



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**“Diagnóstico al Proceso de Implementación de Cambios de  
Ingeniería”**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**P R E S E N T A:**

**HERNÁNDEZ GARCÍA MARÍA DE LOS ÁNGELES**

**DIRECTOR:**

**M.I. SUSANA CASY TÉLLEZ BALLESTEROS**



**MÉXICO, D.F.**

**JUNIO 2012**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Agradecimientos

*A la M.I. Susana Téllez por el tiempo, dedicación y apoyo empleados en la realización de este trabajo, mi más profundo agradecimiento por su guía.*

*A los miembros del jurado por enriquecer este trabajo con sus aportaciones.*

*A todos mis profesores, porque con sus conocimientos y entrega sembraron en mí el deseo de aprender y construir cosas grandes.*

*A la Fábrica de Autobuses por brindarme la oportunidad de iniciar mi carrera profesional y ofrecerme una experiencia llena de aprendizaje.*

*Ing. Eliseo Morales gracias por compartirme parte de tu experiencia, por permitirme participar en tu equipo y enriquecer mi aprendizaje profesional.*

*Equipo de Beredning, gracias por compartirme sus experiencias, por su paciencia para explicarme, y por resolver mis múltiples dudas. Ingenieros de Industrial y de Procesos gracias por clarificarme conceptos y permitirme conocer puntualmente sus actividades.*

*Ubaldo, gracias por tu apoyo y contribución para la realización de este trabajo.*

*Mi más sincero agradecimiento a todos aquellos que colaboraron de una u otra forma para la realización de este trabajo, gracias por sus ideas y sus ánimos.*

.

## Dedicatorias

*Mamá, Papá.* Quizá en estas líneas no pueda describir cuanto significan para mí y lo afortunada que soy al compartir tantos momentos a su lado. Gracias por todo su amor, enseñanzas, consejos y sacrificios, por hacerme tan feliz, por encontrar en ustedes mi refugio favorito. *Mamá* gracias por tu amor, por tus cuidados, por estar siempre a mi lado y sobre todo por entregarte a tu familia de manera excepcional, eres una gran mujer y la mejor de las mamás. *Papá* gracias por luchar siempre, por tu amor a la vida y por esos grandes sacrificios que sólo el amor entiende. Gracias por librar tantas batallas, por ser tan grande y tan valiente, por enseñarme a soñar y a trabajar para cumplir esos sueños en realidades. Lo que soy y lo que pretendo ser siempre encontrará inspiración en ustedes, los amo.

*Dulce, Ana.* Gracias por su cariño, apoyo y palabras de aliento. Gracias por hacerme sonreír y darme ánimos, por tantos momentos de alegría, los adoro.

*Abuelitos: Esperanza, Jose, Javier, Felipe.* Gracias por sus cuidados y amor.

*Lucía, Emma, Martha, Bety, Vero.* Gracias por su apoyo en los momentos más difíciles, por regalarme su comprensión y cariño.

*Primos,* por su cariño y ayuda incondicional. Por tantos momentos juntos, gracias

*Amigos y personas especiales,* por tantos momentos de felicidad, por sus consejos y cariño. Gracias por su apoyo, por reír junto a mí y llorar a mi lado. Ustedes saben lo especiales que son y lo mucho que los quiero.

---

## Índice

<b>Glosario .....</b>	<b>I</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>IV</b>
<b>Capítulo 1. La estrategia corporativa y el desarrollo de productos.....</b>	<b>1</b>
1.1 El PDDP como proceso estratégico.....	2
<b>Capítulo 2. El proceso de diseño y desarrollo de productos.....</b>	<b>3</b>
2.1 El diseño y desarrollo del producto como ventaja competitiva.....	3
2.2 El proceso genérico de diseño y desarrollo del producto.....	4
2.3 Estrategias del desarrollo del producto.....	7
2.4 Conclusiones del capítulo.....	14
<b>Capítulo 3. El proceso de diseño y desarrollo del producto en la fábrica de autobuses..</b>	<b>15</b>
3.1 Proceso de Desarrollo Global <i>PDG</i> .....	16
3.2 Desarrollo de partes componentes del producto.....	18
3.3 Construcción de <i>prototipos</i> .....	19
3.4 Notificación de Cambio en Diseño <i>NCD</i> .....	21
3.5 Proceso de Implementación de Cambios de Ingeniería <i>PICI</i> .....	23
3.6 Conclusiones del capítulo.....	28
<b>Capítulo 4. El diagnóstico como método para identificar, resolver y controlar problemas .....</b>	<b>29</b>
4.1 Diagnóstico operativo .....	30
4.2 Metodología para la realización del diagnóstico operativo .....	31

---

4.3 Conclusiones del capítulo .....	32
<b>Capítulo 5. Diagnóstico al Proceso de Implementación de Cambios de Ingeniería registrados en sistema.....</b>	<b>34</b>
5.1 Metodología para el diagnóstico al <i>PICI</i> .....	34
5.2 Análisis de Pareto del procesamiento de <i>NCDs</i> por categoría.....	36
5.3 Análisis histórico de presencia de <i>NCDs</i> .....	38
5.4 Análisis del tiempo de procesamiento para la implementación de <i>NCDs</i> Tipo A.....	43
5.5 Análisis del comportamiento histórico de implementación física de <i>NCDs</i> Tipo A.....	45
5.6 Situación del <i>PICI</i> .....	50
5.7 Conclusiones del capítulo .....	53
<b>Capítulo 6. Ingeniería Concurrente como propuesta de mejora al <i>PICI</i>.....</b>	<b>54</b>
6.1 Ingeniería Concurrente.....	55
6.2 Propuesta para el desarrollo del <i>PICI</i> dentro de un entorno de Ingeniería Concurrente	58
6.3 Conclusiones del capítulo.....	86
<b>Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>87</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>90</b>

## **Glosario**

*APQP (Planeación avanzada de la calidad del producto)*. Metodología a través de la cual la cadena de suministro participa con el fabricante del equipo u originador del servicio que ha sido planeado. Ello con la finalidad de asegurar que la colaboración del producto y del diseño del proceso se lleve a cabo.

*Arquitectura del producto*. Descripción del modo en el que los elementos funcionales de un producto están asignados a sus secciones constituyentes o subsistemas y la forma de interacción entre ellos.

*Base de datos electrónica de desarrollo del producto (BDP)*. Software empleado por Ingeniería del Producto para albergar la información relacionada a la emisión de NCDs y proyectos de desarrollo del producto.

*Benchmarking*. Anglicismo aplicado al proceso de evaluación comparativa entre productos, servicios y procesos de trabajo en organizaciones. Consiste en tomar como comparadores a aquellos productos, servicios y procesos de trabajo desarrollados por organizaciones que representen la realización de las mejores prácticas sobre el área de interés, con el objetivo de transferir el conocimiento de éstas y su aplicación.

*Campo*. Situación de operación de un producto en sus condiciones finales de uso.

*Concepto del producto*. Es una descripción de la forma, función y características de un producto, y por lo general está acompañado por un conjunto de especificaciones, un análisis de productos de la competencia y una justificación económica del proyecto.

*Creación de escenarios*. Metodología empleada en el diseño centrado en el usuario, a través de la cual se construyen situaciones probables de operación del producto de acuerdo a las características y circunstancias de usuarios creados hipotéticamente.

*Efectividad*. Fecha definida para la introducción del NCD.

*Importancia de las solicitudes (VI).* Escala para determinar la prioridad con la que se atenderán las solicitudes de cambio en el diseño.

*Ingeniería Inversa.* Método empleado para obtener información o un diseño a partir de un producto accesible al público, con el fin de determinar de qué está hecho, qué lo hace funcionar y cómo fue fabricado.

*Línea de Producto.* Término utilizado para diferenciar a los componentes de compra y a los de manufactura interna .

*Metodología de Taguchi.* Es una metodología científica que permite elegir los ensayos experimentales con el propósito de establecer relaciones "Causa – Efecto".

*Misión.* Conjunto de funciones y deseos que el product ha de cumplir mediante su uso.

*NCD (Notificación de cambio en el diseño).* Término empleado en la fábrica de autobuses para referirse a la oficialización de alguna modificación en el producto.

*Nuevas Partes (NPs).* Partes cuyo uso es nuevo para la fábrica de autobuses

*Partes Canceladas (CCs).* Partes cuyo uso ya no va a ser requerido por la fábrica de autobuses.

*PDM (Product Data Management).* Término aplicado a la gestión de información del product.

PPAP. PPAP es la abreviación en Inglés de Production Part Approval Process que significa Proceso de Aprobación de Partes de Producción. Es un paquete de documentos que se entregan al cliente, y que garantiza que un proceso está en control y con habilidad para repetir productos dentro de especificación, este paquete de documentos es revisado por el cliente para ser aprobado por el representante autorizado. Es la parte con la que se finaliza la fase de validación del APQP.

*Prototipos.* Aproximación al producto en una o más dimensiones de interés.

*QFD (Despliegue de la función de la calidad)*. Es un proceso que asegura que los deseos y las necesidades de los clientes sean traducidas en características técnicas. Estas características son manejadas por la compañía mediante la función del diseño, o mejor aún, a través de un equipo multifuncional que incluye ventas, marketing, Ingeniería de diseño, Ingeniería de manufactura y operaciones.

*Rango de estudio*. Período de tiempo comprendido entre Enero de 2009 y Mayo de 2011 y considerado para la toma de datos históricos.

*Reporte Protus*. Procedimiento a través del cual las áreas funcionales ajenas a Ingeniería del Producto solicitan a esta última la corrección de elementos del diseño que causan alguna problemática en la línea de producción.

*Sistema de Manufactura Integral (SMI)*. Software empleado para la planificación de requerimientos de material.

*Sistema Electrónico Global de Compra SEGC*. Software empleado por Compras para la gestión de la información referente a los materiales de compra.

*Solicitud de modificación del producto (SMP)*. Procedimiento oficial para solicitar una modificación al producto al área de Ingeniería del Producto.

*Throughput time*. Periodo de tiempo requerido para que un material, una parte o un subensamble pase a través de todo el proceso de manufactura.

*Time to Market*. Lapso de tiempo transcurrido entre la concepción del producto y cuándo éste está listo para ser colocado en venta.

*Variantes*. Atributos específicos del producto cuya elección final es realizada por el cliente.

## Introducción

El presente trabajo de tesis expone la metodología empleada en el diagnóstico realizado al proceso denominado como Proceso de Implementación de Cambios de Ingeniería (PICI), mismo que es desarrollado en una fábrica de autobuses para la introducción de las modificaciones al producto en la línea de producción.

Asimismo es presentada una propuesta metodológica para el aumento en la productividad de éste. El interés por el tratamiento del tema se derivó de mi involucramiento profesional en el PICI, la detección de áreas de oportunidad para el incremento de la efectividad de éste y la importancia que toma su desarrollo dentro de la estrategia competitiva de la empresa.

A lo largo de los capítulos se busca describir la posición trascendental que toma la introducción de modificaciones al producto para el posicionamiento de una empresa en el mercado, además de mostrarse la relevancia del Proceso de Implementación de Cambios de Ingeniería para la definición de la estrategia operativa de una fábrica de autobuses. De igual forma es presentada la problemática identificada en el proceso y los puntos de acción propuestos para la erradicación de ésta.

Cabe aclarar que esta obra presenta sólo una propuesta de los puntos de acción a ejecutar para el aumento de la productividad del PICI y no abarca la implementación de las mejoras sugeridas, por situarse éstas en una etapa posterior a la presentación de esta tesis.

## Antecedentes

El PICI surge con el propósito fundamental de asegurar que los cambios al autobús emitidos por el área de Ingeniería del Desarrollo del Producto, a través de documentos oficiales denominados Notificación de Cambios de Ingeniería (*NDCs*) sean introducidos a producción con los materiales adecuados en el momento indicado y con una estructura de costos conveniente. Preparándose para ello las condiciones de producción y actualizándose la información técnica, para cumplir con los requisitos de diseño en producción. Sin embargo en la continua ocurrencia de dicho proceso, se han detectado problemas recurrentes que impiden la implementación de tales cambios.

## Problemática

Algunos de los cambios en el producto emitidos por el departamento de *Ingeniería del Producto* son introducidos en de forma inadecuada en la línea de producción. Generándose con ello problemas con el ensamble de componentes, materiales faltantes y obsolescencia de algunos otros, incumplimientos de calidad, prolongación de los tiempos de fabricación y desafortunadamente fallas presentadas en la operación del producto por el cliente.

## Objetivo principal

Identificar los factores que causan la introducción incorrecta de los cambios en el diseño del producto en la línea de ensamble mediante la realización de un diagnóstico al proceso de implementación de éstos.

## Objetivos secundarios

- Caracterizar al Proceso de Implementación de Cambios de Ingeniería a través de su análisis cuantitativo.
- Analizar cualitativamente el impacto generado por la implementación incorrecta de los cambios en el diseño.
- Definir los puntos de actuación para lograr que todos los cambios en el diseño sean introducidos a producción, garantizando la existencia de los recursos para ello.

- Establecer directrices para la realización de actividades enfocadas a disminuir el tiempo de implementación de los cambios, la cantidad de trabajo suplementario originado por la falta de materiales en la línea de producción y el mal diseño de estructuras y procedimientos.

## **Hipótesis planteada**

A través de la identificación de los factores que originan la implementación incorrecta de los cambios de diseño, será posible formular una propuesta de mejora Proceso de Implementación de Cambios de Ingeniería.

## **Metodología**

1. Análisis del proceso completo con el propósito de determinar los factores que en él intervienen.
2. Definición de las características de esos factores, e identificación de aquellas que tienen relación directa con los resultados del proceso.
3. Determinación del grado en que contribuye estos factores al desempeño real del proceso mediante la realización de un diagnóstico al mismo.
4. Formulación de una propuesta de puntos de actuación para aumentar la productividad del proceso.

## **Alcances**

Por las características del presente trabajo, su espectro de aplicación se reduce al *Proceso de Implementación de Cambios de Ingeniería* desarrollado exclusivamente en la Fábrica de Autobuses y su extensión se concreta a la formulación de una propuesta de mejora al proceso, dejándose con ello para el desarrollo de futuros trabajos lo concerniente a la implementación de tales propuestas en la empresa.

## Capítulo 1. La estrategia corporativa y el desarrollo de procesos estratégicos.

La estrategia corporativa puede definirse como “El enfoque de una entidad para optimizar el valor económico y social de su portafolio de negocios o de su conjunto de programas tomando en cuenta los intereses de la comunidad y de los empresarios. Una estrategia corporativa es la estructura por medio de la cual una entidad puede decidir cómo desea añadir nuevos negocios o programas a su portafolio y cómo desea dirigir la administración de sus unidades de negocios.”<sup>1</sup>

En el presente la rentabilidad de las empresas se encuentra sujeta a una serie de condicionantes económicas, tecnológicas, ambientales y sociales que direccionan la estrategia corporativa de ésta hacia la excelencia operativa, el entendimiento y conquista de nuevos mercados, y el desarrollo de nuevas tecnologías y productos. La definición de dicha estrategia requiere ser concebida bajo un enfoque integral que considere los recursos disponibles y la ventajas competitivas de la empresa, además de garantizar la total compatibilidad con la misión de ésta.

De igual modo el planteamiento de la estrategia corporativa supone la participación activa de las figuras organizacionales y el amplio conocimiento de los factores clave de éxito, además del constante análisis y revisión de los procesos y procedimientos a través de los cuales se establece una ventaja competitiva beneficiosa para la organización. Esto último toma especial importancia cuando la estrategia de la empresa está dirigida al fortalecimiento de ventajas competitivas específicas, como lo son la orientación al cliente, la posesión de un producto con atributos únicos, una amplia cobertura en el servicio o bien la pertenencia de alguna patente, pues todo el desarrollo de procesos deberá estar direccionado a la explotación de estas ventajas.

Para la ejecución de procesos congruentes con la estrategia corporativa es necesario que la empresa tenga bien identificados a aquellos procesos que fungen como parte aguas para el desarrollo de esta estrategia y la definición de objetivos y que por su naturaleza son denominados procesos estratégicos. Tal tipo de procesos deben realizarse de una manera

---

<sup>1</sup> ANDRADE SALVADOR. “Estrategia corporativa” en La Estrategia Corporativa, mayo 2012. Texto completo en [http://andrader0.tripod.com/docs/paradigmas/estrategia\\_corpo .pdf](http://andrader0.tripod.com/docs/paradigmas/estrategia_corpo.pdf).

ejemplar para garantizar la competitividad de la empresa y su categorización como tales estará sujeta al grado de involucramiento de éstos con la visión y la misión estratégica de la empresa; mismas que de acuerdo al escenario de la competitividad mundial deberán estar direccionadas al ofrecimiento de productos y servicios que proporcionen un mayor valor añadido para el cliente y que a la vez les permita diferenciarse de su competencia, lo cual se logra en buena medida con el desarrollo de nuevos productos.

### 1.1 El PDDP como proceso estratégico

“Si bien muchas organizaciones todavía no consideran el Desarrollo de Nuevos Productos como uno de sus procesos estratégicos, cada vez es mayor el número de sociedades que reorganizan sus estructuras alrededor de esta actividad. Se trata principalmente de empresas con un marcado carácter innovador y que son conscientes de la importancia de poder ofrecer productos excelentes y novedosos para sus clientes en el menor lapso de tiempo posible.”<sup>2</sup>

Estas empresas están apostando por el fortalecimiento del Proceso de Diseño y Desarrollo de Productos como principal vía para el cumplimiento de los objetivos globales, y es por ello que el desarrollo de este proceso toma vital importancia para el logro de resultados organizacionales, aunado a que a través de éste se obtienen dos elementos estratégicos fundamentales, la innovación y la capacidad de respuesta en períodos de tiempo cortos. Indudablemente el proceso de diseño y desarrollo del producto constituye el proceso estratégico fundamental para hacer organizaciones más flexibles y más orientadas al cliente.

---

<sup>2</sup> SIMERGIA Simulation and collaborative engineering. La dirección de Nuevos Productos o Servicios. En Internet [http://www.simergia.com/es/servicios/Linea\\_de\\_Servicios\\_de\\_Direccion\\_de\\_Proyectos.pdf](http://www.simergia.com/es/servicios/Linea_de_Servicios_de_Direccion_de_Proyectos.pdf). Consultado el 16 de Mayo de 2012.

## Capítulo 2. El proceso de diseño y desarrollo del producto

En este capítulo se exponen los conceptos teóricos sobre los cuales se fundamenta el desarrollo de la presente tesis. Tiene como objetivo justificar la relevancia del proceso de diseño y desarrollo del producto como estrategia competitiva para la organización, además de su relación directa con el Proceso de Implementación de Cambios de Ingeniería, el cual funge como principal materia de estudio en el presente trabajo.

En primer lugar se presenta al diseño y desarrollo del producto como pilar para el éxito de una empresa, se describe la importancia que adquieren tanto la personalización del producto como la flexibilidad en el volumen de producción para los sistemas operacionales de la organización, se exponen las características del flujo de producción de los sistemas manufactureros de productos personalizados y por último se describe el vínculo entre la personalización del producto y el proceso de diseño y desarrollo del Producto.

### 2.1 El diseño y desarrollo del producto como ventaja competitiva

El éxito económico de las empresas se encuentra íntimamente ligado a su capacidad para identificar las necesidades de los clientes y con base en ellas fabricar productos que las satisfagan con calidad, a bajo costo y en un período tiempo adecuado. Tales requerimientos pueden ser cumplidos a través de una gran actividad interdisciplinaria denominada *Diseño y Desarrollo del Producto*, la cual requiere esencialmente del trabajo desarrollado por tres áreas de la empresa: *Mercadotecnia, Diseño y Manufactura*.

“La *mercadotecnia* es la intermediaria entre la empresa y sus clientes, facilita la identificación de oportunidades de productos, la definición de segmentos del mercado y la identificación de las necesidades de clientes. Por lo general, el área de mercadotecnia también se encarga de la comunicación entre la empresa y sus clientes, establece precios objetivo y supervisa el lanzamiento y promoción del producto. Mientras que la función de *diseño* desempeña el papel principal en definir la forma física del producto para que satisfaga mejor las necesidades del cliente. En este contexto, la función de diseño incluye crear el diseño de ingeniería (mecánico, eléctrico, software, etc.) y el diseño industrial (estético, ergonómico,

interfaces de usuarios). Finalmente manufactura es principalmente responsable del diseño, operación y/o coordinación del sistema de producción del producto. En términos generales, la función de manufactura incluye la compra, distribución e instalación.”<sup>3</sup>

Se sigue de lo anterior que mediante el lanzamiento oportuno de productos con los atributos, calidad y precio demandados por el cliente, las empresas adquirirán ventajas competitivas que garanticen su estadía en el mercado y el incremento de su participación en el mismo. Además de evidenciarse que la eficiente ejecución del proceso de diseño y desarrollo de productos, puede considerarse por sí misma, como una fuente de ventaja competitiva; a través de la cual se podrán fabricar mejores productos con plazos de ejecución más cortos y un nivel de fiabilidad y comerciabilidad superiores a los de la competencia. Lográndose con ello un aumento en la ventas y el posicionamiento de la empresa en las preferencias del cliente.

### 2.2 El proceso genérico de diseño y desarrollo del producto

Pese a que cada organización de acuerdo a sus necesidades y características emplea un proceso de Desarrollo del Producto específico, varios autores coinciden en que es posible definir un proceso genérico de diseño y desarrollo del producto describiendo de manera general la secuencia de actividades que una empresa realiza para idear, diseñar, producir y comercializar un producto. “Una forma de considerar el proceso de desarrollo es como la creación inicial de un amplio conjunto de conceptos alternativos de producto, y luego la subsecuente reducción de alternativas y creciente especificación del producto, hasta que éste pueda ser producido en forma confiable y repetida por el sistema de producción.”<sup>4</sup>

Para los fines metodológicos del presente trabajo se considerará que el proceso de diseño y desarrollo del producto está conformado por cinco fases<sup>5</sup>, las cuales son descritas a continuación:

---

<sup>3</sup> ULRICH K-EPPINGER S. Diseño y desarrollo de productos. Pág. 3

<sup>4</sup> Ibid. Pág. 15

<sup>5</sup> De acuerdo a lo expuesto por ULRICH K-EPPINGER S en Diseño y desarrollo de productos y DEKKER M. en Concurrent Engineering Methodology

**Fase 1. Planeación:** El inicio de esta fase se da con la *identificación de las necesidades del cliente*, a través de entrevistas con el mismo y la retroalimentación obtenida del área de postventa ó servicio; para luego con dicha información establecer *las especificaciones del producto* y definir las *tareas de diseño* subsecuentes para el desarrollo del producto.

**Fase 2. Desarrollo del concepto y diseño a nivel sistema:** En esta fase se define la *arquitectura del producto* y su descomposición en subsistemas y componentes, incluyendo diseños geométricos y especificaciones funcionales de los subsistemas del producto. Seguido a esto se realiza la *generación de conceptos* del producto para cada función del mismo, evaluando la factibilidad del uso de sus componentes, los parámetros de modularidad obtenidos y las características de su ensamble. Asimismo durante esta fase se hace un estudio de cómo los conceptos pueden ser integrados en un diseño funcional y estético.

Con la finalidad de ayudar a la selección de los mejores conceptos, durante esta etapa también se realiza un *Modelado virtual o físico* de las soluciones propuestas a través del cual se pueden visualizar una mayor cantidad de características del *concepto* que previamente no se habían contemplado. Una vez finalizada esta actividad se realiza la *Evaluación de conceptos* en la cual se valoriza cuantitativamente la capacidad del concepto para satisfacer los requerimientos de diseño previamente establecidos. Finalmente esta etapa termina con la *Integración de los conceptos* seleccionados, en el producto en desarrollo.

**Fase 3. Diseño de detalle:** Esta fase de diseño está compuesta de siete actividades principales, la primera es la definición de las *Especificaciones de Ingeniería* haciendo uso de las especificaciones del producto definidas en la fase anterior y considerando las normatividades aplicables al producto. La siguiente actividad a desarrollar es el *Diseño Personificado*, la cual se realiza con el soporte de los proveedores para dar un significado físico a los conceptos generados. Como tercera actividad se encuentra el *Modelado Virtual*, realizada con el objetivo de evaluar virtualmente al diseño y así mediante aproximaciones matemáticas obtener un análisis de su desempeño. La cuarta actividad es crucial para esta

fase pues en ella se hace una *Revisión del Diseño* asegurando la integración de lo diseñado en un diseño funcional absoluto y su viabilidad para ser manufacturado.

La realización de *Prototipos* constituye la quinta actividad de esta fase de diseño, en ella se crean *prototipos* físicos de los aspectos críticos del producto y estos son utilizados para evaluar la funcionalidad del producto y su apariencia. Como sexta actividad en esta fase se encuentra el *Diseño Detallado*, en la cual se desarrollan los dibujos y características de ensamble así como la lista de materiales. Por último, esta fase de diseño termina con la *Verificación de diseño*, actividad en la cual se revisa la documentación del producto desarrollado y se autoriza la información que será utilizada para la producción del producto obtenido.

**Fase 4. Preparación para la producción:** En esta fase se busca asegurar que el producto y el proceso estén integrados y listos para la producción en serie. Esta fase consiste en cuatro actividades: *Obtención del Producto*, en la cual se construyen versiones múltiples de preproducción del producto con los materiales de desarrollo final, es decir aquellos que serán utilizados para la producción del producto. *Pruebas de Campo* que incluyen la realización de pruebas de funcionalidad al producto con la finalidad de determinar el desempeño de este en condiciones de uso real. *Producción Piloto*, cuya finalidad es la evaluación previa a la producción en serie de los procesos de manufactura y el desempeño de las líneas productivas. *Validación de la Producción*, a través de la cual se asegura que el sistema productivo funcione como se pretende para la producción en serie; también es verificada la tasa de producción y se realiza un monitoreo a la calidad del producto.

**Fase 5. Producción y servicio:** En esta fase el producto es fabricado con el sistema de producción planeado y el personal que participa en las líneas productivas es capacitado. Finalmente el producto es lanzado al mercado.

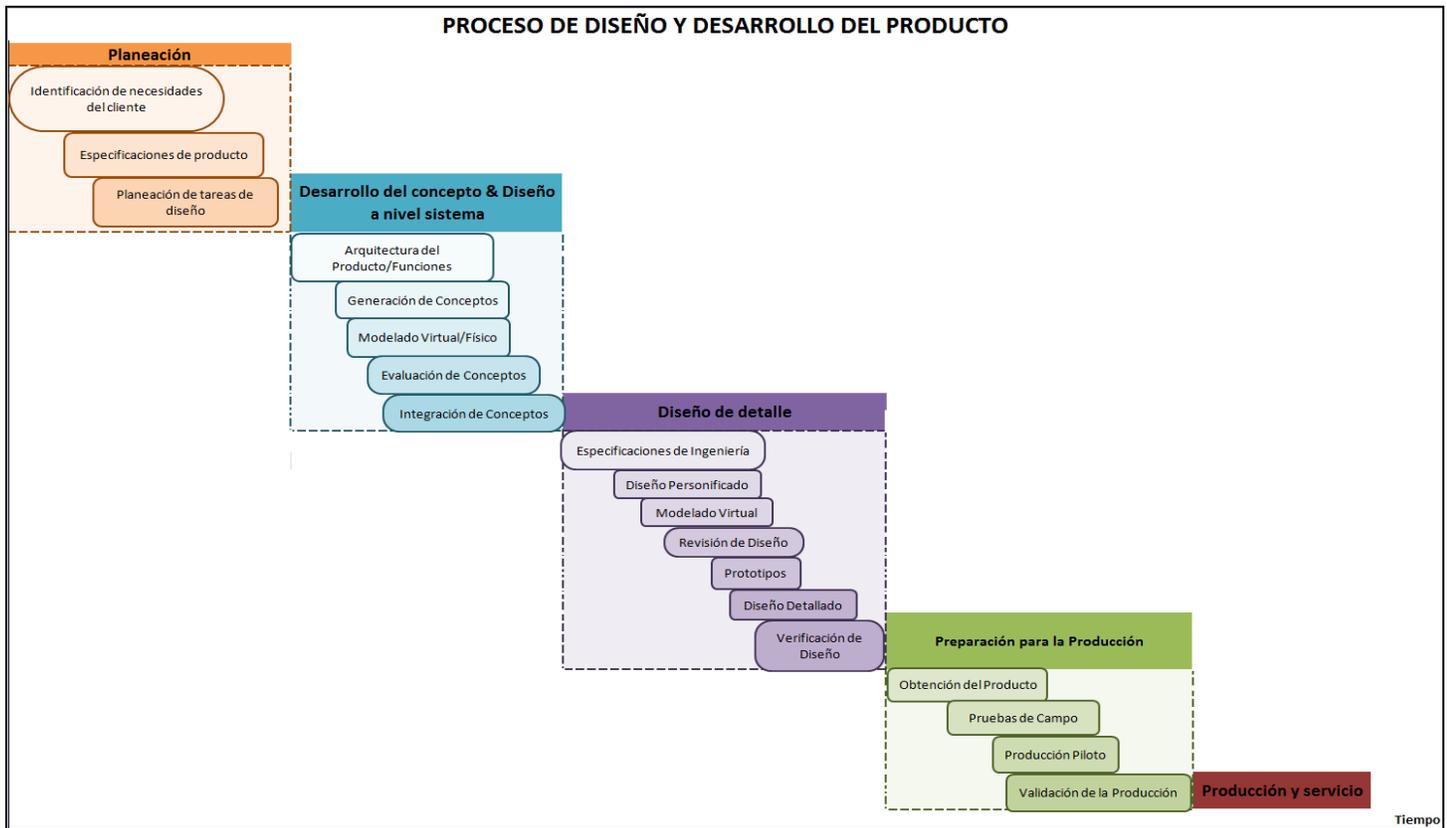


Figura 1 [Elaboración propia]. Proceso genérico del diseño y desarrollo del producto.

## 2.3 Estrategias del desarrollo del producto

“La evolución del entorno de competitividad empresarial ha forzado la búsqueda de nuevos métodos de diseño y desarrollo de productos que permitan incorporar el máximo valor al mismo, así como acortar su ciclo de diseño y desarrollo.”<sup>6</sup> Tales métodos deberán asumir como objetivo primordial la satisfacción de expectativas y deseos de los clientes, desarrollando una fuerte ventaja competitiva a través de los productos y considerando la complejidad creciente de lo ofrecido por la competencia en el mercado; para ello la empresa podrá hacer uso de la gran diversidad de estrategias adoptadas en la búsqueda de ventajas competitivas obtenidas a través del desarrollo de un producto. De forma resumida se clasifican en<sup>7</sup>:

<sup>6</sup> MATA F.-LOSILLA A. Diseño y desarrollo de componentes para automoción. Pág. 2

<sup>7</sup> AGUAYO F.-SOLTERO V. Metodología del Diseño Industrial, Un enfoque desde la Ingeniería Concurrente. Pág. 108

- a) Estrategia de Eficiencia en Costos. Esta estrategia está fundamentada en la habilidad para diseñar, producir y distribuir un producto de forma más eficiente que la competencia, en lo que a costos se refiere, lo que puede requerir instalaciones para grandes series y lograr así economías de escala, modernas tecnologías de proceso, mano de obra barata o muy productiva, o un rediseño más racional del producto o proceso.
  
- b) Estrategia de Diferenciación del Producto. Consiste en la diferenciación de los productos respecto de los de la competencia, supone tener la habilidad para suministrar al cliente un producto que éste considere como único y de mayor valor que los que ofrecen los competidores, en cuanto a calidad y beneficios, lo que requiere diseñar un producto que sea percibido por el mercado como diferente. Esta estrategia la mayoría de las veces permite vender a precios más altos que los de la competencia, lo que repercute en un mayor beneficio si los costos de producción son similares a los de la misma.
  
- c) Estrategia de reducción de tiempo del proceso de desarrollo del producto. Esta estrategia consiste en la capacidad para reducir el tiempo de diseño y desarrollo del producto, usando técnicas de gestión del PDDP y tecnologías informáticas. La estrategia engloba la posibilidad de integrar estas dos técnicas en mayor o menor grado según la estrategia corporativa; además de permitir la introducción del producto dentro del contexto definido por el término inglés *"Time to Market"*.
  
- d) Estrategia basada en recursos y capacidades. El esfuerzo por capitalizar recursos y capacidades en una organización también tiene su influencia en la consecución de las estrategias anteriores y, por tanto, de ello pueden derivarse nuevos productos o mejoras de los existentes.

En síntesis, tales estrategias de Desarrollo del Producto buscan maximizar el valor de los bienes ofrecidos al cliente, razón por la cual la empresa deberá fortalecer su cadena de valor y prestar atención especial a las actividades que en ella tienen lugar: el diseño, la producción, la comercialización, el servicio postventa, etc., pues es precisamente la forma en

que se ejecutan estas actividades, lo que crea el valor para los clientes. De ahí surge la importancia de fortalecer el Desarrollo del Producto a través de la generación de una estrategia de operaciones.

A través de la selección de prioridades competitivas, las empresas pueden formular una estrategia operativa centrada en el cliente, mediante la cual se desarrollen las capacidades y fortalezas necesarias para satisfacer la demanda del consumidor. Tal estrategia de operaciones requerirá en primera instancia la identificación de las necesidades del cliente y la evaluación de la competencia, para luego lograr la conjunción de esfuerzos de todas las áreas de la organización por traducir los requerimientos de cada segmento de mercado en ventajas competitivas, mismas que para su generación requerirán el desarrollo de un sistema de operaciones que supere el rendimiento operativo tanto de los competidores como el de la empresa misma. Dicho rendimiento operativo puede ser conseguido a través de la ejecución de múltiples prácticas operacionales, la cuales pueden traducirse en ocho prioridades competitivas posibles y agrupadas en cuatro rubros<sup>8</sup>:

<i>Costo</i>	1. Operaciones de bajo costo
<i>Calidad</i>	2. Diseño de alto rendimiento
	3. Calidad consistente
<i>Tiempo</i>	4. Entrega rápida
	5. Entrega a tiempo
	6. Velocidad de desarrollo
<i>Flexibilidad</i>	7. Personalización
	8. Flexibilidad de volumen

Dichas prioridades competitivas, podrán ser ó no incluidas individualmente en su sistema de operaciones, de acuerdo a las necesidades de la empresa. Hoy día el uso de algunas de ellas resulta más que obligado por el comportamiento y demanda del mercado de consumidores. Tal es el caso de la *Flexibilidad* encontrada tanto en la *Personalización del Producto* como en la *Flexibilidad de Volumen*, cuyo requerimiento es originado por la

---

<sup>8</sup> KRAJEWSKI L.- RITZMAN L. Administración de Operaciones: estrategia y análisis. Pág. 33

necesidad del cliente de recibir un producto diferenciado y en la medida de lo posible personalizado. A continuación se ahondará un poco más en las características de ambos tipos de flexibilidad.

### Flexibilidad en la Personalización del Producto

“La *Personalización del Producto* es la capacidad de satisfacer las necesidades peculiares de cada cliente modificando los diseños de productos o servicios. La personalización significa, típicamente, que el sistema de operaciones debe ser flexible para dar cabida a las necesidades específicas del cliente y a los cambios de diseño.”<sup>9</sup> Asimismo es de gran importancia considerar dentro del enfoque de la *personalización del producto* el valor que toma para el cliente la rapidez en el surtimiento de un producto altamente personalizado a un costo razonable. “La capacidad de atender la demanda de los clientes con un alto grado de personalización, pero con el aprovechamiento de las ventajas de la producción en masa, recibe el nombre de *personalización en masa* y ha probado ser un medio muy eficaz para ganar mercados.”<sup>10</sup>

Debido a que no todas las empresas comparten las mismas razones para la *personalización en masa*. Gilmore y Pine (1997) clasificaron en cuatro categorías las formas de personalización en masa<sup>11</sup>:

-*Personalización en cooperación*. Bajo esta estrategia, la empresa interactúa con el cliente para ayudarlo a determinar las características del producto que mejor se adapte a sus necesidades.

-*Personalización adaptable*. Ocurre cuando el cliente recibe un producto estándar, pero éste es lo suficientemente flexible como para satisfacer necesidades diferentes a partir de la situación particular de su uso.

---

<sup>9</sup> KRAJEWSKI L.- RITZMAN L. Op. Cit Pág. 35

<sup>10</sup> MUÑOZ D. Administración de operaciones: Enfoque de administración de procesos de negocios. Pág. 65

<sup>11</sup> Ibid

-*Personalización cosmética.* Es una forma muy común de personalización, bajo la cual el cliente recibe el mismo producto, sólo con una apariencia diferente que depende de su gusto.

-*Personalización transparente.* La empresa sigue esta estrategia cuando tiene el suficiente conocimiento de su cliente como para ofrecerle un producto personalizado sin que el cliente lo note.

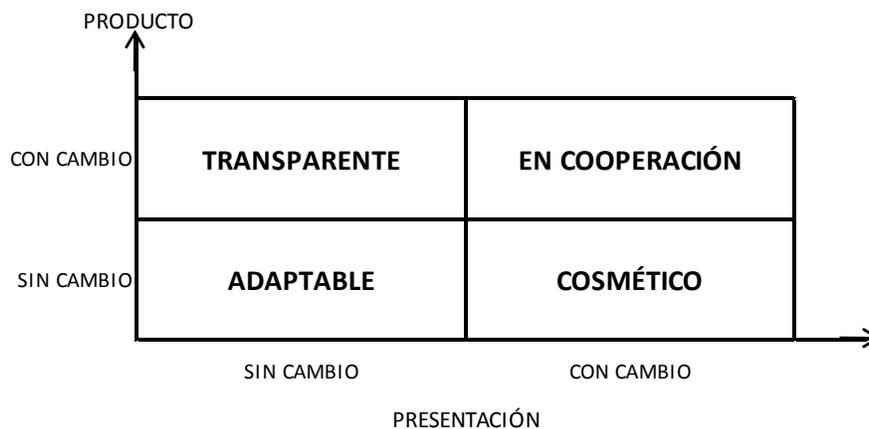


Figura 2. Dimensiones de la personalización en masa (MUÑOZ David, 2009)

### Flexibilidad de volumen

“La flexibilidad de volumen es la capacidad de acelerar o frenar rápidamente la tasa de producción para lidiar con grandes fluctuaciones de la demanda. Es una importante capacidad de operación que a menudo ofrece un respaldo para el logro de otras prioridades competitivas.”<sup>12</sup>

El desarrollo de la flexibilidad de volumen, a través de la estrategia de flujo, permitirá establecer la forma de organizar las operaciones para manejar el volumen y la variedad de productos requeridos por el mercado. Por lo general esta estrategia es empleada para producir una amplia variedad de productos o servicios de volumen bajo. Diferentes tipos de máquinas, o empleados con diferentes conjuntos de habilidades, son agrupados para hacerse cargo de todos los productos o servicios que requieren el desempeño de una función

<sup>12</sup> KRAJEWSKI L.- RITZMAN L. Op. Cit Pág. 36

específica, y diversos productos o servicios pasan de un proceso a otro. En otras palabras, el equipo y los empleados están organizados en torno a los procesos que cada uno desempeña. De acuerdo a la organización de los recursos, la estrategia de flujo flexible puede establecerse de acuerdo a tres tipos de flujo<sup>13</sup>:

*Flujo de línea:* El equipo y los empleados están organizados en torno al producto o servicio. Si los recursos son suficientemente flexibles, los productos o los clientes pueden seguir la misma secuencia de operaciones.

*Flujo intermedio:* La estrategia de flujo intermedio está a medio camino entre la estrategia de flujo por pedido y la de flujo de línea. Los volúmenes de los productos o servicios son relativamente altos y el sistema tiene que ser capaz de manejar los pedidos de varios clientes al mismo tiempo. En la manufactura, si la demanda es suficientemente previsible, se opta por fabricar algunos productos o componentes estándar antes de recibir los pedidos concretos de los clientes. El patrón general de flujo sigue siendo desordenado, pero surgen ciertas rutas dominantes. En algunas partes de la instalación, se pueden dedicar recursos a un producto o a un grupo de partes similares, aprovechando así las ventajas de un flujo de línea.

*Flujo por pedido:* Es un enfoque para elaborar productos que incluyen muchas opciones, a partir de relativamente pocos ensamblajes y componentes, después de haber recibido los pedidos de los clientes. La estrategia de flujo intermedio es apropiada para esta situación porque los componentes y ensamblajes de alto volumen pueden producirse con una estrategia de flujo de línea, en tanto que los componentes y ensamblajes de bajo volumen pueden producirse con una estrategia de flujo flexible. La estrategia de ensamble por pedido satisface, por lo general, dos prioridades competitivas, la personalización y la entrega rápida. Además de permitir mantener el inventario de las piezas de ensamble y componentes hasta que se recibe el pedido de un cliente, para entonces realizar el ensamble del producto específico requerido por dicho cliente utilizando los componentes y ensamblajes apropiados.

---

<sup>13</sup> KRAJEWSKI L.- RITZMAN L. Op. Cit Pág. 39

Los consumidores demandan una mayor variedad de productos que satisfagan sus necesidades de forma más individualizada, además de productos con un mayor valor que el de los competidores, en forma de funciones o atributos distintos (diferenciación). Para ello las empresas deberán obtener la máxima flexibilidad en sus líneas productivas y de servicio, además de ofrecer un producto en el menor tiempo posible con la calidad adecuada y al menor costo.

Generar la cadena de valor alrededor de procesos flexibles implica la integración de las actividades involucradas alrededor del producto, de tal modo que se logre la participación interdepartamental, en el diseño y desarrollo de productos, considerando la interacción de las áreas involucradas con el diseño y la fabricación. De esta manera resulta claro que si se vincula el diseño de productos con la actividad de producción desde las primeras etapas del proceso de diseño y desarrollo del producto, los productos serán más fáciles de fabricar y el costo final del producto se verá reducido.

## 2.4 Conclusiones del capítulo

Por las características del entorno empresarial actual, la mayor consecución de ventajas competitivas se podrá establecer mediante la puesta en el mercado de productos personalizados de calidad a bajo costo que satisfagan las necesidades el cliente en el momento adecuado. Es por ello que las empresas deberán poner especial atención al proceso de diseño y desarrollo del producto, pues es a través de éste que los requerimientos el cliente se traducen en atributos y especificaciones del producto. Además de ser el medio para la planeación de sistemas productivos eficientes y flexibles.

A lo largo de este capítulo se buscó reforzar la importancia que toma el diseño y desarrollo del producto dentro de la estrategia competitiva de la empresa, misma que puede ser transferida al fortalecimiento de una estrategia operativa enfocada a la personalización del producto en sincronía con un flujo de producción flexible. De igual forma fueron presentados los tipos de personalización que de acuerdo al tipo de producto y el conocimiento que se tenga sobre las características y necesidades el cliente, una empresa puede ofrecer.

Por puntualizar en el caso de la Fábrica de Autobuses, de acuerdo a sus características de operación, se puede concluir que hoy día su estrategia de operaciones se encuentra predominantemente dirigida hacia la flexibilidad del proceso de manufactura basada en el ofrecimiento de una personalización la mayoría de las veces del tipo *en cooperación* para los elementos de carrocería, y *transparente* para los componentes del chasis.

De igual modo es necesario enfatizar la gran importancia que toma que las cinco fases establecidas para el proceso genérico de diseño y desarrollo del producto converjan en la consecución de los objetivos estratégicos de la empresa, además de aportar un producto que permita al sistema productivo trabajar bajo un conjunto de estrategias operativas que maximicen utilidades y permitan la diversificación de productos.

## Capítulo 3. El proceso de diseño y desarrollo del producto en la fábrica de autobuses

En el presente capítulo se describe el proceso de diseño y desarrollo del producto seguido en la fábrica de autobuses, además de exponerse la forma en la que las modificaciones al producto derivadas de este proceso son introducidas a la línea productiva a través del Proceso de Implementación de Cambios de Ingeniería *PICI*.

La *fábrica de autobuses* es una unidad de negocios perteneciente a un corporativo multinacional. Dentro de la gama de productos fabricados se encuentran los autobuses foráneos de corta y larga distancia, y autobuses urbanos; ofrecidos a través de tres modelos y 7 sub-modelos como se muestra en la figura 3.

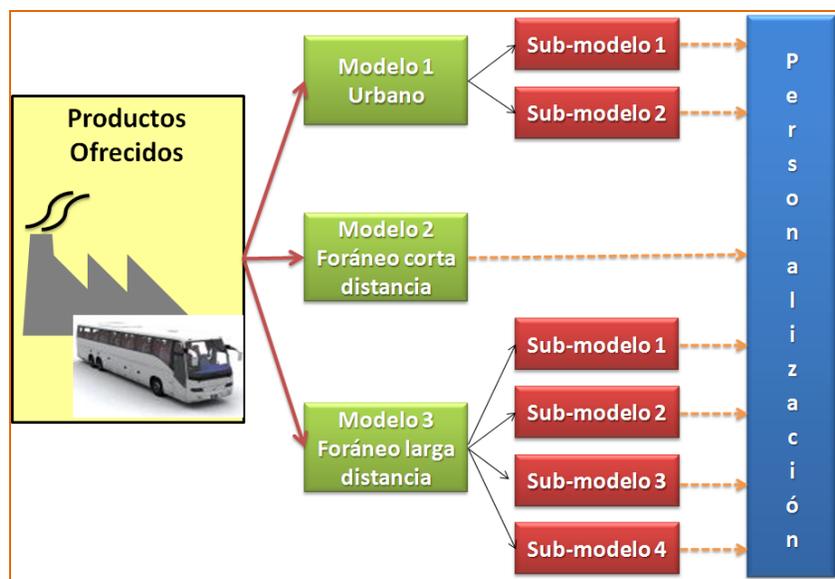


Figura 3 [Elaboración propia]. Gama de productos ofrecidos por la fábrica de autobuses.

Como estrategia de negocios la *fábrica de autobuses* ofrece a sus clientes la posibilidad de personalizar las unidades con configuraciones especiales, ya sea con las configuraciones establecidas en el conjunto de variantes denominadas como Adaptaciones al Cliente o bien con configuraciones nuevas que serán evaluadas por la empresa para determinar su factibilidad de fabricación.

A continuación se describirá el Proceso de Diseño y Desarrollo del Producto ejecutado en la fábrica de autobuses y bajo el cual se desarrollan nuevos productos ó bien se modifican los ya existentes.

### 3.1 Proceso de Desarrollo Global PDG

El desarrollo efectivo de productos y plazos de entrega cortos son esenciales para asegurar la satisfacción del cliente y la competitividad en el mercado, es por ello que la empresa productora de autobuses ha estructurado un **Proceso de Desarrollo Global (PDG)**, a través del cual se deben desarrollar las actividades que deben ser consideradas desde el momento en el que se tiene la idea de modificar algún producto o bien de desarrollar uno nuevo; considerando su desarrollo, la industrialización y la entrega al cliente.

Como punto de partida para el PDG se encuentra la decisión de modificación al producto. Dado que el número de solicitudes emitidas para la modificación de un producto es mayor a la cantidad de recursos disponibles para ello, en la empresa productora de autobuses se realiza una estimación del valor de *importancia de las solicitudes (VI)* con la cual los recursos requeridos para la modificación son asignados de acuerdo a una priorización sistemática; para la realización de esta es necesario que el ó bien las áreas que solicitan la modificación, realicen una *solicitud de modificación del producto (SMP)*. Dicha SMP sigue el proceso descrito en el siguiente diagrama:

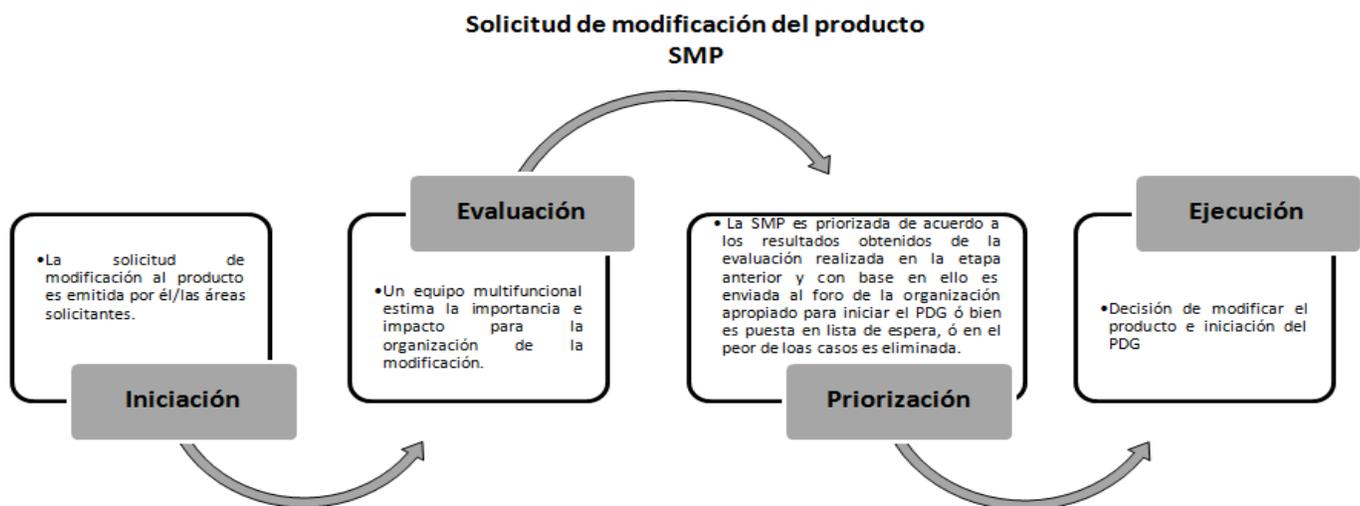


Figura 4[Elaboración propia]. Diagrama de flujo básico para la solicitud de modificación del producto SMP.

Como se muestra en el diagrama anterior, si la SMP es aprobada el producto es modificado a través del desarrollo de un proyecto en el marco del PDG.

El *PDG* se compone de fases con filtros conectados a puntos de decisión, donde la administración de proyectos confirma que los objetivos del proyecto se cumplen. El Comité Directivo del proyecto, entonces, decide si el proyecto continúa o se abandona. Las fases del *PDG* se desarrollan entre los puntos de decisión del Producto y son descritas a continuación:

- **Pre estudio.** Definición del alcance del proyecto mediante el establecimiento de los requisitos previos del proyecto, los requisitos de desarrollo y los conceptos alternativos de solución.
- **Estudio de concepto.** Análisis de conceptos alternativos y selección de uno para su desarrollo, en esta fase se documenta y firma la descripción del Proyecto.
- **Desarrollo detallado.** Definición y aprobación de las soluciones que deben aplicarse y los compromisos de entrega del proyecto de todas las áreas involucradas, en esta fase se formaliza la descripción del Proyecto.
- **Desarrollo final.** Construcción, verificación, validación, y refinamiento del producto desarrollado. Además del refinamiento de las soluciones de manufactura.
- **Industrialización y comercialización.** Instalación, preparación y verificación del sistema industrial. Lanzamiento del producto y sus refacciones, además de la aprobación para la comercialización del producto.
- **Seguimiento.** Entrega del producto al personal de la línea productiva, seguimiento al cumplimiento de los objetivos del proyecto, resumen de las experiencias del proyecto y cierre del mismo.



Figura 5 [Elaboración propia]. Esquema de las fases que conforman el PDG en la empresa productora de autobuses. En él se muestra la secuencia de filtros realizados al proyecto y los puntos de decisión ejecutados durante el proceso de desarrollo.

### 3.2 Desarrollo de partes componentes del producto

Las partes componentes del autobús incluyen piezas de manufactura interna, piezas estándar compradas a proveedores y piezas personalizadas hechas por terceros de acuerdo con el diseño de la empresa productora de autobuses. Es por ello que desde etapas tempranas del PDG el desarrollo de partes es considerado como una actividad medular pues además de poseer una complejidad elevada por la cantidad de partes involucradas, tiene la consigna de asegurar que los componentes a estructurarse en el producto en desarrollo ofrezcan la calidad y funcionalidad requeridas, además de garantizar que el proceso de producción tenga la capacidad adecuada de mantener dichos requisitos en la manufactura continúa al nivel de entregas solicitado.

Dentro del PDG existe un subproceso para el desarrollo de partes componentes. En él se busca consolidar el ciclo de vida de una parte a través de una madurez gradual de la misma. A continuación se ilustra el ciclo de vida mencionado.

Ciclo de Vida de una Parte Componente

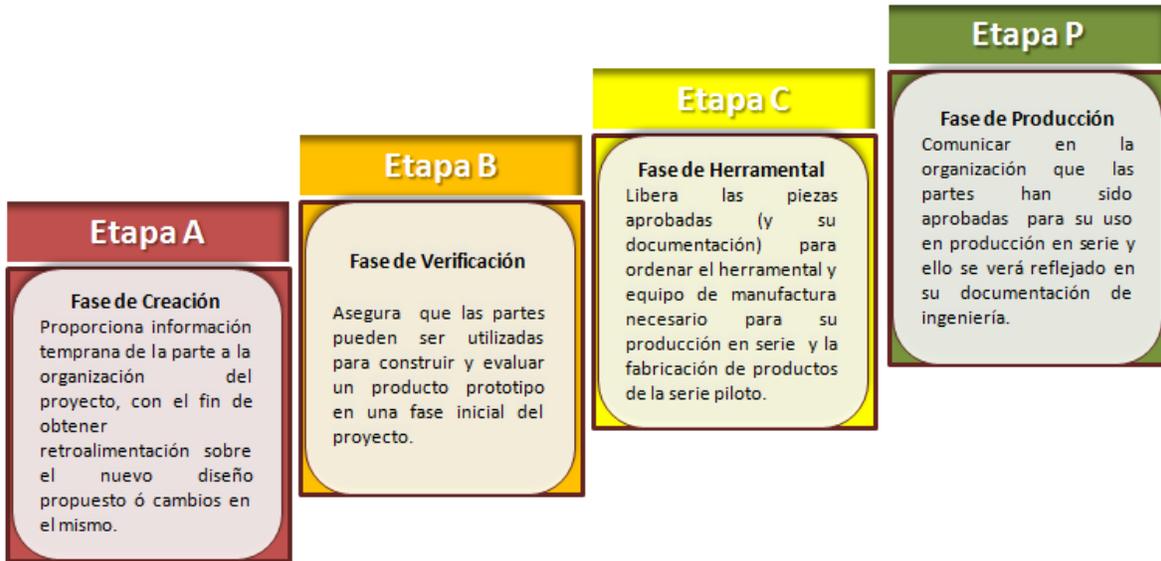


Figura 6[Elaboración propia]. Etapas del ciclo de vida en PDG de partes componentes del autobús.

Proceso de Desarrollo Global y Partes Componentes

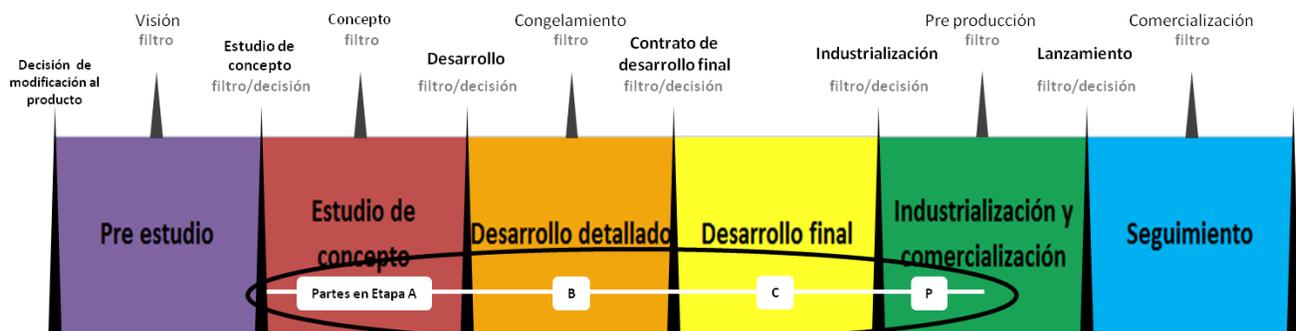


Figura 7[Elaboración propia]. Desarrollo de partes componentes del autobús en el PGD.

3.3 Construcción de *prototipos*

Con la finalidad de desarrollar rápidamente un producto exitoso y confiable, en la empresa productora de autobuses desde la fase de Estudio de Concepto del PGD se inicia la construcción de prototipos; a la par que estos son construidos, es liberada información de diversa índole como se muestra en la siguiente tabla:

Información obtenida del PGD para la construcción de <u>prototipos</u>	
<b>Modelos digitales a escala del <u>Concepto</u> (MDE)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Partes en etapa A (creación)</li> </ul>
<b>Modelos digitales a escala de la Estructura Desarrollada (MDE)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisión de <i>NCDs</i> Tipo E</li> <li>• Información clasificada por número de proyecto</li> <li>• Partes en etapa B (verificación)</li> <li>• Solicitud de cotizaciones de partes componentes</li> <li>• Identificación de componentes clave (iniciación de <u>APQP</u>)</li> <li>• Definición del proceso de ensamble</li> </ul>
Información obtenida del PGD para la construcción de <u>prototipos</u>	
<b>Unidad Prototipo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisión de <i>NCDs</i> Tipo D y Tipo K</li> <li>• Partes en etapa C (herramientales)</li> <li>• Solicitud de órdenes para herramientas</li> <li>• Preparación del sistema industrial</li> <li>• Generación de la lista de materiales por el sistema</li> <li>• Creación de hojas de proceso, definición del flujo productivo</li> <li>• Construcción del vehículo con herramental personalizado</li> <li>• Problemas de diseño resultantes reportados a Ingeniería del producto a través de un <u>reporte Protus</u>.</li> </ul>
<b>Unidad Método/ Unidades de Preproducción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisión de <i>NCDs</i> Tipo D y Tipo K</li> <li>• Partes en etapa P (producción)</li> <li>• Requisición de nuevas partes</li> <li>• Realización del <u>PPAP</u></li> <li>• Logística asumirá la responsabilidad del suministro del material</li> <li>• Capacitación del personal de línea productiva</li> <li>• Producción de un lote de vehículos modificados</li> </ul>

<b>Producción en Serie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción masiva de vehículos modificados</li> <li>• Aprobación del <i>PPAP</i></li> <li>• Seguimiento por los responsables del proyecto de los vehículos producidos hasta el término del período de aprendizaje</li> </ul>
----------------------------	---

Figura 8 [Elaboración propia] Descripción de la información obtenida del PDG para la construcción de prototipos.

Como es posible observar en la tabla anterior, desde la segunda fase del PGD son emitidas Notificaciones de Cambios en Diseño *NCDs*, en el siguiente apartado se ahondará en el tema. En la figura 9 se muestra esquemáticamente el progreso en la construcción de *prototipos* de acuerdo a la etapa del PDG.

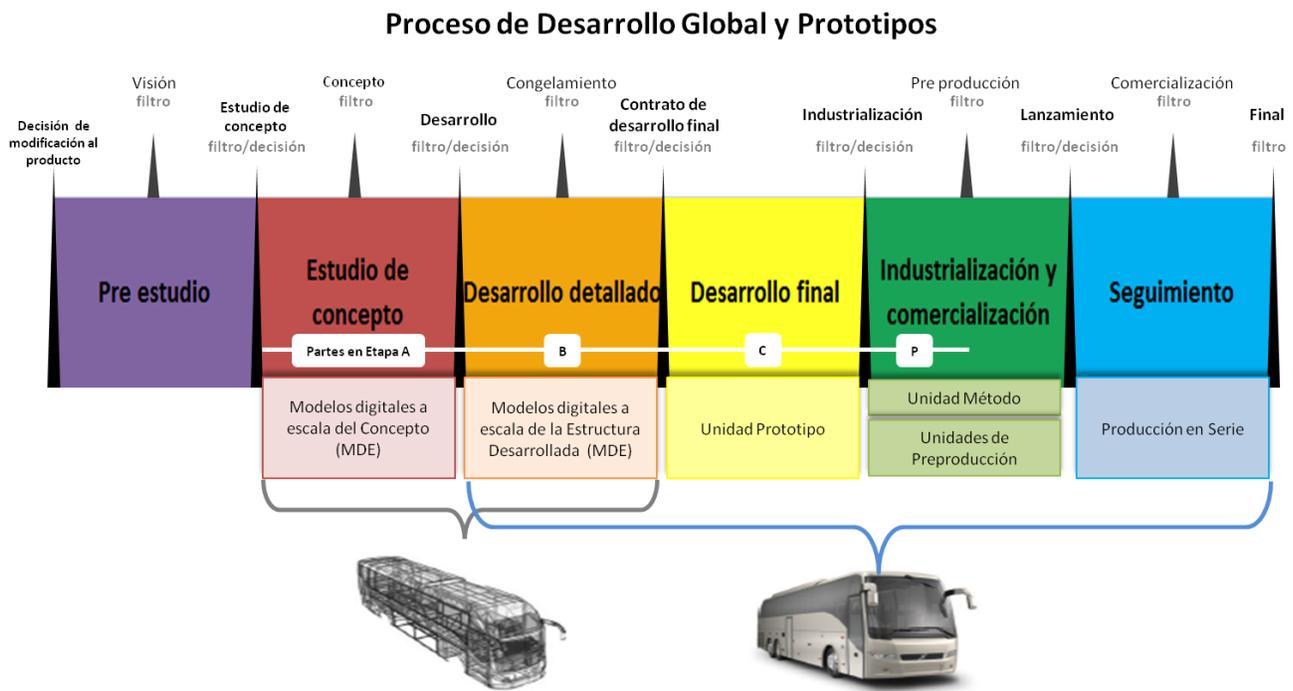


Figura 9 [Elaboración propia]. Progreso en la construcción de prototipos de acuerdo a la etapa del PDG.

### 3.4 Notificación de Cambio en Diseño *NCD*

Dentro de la empresa productora de autobuses todas las actividades correspondientes al Desarrollo del Producto, estructuran su información a través de las Notificaciones de Cambio de Diseño. Una Notificación de Cambio en Diseño (*NCD*) es el documento oficial que emite el área de *Ingeniería de Desarrollo del Producto* para notificar los cambios de diseño a

realizarse en las unidades automotoras. De acuerdo al tipo de modificación que contienen, las *NCD* se catalogan en dos categorías, cómo se muestra en la Figura 10.

<b>Clasificación de <i>NCDs</i> de acuerdo al tipo de modificación contenido</b>		
<b>Administrativas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>NCD</i> Tipo “E”</li> <li>-Partes en Etapa A/B</li> </ul>	Información concerniente a la liberación de proyectos. Partes, documentos, ensambles, modelos digitales.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>NCD</i> Tipo “D”</li> <li>-Partes en Etapa C/P</li> </ul>	Liberación de dibujos, partes, ensambles y modelos digitales a <b>Nivel D (Detalle)</b> .
<b>Estructura del Producto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>NCD</i> Tipo “K” (Estructura del Producto)</li> <li>-Partes en Etapa C/P</li> </ul>	Liberación a <b>Nivel Estructura (Variante)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrección de <i>NCD</i> Tipo “K”</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autorización Técnica “K”</li> </ul>	

*Figura 10[Elaboración propia]. Clasificación *NCD* por tipo de modificación contenido.*

Como se puede apreciar en la Figura 10 existen tres tipos de *NCDs*, de acuerdo al tipo de Información que liberan. Las *NCDs* Tipo E liberan información relativa a partes, documentos, ensambles, y modelos digitales en etapas tempranas de desarrollo. Mientras que las *NCDs* Tipo D liberan dibujos, partes, ensambles y modelos digitales a Nivel D (Detalle); por Nivel D se identifican aquellos componentes que en la *base de datos electrónica de desarrollo del producto (BDP)* no se encuentran directamente asociadas a la *configuración de variantes* del autobús. Y las *NCDs* Tipo K liberan partes y ensambles a Nivel Estructura (Estructura), es decir componentes que en el ***BDP*** se encuentran directamente ligados a la *configuración de variantes* del autobús. Asimismo los *NCDs* se pueden catalogar de acuerdo al objetivo de su emisión, como se muestra en la Figura 11.

<b>Clasificación de NCDs de acuerdo al objetivo de su emisión</b>	
Adaptaciones al Cliente	Emisión de información para asociar solicitudes del cliente a <i>variantes</i> en base de datos electrónica de desarrollo del producto (BDP).
Administrativas	Cancelación, alta, estructuración de códigos y dibujos, eliminación de códigos duplicados, actualización de dibujos, actualizaciones de consumos
Calidad	Actualización de información por aspectos de afectación en la calidad de la unidad (cancelación, alta, estructuración de códigos y dibujos)
Mantenimiento	Correcciones inmediatas a problemas de consumo, dibujos y faltantes. Actualización de dibujos internos y de proveedor, Reestructuración de materiales a grupos funcionales y <i>variantes</i> adecuadas, Actualización de revisiones de partes
Modificación del Producto	Actualización para proyectos (cancelación, alta, estructuración de códigos y dibujos)
Protus	Actualización por problemas de manufactura y ensamble presentes en línea de producción (cancelación, alta, estructuración de códigos y dibujos, actualización de consumos)
Iniciación de Proyecto	Emisión de información asociada a proyectos en etapa temprana

Figura 11 [Elaboración propia]. Clasificación NCD de acuerdo al objetivo de su emisión.

### **3.5 Proceso de Implementación de Cambios de Ingeniería PICI**

El proceso de Implementación de Cambios de Ingeniería tiene como propósito principal asegurar que las NCD emitidas por el área de Ingeniería del Producto sean introducidas a producción garantizando los materiales, tiempo óptimo y costos, mediante la preparación de las condiciones de manufactura y la actualización de la información técnica para cumplir con los requisitos del diseño durante la producción.

#### **1 Liberación de la NCD vía base de datos electrónica**

El proceso de Implementación de Cambios de Ingeniería inicia cuando el área de Ingeniería de Desarrollo del Producto efectúa las modificaciones al diseño del autobús a través de la emisión de una Notificación de Cambio en Diseño en la base de datos electrónica de

desarrollo del producto (BDP), esta última informa automáticamente vía correo electrónico a las Áreas involucradas la aprobación de la NCD.

## **2 Análisis y preparación de la NCD**

El área de Preparación para la Producción analiza la información de la NCD, conoce el cambio a introducirse y determina su impacto, identifica las Nuevas Partes (NPs) liberadas, los Códigos de Parte Cancelados (CC), y su relación con otros NCDs. Además de capturar el estatus para las nuevas partes en el Sistema de Manufactura Integral (SMI) e informar en el Comité de NCDs los requerimientos para la introducción de los cambios de diseño.

## **3 Revisión de NCD en Comité**

El Comité de NCDs es un foro, cuyo objetivo principal es retroalimentar el estatus de cada DCN por área involucrada en el proceso. Las áreas que lo integran son: Ingeniería de Desarrollo del Producto, Preparación para la Producción, Ingeniería Industrial, Ingeniería de Procesos, Compras, Planeación de Materiales, Control de Piso y Control de la Producción. El Comité de NCDs decide de acuerdo al contenido del NCD si la implementación del mismo puede ser inmediata o si debe ser procesado por el Comité de NCDs. En el caso de implementación inmediata, el ingeniero de Preparación para la Producción responsable, asigna fecha de implementación en el Sistema de Manufactura Integral. Asimismo notifica vía correo electrónico la fecha de implementación al Comité de NCDs y a las áreas involucradas. Caso contrario, la fecha de implementación del NCD se determina como a continuación se describe:

## **4 Liberación de la NCD por Ingeniería Industrial e Ingeniería Procesos**

Una vez recibido el análisis de implementación del DCN por Preparación para la Producción, el Ingeniero de Industrial realiza el alta de la NCD en el Sistema de Manufactura Integral y define la Línea de Producto de las NPs, es decir define si las partes serán de manufactura interna o bien de compra a proveedor. Si define a las NPs como manufactura interna, realiza el desarrollo de materia prima, asigna el consumo y ruta de fabricación, mientras que si las NPs son definidas como de compra, solo asigna los parámetros correspondientes.

Posterior a ello da de alta los dibujos de referencia y realiza los cambios de revisión de nuevas parte y dibujos el SMI, y continúa con la complementación de estructura. Al finalizar entrega información a Ingeniería de Procesos, y a Producción la información técnica generada, en caso de ser necesario.

El Ingeniero de procesos analiza la información del NCD para establecer la viabilidad del ensamble, define la estación donde se ensamblarán los números de parte afectados, si se modifica la guía de proceso, diagrama de precedencia y el lay out si es necesario. Asimismo solicita la creación o compra de herramientas si el ensamble lo requiere.

Si el contenido del NCD comprende el desarrollo de NPs y/o notificación de cambios de revisión de material de compra a proveedor, este continúa su proceso de implementación como se detalla en el punto 6, de lo contrario sigue el transcurso descrito en el punto 8.

#### **6 Desarrollo de NPs y notificación de cambios de revisión de material de compra a proveedor**

Una vez definida la línea de producto de las NPs por parte de Ingeniería Industrial, Preparación para la Producción introduce los códigos de parte que requieren desarrollo con proveedor en el Sistema Electrónico Global de Compra SEGC. Seguido de ello el Coordinador de Compras analiza los materiales que serán desarrollados por compras y verifica si el material solicitado en el NCD ha sido comprado antes, para finalmente asignar un comprador responsable del desarrollo de partes relacionadas al NCD. El Comprador desarrolla el material nuevo con el proveedor adecuado y solicita el tiempo de arribo del material (inicio de entregas en serie a planta) y la cotización.

Si el contenido del NCD, presenta partes que cambian de revisión, el Coordinador de Compras informa al proveedor; del cambio de revisión de los materiales y solicita el estatus de los materiales en proceso y fabricados del proveedor, para posteriormente informar a Planeación de Materiales los tiempos de entrega del proveedor.

#### **7 Tiempo de arribo para NPs y/o cambios de revisión de material de compra e Inventarios de CCs.**

El Área de Planeación de Materiales notifica acerca del tiempo de entrega y fecha de arribo de las NPs, informa el estatus de las partes canceladas a obsoletar, la cantidad de material

en almacenes de planta, material solicitado que se encuentre en almacenes del proveedor y material solicitado que se encuentre en tránsito.

En el caso de cambios de revisión de las partes de compra, el Planeador de Materiales informa la fecha de arribo del material con las especificaciones señaladas en la última revisión emitida por Ingeniería de Desarrollo del Producto, posterior a la notificación emitida al proveedor por parte del Departamento de Compras.

### **8 Liberación y mantenimiento de órdenes de trabajo**

El analista de Planeación y Control de la Producción libera las órdenes de trabajo de acuerdo al programa de producción.

### **9 Verificación del material de Manufactura Interna**

El controlador de piso informa al área de Preparación para la Producción, en el Comité de NCDs, las existencias y cantidad de materiales en órdenes de trabajo en proceso, para todos los materiales definidos como Manufactura Interna que sufren cambios o se cancelan por un NCD.

### **10 Fecha de implementación en el Sistema de Manufactura Integral**

Una vez que se cuente con la retroalimentación necesaria por parte de los diferentes departamentos que forman al Comité, Preparación para la Producción define fecha de implementación en el SMI.

### **11 Definición de efectividad**

Si se cuenta con unidades programadas en producción que contengan la combinación de variantes para la cual aplica el cambio, se define el número económico del primer autobús donde son aplicables los cambios emitidos en el NCD.

### **12 Validación de la implementación del NCD**

Los Ingenieros de Procesos e Industrial validan la introducción del cambio en la unidad punto de quiebre y en caso de no cumplimiento a la implementación, notifica al área responsable para la solución del problema mediante un plan de acciones correctivas.

En la Figura 12 se muestra el flujograma del Proceso de Implementación de Cambios de Ingeniería establecido en la fábrica de autobuses.

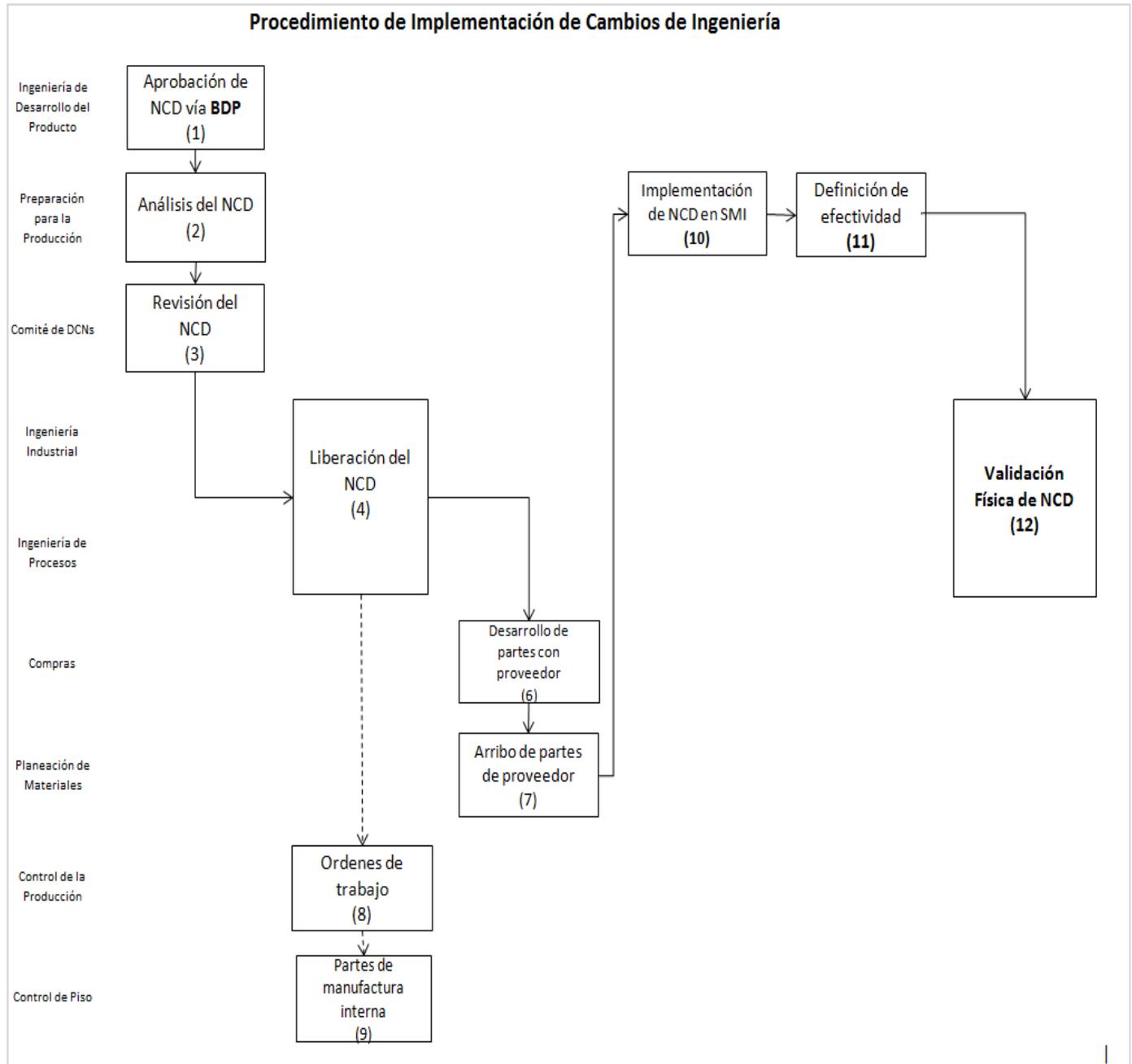


Figura 12 [Elaboración propia]. Flujograma del PICI.

### **3.6 Conclusiones del capítulo**

Como se describió en este capítulo la empresa productora de autobuses ofrece como estrategia competitiva la personalización del producto. Dicha personalización es ofrecida mediante dos modalidades, la personalización en cooperación y la personalización cosmética. En la primera, la empresa busca junto con el cliente las configuraciones del autobús que mejor se adapten a sus necesidades, por ejemplo de operación, rendimiento, capacidad de carga y consumo de combustible. Mientras que en la segunda se deja al cliente la decisión de establecer las configuraciones de apariencia de su producto, por ejemplo la pintura de la carrocería, los acabados interiores, el color y la disposición de los asientos, etc.

El Proceso de Desarrollo Global del producto PDG presenta una relación simbiótica con el proceso de Implementación de Cambios de Ingeniería PICI, pues a través de este último se debe garantizar que las modificaciones al producto o bien los nuevos productos concebidos en el PDG sea introducidos a producción en el tiempo adecuado, a un costo óptimo y con la calidad requerida. De ahí surge la importancia de evaluar el desempeño del PICI, pues en la medida de éste se podrán establecer las directrices de mejora para que la empresa productora de autobuses introduzca a la línea productiva sus productos enfocados en el cliente, optimizando recursos y con plazos de ejecución cortos.

Cabe agregar la importancia que toma el desarrollo de partes y la construcción de prototipos en el lanzamiento de productos exitosos, pues además de garantizarse que el proceso de producción podrá sostener los requisitos de manufactura al volumen de entregas solicitado, se puede tener un acercamiento con las dificultades de abastecimiento de componentes, las causas y consecuencias de fallas potenciales del producto, y en el caso de los prototipos la reacción del mercado ante el producto.

## Capítulo 4. El diagnóstico como método para identificar, resolver y controlar problemas.

La productividad de las empresas se encuentra íntimamente ligada a la capacidad de éstas para erradicar el desperdicio de recursos, la duplicidad de funciones, los retrabajos y en general todas aquellas condiciones que impiden que la producción de bienes y servicios se dé bajo las mejores prácticas, en el mejor de los tiempos y con el menor de los costos. Para ello es necesario que las organizaciones tengan bien identificados aquellas situaciones y factores cuya aparición implique la aparición de problemas para ésta.

Indudablemente, la identificación de los agentes problema para la empresa se da a través de la realización de un diagnóstico organizacional, el cual puede ser definido como un proceso de análisis estructurado con la finalidad de medir el desempeño de una entidad productiva. Cada organización tiene requerimientos distintos de diagnóstico debido a que cada problema depende de diferentes variables que varían de acuerdo al tipo, tamaño y funciones de cada organización, por esta razón se han diferenciado tres tipos o módulos de diagnóstico que serán aplicados de acuerdo a los requerimientos de cada empresa, estos son<sup>14</sup>:

- a) Diagnóstico General. Se determina en forma macro los puntos débiles del aparato financiero de la organización y de los procesos operativos que requieren una inmediata atención.
- b) Diagnóstico Específico (también denominado Diagnóstico Operativo). Basándose en la comparación de indicadores se puede evidenciar la situación productiva de la empresa y determinar de forma rápida y efectiva una planeación adecuada para alcanzar los estándares de producción que benefician a la organización.
- c) Diagnóstico Estratégico. Busca determinar la situación en la que se encuentran aquellos factores identificados por la empresa, como claves para el cumplimiento de su estrategia corporativa. En él se fijan las soluciones integrales definitivas para establecer el plan estratégico y operar con alta productividad.

---

<sup>14</sup> VALDEZ S.- AMARO O. DIAGNÓSTICO EMPRESARIAL. Método para identificar, resolver y controlar problemas en las empresas. Editorial Trillas. México 1998 (reimp. 2005). Pág. 7

Por su relación directa con la medición de la productividad el tipo de diagnóstico que mejor se adecua al análisis de procesos, es el diagnóstico operativo. A través de este método de diagnóstico es posible generar un análisis que permita determinar las fortalezas y debilidades de un proceso, identificando las causas y efectos que generan sus limitaciones, para estar en posibilidades de realizar las acciones necesarias para su solución. Asimismo la formulación de un diagnóstico permitirá la evaluación y en caso de requerirse, la redefinición de los indicadores de desempeño del proceso, además de proporcionar datos para estructurar un programa emergente, en tanto no se instaure los cambios estructurales en los sistemas y procesos de la organización.

De igual forma resulta necesario clarificar el tipo de proceso a diagnosticar, pues las características de éste direccionarán el curso que debe seguir su diagnóstico. De acuerdo a su repercusión en la calidad del producto los procesos de la organización se dividen en:<sup>15</sup>

- a) *Procesos operativos (manufactura de productos así como prestación de servicios).* Estos procesos suelen tener una repercusión directa para la calidad del producto o servicio e interactúan en la mejora continua de la productividad.
- b) *Procesos empresariales ó de gestión.* Estos procesos si bien no influyen en la calidad del producto o servicio, tienen un enorme potencial de mejora de productividad ya que en el pasado han sido objeto de menor atención directiva. Dentro de esta categoría, los procesos de información pudieran tener especial relevancia.

### 4.1 Diagnóstico operativo

El diagnóstico operativo puede ser concebido “como las actividades de medición de la efectividad, en razón de su evaluación y resultados de satisfacción con el valor agregado al cliente o usuario en sus productos y/o servicios de la organización, siendo el resultado de la red interdependiente de los procesos en la comprensión, predicción y control del comportamiento en la organización, bajo la visión holística, como un sistema que interactúa los subsistemas teleológico, organizacional, social y de personal, jurídico y funcional o estratégico, todos interrelacionados entre sí. La unidad de medida es la cantidad definida

---

<sup>15</sup> MARTÍNEZ V. Op. Cit. Pág.150

que permite la evaluación cuantitativa, es sensor o dispositivo de detección, como también regulador; su función es reconocer la información que convierte en un medio para medir el comportamiento real reflejado en lo cualitativo y cuantitativo y, por último, la capacidad de mejora se manifiesta en los mecanismos para ajustar el proceso, con el fin de que correspondan a los objetivos para evaluar la calidad del producto o servicio. El proceso puede auxiliarse con los elementos de análisis siguientes:

- La estadística analiza la transformación o cambio real del producto o servicio del proceso manifestado en su variación causal.
- Lo económico se manifiesta en la prioridad, en razón del costo y su impacto institucional económico,
- Las tendencias auxilian bajo la prospectiva a predecir acontecimientos futuros<sup>16</sup>.

### 4.2 Metodología para la realización del diagnóstico operativo

De manera general la obtención de un diagnóstico operativo se realiza a través de la siguiente metodología<sup>17</sup>:

1. Selección del proceso prioritario, que en múltiples ocasiones coincide con ser un proceso estratégico, para su análisis por los directivos de la empresa.
2. Se capacita al personal de la empresa respecto al diagnóstico operativo.
3. Se estructura un grupo de trabajo para elaborar el diagnóstico, integrado por los responsables de operar los procesos y sistemas que requieren los cambios.
4. Se opera el método de diagnóstico utilizando las herramientas necesarias de acuerdo con la información con que cuenta la empresa.
5. Se seleccionan y se aplican los indicadores necesarios para elaborar el diagnóstico específico, así como para medir los resultados y compararlos con lo buscado.
6. Se elabora y se presenta en forma permanente ante los directivos el reporte periódico de evaluación de los resultados de la empresa para tomar decisiones, controlar sus avances y cumplir con los programas establecidos.

---

<sup>16</sup> MARTÍNEZ V. DIAGNÓSTICO ADMINISTRATIVO: Procedimientos, procesos, reingeniería y benchmarking. Editorial Trillas. México 2002. Pág.150

<sup>17</sup> VALDEZ. Op. Cit. Pág. 8

7. Se evalúan los avances de los cambios de acuerdo con los estándares establecidos para retroalimentar el diagnóstico.

“Para realizar este diagnóstico, existen diversas herramientas que facilitan su determinación; no es necesario el empleo de todas ellas, dos o tres pueden ser suficientes y serán seleccionadas en forma congruente de acuerdo con las necesidades de cada organismo. Por tal motivo, a continuación se mencionan algunas de ellas, cuyo objetivo principal es ayudar a analizar y ponderar los problemas que están impidiendo actuar con calidad y productividad y, a la vez, servir de base para ubicar y ponderar los puntos débiles o procesos que están afectando la buena marcha de la empresa o negocio. Las herramientas básicas que se consideran fundamentales en la determinación del diagnóstico operativo son:

1. Diagramas de flujo.
2. Lluvia de ideas.
3. Diagrama de causa-efecto.
4. Gráfica de Pareto.
5. Estratificación.
6. Histograma.
7. Diagrama de hueco, frecuencias y dispersión.
8. Gráfica de control.
9. Hoja de verificación.”<sup>18</sup>

### 4.3 Conclusiones del capítulo

A través de la realización de un diagnóstico a los procesos estratégicos de la organización es posible definir los factores clave que en gran medida direccionan los resultados no sólo de estos procesos, sino que también de la empresa misma. De ahí radica la importancia de

---

<sup>18</sup> VALDEZ S.- AMARO O. DIAGNÓSTICO EMPRESARIAL. Método para identificar, resolver y controlar problemas en las empresas. Editorial Trillas. México 1998 (reimp. 2005). Pág. 53.

conocer la situación actual de ésta mediante el conocimiento del desempeño de sus procesos y las desviaciones presentadas en ellos, pues es mediante este análisis que se da la transición de un estado de incertidumbre a otro de conocimiento pleno que permitirá la correcta dirección de actividades y alineación de objetivos.

Como principales ventajas derivadas de la formulación de un diagnóstico se encuentran el conocimiento en corto tiempo de la situación actual de la empresa, lo cual da pauta a la rápida identificación los procesos por donde hay que empezar a trabajar con urgencia y conseguir una mejora inmediata. Asimismo permite evaluar en qué medida los procesos ejecutados se encuentran alineados a la estrategia corporativa y el nivel con el que es requerida una reestructuración de estos para el cumplimiento de los objetivos globales de la organización.

En el siguiente capítulo se expondrá el diagnóstico realizado al PICI, cabe aclarar que éste no se encuentra totalmente apegado a la metodología para elaboración de un diagnóstico expuesta en la sección 4.2, pues su realización no involucró a personal de la dirección de la fábrica de autobuses.

## Capítulo 5. Diagnóstico del PICI

Como ya se mencionó el PICI, guarda una estrecha relación con el diseño y desarrollo de un producto exitoso, es por ello que para la propia empresa productora de autobuses toma especial importancia la implementación de las *NCDs* pues a través de estas se garantiza que los productos poseen las características y atributos que el cliente desea y necesita. El presente capítulo tiene como objetivo evaluar el desempeño del Proceso de Implementación de Cambios de Ingeniería mediante el uso de herramientas estadísticas; esto con el fin de identificar las áreas de oportunidad de mejora al PICI y posterior a ello formular propuestas de mejora al proceso.

### 5.1 Metodología para el diagnóstico del PICI

La elección de la metodología a emplear en la realización del diagnóstico al PICI se fundamentó en el principio de causa-efecto por considerarse que los parámetros de entrada del proceso son las causas que influyen en el desempeño del mismo e inherentemente tienen sus efectos en los parámetros del producto.

El diseño de la investigación fue estructurado en dos etapas, la primera busca evaluar el desempeño del proceso a través de la recolección de datos y la realización de un análisis estadístico del proceso, mediante el cual se buscará determinar los parámetros de entrada y del proceso que influyen en el desempeño del PICI. Dicho análisis estadístico del proceso hará uso de ***herramientas estadísticas***, cuyas características y objetivo de uso serán descritos a continuación:

1. *Gráficos y Análisis de Series de Tiempo*. Es una representación gráfica de datos históricos y su progreso en el tiempo. Se inicia con la construcción de un gráfico que describa la evolución de una variable a lo largo del tiempo. Una vez obtenido el gráfico este es analizado con la finalidad de determinar si la secuencia de valores es

completamente aleatoria o si por el contrario se puede encontrar algún patrón a lo largo del tiempo que permita la estimación de valores futuros mediante el empleo de algún método de pronóstico.

En lo que respecta a este trabajo, el análisis de series de tiempos y el establecimiento de un modelo de pronóstico se realizará con la ayuda del software Forecast Pro.

2. *Diagrama de Pareto.* “Es un gráfica en donde se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas, después de haber reunido los datos para calificar las causas. De modo que se pueda asignar un orden de prioridades”<sup>19</sup>

Mientras que la segunda etapa del diagnóstico pretende identificar los parámetros sustanciales que determinan el comportamiento del proceso y las causas que originan un mal desempeño del mismo.

3. *Histograma.* “El histograma es una gráfica de barras para datos numéricos agrupados en los que las frecuencias o los porcentajes de cada grupo de datos numéricos están representados por barras individuales. En un histograma, no hay brechas entre las barras adyacentes como en la gráfica de barras de los datos categóricos. La variable de interés se coloca a lo largo del eje horizontal. El eje vertical representa la frecuencia o el porcentaje de los valores por intervalo de clase.”<sup>20</sup>
4. *Gráfico Circular sobre los aspectos más significativos del proceso.* Es un gráfico que mediante su representación circular expresa de manera gráfica la distribución proporcional de los eventos o datos en estudio. Su uso permitirá, en el caso particular del presente trabajo, mostrar datos sobre el proceso, destacando sus aspectos más significativos. Los datos agrupados se presentan en orden descendente en una zona radial proporcional a la magnitud de su significancia para el aspecto analizado.

---

<sup>19</sup> VERDOY P.- MATEU J.- SIRVENT R.. Manual de control estadístico de calidad: teoría y aplicaciones. Pág. 205

<sup>20</sup> LEVINE D.- KREHBIEL T.- BERENSON M. Estadística para administración. Pág. 37

5. *Diagrama de causa-efecto.* “También conocido como diagrama de Ishikawa, es un esquema que muestra las posibles causas clasificadas de un problema. El objetivo de este tipo de diagrama es encontrar las posibles causas de un problema. En un proceso productivo, el diagrama de Ishikawa puede estar relacionado con uno o más de los factores (denominados 6 Ms) que intervienen en cualquier proceso de fabricación:

1. Métodos: procedimientos por usar en la realización de actividades.
2. Mano de obra: la gente que realiza las actividades.
3. Materia prima: el material que se usa para producir.
4. Medición: los instrumentos empleados para evaluar procesos y productos.
5. Medio ambiente: las condiciones del lugar de trabajo.
6. Maquinaria y equipo: los equipos y periféricos usados para producir.”<sup>21</sup>

## 5.2 Análisis de Pareto del Procesamiento de *NCDs* por Categoría

En buena medida, la productividad de un proceso se puede evaluar comparando la cantidad de recursos empleados para la adición de valor, con la cantidad de productos a los que se les agregó valor y la forma en que estos demandaron tales recursos. En el caso concreto del PICI, la identificación de las categorías de *NCDs* que representan el grueso de procesamiento además de dar paso a la predicción del tipo y cantidad de recursos a requerirse, los tiempos de procesamiento para cada cambio y las afectaciones que se tendrán en la línea de ensamble por la implementación de los cambios en el diseño, permitirá concentrar el máximo potencial de mejora aplicando un mínimo de soluciones a los elementos vitales del proceso, entendidos como el 80% de los *NCDs* generados.

Mediante el empleo de un análisis de Pareto se determinaron los *NCDs* que por su volumen de generación y el tiempo de implementación requerido, constituyen el 80% de los cambios de diseño procesados.

---

<sup>21</sup> ESCALANTE E. Seis-sigma: metodología y técnica. Pág. 46

El diagrama de Pareto fue construido bajo el supuesto de que la frecuencia de aparición por categoría de *NCD* surge como el producto de la cantidad de *NCDs* emitidos por Ingeniería de Desarrollo del Producto entre Enero de 2009 y Mayo de 2011 y el tiempo de implementación requerido. Para otorgar una componente cuantitativa al tiempo de implementación requerida por categoría de *NCD* (Figura 13) fue dado el valor de 1 a la implementación planeada, el de 2 a la implementación mediata y el de 3 a la implementación inmediata. A continuación de muestra el gráfico de Pareto obtenido:

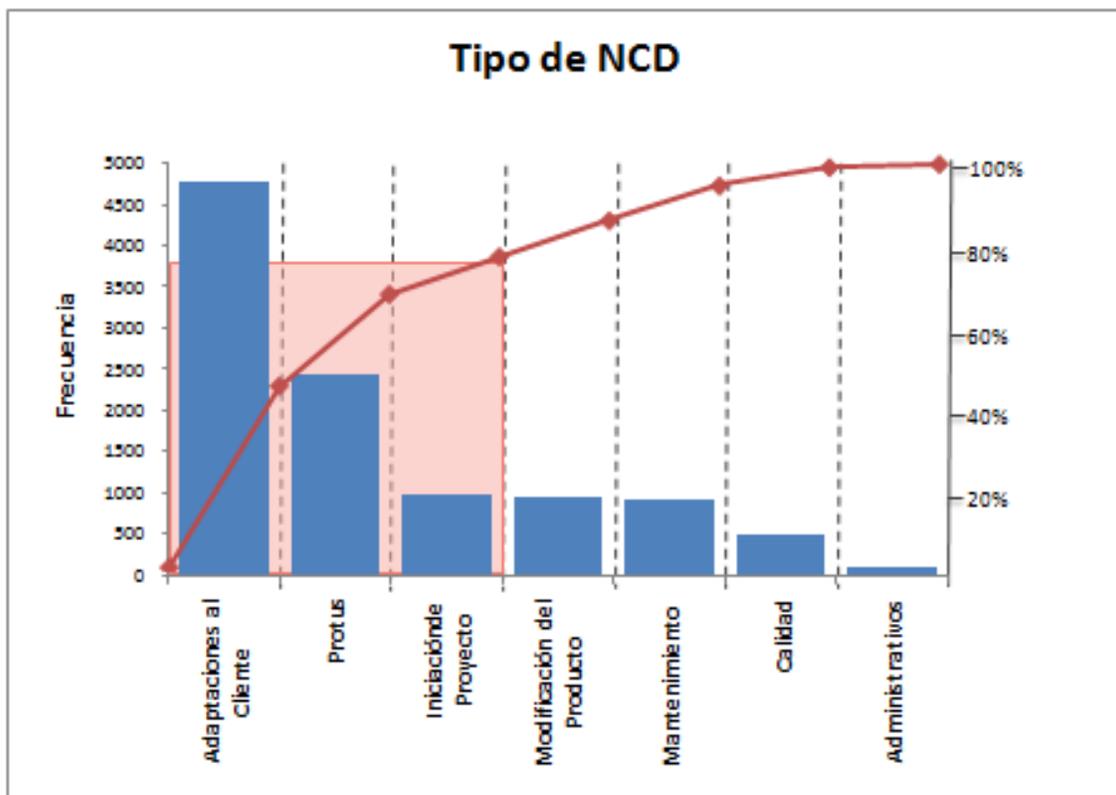


Figura 13 [Elaboración propia]. Gráfico de Pareto: procesamiento de NCDs por tipo.

De acuerdo al análisis de Pareto realizado, cerca del 80 % de los *NCDs* que se implementan, corresponden a las categorías: Adaptaciones al Cliente, Protus e Iniciación de Proyectos, por lo cual el PICI se analizará en torno al proceso de implementación que se sigue para las tres categorías antes mencionadas. Cabe señalar que en lo consiguiente al hacerse mención de los ***NCDs Tipo A***, se estará haciendo referencia al conjunto formado por los *NCDs* pertenecientes a las categorías: Adaptaciones al Cliente, Protus e Iniciación de proyecto.

Una vez identificadas las categorías de *NCDs* que representan los cambios de diseño más representativos para el PICI se puede concluir que la mayoría de las modificaciones realizadas en el autobús son impulsadas principalmente por tres factores:

1. Requerimientos del cliente, reflejados en la emisión de *NCDs* de Adaptaciones al Cliente, y cuya razón de existencia radica en la personalización del producto.
2. Solución a problemas presentados en la manufactura ó ensamble de componentes y atribuibles a elementos de diseño, a través de la generación de *NCDs* de la categoría Protus.
3. Introducción de proyectos que busquen otorgar ventajas competitivas a la compañía, mediante la emisión de *NCDs* de Iniciación de Proyecto.

### **5.3 Análisis histórico de presencia de *NCDs***

Con la finalidad de estimar los requerimientos de recursos materiales, el tipo y cantidad de información a emitir por cada área involucrada en el PICI, además de la velocidad de implementación requerida de acuerdo al tipo de *NCD*, el tiempo estimado de procesamiento, así como el porcentaje de ocupación de la capacidad del proceso; se realizará el análisis histórico de presencia de *NCDs*, con los datos históricos correspondientes a dos años y cinco meses comprendidos de enero de 2009 a mayo de 2011, lapso que fue establecido como período de estudio.

El análisis histórico de presencia de *NCDs* además de permitir obtener un pronóstico sobre el futuro volumen de generación de *NCDs*, brindará un panorama de comportamiento de los datos; para ello se graficará la cantidad de *NCDs* emitidos por el área de Ingeniería de Desarrollo del Producto en el período de estudio, utilizando el programa Forecast Pro. Forecast Pro es un software de pronósticos que a través de un sistema experto de estimación analiza los datos, selecciona la técnica más apropiada para pronosticar y calcula los pronósticos utilizando métodos estadísticos probados. Los métodos de pronósticos estadísticos incorporados en el software son:

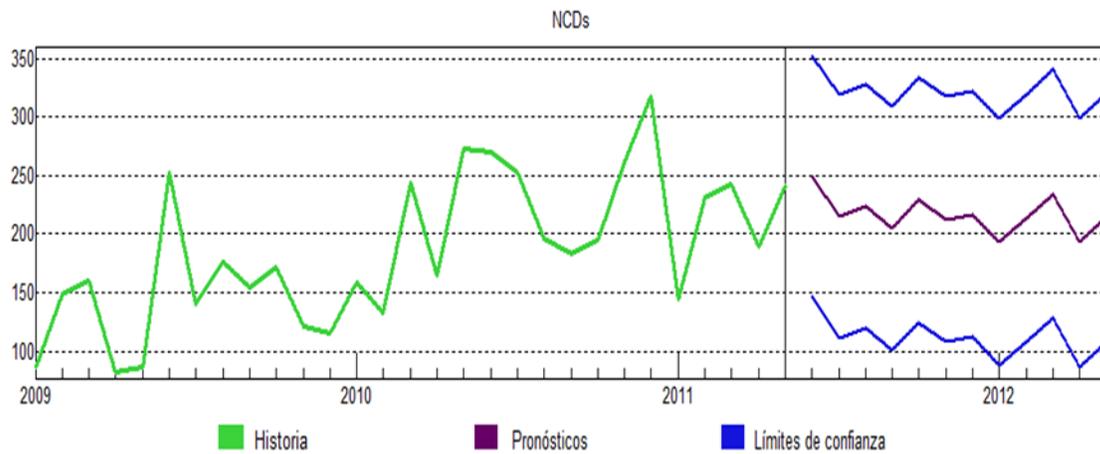
- ▶ “*Suavización Exponencial*. Dispone de doce diferentes modelos de suavización exponencial Holt-Winters que le permiten adaptarse a una gran variedad de características de la información. Lo robusto de la suavización exponencial la hace ideal cuando no existen indicadores relevantes, y cuando la información es muy pequeña o volátil para ser utilizada con Box-Jenkins.
- ▶ *Simplificación Estacional*. Esta es una técnica muy útil para pronosticar información con más de 12 registros por año. La Simplificación Estacional reduce el número de índices estacionales utilizados para modelar la información y, con frecuencia, mejora sustancialmente la exactitud del pronóstico.
- ▶ *Box-Jenkins*. Para series de datos estables, Forecast Pro soporta modelos con estacionalidad multiplicativa Box-Jenkins.
- ▶ *Modelos de bajo volumen*. Se proporciona el modelo de demanda intermitente de Croston y modelos de datos discretos para el manejo de datos de bajo volumen y escasos.
- ▶ *Ajuste a la curva*. El ajuste a la curva le proporciona una manera rápida y fácil de identificar la forma general de la curva que sus datos siguen. Forecast Pro soporta cuatro tipos de curva - línea recta, cuadrática, exponencial y crecimiento de la curva (curva-s).
- ▶ *Métodos simples*. Para conjuntos de datos muy cortos o extremadamente volátiles, Forecast Pro incluye modelos de promedios móviles.”<sup>22</sup>

La selección experta elige el modelo de pronóstico adecuado para la serie de tiempo analizada, mediante la comparación de dos valores estadísticos de precisión obtenidos para cada modelo evaluado, el **error porcentual medio absoluto** (MAPE por sus siglas en inglés *Mean Absolute Percent Error*) y la **desviación media absoluta** (MAD por sus siglas en inglés *Mean Absolute Deviation*). Para el caso de los datos históricos de generación de *NCDs*, la selección experta de Forecast Pro determinó que el modelo de pronóstico que mejor describe su comportamiento es el de suavizado Exponencial Winters Aditivo, pues la serie de tiempo formada por los datos históricos de generación de *NCDs* presenta una

---

<sup>22</sup> FORECAST PRO. Página Web de información comercial.

tendencia lineal con estacionalidad aditiva. A continuación, en la *Figura 14* se presenta un extracto del análisis producido para dicha serie.



Estadísticas de la muestra			
Tamaño Muestra	29	No. parámetros	3
Media	186.03	Desv. estándar	62.32
R-Cuadrada	0.48	R-Cuadrada Aj.	0.44
Durbin-Watson	2.03	Ljung-Box(18)	26.1 P=0.90
Error de pronóstico	46.72	BIC	52.65
MAPE	21.61	SMAPE	19.89
RMSE	44.24	MAD	35.66
Relación MAD/Media	19.17		

Datos de pronósticos				
Fecha	2.5 Inf.	Pronóstico	Trimestral	Anual
2011-Jun	147	250	680	
2011-Jul	111	215		
2011-Ago	120	224		
2011-Sep	101	205	643	
2011-Oct	124	229		
2011-Nov	108	213		
2011-Dic	112	217	658	2599
2012-Ene	88	194		
2012-Feb	109	214		
2012-Mar	129	234	642	
2012-Abr	87	193		
2012-May	108	214		
<b>Total</b>		2601		
<b>Promedio</b>		217		

Figura 14. Extracto del análisis producido con Forecast Pro para la serie de tiempo formada por los datos históricos de NCDs generados de Enero de 2009 a Mayo de 2011

De acuerdo al análisis generado por Forecast Pro se tiene un pronóstico de que para el año posterior al período de análisis, la cantidad de *NCDs* generados mensualmente por Ingeniería de Desarrollo del Producto aumentará en promedio un 16.65%, es decir de un promedio de 186 *NCDs* generados mensualmente en el período de análisis, se pasará a tener un volumen de generación mensual promedio de 217 *NCDs* de todos los tipos, lo cual en primera instancia permitirá estimar los requerimientos de recursos demandados para el procesamiento de *NCDs*. No sin antes considerar el rendimiento del pronóstico, que para este análisis se midió a través del error de pronóstico promedio, la desviación media absoluta (MAD) y el error porcentual medio absoluto (MAPE).

Para el caso de los datos históricos de generación de *NCDs* el error de pronóstico promedio (Figura 3.3.2), fue de 46.72, lo cual indica que el pronóstico resultó más bajo que la generación real de *NCDs*. Mientras que la dispersión de los errores de pronóstico, estimada a través de la desviación media absoluta (MAD) (Figura 5) tuvo un valor de 35.66, de acuerdo al análisis de Forecast Pro, anunciándose con ello la posibilidad de errores de pronóstico considerables. Y el error porcentual medio absoluto (MAPE) (Figura 5) presentó un valor de 21.61%, lo cual implica que en promedio el error de pronóstico fue de más menos el 22 % de la generación real observada.

$$\bar{E} = \frac{\sum E_t}{n}$$

$$MAD = \frac{\sum |E_t|}{n}$$

$$MAPE = \frac{\sum [|E_t| (100)]}{D_t n}$$

donde

$E_t$  = error de pronóstico para el periodo  $t$

$D_t$  = demanda real para el periodo  $t$

$F_t$  = pronóstico para el periodo  $t$

$n$  = periodos observados

Figura 15. Mediciones el error de pronóstico a través del cálculo del error de pronóstico promedio, la desviación media absoluta (MAD) y el error porcentual medio absoluto (MAPE).

### Análisis histórico de presencia de NCDs Tipo A

Con la finalidad de tener un panorama más específico sobre el pronóstico de generación de NCDs Tipo A se realizó con Forecast Pro un análisis de las series de datos históricos correspondientes a los NCDs pertenecientes a esta categoría:

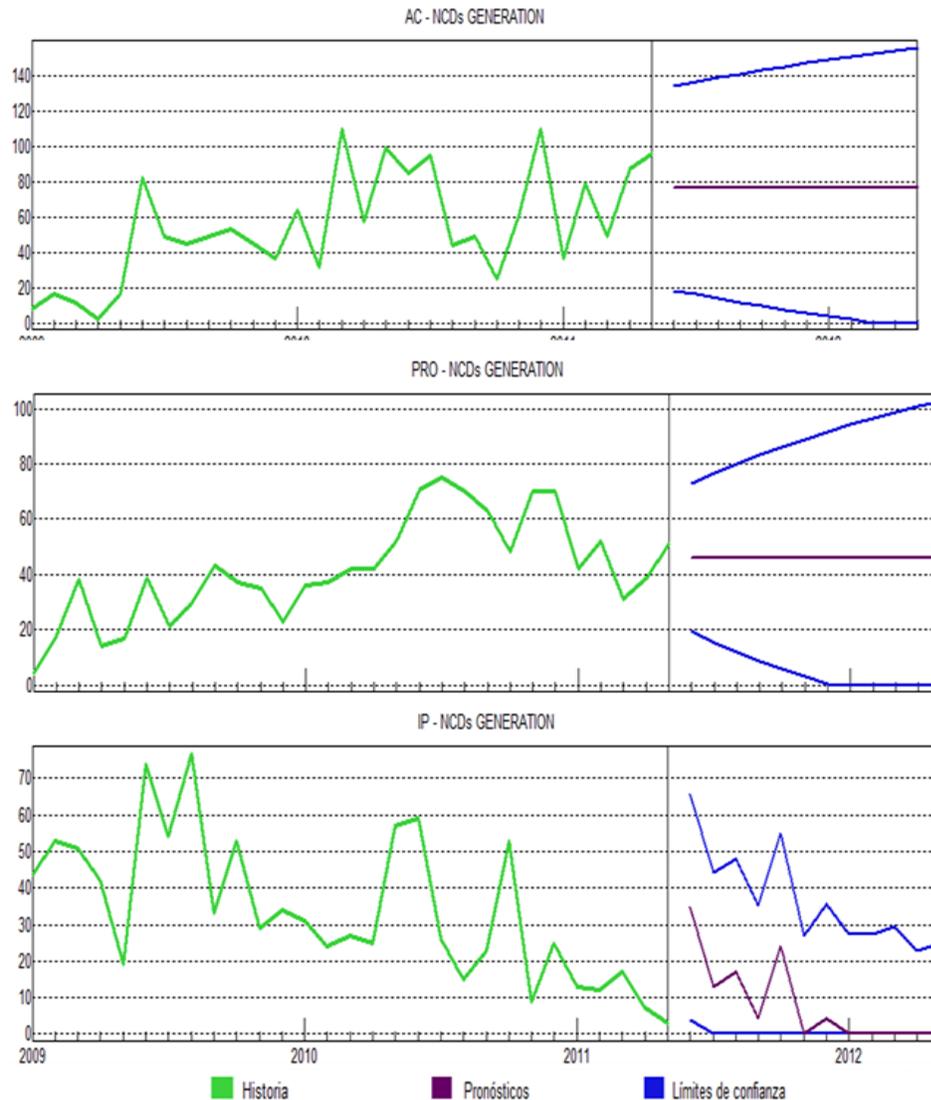


Figura 16. Análisis histórico en Forecast Pro de aparición de NCDs.

Para la categoría de NCDs de Adaptaciones al Cliente Forecast Pro pronosticó que la tasa de generación mensual promedio en el próximo año sería de 76 NCDs, mientras que para los NCDs del tipo Protus la tasa de generación mensual para el mismo período sería de 42

NCDs y para los NCDs de Iniciación de Proyecto el promedio de generación mensual sería de 8 NCDs. Por tanto se concluye que en el próximo año la mayor cantidad de NCDs Tipo A procesados corresponderá a las categorías de Adaptaciones al Cliente y Protus.

## 5.4 Análisis del tiempo de procesamiento para la implementación de NCDs Tipo A

En buena proporción la productividad del PICI puede ser medida a través del tiempo que tarda un NCD en ser procesado y puede definirse como la cantidad de días que transcurren entre la fecha de aprobación del NCD por Ingeniería de Desarrollo del Producto y la fecha de Implementación del Cambio en el Sistema de Manufactura Integral, además de poder expresarse numéricamente cómo una variable cuantitativa que para efectos del presente trabajo fue definida como discreta por estar limitada a valores enteros establecidos por la medición del tiempo en días.

La mejor forma de estimar el tiempo de procesamiento para la implementación de NCDs Tipo A es a través la obtención de la media aritmética, construida a partir del valor de tiempo de implementación para cada elemento de la población. Sin embargo por la falta de registros históricos del tiempo de procesamiento para algunos NCDs Tipo A, el tiempo de proceso se obtuvo mediante el cálculo del valor esperado  $\mu$  de la muestra formada por 2195 NCDs (*Figura 17*), para los cuales sí se tiene registro del tiempo de procesamiento.

$$\mu = E(X) = \sum_{i=1}^N X_i P(X_i) = 40.49 \text{ [días]}$$

*Figura 17. Cálculo del valor esperado para el tiempo de Proceso de Implementación para NCDs Tipo A*

El valor obtenido para el valor esperado de tiempo de Proceso de Implementación para NCDs Tipo A fue de 40.49 días. Este valor no resulta “significativo literalmente” pues como se mencionó con anterioridad, este tiempo debe ser un valor entero. Entonces, es necesario

puntualizar que el valor esperado representa la media de tiempo en días que tarda un NCD Tipo A en ser implementado en el sistema de manufactura integral.

Es importante señalar que la estimación del tiempo de proceso realizada, no contempla el tiempo transcurrido entre la implementación del cambio en el sistema de manufactura integral y la implementación física del cambio, por dos razones. La primera es que no se tiene un registro puntual de tal dato y la segunda, y más importante, es que el tiempo de implementación física del cambio en el diseño posterior a su implementación en el Sistema de Manufactura Integral no es resultado del desempeño del proceso, sino que está directamente relacionado a la producción de unidades con la combinación de variantes asociadas al NCD. Asimismo, con la finalidad de evaluar el desempeño de cada área involucrada en el PICI, se estimó el tiempo promedio que tarda cada área en liberar la información de NCDs inherente a sus actividades, el resultado es mostrado en la figura 18. Cabe señalar que para Control de la Producción y Control de Piso el tiempo de procesamiento no fue contabilizado por ser éste independiente al tiempo que toma la implementación de un NCD.

Tiempo promedio de procesamiento por área para el PICI

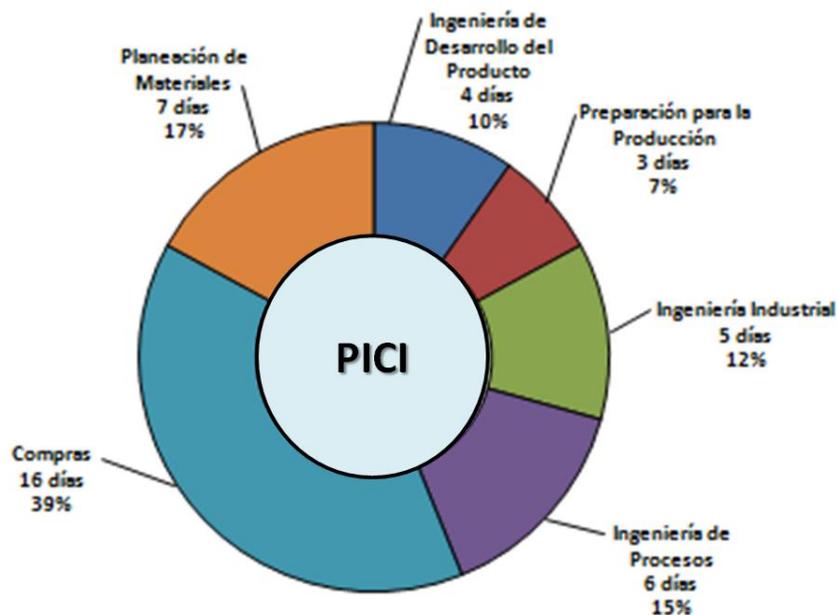


Figura 19[Elaboración propia]. Tiempo promedio de procesamiento por área para NCDs Tipo .

## 5.5 Análisis del comportamiento histórico de implementación física de NCDs Tipo A

Dentro del período de tiempo comprendido entre Enero de 2009 y Mayo de 2011 *Ingeniería de Desarrollo del Producto* emitió 3788 NCDs Tipo A de los cuales el 34.65 % no requirió implementación física por tratarse de cambios sin afectación en la línea de producción mientras que el 65.36 %, correspondiente a 2476 NCDs, detonó modificaciones al proceso productivo, por lo cual requirieron la definición de un número económico de unidad para realizar la implementación física del cambio.

Cabe mencionar que el número económico de unidad para efectuar la validación de la implementación física de un NCD, se determina de acuerdo a las variantes que éste afecta y la combinación de variantes que son seleccionadas por el cliente en su autobús, identificado mediante un número de económico. Por tanto algunos cambios emitidos por Ingeniería no pueden ser introducidos en un período de tiempo cercano a su implementación en el SMI, pues las unidades a producir no fueron configuradas con las variantes involucradas en el NCD. En esta situación se encontraron 686 NCDs, que en el rango de estudio no se implementaron físicamente, puesto que no se produjeron unidades con la combinación de variantes que ellos afectan. Mientras que para 1790 NCDs, el 47% de los NCDs Tipo A, sí fue definido un número económico de unidad para que el cambio en el diseño fuese implementado físicamente. En la Figura 19 se detalla la información antes mencionada.

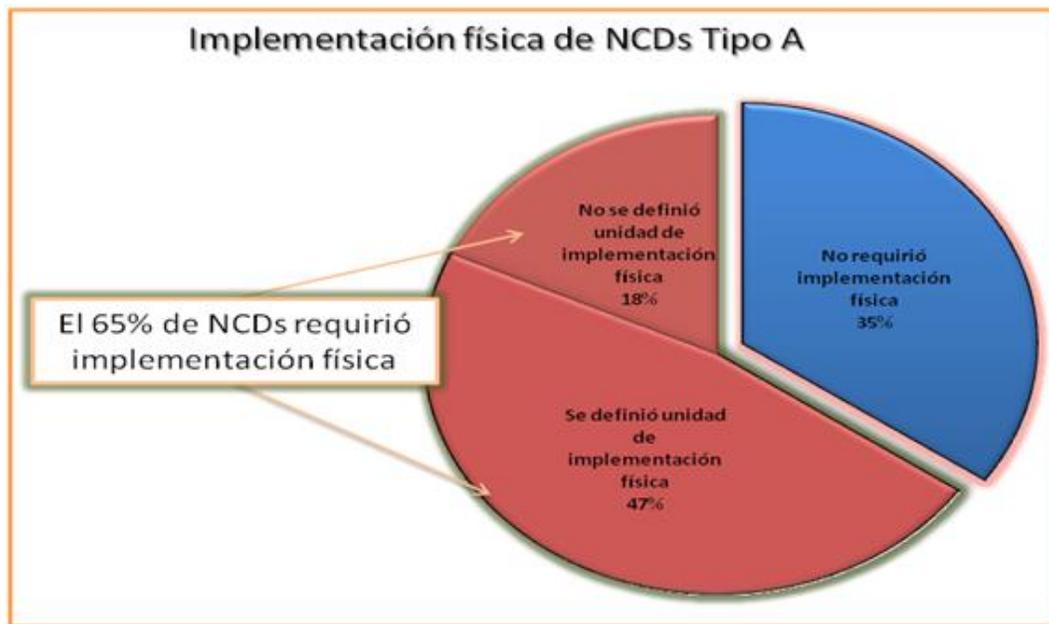


Figura 19[Elaboración propia]. Porcentaje de requerimiento de implementación física para NCDs Tipo A

### ***NCDs Tipo A con unidad de implementación física definida***

Como ya se mencionó previamente, fueron definidas unidades de implementación para la introducción de 1790 NCDs. Sin embargo no todos esos cambios fueron introducidos satisfactoriamente. El 15 % de ellos, correspondiente a 269 NCDs no pudieron ser implementados físicamente en las unidades de aplicación, pues diversos factores inherentes al PICI impidieron la introducción satisfactoria del cambio. Tales factores fueron definidos en primera instancia por la clasificación categórica de las situaciones de no validación registradas en el sistema y presentados en las Figuras 20 y 21 a través de un esquema ilustrativo del porcentaje de NCDs que no pudieron ser exitosamente implementados, y un cuadro resumen con el motivo por el cual no se tuvo una introducción satisfactoria de los cambios y la cantidad de cambios no efectuados, respectivamente.

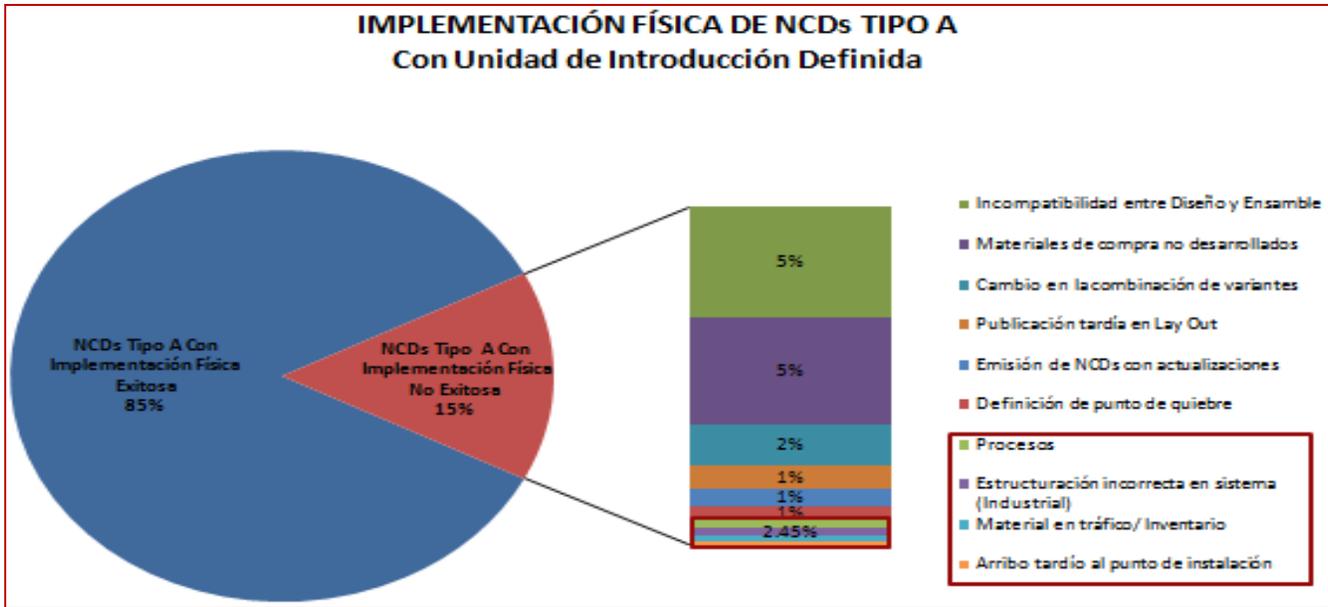


Figura 20[Elaboración propia]. Implementación Física de NCDs Tipo A con Unidad de Introducción Definida. Como se puede apreciar el 15 % de los NCDs no fueron introducidos exitosamente.

Causa de Implementación Física No Exitosa	NCDs No Implementados Físicamente por la Causa Descrita	
	Cantidad	Porcentaje
- Incompatibilidad entre la estructura del diseño y la estructura física del ensamble -Los elementos del diseño no contemplan requerimientos propios de los procesos de fabricación	88	4.91%
-Los materiales y partes de compra no fueron desarrollados -Las partes no fueron fabricadas conforme a las especificaciones contenidas en la última revisión emitida por Ingeniería de Desarrollo del Producto	85	4.81%
Cambios en la configuración de variantes de la unidad	33	1.98%
Publicación tardía en <b>Lay Out de Validación</b>	18	1.04%
Emisión de NCDs con actualizaciones a la información previamente liberada por Ingeniería de Desarrollo del Producto	15	0.75%
Unidad de implementación definida erróneamente	10	0.57%
Atraso en la validación del cambio por Ingeniería Industrial y de Procesos	7	0.38%
Estructura y referencia de materiales incorrecta en el sistema	5	0.28%
Sobre inventario de material que debe ser consumido antes de la introducción del cambio para evitar obsolescencia del mismo	5	0.28%
Arribo tardío de materiales al punto de instalación	3	0.19%

Figura 21[Elaboración propia]. Cuadro resumen de NCDs con implementación física no exitosa y la causa de ello.

A través de la realización de un análisis de Pareto se encontró que el 80% de las Implementaciones Físicas No Exitosas tuvieron como causa de no introducción a los siguientes factores:

### Factores de Diseño

- Incompatibilidad entre la estructura del diseño y la estructura física del ensamble.
- Los elementos del diseño no contemplan requerimientos propios de los procesos de fabricación.

### Factores de Materiales

- Los materiales y partes de compra no fueron desarrollados.
- Las partes no fueron fabricadas conforme a las especificaciones contenidas en la última revisión emitida por Ingeniería de Desarrollo del Producto.

### Factores de Configuración de Variantes de Unidades

- Cambios en la configuración de variantes de la unidad

Asimismo para complementar la identificación de los principales factores que intervienen en la implementación física no exitosa de los Cambios de Ingeniería, en el Comité de NCDs se realizó un diagrama de causa-efecto y mostrado en la Figura 22. Haciendo uso de su expertismo, los integrantes del Comité establecieron que las principales causas de la implementación no exitosa de los NCDs se encuentra en la escasa interacción entre Ingeniería del Producto, Ingeniería Industrial, Ingeniería de Procesos y Compras, pues los componentes estructurados al producto, ó son incompatibles con el ensamble o bien con los procesos de manufactura y ensamblado, ó bien no son desarrollados por el proveedor conforme a las especificaciones y tiempo requeridos.

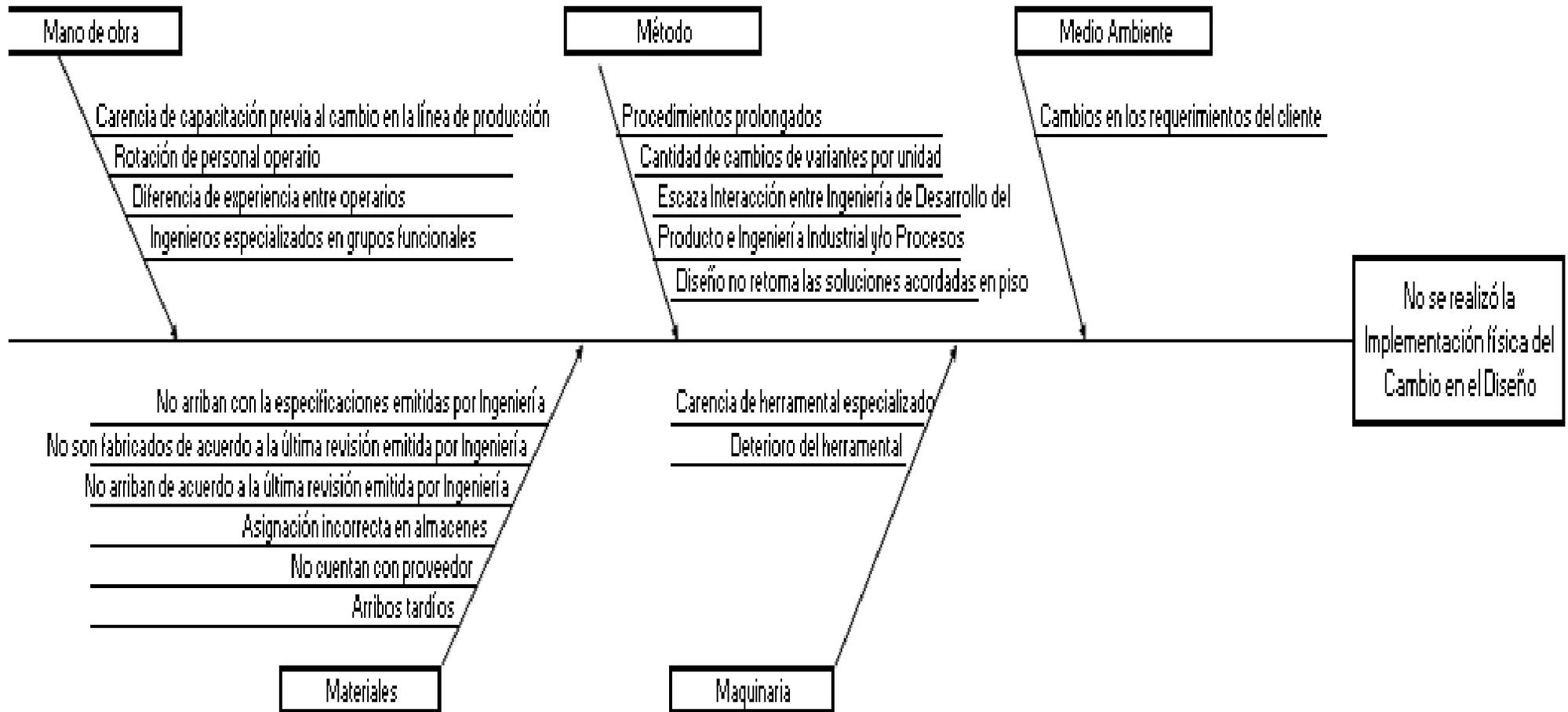


Figura 22 [Elaboración propia]. Diagrama de causa-efecto generado por el Comité de NCDs en el que se establecen las causas de la no implementación física del cambio en el diseño.

## 5.6 Situación del PICI

La aplicación de algunas herramientas estadísticas para la evaluación del desempeño del PICI permitió estimar de manera cuantitativa las características de éste, a partir de las cuales es posible inferir las particularidades cualitativas del proceso. A continuación se enlista una serie de variables que de acuerdo al diagnóstico realizado al PICI son consideradas clave para la eficiencia de dicho proceso:

- **Volumen de procesamiento.** A través de la realización del análisis de Pareto se identificó que el grueso del volumen de procesamiento de NCDs corresponde a las categorías de Adaptaciones al Cliente, Protus e Iniciación de Proyecto; lo cual atestigua la importancia que tiene la personalización del producto para la empresa, además de reflejar la necesidad de impulsar el diseño del producto hacia el diseño para la manufactura y el ensamble, involucrando a las áreas de ingeniería del producto, producción y compras.
- **Tiempo de procesamiento.** Como ya se mencionó el tiempo de procesamiento promedio para un NCD es de 40 días y medio, lo cual refleja de forma directa la necesidad de un PICI más ágil y eficaz para sacar el máximo provecho de los recursos asignados y responder al principio del “time to market” del producto.
- **Etapas de procesamiento.** Si bien las etapas de procesamiento de NCDs obedecen a la estructura organizacional de la empresa guardando una interacción secuencial, es claro que se requiere una interacción simultánea, a través de la cual se disminuya el tiempo de procesamiento de NCDs, además de asegurarse que los cambios serán introducidos a la línea productiva sin contratiempos en el momento óptimo.
- **Calidad de procesamiento.** La evaluación del PICI arrojó que el 15% de los NCDs con requisición de implementación física no fue introducido de forma exitosa, por tal razón resulta de gran importancia redefinir la interacción de las áreas involucradas en el proceso además de la información que deberán generar en conjunto, para

implementar los NCDs en el tiempo adecuado con la calidad requerida y a un costo óptimo.

El dinamismo observado en el PICI permite describir de manera general y cualitativa las repercusiones negativas que tienen ya sea la implementación no exitosa del NCD, ó bien el retraso de su implementación. A continuación se muestra un panorama general de las desviaciones del PICI y las consecuencias de las mismas.

### **Tiempo de procesamiento prolongado**

El tiempo prolongado de procesamiento para un NCD, en ocasiones hace que los cambios contenidos en el mismo NCD se obsoleten por si solos. Es decir, en ocasiones el tiempo para la implementación del NCD es tan extenso que Ingeniería del Producto emite nuevas modificaciones al producto antes de que las modificaciones previamente formuladas hayan sido introducidas al autobús. Generándose con ello invalidación de información que en el mejor de los casos sólo elevará el costo del producto.

El tiempo de procesamiento prolongado impide que se cumpla con los plazos de entrega prometidos, ó en otro de los casos que las unidades sean entregadas con las modificaciones previstas y presenten fallas en campo, algo que sin duda, no es del agrado del cliente. De igual forma el tiempo de procesamiento prolongado potencializa los problemas suscitados en la línea productiva, pues por ejemplo el retraso en la implementación de NCDs de la categoría de Protus significa continuar con la realización de re- trabajos, los problemas de calidad, la demora en la producción, la existencia de material faltante y por supuesto el encarecimiento del producto.

### **Implementación física no exitosa**

Pese a que dentro del alcance de cada etapa del PICI se debe garantizar que la implementación física de NCDs satisfaga los requerimientos productivos tanto de la empresa como del mercado, es un hecho que un volumen considerable de NCDs no es introducido de manera satisfactoria a la línea productiva, generándose con ello un sinnúmero de problemas para

la empresa. De acuerdo a su naturaleza, tales dificultades productivas pueden ser clasificadas en tres grupos:

- **Dificultades de diseño.** La incompatibilidad entre las características del diseño y las de manufactura y ensamble por lo general crean retrabajos que en primera instancia implican el uso de más recursos materiales y de mano de obra lo cual encarece el producto, además de comprometer la calidad del producto al emplearse prácticas de manufactura no estandarizadas para resolver el en el momento el problema en línea, y alargar los tiempos de entrega del producto; lo cual desde luego demerita ante el cliente, al producto y al servicio que lo respalda.
- **Dificultades de materiales.** El retraso en el abastecimiento de los materiales especificados por Ingeniería del Producto para las unidades impacta en el throughput time de la unidad, generándose con ello una desventaja competitiva por la prolongación de tiempos de entrega; además de potencializar el fallo en campo del autobús pues algunas veces por la premura de la entrega se decide fabricar la unidad con otros materiales que no son funcionalmente adecuados.
- **Dificultades de proceso de fabricación.** Dentro de las afectaciones generadas por la adecuación tardía del sistema productivo para la implementación del NCD y/o el retraso en la emisión de información técnica por parte de las áreas de *Ingeniería Industrial* e *Ingeniería de Procesos* se encuentra el potenciamiento de fallas en campo ó la incompatibilidad del producto con los requerimientos del mercado, pues los autobuses son producidos omitiendo los cambios y características contenidas en el NCD.

## 5.7 Conclusiones del capítulo

Por las características de manufactura del autobús, el proceso de producción toma una indiscutible relevancia para la definición de los atributos del producto, lo cual ineludiblemente hace que el diseño del concepto de producto no pueda ser separado del diseño del proceso de fabricación, siendo entonces necesario el desarrollo simultáneo del producto y el proceso; adquiriendo éste último y su optimización una gran importancia.

Como se describió en el Capítulo 3 el *PICI* guarda una íntima relación con el Proceso de Diseño y Desarrollo del Producto, pudiendo definirse éste primero como parte fundamental para la introducción de las demandas del mercado en la línea productiva. De ahí que una gran cantidad de los problemas suscitados en la manufactura del autobús guarden una estrecha relación con la implementación no exitosa de *NCDs* y deriven como se mencionó en el presente capítulo en problemas de tiempos prolongados de entrega del producto, incumplimientos con los requerimientos del cliente y serios problemas de calidad. Además de significar estos un desperdicio importante de recursos materiales, humanos y de infraestructura.

La realización de un diagnóstico al *PICI* permitió advertir en primera instancia que la estrategia de Diseño y Desarrollo de la Empresa debe girar en torno a la introducción de cambios que obedezcan a las adaptaciones solicitadas por el cliente, la introducción de proyectos de mejora de las cualidades del producto y la mejora de la manufacturabilidad del producto. Y en segundo, pero no menos importante término, la necesidad de un reestructuramiento organizacional y un rediseño de procesos, que permita la sincronización entre el producto diseñado y su proceso de manufactura.

## Capítulo 6. Ingeniería Concurrente como propuesta de mejora al PICI

En el presente capítulo se expone una propuesta de mejora para el Proceso de Implementación de Cambios de Ingeniería bajo el enfoque de ingeniería concurrente. En la primer parte del capítulo se presenta un panorama general de lo que la ingeniería concurrente es, y la propuesta metodológica para su empleo. Mientras que en la segunda parte se formula la propuesta de metodología a emplearse para la aplicación de ingeniería concurrente en el Proceso de Implementación de Cambios de Ingeniería en la Empresa de Autobuses.

La propuesta de la metodología a implementar parte del convencimiento de que al relacionar desde su primera etapa al proceso de diseño y desarrollo del producto con las actividades propias de la producción, la manufacturabilidad del autobús aumentará considerablemente. Para ello dicha metodología toma como punto de enfoque a la integración de la cadena de valor centrada en el desarrollo del Proceso de Diseño y Desarrollo del Producto bajo una estructura organizacional que permita la participación optimizada de todas las áreas involucradas en el diseño y la fabricación, además de la inclusión de los proveedores en el proceso y el análisis de los deseos y necesidades del cliente con miras a la reducción de los costos y tiempo de de desarrollo y a la rápida introducción de modelos y variantes.

Existe una técnica organizativa que permite potenciar dicho punto de enfoque, favoreciendo una integración externa e interna. Tal técnica es denominada Ingeniería Concurrente, cuyo objetivo es reducir la duración y el costo de desarrollo del producto, buscando un producto concebido a través del trabajo en equipo, en el cual se tienen en cuenta las demandas de todos los departamentos, y se involucra a los proveedores de componentes y medios de producción, así como a los clientes.

## 6.1 Ingeniería Concurrente

“En el verano de 1986, el Instituto de Análisis para la Defensa (IDA) en el informe 338, acuñó el término de la Ingeniería Concurrente para explicar el método sistemático de ir diseñando al mismo tiempo, tanto los productos como su producción, y a su vez, ir confiriendo apoyo y soporte al proceso”.<sup>23</sup> En un sentido más amplio la Ingeniería Concurrente puede ser definida como: “un Sistema Organizativo del Proceso de Diseño y Desarrollo de Productos, destinado a acortar el tiempo de diseño del producto mediante la planificación simultánea del diseño y desarrollo del producto y del proceso de producción, buscando la convergencia sinérgica de todas la funciones y agentes implicados en el PDDP, su fabricación y, si fuera necesario, de su ciclo de vida”.<sup>24</sup>

### ***Metodología del Proceso de Diseño y Desarrollo del producto por Ingeniería Concurrente***

Como se expuso en el Capítulo 2 existen distintos modelos de diseño y desarrollo del producto, uno establecido en cada organización de acuerdo a sus necesidades y características. Sin embargo, como también se mencionó es posible definir un proceso genérico de diseño y desarrollo del producto. A continuación se describirá brevemente la metodología a seguir para el diseño y desarrollo del producto por ingeniería concurrente<sup>25</sup>.

#### **Fase 1: Análisis de mercado e identificación de las necesidades de los clientes**

En esta fase se pretende identificar las necesidades y requerimientos de los clientes tanto internos como externos. La propuesta de actividades a realizar es la siguiente:

- a) Definición de la misión a través de la descripción de las necesidades de los clientes externos/internos. Bajo el establecimiento de restricciones y condicionantes a asumir en el desarrollo del producto.

---

<sup>23</sup> AGUAYO F.-SOLTERO V. Op. Cit Pág. 49

<sup>24</sup> AGUAYO F.-SOLTERO V. Op. Cit Pág. 17

<sup>25</sup> Ibid.

- b) Identificación de clientes externos/ internos de referencia y recogida de información mediante la elección de mercado/áreas de referencia, la explicitación de sus necesidades y la documentación de la interacción del producto/proceso con dichos clientes.
- c) Interpretación de los datos del cliente interno/externo en los términos de necesidades.
- d) Organización de las necesidades y la jerarquización de las mismas, en orden a su importancia.

### **Fase 2: Especificación del producto/ Requerimientos del proceso**

En esta fase se pretende traducir los requerimientos de los clientes tanto internos como externos en especificaciones para el producto y requerimientos para el proceso. Las actividades que la integran son:

- a) Trasladar las necesidades de clientes externos/internos a un análisis funcional de uso.
- b) Realizar un análisis funcional de los productos/procesos de la competencia/proprios por Ingeniería Inversa.
- c) Establecer un perfil de funciones de uso/ requerimientos productivos de referencia del producto/proceso y su caracterización.
- d) Validación del modelo funcional del producto/proceso.
- e) Refinamiento del modelo funcional del producto/proceso y jerarquización de funciones por árbol de funciones.
- f) Realización del pliego de especificaciones del producto/requerimientos del proceso.
- g) Realizar un modelo de costo del producto/proceso y efectuar la evaluación económica.

### **Fase 3: Diseño conceptual del producto/proceso**

Esta etapa tiene por objeto trasladar el modelo funcional del producto/proceso a una solución de diseño en el espacio conceptual de los dominios físico, químico, geométrico, etc., descontextualizado de su mapeado tecnológico. Los pasos a seguir se sintetizan en:

- a) Clasificación y formulación del problema de diseño a través de la descomposición del problema en sub-problemas y la determinación de variables y parámetros involucrados en ellos.

- b) Búsqueda de soluciones, tanto internas con el personal involucrado en la cadena de valor, como externas con usuarios líderes, expertos, patentes, bibliografía, *benchmarking*.
- c) Exploración del espacio de soluciones, mediante técnicas creativas y selección de soluciones conceptuales.
- d) Selección del concepto de producto y su validación. Con carácter general se trata de determinar para las distintas soluciones conceptuales de producto, cuál de ellas satisface los requerimientos funcionales que modelan las necesidades del mercado de la forma más objetiva.
- e) Validación en el mercado referencial del modelo conceptual del producto y redefinición o refinamiento del mismo.

### **Fase 4: Diseño Preliminar e Ingeniería Básica**

En esta fase se pretende mapear el modelo conceptual en el dominio de la tecnología, materiales y el proceso en sí mismo. Pero de forma global y provisional, no sólo en lo que se refiere al diseño tecnológico, mecánico, eléctrico, electrónico, sino también a los aspectos de diseño industrial como estética, forma, ergonomía, medioambiente, etc. Y en lo que respecta al proceso, a los elementos del sistema productivo. Se trata de generar distintas alternativas para el diseño tecnológico e industrial de la arquitectura del producto y del proceso de fabricación, las fases para su desarrollo son:

- a) Revisión del modelo conceptual
- b) Análisis de Ingeniería Inversa de soluciones tecnológicas y de diseño industrial de productos/procesos líderes/eficientes.
- c) Generar alternativas de diseño preliminar y elegir la más adecuada
- d) Validarla en el mercado/planta productiva.
- e) Desarrollar la ingeniería básica del producto definiendo modelos 3D, prototipos conceptuales, materiales y procesos provisionales. Además de la realización de un modelo económico para la evaluación financiera del producto/proceso.

### **Fase 5: Diseño final e Ingeniería de detalle**

Partiendo de la Ingeniería básica a nivel sistema o de los paquetes de trabajo, subsistemas, según la complejidad del producto, se procede a llevar a cabo una serie de tareas como el

establecimiento definitivo de materiales y procesos, la especificación de tolerancias y parámetros, el Diseño for X: fiabilidad, fabricabilidad, análisis de modo y efecto de fallo, simulación funcional y de uso/comportamiento. Además de que para garantizar la óptima fabricación, se construyen pre-series, se fabrica herramental y se realizan experimentos con la metodología de Taguchi.

Por las características del diseño y desarrollo de la ingeniería concurrente, estas fases no se desarrollan de forma secuencial, sino que muchas de ellas lo hacen de forma simultánea activándose con información inicial incompleta, cuya paralelización es soportada por un sistema de gestión de la información del proyecto en tiempo real mediante sistemas PDM (Product Data Management) y otras técnicas de ingeniería colaborativa en tiempo real, bajo sistemas interoperables.

La metodología para la implementación de Ingeniería Concurrente anteriormente descrita, nos ofrece de manera general una serie de pasos ordenados que de seguirse, nos permitirán la inmersión del PICI en un entorno de Ingeniería Concurrente. Sin embargo para que ello ocurra es necesario realizar una evaluación previa que nos permita conocer el grado de desarrollo del proceso dentro de un entorno concurrente; además de ser el punto de partida para definir los planes de acción para incrementar la realización del proceso dentro de dicho entorno.

### **6.2 Propuesta para el desarrollo del PICI dentro de un entorno de Ingeniería Concurrente**

Como ya se mencionó, el desarrollo del PICI dentro de un entorno de Ingeniería Concurrente trae como beneficios de primera mano la realización de un proceso más eficiente y la generación de una producción más eficaz y rentable, ganando con ello posicionamiento en el mercado y nuevos clientes. A continuación se mostrará el procedimiento utilizado para la realización de un diagnóstico inicial del ambiente en el que se desarrolla el PICI, mismo que fungirá como materia de trabajo para el desarrollo de una metodología de implementación de Ingeniería Concurrente.

La complejidad involucrada en la fabricación de un autobús, ineludiblemente define que el acercamiento realizado hacia el entorno de desarrollo concurrente será a través de un enfoque de empresa. Mismo que exigirá la formación de muchos equipos multidisciplinarios, en los cuales incluso participarán vendedores y proveedores, con la finalidad de intensificar las actividades y resultados del PICI.

### ***Evaluación del ambiente de Ingeniería Concurrente en el que se desarrolla el PICI***

La herramienta utilizada para la evaluación del ambiente en el que se desarrolla el PICI permitió evaluar el grado de presencia de la Ingeniería Concurrente en el desarrollo del Proceso, además de señalar “lo que la empresa necesita realizar para mantener las dimensiones de la Ingeniería Concurrente en equilibrio, y ayudar a planear un mapa de dimensiones para transformar el ambiente de desarrollo del producto de la compañía en un ambiente concurrente. La herramienta se compone de cuatro partes:

- *Encuesta de valoración de la compañía.* Ayuda a determinar el estado actual del ambiente de desarrollo del producto, respecto a las cuatro dimensiones estructurales de la Ingeniería Concurrente. Identifica áreas dentro de cada dimensión.
- *Matriz de los métodos.* Determina, dimensión por dimensión y acercamiento por acercamiento, los métodos generales de la Ingeniería Concurrente que se necesitarán para desarrollar el producto con éxito. Ésta es la visión de la Ingeniería Concurrente que la compañía debe tener.
- *El mapa de las dimensiones.* Nos ayuda a ver las diferencias entre la situación actual de la compañía y dónde debería estar, para cada dimensión de la Ingeniería Concurrente. Ilustra las actuaciones que se necesita realizar, para que las dimensiones estén en equilibrio.

- *Matriz de prioridad.* Nos ayuda a determinar prioridades para empezar a equilibrar las dimensiones y la prioridad para implantar una visión de Ingeniería Concurrente para la compañía.”<sup>26</sup>

### Encuesta de valoración de la compañía

“Para que esta valoración sea útil debe reflejar el ambiente de desarrollo actual del producto, y no los planes que puede tener para cambiarse. Por tanto las preguntas de la encuesta deberán responderse ajustándose a la realidad actual. Las preguntas están agrupadas según las cuatro dimensiones y dentro de éstas se agrupan en las áreas importantes de cada dimensión.”<sup>27</sup> La posibilidad de respuesta a las preguntas realizadas, solo tuvo dos opciones, sí para las acciones involucradas en la pregunta que se estaban realizando consistentemente, ó no si en la compañía no se llevaban a cabo las actividades implicadas en la pregunta. A continuación se muestra la información recabada en la aplicación de la Encuesta de Valoración aplicada al PICI<sup>28</sup> para la fabricación de autobuses:

---

<sup>26</sup> AGUAYO F.- SOLTERO V.Op. Cit. 539

<sup>27</sup> Ibid Pág. 540

<sup>28</sup> Ibid Pág. 540-548

Encuesta de Valoración "Fábrica de Autobuses"

Dimensión organizacional		
Objetivo: Explorar la situación actual en términos de los factores que caracterizan la dimensión de la organización, en un ambiente de Ingeniería Concurrente		
<i>Integración del equipo.</i> Todos los empleados y equipos de trabajo deben conocer cuál es su función y cómo desarrollarla dentro de la estructura a la que pertenecen.		
1. ¿Son entendidas las especificaciones y prioridades de las tareas asignadas a los empleados?	SÍ	NO
2. ¿Es entendido el PICI por cada <i>equipo monodisciplinario</i> ?	SÍ	NO
3. ¿Hay un vocabulario, prioridad y propósito común establecidos para el <i>equipo multidisciplinario del PICI</i> ?	SÍ	NO
4. ¿Son los requisitos, especificaciones, interdependencias y prioridades del producto entendidas por el equipo de la empresa, incluidos cliente y proveedor?	SÍ	NO
<i>Autorización y fortalecimiento.</i> La responsabilidad y el cumplimiento de objetivos, tanto individuales como colectivos, deben ser evaluados e incentivados convenientemente.		
5. ¿Toman las decisiones del plan los supervisores y directivos?	SÍ	NO
6. ¿Son tomadas las decisiones del plan por el <i>equipo monodisciplinario</i> ?	SÍ	NO
7. ¿Son tomadas las decisiones del plan y las renuncias por el <i>equipo multidisciplinario</i> ?	SÍ	NO
8. ¿Participan los representantes del equipo del PICI, que incluye al cliente y los proveedores, en las decisiones?	SÍ	NO
9. ¿Son los individuos responsables para proyectar y completar a tiempo sus tareas, y responsables del resultado de las mismas?	SÍ	NO
10. ¿Es un <i>equipo monodisciplinario</i> responsable del desarrollo de las características técnicas de la ingeniería y su correlación con las especificaciones interdependientes?	SÍ	NO
11. ¿Es un <i>equipo multidisciplinario</i> responsable de las especificaciones del programa, proyectando y relacionándolas con los requisitos?	SÍ	NO
12. ¿Es un equipo de la empresa, que incluye al cliente y a los proveedores, responsable de las especificaciones del plan del sistema?	SÍ	NO
13. ¿Se premia a los individuos por sus contribuciones?	SÍ	NO
14. ¿Se premia a los equipos por sus contribuciones?	SÍ	NO
<i>Entrenamiento y formación.</i> La formación de los individuos y equipos en técnicas de resolución de problemas de forma cooperativa es responsabilidad de los directivos.		
15. ¿Existen entrenamientos adecuados para cada individuo sobre los procedimientos, herramientas y normas que deben usar?	SÍ	NO
16. ¿Tiene el <i>equipo monodisciplinario</i> el conocimiento adecuado de los procedimientos, herramientas y normas relativas a las demás disciplinas?	SÍ	NO
17. ¿Existen equipos adecuados para el entrenamiento efectivo de los miembros del <i>equipo multidisciplinario</i> ?	SÍ	NO
18. ¿Existen equipos adecuados para el entrenamiento efectivo de los miembros del equipo de empresa, incluidos cliente y proveedor?	SÍ	NO
<i>Apoyo a la automatización.</i> La organización debe apostar por la implantación de herramientas que faciliten el acceso a datos del producto.		
19. ¿Son las herramientas para cada disciplina proporcionadas como sistemas autónomos?	SÍ	NO
20. ¿Están centralizadas las herramientas de las cuales dispone el <i>equipo monodisciplinario</i> ?	SÍ	NO
21. ¿Están las herramientas, para cada individuo, integradas dentro del <i>equipo multidisciplinario</i> ?	SÍ	NO
22. ¿Están las herramientas, para cada individuo, integradas dentro del equipo de empresa, incluyendo el proveedor y la asistencia en línea?	SÍ	NO

Figura 22[Elaboración propia]- Encuesta de valoración aplicada al Comité de NCDs de la fábrica de autobuses para recabar información sobre la Dimensión Organizacional.

Encuesta de Valoración "Fábrica de Autobuses"

Dimensión infraestructura de comunicación		
Objetivo: Explorar la disponibilidad de medios de comunicación eficaces, capaces de poner a disposición de quien lo necesite todos los datos actualizados del producto. Esta disposición de datos deberá estar controlada, regulando los accesos a información a los distintos grupos del PICI.		
<i>Gestión del producto.</i> La dirección de producción ve aumentada sus posibilidades de planificación del proceso y control, así como del cumplimiento de plazos con la tecnología de información y comunicación. Los individuos y equipos dispondrán de información actualizada para la gestión del producto si existen canales anchos de comunicación.		
23. ¿Existe correo electrónico a disposición de cada individuo?	SÍ	NO
24. ¿Existen servicios de información, pregunta-respuesta, a disposición de cada individuo?	SÍ	NO
25. ¿Existen bancos de datos interactivos del producto a disposición de cada individuo?	SÍ	NO
26. ¿Existe apoyo a las decisiones de cada individuo?	SÍ	NO
27. ¿Se dirigen las revisiones técnicas e inspecciones a los puntos apropiados?	SÍ	NO
28. ¿Existe una dirección disciplinada y constante para un esfuerzo de proyecto?	SÍ	NO
29. ¿Existen medios de conexión entre todos los aspectos de dirección del proyecto y requisitos del sistema: organización, modelo, procedimiento, método y técnica?	SÍ	NO
30. ¿Se mantienen informados los directivos y los equipos de proyecto interdependientes de cada problema surgido y su estado, de forma simultánea y recíproca?	SÍ	NO
<i>Datos del producto.</i> Las bases de datos del producto deben estar a disposición de quien las necesite, con acceso a cambios en los registros sujetos a las restricciones propias de cada individuo, equipo o departamento.		
31. ¿Son controlados los datos del PICI por los individuos?	SÍ	NO
32. ¿Tienen los individuos del <i>equipo monodisciplinario</i> acceso a todos los datos del PICI relacionados con su disciplina?	SÍ	NO
33. ¿Tienen los individuos acceso electrónico a los datos de PICI relacionados con las diferentes disciplinas involucradas?	SÍ	NO
34. ¿Tienen los individuos y equipos acceso electrónico a los datos de PICI, incluyendo datos de clientes y proveedores?	SÍ	NO
35. Durante el PICI ¿se utilizan y documentan las especificaciones y programas de una manera establecida?	SÍ	NO
36. Los datos del PICI, ¿se guardan, controlan o modifican en bases de datos comunes?	SÍ	NO
37. ¿Está la base de datos del PICI operable o interconectada con las herramientas de diseño automático?	SÍ	NO
38. ¿Están controlados los requisitos, especificaciones y datos del PICI bajo mecanismos automáticos?	SÍ	NO
<i>Retroalimentación.</i> La retroalimentación permite conocer las desviaciones ocurridas, en el PICI, sobre las expectativas del cliente, y posibilita hacer revisiones, en la dirección adecuada, para conseguir un producto de mejor calidad.		
39. ¿Se analizan los problemas desde su raíz y se corrigen?	SÍ	NO
40. ¿Se registran los informes de cada problema, se establecen prioridades y programas para su corrección o rechazo, y se realiza un seguimiento hasta que los problemas se solucionan?	SÍ	NO
41. ¿Se guardan partes de incidencias, informes del problema, y demandas del perfeccionamiento en un banco de datos de decisión y entonces se usan como indicadores para satisfacción del cliente?	SÍ	NO
42. ¿Son analizadas la evolución de los puntos de acción informes del problema, aumentos de demandas y las decisiones tomadas, para mejorar continuamente el PICI?	SÍ	NO

Figura 23[Elaboración propia]- Encuesta de valoración aplicada al Comité de NCDs de la Fábrica de autobuses para recabar información sobre la Dimensión Infraestructura de Comunicación.

### Encuesta de Valoración "Fábrica de Autobuses"

<b>Dimensión de los requerimientos y los requisitos del producto</b>	
Objetivo: Conocer los requisitos internos o propios de la organización (de ingeniería, producción, etc.) y los externos o referidos a la satisfacción de las necesidades y deseos del cliente	
<i>Definición de necesidades o requerimientos.</i> La voz del cliente que ha configurado las características del producto debe ser desplegada en todo el PICI. Esta labor es importante que sea incluida entre las funciones de los equipos de desarrollo.	
43. ¿Se determinan las expectativas del cliente? ¿Se documentan y establecen requisitos?	SÍ NO
44. ¿Son los requisitos del cliente o comerciales del mercado segmentados en especificaciones funcionales establecidas y documentadas?	SÍ NO
45. ¿Existe un seguimiento de las especificaciones funcionales individuales procedentes de los requisitos del cliente o comerciales?	SÍ NO
46. ¿Utiliza el equipo del PICI los requisitos del cliente o comerciales como apoyo a sus decisiones?	SÍ NO
47. ¿Son las expectativas impuestas internamente determinadas y divididas en requisitos del ciclo de vida del producto, establecidos y documentados?	SÍ NO
48. ¿Son los requisitos internos segmentados en especificaciones del ciclo de vida del producto establecidas y documentadas?	SÍ NO
49. ¿Hay un seguimiento de las especificaciones funcionales individuales procedentes de los requisitos del ciclo de vida del producto?	SÍ NO
50. ¿Utiliza el equipo de empresa los requisitos del ciclo de vida del producto como apoyo a sus decisiones?	SÍ NO
<i>Planificación de la metodología de Diseño y Desarrollo.</i> La planificación del diseño del producto debe estar incluido en un proceso jerarquizado con organización <i>top-down</i> .	
51. ¿Existe un proceso de diseño " <i>bottom-up</i> ", en el que todos los individuos contribuyen a la planificación, evaluación y creación de las especificaciones funcionales?	SÍ NO
52. ¿Existe un proceso de diseño " <i>top-down</i> " en el que el cliente, producto y los requisitos de diseño del sistema conducen a especificaciones documentadas para el diseño del subsistema funcional?	SÍ NO
53. ¿Considera el equipo <i>multidisciplinario</i> los <i>análisis trade-off</i> para cambiar la tecnología del producto, estructura de diseño o el proceso de desarrollo-fabricación?	SÍ NO
54. ¿Conducen los requisitos del producto y de diseño del sistema a las tareas y procesos relacionados entre sí?	SÍ NO
<i>Horizonte de Planificación y Programación.</i> La planificación del producto debe alcanzar el medio y largo plazo, además estas perspectivas deben ser revisadas y actualizadas frecuentemente.	
55. ¿Documentan los individuos la planificación a corto plazo antes del comienzo de una tarea?	SÍ NO
56. ¿Solicita la compañía la planificación documentada para su producto a largo plazo?	SÍ NO
57. ¿Usa la compañía métodos de planificación por etapas, a lo largo de varios años, para cada familia del producto?	SÍ NO
58. ¿Evalúa la compañía la optimización del diseño del producto en cuanto a costo, funcionalidad, aptitud para el uso, fiabilidad, rendimiento, funcionamiento, comportamiento y mantenimiento?	SÍ NO
<i>Aprobación (Validación).</i> En la aprobación de los requisitos del producto, dentro del proceso de diseño y desarrollo, deben ser tenidas en cuenta las necesidades del cliente.	
59. ¿Se aprueban las especificaciones funcionales de los subsistemas individuales de acuerdo a los requisitos del cliente?	SÍ NO
60. ¿Se aprueban los requerimientos específicos de cada disciplina de acuerdo a los requisitos del cliente?	SÍ NO
61. ¿Se validan las disciplinas mixtas y requerimientos del proceso en base a los requisitos del cliente?	SÍ NO
62. ¿Se utilizan métodos interactivos para supervisar y advertir al equipo de empresa cuándo ocurre una no conformidad de requerimiento?	SÍ NO
<i>Normas.</i> Todos los elementos integrantes del proceso de diseño y desarrollo del producto deben conocer los procedimientos y normas que los rigen. Estas normas deben estar en sintonía con los requisitos del cliente.	
63. ¿Tiene la compañía un mecanismo para supervisar la conformidad con las normas de diseño aplicables en cada caso?	SÍ NO
64. ¿Usa la compañía las normas de diseño para asegurar la fiabilidad del producto?	SÍ NO
65. ¿Usa la compañía las normas de diseño para asegurar la aptitud del producto para su fabricación, verificación, mantenimiento y uso?	SÍ NO
66. ¿Hace la compañía regularmente la revisión y mejora sus normas de diseño?	SÍ NO

Figura 24[Elaboración propia]. Encuesta de valoración aplicada al Comité de NCDs de la Fábrica de autobuses para recabar información sobre la Dimensión de los requerimientos y requisitos del producto.

Encuesta de Valoración "Fábrica de Autobuses"

Dimensión del desarrollo del producto		
Objetivo: Evaluar la convergencia entre las cualidades del producto y las necesidades del cliente.		
<i>Ingeniería del componente.</i> Los datos necesarios para el diseño deben estar actualizados y a disposición de todos los miembros del equipo de diseño.		
67. ¿Están los individuos responsables a favor del desarrollo de sus propios componentes y referencias de los mismos?	SÍ	NO
68. ¿Se utilizan las normas de la compañía para representar los datos del componente?	SÍ	NO
69. ¿Manejan un solo sistema de información para los datos de los componentes todas las disciplinas diferentes involucradas?	SÍ	NO
70. ¿Está la base de datos del sistema de información unida a una herramienta de apoyo, para ayudar en sus decisiones a cada diseñador a la hora de usar los componentes o las selecciones de cada unidad?	SÍ	NO
<i>Proceso de diseño.</i> Las decisiones de la fase de diseño deberán estar justificadas documentalmente.		
71. ¿Se documentan metódicamente las especificaciones del PICI para que los diseños de sistema, software, hardware o mecanismos sean constantes y repetibles?	SÍ	NO
72. ¿Valoran los análisis para determinación de las funciones del producto, como por ejemplo, la simulación lógica para calibrar la funcionalidad, simulación de defectos para determinar la detectabilidad de un fallo, simulación analógica para verificar parámetros, análisis de elementos finitos para medir resistencias mecánicas?	SÍ	NO
73. ¿Hay una evaluación adecuada para rechazo de la tecnología del producto y unidades del diseño del producto?	SÍ	NO
74. ¿Se utilizan los métodos adecuados que integran procesos y producto?	SÍ	NO
75. ¿Se extrae información del diseño físico para realizar análisis más detallados de los rasgos del producto y el resultado, funcionamiento, rendimiento, comportamiento, prestaciones?	SÍ	NO
76. ¿Consideran los métodos de análisis los procesos aguas abajo, como costo, fiabilidad, aptitud para la fabricación y verificación, y mantenimiento en la fase de diseño conceptual?	SÍ	NO
77. ¿Están presentes los medios informáticos en las herramientas de desarrollo del producto en todas las disciplinas?	SÍ	NO
78. ¿Existen sistemas para asistir la dirección del proceso y apoyo a las decisiones?	SÍ	NO
<i>Optimización.</i> El PICI deberá contar con el mayor número posible de herramientas que conduzcan a la mejora continua del mismo.		
79. ¿Se fijan metas para mejoras del producto y el proceso?	SÍ	NO
80. ¿Se documentan, distribuyen, y analizan las decisiones importantes del proyecto, y los factores que condujeron a ellas para servir de guía en otros proyectos?	SÍ	NO
81. ¿Se utilizan herramientas de modelado y simulación para la planificación y mejora del proceso de diseño?	SÍ	NO
82. ¿Se analiza el diseño del producto, procesos de desarrollo, requisitos, y herramientas concurrentemente, y continuamente se mejoran, como parte de una estrategia de optimización general de la compañía?	SÍ	NO
83. ¿Existe un programa de calificación de proveedores, para selección de los vendedores, productos o herramientas?	SÍ	NO

Figura 25[Elaboración propia]. Encuesta de valoración aplicada al Comité de NCDs de la Fábrica de autobuses para recabar información sobre la Dimensión del desarrollo del producto.

Con las respuestas obtenidas de la aplicación de la encuesta anterior se elaborará el perfil de las dimensiones, pero previo a ello se elaborará la Matriz de los Métodos.

Matriz de Métodos

A través de la matriz de métodos se pretende identificar cuáles son los medios que deberá utilizar la empresa para una introducción exitosa del PICI en un ambiente de Ingeniería Concurrente; dada la complejidad del producto se deberá considerar en todo momento que los métodos a utilizar, serán implementados bajo un enfoque empresa. Tales métodos se sitúan dentro de la matriz para cada factor clave y son sujetos de selección en tanto sea necesario su uso, quedando así de manifiesto cuáles son las líneas de actuación para la introducción del PICI en un ambiente de Ingeniería Concurrente.

Cabe mencionar que resulta de mayor practicidad implementar primero los métodos más sencillos y que vayan de la mano con las posibilidades de la empresa. Una vez conocida la entrada de Ingeniería Concurrente que necesita el producto elegido y la metodología y procesos descritos por la matriz, la compañía necesitará saber que deberá hacer para conseguir esta visión sobre la Ingeniería Concurrente.

ORGANIZACIÓN		INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIONES	
FACTORES CLAVE	APROXIMACIÓN AL ENFOQUE DE EMPRESA	FACTORES CLAVE	APROXIMACIÓN AL ENFOQUE DE EMPRESA
Integración del equipo	Un equipo multidisciplinario posee miembros de todas la empresas, incluidos dirección, proveedores, fabricación, compras, clientes, servicio, y todas las capacidades.	Gestión del producto	El apoyo en las decisiones está disponible para cada individuo. Los problemas y su estado son informados automática y concurrentemente.
Autorización	Los equipos multidisciplinarios seleccionan un líder. Los grupos tienen la responsabilidad de tomar decisiones y de llevarlas a cabo. A los equipos multidisciplinarios le son concedidas .	Datos del producto	Los datos en tiempo real están disponibles entre las empresas. Los requerimientos, especificaciones, y los datos de producto están bajo controles de cambio y versión.
Entrenamiento y formación	Los equipos multidisciplinarios reciben formación a través de las empresas en optimización de tiempos. Las herramientas de simulación interactiva pueden ser usadas para obtener métodos de generación de datos y como potentes examinadores de características y asuntos desde distintas perspectivas, haciendo previsión de propiedades del producto y proceso.	Retroalimentación -Feedback-	La tendencia de los detalles de la acción, informes de problemas, peticiones cursadas, y todas las otras decisiones son analizadas para mejorar continuamente el proceso de desarrollo del producto de la empresa.
Soporte a la automatización	Las herramientas multidisciplinarias son integradas para cada individuo a través del programa. Los datos son reunidos, procesados y puestos al día inmediatamente. Un equipo multidisciplinario puede compartir el hardware y el software. La documentación se integra dentro del proceso.		

Figura 26. Matriz de métodos para la Dimensión de Organización y para la Dimensión de Infraestructura de Comunicaciones.

REQUERIMIENTOS		DESARROLLO DEL PRODUCTO	
FACTORES CLAVE	APROXIMACIÓN AL ENFOQUE DE EMPRESA	FACTORES CLAVE	APROXIMACIÓN AL ENFOQUE DE EMPRESA
Definición de los Requerimientos	Los equipos multidisciplinarios del total de las empresas poseen acceso en línea a los requerimientos del cliente o marketing y los de ciclo de vida del producto como parte del apoyo a las decisiones.	Ingeniería de componentes	El sistema de bases de datos de librerías es desarrollado, controlado, y mantenido a través de las empresas, está unido a una herramienta de apoyo a las decisiones.
Planificación de la Metodología del Proceso	Los requerimientos del producto y del diseño del sistema llevan a interrelacionar tareas y procesos, buscando la integración horizontal y vertical.	Proceso de diseño	Los procesos descendentes de fabricación, mantenimiento, distribución, etc. Son tenidos en cuenta en la fase de diseño de concepto o detalle. El soporte a las decisiones y los sistemas de procesos están en uso en la empresa.
Horizonte de planificación	Los requerimientos de la compañía son la medida de los mejores valores del diseño del producto de cara a los costos, funcionalidad, conveniencia de su uso, fiabilidad, funcionamiento y mantenimiento.	Optimización	Los diseños de productos, desarrollos de procesos, requerimientos, y herramientas son analizadas concurrentemente y continuamente, mejoradas como parte de la estrategia de optimización empresarial. Un programa de calificación de proveedores, junto con una selección de las terceras partes vendedoras de productos y herramientas.
Validación	Los equipos multidisciplinarios del total de la empresa son automáticamente y concurrentemente advertidos cuando ocurre un incumplimiento		
Normas	Las normas de diseño son regularmente revisadas y continuamente mejoradas.		

Figura 27. Matriz de métodos para la Dimensión de Requerimientos (Necesidades) y para la Dimensión de Desarrollo del Producto.

### Mapa de dimensiones

“El mapa de dimensiones es una herramienta que representa gráficamente el estado actual de la empresa y las acciones que son necesarias para la preparación del entorno de Ingeniería Concurrente para un producto determinado.”<sup>29</sup>

Mediante los datos recabados en la encuesta de valoración es posible tener un acercamiento al estado en el que se encuentra la empresa respecto al entorno de Ingeniería Concurrente. Luego a través de la matriz de métodos se podrá identificar las acciones necesarias para la aproximación al ambiente de la Ingeniería Concurrente.

“Las dimensiones que componen el mapa ocupan cada una un cuadrante del mapa (organización, infraestructura de comunicación, necesidades y desarrollo del producto) y a su vez estos cuadrantes están divididos de acuerdo con los factores claves de cada dimensión. Los cuatro anillos concéntricos representan las cuatro entradas de Ingeniería Concurrente (tarea, proyecto, programa y empresa), que se determina por la matriz de métodos.”<sup>30</sup>

<sup>29</sup> AGUAYO F.- SOLTERO V. Op. Cit Pág. 554

<sup>30</sup> AGUAYO F.- SOLTERO V. Op. Cit Pág. 554

“La representación del estado actual se realizará marcando los puntos que han tenido respuesta afirmativa en la encuesta de valoración y uniéndolos a continuación formando el “contorno de estado actual”. El contorno dimensional de equilibrio indica las entradas de Ingeniería Concurrente que necesita la compañía para desarrollar el producto elegido. Las diferencias entre ambos contornos nos indicarán lo equilibrado o desequilibrado que está el entorno de Ingeniería Concurrente actual de la compañía, permitiendo realizar un plan de actuación para la dimensión fuera de equilibrio; o que tengan un exceso de recursos, que deberán ser desplazados a otros factores claves, o buscar la forma de tener un mejor aprovechamiento.

Los puntos fuera de equilibrio deben ser estudiados volviendo al cuestionario para reforzar las actuaciones, organizar y priorizar los puntos de acción, por el equipo responsable de su ejecución.”<sup>31</sup> En la Figura 28 se presenta el diagrama de dimensiones construido con los datos obtenidos de la encuesta de valoración aplicada en la Fábrica de Autobuses.

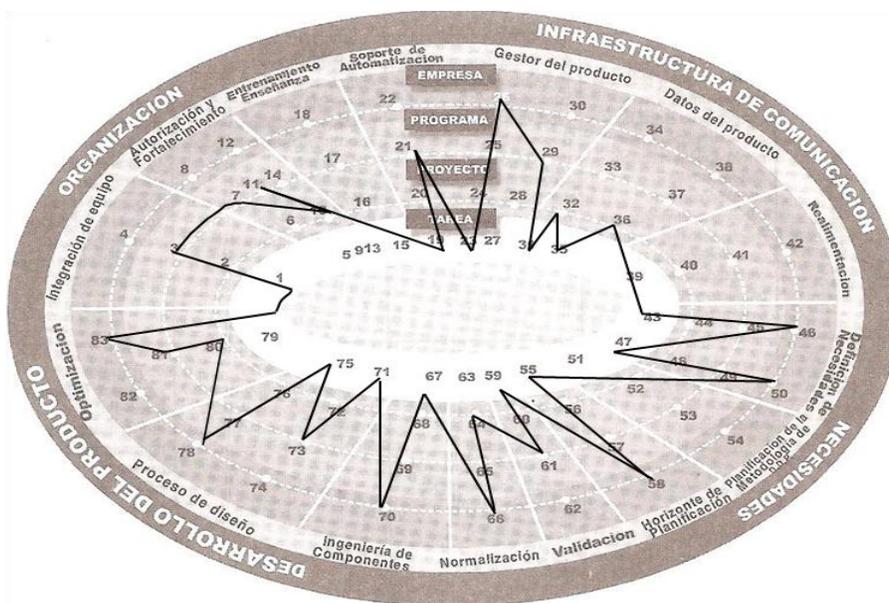


Figura 28. Mapa de dimensiones obtenido con los datos de la encuesta de valoración de la fábrica de autobuses. (Aguayo F.- Soltero V. pág. 554)

A través de la construcción del mapa de dimensiones es posible identificar las dimensiones de Ingeniería Concurrente fuera de equilibrio dentro del enfoque de empresa. Los puntos fuera de equilibrio considerando un enfoque de empresa serán tratados con especial atención, pues

<sup>31</sup> Ibid Pág. 555

mediante su identificación se podrá definir un plan de actuación para aumentar el desempeño del PICI dentro de un entorno de Ingeniería Concurrente. En la Figura 29 es mostrado el mapa de dimensiones obtenido, con un trazo auxiliar que delimita las dimensiones requeridas para la implementación de Ingeniería Concurrente desde un enfoque de empresa.

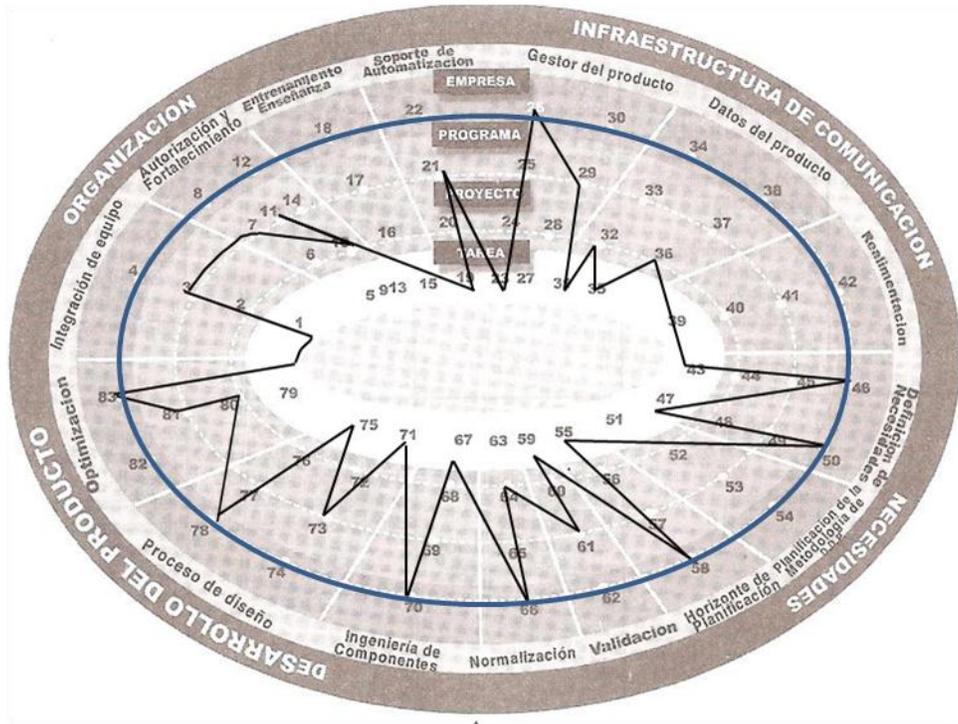


Figura 29. Mapa de dimensiones con trazo auxiliar que permite resaltar las dimensiones fuera de equilibrio.

### Matriz de prioridades

Una vez identificadas las dimensiones fuera de equilibrio dentro del enfoque de empresa es necesario identificar los factores críticos de estas, para luego organizarlos y priorizarlos; y con ello definir un plan de acción que favorezca la obtención de un entorno de Ingeniería Concurrente equilibrado e integrado, que además permita la integración del personal, recursos y procesos. Esto es posible mediante el uso de la matriz de prioridades, la cual se construyó enlistando las preguntas de la encuesta de valoración que de acuerdo al mapa de dimensiones están fuera de equilibrio para el entorno de la Ingeniería Concurrente dentro de un enfoque de empresa, para luego priorizarlos en puntos de acción que de acuerdo al *Comité de NCDs* corresponden a factores clave que, de mejorarse favorecerán notablemente a la obtención de un entorno de Ingeniería Concurrente equilibrado e integrado.

Para la implementación del entorno de Ingeniería Concurrente es necesario definir un plan de actuación tomando como base las acciones sugeridas en la Matriz de Métodos y mostradas previamente en las Figuras 26 y 27 y las prioridades establecidas por el *Comité de NCDs* mediante la matriz de prioridades.

## Capítulo 6. Ingeniería Concurrente como propuesta de mejora al PICI

Factor clave	Pregunta/Punto de acción	Prioridad	Acciones sugeridas en la Matriz de Métodos
<b>Dimensión de organización:</b>			
Integración de equipo	4. ¿Son los requisitos, especificaciones, interdependencias y prioridades del producto entendidas por el equipo de la empresa, incluidos cliente y proveedor?	1	Un equipo multidisciplinario posee miembros de todas la empresas, incluidos dirección, proveedores, fabricación, compras, clientes, servicio, y todas las capacidades.
Autorización y fortalecimiento	8. ¿Participan los representantes del equipo del PICI, que incluye al cliente y los proveedores, en las decisiones? 12. ¿Es un equipo de la empresa, que incluye al cliente y a los proveedores, responsable de las especificaciones del plan del sistema?	1 3	Los equipos multidisciplinarios seleccionan un líder. Los grupos tienen la responsabilidad de tomar decisiones y de llevarlas a cabo. A los equipos multidisciplinarios le son concedidas gratificaciones.
Entrenamiento Enseñanza	18. ¿Existen equipos adecuados para el entrenamiento efectivo de los miembros del equipo de empresa, incluidos cliente y proveedor?	2	Los equipos multidisciplinarios reciben formación a través de las empresas en optimización de tiempos. Las herramientas de simulación interactiva pueden ser usadas para obtener métodos de generación de datos y como potentes examinadores de características y asuntos desde distintas perspectivas, haciendo previsión de propiedades del producto y proceso.
Soporte de automatización	22. ¿Están las herramientas, para cada individuo, integradas dentro del equipo de empresa, incluyendo el proveedor y la asistencia en línea?	3	Las herramientas multidisciplinarias son integradas para cada individuo a través del programa. Los datos son reunidos, procesados y puestos al día inmediatamente. Un equipo multidisciplinario puede compartir el hardware y el software. La documentación se integra dentro del proceso.
<b>Dimensión de infraestructura de comunicación</b>			
Gestor del producto	30. ¿Se mantienen informados los directivos y los equipos de proyecto interdependientes de cada problema surgido y su estado, de forma simultánea y recíproca?	2	El apoyo en las decisiones está disponible para cada individuo. Los problemas y su estado son informados automática y concurrentemente.
Datos del producto	34. ¿Tienen los individuos y equipos acceso electrónico a los datos de PICI, incluyendo datos de clientes y proveedores?	1	Los datos en tiempo real están disponibles entre las empresas. Los requerimientos, especificaciones, y los datos de producto están bajo controles de cambio y versión.
	38. ¿Están controlados los requisitos, especificaciones y datos del PICI bajo mecanismos automáticos?	2	
Realimentación	42. ¿Son analizadas la evolución de los puntos de acción informes del problema, aumentos de demandas y las decisiones tomadas, para mejorar continuamente el PICI?	3	La tendencia de los detalles de la acción, informes de problemas, peticiones cursadas, y todas las otras decisiones son analizadas para mejorar continuamente el proceso de desarrollo del producto de la empresa.
<b>Dimensión de las necesidades el cliente</b>			
Planificación de la metodología del Diseño y Desarrollo del Producto	54. ¿Conducen los requisitos del producto y de diseño del sistema a las tareas y procesos relacionados entre sí?	2	Los requerimientos del producto y del diseño del sistema llevan a interrelacionar tareas y procesos, buscando la integración horizontal y vertical.
Validación	62. ¿Se utilizan métodos interactivos para supervisar y advertir al equipo de empresa cuándo ocurre una no conformidad de requerimiento?	1	Los equipos multidisciplinarios del total de la empresa son automáticamente y concurrentemente advertidos cuando ocurre un incumplimiento.
<b>Dimensión del desarrollo del producto</b>			
Proceso de diseño	74. ¿Se utilizan los métodos adecuados que integran procesos y producto?	1	Los procesos descendentes de fabricación, mantenimiento, distribución, etc. Son tenidos en cuenta en la fase de diseño de concepto o detalle. El soporte a las decisiones y los sistemas de procesos están en uso en la empresa.
Optimización	82. ¿Se analizan el diseño del producto, procesos de desarrollo, requisitos, y herramientas concurrentemente, y continuamente se mejoran, como parte de una estrategia de optimización general de la compañía?	3	Los diseños de productos, desarrollos de procesos, requerimientos, y herramientas son analizadas concurrentemente y continuamente, mejoradas como parte de la estrategia de optimización empresarial. Un programa de calificación de proveedores, junto con una selección de las terceras partes vendedoras de productos y herramientas.

Figura 30. Matriz para la priorización de las dimensiones

De acuerdo a la prioridad asignada por el *Comité de NCDs* a cada punto de acción, a continuación se presenta una propuesta de plan de trabajo para la implementación del *PICI* en un entorno concurrente, tomando como punto de partida los puntos de acción con prioridad 1.

### **Plan de trabajo para puntos de acción con prioridad 1**

#### **Dimensión de organización**

##### **-Integración de equipo:**

Como se expuso en el Capítulo 2 el equipo de trabajo participante en el *PICI* está conformado por un comité extraído de los departamentos de Ingeniería de Desarrollo del Producto, Preparación para la Producción, Ingeniería Industrial, Ingeniería de Procesos, Compras, Planeación de Materiales, Control de Piso y Control de la Producción y sus sesiones de trabajo tienen una duración de una hora tres veces a la semana. Sin embargo para el desarrollo del *PICI* dentro de un entorno de Ingeniería Concurrente no basta con la participación de un comité extraído de diversos departamentos, pues además de ello se requiere la participación de personal de ventas, mercadotecnia, finanzas y principales proveedores de componentes y la participación más activa de los ingenieros de Desarrollo del Producto, de Ingeniería Industrial y de Ingeniería de Procesos con los proveedores para encontrar los materiales más adecuados y los mejores métodos de producción en una fase más temprana del cambio en el diseño.

El desarrollo del *PICI* dentro de un enfoque de *Ingeniería Concurrente* exige la integración del personal perteneciente a la organización con proveedores y clientes, es por ello que surge como necesaria la definición de un *líder de proyecto* que tenga amplio conocimiento sobre el cliente, sus requerimientos y los proveedores, además de poseer una buena relación con el personal de planta, que permita la integración de todas las dimensiones estratégicas de la empresa dentro del proyecto.

Merece otorgar especial importancia a la incorporación del departamento de compras desde una etapa temprana en del Proceso de Diseño y Desarrollo del Producto pues de acuerdo a las prácticas de Ingeniería Concurrente las decisiones sobre comprar o fabricar componentes

tienen que hacerse desde una etapa temprana del proyecto. Asimismo resulta relevante direccionar al personal de compras hacia una visión más amplia de la relación costo/rendimiento de productos y máquinas. Necesitan saber más de los procesos de la planta, y de los de las plantas de proveedores, y tener la capacidad para establecer y mantener relaciones a largo plazo con los proveedores buscando beneficios mutuos desde el principio. Es necesario erradicar de raíz la idea de que los mejores proveedores son los que ofrecen los precios más bajos.

Para mejorar el nivel de involucramiento de todo el personal de la Fábrica de Autobuses implicado en el *PICI* se propone modificar el flujo del proceso como se describe a continuación:

### 1 Formulación de NCD

El proceso de Implementación de Cambios de Ingeniería iniciará desde el momento en el que las áreas de *Ventas & Mercadotecnia* (representando la voz del cliente y del mercado), *Ingeniería del Producto*, *Preparación para la Producción*, *Ingeniería Industrial*, *Ingeniería de Procesos*, *Compras*, *Proveedores*, *Planeación de Materiales*, *Control de la Producción* y *Control de Piso* acuerdan de manera conjunta la Introducción de un cambio en el producto que obedece a estrategias tanto de mercado como de operación. Además de garantizarse que se cuenta con los materiales, procesos y elementos de infraestructura adecuados para la introducción de dicho cambio.

Cabe mencionar que durante esta etapa del proceso son contempladas las nuevas partes a emplearse considerando su línea de producto, las partes a cancelarse. Además son definidas las rutas de fabricación y ensamble para los componentes que así lo requieran.

### 2 Aprobación del NCD vía BDP

*Ingeniería del Producto* oficializará la introducción del cambio a través de la emisión de una Notificación de Cambio en Diseño en la *base de datos electrónica de desarrollo del producto (BDP)*, esta última informará automáticamente vía correo electrónico a las Áreas involucradas la aprobación de la *NCD*.

### **3 Desarrollo de Partes con Proveedor**

El área de *Ingeniería del Producto, Preparación para la Producción, Ingeniería Industrial, Ingeniería de Procesos, Compras y Proveedores* realizan el desarrollo final de las partes de compra a utilizarse, definiendo parámetros específicos para las partes. Asimismo *Preparación para la Producción* capturará el estatus para las nuevas partes en el Sistema de Manufactura Integral (SMI) mientras que *Compras* introducirá los códigos de parte que requieren desarrollo con proveedor en el Sistema Electrónico Global de Compra (SEGC).

### **4 Liberación de la NCD**

*Preparación para la Producción* realizará el análisis de materiales involucrados en el NCD, para que luego el Ingeniero de Industrial realizará el alta de la NCD en el *Sistema de Manufactura Integral* y dará de alta los dibujos de referencia y realizará los cambios de revisión de nuevas parte y dibujos el SMI, y continúa con la complementación de estructura. Al finalizar entrega información a *Ingeniería de Procesos*, y a *Producción* la información técnica generada, en caso de ser necesario.

### **5 Arribo de partes de proveedor**

Si el contenido del NCD comprende el desarrollo de NPs, *Planeación de los Materiales* definirá con el proveedor el inicio de entregas en serie a planta y la cantidad de material a surtir.

### **6 Órdenes de Trabajo**

El analista de *Planeación y Control de la Producción* libera las órdenes de trabajo de acuerdo al programa de producción.

### **7 Verificación del material de Manufactura Interna**

El controlador de piso informa las existencias y cantidad de materiales en órdenes de trabajo en proceso, para todos los materiales definidos como Manufactura Interna que sufren cambios o se cancelan por un NCD.

### **8 Fecha de implementación en el Sistema de Manufactura Integral**

*Preparación para la Producción* define fecha de implementación en el SMI, de acuerdo a la información puntualizada por todas las áreas involucradas en el proceso

### **9 Definición de efectividad**

Los tiempos de desarrollo considerados desde el inicio del proceso para la introducción del cambio deben garantizar que a la fecha de conclusión de las actividades programadas para la introducción de la modificación en el diseño, se cuente con unidades programadas en producción que contengan la combinación de variantes para la cual aplica el cambio. Entonces en esta etapa del *PICI* se define el número económico del primer autobús donde son aplicables los cambios emitidos en el NCD.

### **10 Validación de la implementación física del NCD**

Todas las áreas involucradas en el *PICI* validarán la introducción del cambio en la unidad punto de quiebre y en caso de no cumplimiento a la implementación, se definirán las acciones correctivas para la solución del problema.

En la Figura 31 se muestra el flujograma del Proceso de Implementación de Cambios de Ingeniería para la *fábrica de autobuses* presentado como propuesta.

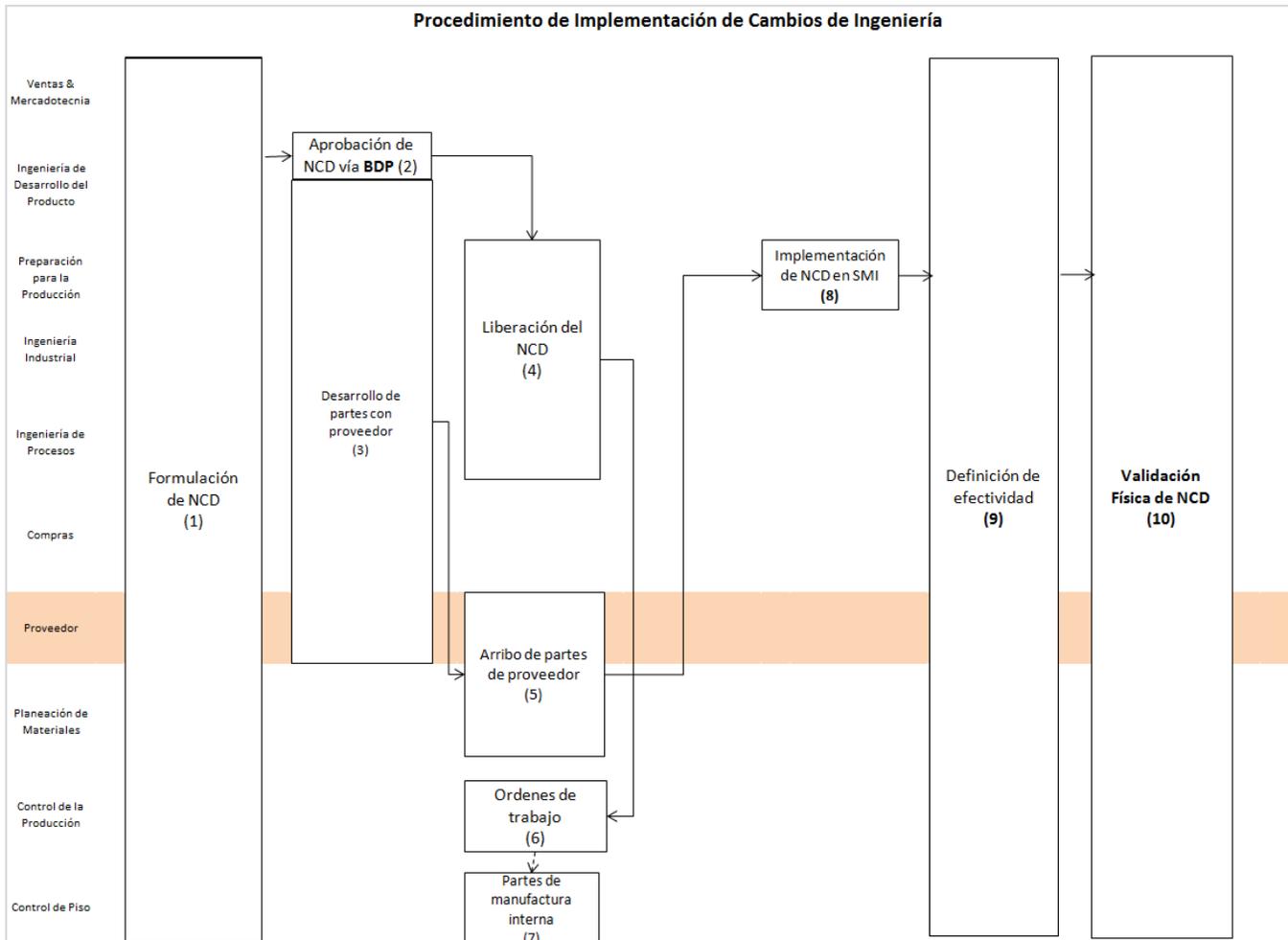


Figura 31 [Elaboración propia]. Flujograma propuesto para el PICI.

El flujo de proceso propuesto para el *PICI* busca enfatizar la realización de actividades bajo un enfoque de grupo de trabajo, a través del cual todo el equipo esté involucrado en el diseño, de modo que las técnicas de simplificación de la producción puedan ser consideradas antes de que comience el trabajo de diseño. Además de contarse con una garantía casi absoluta de que cualquier sugerencia de cambio puede ser introducida antes de que sea demasiado tarde pues el equipo esté implicado en todas las fases. Asimismo el involucramiento de proveedores, ingenieros de producción y compradores desde una fase inicial permite el ofrecimiento de respuestas instantáneas sobre el costo de diferentes materiales, y la posibilidad inmediata de decidir sobre la opción entre comprar o fabricar el componente.

Asimismo resulta indispensable la creación de grupos de trabajo bajo una estructura formal que permita el conocimiento de las funciones y facultamiento de cada integrante, además de

la definición de objetivos estratégicos que incorporen valor al producto y a la empresa misma. Para la creación de un grupo de trabajo alineado al entorno de *Ingeniería Concurrente* se puede hacer uso de una serie de mecanismos de cambio como los que se enlistan a continuación:

- En el modo de trabajo en grupos, la creación de equipos de trabajo o células de diseño con roles de diseño establecidos y mecanismos de comunicación fortalecidos que permitan la transferencia clara de información a otros equipos.
- Establecimiento de estructuras de trabajo autónomas, orientadas a subsistemas con relaciones de interacción definidas.
- Integración de clientes y proveedores.
- Estrategias de integración interorganizacional.
- Disminución de las distancias de campos relacionados, y minimización y aprovechamiento de interfaces.

Con la finalidad de definir con precisión al producto y al proceso desde la fase del diseño, y eliminar la posibilidad de juzgar equivocadamente características y atributos como exigencias de los clientes cuando no es así, ó caso contrario omitirlas cuando constituyen un parte aguas para el proceso y el producto. El Comité de NCDs tiene que comprender el producto con un detalle mucho mayor del que pensaba era necesario, y asumir una perspectiva más amplia de sus responsabilidades. Esto es posible mediante el empleo técnicas que permitan integrar la voz del cliente externo/interno de forma estructurada con el diseño del producto, servicio y proceso de fabricación; una técnica que responde a estos objetivos es QFD (Quality Function Deployment).

“El QFD es un recurso que eslabona las distintas etapas del proceso de diseño y desarrollo del producto permite garantizar el despliegue a lo largo de las etapas del ciclo de vida del producto, las expectativas y los deseos de los clientes externos (mercado), así como de los clientes internos (fabricación y otros departamentos), posibilitando un proceso de DDP integrado y orientado al cliente”<sup>32</sup>.

---

<sup>32</sup> AGUAYO F.-SOLTERO V. Op. Cit Pág. 28

A través de la construcción de diagramas de árbol es posible relacionar necesidades y requerimientos funcionales de distinto nivel. Su proceso constructivo se divide en varias etapas a través de las cuales se genera la estructura arborescente. Debido a las dimensiones del PICI y la cantidad de áreas funcionales que en él participan, es conveniente la utilización de múltiples diagramas de árbol estableciendo múltiples niveles de interacción. A continuación se muestra una propuesta de su uso para determinar las características de las entradas que requieren las diversas áreas involucradas en el PICI para la implementación exitosa de NCDs.

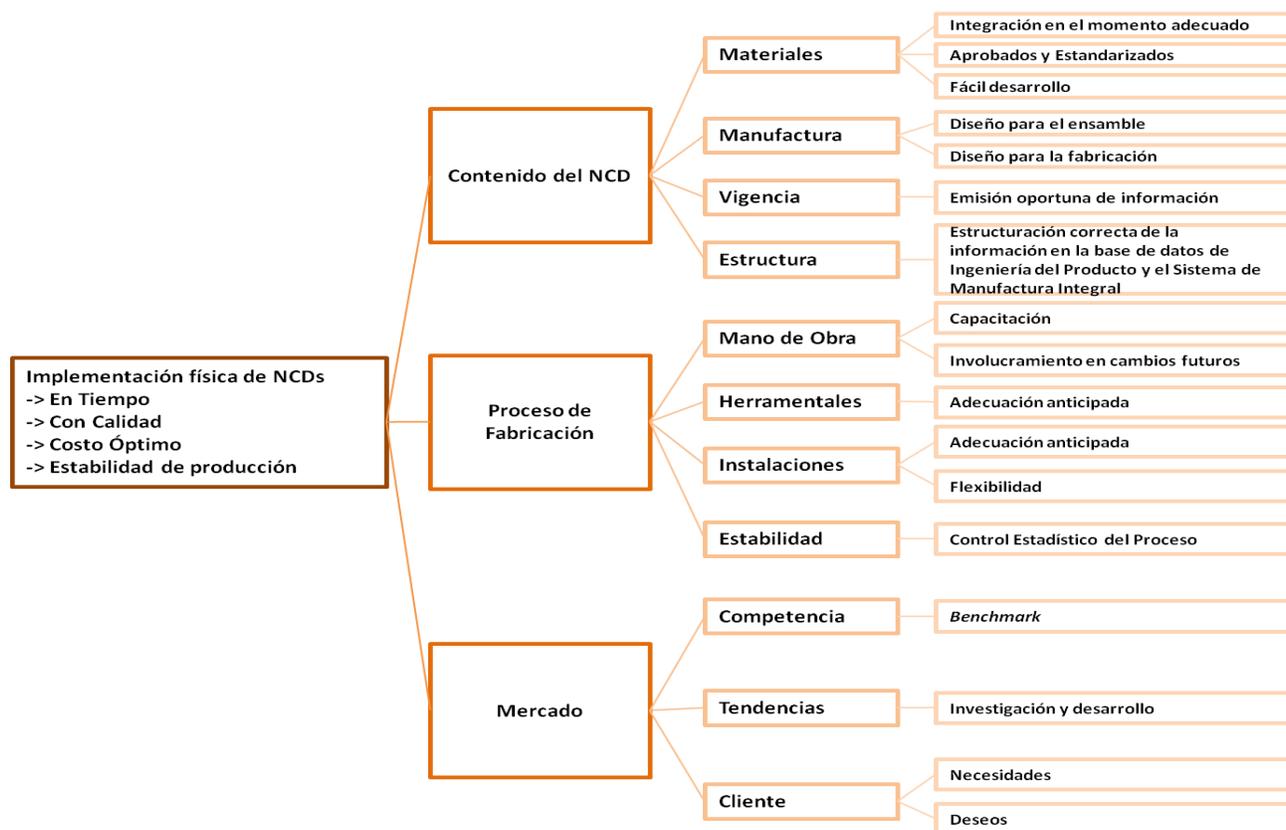


Figura 32. Diagrama de árbol para identificar las características de las entradas requeridas para la implementación exitosa de NCDs.

### Consideraciones para la inclusión de proveedores en el PICI

Como se describió en el Capítulo 5, el 4.81% de NCDs que requirió una implementación física, no fue implementado exitosamente por que los materiales de compra no fueron desarrollados, ó bien las partes de compra no fueron fabricadas conforme a las

especificaciones emitidas en la última revisión emitida por *Ingeniería de Desarrollo del Producto*. Es por ello que toma gran relevancia para el desarrollo del presente trabajo la erradicación de la situación en la que el proveedor es considerado una parte distinta, para pasar a la situación deseable en la Ingeniería Concurrente de que el proveedor es considerado un colaborador, que se une a la consecución de un objetivo común, consistente en la fabricación en el menor tiempo del mercado del mejor autobús, con la mejor calidad y al precio más competitivo.

Por la cantidad de componentes empleados para la fabricación de un autobús y sobre todo por su nivel de complejidad es importante incursionar en la posibilidad de que algunos proveedores pueden ser totalmente responsables del diseño de algunos componentes, además de otorgárseles la confianza para que ellos realicen sus propias pruebas y suministren componentes probados. Tal práctica permitirá en un mediano plazo la integración de la cadena de valor del proveedor con la de la empresa y estimular su participación activa en proyectos.

### **- Autorización y fortalecimiento:**

La definición de equipos de trabajo demandará que estos estén facultados para la inmediata toma de decisiones inherentes a la naturaleza de su desempeño. Cada miembro del equipo deberá percibir su capacidad de decisión y el sentido de responsabilidad que este debe implicar.

Con la autorización a los grupos de trabajo para la toma de sus decisiones y el fortalecimiento de los medios estructurales y de infraestructura para llevarlas a cabo, cada integrante del equipo podrá tener un acercamiento mayor con los objetivos de la empresa, generándose productividad, participación y la definición de planes de actuación alineados con la *misión* y visión de la empresa. Dentro de los elementos que permitirán el fortalecimiento de la participación de los representantes el *PICI* en la toma de decisiones se encuentran:

-Definición y conocimiento de los objetivos del proceso: La definición conjunta de los objetivos del proceso con lineamientos establecidos hacia la misión y estrategias de la

empresa, permitirá concentrar el talento del personal involucrado en el *PICI* en lo que verdaderamente genera valor.

-Autonomía para la utilización de recursos: Si se requiere rapidez en ejecución y la eliminación de burocratización innecesaria se tiene que dar al personal la capacidad de utilizar los recursos de la empresa con autonomía, definiéndose como límite el alcance que pueda tener su puesto para la consecución de los objetivos de la empresa.

-Flexibilidad en normas y políticas: La *Fábrica de Autobuses* deberá contar con normas y políticas de ejecución diseñadas para la realidad vivida, además de garantizar que las mismas se adecúen a las transformaciones que tengan lugar.

-Autonomía en la toma de decisiones: Por su dinamismo, para el *PICI* la velocidad de respuesta es crucial, por ende la autorización para cada decisión derivará en una ejecución muy lenta e insostenible para el propio proceso.

Para un desarrollo eficiente del *PICI* que responda con calidad y rapidez a los requerimientos del cliente en un entorno competitivo, la organización debe otorgar al personal poder de decisión.

### • Dimensión de infraestructura de comunicación

#### -Datos del producto:

La disponibilidad de los datos del producto en tiempo real debe estar al alcance de todos los involucrados en el *PICI*, puesto que una de las dimensiones estratégicas de la Ingeniería Concurrente se torna a la paralelización de actividades, para la cuál es imprescindible el acceso en todo momento a los bancos de información. De igual forma toma gran importancia la necesidad de una gestión de la información que posibilite el desarrollo simultáneo de actividades sin comprometer la buena marcha de otras. Dentro de los atributos que se han de desarrollar para los sistemas de gestión de la información del producto manejados en el *PICI* se encuentran:

- **Integral.** La gestión de la información debe desarrollarse en una base de datos común que integre todas las etapas del *PICI* y del *PDG*, y que invalide la existencia de múltiples aplicaciones informáticas que contrarresten el principio de paralelización.

Esto engloba la necesidad de integrar la base de datos electrónica de desarrollo del producto (BDP), el Sistema de Manufactura Integral (*SMI*) y el *Sistema Electrónico Global de Compra (SEGC)* en una misma base de datos.

- **Completa.** La base de datos debe de albergar aplicaciones para todas las áreas involucradas en el *PICI*.
- **Segura.** El sistema de gestión de la información debe estar proveído de mecanismos de seguridad que soporte controles de difusión de la información y autorizaciones, no sólo para el acceso a información, sino también para que los avances y modificaciones sean validados antes de formar parte de la documentación oficial.

Ante todo se debe buscar que la información del proceso esté disponible para la persona que la requiere en el momento preciso y bajo la forma adecuada. Además de fortalecer la cooperación entre departamentos, el intercambio de información con proveedores y la exploración de mercados. Dentro de las tácticas derivadas de las estrategias de Ingeniería Concurrente que se pueden emplear para la dimensión estructural de la infraestructura de la comunicación se encuentran<sup>33</sup>:

- a) Estrategia de Paralelización: Empleo de máquinas y recursos diseñados para apalancar capacidades humanas, y el uso de sistemas de administración de datos del producto, además de procurar la transferencia de información por el principio de arrastre.
- b) Estrategia de Estandarización: Uso de una base de datos orientada a objetos, teniendo en cuenta el empleo de interfaces estandarizadas de aplicaciones informáticas y la implementación de estándares internacionales.
- c) Estrategia de Integración: Procurar la gestión de la información dentro de plataformas integradas y la realización de retroalimentación informacional.

En resumen, los datos del producto deben administrarse por un sistema que ofrezca en primer lugar la administración segura de información mediante el aseguramiento de la entrega de información a los usuarios en el contexto correcto y con las funcionalidades que permitan proteger los derechos de propiedad intelectual y los privilegios de acceso asociados a las funciones del personal dentro del proceso. Así mismo conviene que este sistema de

---

<sup>33</sup> Aguayo F. -- Soltero V. Metodología del Diseño Industrial, Un enfoque desde la Ingeniería Concurrente. Pág. 57

administración de datos permita la habilitación de procesos para garantizar que tanto el equipo interno de trabajo como los proveedores participen en el ciclo de vida del producto, mediante la ejecución automática de los procesos del flujo de trabajo. Además de contar con las características necesarias para administrar y presentar una lista completa de materiales (BOM por las siglas en inglés *Bill of Materials*).

### • Dimensión de las necesidades del cliente

#### -Validación:

A través de la ejecución de este punto de acción se busca que los equipos multidisciplinarios que participen en el *PICI* sean automáticamente y concurrentemente advertidos de la presencia de incumplimientos en el atributo del producto y sus parámetros de fabricación: costo, calidad y tiempo de entrega. Pues además de fortalecerse de este modo el desarrollo del proceso dentro de un entorno de Ingeniería Concurrente, mediante la realización de este punto se está dando cumplimiento a un requisito de la Norma ISO-9001:2008, sistema de gestión de la calidad en el que la Fábrica de Autobuses se encuentra certificada.

Para la identificación de la presencia de incumplimientos es necesario que el equipo de trabajo implemente mecanismos adecuados para la medición, monitoreo, análisis y mejora de la presencia de éstos. Dentro de los mecanismos sugeridos para la medición del cumplimiento del producto de los requisitos del cliente se encuentra la aplicación de encuestas de satisfacción tanto a los compradores de autobuses como a los usuarios de éstos, el análisis de pérdidas de negocio, las garantías utilizadas y los informes de agentes comerciales.

Es conveniente el monitoreo de las características del producto en las etapas apropiadas del *PICI* de acuerdo con las disposiciones planificadas y criterios de aceptación. Además de la comunicación multidisciplinaria de la aparición de incumplimientos y la definición de acciones para eliminar las causas de éstos. Es necesario el establecimiento de un procedimiento que permita:

- La revisión del incumplimiento
- Determinación de las causas que lo originaron.
- Determinación e Implementación de acciones para erradicarlos

- Registro de resultados
- Revisión de eficacia de las acciones correctivas tomadas.

### Dimensión del desarrollo del producto

#### -Proceso de diseño:

Este punto de acción busca garantizar que los procesos descendentes de fabricación, mantenimiento, distribución y comercialización del producto sean tenidos en cuenta en la fase de diseño de concepto o detalle. Dentro de estos procesos toma especial importancia el de fabricación, cuyo propósito está enfocado al ensamble del autobús a partir de sus componentes con la encomienda de garantizar que una vez integrado, éste funcione correctamente y cumpla con los requerimientos del cliente; evidentemente considerando el empleo óptimo de recursos humanos y materiales.

Para lograr la integración entre el producto y su proceso de fabricación es indispensable que todo el equipo involucrado en el diseño considere las técnicas de simplificación de la producción antes de que comience el trabajo de diseño, y de esta manera sea posible la sugerencia de cambios antes de que sea demasiado tarde. Tales técnicas de simplificación pueden ser conjuntadas dentro del concepto denominado *Diseño para X*.

Las técnicas *Diseño para X* son enunciadas como un conjunto de principios que, de seguirse por el equipo de diseño y desarrollo del producto, garantizan que el producto final cumpla con las características de producción, calidad y ciclo del producto requeridas. Es por ello que su empleo es altamente, si no es que forzosamente, recomendado para el desarrollo del *PDG* en un entorno de Ingeniería Concurrente, con su beneficio directo dentro del *PICI*.

Como se expuso en el Capítulo 5, el 4.91% de NCDs que requirieron implementación física dentro del período de tiempo estudiado, no fue implementado exitosamente por la incompatibilidad existente entre la estructura del diseño y la estructura física del ensamble, ó bien porque los elementos del diseño no contemplaron los requerimientos propios del proceso de fabricación. Aunado a la necesidad de garantizar que las características del producto estén

en sincronía con los procesos de fabricación, mantenimiento, distribución y comercialización, el uso de las siguientes técnicas de Diseño para X se vuelven obligadas:

*Diseño para la fabricación y el ensamble (DFMA por sus siglas en inglés).* Su objetivo principal es asegurar que los componentes puedan ser manipulados fácilmente y ensamblados mediante encaje directo. Considerándose que un componente puede diseñarse de modo tal que éste pueda actuar como guía para el ensamble siguiente. Esta técnica de diseño evita el uso de tolerancias innecesarias y por ende el otorgamiento innecesario de complejidad a partes componentes. Dentro de las prácticas recomendadas por el DFMA se encuentran:

- El empleo de diseños modulares,
- El uso mínimo de piezas.
- El diseño de piezas multifuncionales.
- El diseño para la manufacturabilidad de las piezas.
- La minimización de direcciones de ensamble con la finalidad de que el operador deba seguir la dirección previa.
- La simplificación de sujeciones y ajustes.

Un desarrollo correcto de DFMA permitirá disminuir los tiempos de ensamble, puesto que los ensambles requerirán el uso de una cantidad menor de componentes. Asimismo el empleo de DFMA permitirá reducir los problemas derivados del ensamble incorrecto y facilitará la realización de mantenimiento y reparaciones.

*Análisis de modos de fallos y efectos críticos (FMEA por sus siglas en inglés).* Con esta técnica de diseño se busca identificar los componentes ó ensambles cuya probabilidad de dar lugar a fallos es más grande. Consiste en la evaluación anticipada de las condiciones de operación y el fallo más probable, los efectos del fallo en el rendimiento y la severidad del fallo en el mecanismo. Además de permitir evaluar si hay en un ensamble un número innecesario de componentes, y lo que es mejor, se podrá analizar el producto y el equipo utilizado para utilizarlo.

*Diseño para la manufacturabilidad (DFM por sus siglas en inglés)*. El uso de esta técnica busca garantizar que los componentes concebidos puedan fabricarse con facilidad, en un período de tiempo corto y a un costo óptimo. Su empleo abarca la toma de decisiones respecto a si las piezas serán fabricadas o bien serán adquiridas con un proveedor, además de permitir de manera general:

- Minimizar la complejidad de las partes y favorecer su estandarización.
- Maximizar la compatibilidad entre proceso de fabricación, piezas y ensambles.

Del mismo modo, el empleo de DFM implica acortar los tiempos de desarrollos de parte, considerados para la fábrica de autobuses la principal limitante para la implementación rápida de NCDs.

Como se describió en el Capítulo 5, cerca del 5 % de los NCDs que requieren implementación física, no son implementados exitosamente porque algunos elementos propios de los procesos de fabricación no son contemplados en el diseño; con ello queda fácilmente demostrado que si no hay integración de los procesos de fabricación, en el diseño y desarrollo del producto, no se obtienen buenos resultados. Por lo tanto es necesario que los primeros esfuerzos para mejorar la productividad del *PICI* estén enfocados en las tareas que fortalezcan la incorporación de los requerimientos y características de manufactura desde la concepción del cambio en el producto, además de que esto permitirá el seguimiento de manera directa del proceso de implementación de una categoría de NCDs Tipo A, la de los NCDs categorizados como *PROTUS*.

La consideración de los procesos de fabricación en etapas tempranas del *PICI* traerá de primera mano beneficios como la obtención de un montaje más eficaz, la reducción de los tiempos de fabricación, el surtimiento de materiales en tiempo y forma, la reducción de costos de materiales y mano de obra, la disminución de riesgos de error y la necesidad de ajustes posteriores y el direccionamiento de la fabricación del autobús hacia un esquema modular en el que muchas tareas de montaje puedan efectuarse paralelamente gracias a un enfoque de diseño encaminado al ensamble de la mayor cantidad de componentes fuera de la línea de ensamble. En síntesis la sincronización entre producto y proceso de fabricación permitirá la

construcción con mayor rapidez y efectividad un autobús de máxima calidad y preferencia en el mercado.

Dado que la etapa de implementación de una metodología para la realización del PICI y del propio PDG dentro de un entorno de Ingeniería concurrente, no entra en los alcances del presente trabajo la formulación de la Propuesta para el desarrollo del Proceso de Implementación de Cambios de Ingeniería dentro de un entorno de Ingeniería Concurrente tuvo dentro de sus objetivos principales la definición de los puntos de acción que ha de ejecutar la *Fábrica de Autobuses* para el diseño y desarrollo de sus productos dentro de un enfoque de Ingeniería Concurrente. De igual forma se sugiere que el desempeño del PICI dentro de un entorno de Ingeniería Concurrente, sea medido a través de los siguientes indicadores:

- Tiempo de Procesamiento Global/por Área. Este indicador deberá ser del tipo menos es mejor, es decir el objetivo es ir reduciendo el tiempo de procesamiento para un NCD.
- % de NCDs implementados exitosamente. Este indicador deberá ser del tipo más es mejor, pues medirá la cantidad de cambios que son introducidos exitosamente en la línea.

Una vez alcanzados los niveles deseados tanto en tiempo de procesamiento como en % de NCDs implementados exitosamente, podrá ser planteado el uso de otros medidores que evalúen con mayor detalle el desempeño del PICI. Ejemplo de ello pueden ser: el impacto de la introducción de cambios al costo de producción del autobús, el tiempo que tarde el desarrollo de un concepto hasta la introducción en el mercado, etcétera.

### 6.3 Conclusiones del capítulo

Teniendo en cuenta la complejidad del producto y las características estructurales de la fábrica de autobuses, se puede realizar un acercamiento a la Ingeniería Concurrente a través de un Enfoque de Empresa, el cual exigirá que muchos equipos multidisciplinarios interactúen a través de mecanismos de comunicación efectiva y simultánea, apoyados en el desarrollo de tecnologías de información para el fortalecimiento de los sistemas de gestión de la información del producto. Es de vital importancia que la empresa apueste por el desarrollo de equipos concurrentes pues su desempeño, aunado a la adopción de ciertas técnicas específicas es la respuesta para mejorar los resultados de la compañía.

El empleo de las cuatro herramientas para evaluar el ambiente de Ingeniería Concurrente en el que se desarrolla el *PICI* permitió definir los primeros puntos de actuación para la inmersión del proceso dentro de un entorno concurrente que permita el aumento de su productividad y garantice la introducción de los cambios de diseño a la línea productiva en el tiempo previsto, con los materiales adecuados y a un costo óptimo. Asimismo reflejó la necesidad de fortalecer la cadena de valor con la inclusión de proveedores desde etapas tempranas del *PDG*, lo cual indudablemente creará fuertes relaciones de colaboración con otras empresas y en un mediano plazo originará el establecimiento de empresas subsidiarias o afiliadas de algún modo.

Con el desarrollo del *PDG* y el *PCI* bajo un esquema de Ingeniería Concurrente se logrará que los productos se ajusten perfectamente a las necesidades de los clientes, que los plazos de colocación de productos renovados o nuevos sean más cortos, que el punto muerto económico sea alcanzado más temprano por un empleo más racional de los recursos, que la fabricación sea más simple y barata, el aseguramiento de la calidad, la reducción de los costos de desarrollo, la disminución de la presencia de fallos en campo, y la disminución de los costos de servicio durante toda la vida del producto.

## Conclusiones y recomendaciones

Por el dinamismo del mercado en el que se ofrecen soluciones al transporte comercial, la fábrica de autobuses se ve obligada a introducir regularmente modificaciones al producto para mantener su participación en éste, dichas modificaciones también pueden realizarse con la intención de asegurar que la producción fluya sin sobresaltos ó bien como una estrategia para reducir costos. De ahí surge la importancia del PICI para la estrategia competitiva de la empresa.

Mediante la realización de un Diagnóstico al *Proceso de Implementación de Cambios de Ingeniería* se evidenció que las causas principales de la implementación no exitosa de NCDs son atribuibles a dos factores. El primero es la falta de compatibilidad entre el diseño establecido por Ingeniería del Producto y las características manufactura, mientras que el segundo corresponde al incumplimiento en el desarrollo de partes de compra. Por lo cual se hace necesario la conformación de equipos multidisciplinarios que desde la planificación de la introducción del cambio en el producto proyecten los requerimientos e implicaciones de éste.

El equipo de trabajo involucrado en el *PICI* debe de asegurar la obtención de un producto, el producto que desean los clientes al precio que están dispuestos a pagar; el cual deberá ser colocado en el mercado en un lapso de tiempo que no exceda el presupuesto disponible para ello. Por las prácticas aplicadas en el entorno concurrente la fabricación del autobús podrá realizarse en altos volúmenes sin complicación alguna utilizando maquinaria que ofrezca la flexibilidad suficiente para adecuarse a la fabricación de una gran gama de productos.

La realización de actividades simultáneas considerando la participación de personal multidisciplinario permitirá acortar considerablemente los tiempos de desarrollo del producto, a un grado tal que los ingenieros de fabricación pueden empezar a planificar las instalaciones de fabricación con el mismo concepto con el que los ingenieros de diseño están planificando el objeto a producir. La sincronización entre el producto y su proceso de fabricación asegurará que no se rehará un diseño después de haberse construido el dispositivo para su fabricación, ni se incorporarán componentes incorrectamente desarrollados a los autobuses. En vez de

ello el equipo de trabajo verificará que la actualización en el diseño sólo requerirá adaptaciones mínimas en la infraestructura de fabricación.

Se recomienda ampliamente la inclusión del proveedor como elemento estratégico para el *PICI* pues su amplio conocimiento en los materiales que abastece permitirá el uso de componentes idóneos en el autobús, además de que podrá conferírsele a éste la responsabilidad del desarrollo total de partes y la búsqueda de soluciones nuevas en tiempos más cortos por la amplia información que se pone a su disposición. A continuación se enlistan una serie de técnicas adicionales que se sugiere emplear para aumentar la productividad del *PICI*, éstas se encuentran referidas al fortalecimiento de las relaciones con el personal externo a la empresa pero que indiscutiblemente toma un papel decisivo en la efectividad del proceso:

- **Técnicas enfocadas al conocimiento del cliente (líneas de transporte comercial y usuarios):**
  - Técnicas de QFD
  - Aplicación de encuestas de satisfacción
  - Realización de entrevistas
  - *Creación de escenarios*
  
- **Técnicas enfocadas al fortalecimiento de relaciones de colaboración con los proveedores de materiales, maquinaria y equipo**
  - Participación activa en el *PICI*
  - Establecer sociedades comerciales
  - Desarrollo de Tecnologías de la Información que permitan el acceso en tiempo real a las bases de datos del producto
  
- **Técnicas de involucramiento de la dirección**
  - Inclusión de directivos en los equipos multidisciplinarios
  - Alineación de las actividades del *PICI* con los objetivos estratégicos de la empresa.
  - Establecimiento de mecanismos de retroalimentación.

- **Técnicas de involucramiento de Operarios**

- Inclusión de operarios en los equipos multidisciplinarios
- Utilización de técnicas de Diseño para la Manufactura y Diseño para el Ensamble
- Empleo del *genba genbutsu*, una técnica establecida por una empresa de automóviles que consiste en ir al área en la que se sitúa la producción y observar los hechos, además de recibir del operario sus impresiones sobre las condiciones de fabricación y los ensambles.

A modo de conclusión general de este trabajo, se puede decir que la realización del Diagnóstico al Proceso de Implementación de Cambios de Ingeniería *PICI* tuvo como principal objetivo la identificación de los factores que originan que los cambios emitidos por *Ingeniería del Producto* no lleguen a ser implementados correctamente en producción, teniéndose con ello desperdicios en los recursos invertidos en tratar de introducir cambios no funcionales ó bien cambios retrasados que convertirán a algunos productos en obsoletos. Además de la propuesta de actividades y técnicas para incrementar la productividad del *PICI* con el objetivo de fortalecer la estrategia competitiva de la empresa en torno al ofrecimiento de un producto personalizado, que satisfaga los requerimientos y deseos del cliente con calidad y en el tiempo adecuado.

## Referencias

AGUAYO F.-SOLTERO V. Metodología del Diseño Industrial, Un enfoque desde la Ingeniería Concurrente. Ra – Ma. Madrid. 2006.

ESCALANTE EDGARDO. Seis-sigma: metodología y técnica. Editorial LIMUSA. México. 2008

KRAJEWSKI L. – LARRY P- Administración de operaciones: estrategia y análisis. Pearson Educación. México 2000.

LEVINE D.- KREHBIEL T. Estadística para administración. Pearson Educación. México. 2006

MARTINEZ V. Diagnóstico administrativo. Trillas. México. 2002

MATA F.- LOSILLA A. Diseño y desarrollo de componentes para automoción. [http://www.uclm.es/cr/EUPALMADEN/aaaeupa/boletin\\_informativo/df/boletines/8/Dise%C3%B1o%20y%20desarrollo%20de%20componentes%20para%20automoci%C3%B3n.pdf](http://www.uclm.es/cr/EUPALMADEN/aaaeupa/boletin_informativo/df/boletines/8/Dise%C3%B1o%20y%20desarrollo%20de%20componentes%20para%20automoci%C3%B3n.pdf). Consultada en Noviembre 2012

MUÑOZ D. Enfoque de administración de procesos de negocios. CENGAGE Learning. México, 2009.

VALDEZ S.- AMARO O. Diagnóstico empresarial: Método para identificar, resolver y controlar problemas en las empresas. Trillas. México 1998 (reimp.2005)

VERDOY P.- MATEU J.- SIRVENT R. Manual de control estadístico de calidad: teoría y aplicaciones. Pellicer. 2006