunto de funciones que el producto tiene que satisfacer y junto con ellas se deben determinar las restricciones que actúan modificando los requerimientos, delimitando así las fronteras de las posibles soluciones del diseño.

3. DFM y DFA diseño para manufactura y ensamble

DFM es un proceso de ingeniería concurrente diseñado para optimizar la relación entre la función de diseño y de manufactura, con el fin de elegir el proceso de producción que se adecua más a los requerimientos del producto y obtener una reducción de costes sin reducir la calidad del producto.

DFA es una herramienta que permite simplificar el proceso de ensamblaje, con lo que se reduce el ciclo de fabricación y se mejora la calidad del producto.

Al menos deberá considerarse:

- Diseño, concepto y sensibilidad a variaciones de manufactura.
- Parámetros del Diseño.
- Tolerancias dimensionales.
- Requerimientos de desempeño.
- Número de componentes.
- Manejo de materiales.

4. Verificación del diseño

Verificar que el diseño de producto cumple con los requerimientos del cliente derivados de las actividades descritas en la etapa 1. Se deben realizar las siguientes actividades:

- Métodos de inspección.
- Métodos de evaluación.
- Garantizar que todas las salidas de diseño satisfagan los requerimientos de las entradas de diseño.
 - Cálculos alternos.
 - C.A.D. y datos matemáticos.
 - Revisar los documentos de la etapa de diseño antes del lanzamiento.

5. Revisiones de diseño

Método para prevenir problemas y malos entendidos. Las revisiones deben incluir:

- Requerimientos funcionales y de diseño.
- Metas y niveles de confianza formales de confiabilidad.
- Ciclo de trabajo de componentes / subsistemas / sistemas.
- Simulación de computadora y banco de resultados de pruebas.
- FMEA de diseño
- Evaluación de DFM (Diseño para Manufactura) y DFA (Diseño para Ensamble).
- Diseño de experimentos y resultados de variación de ensamblaje.
- Pruebas de fallo.
- Progreso de verificación de diseño.

6. Plan de control para construcción de prototipo

- Asegurar que el producto o servicio cumple con especificaciones del cliente.
- Asegurar que se ha dado particular interés a las características especiales de producto y proceso.
- Usar los datos y experiencia para establecer los parámetros preliminares de proceso y requerimientos de empaque.
- Comunicar al cliente cualquier preocupación, desviación y/o impacto en costo.

7. Dibujos de ingeniería

Los dibujos de ingeniería pueden incluir características especiales (regulaciones gubernamentales o de seguridad), mostradas en el plan de control, los cuales deben revisarse para determinar cuáles características afectan al uso, función, durabilidad y/o requerimientos de seguridad regulados por el gobierno.

Las dimensiones deben evaluarse para asegurar factibilidad y compatibilidad con los estándares de manufactura y medición de la industria.

8. Especificaciones de materiales

Deben revisarse las especificaciones de material para características especiales como: propiedades físicas, desempeño, ambientales, manejo, almacenamiento.

9. Cambios a dibujos y a las especificaciones

Cuando exista un cambio, debe asegurarse su rápida comunicación y adecuada documentación a todas las áreas afectadas.

10. Requerimientos de nuevo equipo, herramientas y de instalaciones

- Derivado del diseño del FMEA, plan de aseguramiento de producto y/o revisiones al diseño pueden identificarse estos requerimientos.
- Los requerimientos deben agregarse al programa del proyecto asegurando que el equipo y herramientas tengan la capacidad requerida y se entreguen en forma oportuna. Se debe dar seguimiento al avance en las instalaciones con objeto de asegurar su terminación para lograr las metas de producción piloto.
 - Identificación preliminar de nuevo equipo, herramientas e instalaciones.
 - Incluir estos requerimientos en la tabla de tiempos.
 - Requerimientos de capacidad de dirección.
 - Establecer tiempos de entrega.

11. Características especiales de producto y proceso

Actualización de la lista de características especiales de la fase 1, tomando como base la información obtenida a través de la revisión y desarrollo de características de diseño.

12. Requerimientos de instrumentos de prueba

El equipo debe identificar estos requerimientos y agregarlos al programa, monitoreando para asegurar que se cumpla con el tiempo programado.

13. Compromiso de factibilidad del grupo y soporte gerencial

Se evalúa la factibilidad del diseño propuesto, para asegurar que el producto o servicio diseñado podrá ser manufacturado, ensamblado, probado, empaclado y entregado en cantidad suficiente a un costo aceptable y en el tiempo programado.

2.7.1.3. Fase 3: diseño y desarrollo del proceso. Esta etapa tiene como función asegurar que el proceso sea efectivo para satisfacer las necesidades y expectativas que el cliente pueda tener.

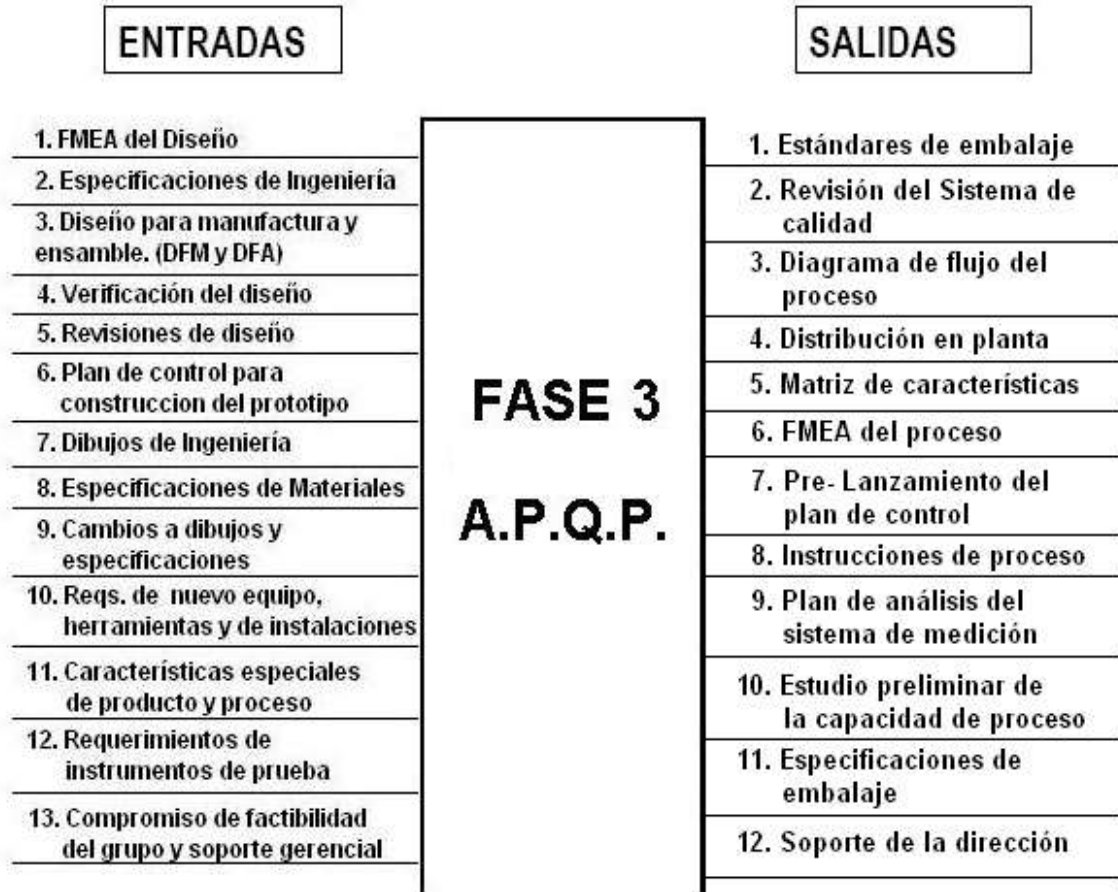


Figura 2-7. Representación gráfica del flujo de información de la fase 3 de APQP.
Fuente: Elaboración propia

Salidas

1. Estándares de embalaje

Aplicar estándares actuales o modificarlos para preservar integridad del producto desde su liberación hasta el punto de uso.

2. Revisión del sistema de calidad

El equipo de calidad debe examinar el manual de sistemas de calidad existente para asegurar que los cambios resultantes de APQP sean reflejados (si hay alguno). Se debe actuar de acuerdo con el Sistema de Calidad 9000.

3. Diagrama de flujo del proceso

Herramienta que brinda una representación esquemática del flujo del proceso actual o propuesto, enfatiza el impacto de fuentes de variación en proceso (máquinas, materiales, métodos y mano de obra) de inicio a fin, ayuda a analizar el proceso total y sirve como base para la elaboración del FMEA, matriz de características y plan de control.

4. Distribución de planta

Desarrollado y revisado para determinar la aceptabilidad de los puntos de inspección, localización de cartas de control, aplicabilidad de ayudas visuales, estaciones de reparación y áreas para contener material defectivo.

5. Matriz de características

Muestra las relaciones de los parámetros de proceso y las estaciones de manufactura. Se numeran las dimensiones y/o características del dibujo de la parte y cada operación de manufactura, indicando las relaciones existentes.

6. FMEA del proceso

Técnica analítica disciplinada que evalúa la probabilidad de falla así como el efecto de ésta. Provee un documento vivo actualizado continuamente conforme lo requieran las expectativas y necesidades de los clientes.

Además proporciona al grupo de planeación del proceso de trabajo una oportunidad para revisar las características del proceso previamente seleccionadas, haciendo las adiciones, eliminaciones y cambios necesarios. Debe elaborarse antes de iniciar la producción.

7. Pre - lanzamiento del plan de control

- Descripción de mediciones dimensionales, pruebas funcionales y de materiales que se harán después de los prototipos y antes de producción normal.
- Debe incluir controles adicionales al producto/proceso para ser implantadas hasta que el proceso de producción sea validado.

- Pretende contener no conformidades potenciales previo o durante las corridas de producción inicial, por ejemplo:
 - Inspección más frecuente.
 - Más puntos de chequeo en proceso y final.
 - Evaluaciones estadísticas.
 - Auditorías incrementadas.

8. Instrucciones de proceso

En ella se proporcionan detalles suficientes para la operación del proceso, accesibles a los operadores, incluyendo parámetros de ajuste como: velocidad de máquina, tiempos del ciclo etc., las cuales se desarrollan partiendo de:

- FMEA.
- Planes de control.
- Dibujos de ingeniería, especificaciones de desempeño y de materiales, estándares visuales y estándares industriales.
- Diagrama de flujo del proceso.
- Distribución de planta.
- Matriz de características.
- Estándares de empaque.
- Parámetros de proceso.
- Experiencia y conocimiento de los procesos y productos.
- Requerimientos de manejo de materiales.
- Operadores del proceso.

9. Plan de análisis del sistema de medición

Desarrollar un plan de calidad que incluya la responsabilidad para asegurar que el sistema de medición cumpla con los requisitos de:

- Linealidad.
- Exactitud.
- Repetibilidad.
- Reproducibilidad.
- Correlación entre dispositivos duplicados.

10. Estudio preliminar de la capacidad de proceso

Desarrollo de un plan para evaluar las características de calidad, que permita realizar un análisis estadístico detallado del proceso en la etapa de validación del producto y proceso.

11. Especificaciones de embalaje

El diseño del empaque debe asegurar que el desempeño y características del producto no sean afectados durante el empaque, tránsito y desempaques, siendo compatible con todos los equipos de manejo de materiales incluyendo robots.

12. Soporte de la dirección

Programar las revisiones formales durante esta fase para informar a la gerencia, logrando su participación para asistir en la solución de actividades no concluidas.

2.7.1.4. Fase 4: validación del producto y del proceso. Etapa donde el proceso de manufactura es validado por medio de la evaluación de una corrida piloto de prueba. El grupo de APQP debe verificar que el Plan de control y el Diagrama de flujo del proceso sean aplicados y que aseguren el cumplimiento de los requisitos del cliente.

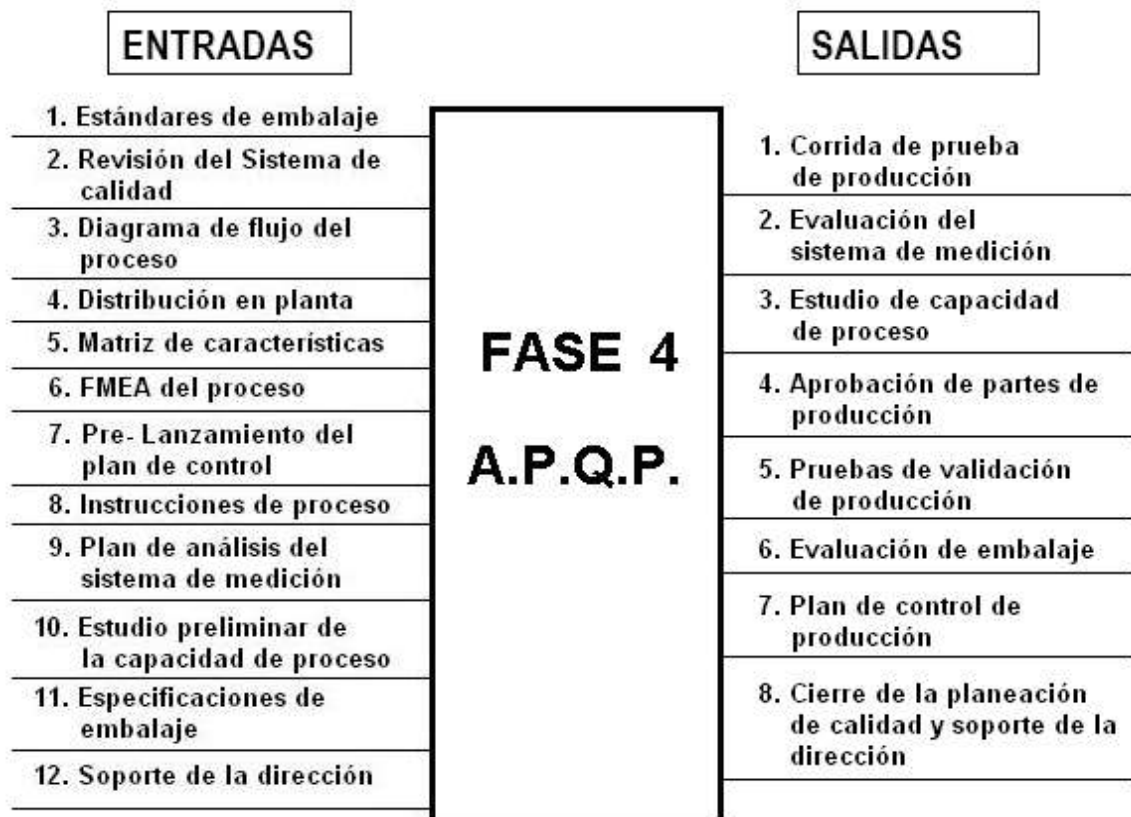


Figura 2-8. Representación gráfica del flujo de información de la fase 4 de APQP.
Fuente: Elaboración propia

SALIDAS

1. Corrida de prueba de producción

Actividad donde se realiza una corrida de prueba de producción, empleando todos los recursos de la empresa como: equipo, ambiente (incluyendo operadores de producción), instalaciones y tiempo de ciclo normales de producción. Es usada para:

- Estudios de la capacidad de procesos.
- Evaluación de sistemas de medición.
- Factibilidad final.
- Revisión de proceso.
- Pruebas de validación de producción.
- Aprobación de partes de producción.
- Evaluación de empaque.
- Estudio de habilidad de primera vez (FTC).
- Cierre de la planeación de calidad.

2. Evaluación del sistema de medición

Deberán emplearse los dispositivos y métodos especificados para verificar las características anteriormente definidas en el Plan de análisis del sistema de medición. Se puede evaluar el sistema de medición durante la corrida de producción de prueba con cartas de control.

3. Estudios de la capacidad de proceso

Se debe analizar si el proceso es controlable, estable y tiene la capacidad de cumplir debidamente las especificaciones de diseño del producto. Para esta actividad se recomienda utilizar las siguientes herramientas:

- Histogramas
- Gráficos de control
- Gráficos de probabilidad
- Estudios de índices de capacidad

4. Aprobación de partes de producción (PPAP)

El resultado del proceso de PPAP es una serie de documentos reunidos en un lugar específico (un cuaderno o electrónicamente) denominado "Paquete PPAP". El paquete PPAP es una serie de documentos que requieren una aprobación formal por parte del cliente.

Por medio de esta documentación se debe demostrar que:

- Los requisitos del cliente se han entendido
- El producto suministrado cumple los requisitos
- El proceso es capaz de producir el producto
- El control de la producción y la gestión del sistema de calidad previene que productos defectuosos lleguen al cliente

5. Pruebas de validación de producción

Se realizan pruebas de ingeniería para validar que los productos hechos con herramientas y procesos de producción normal cumplen los estándares de ingeniería.

6. Evaluación de embalaje

Todas las pruebas de embarque y los métodos de prueba deben evaluar la protección del producto contra daños de transportación normal y factores ambientales adversos.

7. Plan de control de producción

Se realiza una actualización del Pre-lanzamiento del plan de control y se deben adicionar:

- Planes de muestreo y el método de control: inspección, los atributos de los datos y plan de reacción de prueba – error.

Las inconformidades identificadas claramente deben ponerse a disposición y en cuarentena. Este plan de control requiere la aprobación del cliente a menos que se especifique de otra forma.

8. Cierre de la planeación de calidad y soporte de la dirección

- Efectuar revisión de planta y coordinar el cierre formal.
- Previo al embarque de la primera producción se requiere revisar:
 - Planes de control, existentes y disponibles en todos los casos para las operaciones afectadas.
 - Instrucciones de proceso con todas las características especiales especificadas en el plan de control y todas las recomendaciones derivadas del FMEA de proceso.

2.7.1.5. Fase 5: realimentación, valoración y acción correctiva. Esta etapa está diseñada para una mejora continua, que identifica salidas y acoplamientos, las expectativas del cliente y los programas futuros del producto.

- Los resultados de la producción continua son valorados por causas comunes o especiales de variación, durante esta fase para asegurar que los productos satisfagan los requerimientos del cliente.
- La eficacia del proceso de calidad debe ser evaluada durante esta etapa del proceso incluye:
 - Esfuerzos de mejora continúa.
 - El desempeño de la entrega y del servicio.

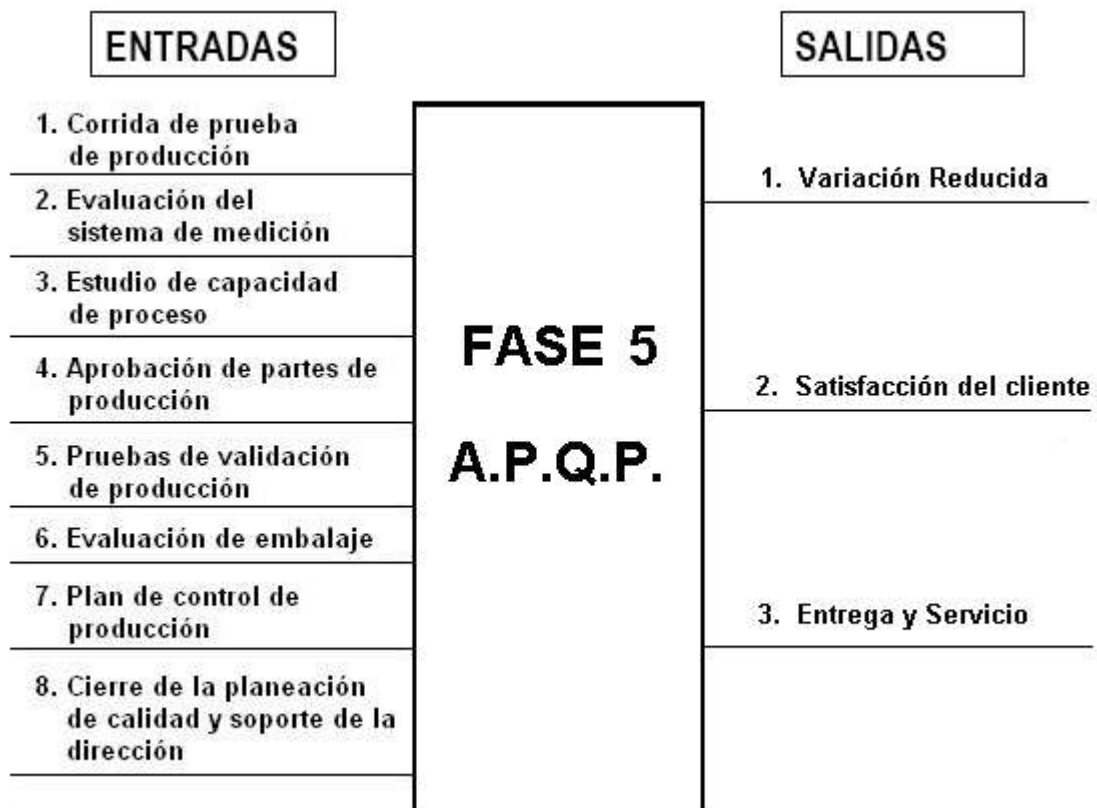


Figura 2-9. Representación gráfica del flujo de información de la fase 5 de APQP.

Fuente: Elaboración propia

SALIDAS

1. Variación reducida

En esta actividad se debe identificar la variación del proceso, con el fin de tomar acciones correctivas para reducirla y desarrollar una propuesta para evaluación del cliente.

2. Satisfacción del cliente

Se mide la satisfacción del cliente teniendo en cuenta los siguientes ítems:

- Garantía
- Reclamos de trabajo
- Reporte de inquietudes
- Reportes de material con inconformidades
- Acciones correctivas
- Entrega a tiempo
- Llamadas técnicas
- Clasificación del cliente
- Devoluciones
- Respuesta a tiempo
- Representante (On-site) en el sitio
- Participación en el mercado
- Control de costos (costo total)

3. Entrega y servicio

Asociarse con el cliente para realizar la solución de problemas y mejora continua y tratar de inducir a la posible reducción del precio a partir de la reducción de costos de inventario, de proceso y de calidad.

3. DISEÑO DEL FLUJO DE INFORMACIÓN ENTRE CAD y CAM PARA NUEVOS PRODUCTOS.

En el anterior capítulo se analizó la metodología APQP y cada una de sus actividades. Se concluyó que el proceso de diseño y desarrollo de nuevos productos no sólo depende de las actividades que se realicen en los ámbitos CAD y CAM, sino que también son fundamentales las tareas realizadas por las otras áreas de la empresa.

El modelo CIM de SIEMENS FIET 2006 cumple con las exigencias actuales en el caso de la Integración empresarial, pero al analizarlo a fondo no se contemplan las herramientas necesarias para el diseño y desarrollo de nuevos productos. Por lo cual, se ha propuesto en este trabajo complementarlo con la aplicación de la metodología APQP.

En este capítulo se mapean las actividades de APQP dentro del modelo CIM de SIEMENS FIET 2006, de las cuales muchas ya están enmarcadas dentro del modelo y otras no, por lo que se generaron nuevas funciones en varios ámbitos del modelo y también un nuevo flujo de información.

3.1 ADECUACIÓN DE LA METODOLOGIA APQP AL MODELO CIM DE SIEMENS FIET 2006

3.1.1 Documentación. Esta etapa consideró la consulta de material bibliográfico, documentación y recopilación de información que permitió:

- Conocer claramente el concepto de integración, determinando sus implicaciones, alcances y consecuencias.
- Entender el concepto de los ámbitos funcionales del Modelo CIM para definir cuáles áreas de la empresa están incluidas en cada uno de ellos.
- Conocer a fondo cada una de las herramientas propuestas por APQP, y definir cuáles ámbitos funcionales de CIM están relacionados con esas actividades.

3.1.2 Análisis. Para realizar el análisis se compararon todas las herramientas propuestas por la metodología APQP en sus cinco fases con cada una de las funciones del modelo CIM de Siemens FIET 2006. Se encontraron actividades que tenían correspondencia con las funciones del modelo, otras que generaron la información para el proceso de diseño y desarrollo del producto y otras que no son compatibles con el modelo de información de CIM.

A continuación se muestran las actividades que generaron las nuevas funciones para el diseño y desarrollo de nuevos productos y las actividades que no fueron compatibles con el modelo. Para ver el análisis completo se recomienda al lector ver Anexo C.

Fase 1: planeación y definición del programa

- a) Voz del cliente: En el modelo CIM de Siemens FIET, el ámbito funcional Ventas realiza comunicación con el cliente en algunas subfunciones. En la actualidad y con base en la metodología APQP, éste es un tema muy importante, y por tal razón se propuso adicionar una nueva función denominada: “Comunicación con el cliente”, en la cual se incluyeron las subfunciones: “Determinar los requerimientos de usuario para los productos”, “Determinar los requerimientos y estándares para productos” y “Servicio de asistencia al cliente” que formaban parte de la función “Varios” de este ámbito.

Actividad APQP	Ámbito del Modelo CIM	Función principal modelo CIM	Subfunciones modelo CIM Siemens
Voz y entradas del cliente	Ventas	Comunicación con el cliente	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar los requerimientos de usuario para los productos. • Determinar los requerimientos y estándares para productos. • Servicio de asistencia al cliente.

Tabla 3-1a: Adecuación de la fase 1 APQP al modelo CIM FIET 2006 – Voz y entradas del cliente.
Fuente: Elaboración propia

- b) Metas de diseño: En el modelo CIM no se especifica esta actividad, por lo cual se propone incluir la subfunción llamada: “Traducción de la voz del cliente en objetivos de diseño medibles” dentro del ámbito CAD y su función “Especificaciones del producto y proceso”.

Actividad APQP	Ámbito del Modelo CIM	Función principal modelo CIM	Subfunciones modelo CIM Siemens
Metas de diseño	CAD	Especificaciones del producto y proceso.	<ul style="list-style-type: none"> • Traducción de la voz del cliente en objetivos de diseño medibles.

Tabla 3-1b: Adecuación de la fase 1 APQP al modelo CIM FIET 2006 – Metas de Diseño.
Fuente: Elaboración propia

Fase 2: diseño y desarrollo del producto

- a) FMEA del Diseño: En el modelo CIM no se contempla esta actividad como una función, pero es una herramienta de análisis muy importante para mejora del diseño, por lo cual se propusieron dos nuevas subfunciones: “Analizar los modos y efectos de falla del diseño” y “Actualizar la documentación conforme lo requieran las expectativas del cliente”, enmarcadas en el ámbito CAD y su función “Simulación”.

Actividad APQP	Ámbito del Modelo CIM	Función principal modelo Siemens	Subfunciones modelo Siemens
FMEA del diseño	CAD	Simulación	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar los modos y efectos de falla del diseño. • Actualizar la documentación conforme lo requieran las expectativas del cliente.

Tabla 3-2a: Adecuación de la fase 2 APQP al modelo CIM FIET 2006 – FMEA del Diseño
Fuente: Elaboración propia

- b) **Especificaciones de Ingeniería:** Esta actividad es la encargada de identificar los requerimientos de funcionalidad y las restricciones del producto, por lo cual está enmarcada dentro de la función: Especificaciones de producto y proceso de CAD, como una subfunción denominada “Identificar los requerimientos de funcionalidad del producto”, “Identificar las restricciones”, “Definir los parámetros de diseño” y se complementa con la subfunción “Investigaciones de especificación”.

Actividad APQP	Ámbito del Modelo CIM	Función principal modelo Siemens	Subfunciones modelo Siemens
Especificaciones de ingeniería	CAD	Especificaciones del producto y proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los requerimientos de funcionalidad. • Identificar las restricciones. • Definir los parámetros de diseño • Investigaciones de especificación

Tabla 3-2b: Adecuación de la fase 2 APQP al modelo CIM FIET 2006 – Especificaciones de Ingeniería - **Fuente:** Elaboración propia

- c) **DFM:** CAP tiene una función denominada “Establecimiento de los parámetros del proceso”, la cual es similar a la función que realiza esta actividad, pero para la aplicación de la metodología APQP se requiere que se establezcan esos parámetros con el enfoque de DFM, es decir, basándose en los parámetros de diseño.

Actividad APQP	Ámbito del Modelo CIM	Función principal modelo Siemens	Subfunciones modelo Siemens
DFM	CAP	Planificación del trabajo	• Establecimiento de los parámetros de proceso.

Tabla 3-2c: Adecuación de la fase 2 APQP al modelo CIM FIET 2006 – DFM

Fuente: Elaboración propia

- d) DFA: Actividad encargada de minimizar el número de piezas para el ensamble con el fin de reducir costos y tiempo de producción. Para esta actividad se creó una función llamada: “Optimizar la lista de piezas para el ensamble” en ámbito CAP.

Actividad APQP	Ámbito del Modelo CIM	Función principal modelo Siemens	Subfunciones modelo Siemens
DFA	CAP	Planificación del trabajo	• Optimizar la lista de piezas para el ensamble

Tabla 3-2d: Adecuación de la fase 2 APQP al modelo CIM FIET 2006 – DFA

Fuente: Elaboración propia

- e) Revisión del diseño: Esta actividad no está enmarcada como tal en ninguna función de CIM; por tal razón se creó una subfunción llamada “Verificar que el diseño de producto cumple con los requerimientos del cliente” dentro de la función Control y supervisión de la calidad de CAQ.

Actividad APQP	Ámbito del Modelo CIM	Función principal modelo Siemens	Subfunciones modelo Siemens
Revisión del Diseño	CAQ	Control y supervisión de la calidad	• Verificar que el diseño de producto cumple con los requerimientos del cliente.

Tabla 3-2e: Adecuación de la fase 2 APQP al modelo CIM FIET 2006 – Revisión del Diseño.

Fuente: Elaboración propia

Fase 3: diseño y desarrollo del proceso

- a) Evaluación del sistema de calidad de producto/proceso: Esta actividad está relacionada a CAQ, pero el modelo CIM no contempla una función donde se especifique esta actividad; por tal razón se propuso la subfunción “Evaluación del sistema de calidad”.

Actividad APQP	Ámbito del Modelo CIM	Función principal modelo Siemens	Subfunciones modelo Siemens
Evaluación el sistema de calidad de producto / proceso	CAQ	Control y supervisión de la calidad	• Evaluación del sistema de calidad

Tabla 3-3a: Adecuación de la fase 3 APQP al modelo CIM FIET 2006
Evaluación del Sistema de calidad- **Fuente:** Elaboración propia

- b) Distribución de Planta: Esta actividad es desarrollada dentro de CAP porque está relacionada con la planificación, pero se puede enmarcar dentro de la subfunción: Definir la distribución en planta para el proceso.

Actividad APQP	Ámbito del Modelo CIM	Función principal modelo Siemens	Subfunciones modelo Siemens
Distribución de planta.	CAP	Administración de los Procesos de trabajo	• Definir la distribución en planta para el proceso.

Tabla 3-3b: Adecuación de la fase 3 APQP al modelo CIM FIET 2006 - Distribución de planta
Fuente: Elaboración propia

- c) FMEA del Proceso: En el modelo CIM no se contempla esta actividad como una función, pero es una herramienta de análisis muy importante para mejora del proceso, por lo cual se generaron dos nuevas subfunciones relacionadas con esta actividad: “Analizar los modos y efectos de falla del proceso” y “Actualizar la documentación conforme se descubren nuevos modos de falla”, enmarcadas en el ámbito CAP dentro de la función Simulación de procesos de fabricación y montaje.

Actividad APQP	Ámbito del Modelo CIM	Función principal modelo Siemens	Subfunciones modelo Siemens
FMEA del Proceso	CAP	Simulación de procesos de fabricación y montaje	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar los modos y efectos de falla del proceso. • Actualizar la documentación conforme se descubren nuevos modos de falla

Tabla 3-3c: Adecuación de la fase 3 APQP al modelo CIM FIET 2006 – FMEA del proceso
Fuente: Elaboración propia.

Fase 4: validación del producto y del proceso

- a) Estudio de Capacidad de Proceso: Esta es una herramienta de análisis estadístico enmarcada dentro del proceso de calidad. El modelo CIM no contiene ninguna función relacionada con esta actividad, por lo que se propone una subfunción denominada: “Determinación de la capacidad de proceso” en el ámbito CAQ.

Actividad APQP	Ámbito del Modelo CIM	Función principal modelo Siemens	Subfunciones modelo Siemens
Estudio de capacidad de proceso	CAQ	Control y supervisión de la calidad	• Análisis la capacidad de proceso.

Tabla 3-4a: Adecuación de la fase 4 APQP al modelo CIM FIET 2006

Estudio de capacidad de proceso

Fuente: Elaboración propia

- b) Aprobación de partes de producción (PPAP): Esta actividad es realizada con base en los análisis y documentación del departamento de calidad, por lo cual, se adicionó la subfunción “Publicar documentación de aprobación de partes de producción” en el ámbito CAQ.

Actividad APQP	Ámbito del Modelo CIM	Función principal modelo CIM	Subfunciones modelo Siemens
Aprobación de partes de producción (PPAP)	CAQ	Documentación estadística	• Publicar documentación de aprobación de partes de producción.

Tabla 3-4b: Adecuación de la fase 4 APQP al modelo CIM FIET 2006

Aprobación de partes de producción – Fuente: Elaboración propia

Fase 5: realimentación, valoración y acción correctiva

- a) Variación reducida: Actividad realizada por el ámbito CAQ donde se debe analizar la variación del proceso para determinar las acciones correctivas para reducirla. Se propuso una subfunción denominada: “Determinar la variación del proceso”

Actividad APQP	Ámbito del Modelo CIM	Función principal modelo Siemens	Subfunciones modelo Siemens
Variación Reducida	CAQ	Control y supervisión de la calidad	• Determinar la variación del proceso.

Tabla 3-5a: Adecuación de la fase 5 APQP al modelo CIM FIET 2006 – Variación reducida

Fuente: Elaboración propia

- b) Satisfacción del cliente: Esta actividad es realizada por ventas, ya que es el área que tiene contacto con el cliente y puede medir estos índices. Se definieron dos nuevas funciones: “Definir los cambios necesarios para el producto” y “Evaluar la eficacia del proceso de desarrollo” y se complementa con la subfunción “Manejo de renuncia por parte del cliente a especificaciones del producto”, ya propuesta por CIM.

Actividad APQP	Ámbito del Modelo CIM	Función principal modelo Siemens	Subfunciones modelo Siemens
Satisfacción del cliente	Ventas	Comunicación con el cliente	<ul style="list-style-type: none"> • Definir los cambios necesarios para el producto. • Evaluar la eficacia del proceso de desarrollo • Manejo de renuncia por parte del cliente a especificaciones del producto.

Tabla 3-5b: Adecuación de la fase 5 APQP al modelo CIM FIET 2006 – Variación reducida

Fuente: Elaboración propia

- c) Entrega y Servicio: Por medio del análisis brindado por PPAP se debe realizar un análisis junto con el cliente para realizar esta actividad. Se propuso la subfunción: “Análisis del informe de calidad con el cliente” dentro del ámbito Ventas y su función “Comunicación con el cliente”.

Actividad APQP	Ámbito del Modelo CIM	Función principal modelo Siemens	Subfunciones modelo Siemens
Entrega y Servicio	Ventas	Comunicación con el cliente	• Análisis del informe de calidad con el cliente

Tabla 3-5c: Adecuación de la fase 5 APQP al modelo CIM FIET 2006- Entrega y servicio.

Fuente: Elaboración propia.

Después de analizar todos los ámbitos del modelo CIM de Siemens FIET, se obtuvo que algunas actividades de APQP no eran compatibles con el modelo y se detallan a continuación:

Fase 1

1. Estudios de confiabilidad del producto: Esta actividad propone herramientas de análisis, y pruebas para determinar los índices de confiabilidad del producto y enviarlos a CAQ para realizar el análisis de calidad del producto. Este tipo de actividades no es compatible con el tipo de información manejado en el modelo CIM de Siemens FIET.

2. Datos de entrada del cliente: Esta actividad estudia los requerimientos del cliente para determinar sus indicadores de satisfacción. Ventas, al definir los

requerimientos del cliente para el producto, también determina los indicadores de satisfacción para que en la fase de realimentación y evaluación se pueda medir el cumplimiento de los requisitos.

3. Metas de calidad: APQP establece estas metas en función de las expectativas del cliente y Benchmarking; en el modelo CIM se contempla como flujo de información, PE le envía los objetivos de calidad a CAQ.

4. Listado preliminar de características especiales de producto y proceso: En esta actividad se determina un listado preliminar de unas características especiales para el producto y el proceso con base en las necesidades del cliente. En el modelo CIM FIET no se propuso ninguna función para esta actividad, por que se consideró que el ámbito CAD define unas características para el producto y proceso con base en las metas de diseño, que se definen según los requerimientos del cliente en las funciones “Definición de los requerimientos del proceso” y “Definición de los requerimientos del producto”.

5. Soporte de gerencia: En el modelo CIM de Siemens FIET 2006 no se especifican funciones para el nivel de gerencia. Por esta razón, las actividades: “Compromiso de factibilidad del grupo y soporte gerencial” de la fase dos, “Soporte gerencial” de la fase tres y “Cierre de la planeación de calidad y soporte gerencial” de la fase cuatro tampoco fueron relacionadas con el modelo.

Fase 2

1. Plan de control: Herramienta de apoyo para el nivel de manufactura donde se describen las acciones requeridas en cada paso del proceso para asegurar que todas las salidas de proceso estén en un estado del control. Este tipo de actividades no están contempladas por el modelo CIM FIET, ya que el ámbito PPC realiza la programación y el control de la producción generando la información necesaria para que se realice la producción del producto.

Al tratar de adecuar esta actividad al modelo CIM se puede generar un conflicto en la información, porque el enfoque de la actividad Plan de Control es ofrecer pautas adicionales a los operarios para seguir el programa de producción. Por esta razón, las actividades “Plan de control para construcción del prototipo” de la fase dos, “Lanzamiento del plan de control” de la fase tres y “Plan de control de producción” de la fase cuatro no fueron relacionadas con el modelo.

2. Especificaciones de materiales: Esta actividad define la información de especificaciones de materiales para características especiales del producto. En el modelo CIM de Siemens FIET esta información es generada por la función “Definición de los requerimientos del producto” del ámbito CAD, pero esta función es mucho más amplia como para definir una equivalencia entre ellas dos. Por esta razón, se considera esta actividad como un tipo de información de CAD.

3. Requerimientos de instrumentos de prueba: En esta actividad se definen los requerimientos de equipo para el Sistema de Análisis de Medida de los equipos de manufactura. Esta herramienta está enfocada al control de calidad de los procesos, la cual no se contempla en la estructura de la información del modelo CIM. Por esta razón las actividades “Plan de análisis del sistema de medición” de la fase tres y “Evaluación del sistema de medición” de la fase cuatro no fueron relacionadas con el modelo.

4. Compromiso de factibilidad del grupo y soporte gerencial: En el modelo CIM de Siemens FIET 2006 no se especifican ninguna función para el manejo de decisiones de la gerencia.

Fase 3

1. Estándares de empaque y Especificaciones de empaque: Esta actividad es realizada por CAD al determinar los requerimientos del producto, pero no se contempla como una función para el modelo CIM. Por lo tanto, la actividad: “Evaluación de empaque” de la fase cuatro tampoco fue relacionada con el modelo.

Después del proceso de adecuación de la metodología APQP al modelo CIM de Siemens FIET 2006 se observó que fue necesario adicionar funciones solamente en los ámbitos Ventas, CAD, CAP y CAQ, porque los demás cumplían y complementaban las actividades propuestas por la metodología.

A continuación se presenta la tabla de funciones resultantes para los ámbitos Ventas, CAD, CAP y CAQ. Se ha resaltado con negrilla aquellas funciones de APQP que no encontraban su correspondencia en el modelo CIM.

MODELO CIM DE SIEMENS		
BLOQUE FUNCIONAL	FUNCIÓN	SUBFUNCIÓN
Ventas	1. Tramitación de consultas de clientes y de ofertas	1.1 Redacción de ofertas o borradores de ofertas. 1.2 Aclaraciones previas del pedido 1.3 Cálculo de precios para el pedido. 1.4 Comprobación de la solvencia y de descuentos. 1.5 Reclamación de ofertas 1.6 Comprobación de los gastos generales 1.7 Determinación de precios
	2. Administración y vigilancia de pedidos	2.1 Registro de pedidos 2.2 Confirmación de pedidos 2.3 Comprobación de plazos 2.4 Cancelación de pedidos 2.5 Determinar la clase de pedido 2.6 Determinar los productos disponibles para la venta 2.7 Liberar para facturación a CI
	3. Planificación de las Ventas	3.1 Realizar el pronóstico de Ventas
	4. Comunicación con el Cliente	4.1 Manejo de renuncia por parte del cliente a especificaciones del producto 4.2 Determinar los requerimientos de usuario para los productos 4.3 Determinar los requerimientos y estándares para productos 4.4 Servicio de asistencia al cliente 4.5 Definir los cambios necesarios para el producto 4.6 Evaluar la eficacia del proceso de desarrollo 4.7 Análisis del informe de calidad con el cliente.
	5. Varios	4.1 Estadísticas de cifra de negocios 4.2 Planificación de las necesidades de productos 4.3 Órdenes de desarrollo de productos. 4.4 Piezas de recambio 4.5 Marketing

Tabla 3-6: Funciones de Ventas

Fuente: [7] GÓMEZ, Diana Consuelo y MANQUILLO, Carlos Enrique. "Adecuación del modelo siemens a las normas isa s88 e isa s95."

MODELO CIM DE SIEMENS		
BLOQUE FUNCIONAL	FUNCIÓN	SUBFUNCIÓN
Diseño asistido por computador CAD	1. Establecimiento del esquema	
	2. Cálculo	
	3. Especificaciones del producto y proceso.	3.1 Investigaciones de especificación. 3.2 Traducción de la voz del cliente en objetivos de diseño medibles 3.3 Definición de los requerimientos del proceso. 3.4 Definición de los requerimientos del producto. 3.5 Brindar estándares técnicos y métodos para operaciones y funciones de mantenimiento. 3.6 Identificar los requerimientos de funcionalidad 3.7 Identificar las restricciones 3.8 Definir los parámetros de diseño
	4. Simulación	4.1 Analizar los modos y efectos de falla del diseño. 4.2 Actualizar la documentación conforme lo requieran las expectativas del cliente
	5. Establecimiento y conservación de la lista de piezas de diseño	5.1 Lista de despiece de variantes
	6. Cálculo previo de costes	
	7. Servicio de modificaciones	
	8. Investigación y desarrollo	8.1 Investigar desarrollos tecnológicos (a nivel de proceso)

Tabla 3-7: Funciones de CAD

Fuente: [7] GÓMEZ, Diana Consuelo y MANQUILLO, Carlos Enrique. "Adecuación del modelo Siemens a las normas isa s88 e isa s95."

MODELO CIM DE SIEMENS		
BLOQUE FUN.	FUNCIÓN	SUBFUNCIÓN
CAP	1. Diseño de la Producción	1.1 Identificar los requerimientos de materia prima a largo plazo 1.2 Generar solicitudes para la compra de materiales y energía basado sobre requerimientos a largo plazo. 1.3 Diseñar el plan de producción a largo plazo 1.4 Determinación de la orden de producción fija
	2 Planificación del trabajo	2.1 Determinación de la secuencia de trabajo 2.2 Elección de procedimientos y máquinas 2.3 Asignación de herramientas, dispositivos, elementos de medida 2.4 Establecimiento de los parámetros del proceso 2.5 Determinación de requisitos y tiempo 2.6 Establecimiento de programas NC, RC, PLC 2.7 Planificación de costes
	3 Administración de los Procesos de trabajo	3.1 Establecimiento de nuevos procesos de trabajo 3.1 Nueva planificación 3.2 Actualización de los procesos de trabajo existentes 3.3 Administración del catálogo de fases de trabajo. 3.4 Administración de recetas 3.5 Definir la distribución en planta para el proceso
	4 Planificación del montaje	4.1 Conversión de la lista de piezas de diseño en una lista de piezas de montaje 4.2 Optimizar la lista de piezas para el ensamble 4.3 Establecimiento de la secuencia de montaje 4.4 Asignación de puestos de montaje y medios auxiliares 4.5 Determinación de requisitos y tiempos
	5 Planificación de la verificación	5.1 Establecimiento de procesos de verificación 5.2 Determinación de las necesidades de los medios de verificación 5.3 Planificación de la secuencia de verificación
	6 Establecimiento de recetas	
	7. Planificación de los medios de producción.	7.1 Determinar las especificaciones de mantenimiento para los medios de producción hacia conservación
	8. Simulación de procesos de fabricación y montaje	8.1 Analizar los modos y efectos de falla del proceso. 8.2 Actualizar la documentación conforme se descubren nuevos modos de falla
	9. Normalización y control de normas	

Tabla 3-8: Funciones de CAP

Fuente: [7] GÓMEZ, Diana Consuelo y MANQUILLO, Carlos Enrique. "Adecuación del modelo Siemens a las normas isa s88 e isa s95."

MODELO CIM DE SIEMENS		
BLOQUE FUNCIONAL	FUNCIÓN	SUBFUNCIÓN
Garantía de calidad asistida por computador CAQ	1. Planificación de la calidad	1.1 Selección de las características de calidad 1.2 Clasificación de las características de calidad 1.3 Ponderación de las características de calidad 1.4 Optimización de los costos de calidad 1.5 Determinación de los valores exigidos y admisibles 1.6 Publicar estándares con especificaciones de calidad para fabricación 1.7 Publicar Estándares para los laboratorios de prueba
	2. Control y supervisión de la calidad	2.1 Evaluación de los valores medidos 2.2 Incremento de calidad 2.3 Supervisión de la realización 2.4 Análisis de vida útil 2.5 Certificar que el producto fue producido según condiciones de proceso estándares 2.6 Verificar que el diseño de producto cumple con los requerimientos del cliente 2.7 Análisis de la capacidad de proceso. 2.8 Evaluación del sistema de calidad 2.9 Determinar la variación del proceso
	3. Documentación, estadística	3.1 Seguimiento de las causa de defecto. 3.2 Publicar documentación de aprobación de partes de producción 3.3 Sistema de Información 3.4 Archivo

Tabla 3-9: Funciones de CAQ

Fuente: [7] GÓMEZ, Diana Consuelo y MANQUILLO, Carlos Enrique. "Adecuación del modelo Siemens a las normas isa s88 e isa s95."

3.2 FLUJO DE INFORMACIÓN PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS APLICADO EN EL MODELO CIM DE SIEMENS FIET

Como ya se han enmarcado las actividades dentro de los ámbitos funcionales del modelo CIM, es necesario especificar el flujo de información resultante entre los ámbitos funcionales involucrados en las actividades de APQP.

Muchos de los ámbitos del modelo CIM FIET 2006 cumplen con las actividades de la metodología y por tal razón su flujo de información no cambia, pero se realizó un análisis de la información con base en las etapas de la metodología, para mostrar de forma más clara la información que está involucrada en el proceso de diseño y desarrollo de nuevos productos.

En las siguientes tablas se resalta con negrilla aquella información que diferencia el modelo resultante con el anterior modelo CIM de Siemens.

Fase 1: planeación y definición del programa

Actividad APQP	Ámbito del Modelo CIM	Función principal modelo Siemens	Flujo de Información	Ámbito Destino
Voz y entradas del cliente	Ventas	Varios	<ul style="list-style-type: none"> • Requerimientos del cliente para los productos. • Requerimientos y estándares para productos. 	CAD
Plan de negocios	PE	Planificación estratégica	• Planificación de presupuesto	CI
			• Objetivos de costos de producción	CAP
Estrategia de mercado.	Ventas	Varios	<ul style="list-style-type: none"> • Estadística • Información del mercado • Plan de ventas. 	PE
Benchmarking de producto y proceso	PE	Análisis y pronósticos del entorno.	• Estrategia de productos	Ventas
Consideraciones sobre el Producto y los procesos			• Objetivos de costos de producción	CAP
Metas de diseño	CAD	Especificaciones del producto y proceso.	• Características de calidad en el diseño, requeridas por el cliente	CAQ
Plan de aseguramiento del producto	CAQ	Planificación de la calidad	• Especificaciones de calidad.	CAD
			• Requisitos y especificaciones de calidad	CAP

Actividad APQP	Ámbito del Modelo CIM	Función principal modelo Siemens	Flujo de Información	Ámbito Destino
Lista preliminar de materiales	CAP	Diseño de la Producción	<ul style="list-style-type: none"> Requerimientos para la orden de compra de materiales y energía a largo plazo. 	Compras
			<ul style="list-style-type: none"> Requerimientos de materiales y energía a largo plazo 	Almacén

Tabla 3-10: Flujo de información para el diseño y desarrollo de nuevos productos de la fase 1 APQP aplicado en el modelo CIM FIET 2006

Fuente: Elaboración propia

Fase 2: diseño y desarrollo del producto

Actividad APQP	Ámbito del Modelo CIM	Función principal modelo Siemens	Flujo de Información	Ámbito Destino
Especificaciones de ingeniería	CAD	Especificaciones del producto y proceso	<ul style="list-style-type: none"> Parámetros de diseño Estándares y métodos de mantenimiento 	CAP
DFM	CAP	Planificación del trabajo	<ul style="list-style-type: none"> Parámetros de proceso 	PPC
DFA	CAP	Planificación del montaje	-----	----
Verificación del Diseño	CAD	Simulación	-----	----
Revisión del Diseño	CAQ	Control y supervisión de la calidad	<ul style="list-style-type: none"> Cambios en el diseño del producto para cumplir con los requerimientos del cliente. 	CAD
Planos de Ingeniería	CAD	Establecimiento del esquema	<ul style="list-style-type: none"> Número de dibujos y listas de piezas 	CAP

Actividad APQP	Ámbito del Modelo CIM	Función principal modelo Siemens	Flujo de Información	Ámbito Destino
Cambios en los planos y en las especificaciones	CAD	Servicio de modificaciones	-----	-----
Características especiales de producto y proceso	CAD	Especificaciones del producto y proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Producto y Proceso Know-How 	CAP
Requerimientos para el equipo nuevo, Herramientas nuevas e instalaciones	CAP	Administración de los Procesos de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Nuevos procesos de trabajo. • Actualización de los procesos de trabajo existentes. • Autorización/ Bloqueo del programa. 	CAM Control de la fabricación
FMEA del diseño	CAD	Simulación	<ul style="list-style-type: none"> • Fallas del diseño y sus efectos. 	CAQ

Tabla 3-11: Flujo de información para el diseño y desarrollo de nuevos productos de la fase 2 APQP, aplicado en el modelo CIM FIET 2006.

Fuente: Elaboración propia

Fase 3: diseño y desarrollo del proceso

Actividad APQP	Ámbito del Modelo CIM	Función principal modelo Siemens	Flujo de Información	Ámbito Destino
Evaluación del sistema de calidad de producto / proceso	CAQ	Control y supervisión de la calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Estadística de calidad 	PE
Distribución de planta.	CAP	Administración de los Procesos de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Distribución en planta para el proceso. 	CAM Control de la Fabricación
Matriz de características			<ul style="list-style-type: none"> • Elección de procedimientos y máquinas 	Flujo interno de CAP

Actividad APQP	Ámbito del Modelo CIM	Función principal modelo Siemens	Flujo de Información	Ámbito Destino
Diagrama de flujo de proceso	CAP	Planificación del montaje	<ul style="list-style-type: none"> • Conversión de la lista de piezas de diseño en una lista de piezas de montaje. • Establecimiento de la secuencia de montaje. • Asignación de puestos de montaje y medios auxiliares. • Determinación de requisitos y tiempos. 	<i>Esta información se maneja dentro del ámbito CAP para complementar las otras funciones</i>
Instrucciones de proceso	CAP	Planificación del trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Secuencia de trabajo • Asignación de herramientas, dispositivos, elementos de medida • Parámetros del proceso • Requisitos y tiempo • Programas NC, RC, PLC 	CAM Control de la fabricación
			<ul style="list-style-type: none"> • Planificación de costes 	PE
FMEA del Proceso	CAP	Simulación de procesos de fabricación y montaje	<ul style="list-style-type: none"> • Fallas del proceso y sus efectos. 	CAQ

Tabla 3-12: Flujo de información para el diseño y desarrollo de nuevos productos de la fase 3 APQP, aplicado en el modelo CIM FIET 2006
Fuente: Elaboración propia

Fase 4: validación del producto y del proceso

Actividad APQP	Ámbito del Modelo CIM	Función principal modelo Siemens	Flujo de Información	Ámbito Destino
Corrida de prueba de producción	CAM: Banco de Pruebas	Control del proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Datos de corrección (Programa, documentación de trabajo) 	CAP
			<ul style="list-style-type: none"> • Datos de situación, • Progreso de la orden. • Solicitud/devolución de materiales y herramientas. • Corrección de errores en el programa o en la documentación. • Resultados del aseguramiento de la calidad 	CAM Control de la fabricación
Aprobación de partes de producción (PPAP)	CAQ	Control y supervisión de la calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Documento de aprobación de partes de producción. 	Ventas
Pruebas de validación de producción	CAQ	Control y supervisión de la calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Informe de Calidad 	CAM Control de la Fabricación

Tabla 3-13: Flujo de información para el diseño y desarrollo de nuevos productos de la fase 4 APQP aplicado en el modelo CIM FIET 2006

Fuente: Elaboración propia

Fase 5: realimentación, valoración y acción correctiva

Actividad APQP	Ámbito del Modelo CIM	Función principal modelo Siemens	Subfunciones modelo Siemens	Ámbito Destino
Variación Reducida	CAQ	Control y supervisión de la calidad	• Acciones correctivas para reducir la variación	CAP
Satisfacción del cliente	Ventas	Comunicación con el cliente	• Cambios necesarios para mejorar el producto. • Manejo de renuncia por parte del cliente a especificaciones del producto	CAD
			• Acciones para la mejora de eficacia del proceso de desarrollo	CAP
Entrega y Servicio	Ventas	Comunicación con el cliente	• Solución de problemas y acciones de mejora continua	CAQ

Tabla 3-14: Flujo de información para el diseño y desarrollo de nuevos productos de la fase 5 APQP aplicado en el modelo CIM FIET 2006.

Fuente: Elaboración propia

3.3 NUEVO FLUJO DE INFORMACIÓN DE DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS

Los ámbitos funcionales que adquirieron nuevas funciones y, por lo tanto, un nuevo flujo de información fueron Ventas, CAD, CAP y CAQ. En esta metodología se especifican las herramientas para el diseño y desarrollo del producto, pero no ofrece herramientas para realizar el programa de producción.

En el modelo CIM de Siemens FIET 2006 CAP es el ámbito encargado de realizar la planificación a largo plazo para enviarlo a PPC, el cual, debe realizar el programa de producción para enviarle la orden de trabajo a CAM.

Por esta razón en este modelo CIM, los ámbitos CAD, CAP y CAM necesitan de PPC para el desarrollo del producto.

A continuación se explica de manera detallada el uso del nuevo flujo de información entre Ventas, CAD, CAP, PPC y CAM para el diseño y desarrollo de nuevos productos:

1) Ventas es el ámbito encargado de realizar la investigación del mercado para poder determinar los estándares, requerimientos de la empresa y los requerimientos del cliente para el diseño y desarrollo del producto. Se recomienda usar la herramienta QFD para poder enfocar el diseño del producto sobre la base de las necesidades del cliente.

2) Ventas envía a CAD las necesidades del producto requeridas por el cliente y los estándares de la empresa para el producto. Por medio del análisis QFD se traduce esta información en objetivos de diseño medibles.

3) CAD realiza el esquema del producto, el cual permite realizar un análisis estructural del mismo para poder identificar cada una de sus estructuras físicas.

4) CAD con base en los objetivos de diseño debe identificar y definir los requerimientos funcionales del producto, los cuales, representan las funciones que el producto tiene que satisfacer; deben formularse en un lenguaje natural de manera que pueda ser categorizado, medido, verificado y validado.

5) CAD define las restricciones, las cuales, representan los límites que tiene el producto para obtener algún tipo de requerimiento funcional o del cliente, limitando de esta forma el rango de soluciones de diseño.

6) Basándose en la anterior información CAD puede definir los parámetros de diseño, los cuales son una declaración que especifica las propiedades físicas de las estructuras del producto necesarias para cumplir con los requerimientos funcionales, las restricciones y los requerimientos del cliente.

Los parámetros de diseño se deben documentar y formalizar para enviarlos a CAP.

7) CAD después de obtener un diseño para el producto definido, debe realizar el análisis FMEA del diseño con el propósito de analizar y minimizar los modos y efectos de falla. Esta información se le envía a CAQ para formar una documentación estadística acerca de la calidad del diseño.

8) CAP con base en los parámetros de diseño analiza cada uno de los posibles procesos de producción y realiza una búsqueda de parámetros de proceso, los cuales, describen las propiedades del proceso que se deben controlar durante la manufactura para conseguir con éxito todos los parámetros de diseño requeridos.

9) CAP al definir los parámetros de proceso debe definir el tipo de la relación específica de cuánto afecta el parámetro del proceso al de diseño, es decir el grado de relación entre ambos. En este trabajo se han definido dos tipos de relación: primaria y secundaria

- Tipo de relación primaria: se establece cuando el no cumplimiento del parámetro de proceso invalida el proceso de fabricación para obtener un parámetro de diseño. Por ejemplo, la relación entre el tipo de material de diseño y el tipo de material que el proceso es capaz de procesar es primaria, porque si el diseño es de un material que el proceso no es capaz de fabricar, dicho proceso queda anulado.
- Tipo de relación secundaria: se establece cuando un parámetro de diseño puede ser conseguido con otros procesos u operaciones secundarias. Por ejemplo: los elementos característicos, como son los agujeros, generalmente pueden ser conseguidos con operaciones secundarias.

10) El ámbito CAP basándose en el análisis de relación entre los parámetros, el conocimiento experto y los objetivos de costos de producción, puede elegir el proceso de producción más eficiente para la manufactura del nuevo producto.

11) Definido el proceso de producción, CAP debe realizar la planificación a largo plazo de la producción para el proceso seleccionado, de donde se derivan las necesidades de recursos para llevarlo a cabo, la elección de procedimientos y medios de producción para la fabricación y la búsqueda de condiciones de producción adecuadas para futuros productos.

12) CAP debe realizar el FMEA del proceso para documentar el análisis de los modos de falla y poder minimizar sus efectos antes de iniciar el proceso de producción. Esta información se envía a CAQ para formar una documentación estadística acerca de la calidad del proceso.

13) La planificación a largo plazo de CAP es enviada a PPC para que este ámbito defina el programa de producción necesario para que CAM inicie la producción del producto.

14) Antes de comenzar la producción del producto se debe realizar una prueba de producción para realizar pruebas de validación. El ámbito encargado de esta actividad es CAM banco de pruebas.

15) Con base en esa prueba de producción, CAQ puede realizar el análisis de la capacidad de proceso para determinar si el proceso es controlable, estable y tiene la capacidad de cumplir debidamente las especificaciones de diseño del producto.

16) CAQ basándose en los análisis y documentación estadística, FMEA de diseño y proceso, se debe crear un documento de aprobación de partes de producción, para demostrar que los requisitos del cliente se han entendido, el producto suministrado cumple los requisitos, el proceso es capaz de producir el producto y el control de la producción y la gestión del sistema de calidad previene que productos defectuosos lleguen al cliente.

Este documento debe ser enviado a Ventas para su análisis con el cliente.

17) Al aprobar la fase de validación se puede proceder a fabricar el producto, y es necesario realizar una realimentación donde es fundamental la participación del ámbito ventas, ya que es donde se realiza la comunicación con el cliente.

18) Ventas define con el cliente los cambios necesarios para el producto y evalúa la eficacia del proceso de desarrollo con base en la satisfacción del cliente.

19) Ventas recibe de CAQ un documento de aprobación de partes de producción, donde se recopila la información de FMEA de diseño y producto, y los análisis de calidad realizados durante todo el proceso de diseño y desarrollo del producto para demostrarle al cliente que se ha fabricado el producto con base en sus requerimientos y que la empresa sabe cómo realizarlo de forma adecuada. Se debe obtener la aprobación del cliente.

20) Como resultado de ese proceso de realimentación se pueden generar nuevos requerimientos para la mejora del producto y se vuelve a empezar el proceso de diseño y desarrollo del producto si se obtuvieron modificaciones.

4. FORMATOS DE INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN.

En este capítulo se estudia la herramienta para poder transmitir el flujo de información generado en el capítulo tres del presente proyecto, entre los ámbitos funcionales del modelo CIM FIET 2006 que interactúan en la elaboración del diseño y desarrollo de nuevos productos. Lo anterior se ha realizado siguiendo estándares internacionales como los que plantea la ISA (“Instrumentation, Systems, and Automation Society o Sociedad de Instrumentación, Sistemas y Automatización”), en la norma ISA 95 e ISA 88.

4.1 PUNTO DE PARTIDA ACERCA DEL LENGUAJE QUE IMPLEMENTAR

El modelo CIM de Siemens FIET es compatible con las normas ISA 95 e ISA 88 las cuales plantean el uso de documentos XML desarrollados a partir de esquemas B2MML y BATCHML. Por tal razón se planteó usar el lenguaje XML para enviar el flujo de información correspondiente al Diseño y Desarrollo de nuevos productos.

4.2 ADAPTACIÓN DEL FORMATO XML PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS.

Para adaptar el nuevo flujo de información generada por la metodología en el ámbito CIM se analizó cada uno de los modelos descritos por B2MML.

Al adecuar la metodología al modelo CIM de Siemens FIET, se generaron unas funciones en el ámbito CAD y CAP para definir los parámetros de diseño y de proceso con un enfoque DFM. Estos parámetros son la parte más importante del diseño del producto, por que con base en ellos se caracteriza el producto y se diseña el proceso productivo.

Para poder estructurar esta información se definió un esquema en el modelo de extensión de B2MML.

4.2.1 Modelo de extensión. El esquema B2MML sigue el estándar ISA 95 en las extensiones de usuario, en el cual existen cuatro tipo de extensiones:

1. Propiedades.
2. Segmentos.
3. Parámetros de producto y proceso.
4. Enumeraciones ampliadas de usuario.

Para este proyecto se requiere utilizar este modelo para definir los parámetros de producto y del proceso. Este tipo de información en muchas situaciones no

proporciona la flexibilidad y la facilidad de lectura; por lo tanto, en este modelo no se establece una estructura para el manejo de esta información sino que da la posibilidad de que el usuario los defina de la forma más adecuada. [24]

Con base en los elementos de este modelo, se diseñaron los esquemas B2MML para los parámetros del producto y del proceso.

4.2.1.1 Esquema XML para los parámetros de producto. Los parámetros del producto definen las variables físicas que caracterizan al producto y en este trabajo durante el análisis de la metodología, se le ha denominado parámetros de diseño.

La estructura de la información de los parámetros de proceso es la siguiente:

El nombre del Requerimiento funcional que se debe cumplir con el parámetro de diseño.

Los parámetros de diseño se definen en relación con la estructura física del producto, es decir que se debe formalizar la relación entre estos dos elementos. Eso quiere decir que todo parámetro de diseño debe ir relacionado con los elementos de la estructura física y cada uno de esos elementos debe cumplir con los requerimientos funcionales definidos. [25]

Las estructuras físicas están definidas por unas propiedades desde el punto de vista de material, formas y acabado de material. Estas propiedades se representan con un nombre y tienen que tomar un valor cualitativo o cuantitativo para definir físicamente las estructuras, y por tal razón se pueden clasificar en dos tipos: [25]

- Tipo Numérico: Permite representar la información mediante un valor o un rango de valores numéricos.
- Tipo Cualitativos: Permite representar la información con valores no cuantificables. Pueden ser de dos tipos:
 - Boleano: permite representar la información entre dos posibles estados que son excluyentes entre ellos, por ejemplo si/no. Este tipo de atributos se emplean para especificar la existencia de característica de diseño en la pieza, por ejemplo: definir si hay o no la presencia de recortes en una pieza.
 - Selección: permiten representar la información cualitativa mediante la selección de un elemento de una clasificación previamente definida. Por ejemplo, el atributo de características de diseño tomaría valores respecto a una clasificación de características de diseño o el

atributo de material tomaría valores respecto a una clasificación de materiales.

Consecuentemente, la definición de los parámetros de diseño deberá incluir los siguientes elementos:

- Requerimiento funcional que satisface.
- Estructura física relacionada con ese requerimiento funcional
- Especificaciones de la propiedad
 - Propiedad del producto
 - Valores de la propiedad

Se propone el siguiente formato para su posterior adecuación a XML

ID				
Requerimiento Funcional				
Estructura Física				
Especificaciones				
Propiedad del Producto	Tipo	Valor	Unidades	Tolerancia
	Numérica			

Tabla 4-1: Formalización de los parámetros de diseño tipo numérica
Fuente: Elaboración propia

ID		
Requerimiento Funcional		
Estructura Física		
Especificaciones		
Propiedad del Producto	Tipo	Valor
	Boleano o Selección	

Tabla 4-2: Formalización de los parámetros de diseño tipo selección y tipo boleano
Fuente: Elaboración propia

El formato propuesto se representa en XML a través de la siguiente estructura

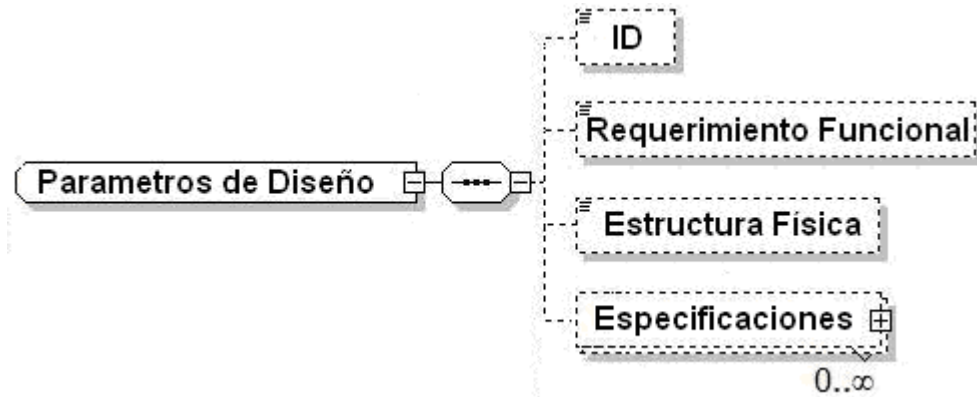


Figura 4-1: Estructura de parámetros de diseño
Fuente: Elaboración propia

La estructura del elemento “especificaciones” depende del tipo de propiedad, que abarca los siguientes: numérico, selección y boleano. La estructura para cada tipo se presenta a continuación:

Propiedad Tipo Numérica:

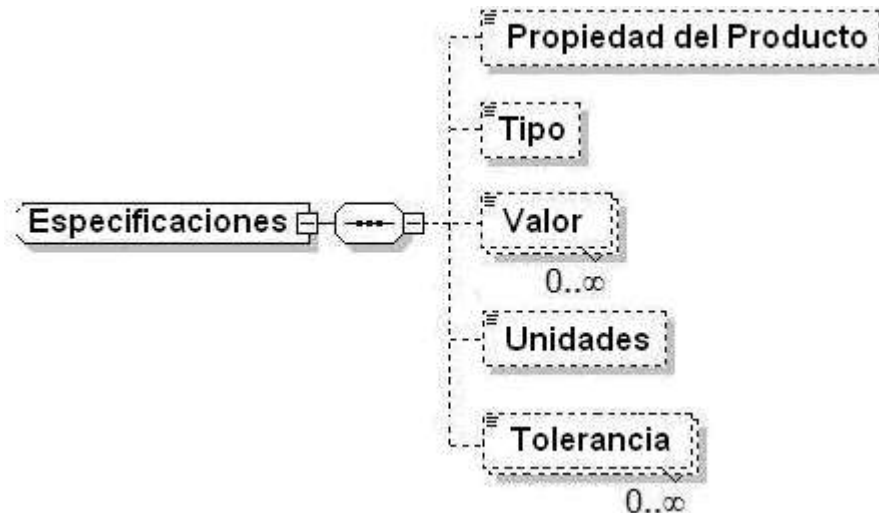


Figura 4-2: Estructura de Especificaciones – Propiedades tipo numérica
Fuente: Elaboración propia

Propiedad Tipo Selección y Boleano:

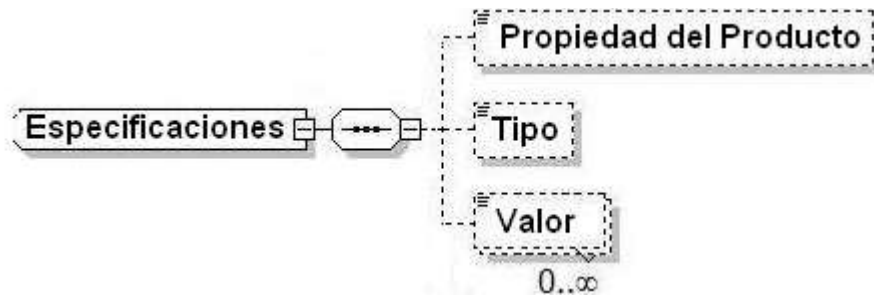


Figura 4-3: Estructura de Especificaciones – Propiedades tipo selección y booleano
Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2 Esquema XML para los parámetros de proceso. CAP cumpliendo con las actividades de DFM determina las propiedades del proceso las cuales hacen referencia a los parámetros del producto.

La estructura de la información de los parámetros de proceso es la siguiente:

El nombre del parámetro de diseño que se obtiene con este parámetro de proceso, además se debe realizar una descripción específica de cómo el parámetro de proceso afecta al parámetro de diseño.

El tipo de relación específica de cuánto afecta el parámetro del proceso al parámetro de diseño, es decir el grado de relación entre ambos. Como se mencionó en el anterior capítulo se han definido dos tipos de relación: primaria y secundaria.

Los parámetros de proceso me describen las propiedades del proceso a controlar en la manufactura. Estas propiedades se representan con un nombre y tienen que tomar un valor cualitativo o cuantitativo para definir físicamente el proceso, siguiendo el mismo patrón explicado anteriormente para los parámetros de diseño.

El tipo de propiedad depende del modo en que la información del proceso está disponible. Estos tipos se pueden obtener de la propia experiencia del diseñador y/o del experto de fabricación, de documentación o prácticas internas, o de literatura especializada en dicho proceso.

En los parámetros de proceso es importante especificar el rango de valores que cada propiedad de proceso puede tomar. La mayoría de estos valores son dependientes, es decir, el rango puede variar en función del valor de los parámetros de diseño o en función de las variables de ejecución del proceso, que son controladas durante la fabricación.

Por ejemplo, el rango de valores del ángulo de desmoldeo depende del tipo de material, mientras que la rugosidad de una pieza forjada depende de la condiciones de procesado. Por este motivo es importante, identificar cuales son algunas de estas dependencia que pueden hacer variar los valores generales de las Propiedades de proceso.

Consecuentemente, la definición de los parámetros de proceso deberá incluir los siguientes elementos:

- Parámetro de diseño que satisface el parámetro de proceso.
- Descripción.
- Tipo de relación.
- Nombre de la Propiedad de Proceso.
- Tipo de Propiedad.
- Las especificaciones de la propiedad.
- Las dependencias.

Se propone el siguiente formato para su posterior adecuación a XML

ID					
Parámetro de Diseño					
Descripción					
Tipo de Relación					
Especificaciones					
Propiedad del Proceso	Tipo	Valor	Unidades	Tolerancia	Dependencia
	Numérica				

Tabla 4-3: Formalización de las propiedades de proceso tipo numérica

Fuente: Elaboración propia

ID			
Parámetro de Diseño			
Descripción			
Tipo de Relación			
Especificaciones			
Propiedad del Proceso	Tipo	Valor	Dependencia
	Boleano		

Tabla 4-4: Formalización de las propiedades de proceso tipo boleano

Fuente: Elaboración propia

ID				
Parámetro de Diseño				
Descripción				
Tipo de Relación				
Especificaciones				
Propiedad del Proceso	Tipo	Valor	Lista de Selección	Dependencia
	Selección			

Tabla 4-5: Formalización de las propiedades de proceso tipo selección

Fuente: Elaboración propia

El formato propuesto se representa en XML a través de la siguiente estructura

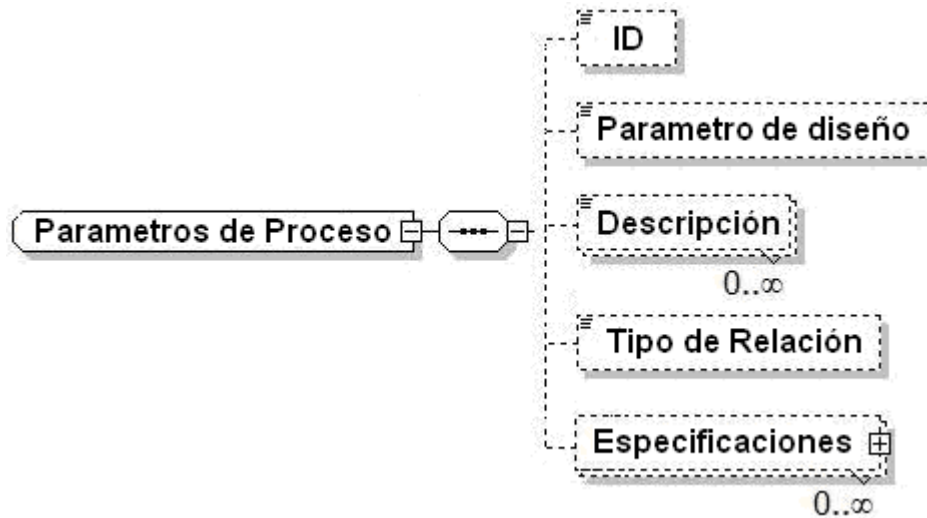


Figura 4-4: Estructura de parámetros de diseño

Fuente: Elaboración propia

La estructura del elemento “especificaciones” depende del tipo de propiedad, que abarca los siguientes: tipo numérico, selección y booleano. La estructura para cada tipo se presenta a continuación.

Propiedad Tipo Numérica:

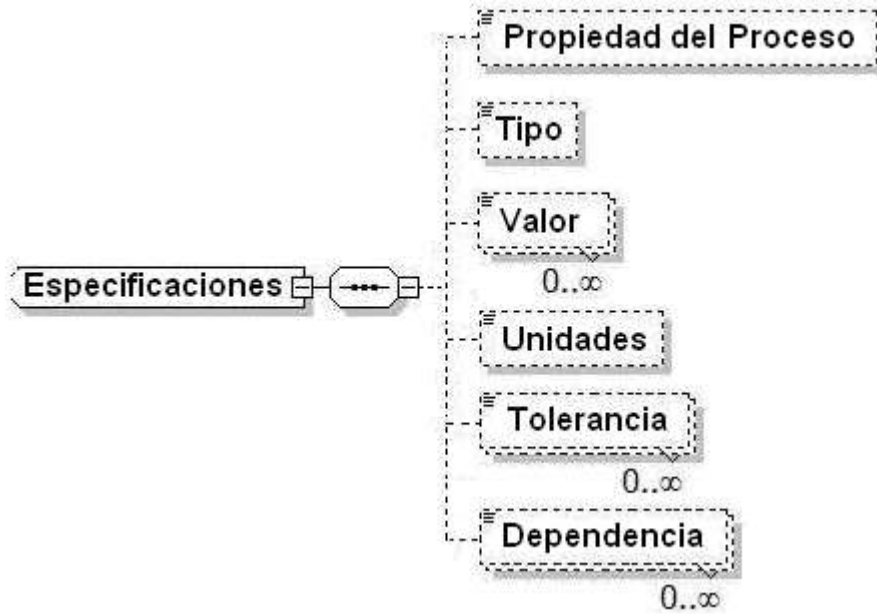


Figura 4-5: Estructura de especificaciones – Propiedades tipo numérica
Fuente: Elaboración propia

Propiedad Tipo Boleano:

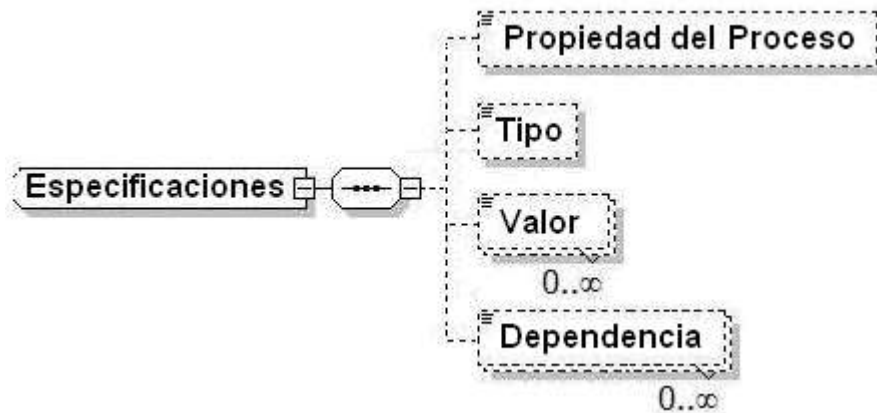


Figura 4-6: Estructura de especificaciones – Propiedades tipo booleano
Fuente: Elaboración propia

Propiedad Tipo Selección

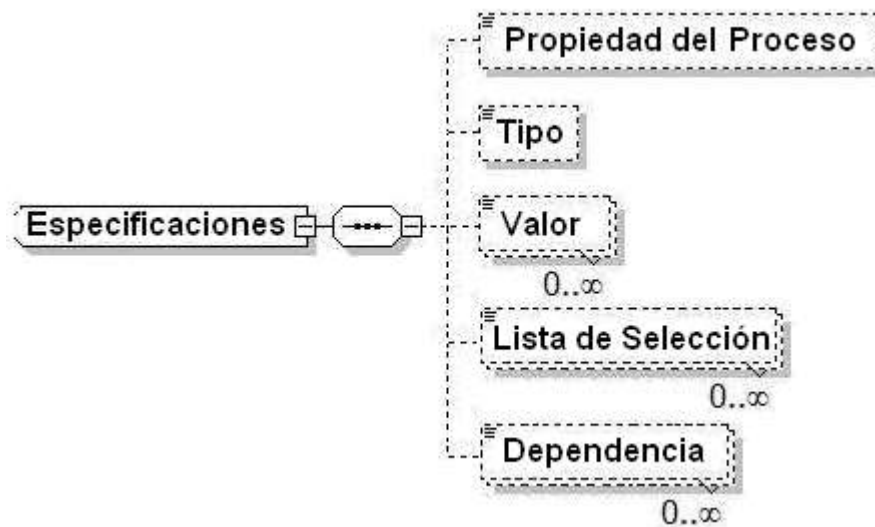


Figura 4-7: Estructura de especificaciones – Propiedades tipo selección
Fuente: Elaboración propia

Con el desarrollo de la estructura para los parámetros de producto y diseño se plasma la información más importante relacionada con el diseño del producto.

4.2.2 Manejo de la información para la generación de los documentos B2MML y BATCHML

Después de haber definido los esquemas para la información del diseño del producto y del proceso, fue necesario analizar como estructurar la información relacionada con la fabricación del producto. Los ámbitos implicados de generar la información para el proceso son CAP y PPC.

El ámbito CAP es el encargado de diseñar el proceso de producción para el producto. Define la planificación de trabajo que nos brinda información acerca de los procedimientos, las máquinas, la secuencia de trabajo. Esta información puede ser modelada para realizar los documentos B2MML del modelo de Requerimientos de equipos, Requerimiento de materiales, y Segmento de proceso; además esa información se puede estructurar para su integración mediante el modelo de Recípe General de BATCHML.

El ámbito PPC es el encargado de programar y controlar la programación, por tal razón define el requerimiento de materiales, de equipos y de personal. Toda la información generada por este ámbito puede ser estructurada para su integración con base en los modelos de programación de la producción, capacidad de producción.

La información brindada por herramientas como FMEA del diseño y del proceso, QFD y PPAP, no es contemplada en los esquemas B2MML y BATCHML. Por tal razón, no se define ningún esquema para este tipo de información aunque sirvan para las mejoras del diseño del producto. Este tipo de información debe ser manejada por la empresa según sus necesidades.

5. VALIDACIÓN DE LOS LINEAMIENTOS

Para realizar la validación de los lineamientos del diseño de flujo de información entre los ámbitos funcionales para el diseño y desarrollo de nuevos productos se tomo como referencia el caso de estudio del diseño de una biela para un motor de combustión interna.

La información que se genera de aplicar la metodología es demasiado amplia para presentar todos los resultados. En la mayoría de diseños reales, aun y no siendo tan complejos como la biela, la cantidad de información que se genera y que debe gestionarse es realmente amplia.

5.1 INTRODUCCIÓN

En este trabajo se ha realizado el proceso de diseño para una biela de un motor de combustión interna alternativo, el cual es capaz de transformar la energía generada por la combustión en energía mecánica. En estos motores, la explosión del combustible se produce dentro de un recinto cerrado, denominado cámara de combustión, ver Figura 5-1. Dentro de la cámara de combustión existe una parte móvil, denominada pistón, que se desplaza dentro del cilindro con un movimiento lineal. El pistón está unido a un mecanismo de biela - cigüeñal. Este mecanismo permite convertir el movimiento lineal del pistón en movimiento giratorio en el cigüeñal y convertir la energía de la combustión en energía mecánica [26].

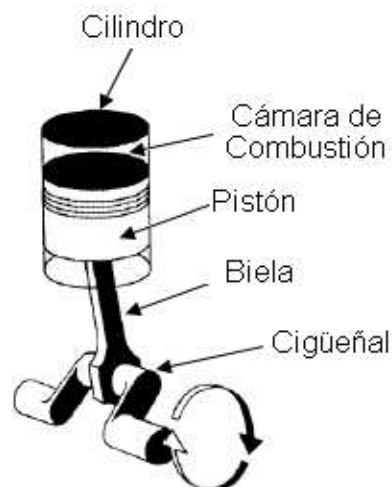


Figura5-1: Esquema del sistema mecánico interno principal del motor
Fuente: [26] FERRER Inés

El sistema mecánico interno del motor está compuesto por el pistón, la biela y el cigüeñal. Este sistema es una aplicación típica del mecanismo ampliamente conocido como biela-manivela. Para ver el análisis del mecanismo ver Anexo D.

5.2 APLICACIÓN DEL FLUJO DE INFORMACIÓN

Al aplicar los lineamientos obtenidos para el diseño y desarrollo de nuevos productos se obtienen datos reales para validar el flujo de información resultante de la aplicación de la metodología APQP en el modelo CIM de Siemens FIET 2006.

5.2.1 Requerimientos del cliente para los productos. Ventas envía a CAD los requerimientos que el cliente necesita para una biela: la forma general de la biela, el tipo de material, el rango de masa, la tolerancia y el tamaño del lote y se determinan los parámetros necesarios para cumplir con esos parámetros.

- Se desea una biela tipo H, las cuales permiten al motor alcanzar altos valores de potencia.
- El tipo de material considerado ha sido el metálico, incluyendo así las aleaciones ferrosas y las no ferrosas.
- El rango de masa incluye el rango de valores entre los que puede oscilar una biela de MCI de vehículos de automóvil; comprendido entre 0,3 - 0,9 kg. La tolerancia indica el rango de tolerancia que se requiere en la preforma de la biela. Este rango se ha obtenido de fabricantes de bielas y debe ser menor de 0,5mm
- El tamaño de lote requerido es de 10.000 unidades.

Requerimientos del Cliente	Valores
Características del proceso	Proceso de forma Proceso primario
Forma	Tipo H
Material	Metal
Rango de masa	0.3 - 0.9kg
Tolerancia	< 0.5mm
Tamaño del lote	10.000 unidades

Tabla 5-1: Requerimientos del cliente para los productos

Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Funciones de CAD.

5.2.2.1 Elaboración de la matriz QFD [27]. Esta técnica para capturar la voz del cliente fue utilizada para plasmar los requerimientos tanto del cliente como del diseño de la biela para un motor de combustión interna. Para una mayor comprensión del proceso de elaboración de esta matriz ver anexo B.

En esta matriz de calidad o "Casa de la calidad" se han identificado las necesidades que el cliente requiere para la biela, de la siguiente manera:

Matriz de Calidad para elaboración de la biela.

Requerimientos de diseño de producto		Características Técnicas								Evaluación Por el cliente	
		Característica de diseño	Dimensiones de la característica de diseño	Espesor mínimo de la sección (S3- e3)	Tipo de Sección (S3) Sección Abierta	Tipo de Material Acero	Rugosidad	Limite a fatiga del material	Presencia de defectos en la pieza		
Requerimientos del cliente	3	4	4	5	3	5				1	5
Características del proceso de forma	3	4	4	5	3	5					
Forma Tipo H	4	4	4	5	3	5					
Material Metal	4	4	4	5	3	5					
Rango de masa 0.3 - 0.9kg	5	4	4	5	3	5					
Tolerancia < 0.5mm	3	4	4	5	3	5					
Tamaño del lote 10.000 unidades	5	4	4	5	3	5					
Evaluación Técnica	5	4	4	5	3	5					
Valor Objetivo	pas ante	26mm	8mm	Tipo 1	AISI 4340	7 µm	200Pa	Baja			
Dificultad Técnica	1	4	3	5	2	4	2	4			
Evaluación de Importancia	39	63	54	39	45	9	36	45			

Tabla 5-2: Matriz de calidad para la elaboración d una biela de combustión interna.

Fuente: Elaboración propia

5.2.2.2 Funciones y restricciones de la biela [26]

La biela tiene que cumplir con dos funciones principales:

- F1: Conectar el pistón y el cigüeñal.
- F2: Transmitir la fuerza del pistón al cigüeñal.

Cada una de estas funciones tiene unas subfunciones

- Para conectar el pistón y el cigüeñal, las subfunciones que tiene que llevar a cabo la biela son:
 - F11: La biela tiene que conectarse con el pistón.
 - F12: La biela tiene que conectarse con el cigüeñal.
- Para transmitir la fuerza del pistón al cigüeñal, las subfunciones que tiene que llevar a cabo la biela son:

- F21: La biela tiene que recibir (importar) la fuerza del pistón.
 F22: La biela tiene que transmitir (guiar) la fuerza generada en la biela.
 F23: La biela tiene que proporcionar (exportar) la fuerza generada en la biela al cigüeñal.

Además de las funciones y las subfunciones la biela tiene un conjunto de restricciones asociadas que también tienen que ser consideradas y están definidas en la siguiente tabla.

Cuando el valor está representado por el símbolo * significa que no se disponen de valores para dicha restricciones; aunque deberían añadirse para el diseño de este componente.

Restricción	Valor	Unidades	Tolerancia
Masa de la Biela	0.55-0.65	Kg	*
Costo de la Biela	450.000 – 600.000	Pesos	*
Longitud de unión de los elementos	140	mm	+/- 0.1
Ciclo de vida	>10 ⁶	ciclos	*
Espacio disponible en el pistón:			
Dirección X	*	mm	*
Dirección Y	*		*
Dirección Z	*		*
Volumen disponible en el cigüeñal:			
Dirección X	*	mm	*
Dirección Y	*		*
Dirección Z	*		*
Lubricación de la biela	Tipo de lubricante	--	--

Tabla 5-3: Formalización de las restricciones de diseño del componente biela

Fuente: [26] FERRER Inés

Para una descripción mas detallada de las restricciones ver anexo D.

5.2.2.3 Identificar los requerimientos funcionales del producto.

a. Diseño de las funciones del producto. [26]

Los requerimientos funcionales se tienen que definir para cada una de las funciones y subfunciones de la biela. En primer lugar, hay que definir los requerimientos funcionales que corresponden a las funciones principales y posteriormente los correspondientes al segundo nivel. La relación entre los requerimientos funcionales y las restricciones de los requerimientos de primer nivel se transmiten a los niveles posteriores; en este caso, el segundo nivel.

b. Definición del requerimiento funcional: FR11

Este requerimiento funcional ha definido para las subfunción: “conectar el pistón con el cigüeñal”.

	Acción	Objeto
FR11	Conectar	Material (Pistón-Biela)

Tabla 5-4: Definición de la función del requerimiento FR11

Fuente: [26] FERRER Inés

Las restricciones de entrada, salida y de entorno que afectan la función se resumen en la Tabla 5-5.

Tipos de restricciones	FR11
Entrada	Número de elementos que unir
Salida	Dinámica del pistón
	Dinámica relativa entre el pistón y la biela
	Desgaste
Entorno	Temperatura
	Agentes Químicos

Tabla 5-5: Restricciones para el Requerimiento Funcional FR11

Fuente: [26] FERRER Inés

La matriz de formalización de este requerimiento funcional se muestra en la siguiente tabla:

FORMALIZACIÓN DE UN FR				
Nivel predecesor de FRs	FR1			
Código requerimiento	FR11			
Descripción de Requerimiento	Unir el pistón a la Biela			
FUNCION				
	Acción (Verbo)	Objeto (Flujo)		
Función	Unir	Material (el pistón a la Biela)		
Tipo de Restricción	Descripción de la restricción	Valor	Unidades	Tolerancia
Entrada	Número de elementos a unir	2	elementos	--
Salida	Dinámica relativa del Pistón – Biela	*	Rad/S	*
	Desgaste	>10 ⁶	ciclos	*
Entorno	Temperatura	[80 – 90]	°C	+/- 10
	Agente químico	Composición química		
Diseño	Masa de la biela	[0.5 – 0.7]	Kg	*
	Costo de la biela	100.000 - 150.000	\$	*

Tabla 5-6: Matriz de Formalización del FR11 de La biela

Fuente: [26] FERRER Inés

Para ver la definición de los demás requerimientos funcionales ver el anexo D.

5.2.2.4 Definición de los parámetros de diseño. Para definir los parámetros de diseño se deben identificar las estructuras físicas de la biela, posteriormente se realiza la búsqueda de los parámetros de diseño para satisfacer las funciones que cumple cada estructura.

La biela se compone de tres estructuras físicas: la cabeza, el cuerpo y el pie.

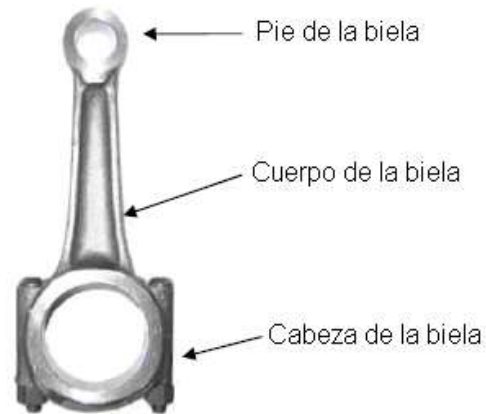


Figura 5-2: Estructuras físicas de La biela
Fuente: [26] FERRER Inés

Los requerimientos funcionales, definidos y formalizados por CAD para cada una de estas funciones, se han utilizado para determinar los parámetros de diseño que configurarán el diseño de la biela.

Sin embargo, hay que puntualizar que para obtener todos los parámetros de diseño se deberían hacer búsquedas repetitivas de parámetros que cumplieran con estos requerimientos funcionales a lo largo de las diferentes fases del diseño. Considerando la magnitud que esto hubiera generado al caso que se expone en este trabajo de grado, se ha realizado una sola iteración para buscar los parámetros de diseño que satisface a los requerimientos funcionales de cada una de las estructuras físicas.

a. Parámetro de diseño para satisfacer FR11 – Pie de la biela

El pie de la biela tiene que trasladarse asociadamente con el pistón y al mismo tiempo tiene que poder rotar para moverse solidariamente con el cigüeñal. Esto significa que la junta de unión entre el pistón y el pie biela debe tener dos grados de libertad, por lo tanto debe ser una junta deslizante y rodante.

Las paredes del cilindro representan la deslizadera; por lo tanto, en ese sentido no hay que definir ningún parámetro de diseño; sin embargo, para conseguir la rotación se precisa de un elemento intermedio entre el pistón y el pie de la biela denominado el bulón del pistón. El bulón es el elemento que conecta el pistón con la biela y permite el movimiento de rotación.

El hecho de precisar del bulón como elemento intermedio, genera que en el pie de la biela deberá realizarse una característica de diseño, concretamente un agujero que permita esta conexión. Pero considerando las restricciones de durabilidad asociada a este requerimiento se debe añadir un elemento intermedio entre ambos, como puede ser un cojinete de fricción. La tolerancia del agujero estará condicionada también por el cojinete de fricción. La Tabla 5-7 muestra un resumen de los parámetros de diseño que se precisa definir para satisfacer el requerimiento funcional FR11.

Pie de la Biela		
Análisis para obtener el Parámetro de diseño	Parámetro de diseño	Especificación
Grados de libertad de la unión y tipos de unión	Característica de diseño	Selección
Elementos colindantes de la unión	Dimensiones de la característica de diseño	Numérico

Tabla 5-7: Parámetros de diseño del pie de la biela para satisfacer el FR11.
Fuente: [26] FERRER Inés

Para ver el análisis de la definición de los parámetros de diseño, ver anexo D.

5.2.2.5 Formalización de los parámetros de diseño. Al identificar todos los parámetros de diseño, es necesario enviarlos al ámbito CAP que realice el análisis DFM para el diseño del proceso. A continuación se muestra el formato con el cual se estructura la información del parámetro funcional PD1, que cumple con el requerimiento funcional FR11, ejecutado por la estructura física: pie de la biela.

ID	PD1	
Requerimiento Funcional	FR 11	
Estructura Física	Pie de la biela	
Especificaciones		
Propiedad del Producto	Tipo	Valor
Característica de diseño	Selección	Agujero pasante

Tabla 5-8: Formalización de los parámetros de diseño del pie de la biela- características.
Fuente: Elaboración propia

Para ver los esquemas de todos los parámetros de diseño y su respectivo documento XML, ver anexo D.

5.2.2.6 Análisis de modo de efecto de falla del diseño (DFMEA): el propósito del FMEA de Diseño, es analizar cómo afectan al diseño de la biela, los modos de falla y así poder minimizar sus efectos en la futura pieza [28].

En cuanto a la falla de componentes, se ha encontrado como crítica la calidad superficial que se obtiene del proceso de fabricación de la misma. Esos defectos superficiales como pliegues o fisuras podrían producir la falla de la misma. En cuanto al aspecto mecánico, dado que las mayores solicitaciones son de compresión, durante el ciclo de expansión, se tiene en cuenta en el diseño el fenómeno de pandeo, junto con la vida a la fatiga del componente.

El objetivo de este FMEA de diseño para la biela es entonces determinar una causa probable de esta falla en la etapa de diseño.

ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLA - FMEA de Diseño.

Componente: Biela para M.C.I. Responsable del Diseño Alan Hurtado FMEA Número: 01
 Reparó: William Valencia Equipo de Trabajo: Hurtado - Valencia
 Pagina 01 de 02 Fecha de FMEA (Orig de) FMEA: Abril 13 2009 (Rev): Abril 14 2009

Artículo / Función	Modo Potencial de falla	Efecto(s) Potencial (es) de falla	S e v	C l a s e	Causas Potenciales/ Mecanismos de Falla	O c c u r	Controles de Diseño Actuales Prevención	D e t e c	R P N	Acción (es) Recomendada(s)	Responsable y fecha objetivo de terminación	Resultados de Acción		
												Acciones tomadas	S e v	O c c
Transmitir la fuerza del pistón al cigüeñal	Posible deformación por pandeo	Local: Deformación y/o Fractura del cuerpo de la biela	8		Selección de Material, Tolerancias / Valores objetivos Configuración .	5	Cálculos, Análisis de Elementos Limitados, Revisiones de Diseño, Prototipo de Prueba, Prueba Acelerada	3	120	Realizar un correcto conformado y adecuado tratamiento térmico	Operario2 Hernán Valencia.	No forzar el cuerpo de la biela a tensiones superiores a la de diseño. Y no fabricarla con exceso de azufre y cobre.		

Tabla 5-9: FMEA de Diseño

Fuente: [28] Harpc Systems, Inc. "Optimized Method For Establishing Design FMEA Ratings"

Descripción de FMEA de Diseño:

1. Artículo / Función: la función en la en la cual la biela debe realizar su mayor esfuerzo es: "Transmitir la fuerza del pistón al cigüeñal" puesto que es en donde se deben concentrar los esfuerzos para realizar un adecuado diseño y escoger el material más apropiado.

2. Modo potencial de falla: El diseño de la biela debe soportar la posible deformación por pandeo.

3. Efecto(s) potencial (es) de falla: El efecto es local: el más común es el de Deformación y/o a la posible fractura del cuerpo de la biela, debido a que la micro estructura de la pieza no sea la correcta.

4. Severidad en caso de ocurrir falla: Esta calificación se obtiene cuando un modo de falla potencial resulta en un defecto con un cliente final y/o una planta de manufactura / ensamble. El cliente final debe ser siempre considerado primero. Si ocurren ambos, se usa la mayor de las dos severidades, en este caso particular la severidad es de 8.

Efecto: Extremo inoperable; **Rango = 8;** **Criterio:** El cliente muy insatisfecho. Artículo inoperable, pero a salvo. Sistema inoperable.

5. Identificar Causa(s) Potencial(es) de la Falla:

Causas relacionadas con el diseño - Características de la Biela

- Selección de Material: El exceso de S y Cu pueden generar defectos en el proceso de fabricación que conducirían a la reducción de la ductilidad y resistencia al impacto.
- Tolerancias / Valores objetivo: La dureza que se determina debe tener asociada una resistencia a la tracción de alrededor de 900 MPa.
- Componente de Modos de Falla a nivel de Componente: El componente de la biela más propenso al pandeo o posible fractura es el cuerpo de la biela.
- **Mecanismos de Falla:** Se puede deber a fatiga, corrosión o posible desgaste.

6. Rangos de Ocurrencia (DDMEA): de acuerdo con la tabla de criterio de evaluación de severidad sugerido para DFMEA se obtiene:

Ocurrencia = Moderada;

Criterios Este producto o uno similar ha tenido fallas ocasionales

Rango = 5;

Probabilidad de Falla = 1 en 800 Zlt > 3

7. Identificar Controles Actuales de Diseño:

Verificación/ Validación del Diseño: actividades usadas para evitar la causa, detectar falla anticipadamente y/o reducir impacto:

- Cálculos
 - Análisis de Elementos Limitados
 - Revisiones de Diseño
 - Prototipo de Prueba
 - Prueba Acelerada
-
- Primera Línea de Defensa - Evitar o eliminar causas de falla.
 - Segunda Línea de Defensa - Identificar o detectar falla anticipadamente.
 - Tercera Línea de Defensa - Reducir impactos/consecuencias de falla.

8. Rangos de Detección (DFMEA):

Rango de probabilidad de detección basado en la efectividad del sistema de control actual; basado en el cumplimiento oportuno con el plazo fijado.

El valor es 5, representa que fue detectado antes de producción masiva.

9. Cálculo de RPN (Número de Prioridad de Riesgo):

Producto de Severidad, Ocurrencia, y Detección => $8 \cdot 5 \cdot 3 = 120$

RPN / Gravedad usada para identificar CTQs

Severidad mayor o igual a 8

RPN menor a 150

10. Acción(es) Recomendada(s):

Requeridas para todos los CTQs

- Listar todas las acciones sugeridas, qué persona es la responsable y fecha de terminación.
- Describir la acción adoptada y sus resultados.
- Recalcular número de prioridad de riesgo, en este caso no es necesario.

5.2.3 Funciones realizadas por CAP. El ámbito CAP consideró tres posibles tipos de procesos de fabricación para la Biela. Ver anexo D.

5.2.3.1 Establecer las propiedades del proceso. CAP, al recibir los parámetros de diseño de CAD, debe buscar todas las propiedades de proceso que afectan obtener los parámetros en cada uno de los procesos. En éste se ha analizado con relación a los parámetros de diseño que tienen más influencia en la resistencia a la fatiga y aquellos más representativos que hay que definir para satisfacer la función de conectar.

5.2.3.2 Identificar las propiedades de proceso. En primer lugar el análisis se ha aplicado al proceso de forjado con matriz cerrada (FMC); en segundo lugar, al proceso convencional de compactación y sinterizado (CS); por último, se ha aplicado al proceso de forjado de polvo de metal (FPM).

Después de analizar detalladamente cada uno de los procesos de estudio se ha concluido que todos los parámetros de diseño están afectados por los procesos analizados, como se muestra en la siguiente tabla.

Parámetros de diseño	FMC	CS	FPM
	¿Afecta el proceso para obtener este PD?	¿Afecta el proceso para obtener este PD?	¿Afecta el proceso para obtener este PD?
Espesor mínimo en sección	Si	Si	Si
Rugosidad	Si	Si	Si
Límite a fatiga del material	Si	Si	Si
Tipo de sección principal	Si	Si	Si
Tipo material	Si	Si	Si
Presencia de defectos en la pieza	Si	Si	Si
características de diseño	Si	Si	Si
Dimensiones de las características de diseño	Si	Si	Si

Tabla 5-10: Parámetros de Diseño afectados por cada uno de los procesos de fabricación de estudio

Fuente: [26] FERRER Inés.

Para identificar las propiedades de los procesos, se ha realizado el proceso primero en el proceso más usado para este tipo de productos que es el de forjado con matriz cerrada y se analizan estas propiedades para los otros procesos. La Tabla 5- 11 muestra el resultado de las propiedades de los procesos identificadas para cada uno de los procesos de estudio.

	FMC	CS	FPM
DPs	Nombre de la PP	Nombre de la PP	Nombre de la PP
Espesor mínimo en sección	Rango de espesor Ratio de secciones adyacentes Ángulo de desmoldeo	Si Si No	Si Si No
Rugosidad	Rugosidad	Si	Si
Límite a fatiga del material	Tipo de material	Si	Si
Tipo de sección principal	Tipo de sección	Si	Si
Tipo material	Requerimientos de material	Si	Si
Presencia de defectos en la pieza	Defectos de fabricación	Si	Si
Características de diseño	Tipos de elementos característicos	Si	Si
Dimensiones de las características de diseño	Dimensiones de los elementos característicos	Si	Si

Tabla 5-11: Propiedades de proceso identificados para cada proceso

Fuente: [26] FERRER Inés.

En la anterior tabla la presencia de “**SI**” significa que la propiedad se repite respecto al proceso inicial, el “**NO**” significa que la propiedad no se repite y un “**nuevo nombre**” indica una nueva propiedad identificada para ese proceso.

Para ver la descripción de los procesos y la definición de cada una de sus propiedades, ver anexo D.

5.2.3.3 Tipo de relación entre los parámetros de diseño y las propiedades de proceso. Considerado los dos tipos de relación que pueden establecerse entre Parámetros de diseño y Propiedades del proceso, se exponen los resultados obtenidos para cada proceso de fabricación.

En las matrices de relación que se exponen a continuación, el tipo de relación primaria se simboliza con un 1, mientras que la relación secundaria con un 2.

La relación primaria significa que el valor del parámetro de diseño debe estar dentro del rango de valores de la propiedad de proceso, o dicho de otro modo, la propiedad de proceso tiene que ser considerada para obtener el parámetro de diseño, en caso contrario el proceso de fabricación no sería válido para obtener dicho parámetro de diseño. Mientras que la relación secundaria simboliza que no necesariamente el valor del parámetro de diseño debe estar dentro del rango de las propiedades de proceso o que la propiedad de proceso puede no ser considerada para obtener ese parámetro de diseño, pues éste puede ser conseguido con otros procesos de fabricación u operaciones secundarias.

Parámetros del Diseño	Propiedades de proceso FMC										
	Rango de Espesor	Ratio de secciones adyacentes	Angulo de desmoldo	rugosidad	Tipo de material	Tipo de Sección	Tipo de material	Requerimientos Material	Defectos de Fabricación	Tipos de elementos característicos	Dimensiones de elementos característicos
Espesor mínimo en sección	1	1	1								
Rugosidad				1							
Límite a fatiga del material					1						
Tipo de sección principal						1					
Tipo material							1	1			
Presencia de defectos en la pieza									2		
Características de diseño										2	
Dimensiones de características de Diseño											2

Tabla 5-12: Matriz del grado de relación entre los parámetros de diseño y las propiedades del proceso de forja de matriz cerrada
Fuente: [26] FERRER Inés.

Parámetros del Diseño	Propiedades de proceso CS										
	Rango de Espesor	Ratio de secciones adyacentes	rugosidad	Tipo de material	Porosidad	Tipo de Sección	Tipo de material	Requerimientos Material	Defectos de Fabricación	Tipos de elementos característicos	Dimensiones de elementos característicos
Espesor mínimo en sección	1	1									
Rugosidad			1								
Límite a fatiga del material				1	2						
Tipo de sección principal						1					
Tipo material							1	1			
Presencia de defectos en la pieza									2		
Características de diseño										2	
Dimensiones de características de Diseño											2

Tabla 5-13: Matriz del grado de relación entre los parámetros de diseño y las propiedades del proceso de compactación y sinterizado
Fuente: [26] FERRER Inés.

Parámetros del Diseño	Propiedades de proceso FPM									
	Rango de Espesor	Ratio de secciones adyacentes	rugosidad	Tipo de material	Tipo de Sección	Tipo de material	Requerimientos Material	Defectos de Fabricación	Tipos de elementos característicos	Dimensiones de elementos característicos
Espesor mínimo en sección	1	1								
Rugosidad			1							
Límite a fatiga del material				1						
Tipo de sección principal					1					
Tipo material						1	1			
Presencia de defectos en la pieza								2		
Características de diseño									2	
Dimensiones características de Diseño										2

Tabla 5-14: Matriz del grado de relación entre los parámetros de diseño y las propiedades del proceso de forja de pulvimetalurgia

Fuente: [26] FERRER Inés

En las tres tablas, Tabla 5-25, Tabla 5-26 y Tabla 5-27, se observa que la mayoría de relaciones son primarias. Lo cual significa que la mayoría de las propiedades de proceso deben ser consideradas para poder fabricar el componente con este proceso. Además también se observa que las relaciones son muy similares entre los tres procesos de fabricación. Esto se debe a la gran similitud entre los tres procesos que se han analizado en este trabajo.

5.2.3.4 Selección del proceso y adecuación de las propiedades de proceso al modelo B2MML. Con base en los análisis realizados anteriormente se seleccionó el proceso de forja en matriz cerrada, porque es el proceso con las propiedades adecuadas para cumplir con los parámetros de diseño establecido y es el especial para una producción de diez mil unidades y con una relación costo beneficio más adecuada.

Los valores de tipo numérico de cada una de las propiedades han sido tomados de ejemplos de las clasificaciones expuestas durante las definiciones de las propiedades de proceso. Las dependencias de cada una de las propiedades de proceso se extraen de la literatura especializada y de expertos. Aunque no se proporcionan en este trabajo todas las dependencias ni tampoco la variación de los valores de las propiedades de proceso en función de las mismas.

A continuación se muestra el formato para la estructuración de la información del parámetro de proceso PP1, que especifica el rango de espesor.

ID	PP1				
Parámetro de Diseño	Espesor mínimo en sección				
Descripción	Esta propiedad especifica el rango de grosores que el proceso es capaz de obtener en una pieza				
Tipo de Relación	Primaria				
Especificaciones					
Propiedad del Proceso	Tipo	Valor	Unidades	Tolerancia	Dependencia
Rango de espesor	Numérica	3-250	mm	+/- 0.5	Material

Tabla 5-15: Formalización del rango de espesor

Fuente: Elaboración propia

Para ver los esquemas de todos los parámetros de diseño y su respectivo documento XML, ver anexo D.

5.2.3.5 Diagrama de flujo del proceso de producción de la biela

Diagrama de Flujo del Proceso / Inspección		
Producto: Biela para motor de combustión interna Fecha de elaboración:		
Nombre del Proveedor: William Valencia		Nombre de la Pieza: Biela
Localización del Proveedor: Popayán - Col		Número de la parte: 1
○ Operación	⇒ Transporte	□ Inspección
		◐ Retraso
		▽ Almacén
Operación o evento: ○ ⇒ □ ◐ ▽	Descripción, operación o evento	Evaluación y análisis de métodos
	Llevar materia prima a máquina de corte de acero	
	Corte de la pieza: Corte de una barra extruida o estirada del material a forjar	Se debe realizar un corte adecuado, teniendo en cuenta que la pieza ha de ser deformada.
	Llevar la barra al horno para fundido.	
	Fundido: Se introduce la pieza de metal en el horno para fundirla a la temperatura adecuada para su posterior modificación	La temperatura y el tiempo de fundido deben ser precisos
	Llevar pieza fundida a prensa hidráulica para recalcado	
	Recalcado: La pieza bruta se coloca en el dado inferior y al comenzar a descender el dado superior la forma de la pieza cambia gradualmente	En esta operación se debe tener cuidado de no exceder el tiempo de calentamiento, puesto que se puede obtener una pieza con defectos.
	Bloqueo: Se usan los dados bloqueadores para darle la forma aproximada de la biela	Se deben situar los dados de forma adecuada
	Transportar pieza a prensa hidráulica para recalcado de matrices.	
	Acabado: Por medio del forjado de matrices de estampado se define la forma final de la biela	
	Recorte: Se retira la rebaba por medio del troquelado	Esta operación, es delicada puesto que es en la cual se obtiene la pieza final
	Almacén	Al almacenar la pieza, esta debe ser protegida de ambientes corrosivos.

Tabla. 5-16: Diagrama de flujo del proceso de recalcado para elaboración de la biela
Fuente: Elaboración propia

5.2.3.6 Análisis de modo de efecto de falla del proceso (PFMEA). Aplicado al proceso de elaboración de una biela de un motor de combustión interna [29].

En la literatura relacionada con las bielas de MCI se destaca una amplia diversidad de defectos que pueden ir asociados a cada proceso. Por ejemplo, según para las bielas forjadas de polvo de metal los defectos de la superficie que afectan más a la fatiga son: la porosidad localizada, la penetración de óxidos y la decarburización. Las bielas forjadas en caliente con matriz cerrada también son afectadas por la decarburización, además de otros defectos más generales como pueden ser las roturas internas que se pueden generar durante el proceso. La variación de la masa que se produce en las bielas con ambos procesos es también un aspecto importante que considerar en el diseño de este componente.

En la siguiente tabla se formaliza el defecto de la decarburización que afecta al proceso de fabricación.

ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLA - FMEA de Proceso

Componente: Biela para M.C.I. Responsable del Diseño Alan Hurtado FMEA Número: 01
 Reparó: William Valencia Equipo de Trabajo: Hurtado - Valencia
 Pagina 02 de 02 Fecha de FMEA (Orig de) FMEA: Abril 13 2009 (Rev): Abril 14 2009

Función Proceso /Requerimientos	Modo Potencial de falla	Efecto(s) potencial (es) de falla	S e v	C l a s e	Causas Potenciales/ Mecanismos de Falla	O c c u r	Controles de proceso Actuales Prevención	D e t e c	R P N	Acción (es) Recomendada(s)	Responsable y fecha objetivo de terminación	Resultados de Acción		
												Acciones tomadas	S e v	O c c
Recalca-do	Reducción del contenido de carbón en la capa superficial de la pieza, debido al calentamient. por forjado	Fractura del cuerpo de la biela	8	8	Temperatu. de proceso inadecuada Tiempo de calentamiento demasiado largo.	7	Cálculos, Análisis, Prototipo de Prueba, Pruebas piloto, planes de control, listas de verificación	8	448	Reducción del contenido de carbón en la capa superficial de la pieza, por calentamiento por forjado	Operario 1: Peter Hurtado	Chorro con granalla de carbono	1	2

Tabla 5-17: FMEA de Proceso

Fuente: [29] REYES, Primitivo. "Análisis del Modo y Efecto de Falla (PFMEA)"

Descripción del análisis de modo y efecto de falla de defectos del proceso por decarburización:

1. Función Proceso /Requerimientos: El mayor número de defectos en el proceso de fabricación de una biela ocurre en el proceso de Recalcado.

2. Modo Potencial de falla: Reducción del contenido de carbón en la capa superficial de la pieza, debido al calentamiento por forjado

3. Efecto(s) potencial (es) de falla: El efecto más común es el de fractura del cuerpo de la biela.

4. Severidad en caso de ocurrir falla:

Esta calificación resulta cuando un modo de falla potencial resulta en un defecto con un cliente final y/o una planta de manufactura / ensamble. El cliente final debe ser siempre considerado primero. Si ocurren ambos, se usa la mayor de las dos severidades; en este caso particular la severidad es de 8.

Efecto = Muy alto;

Efecto en el cliente: El producto es inoperable/ (pérdida de la función primaria)

Efecto en manufactura y ensamble: El 100% del producto puede tener que ser desechado o preparado con un tiempo o costo infinitamente mayor.

Calificación = 8;

5. Causas Potenciales/ Mecanismos de Falla:

Las causas más comunes son: La temperatura del proceso es inadecuada y el tiempo de calentamiento es demasiado largo.

6. Criterio de Evaluación de Ocurrencia Sugerido para PFMEA:

Probabilidad Moderada: Fallas ocasionales

Índices posibles de falla: 5 por mil piezas **Pnk** > 1.00; **Calif.** = 5

2 por mil piezas **Pnk** > 1.10; **Calif.** = 4

7. Controles de proceso Actuales Prevención y Detección: Estos controles se obtienen realizando Cálculos, Análisis, Prototipo de Prueba, Pruebas piloto, Poka Yokes, planes de control, listas de verificación.

- Primera Línea de Defensa - Evitar o eliminar causas de falla o error.
- Segunda Línea de Defensa - Identificar o detectar fallas o errores Anticipadamente.
- Tercera Línea de Defensa - Reducir impactos/consecuencias de falla o errores.

8. Probabilidad de detección de falla:

Criterio de Evaluación de Detección Sugerido para PFMEA

Detección	Criterio	Tipos de inspección			Métodos de seguridad de rangos de detección	Calif
		A	B	C		
Remota	Los controles tienen poca oportunidad de detección			X	El control es logrado solamente con inspección visual	8

Tabla 5-18: Criterio de evaluación de Detección sugerido para PFMA
Fuente: [28] REYES, Primitivo. "Análisis del Modo y Efecto de Falla (PFMEA)"

9. Cálculo del Número de Prioridad de Riesgo RPN:

Es el Producto de Severidad, Ocurrencia, y Detección $\Rightarrow 8 \cdot 7 \cdot 8 = 448$
RPN / es la Gravedad usada para identificar pasos del proceso críticos
Severidad mayor o igual a 8 RPN mayor a 150

10. Acción(es) Recomendada(s):

Se deben planear acciones requeridas para los pasos críticos del proceso como:

- Listar todas las acciones sugeridas, qué persona es la responsable y fecha de terminación.
- Describir la acción adoptada y sus resultados.
- Recalcular número de prioridad de riesgo.

5.2.3.7 Planeación de trabajo. En la siguiente tabla se describe el proceso de elaboración de la biela, en la cual se detallan las operaciones que deben ser realizadas, una descripción de cada una de éstas, el equipo necesario para llevarlas a cabo y el material necesario para cada una de las etapas.

OPERACIONES	DESCRIPCION	EQUIPOS	MATERIAL
Corte de la pieza	Corte de una barra extruida o estirada del material que forjar.	Máquina de corte de acero.	Barras de Acero AISI 4340.
Fundido	Se introduce la pieza de metal en el horno para fundirla a la temperatura adecuada para su posterior modificación.	Horno de Forja.	Pieza de trabajo de Acero AISI 4340.
Recalcado	La pieza bruta se coloca en el dado inferior y al comenzar a descender el dado superior la forma de la pieza cambia de forma gradual.	Prensa Hidráulica para recalado.	Pieza forjada de Acero AISI 4340.
Bloqueo	Usando los dados bloqueadores para darle la forma aproximada de la biela.	Prensa Hidráulica para bloqueo.	Pieza recalada
Acabado	Por medio del forjado de matrices de estampado se define la forma final de la biela.	Prensa Hidráulica con matrices de estampado.	Pieza con detalles de bloqueo
Recorte	Se retira la rebaba por medio del troquelado.	Troqueladora.	Pieza definida con rebaba

Tabla 5-19: Descripción del proceso de elaboración de la biela
Fuente: Elaboración propia

Con base en esta descripción realizada por CAP se puede adecuar la información para los modelos de requerimientos de equipo y de materiales, y segmento de proceso. Para ver un ejemplo del modelo de requerimiento de materiales para el proceso de la biela, se recomienda ver anexo D.

5.2.4 Validación de producto y proceso. En esta etapa se realiza una corrida de prueba de producción para poder realizar un estudio que permita validar si el proceso y el producto cumplen con las especificaciones requeridas. Para esta etapa es fundamental el ámbito CAQ, el cual debe realizar un análisis de la capacidad de proceso con el fin de verificar si el proceso es controlable para obtener las especificaciones del producto.

CAQ también debe generar la documentación PPAP que contiene los análisis de: calidad de la empresa, requerimientos del cliente, DFMEA, PFMEA, diagrama de flujo del proceso, control de la producción, para demostrarle al cliente que sus

necesidades han sido entendidas y tomadas como punto de partida para el diseño del producto, y se demuestra que el proceso está realizado bajo los estándares definidos por la empresa.

5.2.5 Retroalimentación. Con el fin de obtener una mejora continua, el ámbito Ventas realiza un análisis del producto con ayuda del cliente para definir los cambios necesarios para el producto, evaluar la eficacia del proceso de manufactura con base en los indicadores de la satisfacción del cliente, y aprobar el análisis de calidad PPAP.

De esta forma se toma en cuenta el cliente en el proceso de mejora continua de la empresa, para mejorar las posibles fallas en el diseño del producto y de proceso.

6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

- Al analizar el flujo de información para el diseño y desarrollo de nuevos productos entre los ámbitos funcionales CAD, CAP y CAM del modelo CIM de Siemens FIET se concluyó, que la información no puede ir directamente de CAD a CAM, porque la información de diseño debe pasar necesariamente por CAP para que se realice la planificación del proceso y por PPC para determinar el programa de producción.
- A través del desarrollo de este proyecto se observa que es posible adecuar el modelo CIM de Siemens FIET a la metodología APQP, gracias a que estas dos herramientas poseen una estructura de información muy similar y ambas asignan responsabilidades a cada una de las áreas de la empresa.
- Al analizar la metodología APQP se observó que era necesario involucrar otras áreas de la empresa que son necesarias para el diseño y desarrollo de nuevos productos, por lo cual, se plantearon nuevas funciones para el ámbito funcional Ventas para la mejora de la comunicación con el cliente y retroalimentación, y a CAQ para una mejora en la calidad del producto y del proceso.
- Al adaptar la metodología APQP en el modelo CIM de Siemens FIET se puede obtener las siguientes ventajas:
 - Mejor comunicación con el cliente.
 - Más altos niveles de calidad de los productos y los procesos.
 - La empresa se encuentra en constante mejora continua.
 - Se emplean nuevas herramientas que reducen los costos operacionales.
 - Un mejor flujo de información entre CAD y CAP para el diseño de productos y procesos.
- Para el diseño y desarrollo de nuevos productos es necesario integrar el conocimiento del diseño del ámbito CAD con el conocimiento experto de la manufactura del ámbito CAP, con el fin de diseñar un proceso de producción que garantice la manufactura de un producto basadas en los requerimientos de diseño.
- Los lineamientos de diseño y desarrollo de nuevos productos implantados en el modelo CIM de Siemens FIET 2006 son aplicables a cualquier tipo de producto.
- Los parámetros de producto y de proceso son un tipo de información, que en muchas situaciones no proporciona la flexibilidad y facilidad de lectura, por lo cual se definió un nuevo esquema XML para la estructuración de esa

información y su posterior integración mediante el modelo de extensión de B2MML.

- Los resultados obtenidos de aplicar los lineamientos a un caso de estudio demuestran que en el proceso de diseño se tiene que definir y gestionar una amplia cantidad de información, y que esta información aumenta notablemente cuando se introduce la información que puede ser relevante para la fabricación del mismo. De ello se deriva la importancia de la integración de esta información mediante herramientas como B2MML.
- B2MML es una herramienta de fácil manejo y muy útil para estructurar e integrar la información del diseño del producto con la información de planeación y programación de la producción acorde a los estándares internacionales de la actualidad.
- Como trabajo futuro se plantea usar el flujo de información de diseño y desarrollo de productos, para el diseño de los cuatro tipos de récipes establecidos por el estándar ISA 88.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] JIMÉNEZ, R. Manufactura Integrada por Computador (CIM). Cátedra M.Ing. Jorge Lerache. <http://www.fi.net.ar/materias/7565/U3-Modelos-parte-B.pdf> 2003.
- [2] ESCALONA, Iván. “Diseño y manufactura asistidos por computadora - introducción al CNC”. <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/macives.htm>.
- [3] PERA Enterprise Integration Web Site. PERA Enterprise Model http://www.pera.net/Pera/PERA_Enterprise_Model.html
- [4] SCHOOL OF INDUSTRIAL & SYSTEMS ENGINEERING. Reference Architecture for Enterprise Integration. http://www2.isye.gatech.edu/people/faculty/Leon_McGinnis/8851/EIRA.ppt
- [5] CIMOSA Association. A Primer on key concepts, purpose and business value. <http://cimosacnt.pl/Docs/Primer/primer5.htm>
- [6] BAUMGARTNER, Horst; KNISCHEWSKI, Klaus; WIEDING, Harald. CIM Consideraciones básicas. Siemens Aktiengesellschaft & Marcombo, Barcelona, 1991.
- [7] GÓMEZ, Diana Consuelo y MANQUILLO, Carlos Enrique. “Adecuación del modelo siemens a las normas isa s88 e isa s95.”, Trabajo de Grado. Universidad del Cauca 2006.
- [8] CHACÓN, Edgar, VELASCO Juan M., ROJAS, Oscar. Principios de programación y control de la producción bajo un enfoque holónico, *Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela; Universidad del Cauca*).
- [9] CERVILLA, María Antonia.” Gestión de la innovación en productos: procesos y aprendizaje. Algunas experiencias en el sector venezolano de autopartes”. Art. 2006. <http://www.revistaespacios.com/a06v27n03/06270311.html>.
- [10] “Desarrollo de productos e ingeniería concurrente”, Grupo de investigación, Desarrollo e implantación de nuevas metodologías basadas en la Ingeniería Concurrente, Departamento de Tecnología 1994 - 2008, Campus de Riu Sec, España.
- [11] SÁNCHEZ, Mar Stella, CIM – Manufactura Integrada por Computadora, Investigación, marss88@yahoo.com.mx.

- [12] DURÁN Jesús, Integración en Automatización, Proyecto 2005000170, Reporte Técnico # 2, FONACIT, Mérida - Venezuela, julio de 2006.
- [13] IKERLAN. Nuevas herramientas y técnicas para el desarrollo de nuevos productos. Boletín Técnico 60. Febrero 2004.
- [14] Business To Manufacturing Markup Language (B2MML).
<http://www.wbf.org/catalog/b2mml.php>
- [15] Batch Markup Language (BATCHML)
<http://www.wbf.org/catalog/batchml.php>
- [16] XML (Extensible Mark-up Language). <http://es.wikipedia.org/wiki/XML>.
- [17] XML: El estándar para compartir información entre sistemas de datos heterogéneos, Interactiva net revista de tecnología de información, Número 1.
- [18] AMAYA, Carmenza, Metodología para mejorar la ingeniería de Producto / Proceso basada en Ingeniería Concurrente. Artículo.
http://ciruelo.uninorte.edu.co/pdf/ingenieria_desarrollo/16/metodologia_para_mejorar_la_ingenieria_de_producto.pdf
- [19] FLORES, Rodolfo. "Ingeniería concurrente y tecnologías de la información". Artículo 2004. <http://ingenierias.uanl.mx/22/ingenieriaconcu.pdf>
- [20] ELSMAR Cove. "Advanced Product Quality Planning Manual". 1a edición. 2003.
- [21] 12MANAGE. "Managing product development, Explanation of the stage-gate model of Robert G. Cooper", http://www.12manage.com/methods_cooper_stage-gate.html
- [22] COOPER, Robert. "Managing Technology Development Projects".
<http://stage-gate.com/downloads/wp25.pdf>
- [23] ULRICH, Karl y EPPINGER, Steven. Diseño y desarrollo de productos. Tercera edición. 2004.
- [24] BusinessTo Manufacturing Markup Language, B2MML – Extensions, Version 0401 – October 2008, Extension Documentation.

- [25] PÉREZ, Roberto. “Caracterización y representación de los requerimientos funcionales y las tolerancias en el diseño conceptual: aportaciones para su implantación en los sistemas CAD”. Tesis doctoral. Escuela Técnica superior de Ingeniería Industrial de Barcelona. Barcelona 2002, http://www.tdr.cesca.es/TESIS_UPC/AVAILABLE/TDX-0415102-073619//14Bibliografia.pdf.
- [26] FERRER, Inés. “Contribución Metodológica en Técnicas de Diseñar para Fabricación”, Tesis Doctoral. Proyectos de Innovación Tecnológica en la Ingeniería de Producto y Proceso, Departamento de Ingeniería Mecánica y de la Construcción Industrial, Girona, Marzo te 2007.
- [27] ZAÏDI, A y MEDINA, Jesús. “QFD: despliegue de la función de la calidad”. Ediciones Díaz de Santos, 2005.
- [28] Harpco Systems, Inc. “Optimized Method For Establishing Design FMEA Ratings”. 2008. <http://www.harpcosystems.com/Design-FMEA-Ratings-PartI.htm>.
- [29] REYES, Primitivo. “Análisis del Modo y Efecto de Falla (PFMEA)”. 2007 <http://www.icicm.com/files/PFMEA.doc>.