

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

Campus Monterrey

División de Ingeniería y Arquitectura
Programa de Graduados en Ingeniería



“Metodología para Implantación de Mass Customization”

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el grado académico de:

Maestro en Ciencias con
Especialidad en Sistemas de Calidad y Productividad

Por:
Gabriel García Martínez

Monterrey, N. L.

Diciembre de 2006

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA**

Los miembros del comité de tesis recomendamos que el presente proyecto de tesis presentado por el Ing. Gabriel García Martínez sea aceptado como requisito parcial para obtener el grado académico de:

**Maestro en Ciencias con
Especialidad en Sistemas de Calidad y Productividad**

Comité de Tesis:

Dr. Jorge Limón Robles
Asesor

Dr. Neale Ricardo Smith Cornejo
Sinodal

Dr. José Luis González Velarde
Sinodal

Aprobado:

Dr. Francisco Ángel Bello
Director del Programa de Graduados en Ingeniería
Diciembre, 2006

Dedicatoria

A mis papás Rubén y Charito

Por todo el apoyo y cariño que me brindaron
para lograr esta meta

A mi esposa Elena

Por siempre confiar en mí y creer en mis sueños,
por apoyarme durante todo el tiempo que le dediqué a esta tesis
pero sobretodo por el amor que me brinda día a día

A mi hija Greta

Por ser la luz que me motiva a ser mejor todos los días

Agradecimientos

Al Dr. Jorge Limón Robles por sus consejos, apoyo incondicional y las horas extra de dedicación en la asesoría de esta tesis

A mis sinodales Dr. Neale Smith y Dr. José Luis González Velarde por su valiosa contribución a esta tesis

A los directivos de Acuity Brands Lighting por el apoyo brindado para mi preparación académica

ABSTRACT

Los sistemas de producción masiva y de personalización tradicional resultan insuficientes para atender la creciente demanda por productos personalizados ya sea por el alto costo o los largos tiempos de entrega en que incurren para lograrlo.

La estrategia de Mass Customization (personalización masiva) ha surgido en los últimos 20 años como una herramienta para las empresas que desean atender esta demanda en productos donde la variedad es apreciada por el cliente combinando los beneficios de costos y tiempos bajos de producción masiva con la capacidad de ofrecer variedad de personalización tradicional.

Existen muy pocas metodologías desarrolladas para guiar a las empresas en la implantación de Mass Customization y las existentes tienen las siguientes áreas de oportunidad:

- Falta de estructura en los pasos a seguir
- Falta de detalle en las actividades a realizar
- Se basan en supuestos que no aplican en toda organización

En la presente tesis se desarrolló una metodología estructurada para implantar Mass Customization en empresas de manufactura. La tesis presenta 3 etapas para lograr dicha implantación: (1) Diagnóstico preliminar de la conveniencia de implantación, (2) Anteproyecto y (3) Migración a Mass Customization.

Para validar esta tesis se desarrollaron las etapas (1) y (2) en una empresa dedicada a la manufactura de luminarias para uso exterior en donde se pudo determinar que Mass Customization era conveniente de implantar para lograr reducir los tiempos de entrega así como los inventarios de algunos componentes.

Índice de Contenido

	Página
Dedicatoria	III
Agradecimientos	IV
Abstract	V
Índice de Contenido	VI
Índice de Tablas	VIII
Índice de Figuras	IX
CAPITULO 1. Introducción	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del Problema	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo Particular	4
1.3.2 Objetivos Específicos	5
1.4 Alcance y Limitaciones	5
1.5 Descripción del resto del documento	5
CAPITULO 2. Marco Teórico	
2.1 Fundamentos de Mass Customization	7
2.1.1 ¿Qué es Mass Customization?	7
2.1.2 Componentes fundamentales	8
2.1.2.1 Diseño modular	9
2.1.2.2 Configurador de producto	12
2.1.2.3 Modelo de producción	13
2.1.3 Ventajas de Mass Customization	15
2.2 Implementación de Mass Customization	18
2.2.1 Evaluación de la conveniencia de MC	18
2.2.2 Requisitos y/o factores de éxito para la implantación de MC	22
2.2.3 Estrategias de MC	25
2.2.4 Metodologías de implantación existentes	27
CAPITULO 3. Metodología Propuesta	
3.1 Análisis de elementos de metodologías existentes	34
3.2 Descripción de la metodología propuesta	35
3.3 Explicación de las etapas de la metodología	36
3.3.1. ETAPA 1: Diagnóstico preliminar de la conveniencia	36
3.3.1.1 Detección de ventaja competitiva por ofrecer variedad	37
3.3.1.2 Evaluación sobre aplazamiento punto de diferenciación	37
3.3.1.3 Comparativo costo y tiempo de entrega	38
3.3.2. ETAPA 2: Definición del anteproyecto	38
3.3.2.1 Rediseño conceptual del producto	38
3.3.2.2 Diseño conceptual del configurador	40
3.3.2.3 Rediseño conceptual del proceso.....	41

3.3.2.4	Rediseño de la cadena de suministro	43
3.3.2.5	Análisis comparativo entre modelo actual y propuesto	43
3.3.2.6	Evaluación sist. de trabajo y detección de necesidades	44
3.3.3.	ETAPA 3. Migración a Mass Customization	45
3.3.3.1	Compromiso de la alta dirección y creación del equipo de liderazgo	45
3.3.3.2	Refinamiento y ejecución de diseño modular	45
3.3.3.3	Programación de sistema configurador de producto	46
3.3.3.4	Implantación de estrategias de soporte a MC.....	47
3.3.3.5	Go Live!	48
3.3.3.6	Evaluación post-implantación	48
CAPITULO 4. Validación - Caso Práctico		
4.1	Descripción de la Organización	49
4.1.1	Panorama general	49
4.1.2	Productos ofrecidos	50
4.1.3	Estructura Organizacional	50
4.1.4	Sistema de trabajo	51
4.2	Aplicación de la Metodología	51
4.2.1	Diagnóstico preliminar de la conveniencia	51
a)	Detección de ventaja competitiva por ofrecer variedad	51
b)	Evaluación sobre aplazamiento punto de diferenciación	52
c)	Comparativo costo y tiempo de entrega	52
4.2.2	Definición del anteproyecto	53
a)	Rediseño conceptual del producto	53
b)	Diseño conceptual del configurador	58
c)	Rediseño conceptual del proceso	60
d)	Rediseño de la cadena de suministro	64
e)	Análisis comparativo entre modelo actual y propuesto	64
f)	Evaluación sist. de trabajo y detección de necesidades	66
CAPITULO 5. Conclusiones y Recomendaciones		
5.1	Conclusiones	68
5.2	Recomendaciones para estudios posteriores	69
Referencias	70

Índice de Tablas

Página

CAPITULO 2

2.1. Conceptos utilizados para definición de Mass Customization por autor.....	8
2.2. Comparativo entre Producción en Masa y Mass Customization	16
2.3. Ventajas y desventajas de MC –perspectiva de la empresa-	17
2.4. Ventajas y desventajas de MC –perspectiva del cliente-	18
2.5. Factores que afectan el éxito en la implantación de MC	23
2.6. Metodología para implantación MC de Partanen y Haapasalo	28

CAPITULO 3

3.1. Elementos en metodologías existentes para implantación de MC	34
3.2. Guía para determinación de necesidades previas a implantación de Mass Customization	44

CAPITULO 4

4.1. Análisis de opciones eléctricas ofrecidas en producto 250W HPS CWA	55
4.2. Comparativo entre modelos actual y propuesto	65
4.3. Evaluación de sistemas de trabajo para determinar necesidades.....	66

Índice de Figuras

Página

CAPITULO 2

2.1. Combinaciones de módulos para ofrecer variedad de producto	9
2.2. Implicaciones estructurales y visiones de PFA	10
2.3. Pantalla de configuración de Dell (www.dell.com)	13
2.4. Esquema de producción para Mass Customization	15
2.5. Áreas a evaluar antes de iniciar MC	18
2.6. Diagrama de proceso para la evaluación de conveniencia de implantación Mass Customization (Monrroy, 2005).....	21
2.7. Arquitecturas de familia de producto para SMC y HMC	25
2.8. Estrategia para SMC	26
2.9. Estrategia para HMC	26

CAPITULO 3

3.1. Configurador de relojes www.121time.com	41
---	----

CAPITULO 4

4.1. Principales productos de iluminación exterior	50
4.2. Diagrama esquemático de los componentes en módulos propuestos para el sistema eléctrico	56
4.3. Aplicación de módulos propuestos para sistema eléctrico	57
4.4. Catálogo de productos para la familia de productos 75	59
4.5. Propuesta del configurador de producto.....	60
4.6. Flujo actual de información y materiales para surtir una orden	61
4.7. Flujo propuesto de información y materiales para surtir una orden	62

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En el siglo XVIII la producción artesanal era el modelo establecido para fabricar productos. Este modelo de *personalización tradicional* tenía la característica de entregar al cliente exactamente sus requerimientos a cambio de un alto costo y largo tiempo de entrega.

Sin embargo, Henry Ford generó una revolución durante la década de 1920 al establecer los principios de la *producción en masa*, la cual tenía sus fundamentos en la división del trabajo, el intercambio de partes, el principio de flujo de material así como en la búsqueda de bajos costos. Uno de los requisitos establecidos por Ford era la eliminación de cambios de modelo.

A partir de estos conceptos, nació el término economías de escala, mecanismo en el cual mientras mayor sea la producción de la empresa, los costos unitarios se reducen (Pine, 1993).

Durante gran parte del siglo pasado, la producción en masa fue la estrategia clave de manufactura para fabricar eficientemente bienes a costos muy bajos.

Estos 2 modelos pueden ejemplificarse claramente en la adquisición de un traje:

Mientras que la adquisición por medio de un sastre garantiza el ajuste exacto a las medidas del cliente, el costo es alto al igual que el tiempo de entrega. Por otro lado, el adquirirlo en una tienda donde manejan tallas estándar de las cuales el cliente debe aceptar la que mejor acomoda a sus medidas resultando en un precio más barato y la entrega es inmediata.

Las preferencias de los clientes se fueron especializando y la necesidad de satisfacer dicha demanda personalizada manteniendo bajos costos de producción orilló a las compañías a realizar un cambio de paradigma en la forma de administrarse (The Economist, 2000), dicho paradigma fue nombrado *Mass Customization* (MC) por Stan Davis en 1987.

Mass Customization permite a las empresas la conjugación de los beneficios económicos de la producción en masa (costos bajos, respuesta rápida) con los de adecuación a las necesidades específicas de los clientes (variedad y personalización). MC consigue costos bajos mediante *economías de alcance* – la aplicación de un proceso para producir una gran variedad de bienes y servicios más barato y rápidamente.

El principio de MC está basado en el diseño modular del producto y la participación del cliente en el proceso de diseño (Duray, 2000).

MC plantea adicionalmente otros beneficios pues el contacto directo con el cliente permite:

- Venta directa y eliminación de minoristas
- Moldeo de la demanda
- Administración de ingresos

Apoyado en la tecnología del siglo XX, MC está causando que el mercado de masas esté cediendo su lugar al mercado individual o de nichos. (Brady, et.al 2000)

Mass Customization no es una solución para todas las empresas ya que requiere que el mercado esté dispuesto a valorar la personalización y a invertir tiempo en configurar su propio producto. Algunos estudios tales como los de

Berman (2002) y Monrroy (2005) muestran técnicas para determinar la conveniencia de su implantación desde el punto de vista operativo y financiero.

1.2 Planteamiento del problema

Uno de los grandes problemas que se tiene con MC es que abunda la información sobre sus principios, ventajas, prerequisites, etc. pero es poca la información sobre cómo llevar a cabo implementaciones exitosas de ellas o bien las metodologías se apoyan en algunos supuestos que aplican para un bajo porcentaje de las empresas

Berman (2002) desarrolló un cuestionario para que las empresas determinen la conveniencia de la implantación, sin embargo este trabajo es meramente un método subjetivo de decisión y no involucra una metodología de implementación.

Monrroy (2005) propuso una metodología que con base en un resultado numérico y comparable ayuda a definir si a una empresa le es conveniente en términos financieros aplicar o no MC. Esta metodología tiene como supuesto que la empresa fabrica productos para ser almacenados (make to stock).

Salvador, et.al. presentaron en el 2002 una propuesta de cómo llevar a cabo MC en una empresa. Dicho estudio incluye un análisis previo al diseño sobre la decisión de qué productos personalizar y a qué grado pero no profundizan en el diseño de estrategias de interfase con el cliente.

Por otro lado, McCarthy (2004) compila una selección de artículos sobre cómo realizar diversos aspectos de MC como el diseño modular, aplazamiento de la diferenciación de productos, etc. pero se mantienen como documentos aislados sin tener una estructura.

Partanen y Haapasalo (2004) presentaron un modelo para la implementación de MC con base en las experiencias obtenidas durante la implementación de MC realizada en una empresa de electrónicos en Finlandia. El modelo lista las acciones a realizar pero no detalla los pasos involucrados en dichas acciones ni hace referencia hacia fuentes bibliográficas que pudieran proporcionar mayor información sobre el método.

Skjelstad, et al. (2005) presento una guía para la implementación de MC, sin embargo opera bajo el supuesto que a toda organización le es conveniente implantar Mass Customization

Por lo anterior se considera que no existe actualmente una metodología que muestre en forma satisfactoria los pasos a seguir para una implementación exitosa de Mass Customization.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos particulares

El objetivo de la presente tesis es desarrollar una metodología estructurada para la implementación de Mass Customization en empresas de manufactura que sirva como referencia en futuros proyectos de implantación.

1.3.2 Objetivos específicos

La metodología a desarrollar deberá tener las siguientes características:

- Ser lo suficientemente genérica para aplicarse en cualquier empresa de manufactura independientemente del esquema de producción actual (producción en masa o personalización tradicional)

- Tener una secuencia de pasos o etapas estructurada a seguir durante la implementación
- Contar con explicación detallada de las actividades a realizar en cada una de las etapas

1.4 Alcance y Limitaciones

La metodología propuesta se validará mediante el análisis de un caso práctico en una empresa manufacturera donde se tenga evidencia de la conveniencia de aplicar MC dadas las características de sus productos y de su mercado.

La validación incluirá los siguientes elementos:

- Análisis de la situación actual
- Identificación de la conveniencia de la implementación
- Descripción detallada de los pasos a seguir para implementar MC

El diseño de esta metodología permitirá a empresas de manufactura establecer un programa dentro de su organización para llevar a cabo la implementación exitosa de MC tomando en cuenta los aspectos desde la definición del alcance hasta la validación de los beneficios que la organización obtendrá por la implementación.

Dado el tiempo y los recursos necesarios para validar la etapa 3 de esta metodología, quedará fuera del alcance de esta tesis.

1.5 Descripción del resto del documento

En el capítulo 2 de esta tesis se desarrollarán los fundamentos teóricos encontrados en la literatura relativos a Mass Customization describiendo sus

componentes fundamentales: estructura modular, configurador de producto y modelo de producción.

Posteriormente se enumerarán las ventajas que representa MC para las empresas así como para los consumidores y por último se presentarán las metodologías de implementación que hasta el momento han desarrollado algunos autores.

En el capítulo 3 se realizará un análisis de las metodologías de implementación de MC desarrolladas anteriormente para determinar los elementos clave y se propondrá una solución integral que contenga los mejores elementos para implementar exitosamente MC en una empresa de manufactura.

En el capítulo 4 la metodología propuesta será validada mediante la aplicación en un caso práctico de una empresa fabricante de luminarias para uso exterior con una gran variedad de productos ofrecidos al mercado.

El capítulo 5 presentará el resultado de la validación de la metodología de implementación así como las conclusiones de este proyecto junto con las recomendaciones para estudios posteriores.

2. MARCO TEÓRICO

Este capítulo expone la caracterización de la estrategia de Mass Customization, sus principales elementos, las ventajas que esta supone frente a modelos anteriores de producción así como el establecimiento de cuándo debe utilizarse MC en una empresa y qué requisitos deben existir para su implantación.

Posteriormente se muestran las alternativas existentes en la literatura para la implantación de Mass Customization.

2.1 Fundamentos de Mass Customization

2.1.1 ¿Qué es Mass Customization?

El término Mass Customization ha ido tomando forma en los últimos 20 años, diversos autores han generado definiciones para el término Mass Customization:

Davis (1987) la definió como el proceso donde el mismo número de clientes son abastecidos al estilo de los mercados en masa de la economía industrial y simultáneamente son tratados individualmente como en los mercados personalizados de las economías pre-industriales.

Pine (1993) simplificó el término como la habilidad de fabricar en masa productos personalizados.

Hart (1995) utilizó 2 definiciones –visionaria y práctica- dado la dificultad de que una empresa lleve a cabo la visión general que se tiene de este término.

Su definición visionaria es la habilidad para proveer a los clientes lo que ellos necesitan, en el momento que lo necesitan, donde lo necesitan y como lo necesitan de manera que siga siendo provechoso para la organización llevarlo a cabo. Su definición práctica es el uso de procesos flexibles y estructuras organizacionales para producir productos variados y por lo general adecuados al gusto del cliente a los costos bajos de los sistemas estandarizados de producción en masa.

Peña Suárez (2004) sintetizó los conceptos que diversos autores utilizan para definir Mass Customization, algunos de estos autores se muestran en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Conceptos utilizados para definición de Mass Customization por autor

Concepto	Davis	Pine	Tseng y Piller	Hart	Jiao, et al.	Duray	Arder y Louw
Productos personalizados	X	x	x	x	X	X	x
Costos producción en masa	X	x	x	x		X	x
Uso de procesos flexibles	x	x		x			
Estructura organizacional	x		x	x			
Variedad de productos		x		x			
Respuesta rápida	x		x				x

En esta tesis se tomará como referencia la definición de Tseng y Piller (2003) quienes la refieren como las tecnologías y sistemas necesarios para entregar productos y servicios que cumplan con las necesidades individuales de los clientes con una eficiencia *cercana* a la de un sistema de producción en masa.

2.1.2 Componentes de Mass Customization

Mass Customization tiene 3 componentes fundamentales: diseño o arquitectura de producto modular, el uso de configuradores de producto y el esquema de producción combinando métodos push-pull.

2.1.2.1 Diseño de producto modular

La factibilidad de implementar Mass Customization parte de tener una arquitectura de producto que permita aprovechar el intercambio de partes, con lo cual se puede administrar la variedad de opciones ofrecidas y soportar la proliferación de futuros diseños.

Dicho intercambio de componentes ya sea en forma individual o en grupos deriva el término de módulo (Jose, et. al , 2005) . De acuerdo a la Fig. 2.1 desarrollada por Elgard y Miller (1998), el número de productos que pueden desarrollarse depende de la cantidad de versiones para cada módulo y de las características de su acoplamiento (interfase), el cual permite la posibilidad de combinar los módulos.

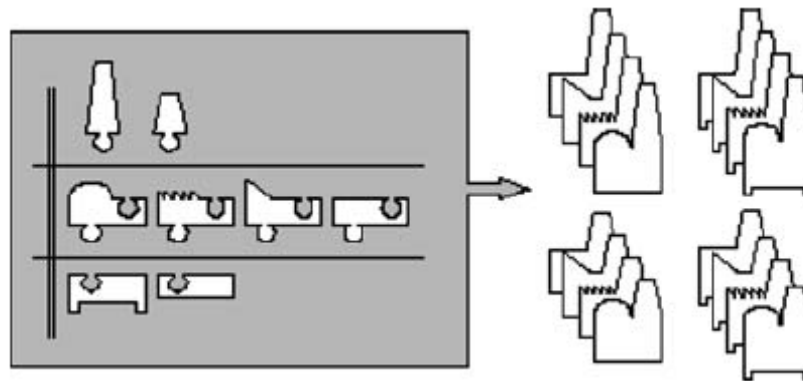


Figura 2.1. Combinaciones de módulos para ofrecer variedad de producto

Algunos autores han propuesto metodologías para desarrollar dichas arquitecturas de producto en empresas que actualmente carecen de ellas.

Jiao y Tseng (1999) publicaron una metodología para desarrollar arquitecturas de familias producto (PFA) para Mass Customization. Su metodología parte de la identificación de 3 elementos de PFA: la visión funcional, la visión técnica y la

visión física. Estas 3 visiones y sus implicaciones estructurales son representadas en la Figura 2.2.

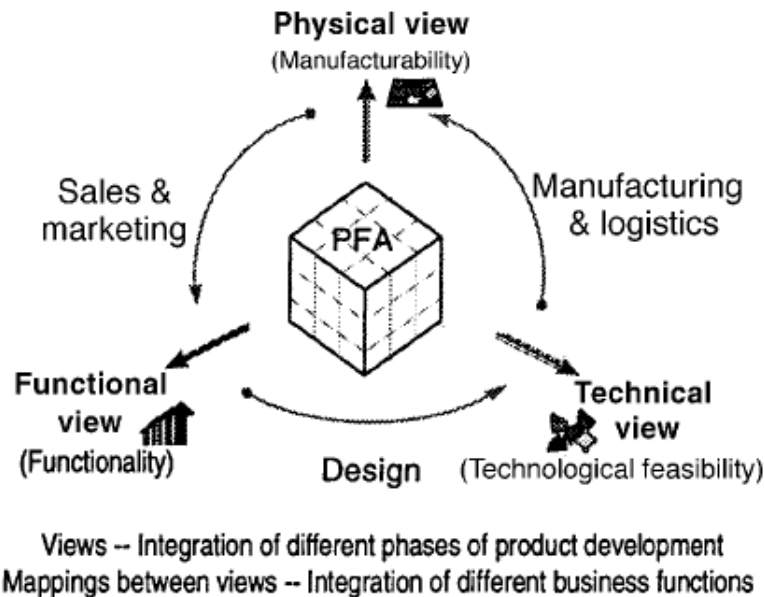


Figura 2.2. Implicaciones estructurales y visiones de PFA

A partir de estas visiones, la metodología de Jiao y Tseng marca la secuencia para definir una estructura o arquitectura modular: modelación funcional, modelación técnica y por último la modelación física.

Modelación funcional a través de un análisis de requisitos del cliente

1. Formulación inductiva de requisitos funcionales (FR) basado en productos actuales.
2. Refinación deductiva de FR's basado en estrategias de producto
3. Recolección de datos sobre demanda
4. Clasificación de clientes
5. Clasificación funcional para cada grupo de clientes
6. Determinación de valores FR objetivo para la planeación de familia de productos.
7. Representación de la visión funcional de una familia de productos

Modelación técnica a través de soluciones tecnológicas de modularización

1. Formulación de parámetros de diseño (DP)
2. Documentación de las relaciones FR-DP
3. Exploración de la modularización técnica
4. Representación de módulos de diseño.
5. Establecer estructura modular

Modelación física a través de evaluación económica de módulos físicos

1. Determinación de las instancias físicas de los módulos de acuerdo a las capacidades de proceso disponibles
2. Formulación de módulos físicos candidatos
3. Medición del desempeño de un módulo físico
4. Estimación del costo de un módulo físico
5. Evaluación económica de construcción de bloques
6. Establecimiento de la estructura de configuración para cada familia de productos

Asan, et. al. (2004) propone una metodología para diseño modular basada en el esquema “análisis de requisitos-descomposición-composición-evaluación del diseño”, tras criticar la mayoría de las metodologías existentes por enfocarse exclusivamente en el proceso de modularización (descomposición-composición).

La metodología propuesta cuenta con 8 etapas:

1. Análisis del producto, portafolio, mercado y segmento
2. Análisis de qué tan apropiado es modularizar

3. Evaluación del grado de modularidad
4. Estrategias para diseño modular
5. Identificación y análisis de las necesidades de los clientes
6. Proceso de modularización
7. Diseño y desarrollo de módulos
8. Desempeño del sistema modular

2.1.2.2 Configurador de producto

El configurador de producto es el medio de enlace de la empresa con el cliente para que este diseñe a su medida el producto que desea adquirir y reemplaza el catálogo de productos utilizado en modelos de producción en masa.

Un configurador consiste en un software con la lógica programada para crear y mantener modelos electrónicos de un producto que permite la definición completa de todas las opciones de un producto así como las posibles combinaciones entre ellas y que requiere un mínimo de entrada de datos y bajo mantenimiento. (Bourke, 2000)

A medida que el cliente va seleccionando opciones deseadas del producto, el configurador de producto va enlazando módulos predefinidos y formando el listado de materiales que su producto llevará.

El configurador de producto requiere que el departamento de Diseño defina “estructuras genéricas de producto” o módulos que cubran todas las combinaciones del producto y que valide la generación de listados de materiales.

Los configuradores de producto han sido llevados desde los escritorios de los agentes de venta hasta el cliente gracias al desarrollo de herramientas en Internet que junto con programas de diseño (CAD) muestran gráficamente al cliente cómo quedará terminado su producto previo a la compra.

Uno de los ejemplos de configuradores de producto en Internet más representativos de Mass Customization es el de las computadoras Dell (www.dell.com) donde el cliente selecciona el tipo de CPU, pantalla/monitor, sistemas operativos y periféricos que desea en su computadora con una actualización inmediata en el precio y la presentación del producto final. La pantalla de configuración de esta empresa se muestra en la figura 2.3.



Figura 2.3. Pantalla de configuración de Dell (www.dell.com)

2.1.2.3 Esquema de producción para Mass Customization

El esquema de producción en masa consistente en mantener inventarios de productos terminados (make-to-stock) para surtir cuanto antes a los clientes se ha caracterizado por tener los siguientes problemas (Wallace y Stahl, 2005):

- Existe un costo por mantener el inventario
- Se requiere de un pronóstico para determinar qué producto hay que fabricar. Dicho pronóstico tiene un alto grado de incertidumbre.
- Suele suceder que no se tiene inventario del producto que el cliente requiere y por otro lado, se tiene inventario de productos no requeridos
- Los productos no requeridos tienden a hacerse obsoletos

Mass Customization utiliza un esquema combinado de producción del esquema de producción en masa y de ensamble a la orden (make-to-order) para lograr cumplir sus principios fundamentales –productos personalizados y costos cercanos a producción en masa.

Para ello es necesario definir un punto de personalización o de diferenciación, que se define como el punto a partir del cual el producto se continúa fabricando conforme a los requerimientos específicos del cliente. (Ramachandran, 2002)

Este punto define la frontera entre sistemas tipo push donde los materiales son fabricados en masa y sistemas tipo pull donde los materiales son utilizados al momento en que el cliente genera la orden.

En Mass Customization los módulos predefinidos son fabricados a gran escala (producción en masa); dichos módulos son generalmente fabricados o pre-ensamblados por proveedores. Se guarda inventario de estos materiales en proceso y son ensamblados entre sí hasta que se recibe una orden del cliente. Este esquema se encuentra representado en la figura 2.4.

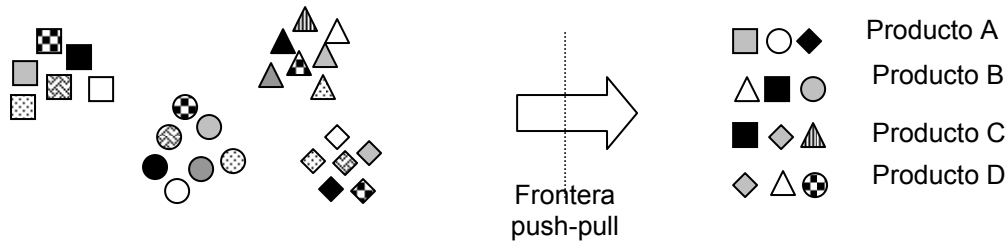


Figura 2.4. Esquema de producción para Mass Customization.

2.1.3. Ventajas de Mass Customization

La tabla 2.2 muestra un comparativo realizado por Pine (1993) entre los modelos de producción en masa y de Mass Customization.

Tabla 2.2. Comparativo entre Producción en Masa y Mass Customization

	Producción en Masa	Mass Customization
Enfoque	Eficiencia a través de estabilidad y control	Variedad y personalización a través de flexibilidad y rapidez de reacción
Meta	Desarrollar productos y servicios a precios lo suficientemente bajos para que casi cualquiera pueda adquirirlos	Desarrollar productos y servicios con suficiente variedad y personalización tal que casi cualquiera encuentre lo que quiere a precio cercano a producción en masa
Características principales	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda estable • Mercado homogéneo • Bienes y servicios estándar, de bajo costo y calidad consistente • Ciclos de vida y desarrollo de producto largos 	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda fragmentada • Nichos heterogéneos • Bienes y servicios personalizados de bajo costo y alta calidad. • Ciclos de vida y desarrollo de producto cortos

Los principales autores sobre el tema han listado las siguientes ventajas de Mass Customization:

- Costo de producción similar al de producción en masa.
- Variedad y personalización (casi todos encuentran exactamente lo que ellos buscan)

- Respuesta rápida (“Lead Time” = Tiempo de personalización).
- Ventajas adicionales del contacto directo con el cliente
 - Se evitan los minoristas (puede reducirse el precio)
 - El moldeo de la demanda (mediante promociones y ajuste de precios) permite obtener una demanda más estable.
 - “Revenue Management” se puede usar para maximizar ganancias (subiendo inmediatamente los precios para productos muy populares.)

Kotha (1995) enlistó los beneficios de MC en 2 grupos:

Ahorro en costos derivados de:

- No tener inventario de producto terminado y una reducción sustancial en el WIP
- Eliminación de productos obsoletos causados por cambios anuales de modelos e introducciones de nuevos productos
- Eliminación de pronósticos elaborados (y erróneos) característicos de la producción en masa
- Administración de datos en el punto donde se agrega valor
- Eliminación de actividades de la cadena de valor

El reforzar la habilidad de las empresas para:

- La utilización efectiva de empleados motivados y multidisciplinarios
- Refinar la capacidad de ingeniería y manufactura existentes para incrementar la flexibilidad
- Promover la conducta de aprendizaje continuo y difusión de las mejores prácticas

- Introducción rápida de nuevos productos y mayor capacidad de respuesta a las tendencias del mercado
- Establecer precios premium al satisfacer requerimientos únicos de los clientes

Por otro lado reporta que MC trae los siguientes costos asociados:

- Tecnologías avanzadas de manufactura y sistemas de información
- Recursos de ingeniería para desarrollar productos y procesos in-house
- Nómina más alta por el empleo de personal con mayores habilidades
- Tiempo administrativo necesario para implementar MC en un segmento de mercado relativamente pequeño
- Equipamiento y capacitación a vendedores para que las órdenes de compra sean registradas exactamente como el cliente las pidió

Piotrowski (2004) presentó las ventajas y desventajas de Mass Customization desde la perspectiva de la empresa así como de la del cliente. Ambas perspectivas se muestran en las tablas 2.3 y 2.4

Tabla 2.3. Ventajas y desventajas de MC –perspectiva de la empresa-

Advantages	Disadvantages
<ul style="list-style-type: none"> ▪ might help to obtain competitive advantage ▪ cost reduction (storage costs, costs related to the products not sold) ▪ higher incomes – agents profit margin in mass production might fall into manufacturers account, moreover customers are ready to pay higher price for customized product ▪ building customer loyalty ▪ better needs analysis – customers through designing their own products provide some information related to theirs preferences ▪ manufacturer less endangered by demand and preferences changes (market turbulences) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ high requirements as regards the management and production systems ▪ sometimes expensive investment in IT, flexible manufacturing systems, trainings necessary ▪ risk of failure – apart from mass customization success stories, there are some failure cases too

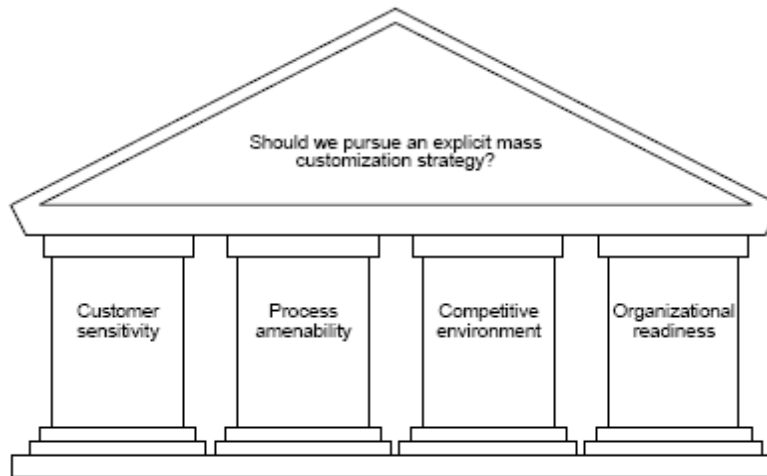
Tabla 2.4. Ventajas y desventajas de MC – perspectiva del cliente-

Advantages	Disadvantages
<ul style="list-style-type: none"> ▪ product better fits customers' preferences ▪ higher opportunities to assess alternatives ▪ purchase is possible regardless of place and time (in case of purchase via Internet) ▪ customers convenience 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ longer delivery period ▪ impossible to experience the final product before the purchase ▪ more complicated purchase process ▪ purchase is usually not anonymous

2.2 Implantación de Mass Customization

2.2.1 Evaluación de la conveniencia de MC

De acuerdo a Hart (1995) es importante examinar cuatro grandes áreas antes de decidir implementar MC. Estas áreas se muestran en la figura 2.5.

**Figura 2.5** Áreas a evaluar antes de iniciar MC

Sensibilidad del cliente: Hay que entender si al mercado le interesa si una compañía le ofrece mayor personalización. La sensibilidad se basa en 2 factores: la singularidad de las necesidades de los clientes (ejemplo de la sal) y el sacrificio ya sea en tiempo o esfuerzo que tienen que hacer para lograr su objetivo (periódicos-información)

Cooperación del proceso: Esta área involucra evaluar los facilitadores tecnológicos y organizacionales, la relación de mercadotecnia, el acceso a las necesidades de los clientes y su entendimiento por el área de diseño así como qué tan flexible es el proceso de manufactura y distribución para soportar esta nueva estrategia.

Ambiente competitivo: Evaluación de la competencia, ser el primero en atender esta necesidad del cliente es una gran ventaja.

Preparación organizacional: Se debe hacer una autoevaluación sobre las actitudes, cultura y recursos disponibles en la empresa destacando: liderazgo, capacidades esenciales (core) y las finanzas de la organización.

Berman (2002) desarrolló un checklist de autovaloración sobre qué tan preparada se encuentra la organización para adoptar MC. Berman indicaba que las organizaciones que más fácilmente pudieran realizar la transición a MC son:

1. Industrias que reciben órdenes grandes de un mismo cliente
2. Organizaciones con venta directa que posean sistemas efectivos basados en Internet y una infraestructura logística capaz de entregar órdenes pequeñas a clientes individuales
3. Organizaciones que actualmente fabriquen productos usando un sistema modular y estandarización de partes
4. Organizaciones que utilicen conceptos de relaciones comerciales de alto valor con clientes y proveedores así como la aplicación de Just-in-time (JIT)

La metodología para evaluación de la conveniencia de implantación de MC presentada por Monrroy (2005) está basada en un enfoque analítico y ejecuta un enfoque económico para determinar en términos financieros dicha conveniencia.

Dicha metodología consiste de 2 fases para la determinación de la conveniencia y 3 para la implantación:

Fase 1

Definición de los objetivos del proyecto así como una visión de cual será la situación final tras el desarrollo del proyecto, además de la creación del equipo global de trabajo e información del sistema de Mass Customization.

Fase 2

Profundo diagnóstico de la conveniencia y las condiciones específicas de la empresa para la implantación del sistema de Mass Customization.

En esta fase se utilizan 3 herramientas de diagnóstico que fueron desarrolladas por el autor:

1. Identificación de productos donde la variedad agrega valor (VAV)
2. Diseño del esquema de personalización
3. Análisis económico de esquemas de personalización factibles.

El diagrama de proceso para esta metodología se representa en la Figura 2.6.

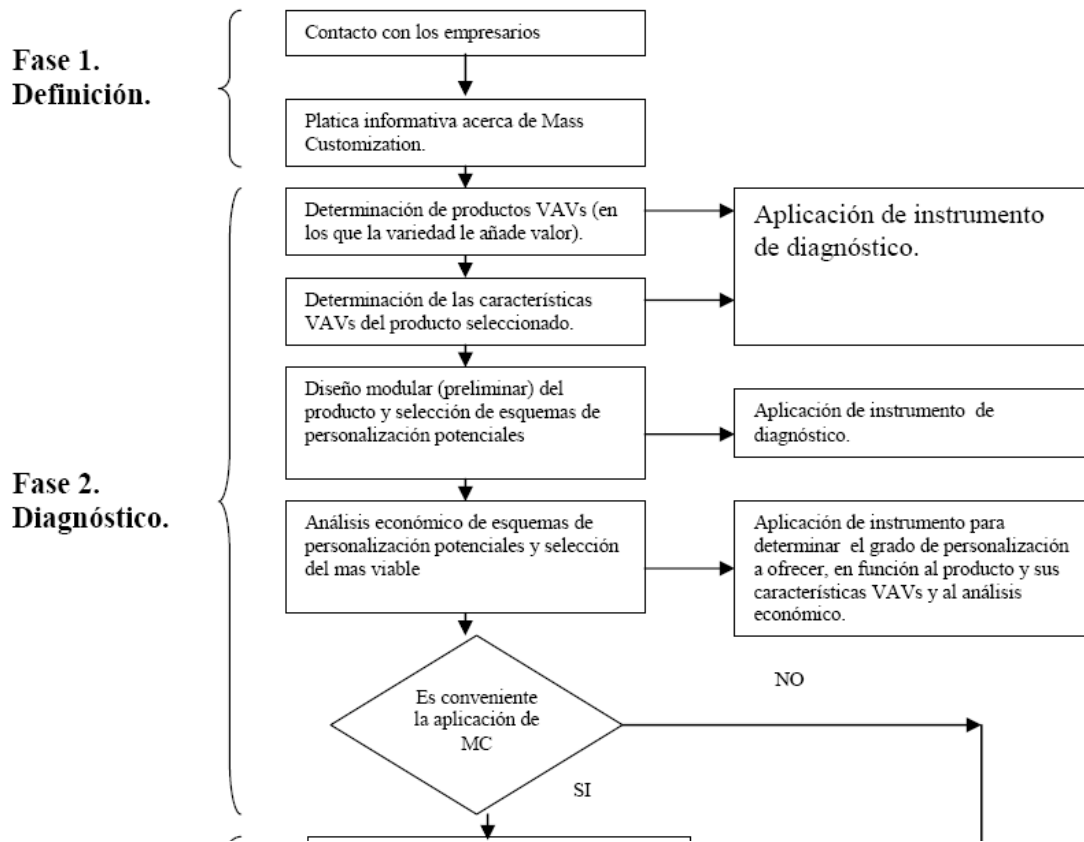


Figura 2.6. Diagrama de proceso para la evaluación de conveniencia de implantación Mass Customization (Monrroy, 2005)

Chopra y Meindl (2001) muestran una fórmula para determinar la conveniencia de la consolidación de inventarios por la eliminación de safety stock. Utilizando las demandas de los componentes a agregar y sus tiempos de entrega se puede comprobar que el inventario requerido para la demanda agregada de i componentes es \sqrt{i} menor que la suma de los inventarios de cada uno de ellos

- R_i : Demanda del componente i
- σ_i : Desviación de la demanda del componente i
- L_i : Lead time del fabricante del componente i
- s_{L_i} : Desviación del leadtime del fabricante del componente i
- CSL: Nivel de servicio deseado

R_{Li} : Demanda del componente i durante el leadtime

σ_{Li} : Desviación de de la demanda del componente i durante el lead time

$$R_{Li} = R_i L_i$$

$$\sigma_{Li} = \sqrt{(L_i \sigma_i^2 + R_i^2 s_{Li}^2)}$$

R^A : Demanda agregada de los componentes i

σ^A : Desviación de de la demanda agregada de los componentes i

$$R^A = \sum R_i$$

$$\sigma^A = \sqrt{(\sum \sigma_i^2)}$$

$$\sigma^A = \sigma_i \sqrt{i} \quad \text{si la variabilidad de las demandas son iguales}$$

2.2.2 Requisitos y/o factores de éxito para la implantación de MC

Con base en su aprendizaje en la implantación de MC para una fábrica de bicicletas en Japón, Kotha en 1995 generalizó las condiciones que favorecen el éxito de un programa de implantación.

Industria y condiciones de competencia

- La industria está caracterizada por una proliferación e introducción de nuevos productos
- Existe un grupo de clientes que pueden ser persuadidos para valorar la personalización
- No existe un competidor realizando MC

Cultura y diseño organizacional

- La cultura organizacional se enfoca en la creación de conocimiento y el desarrollo de la capacidad de manufactura

- El sistema productivo recompensa la atención a los detalles y refuerza la importancia de “cero errores” en todas las actividades que generan valor
- La alta administración instituye mecanismos que fomentan la interacción entre plantas

Recursos y capacidades

- La empresa tiene acceso a trabajadores entrenados, disciplinados y altamente motivados
- La empresa tiene acceso a maestría ingenieril desarrollada internamente
- Se han realizado inversiones a largo plazo en tecnologías avanzadas de manufactura y sistemas de información
- El grupo de mercadotecnia puede motivar a los clientes hacia productos individualizados

Coordinación inter e intra-organizacional

- Se logra interacción a través de diferentes áreas manteniendo la excelencia en cada una de ellas
- Se tiene acceso a una red de proveedores en las cercanías
- Se conecta la red de información con un grupo selecto de ventas (retailers)

Broekhuizen y Alsem presentaron en el 2002 un compendio de factores internos y externos que afectaban el éxito en la implantación de Mass Customization. Las hipótesis que estos autores son listadas en la tabla 2.5.

Tabla 2.5. Factores que afectan el éxito en la implantación de MC

Factores que afectan la implantación de MC	Positivamente	Negativamente
Cliente	<ul style="list-style-type: none"> • Heterogeneidad del Mercado • Involucramiento del cliente 	<ul style="list-style-type: none"> • Preocupación del cliente de proporcionar información

	<ul style="list-style-type: none"> • Disposición del cliente a pagar precio premium 	personal
Producto	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia de compra • Nivel de lujo • Visibilidad del producto • Adaptabilidad 	
Mercado	<ul style="list-style-type: none"> • Variedad • Disposición al cambio por el punto de venta 	
Industria	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología de información y comunicación. • E-commerce • Manufactura flexible 	
Capacidad de la empresa	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de tecnología y flexibilidad de manufactura • Flexibilidad del sistema logístico y de distribución • Nivel de disseminación de la información sobre el cliente (CRM) • Ventaja de ser el primero • Disponibilidad de recursos 	

Piotrowski (2004) distinguió elementos externos e internos como condiciones favorables para la implantación de MC. Estos se listan a continuación

Externos

Factores de mercado: Mercado heterogéneo, tamaño, factor de turbulencia, ciclo de vida del producto, competencia

Factores humanos: Preparación del cliente para comprar productos personalizados (aceptación de mayor tiempo de entrega, precio premium)

Factores logísticos: Disponibilidad de formas rápidas y económicas para hacer llegar los productos de las fábricas hacia clientes

Internos

Tecnología de Información Arquitectura capaz de integrar soluciones (ERP) para: obtener solicitudes de clientes, configurar

Infraestructura: producto base web, programación de producción, seguimiento de órdenes, CRM
 Ubicación de la empresa respecto a sus clientes, flexibilidad y eficiencia de las líneas de producción

2.2.3 Estrategias de MC

Algunos esquemas de trabajo o estrategias para aplicar MC han sido propuestos por diversos autores dependiendo las características de la industria y del producto.

Salvador, et. al (2002) con base en el volumen de un producto y la variedad dividen los tipos de problemáticas que pueden presentarse. Con estas 2 variables, aparecen dos casos extremos:

Soft Mass Customization (SMC), cuando la razón entre variantes ofrecidas y volumen anual es menor a 0.01 y Hard Mass Customization (HMC) cuando esta razón tiene valores superiores a 0.01. La arquitectura de producto para SMC y HMC se muestra en la figura 2.7.

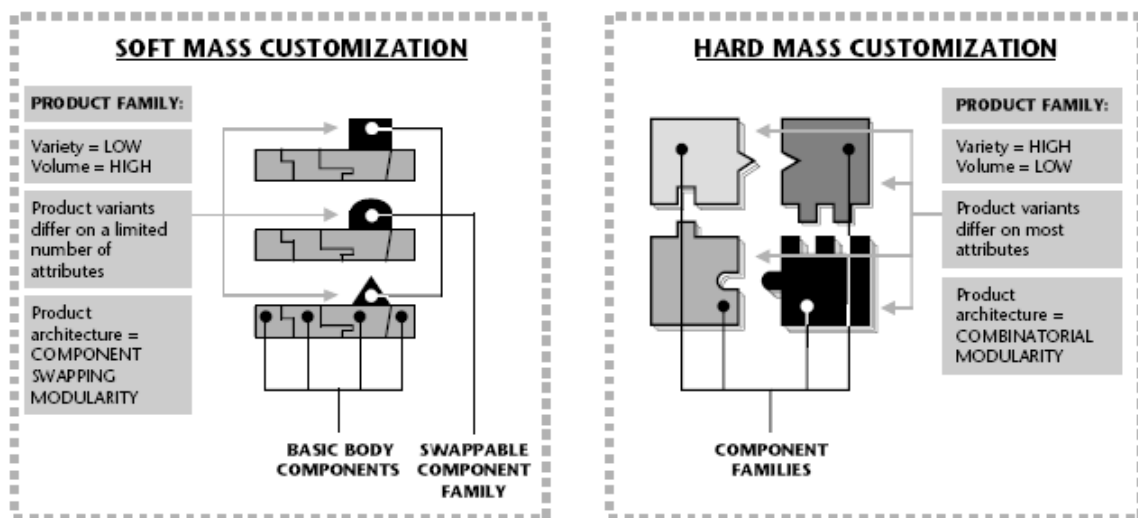


Fig 2.7. Arquitecturas de familia de producto para SMC y HMC

Los autores proponen usar un esquema de trabajo para cada tipo.

En SMC, proponen utilizar proveedores con alta confiabilidad y capaces de manejar altos volúmenes para los componentes básicos mientras que el proveedor de los componentes que generan la variedad debe estar cercanos a la empresa así como contar con un menor poder de negociación que la empresa.

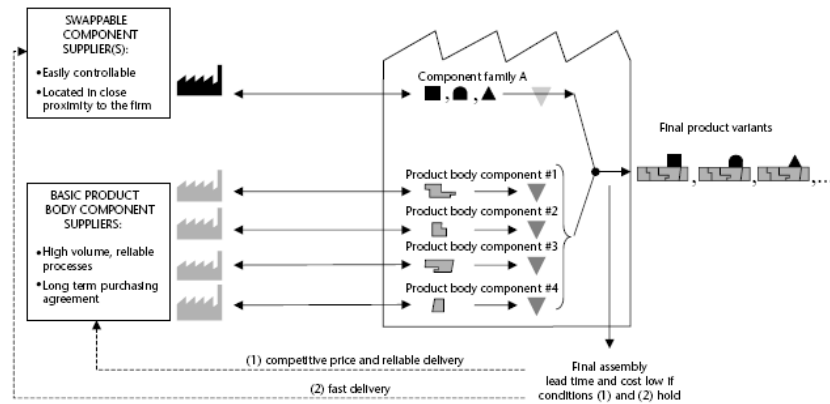


Fig 2.8. Estrategia para SMC

EN HMC, se recomienda definir módulos como conjuntos de partes con variabilidad y asociarse con proveedores para que en lugar de abastecer de componentes, abastezcan los módulos para ser ensamblados al final (transferencia de operaciones) y así aplazar la diferenciación lo más posible. (ver figura 2.9)

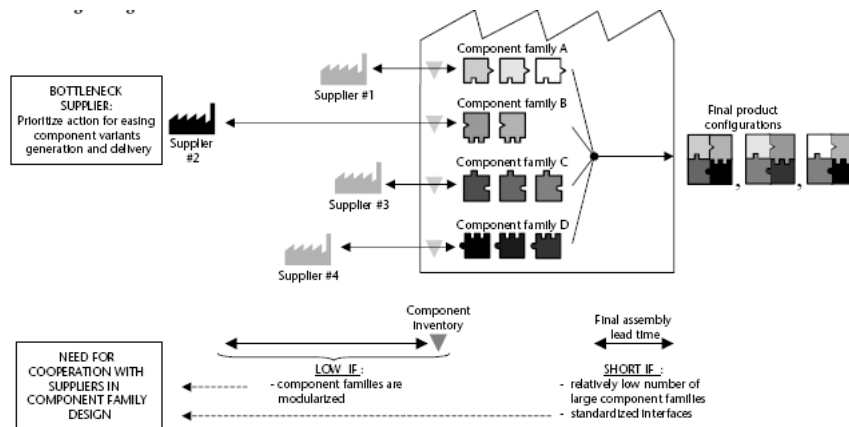


Fig 2.9. Estrategia para HMC

2.2.4 Metodologías existentes para implantación de Mass Customization

Joseph Pine en 1996 marcó 4 pasos para poner en marcha una implantación de Mass Customization. Dichos pasos son:

1. Evaluar qué tan lista está la compañía para MC:
 - ¿Qué tanto se adaptan los procesos y tecnologías a esta forma de hacer negocios?
 - ¿Qué debe ser agregado o impulsado?
2. Diseñar la forma de alcanzar MC:
 - ¿Qué capacidades de proceso deben ser incrementadas?
 - ¿Cuáles son los límites de lo que se va a personalizar?
 - ¿Cómo deben definirse los módulos?
 - ¿Cual es el sistema que enlazará los módulos?
 - ¿Cuál será el medio de enlace con los clientes?
3. Movilizar la organización:
 - ¿Cómo pueden tenerse al mismo tiempo todos los elementos para tener las habilidades para personalizar?
 - ¿Quiénes deben integrar el grupo de implantación para el proyecto?
 - ¿Cuál es la mejor forma de construir las nuevas capacidades de proceso?
4. Involucrar a los clientes:
 - ¿Cómo se desplegará la nueva estrategia hacia los clientes?
 - ¿Cómo se medirán los resultados de dicha estrategia?

Estos pasos tienen la ambigüedad característica de la implantación de otras filosofías donde se dice el qué pero no el cómo.

Partanen y Haapasalo en el 2004 desarrollaron un modelo de implantación el cual describe las acciones a tomar bajo 5 áreas de la organización donde MC tiene impacto. El modelo tomó los factores comunes encontrados en la implantación dentro de 8 compañías pertenecientes a un proyecto denominado Pro-Electronica establecido en Finlandia para incrementar la competencia en la industria de electrónicos.

La principal carencia de este modelo es que no muestra una secuencia para implementar todas las acciones listadas.

Tabla 2.6. Metodología para implantación MC de Partanen y Haapasalo

Área	Cambio necesario	Acciones para lograr el cambio
Desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir tiempo de ciclo a través del uso efectivo de módulos estándar de productos • Incrementar la velocidad del desarrollo mediante el uso de módulos estándar • Los productos deben crearse a partir de combinaciones de módulos y componentes que cumplan con las necesidades de los clientes • Los módulos y su combinación efectiva para la creación de nuevos productos al variar uno o varios de ellos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de módulos debe estar en base de la determinación de funciones que el cliente quiere. (Diseño para requisitos) $R(X,Y,Z)$ • Crear familias de productos $P(X)$, $P(Y)$, $P(Z)$ • Parametrización de módulos $P(X) = a-z$, $P(Y) = a-z$, $P(Z) = a-z$ • Estandarización de interfases entre módulos • Variación de un componente dentro del módulo contra un parámetro para lograr cumplir el requerimiento exacto de un cliente • Creación de tabla de conexión entre módulos • Uso efectivo de configuradores utilizando módulos parametrizados. • Determinación de la tasa de renovación para un componente mediante el uso de mapas de ruta para tecnología y requisitos
Mercadotecnia	<ul style="list-style-type: none"> • Rápida respuesta a las iniciativas de los clientes 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de configuradores para determinar los módulos estándar y parámetros disponibles • Determinación de tiempo de desarrollo, recursos y costos posterior a la iniciativa de configuración del cliente • Claro compromiso respecto a tiempo de entrega y costo a la

<p>Entrega (cadena de suministro extendida al cliente)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Menor tiempo de entrega • Proceso controlado de completado de órdenes con minimización de actividades de oficina • Red eficiente con proveedores capaces de operar con módulos • Determinación de la velocidad requerida por el cliente 	<p>iniciativa del cliente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinación de ítems almacenados con sistema pull • Determinación del nivel de servicio deseado mediante el nivel de almacenamiento de los ítems con sistema pull • Determinación de los conceptos del sistema de control capaz de administrar entregas diarias y/o por hora.
<p>Sistemas de Control de Operaciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de control pull para un mínimo de 20% de los ítems (normalmente 80% del volumen) 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de sistemas de control enfocados a nivel operación hacia la línea de producción • Determinación de sistemas de entrega impulsados desde la orden del cliente hasta la configuración de los proveedores • Presionar para aprender sistemas de control de producción capaces de arrojar estimaciones para métodos controlados de entrega (execute to order) • Integración de sistemas de monitoreo de producción y Control Estadístico del Proceso a sistemas de control de operaciones • Creación de sistemas de control capaces de utilizar aplicaciones de Excel para controlar programación diaria y por hora

El modelo para implantación de MC de Skjelstad, et. al. fue presentado (2005) en una conferencia internacional sobre competitividad. Está enfocado en MC para empresas de manufactura y tiene su fundamento en las experiencias adquiridas en 2 empresas noruegas líderes en su área: Hag, fabricante de sillas para oficina y Hagen, fabricante de escaleras.

El modelo consiste en los siguientes pasos:

1. Cambiar la estrategia de interacción con el mercado a estandarización personalizada o personalización guiada

- Ofrecer alto nivel de personalización en aquellos componentes donde la personalización agrega valor para los clientes
 - Posponer el punto de diferenciación derivado de la orden del cliente (CODP = Customer order decoupling point)
2. Integrarse con socios clave.
 - Establecer sociedades con proveedores de componentes específicos
 - Integrar sistemas de información para reducir tiempos de entrega, incrementar la capacidad de respuesta y reducir costos
 3. Establecer productos modulares.
 - Estandarizar componentes neutrales que los clientes no demandan su personalización
 - Realizar una arquitectura de producto basada en elementos de diseño similares para todas las familias de productos
 4. Implementar configuradores de producto.
 - Presentar las opciones en una forma estructurada, ilustrativa e informativa
 - Dirigir a los clientes a seleccionar productos con diseño estético y que puedan ser manufacturados a un costo y tiempo eficiente.
 5. Establecer registro electrónico de órdenes.
 - Utilizar la información directamente en la construcción y manufactura
 - Lograr un procesamiento lineal de órdenes y evitar la duplicidad innecesaria de trabajos.
 6. Entrenar a los operadores para ser multihabilidades.
 - Capacitar a los operadores en múltiples actividades
 - Aprovechar la flexibilidad para asignar operadores de acuerdo a las variaciones en volumen y la mezcla de productos.
 7. Introducir sistemas de manufactura flexibles
 - Utilizar la tecnología apropiada para reducir consumo de tiempo, producir altos volúmenes y reducir costos

- Buscar automatizar la manufactura pero balancearla hacia la flexibilidad derivada del recurso humano
8. Establecer un flujo de materiales orientados a producto
- Diseñar un layout que reduzca los procesos que no agregan valor tales como transporte, trabajos preliminares e inventario innecesario
 - Crear bajo tiempo de throughput para permitir respuesta rápida

Esta metodología no considera la evaluación de la conveniencia de implantar Mass Customization.

Darrel Rigby presenta una metodología de implantación derivada de la encuesta realizada en el 2005 por la compañía Bain.

De acuerdo a su metodología para la implantación, los pasos necesarios son:

1. Decidir como adaptar los principios de Mass Customization a las necesidades únicas del cliente y a los sistemas económicos del negocio.
2. Diseñar opciones de producto y servicio que creen el suficiente valor para el cliente que justifique los gastos asociados con la personalización.
3. Desarrollar componentes modulares que pueden ser combinados posteriormente en la manufactura y desarrollar procesos para crear un arreglo amplio de productos y servicios.
4. Desarrollar sistemas de manufactura que puedan producir familias de producto al mismo tiempo que minimicen tiempos para setup y cambios de modelo.
5. Reducir el tiempo que tarda el producto en llegar al cliente a través de la cadena de actividades que producen el bien o servicio personalizado.

La metodología incorpora pasos de planeación pero no detalla el cómo llevar a cabo los pasos.

Monrroy (2005) en su metodología para la determinación de la conveniencia de implantación de MC dedica las últimas 3 fases a la implantación a manera de propuesta sin llegar a su validación.

Fase 3

Definición y desarrollo del plan de acciones, así como los objetivos concretos que se alcanzarán. Creación de los equipos de trabajo.

1. Revisión del plan estratégico de la organización y su despliegue para integrar en él la nueva estrategia de negocio que significa la implantación de Mass Customization.
2. Desarrollo del plan de análisis técnico partiendo de las necesidades del proyecto.
3. Estudio de la viabilidad técnica y tecnología actuales de la empresa para determinar las condiciones para la implantación de Mass Customization.
4. Desarrollo del plan de análisis comercial (y la definición de las correspondientes acciones de marketing que se pudieran generar).
5. Estudio de la viabilidad comercial y de marketing actuales de la empresa para la implantación de Mass Customization.
6. Desarrollo del plan de reestructuración interna enfocada a la implantación de Mass Customization.

Fase 4

Implantación del cambio en los productos y fases definidas.

1. Adaptación o reestructuración del organigrama de la empresa.
2. Puesta en marcha del plan técnico y comercial.
3. Implantación de los nuevos procesos relacionados con la generación de Mass Customization.

4. Diseño o rediseño de las tecnologías para generar Mass Customization por ejemplo, un sitio web y/o portal y equipo asociados.
5. Definición de políticas y procedimientos relacionados con Mass Customization.
6. Ejecución de la implantación de Mass Customization previamente definido por los analistas y asesores en conjunto con los directivos de la organización.

Fase 5

Seguimiento del comportamiento del sistema y definición de medidas de control del mismo.

Adicional a la falta de validación en estas 3 fases, esta propuesta adolece de estar enfocada a empresas bajo el esquema “make-to-stock”.

3. METODOLOGÍA PROPUESTA

En este capítulo se realizará un análisis de las metodologías de implantación de Mass Customization existentes las cuales fueron explicadas en el marco teórico y posteriormente se presentará una metodología integral que busca incluir los mejores elementos encontrados para lograr el éxito en implantación de MC.

3.1. Análisis de las metodologías existentes

La tabla 3.1 muestra los principales elementos de 5 metodologías encontradas en la literatura sobre cómo implantar Mass Customization

Tabla 3.1 Elementos en metodologías existentes para implantación de MC

Elemento	Pine (1996)	Partanen y Haapasalo (2004)	Skjelstad, et. al. (2005)	Rigby (2005)	Monrroy (2005)
Secuencia de pasos	✓		✓	✓	✓
Evaluación de conveniencia de implantación	✓				✓
Definir equipo de liderazgo	✓				✓
Diseño de esquema de personalización	✓			✓	✓
Sociedades clave con proveedores		✓	✓		
Diseño modular del producto	✓	✓	✓	✓	✓
Configurador de producto	✓	✓	✓		✓
Registro electrónico de órdenes		✓	✓		
Sistemas flexibles de manufactura			✓	✓	✓
Medición de beneficios	✓				✓
Principal carencia	Falta información específica de cómo realizar cada paso	No muestra una secuencia de pasos para implementar acciones	No considera la evaluación de la conveniencia	Falta información específica de cómo realizar cada paso	Falta de validación y su enfoque es para empresas "make-to-stock"

3.2. Descripción de la metodología propuesta

Con base en la investigación bibliográfica de los elementos clave en Mass Customization así como los casos de éxito y fracaso en su implantación se desprende la siguiente metodología para la implantación de MC:

1. Diagnóstico preliminar de conveniencia
 - a. Detección de ventaja competitiva por ofrecer variedad
 - b. Evaluación del aplazamiento del punto de diferenciación
 - c. Comparativo costo y tiempo de entrega MC contra producción en masa y personalización tradicional

2. Anteproyecto
 - a. Rediseño conceptual del producto
 - i. Definición operativa de módulos estándar
 - ii. Definición de la forma de integrar una gran variedad de productos finales a partir de módulos estándar
 - iii. Estandarización de partes
 - iv. Limitación de opciones
 - b. Diseño conceptual del configurador
 - c. Rediseño conceptual del proceso
 - i. Proceso actual
 - ii. Proceso futuro
 1. Definición del proceso general y el punto de penetración de la orden
 2. Definición de fase de producción en masa (make to stock)
 3. Definición de fase de personalización (make to order)
 - d. Rediseño de la cadena de suministro
 - e. Análisis comparativo entre modelo actual y modelo propuesto

- f. Evaluación de sistemas de trabajo y detección de brechas
 - i. Análisis de capacidad en sistemas de información y de producción contra requerimientos mínimos
 - ii. Análisis de sistemas de trabajo utilizados actualmente

- 3. Migración a Mass Customization
 - a. Compromiso de la alta dirección y creación del equipo de liderazgo
 - b. Refinamiento de diseño modular
 - c. Diseño de configurador de producto
 - d. Implantación de estrategias de soporte a MC para flexibilidad
 - i. SMED
 - ii. Entrenamiento para desarrollar operadores multihabilidades
 - e. Go Live!
 - f. Evaluación post-implantación de retribución y ajustes

3.3 Explicación de las etapas de la metodología

Uno de los constantes problemas que se detectan en las metodologías existentes para la implantación de Mass Customization es la falta de detalle en cada uno de los pasos propuestos.

A continuación se explican cada uno de los pasos propuestos en el punto anterior para un mayor entendimiento de ellos.

3.3.1 ETAPA 1: Diagnóstico preliminar de la conveniencia

El primer paso de la metodología consiste en definir si Mass Customization es aplicable a la organización y si existen elementos que justifiquen la necesidad de la implantación.

Para ello es necesario evaluar la presencia de 3 factores dentro de la organización que contribuyan al éxito de Mass Customization

3.3.1.1 Detección de ventaja competitiva por ofrecer variedad

Para responder a la pregunta si la alta variedad en el producto final es apreciada por el cliente se debe evaluar si el mercado al cual se dirigen los productos la organización requiere estos altos niveles así como realizar un análisis con la variedad ofrecida por la competencia.

Adicionalmente se requiere una evaluación sobre la ventaja competitiva que la variedad otorgue a la organización ya sea debido a:

- Un ingreso adicional dado que el cliente está dispuesto a pagar una cuota premium por un producto personalizado en lugar del estándar.
- El incremento en la participación de mercado debido a nuevos clientes interesados en la variedad ofrecida.

3.3.1.2 Evaluación sobre el aplazamiento del punto de personalización.

Se debe evaluar si la personalización puede aplazarse en la cadena de producción acercándose hacia el punto en el que se entrega la orden de tal manera que:

- Antes del punto de personalización se pueda producir un número reducido de componentes estándar (fase de producción en masa)
- Después del punto de personalización se pueda generar un gran número de productos diferentes a partir del ensamble, procesamiento, adaptación o mezcla de los componentes estándar (fase de personalización).

3.3.1.3 Comparativo costo y tiempo de entrega de Mass Customization contra producción en masa y personalización tradicional

La fase de personalización definida en el punto 3.3.1.2

- Con respecto a personalización tradicional....
 - i. debe tener un costo menor y/o un tiempo de entrega significativamente más pequeño
- Con respecto a producción en masa....
 - i. debe ofrecer una variedad significativamente mayor.
 - ii. debe tener un tiempo de entrega y costo similares

3.3.2 ETAPA 2: Definición del anteproyecto

Se debe realizar una propuesta formal o anteproyecto sobre la estrategia a implementar. Este anteproyecto debe plasmar las expectativas de la implantación de MC en la organización.

El alcance de la implantación debe ser definido desde un principio para fijar el rumbo, aunque esto no impide que sea dinámico pudiendo actualizarse posteriormente. En este punto se definirán los límites de lo que será personalizado como las familias de producto, las áreas de la empresa, etc.

3.3.2.1 Rediseño conceptual del producto

El primer paso consiste en definir modularmente el producto. Para ello se requiere la agrupación de componentes en conjuntos, los cuales al sustituirse o intercambiarse generan variedad en el producto con valor para el cliente. Por

ejemplo en la fabricación de sillas se pudieran definir los siguientes módulos: respaldo, asiento, descansabrazos y patas.

El refinamiento de la agrupación de componentes usando metodologías específicas se detallará posteriormente en la etapa 3. Las organizaciones bajo un esquema de personalización tradicional que ya cuenten con un esquema modular deberán revisar si se requiere modificar la arquitectura existente para reducir variedad en los módulos estándar o enviarse hacia la fase de personalización.

Se deberán aplicar algunas estrategias claves de Mass Customization como

- Estandarización de partes. La intención de esta estrategia es reducir la cantidad de números de parte utilizados en la organización. Esto redundará en niveles inferiores de inventario y menor administración (aún teniendo sistemas MRP).

Para ello se debe realizar un análisis en los diversos productos ofrecidos para determinar componentes que pudieran usarse en todos ellos. La estandarización es común en la tornillería utilizada para el ensamble de productos.

Posteriormente se deben analizar las ventajas de dicha estandarización contra el incremento en costo derivado de ella pues el componente estándar suele ser más caro que uno o más de los que se intentan eliminar. Para realizar este análisis se sugiere el método propuesto por Chopra y Meindl (2001) que indica que la consolidación de inventarios de i partes se traduce en una reducción de \sqrt{i} veces el inventario de seguridad que si se sumaran los inventarios de seguridad de cada uno.

- Limitación de opciones a personalizar. No es conveniente en la implantación de Mass Customization ofrecer demasiadas opciones. Una

sobreabundancia de opciones genera mayores problemas de administración y ocasiona que los clientes busquen opciones más simples para obtener lo que ellos desean. Pine menciona “Los clientes no quieren más opciones, ellos quieren exactamente lo que ellos requieren”

En este punto se debe definir las opciones del producto que estarán disponibles a través del configurador o bien si el configurador variará el tiempos de entrega con base en las opciones seleccionadas por el cliente.

3.3.2.2 Diseño conceptual del configurador

Se debe realizar una definición inicial del sistema computacional mediante el cual el cliente configurará su producto, para esto se recomienda trabajar en conjunto con los departamentos de Ventas y/o Mercadotecnia así como usar de referencia el catálogo de productos de la organización si este ya existe.

En esta etapa se definirán las pantallas de acceso así como las vistas que se desean para el producto y empezará una selección y/o limitación discrecional de las opciones que se ofrecerán al cliente. Es trascendental que la vista del producto se actualice con las opciones que el cliente va seleccionando.

Algunos ejemplos de configuradores se encuentran en la industria del calzado (Adidas, Nike, Reebok), vestido (Land's End, Polo), accesorios (121time, Fossil), electrónicos (Dell, Nokia) y últimamente en comida (M&Ms). Un ejemplo de configurador se muestra en la figura 3.2

Se recomienda utilizar la metodología de Ramachandran, et. al. (2002) para definir la frontera entre ambas fases ya sea mediante el esquema de punto de personalización, cuello de botella o sistema ABC

Fase de producción en masa: Make to stock

La fase de producción en masa deberá consistir en la fabricación masiva de los módulos definidos en el rediseño conceptual del producto (punto 3.3.2.1)

Se deberá evaluar si la fabricación de dichos módulos debe ser realizada por la misma organización o por algún proveedor externo; en este último caso, se recomienda añadir subensambles a algún componente principal suministrado por uno de los proveedores clave de la organización.

Esta fase deberá estar caracterizada por un proceso con pocos cambios de modelo, adecuada división de operaciones y especialización de actividades para tener la capacidad de alta productividad.

Fase de producción personalizada: Make to order

Esta fase consistirá en la integración de los módulos ensamblados en la fase anterior para generar la variedad en el producto. A partir de esta fase, el producto se empieza a fabricar contra los requisitos específicos del cliente.

Esta fase estará caracterizada por un proceso con cambios constantes de modelo por lo cual se deberá considerar el uso de las siguientes herramientas en líneas de producción:

- SMED
- Flujo unitario de producto (mínimo tamaño de lote)

- Operadores que dominen todos los posibles procesos de personalización (multihabilidades)

3.3.2.4 Rediseño de la cadena de suministro

Este paso considera la integración de proveedores al proyecto de implantación y para ello se deben evaluar alternativas para que los integrantes de la cadena de suministro cuenten con las siguientes características:

- Cercanía a la organización
- Capacidad para administrar inventario (programas VMI)
- Capacidad para absorber operaciones de proveedores menores para tener pocos proveedores de primera línea (1st tier) pero con amplia interdependencia con la organización.

3.3.2.5 Análisis comparativo entre modelo actual y modelo propuesto

Para realizar un estimado de beneficios se debe contar con la siguiente información sobre el estado actual del negocio:

- Tiempo de ciclo (Manufacturing cycle time)
- Costo de Producción
 - a) costo de componentes
 - b) costo del inventario
 - c) costo de producción (maquinaria y mano de obra)

A partir de ellos, se realizará una estimación de los siguientes beneficios que se esperan obtener de la implantación de Mass Customization:

- Precio premium
- Aumento de market share
- Beneficio por eliminación de intermediarios
- Reducción de inventarios

La metodología de Monrroy (2005) puede utilizarse como apoyo pues describe ampliamente la obtención de un resultado numérico que ayuda a definir si a una empresa le es conveniente en aplicar o no MC tomando en cuenta aspectos financieros.

3.3.2.6 Evaluación de sistemas de trabajo y detección de necesidades

A partir de las investigaciones de Piotrowski (2004), Grubb (2006) y Berman (2002) se ha desarrollado la guía mostrada en la tabla 3.1 para detección de necesidades. Esta guía contempla un nivel mínimo de requisitos que la organización debe tener puestas en marcha previamente o buscar ser terminadas dentro de la etapa 3 de la metodología.

Tabla 3.2. Guía para determinación de necesidades previas a implantación MC

Concepto	Requisito	Deseable	¿Implementado?	Fecha de implementación
Manufactura flexible <ul style="list-style-type: none"> • SMED • Just in time • Reducción de tiempo de ciclo 	X	X X		
Diseño para manufactura Diseño asistido por computadora (CAD)	X X			
Redes cliente/servidor Bases de datos ERP/MRP Intercambio electrónico de datos Sistemas para punto de venta Sistemas de código de barras	X X X	X X X		
Equipos multifuncionales con facultad de decidir (empowerment) Operadores multihabilidades Sistema de administración de calidad	X X	X		

3.3.3 ETAPA 3. Migración a Mass Customization

3.3.3.1 Compromiso de la alta dirección y creación del equipo de liderazgo

La implantación de nuevas estrategias tiene normalmente 3 formas de penetrar en una empresa:

- a) Por legislaciones gubernamentales.
- b) Por iniciativa de la dirección al haber sido informado de la conveniencia de la estrategia por especialistas en cursos, congresos, etc.
- c) Por iniciativa de mandos intermedios o inferiores quienes ven oportunidades de mejora en la organización.

Los primeros 2 casos cuentan con el soporte inicial de los directivos para que se lleven a cabo. Sin embargo, cuando son propuestas por mandos intermedios, estos deben lograr el apoyo y convencimiento de los directivos de una empresa sobre la conveniencia del proyecto.

Toda implantación exitosa de alguna metodología debe iniciar con el compromiso y el empuje de la alta dirección de la empresa.

La dirección al aprobar el proyecto debe nombrar a un líder para la implantación así como los recursos con los que contará. El líder nombrará a su equipo de trabajo.

3.3.3.2 Refinamiento y ejecución de diseño modular

En la etapa 2 de la metodología se sentaron las bases de la estructura modular del producto. Sin embargo, esta estructura debe ser revisada antes del diseño

de la programación del configurador para garantizar que sea adecuada al proceso de manufactura.

Jiao y Tseng (1999) así como Asan, et. al (2004) presentan diversas metodologías para definir la estructura modular utilizando 3 diferentes enfoques: cliente, funcionalidad y estructura del producto.

Esta etapa deberá estar enfocada hacia la manufacturabilidad del producto, definiendo claramente cuáles serán las interfases que permitirán el rápido intercambio de las diferentes opciones de módulos al generar la variedad que el cliente solicita.

Los departamentos de Ingeniería y Diseño deberán participar activamente en la ejecución de la nueva arquitectura modular mediante la carga de los módulos redefinidos al sistema de materiales.

3.3.3.3 Programación de sistema configurador de producto

Una vez redefinida y cargada la estructura modular, se requiere definir al configurador de producto como sistema creador de estructuras de producto (BOM) y programar su integración con los sistemas de ventas (e-commerce) y los generadores de órdenes de producción.

Estas tareas de programación de sistemas de información deberán estar soportadas por una estrategia modular sencilla con pocas exclusiones y que ligue adecuada y rápidamente los sistemas de la empresa.

La programación del configurador deberá estar enfocada hacia la automatización del proceso de diseño para evitar retrasos y/o colas por aprobaciones, etc. Por ello es que requerirá de detalladas validaciones antes de su aprobación.

En esta etapa se deberá definir si se requerirá que el sistema tenga la capacidad para favorecer o desfavorecer la venta de opciones del producto dependiendo de los niveles de inventario existentes mediante ajustes a los precios (moldeo de la demanda y del ingreso)

3.3.3.4 Implantación de estrategias de soporte a MC

El tener un configurador listo y una estrategia modular no garantiza el éxito de MC. Es indispensable que la organización cuente con prácticas de manufactura flexibles que permitan que los procesos de fabricación puedan responder rápidamente a las fechas de compromiso con los clientes.

Un requisito para Mass Customization es que las líneas de manufactura deben poder cambiar rápidamente de modelo y para ello se requiere la aplicación de los principios de SMED desarrollados por Shigeo Shingo en la década de los 60s.

El cambio constante de modelos obliga a tener operadores con múltiples habilidades para que la producción pueda responder a la diversa entrada de órdenes de producto.

Algunos otros conceptos como el tener organización en el área de manufactura (5S's), sistemas de calidad (ej. ISO) también dan apoyo al éxito de la implantación en el departamento de manufactura.

En caso de no tenerse dichas habilidades en la compañía, es recomendable el inicio de entrenamientos para lograrlas al terminar la aprobación por la dirección.

3.3.3.5 Go Live!

El proyecto deberá tener una fecha de arranque y a partir de ésta, las órdenes definidas en el alcance deberán irse canalizando a través de los nuevos elementos como el configurador, etc.

Es importante tener un stock inicial de módulos para ver los beneficios inmediatos del proyecto y dar unas semanas a que la demanda del producto se estabilice dependiendo la entrada de órdenes por el configurador.

3.3.3.6 Evaluación post-implantación

La nueva estrategia deberá ser evaluada constantemente dentro de las primeras semanas de funcionamiento pero es importante evaluar si se logran los objetivos financieros estimados.

Para ello se recomienda presentar al primer mes, trimestre, semestre y año un comparativo de la situación anterior a la implantación y la posterior a ésta. Los métricos para realizar el comparativo deberán ser los mismos que se utilizaron en análisis comparativo de modelos dentro de la etapa 2 de la metodología (punto 3.3.2.5).

4. VALIDACION DE LA METODOLOGIA – CASO PRÁCTICO

En el presente capítulo se desarrolla un caso práctico aplicando las etapas 1 y 2 descritas en la metodología propuesta en el capítulo anterior para validar su funcionalidad. Dada la demanda de tiempo y recursos para la validación de la etapa 3, esta no se incluirá en esta tesis.

El caso práctico se llevó a cabo en una empresa que ensambla luminarias para uso exterior. Los productos que fabrican están agrupados en familias de productos y son diseñados de acuerdo a los requerimientos que cada cliente selecciona de un catálogo de opciones preestablecidas.

En las secciones de este capítulo se describe detalladamente la organización, el tipo de productos que se procesan, la estructura organizacional así como el esquema de producción bajo el que actualmente operan

Por detalles de confidencialidad, el nombre de la empresa así como algunos datos específicos no se mencionan en esta tesis.

4.1. Descripción de la organización

4.1.1 Panorama general

Los productos fabricados la empresa han sido reconocidos por más de 40 años por su excelente calidad y confiabilidad en iluminación para exteriores, infraestructuras y equipos. En el 2001, la compañía inició una nueva etapa de excelencia con su incorporación a un grupo corporativo basado en Estados Unidos que es el principal fabricante de luminarias a nivel mundial.

La empresa se encuentra ubicada en Monterrey, NL y de acuerdo a la clasificación de la Secretaría de Economía basado en plantilla de su personal y el volumen de producción generado se ubica como una empresa grande

4.1.2 Productos Ofrecidos

La empresa fabrica productos de iluminación para los sectores de carreteras y calles, industriales, comerciales, áreas (estacionamientos), seguridad y decorativas. Algunos de estos productos se muestran en la Figura 4.1



Fig. 4.1 Principales productos de iluminación exterior (Product Guide, 2005)

Los clientes claves de los productos de la empresa incluyen compañías contratistas, municipios, fabricantes industriales, gobiernos, autoridades, e ingenieros alrededor del mundo.

La compañía cuenta con grandes socios en el ramo de energía en los Estados Unidos. A nivel mundial, algunos de los socios globales incluyen empresas o gobiernos en Puerto Rico, Filipinas, Emiratos Árabes Unidos y Costa Rica.

4.1.3 Estructura Organizacional

La empresa cuenta con un staff gerencial liderado por el Gerente de Planta que cuenta con el apoyo de las gerencias en las áreas de Producción, Calidad, Ingeniería, Recursos Humanos, Finanzas, Almacén y Materiales.

Algunos departamentos de apoyo como Diseño, Ventas y Servicio al Cliente se localizan en las oficinas corporativas de la empresa ubicadas en Estados Unidos.

4.1.4 Sistema de trabajo

La empresa opera bajo un esquema de maquila en el cual las materias primas son adquiridas de proveedores principalmente de Estados Unidos. Las materias primas son almacenadas para su uso posterior al programarse una orden de producción.

Algunas materias primas pasan por procesos de subensamble como una línea de aplicación de pintura electrostática y otra de corte-aplicación de cables.

Los materiales son ensamblados en la línea de producción y el producto terminado se envía a centros de distribución en Estados Unidos de donde se embarcan al cliente final.

4.2 Aplicación de la metodología

4.2.1 Diagnóstico preliminar de conveniencia

a) Detección de ventaja competitiva por ofrecer variedad

El mercado de la iluminación para exteriores es bastante exigente en términos de variedad. Existe variedad tanto en los elementos que le dan funcionalidad a este así como en la presentación del producto; los 2 principales competidores de ofrecen igual o mayor variedad que la ofrecida por la organización de este caso.

Dado que el cliente actualmente exige esa variedad, no estaría dispuesto a pagar un precio premium por obtener el producto a su medida pues ya lo está obteniendo. Sin embargo, el costo de ofrecer esta variedad es alto porque se trabaja bajo un esquema de personalización tradicional el cual requiere tiempos de entrega grandes. Se ha intentado reducir este tiempo de entrega manteniendo inventario de los componentes principales, sin embargo en 75% de los casos no se tiene algún componente de la estructura del producto el cual que se tiene que pedir al ingresarse la orden del cliente.

Es por ello que la ventaja de MC se reflejaría en mantener la variedad que los clientes requieren a costos de producción y tiempos de entrega menores.

b) Evaluación sobre el aplazamiento del punto de diferenciación.

La diferenciación de los productos puede ser llevada desde el proceso de diseño como se realiza actualmente hasta la línea de producción de tal forma que antes de ese punto los componentes y subensambles sean fabricados en masa para que en línea sean ensamblados en las diversas opciones que se ofrecen al cliente.

Este aplazamiento permitiría la reducción en tiempo de ciclo para surtir las órdenes de los clientes

c) Comparativo costo y tiempo de entrega MC contra producción en masa y personalización tradicional

El sistema actual de trabajo de esta organización opera bajo un sistema de personalización tradicional: los tiempos de entrega incluyen diseño del producto, abastecimiento de materiales y ensamble de acuerdo a los requerimientos específicos del cliente. Al trasladarse el sistema de trabajo a un sistema de

Mass Customization donde la diferenciación se realice hasta la línea de ensamble, el tiempo de entrega se reduciría drásticamente.

Mediante el uso de MC se puede ofrecer costos menores a la personalización tradicional y seguir manteniendo la variedad que los clientes requieren y que sería excesivamente caro atender con un sistema de producción en masa.

Las respuestas a estos 3 cuestionamientos de la etapa de diagnóstico preliminar indican que existen elementos suficientes para indicar que Mass Customization es una solución con beneficios para la organización y se debe continuar con la etapa 2 donde se definen conceptualmente los esquemas bajo los cuales operaría un sistema de Mass Customization en la organización.

4.2.2 Anteproyecto

(a) Rediseño conceptual del producto

Las luminarias fabricadas por la empresa se ofrecen con una gran variedad de opciones para su fabricación, siendo las principales:

- Forma de la luminaria (familia de producto)
- Wattaje
- Fuente de luz (sodio, mercurio o aditivos metálicos)
- Tipo de balastro o transformador de voltaje
- Voltaje de alimentación
- Color
- Tipo de montaje (poste o pared)
- Uso de foto celda

- Tipo de lente o refractor
- Tipo de acceso al compartimiento eléctrico
- Tipo de preparación de cableado

Las luminarias utilizan aproximadamente 60 números de parte para su fabricación. Con la finalidad de atender las opciones ofrecidas a los clientes, la estructura del producto (BOM) se encuentra dividida en 6 grupos o módulos, los cuales no son fabricados con anterioridad al ensamble del producto final, únicamente agrupan componentes de la estructura del producto:

- Básico: Incluye la carcasa de aluminio que define el tipo de luminaria o familia de producto donde se ensambla todo el producto, tornillería y soportes comunes en la familia de producto.
- Balastra Incluye la balastra y componentes eléctricos dependientes de esta (arrancador, capacitor) así como el cableado relativo a la balastra.
- Eléctrico Incluye el socket y cableado restante para otras opciones eléctricas como el uso de fotocontroles y preparaciones de cableado de acuerdo a como el cliente se conectará.
- Óptico Incluye el reflector y el lente o refractor así como soportes necesarios para su ensamble.
- Empaque Este módulo agrupa la caja e insertos necesarios para su adecuada protección durante transporte así como la tarima donde se colocarán los productos
- Misceláneos Estos son una serie de módulos individuales que se agregan a la estructura dependiendo algunos accesorios requeridos por especiales de los clientes como: foco, fotocontrol, etc.

El diseño modular actual tiene la debilidad de generar demasiadas opciones que deben ser configuradas por los ingenieros de producto al recibir la orden del cliente. Adicionalmente los módulos no son 100% intercambiables ni independientes, esto es que el sustituir un módulo del BOM requiere en ocasiones cambiar otros módulos para ajustar el producto a los requisitos del cliente, esto ocurre especialmente en los módulos Eléctrico y Balastra.

Esta situación resulta ineficiente para programar en un configurador de producto ya que no existe una lógica repetitiva en el proceso de diseño ni se tienen documentadas todas las excepciones.

Se realizó un análisis de las opciones eléctricas ofrecidas para una familia de productos en su versión de 250 Watts, fuente de sodio (HPS) y balastra tipo CWA encontrándose 128 posibles combinaciones a configurar de las cuales actualmente solo se han codificado 10. El análisis de la estructura de producto se muestra en la tabla 4.1

Tabla 4.1 Análisis de opciones eléctricas ofrecidas en producto 250W HPS CWA

Count of CI Code							
Modulo	Total	Balastra	Receptaculo	Arrancador	Capacitor	Terminal block	Cinta Voltaje
1	075-0E-10001	28	MT		OB	35/240 oval	120
2	075-0E-10002	5	MT	NR	OB	35/240 oval	120
3	075-0E-10044	1	MT		OB	35/240 oval	TB 120
4	075-0E-10247	7	MT		OP	35/240 oval	120
5	075-0E-10493	1	TT	NR	LI-501	35/330 oval	347
6	075-0E-10512	1	MT	NR	OB	35/240 oval	240
7	075-0E-10516	1	MT	NR	EC	35/240 oval	TB 120
8	075-0E-10672	3	MT		OB	35/240 oval	240
9	075-0E-10693	2	MT		EC	35/240 oval	
10	075-0E-10723	2	MT	NR	OB	35/240 oval	277
Grand Total		51					

Varietades por opcion	2	2	4	1	2	4
-----------------------	---	---	---	---	---	---

Combinaciones totales	= 2 x 2 x 4 x 1 x 2 x 4
128	

Para obtener una estructura modular eficiente y de fácil programación se propone la eliminación de los actuales módulos “Balastra” y “Eléctrico” sustituyéndolos por los siguientes 4 módulos:

- Balastra-socket
- Receptáculo para fotocontrol-terminal block
- Capacitor
- Arrancador

Cada uno de estos módulos contará con los cables necesarios para su conexión a los otros 3 y se recurrirá al uso de conectores múltiples para darle la propiedad de intercambiarse por otra opción dentro de la variedad ofrecida al cliente. Esto le dará la capacidad de programación para un configurador y también la capacidad de fabricar en masa cada uno de los módulos.

La figura 4.2 muestra cómo se integrarían los módulos propuestos para el sistema eléctrico incluyendo sus diferentes opciones.

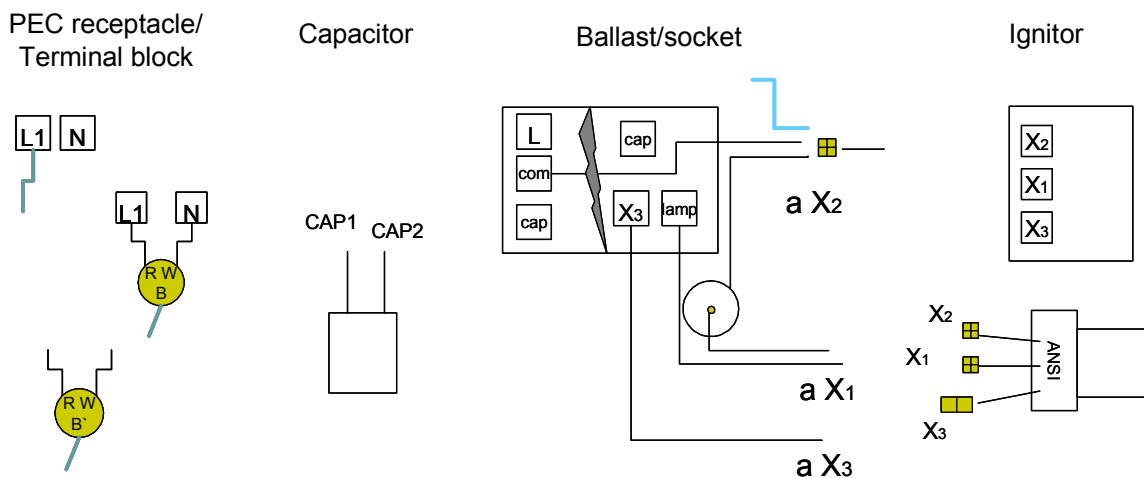


Figura 4.2 Diagrama esquemático de los componentes en módulos propuestos para el sistema eléctrico

El funcionamiento de los módulos propuestos en el diseño del producto se describe a continuación. En la figura 4.3(a), se muestra cómo cambiaría el producto al pasar del arrancador tipo open plugin (OP) a un tipo open board (OB), en este caso del producto se retiraría únicamente el módulo de arrancador OP y se sustituiría con el módulo de arrancador OB.

Tanto el módulo de arrancador OP como el OB ya incluyen los cableados necesarios para conectarse a los otros módulos del sistema eléctrico sin necesidad de que estos otros requieran una modificación.

En la figura 4,3 (b) se muestra el cambio de una balastra tipo reactor (RH) a una tipo lag (XH). Esto modifica el módulo balastra-socket a usar sin embargo el resto de los módulos permanece sin cambio.

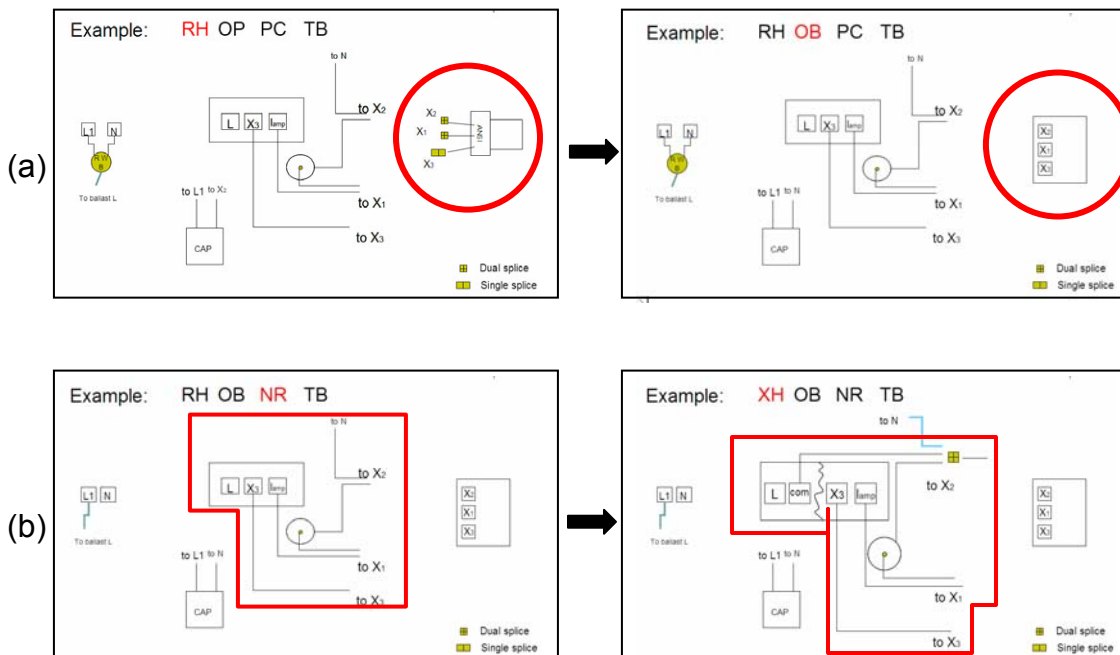


Figura 4.3 Aplicación de módulos propuestos para sistema eléctrico

Dentro de la estandarización de partes para buscar reducir inventarios se analizaron las siguientes propuestas:

- Extender el uso de balastras multivoltaje (120/208/240/277V) frente a balastras de voltaje sencillo
- Eliminación del receptáculo para arrancador de 2 entradas por el de 3 entradas (la cavidad central quedaría sin uso en la versión de 2 entradas)

Los cálculos utilizados siguiendo el método de Chopra y Meindl indican que en cada una de las consolidaciones mencionadas arriba representarían reducciones en inventario de seguridad del 30%.

Se propone reducir la variedad ofrecida a los clientes con tal de garantizar los tiempos de entrega cercanos a la producción en masa. Para ello se debe analizar el impacto de las siguientes propuestas:

- Color: limitar a gris, negro y café para mantener el tiempo de entrega del sistema MC. Blanco y verde podrían ofrecerse a un t. entrega mayor.
- Longitud de cables: Estandarizar medidas en toda la planta a 12", 18" y 36", eliminando opciones de 9" y 24"

(b) Diseño conceptual del configurador

Para la conceptualización del configurador de producto se tomó como referencia el catálogo de producto ofrecido por la compañía. Este catálogo actualmente se muestra a los clientes quienes seleccionan las opciones a un agente de ventas quien alimenta dichas opciones a un sistema de pedidos. Un extracto del catálogo se muestra en la figura 4.4

ORDERING INFORMATION

Example: 75 40M CA MT1 66 0643 LC TL PC

Series	Wattage / Source		Ballast	Voltage	NEMA Beam Pattern	
75 UltraFlood	10	100W	S HPS	120	120V	<i>Vertical Lamp</i>
	15	150W	M MH	208	208V	
	17	175W	V MV	220	220V	66 6H - 6V
	20	200W		240	240V	<i>Horizontal Lamp</i>
	25	250W		277	277V	H6 6H - 6V
	31	310W		347	347V	
	40	400W		480	480V	<i>Refer to Optic</i>
	23	250/400W		MT1	Multi-tap wired 120V	<i>Distribution Matrix below</i>
		wired 250W		MT2	Multi-tap wired 240V	<i>for compatibility.</i>
	24	250/400W		MT8	Multi-tap wired 208V	
		wired 400W		MT7	Multi-tap wired 277V	
				TT1	Tri-tap wired 120V	
				TT7	Tri-tap wired 277V	
				TT3	Tri-tap wired 347V	
			DT1	Dual-tap 120/240 wired 120V		
			DT2	Dual-tap 120/240 wired 240V		
			DT3	Dual-tap 240/480 wired 240V		
			DT4	Dual-tap 240/480 wired 480V		
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th>Options</th> </tr> </table> <p><i>Maximum number of options is eight, for more options please contact your local American Electric Lighting representative</i></p>						Options
Options						

Figura 4.4 Catálogo de productos para la familia de productos 75

El configurador propuesto incluye una vista del producto que se va actualizando conforme el cliente va seleccionando las opciones como color, tipo de montaje, etc. Algunas opciones no mostrarán cambio en la vista dado que son cambios del sistema eléctrico que no modifican la apariencia del producto.

Dado el incremento de la tecnología para Internet, se propone que el configurador sea programado en una plataforma que permita su uso en navegadores (browsers) como Internet Explorer, Firefox, etc. La propuesta conceptual del configurador se muestra en la figura 4.5

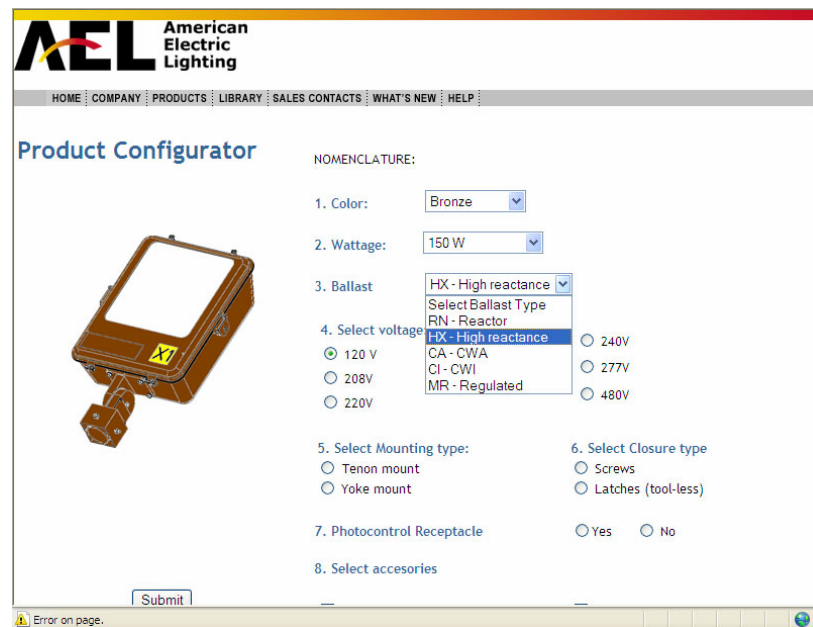


Figura 4.5 Propuesta del configurador de producto

(c) Rediseño conceptual del proceso

El flujo actual de materiales e información que se lleva a cabo en la organización para surtir a una orden es el siguiente:

1. El cliente se dirige a un agente de ventas para solicitarle un producto
2. El agente introduce en un sistema la orden del cliente apoyado en la nomenclatura descrita en el catálogo de productos. En caso que tenga un requisito especial lo anota como un comentario
3. El sistema evalúa si ya existe el producto solicitado, en caso negativo se va a un listado de productos que serán diseñados por el Ingeniero de Producto.
4. En caso que ya exista el producto solicitado o posterior a la creación del listado de materiales (BOM), la orden es alimentada al sistema de producción el cual evalúa la disponibilidad de materiales

5. En caso que no existan los materiales requeridos, estos son solicitados a los proveedores.
6. La orden es programada para producción al contar con todos los materiales
7. Los subensambles son producidos un día antes de la programación de la orden
8. El producto se ensambla y se embarca al cliente

Los volúmenes de órdenes mensuales y porcentajes que pasan por cada proceso se muestran en la figura 4.6.

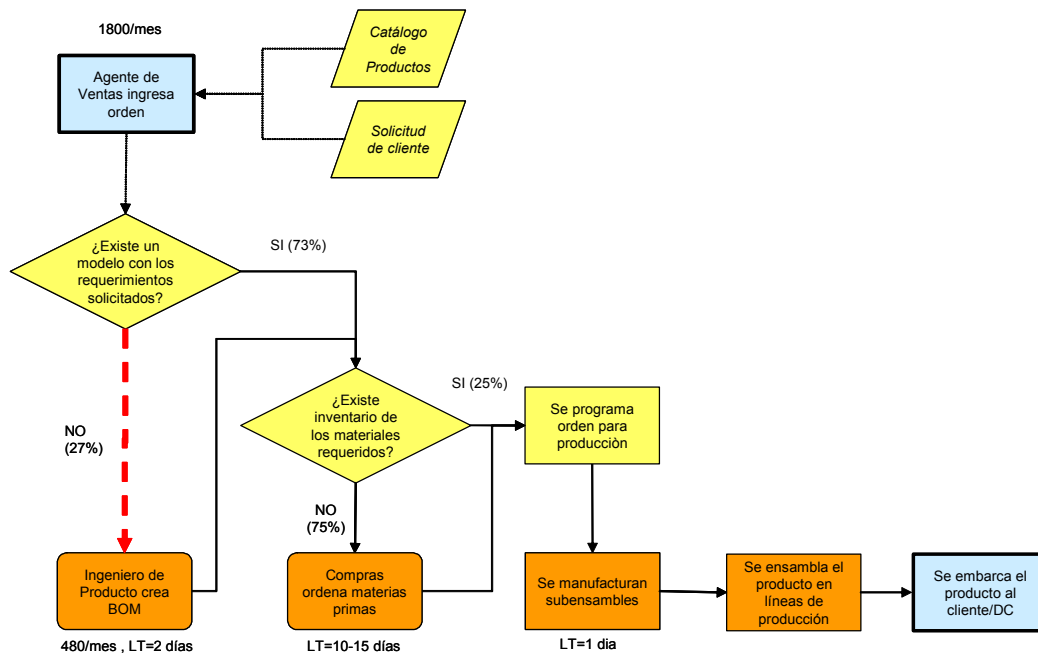


Figura 4.6 Flujo actual de información y materiales para surtir una orden

Los principales problemas que acarrea el modelo actual es que existen 2 procesos que consumen largo tiempo y aumentan el tiempo de ciclo para surtir la orden: Creación de listado de materiales (BOM) y abastecimiento de materias primas no existentes.

Dentro del esquema de producción de Mass Customization para esta empresa se propone desarrollar un configurador de producto a través del cual el agente de ventas o el cliente (si se desea eliminar al intermediario) introducen sus requerimientos y genera una orden en el sistema. El configurador de producto será capaz de crear inmediatamente el BOM para proceder con la programación de la orden.

Se propone establecer en la línea de ensamble la frontera del proceso que indica donde inicia la diferenciación del producto. Los módulos definidos anteriormente serán pre-fabricados en masa manteniéndose un stock o inventario de ellos para ser suministrados a la línea de ensamble al momento de programarse la orden. El flujo de materiales e información propuesto se muestra en la figura 4.7

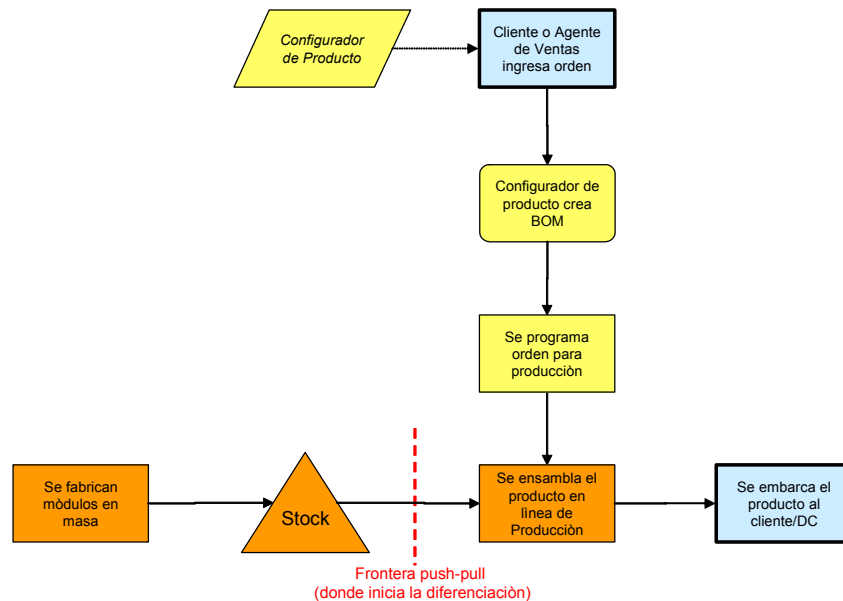


Figura 4.7 Flujo propuesto de información y materiales para surtir una orden

Fase de producción en masa: Make to stock

Esta fase consistirá en la fabricación en masa de los módulos del sistema eléctrico. Los módulos propuestos incluyen 1 o 2 componentes eléctricos y cableados por lo que requieren de un subensamble previo. Este subensamble de módulos puede realizarse en un área dedicada exclusivamente a la fabricación de módulos.

Se requerirá definir niveles mínimos y máximos de inventario para cada módulo de tal forma que al bajar de estos niveles se disparen los requerimientos para rellenar el inventario. Una propuesta para operar este sistema sería mediante tarjetas - kanban

Otro análisis que deberá realizarse para esta fase es el trasladar a proveedores externos el subensamble de los módulos. Dichos proveedores deben tener presencia local para garantizar el abasto de los módulos subensamblados; las materias primas usadas para el subensamble de los módulos seguiría siendo responsabilidad de la empresa.

Fase de producción personalizada: Make to order

En esta fase, los módulos eléctricos serían interconectados para cumplir los requisitos especificados y se culminaría el producto con el ensamble de dichas piezas al módulo básico y su respectivo empaque.

El departamento de producción deberá considerar incrementar la agilidad del personal de ensamble ya que la producción bajo este esquema sería mucho más diversa en cuanto a familias de producto que operarían en una misma línea de producción.

Esta agilidad debe desarrollarse desde el cambio mismo de modelo por lo que se propone el uso de líneas tipo “U” con flujo unitario de producción para el ensamble de estos productos.

(d) Rediseño de la cadena de suministro

La empresa cuenta con cerca de 150 proveedores de materias primas, de los cuales 10 se localizan en el área metropolitana de Monterrey, 2 en Chihuahua y el resto en los Estados Unidos.

Con la finalidad de reducir tiempos de entrega y apoyar el sistema de Mass Customization se recomienda trabajar con las siguientes alternativas para los productos surtidos desde Estados Unidos:

- Solicitar la presencia local de inventario mediante bodegas para distribución, programas de consignación o de administración de inventarios por proveedor (VMI)
- Búsqueda de proveedores alternos en el área local
- Desarrollar proveedores locales de primera capa para que operen como distribuidores o representantes de los proveedores actuales de la organización ocupándose de la administración de los inventarios así como de los requerimientos individuales de cada número de parte.

(e) Análisis comparativo entre modelo actual y modelo propuesto

Se obtuvieron indicadores de desempeño del modelo actual en cuanto a tiempos de entrega, inventarios y costos. Con base en las mejoras derivadas del modelo al implantar MC así como la estandarización de partes y limitación de componentes se obtuvo el comparativo mostrado en la tabla 4.2

Tabla 4.2 Comparativo entre modelos actual y propuesto

	Modelo anterior	Modelo propuesto
Tiempo de ciclo	17 días	3 días
Costo componentes	-	Pudiesen bajar al estandarizar por consolidar volumen
Inventario en componentes a estandarizar	\$ 1.35MM USD	\$0.8MM USD
Inventario en componentes a limitar variedad	\$0.2MM USD	-
Costo producción (maquinaria y mano de obra)	-	No cambia

A partir de este análisis se puede estimar que los beneficios que se obtendrán de la implantación de Mass Customization en esta organización son:

Precio premium

No se podrá establecer un precio premium ya que este se otorga al producto cuando el cliente está deseoso de tener un producto a su medida. En este caso, el cliente lo exige y la competencia lo ofrece

Market share:

El tener la reducción en tiempo de entrega generaría una mayor penetración de mercado pues uno de los drivers en esta industria es el tiempo de entrega de luminarias. No es fácil calcular el incremento en este indicador ni se ha encontrado estudios que relacionen directamente la implantación de MC con él.

Eliminación de intermediarios

Dado que la compañía no cuenta con una fuerza de ventas establecida sino que depende de los intermediarios quienes son contactados por una serie de gerentes regionales de Ventas, sería decisión del departamento de Ventas esta decisión.

Reducción de inventarios

Dependerá de la rapidez con que se logren las estandarizaciones de partes y el la limitación de opciones dentro del sistema de Mass Customization pero es uno de los rubros más impactados positivamente en la organización al implantarse MC.

(e) Evaluación de sistemas de trabajo y detección de necesidades

Se realizó una evaluación sobre los sistemas de trabajo actuales de la organización con base en la “Guía para determinación de necesidades previas a implantación de MC”.

Los resultados de esta evaluación se muestran en la tabla 4.3:

Tabla 4.3 Evaluación de sistemas de trabajo para determinar necesidades

Concepto	Requisito	Deseable	¿Implementado?	Fecha de implementación
Manufactura flexible <ul style="list-style-type: none"> • SMED • Just in time • Reducción de tiempo de ciclo 	X	X X	15% de líneas NO NO	3-4 meses 6-8 meses 5 meses
Diseño para manufactura	X		NO	2 meses
Diseño asistido x computadora (CAD)	X		SI	-
Redes cliente/servidor	X		NO	1 mes
Bases de datos	X		NO	1 mes
ERP/MRP	X		SI	-
Intercambio electrónico de datos		X	NO	TBD – etapa 3
Sistemas para punto de venta		X	NO	TBD
Sistemas de código de barras		X	NO	TBD
Equipos multifuncionales con facultad de decidir (empowerment)	X		85%	1 mes
Operadores multihabilidades	X		30%	4 meses
Sistema de administración de calidad		X	SI	-

A partir de los resultados de esta evaluación se desprende un plan de trabajo que deberá irse cumpliendo durante la etapa 3 de migración a Mass Customization.

Las principales áreas de oportunidad se encuentran en el desarrollo de habilidades en los operadores y la búsqueda de reducciones de tiempo de cambio de modelo para lograr cumplir programas de producción que cada vez se tornarán más variables en cuanto a los productos a fabricar.

Asimismo la infraestructura para Tecnologías de Información requerirá la adquisición de equipo como servidores para poder lograr la conectividad con clientes y entidades externas.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se presentan las conclusiones obtenidas a partir de la investigación sobre el tema así como de la propuesta y validación de la metodología presentada en esta tesis. Se incluyen de igual forma una serie de recomendaciones para estudios posteriores que busquen dar continuidad a este proyecto.

5.1 Conclusiones

La estrategia de Mass Customization surge como una herramienta para las organizaciones que buscan tener una ventaja competitiva ante la demanda de los mercados por productos personalizados.

El concepto de Mass Customization pese a tener 20 años de ser acuñado, aún carece de información específica sobre cómo implantarse en una organización. En la presente tesis se diseñó una metodología para guiar en la implantación de MC a cualquier organización dedicada a la manufactura.

La metodología en principio busca obtener una valoración que ayude a determinar si Mass Customization muestra indicios de ser una estrategia adecuada para la organización con base en sus productos y su mercado.

Posteriormente la metodología lleva a rediseñar conceptualmente los productos ofrecidos así como los procesos requeridos para fabricarlos que permitan ofrecer variedad sin impactar la productividad y eficiencia de la organización.

Se extraen las siguientes conclusiones de esta tesis:

- Se definió un esquema estructurado con pasos detallados a seguir para la implantación de Mass Customization en una empresa de manufactura

- La metodología propuesta se definió para que pudiera ser utilizada tanto por una empresa que opere actualmente bajo el esquema de producción masiva (make to stock) como para una empresa bajo esquema de personalización tradicional (assemble to order)
- Mass Customization es una estrategia que provee beneficios en organizaciones donde la variedad es apreciada por los clientes por lo que es esencial llevar a cabo la etapa de determinación de conveniencia.

5.2 Recomendaciones para estudios posteriores

Se proponen las siguientes recomendaciones para trabajos futuros que busquen dar continuidad a la presente tesis:

- Validar la tercera etapa de la metodología relativa a Migración a Mass Customization
- Ejecutar la metodología en organizaciones que operen bajo esquemas de producción en masa (make-to-stock)
- Desarrollar una metodología para implantación de Mass Customization en organizaciones de servicio
- Diseñar instrumentos o metodologías para una medición más exacta de los beneficios obtenidos al implantar Mass Customization

REFERENCIAS

- Åhlström, P., Westbrook, R. (1999). Implications of mass customization for operations management: An exploratory survey. International Journal of Operations & Production Management, 19 (3), 262-275.
- Anonymous. (1996). The shoe always fits at Custom Foot. Chain Store Age. 72 (10), 84.
- Antony, J., Banuelas, R. (2002). Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program. Measuring Business Excellence. Bradford. 6 (4), 20.
- Asan, U., Polat, S., Serdar, S. An integrated method for designing modular products. Journal of Manufacturing Technology Management. 15 (1), 29.
- Beiman, I., Sun, Y. (2003). Implementing a balanced scorecard in China: Steps for success. China Staff. Hong Kong. 9 (9). 11.
- Berman, B. (2002) Should your firm adopt a mass customization strategy?. Business Horizons. 45(4), 51-60
- Bourke, R. (2000). Product Configurators: Key enablers for Mass Customization. Midrange ERP.
- Brady, D., Kerwin, K., Welch, D., Lee, L., Hof, R. (March 20, 2000). Customizing for the Masses; Digital technology lets you order exactly what you want. Business Week. 3673, 130B.
- Broekhuizen, T., Alsem K. (2002) Success Factors for Mass Customization: A Conceptual Model. Journal of Market - Focused Management. 5 (4), 309.
- Chandra, Ch., Kamrani, A. (2004). Mass Customization: A Supply Chain Approach. New Jersey: Kluwer Academic / Plenum Publishers.
- Chopra, S., Meindl, P. (2001). Supply Chain Management: strategy, planning and operation. New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Davis, S. (1987). Future perfect. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Diario Oficial de la Federación. (1999). Acuerdo de Estratificación de Empresas Micro, Pequeñas y Medianas. Martes 30 de marzo de 1999, 55.

- Eastwood, M. (1996). Implementing Mass Customization. Computers in Industry. 30 (3), 171-174.
- Gilmore, J., Pine II, B. J. 1997. The four faces of Mass Customization. Harvard Business Review. Jan-Feb, pp. 91-101
- Goldratt, E. (1986). The goal: a process of ongoing improvement. New York: North River Press.
- Grubb, D. (2006). Mass Customization - if you aren't doing it, maybe you should be. Wood Digest. Fort Atkinson: 37 (1) 38.
- Hart, C. (1995). Mass customization: conceptual underpinnings, opportunities and limits. International Journal of Service Industry Management. 6 (2) 36-45
- Hernández Sampieri, R., Fernández, C., Baptista, P. (1996) Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill
- inventory. Encyclopædia Britannica. Retrieved April 25, 2005, from Encyclopædia Britannica Online.
<http://0-search.eb.com.millenium.itesm.mx:80/eb/article?tocId=9042657>
- Jose, A., Tollenaere, M. Modular and platform methods for product family design: Literature Analysis. Journal of Intelligent Manufacturing. 16 (1), 371-390.
- Jiao, J, Tseng, M. A methology of developing product family architectures for mass customization. Journal of Intelligent Manufacturing. 10 (1), 3.
- Kotha, S. (1995). Mass customization: Implementing the emerging paradigm for competitive advantage. Strategic Management Journal. (16) 21-42
- MacCarthy, I. (2004) Special issue editorial: the what, why and how of mass customization. Production Planning and Control. 15 (4), 347-351.
- MacCarthy, B., Brabazon, P., Bramham, J. (2003). Fundamental modes of operation for mass customization. International Journal of Production Economics. 85, 289-304
- Monrroy, J. (2005) Evaluación de conveniencia en la implantación de Mass Customization. Monterrey: ITESM.
- Peña Suárez, J. (2004). Achieving competitive advantage through Mass Customization. Monterrey: ITESM.

- Partanen, J., Haapasalo, H. (2004) Fast production for order fulfillment: Implementing mass customization in electronics industry. International Journal of Production Economics. 90 (2), 213-222.
- Piller, F. (1998) Kundenindividuelle Massenproduktion: Die Wettbewerbsstrategie der Zukunft. Munich: Carl Hanser.
- Piller, F. (2004). Mass Customization: Reflections on the State of the Concept. The International Journal of Flexible Manufacturing Systems, 16, 313–334.
- Piller, F. T.; Stotko, C. Four approaches to deliver customized products and services with mass production efficiency. Documento presentado en Proceedings of the IEEE International Engineering Management Conference. Managing Technology for the New Economy, 18-20 August 2002, , S. 773-778.
- Pine II, B. J. (1996). Action Steps: Beginning the journey to mass customization. Business Communications Review. 5.
- Pine II, B. J. (1993). Mass customization: the new frontier in business competition. Boston: Harvard Business School Press.
- Piotrowski, M., Babiarz, P., Pomianek, B., Wawrzynkiewicz, M. (2004). Prerequisites for successful introduction of Mass Customization strategy in central Europe. University of Information Technology and Management: Rzeszów, Poland
- Porter, M. (2002). Ventaja competitiva: Creación y sostenimiento de un desempeño superior. Mexico: CECSA
- Prabowo, N. (1996). 5S: Workplace organization and standardization. Retrieved April 26, 2005 from <http://www.plant-maintenance.com/articles/5S.pdf>
- Ramachandran, K., Whitman, L. and Ramachandran, A. (2002). "Criteria for determining the Push–Pull boundary." Proceedings of the Industrial Engineering Research Conference, May, 19-21, 2002, Orlando, FL
- Rigby, D. Management Tools: Mass Customization. Retrieved May 20 2006 from http://www.bain.com/management_tools/tools_mass_customization.asp?groupCode=2
- Salvador, F., Forza, C. Rungtusanatham, M. (2002). How to Mass Customize: Product architectures, sourcing configurations. Business Horizons. 45 (), 61-69.

Schenk, M., R. Seelmann-Eggebert. (2003) Enabling Mass Customization across the Value Chain; Proceedings of the 2nd Interdisciplinary World Congress on Mass Customization and Personalization, Munich.

Skjelstad, L., Hagen, I., Alfnes, E. Guidelines for achieving a proper mass customization system. Documento presentado en la 2005 EurOMA International Conference on Operations and Global Competitiveness. Extraído el 20 Febrero del año 2006 de http://www.euroma2005.hu/protect/EUROMA_11_B5.pdf (p.1565)

Tseng, M., Piller, F. (2003). The customer centric enterprise: Advances in Mass Customization and Personalization. New York/Berlin: Springer.

The Economist. (2000). Business: all yours. 355 (8164), 57-81.

Wallace T., Stahl, B. (2005) Building to Customer Demand. USA: T.F. Wallace & Co.

Womack, J., Jones, D., Roos, D. (1990). The Machine that Changed the World. New York: Rawson Associates.