



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN

“PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL
DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS”

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A:
MARIELA AGUIRRE VÁZQUEZ

ASESOR: M EN I LEOPOLDO A. GONZÁLEZ



NEZAHUALACÓYOTL, EDO. DE MÉXICO. SEPTIEMBRE, 2005

m. 347757



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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


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

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de UNAM a difundir en formato electrónico e impresa el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: AGUIRRE VÁSQUEZ

MARIELA

FECHA: 13 SEPTIEMBRE 2005

FIRMA: 

Agradecimientos

A mis padres: Piedad y Alfonso; y a mis hermanos: Elizabeth y Ernesto; que con su amor y apoyo me ayudaron a forjar mi futuro.

A mis amigos y compañeros de la carrera: Ruth, Edgard, Ramón, Cristian, Palomeque y Morquecho, que me apoyaron a seguir y a salir adelante.

A mis compañeros de seminario, Jesica, Jesús, Jorge y Oscar, que a pesar de las contrariedades contribuyeron a la realización de este trabajo.

Y por último pero no menos importante, al Programa de Apoyo la Titulación y al asesor M. en I. Leopoldo González por haber sido guía en esta elaboración de esta tesis.

Gracias a todos aquellos que directa o indirectamente contribuyeron a realizar esta meta.

Mariela Aguirre

Septiembre, 2005

Índice

Antecedentes	V
Introducción	XIII
CAPÍTULO 1: Metodologías existentes	1
1.1 Metodología Seis Sigma	4
1.2 Metodología Taguchi	21
1.3 Metodología QFD	32
1.4 Metodología APQP	51
1.5 Metodología Cross	68
CAPÍTULO 2: Evaluación y comparación de metodologías.	
Propuesta metodológica	77
2.1 Evaluación y comparación de Metodologías	79
2.1.1 Metodología Seis Sigma	80
2.1.2 Metodología Taguchi	81
2.1.3 Metodología Quality Function Deployment (QFD)	85
2.1.4 Metodología Advanced Planning Quality Product (APQP).	89

2.1.5	Metodología Cross.....	91
2.2	Propuesta metodológica	97
2.2.1	Identificación de las Necesidades	97
2.2.2	Benchmarking	100
2.2.3	Definición del problema	104
2.2.4	Determinación de objetivos	111
2.2.5	Generación de alternativas y diseño del nuevo producto ..	113
2.2.6	Dibujos y especificaciones preeliminares	114
2.2.7	Estudio de factibilidad	115
2.2.8	Estudio del nuevo diseño por Método Taguchi	118
2.2.9	Dibujos y parámetros definitivos	123
2.2.10	Realización de análisis competitivo	123
2.2.11	Estandarización y documentación de los métodos de fabricación	123
2.2.12	Métodos de mejora del proceso.....	129
2.2.13	Implementación y Liberación del Producto	135
2.3	Diagrama de flujo de propuesta metodológica	138

CAPÍTULO 3: Caso práctico. Aplicación de la metodología a un nuevo producto.....		143
3.1	Introducción	145
3.2	Aplicación de la metodología a un nuevo producto (flecha cardán).....	153

3.2.1	Identificación de las necesidades	153
3.2.2	Benchmarking.....	165
3.2.3	Definición del problema	172
3.2.4	Determinación de objetivos	181
3.2.5	Generación de alternativas y diseño del nuevo producto ..	182
3.2.6	Dibujos y especificaciones preeliminares	188
3.2.7	Estudios de factibilidad	191
3.2.8	Estudio del nuevo diseño	193
3.2.9	Dibujos y parámetros definitivos	195
3.2.10	Análisis Competitivo	196
3.2.11	Estandarización y documentación de los métodos de fabricación	196
3.2.12	Métodos de mejora del proceso	205
3.2.13	Implementación y liberación del producto	205
	Resultados y conclusiones	211
	Apéndices.....	219
	Apéndice A. Herramientas de ayuda para construcción de matrices en QFD.....	224
	Apéndice B. Encuestas internas	227
	Apéndice C. Ejemplos de benchmarking.....	233
	Apéndice D. Lluvia de ideas para DoE	245

Glosario 247

Bibliografía 249

Antecedentes

Para poder cumplir con sus objetivos, la presente tesis se fundamenta en el estudio y aplicación de diferentes metodologías que se usan en las empresas modernas para el desarrollo de nuevos productos.

El desarrollo de un producto es motivado para satisfacer una necesidad, esto implica, que este producto satisfaga las necesidades tanto de la aplicación final como del proceso de producción. Todo el proceso de desarrollo implica la aplicación de lo que se denomina mejora de la calidad. La calidad es el conjunto de características que posee un producto o servicio obtenidos en un sistema productivo, así como su capacidad de satisfacción de los requerimientos del cliente.

Los enfoques para lograr la calidad varían en sus métodos, pero los objetivos a alcanzar son los mismos. Para una empresa la calidad significa ofrecer productos o servicios sin defectos y de ese modo lograr clientes satisfechos.

A continuación se presentan algunos datos importantes sobre las metodologías que se han considerado más adecuadas para este caso particular de estudio.

- Seis Sigma

En Estados Unidos esta metodología se ha convertido en el nuevo impulso de la mejora de la calidad tanto en empresas manufactureras como de servicios.

En 1985, el Dr. Mikel Harry ingeniero y estadístico en la división de electrónica de Motorola Inc., en Phoenix, Arizona, publicó un artículo en el que describía la relación entre fiabilidad de un producto y el nivel de reparación que tenía ese producto durante su proceso de fabricación, por eso, junto con otros ingenieros de Motorola, diseñó una iniciativa de mejora de la calidad basada en eliminar las causas de los problemas antes de que fuese necesario identificar y reparar los defectos mediante el uso del método estadístico. La división de comunicaciones

de Motorola, dirigida por G. Fisher, lanzó un programa de calidad total con el nombre Seis Sigma (Six Sigma).

En enero de 1987 el presidente de Motorola Bob Galvin anunció el objetivo de lo que se convertiría en el más famoso de los programas de calidad en la industria norteamericana. Este plan consistía en reducir 10,000 veces la tasa de defectos que en esa época era de 35,000 defectos por millón (un defecto es un fallo al satisfacer al cliente).

En 1992 el primer resultado obtenido por Motorola fue de 150 defectos por millón (nivel 5.5 Sigma). Según la experiencia de Motorola la empresa promedio que opera en un nivel de 4 sigma, gasta más del 10% de sus ventas en reparaciones internas y externas, frente a un producto bajo la metodología Seis Sigma que no llega al 1%.

Harry fue el encargado de establecer el Instituto de Investigación Seis Sigma en la Universidad de Motorola, en Schaumburg, IL., E.U., donde desarrolló una metodología de mejora continua de la calidad, combinando técnicas y métodos estadísticos ya conocidos, no originales, en un formato que podría haber sido adaptado por cualquier otro, pero que como nadie lo había hecho antes, Harry la registró como propia. Luego de su implementación en Motorola, Harry la implementa en las compañías ABB y Unysis Corp.

Otras compañías que lo han implementado:

- Sony Corp.
- G. E.
- Allied Signal
- Bombardier Aerospace
- Raytheon
- Texas Instruments
- Kodak
- Polaroid
- Lockheed Martin Corp.
- Honey Well
- Whirpool

- Bayer
- Johnson & Johnson
- Rexam
- Dow Chemical
- Black & Decker
- Dupont
- Federal Express

En Europa:

- ABB
- Allied Signal
- Ericsson
- Philips
- Siemens

General Electric en su memoria anual de 1999, indica que desde 1996 se implementó esta metodología, en este año no hubo beneficio financiero, pero ha generado 2 millones de dólares en beneficios a partir de 1999.

Sony Corp. Informó en el "Nikkei Industrial Daily" del 28 de abril de 1999 que tras aplicar esta metodología esperaba reducir 120 millones de yenes en el año 2000 y fijó el objetivo de aumentar cinco veces la calidad de sus productos, reduciendo en un quinto la tasa de defectos en el año 2000.

• Taguchi

Esta metodología se basa en diseños factoriales completos o fraccionales, son herramientas aplicadas por el Dr. Genichi Taguchi, los cuales datan de los años 50's, en 1958 publicó en Japón el libro "Diseño Experimental, Concepto Relación Señal / Ruido".

En 1972 usó el concepto denominado "robustez" en su libro, la robustez es la insensibilidad frente a aquellas causas que provocan su variabilidad. A grandes rasgos este libro es un manual para comparar métodos de control y medida.

En 1980 se divulga en E.U. con la publicación de una serie de libros sobre ingeniería de calidad, "Métodos de Taguchi".

Esta metodología ha sido aplicada en compañías como :

- Ford
- General Motors
- Xerox

Estas compañías han obtenido como resultado, un aceleramiento en el desarrollo de métodos para el mejoramiento de la productividad.

• QFD (Quality Function Deployment)

La metodología denominada Despliegue de la Función de Calidad "QFD", surge en los últimos años de los 60's y se sistematizó primeramente en Japón a mediados de los 70's en los astilleros Kobe de Mitsubishi. QFD se refiere a las funciones responsables de la calidad en las áreas de diseño, fabricación y servicio de una compañía. La primera publicación sobre este tema apareció en 1972 en un artículo denominado "Quality Assurance of New Products: A System of Quality Deployment", en la revista "Standardization and Quality Control".

En 1978 apareció la segunda publicación en Astilleros Kobe Mitsubishi Heavy Industries con el nombre "Quality Function Deployment An Approach to Total Quality Control".

En E.U., en octubre de 1983, Yoji Akao introdujo el Despliegue de la Función de Calidad (QFD) en un breve artículo que apareció en *Quality Progress*, revista mensual de la American Society for Quality Control (ASQC).

En 1972 el Dr. Akao y los Drs. Mizuno y Furukawa, en los astilleros de Kobe desarrollaron una matriz de demandas del cliente y características de calidad.

En 1978 Akao y Mizuno coeditaron un texto sobre despliegue de funciones de calidad, a principios de los 80's el Dr. Akao integró el QFD con la ingeniería de valores y otros instrumentos para el despliegue de costos a través de su investigación y consultoría en la compañía Futuba y otras corporaciones. El Dr. Akao integró el QFD con la nueva tecnología, la ingeniería de la fiabilidad y la ingeniería de puntos críticos (cuellos de botella), una metodología desarrollada por Furukawa para identificar y obtener puntos críticos para la ingeniería actual.

El QFD es pieza clave en el diseño de muchos productos, entre los más importantes es el diseño de nuevos automóviles así como de sus componentes. En la industria de las computadoras, el QFD ha llegado a ser al mismo tiempo una fuente de mejores respuestas ante los clientes y de reducciones significativas en el ciclo de diseño.

El concepto principal con el que se apoya el QFD es lo que se denomina "casa de la Calidad", este concepto surgió en Japón en 1977.

General Electric y Ford han utilizado el QFD para facilitar la transición entre el diseño y la fabricación.

Otras industrias donde se ha aplicado son:

- 3M
- AT&T
- DaimlerChrysler
- Hewlett Packard
- IBM
- Kodak

Se aprecia como resultado de la aplicación de esta metodología una mayor orientación al cliente, eficiencia del tiempo, orientación hacia el trabajo en equipo y orientación hacia la documentación.

▪ Metodología APQP

APQP es la abreviación de las palabras en inglés "Advanced Product Quality Planning" o en español "Planeación Avanzada de la Calidad del Producto". Esta metodología se aplica principalmente en el sector automotriz, compañías cuyo papel es el de ser proveedores dentro de la cadena de suministro para clientes tales como Ford, General Motors y DaimlerChrysler.

La aplicación de esta metodología da como resultado que los productos satisfagan las necesidades del cliente en especial para todos los sistemas y subsistemas de manufactura de componentes. El aplicar esta metodología facilita la comunicación entre todas las personas y actividades en el desarrollo de un producto.

▪ Metodología Cross

Cross desarrolló su metodología partiendo de los fundamentos del diseño como es el dibujo y se apoya en herramientas de otras disciplinas. Cross crea un marco de referencia lógico, lo que resulta que su aplicación tenga un enfoque sistemático en el diseño de un producto y así obtenga resultados de mejora en todas las áreas involucradas en especial en el área de diseño.

Concluyendo, todas estas metodologías surgen por la inquietud de tener una propuesta de acción, buscando tener una secuencia de actividades particulares, tácticas y un método generalizado para el desarrollo de un nuevo producto.

En el presente trabajo se presenta una propuesta metodológica y utilizarla para el desarrollo de una flecha cardan, lo cual es una necesidad de la industria automotriz .

Grupo Spicer inició en 1970 la construcción de su planta para fabricar flechas cardán en Cd. Santiago, Querétaro, esta planta fue inaugurada en octubre de 1971. Y cuenta con las siguientes ventajas:

- Excelente comunicación por carretera y ferrocarril.
- Distancia razonable a sus clientes y proveedores.
- Estímulos fiscales locales.
- Excelente relación entre autoridades gubernamentales, empresarios y sindicatos.
- Abundante mano de obra.
- Agua en cantidad y calidad adecuada.
- Buen suministro de energía eléctrica.
- Disponibilidad de suministro de gas natural.
- Comunidad con servicios adecuados para ejecutivos y personal en general.

Cardanes, S.A. de C.V., es una empresa creada para fabricar y comercializar flechas cardán y sus componentes para la industria automotriz y el mercado de repuesto.

Se producen 790, 000 flechas al año en una superficie de 67,500 m² de terreno y 15,000 m² techados, con 650 personas laborando y cuenta con 9 clientes de equipo original que son:

- DaimlerChrysler
- Ford
- GM
- Nissan
- Freightliner
- Mercedes Benz

- International
- Masa/Volvo
- DINA

El 61% de las ventas están representadas por la exportación directa e indirecta a E.U., Canadá, Francia, Inglaterra, Italia, Colombia, Venezuela y el 39% al mercado nacional.

Su política de calidad se enfoca en la mejora continua, basada en el sistema de calidad ISO / TS 16949.

Introducción

El desarrollo del presente trabajo tiene por objetivo la propuesta y la aplicación de una nueva metodología sistemática dentro del sector automotriz en el desarrollo de una flecha cardán, la cual se propone a partir de múltiples conceptos existentes en el desarrollo de nuevos productos, pero que sólo en escasas ocasiones se puede encontrar una concurrencia entre los distintos conceptos de ingeniería mecánica e industrial.

Para asegurar que los productos estén diseñados de forma que satisfagan las necesidades de los clientes, es fundamental la colaboración entre grupos de diferentes áreas de la compañía y, por tanto, indispensable el establecer mecanismos normalizados de comunicación entre éstas. La solución para abordar con éxito el diseño y desarrollo de los productos deberá contemplar la utilización de una metodología que facilite la puesta en común de ideas e información de los grupos, así como el avance rápido y eficiente del proyecto. Es entonces cuando una metodología ofrece un marco de trabajo en el que se puede definir:

- Una estructura de proyecto que sirva de guía al equipo de trabajo, que establezca responsabilidades de los miembros e involucre a los usuarios en el desarrollo y toma de decisiones en los puntos clave.
- Un conjunto de productos finales a desarrollar.
- Un conjunto de técnicas para obtener los productos finales.

Además, la metodología se puede estructurar en fases de tal forma que permita que:

- A partir de la estructura de la fase, se establezca un conjunto formal de productos a entregar por el equipo de trabajo final de cada fase. Esto

permite dividir los proyectos en una serie de tareas preestablecidas que facilite las labores de planificación y control de proyectos.

- El final de cada fase requiere la aceptación formal de las conclusiones a las que se ha llegado al término de la misma por parte de los responsables de validar los productos.
- El producto final de cada fase constituye el punto de partida para la ejecución de la siguiente.

Como referencia se puede tomar a Artemis Consulting que ha desarrollado una metodología estructurada denominada "sm2", la cual propone fases lógicas dirigidas a procesos de mejoras corporativas. También se cuenta con la metodología de Hubka (1982), la metodología de Cross (1989), el Proceso Total de Desarrollo (Clausing 1988), la metodología QFD, Diseño de Calidad Total, entre otras.

Cabe mencionar que dentro del sector automotriz se encuentra en forma general la metodología APQP (Advanced Planning Quality Product) y algunas compañías como DaimlerChrysler requieren específicamente PSO (Process Sign Off).

El enfoque de algunas otras metodologías está basado en el mejoramiento de la calidad del producto, tales como el Diseño de Experimentos, Métodos Taguchi y Seis Sigma, por mencionar algunas.

Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto, los objetivos del presente trabajo son:

- Proponer una metodología que reúna conceptos de ingeniería industrial y mecánica para integrar una herramienta para el desarrollo de nuevos productos sin dejar a un lado su correspondiente proceso de fabricación y de servicio.

- Aplicación de la metodología en el lanzamiento de un nuevo producto en una planta del sector automotriz.

Para lo cual, en el capítulo 1, se presentan los resultados de la revisión de metodologías existentes relacionadas con el diseño de productos. En el capítulo 2 se lleva a cabo la evaluación y comparación de las metodologías analizadas y se presenta una propuesta metodológica para el desarrollo de nuevos productos. En el capítulo 3 se aplica la metodología propuesta para el desarrollo de una flecha cardán dentro del sector automotriz, considerando las particularidades de una empresa nacional.

Finalmente se presentan los resultados y conclusiones de este trabajo de tesis.

CAPÍTULO 1

Metodologías Existentes

Metodologías Existentes

Actualmente el reto de la mayoría de las empresas de todos los sectores es reducir el tiempo de ciclo de desarrollo de productos y su mejora. Debido a que los productos se fabrican en series cada vez más cortas, en variedad creciente y con ciclos de vida más cortos, es necesario saber como se puede disminuir el tiempo de desarrollo, además de proporcionar una gran variedad de productos, manteniendo la competitividad.

En este capítulo se presentan los resultados de la revisión bibliográfica realizada a las metodologías; Seis Sigma, Taguchi, QFD, APQP y Cross, las cuales son utilizadas dentro de la industria para el desarrollo de productos. Se define cada metodología, en que consiste y cuales son los métodos y herramientas utilizadas.

1.1 Metodología Seis Sigma

La metodología "Seis Sigma" es una forma de organizar los datos y las acciones que se toman durante un proyecto hasta alcanzar el objetivo planteado. El nacimiento de los proyectos es a partir de la voz del cliente, ya sea interno o externo y se traduce a un lenguaje de ingeniería, éste es el inicio del estudio de la factibilidad para la adecuación del producto y servicio mediante la aplicación de herramientas estadísticas.

La variación de los procesos es la fuente principal de insatisfacción de los clientes, éste es el enfoque de estudio de las herramientas de "Seis Sigma"; si el problema que causa la insatisfacción se elimina, el cliente nota la diferencia y la empresa mejora su imagen en el mercado logrando ser más competitivos. Dentro de los procesos siempre se tienen fuentes de variación tales como entregas a destiempo, producto no adecuado, falta de materia prima o producto terminado, producto fuera de especificaciones, etc., las cuales son traducidas como áreas de oportunidad para aplicar las herramientas de "Seis Sigma" y encontrar la causa raíz que genera esta insatisfacción en el cliente.

Cada herramienta estadística da un enfoque distinto de la problemática y permite una orientación para la correcta toma de decisiones, justificando siempre el cambio o mejora en base a lo económico. La importancia en el manejo de las herramientas de "Seis Sigma" es vital, ya que ayudan a identificar las variables que son críticas para lograr la calidad y centrar esfuerzos en lo que está causando el problema, en lugar de realizar la corrección al momento en que ésta se presenta y para ese entonces ya se lleva una cantidad incalculable de defectos.

Los modelos de calidad que se manejan actualmente (ISO9000, QS9000, Círculos de Calidad, Buenas Practicas de Manufactura, HACCP, QBA, etc.)

Propuesta Metodológica para el Desarrollo de Nuevos Productos

proponen el manejo de herramientas estadísticas en la metodología del proyecto, sin embargo, el alcance que se les da es pobre. Las herramientas de "Seis Sigma" tienen el objetivo de desarrollar un pensamiento estadístico para el análisis, medición y toma de decisiones en la elaboración de un proyecto. Incluso la metodología "Seis Sigma" no difiere de los sistemas de calidad, al contrario, es una herramienta que va de la mano con el sistema ISO-9000, ya que dicho sistema de calidad documenta y "Seis Sigma" ejecuta.

La metodología "Seis Sigma" es una visión y filosofía de trabajo, la cual se basa en el enfoque hacia el cliente para ofrecer productos o servicios con la más alta calidad y al menor costo, con un manejo eficiente de los datos, herramientas, metodologías y diseños, que permite eliminar la variabilidad en los procesos y alcanzar un nivel de defectos menor o igual a 3.4 defectos por millón de oportunidades (DPMO), lo que equivale a un nivel de calidad del 99.9997%, este nivel de calidad se aproxima al ideal del cero-defectos. Adicionalmente la implantación de la filosofía de "Seis Sigma" trae consigo los siguientes efectos:

- a) Reducción de los tiempos de proceso.
- b) Reducción de los costos.
- c) Alta satisfacción de los clientes debido a que su voz es escuchada.
- d) Efectos en el desempeño financiero de la organización que adopta la filosofía.

"Seis Sigma" propone no sólo que los productos o procesos estén controlados y dentro de los límites de especificación tal como se buscaba en la corriente de pensamiento de calidad tradicional, sino que direcciona el análisis y los esfuerzos de mejora para que los procesos y productos se encuentren lo más cercano al valor nominal especificado, "Seis Sigma" utiliza en gran medida el valor de la desviación estándar para la toma de decisiones y la implementación de mejoras, por tanto, es una visión que reta la manera de pensar con respecto a la calidad, ya que la calidad tradicional se limita a verificar los procesos cuando ocurren fallas.

Su aplicación requiere el uso intensivo de herramientas y metodologías estadísticas, en su mayoría para analizar, mejorar y controlar procesos, con esto se disminuye la variabilidad de los procesos, logrando producir resultados de mejora esperados, con los defectos mínimos posibles, bajos costos y máxima satisfacción del cliente. Esto contrasta con la forma tradicional de asegurar la calidad, al inspeccionar "post-mortem", es decir, lo ya fabricado y tratar de corregir los defectos, una vez producidos.

1.1.1 La Capacidad del Proceso

Para una mejor comprensión de "Seis Sigma", es necesario el entendimiento de la capacidad del proceso desde el contexto de la calidad, en donde se parte del hecho de que en todo proceso para la obtención de algún producto, se presentan variaciones en características del mismo así como en el proceso de obtención. El origen de las variaciones se clasifica en dos: las causas de variación inherentes al proceso mismo o causas comunes dentro del sistema, y que solo pueden ser afectadas si se hacen cambios al sistema, por ejemplo: diseño, selección de maquinaria o mantenimiento y, por otro lado, las causas especiales que se presentan como incidentes en ciertos momentos y bajo ciertas circunstancias, que dan como resultado una variabilidad anormal, por ejemplo; un error humano, acontecimientos no planeados o circunstanciales que no forman parte del funcionamiento normal del proceso.

Se dice que un proceso está fuera de control o es inestable cuando las variaciones son originadas por causas especiales y por lo tanto su comportamiento es totalmente impredecible. El proceso está bajo control cuando las variaciones son originadas por causas comunes o inherentes al proceso, si es así, es posible aplicar técnicas estadísticas para estudiar su comportamiento e incluso hacer predicciones. Cabe aclarar que en este contexto, el término "control" se refiere a que el proceso es consistente en su comportamiento, no necesariamente que el producto o servicio cumple con lo especificado, puede ser consistentemente

incumplido, en el sentido de que lo que se obtiene, está fuera de las especificaciones. En la Figura 1.1, se muestra un proceso que está dentro de control, porque los valores se encuentran dentro del Límite de Control Superior (LCS) y el Límite de Control Inferior (LCI); sin embargo, es un proceso consistentemente incumplido porque también tiene valores que se encuentran fuera del Límite Superior Especificado (LSE) y del Límite Inferior Especificado (LIE).

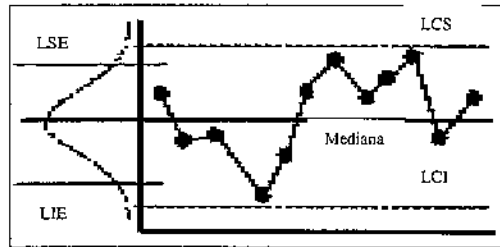


Figura 1.1 Proceso de control

De acuerdo con el Manual de Herramientas Básicas para el Análisis de Datos (1990), la capacidad real del proceso (Cpk), es la determinación, de si dicho proceso es capaz de satisfacer las especificaciones que generalmente se establecen con el cliente, dada la variación natural. Al tomar características o valores de un proceso, se asume que el comportamiento corresponde a una distribución normal, la cual está determinada por la ecuación 1.1:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\left(\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)} \quad (\text{Ec. 1.1})$$

De donde:

μ = la media

σ = desviación estándar

x = valor de dato

La capacidad simple o potencial del proceso (C_p), relaciona la diferencia entre los límites de especificación permitidos (LSE-LIE), con la diferencia algebraica de tres veces la desviación estándar a la izquierda y a la derecha de la media, lo que resulta en 6σ (Seis Sigma). En términos de estimaciones, esto se presenta en la ecuación 1.2:

$$C_p = \frac{(LSE - LIE)}{6\sigma} \quad (\text{Ec. 1.2})$$

Para valores de C_p , menor a uno, significa que se están obteniendo valores fuera del rango especificado, se puede dar el caso de que el valor de C_p sea mayor a uno, lejos del valor deseado. Cuando el valor de C_p es igual a uno, implica que coincide la variación con los límites especificados.

El valor deseado, es el requerido o de alguna forma el ideal; dados los aspectos prácticos, se habla de un rango, que se encuentra entre el LSE y el LIE. La media observada, puede o no coincidir con el valor deseado, de hecho se puede hablar de varias medias observadas, dependiendo de factores y condiciones en donde se realiza el proceso, como se muestra en la Figura 1.2.

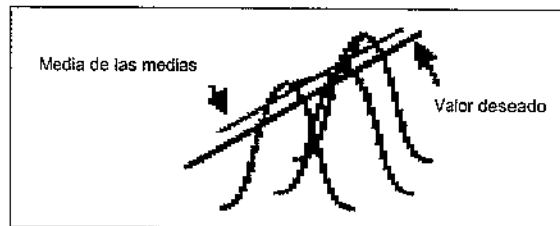


Figura 1.2 Media de las medias y valor deseado.

Se puede observar que C_p no indica qué tanto se centra o acerca el promedio del proceso al valor deseado, por lo que se utiliza el C_{pk} , el cual es definido como la capacidad del proceso que está dada por la ecuación 1.3.:

$$C_{pk} = \min \{ C_{pl}, C_{pu} \} \quad . \quad (\text{Ec. 1.3})$$

De donde:

$$C_{pl} = \frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma}$$

y

$$C_{pu} = \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma}$$

Estos datos son los límites de especificación de un lado, el C_{pk} ve los límites de especificación de los dos lados, a la izquierda y a la derecha de la media. De esta manera, no sólo se mide la variación del proceso con respecto al rango permitido, también la ubicación de la media del proceso.

En un medio en donde se trabaja por proyectos, aparentemente no tendría sentido la aplicación de la capacidad del proceso, ya que a primera vista no se tienen productos repetitivos, pero cabe aclarar que la capacidad del proceso se refiere a la variabilidad de un proceso, que no necesariamente implica la obtención de productos con las mismas características, en el sentido de un producto con características de dimensiones físicas. Hablar de capacidad de proceso en proyectos, tiene que ver inicialmente con el ciclo del proyecto, en un artículo de la revista *Guide to the Project Management of Knowledge (2000)*, se mencionan los grupos de proceso y se encuentra que "Los procesos de control aseguran que los objetivos del proyecto se están cumpliendo por medio del monitoreo y la medición regular de su progreso para identificar variaciones de lo planificado, de tal forma que puedan tomarse acciones correctivas cuando sea necesario".

El proyecto se evalúa y se controla de alguna forma. Existen diferentes formas de evaluar cómo se desarrollan uno o más proyectos; un criterio generalizado es tomar en cuenta las variaciones en relación al tiempo y costo en términos de lo programado, de la realización y de lo presupuestado-ejercido, algunas organizaciones le llaman a esto avance físico y financiero y, en general, se consideran variaciones con respecto al avance del proyecto y ejercicio presupuestal. Se debe agregar el cumplimiento de objetivos y acuerdos con clientes, si es que aplica, en donde se tienen índices y siempre se tiene un valor deseado. La variación entre los valores reales y los programados, presupuestados o deseados debe ser cero, por lo que, en teoría, la variación puede ser un número negativo o positivo, como por ejemplo, gastar más o menos de lo presupuestado. No se debe olvidar que lo que se observa es la variabilidad, de tal forma que se puede llegar a establecer una carta de control bajo una relación dada, asumiendo desde luego que dicha variabilidad se comporta atendiendo a una distribución normal. Al obtener el cálculo del C_{PK} , cero sería el valor deseado.

Para la aplicación de "Seis Sigma", se tiene la premisa de que parte de los beneficios consisten en la reducción de más del 50% en los costos de proceso, mejoras en el tiempo de ejecución, abatimiento del desperdicio de materiales, un mejor entendimiento de los requisitos de los clientes, incremento en su satisfacción y mayor confiabilidad en sus productos y servicios.

Los proyectos "Seis Sigma" son costosos, principalmente en el rubro de capacitación, por ejemplo el capacitar a un cinta negra puede ir de 10,000 a 40,000 dólares en periodos de 20 días a cuatro meses, por eso es importante la determinación de su aplicación en aquello que reditúe en ahorros o ganancias mayores a la inversión. Sin embargo, una vez que se cuenta con el personal entrenado y con experiencia, se pueden llevar a cabo proyectos "Seis Sigma" con duración de cinco a ocho meses cada uno, dependiendo de la aplicación.

Llevar a cabo proyectos con "Seis Sigma", requiere un análisis considerable que es directamente proporcional a los beneficios o ganancias cuantificables y debe aplicarse en casos viables. En las organizaciones ya se tienen métodos para el monitoreo de proyectos durante su ejecución, se propone que se determinen parámetros como las desviaciones ya mencionadas, no solamente en relación a lo físico y financiero sino también al cumplimiento de objetivos y otros acuerdos con los clientes, si es que aplica.

La aplicación de "Seis Sigma" está centrada en dos casos: a) en el proyecto como un todo que tiene que ver con los cumplimientos del proyecto a su término y b) en elementos o actividades del proyecto que tienen que ver con cumplimientos durante su desarrollo.

1.1.2 Implementación de Seis Sigma

Esta filosofía promueve la utilización de herramientas y métodos estadísticos de manera sistemática y organizada, para el logro de mejoras dramáticas y medibles por su impacto financiero. El ingrediente secreto que hace que funcione, reside en la infraestructura que se establece en la organización. Esta infraestructura, es la que motiva y produce una cultura "Seis Sigma" que junto con un "Proceso de Pensamiento" en toda la organización, genera un estilo de "Gerencia Basada en Conocimientos".

En la tabla 1.1, se resumen algunas de las diferencias más notables entre la forma tradicional de enfocar la Calidad en las organizaciones y la forma de enfocarla a través de la estrategia de "Seis Sigma":

CALIDAD TRADICIONAL	SEIS SIGMA
Está centralizada. Su estructura es rígida y de enfoque reactivo.	Está descentralizada en una estructura constituida para la detección y solución de los problemas. Su enfoque es proactivo.
Generalmente no hay una aplicación estructurada de las herramientas de mejora.	Se hace uso estructurado de las herramientas de mejora y de las técnicas estadísticas para la solución de los problemas.
No se tiene soporte en la aplicación de las herramientas de mejora. Generalmente su uso es localizado y aislado.	Se provee toda una estructura de apoyo y capacitación al personal, para el empleo de las herramientas de mejora.
La toma de decisiones se efectúa sobre la base de presentimientos y datos vagos.	La toma de decisiones se basa en datos precisos y objetivos.
Se aplican remedios provisionales o parches. Sólo se corrige en vez de prevenir.	Se va a la causa raíz para implementar soluciones sólidas y efectivas y así prevenir la recurrencia de los problemas.
No se establecen planes estructurados de formación y capacitación para la aplicación de las técnicas estadísticas requeridas.	Se establecen planes de entrenamiento estructurados para la aplicación de las técnicas estadísticas requeridas.
Se enfoca solamente en la inspección para la detección de los defectos (variables clave de salida del proceso). Post-Mortem.	Se enfoca hacia el control de las variables clave de entrada al proceso, las cuales generan la salida o producto deseado del proceso.

Tabla 1.1 Diferencia entre calidad tradicional y seis sigma

1.1.3 El Costo de la Calidad

Normalmente, las organizaciones sólo miden y toman en consideración para sus costos de calidad los siguientes elementos: desperdicio (scrap), gastos de garantía, costos de inspección y tiempo extra. Casi siempre quedan por fuera elementos importantes que no se toman en cuenta o que los sistemas contables tradicionales no son capaces de manejar, como los siguientes: incremento en los gastos de mantenimiento, pérdida de ventas, insatisfacción de los clientes, pérdida de tiempo (downtime), errores en ingeniería y desarrollo de productos, errores en listas de materiales y materiales e insumos rechazados.

En general y de manera ideal, el costo de la calidad puede ser definido en cuatro categorías: fallas internas, fallas externas, aseguramiento y prevención. Cada una de estas categorías puede incluir los siguientes elementos:

Fallas Internas: desperdicio (scrap) y retrabajo de los proveedores. Aquí se puede apreciar su efecto en mayores niveles de inventario y largos tiempos de ciclo.

Fallas Externas: costo para el cliente (debido a los defectos); costos de garantía y servicio; ajustes por reclamos y material retornado o devuelto.

Aseguramiento: inspección; pruebas y ensayos; auditorías de calidad, costo inicial y de mantenimiento de los equipos de pruebas y ensayo.

Prevención: planeación de calidad; planeación de procesos; control de procesos y entrenamiento.

Adicionalmente, se deben considerar los costos asociados a los esfuerzos y programas para mejorar la calidad y especialmente los costos (de oportunidad) de producir más con los mismos activos y menos recursos (dedicados a corregir defectos y apagar incendios). Quizá el más difícil de estimar sería el costo de pérdida de la lealtad de los clientes y pérdida de ventas, por mala calidad.

Seis sigma propone no sólo que los productos o procesos estén controlados y dentro de los límites de especificación tal como se buscaba en la corriente de pensamiento de calidad tradicional, sino que **direcciona el análisis y los esfuerzos de mejora a que los procesos y productos se encuentren lo más cercano al valor nominal especificado**, seis sigma utiliza en gran medida el valor de la desviación estándar para la toma de decisiones y de implementación de mejoras.

La metodología "Seis Sigma" basa su efectividad en el uso secuencial y lógico de diversas herramientas estadísticas y de solución de problemas aplicadas en una situación específica de bajo desempeño o insatisfacción del cliente, costos, así como en proyectos orientados a prever problemas potenciales o desarrollar productos, procesos y servicios más eficientes, implica la toma de datos y su análisis, con un grado de refinamiento tal, que sea una forma de conseguir la reducción de defectos en productos y servicios. "Seis Sigma" es una filosofía de trabajo y una estrategia de negocios, la cual se basa en el enfoque hacia el cliente, en un manejo eficiente de los datos y metodologías y diseños robustos, que permite eliminar la variabilidad en los procesos, que se midan los defectos de un proceso, llevar a cabo su eliminación sistemática y llegar tan cerca como sea posible a la perfección, se considera que se tiene o se trabaja con "Seis Sigma" cuando no se producen más de 3.4 defectos por cada millón de oportunidades (DPMO).

Para poder implementar la metodología de "Seis Sigma" primero se tiene que tener claros los siguientes aspectos y definir el desempeño estratégico actual de la organización en términos de: tipo de compañía, unidad principal de negocio y el nivel en el que se encuentra.

La definición de los aspectos anteriores ayudan a clasificar las bases para poder sembrar el área donde mejorar. Ya que "Seis Sigma" es una estrategia para el aumento de la competitividad de las organizaciones a través de la mejora

continúa haciendo los procesos más productivos, con énfasis en la aplicación de herramientas estadísticas para la eliminación de defectos.

En la elaboración de proyectos bajo la metodología de "Seis Sigma" se debe tomar en cuenta todas las variables que afectan directa e indirectamente al proceso, estas variables deben de identificarse y seleccionarse adecuadamente a la hora de aplicar una técnica estadística.

Los procesos productivos están compuestos principalmente por materiales, personas, medio ambiente, maquinaria e instrumentos de medición. Aunque nuestro procedimiento fuera ideal, donde el comportamiento de estas partes no tuvieran fluctuación, ningún producto fabricado sería 100% igual al otro, siempre existe una pequeña variación en las mediciones, la cual puede ser de dos tipos:

1. **Asignable o especial:** es originada por uno de los principales componentes del proceso que se encuentra fuera de control. Para su eliminación o reducción son utilizadas las siete herramientas básicas del control total de la calidad (CTC): gráficas de control, hoja de selección de datos, diagrama de Pareto, diagrama de causa y efecto, histograma, estratificación y diagrama de dispersión y/o correlación.
2. **Aleatoria:** es propia de los procesos. Para reducirla se requiere de una mayor inversión la cual deberá ser definida por la alta dirección, soportado de un análisis estadístico más profundo, como un diseño de experimentos.

A través de la aplicación del control estadístico y el involucramiento de las principales áreas, clientes y proveedores, las organizaciones pueden disminuir la variación de estas mediciones. La importancia de involucrar al proveedor es con la intención de controlar las materias primas que entran en nuestro proceso y no para delegarle la responsabilidad de nuestro proceso.

Como se mencionó con anterioridad, el Dr. Harry desarrolló la estrategia de la implementación de "Seis Sigma", la cual se basa en su filosofía, como una metodología denominada Define, Mide, Analiza, Mejora y Controla, la cual se reconoce como DMAIC, que a través del uso ordenado de diferentes herramientas se logra reducir la variación y mejorar la rentabilidad.

1.1.4 El método DMAIC de Seis Sigma

"Seis Sigma" es una metodología estandarizada que utiliza herramientas y métodos estadísticos, enfocada a la mejora. El utilizar un método de mejoramiento nos proporciona un marco de referencia, así como un lenguaje en común, previene que se obvien pasos críticos y permite mejorar la forma de mejora. La visión general del método DMAIC es; *Definir* los problemas y situaciones a mejorar, *Medir* para obtener la información y los datos, *Analizar* la información recolectada, *Innovar* y emprender mejoras al o a los procesos y finalmente, *Controlar* o rediseñar los procesos existentes, con la finalidad de alcanzar etapas óptimas, lo que a su vez genera un ciclo de mejora continua.

Metodología de cinco pasos, DMAIC:

- 1) Definir
- 2) Medir
- 3) Analizar
- 4) Innovar / Mejorar
- 5) Controlar

En la figura 1.3., se muestra el ciclo que debe de cumplir "Seis Sigma"

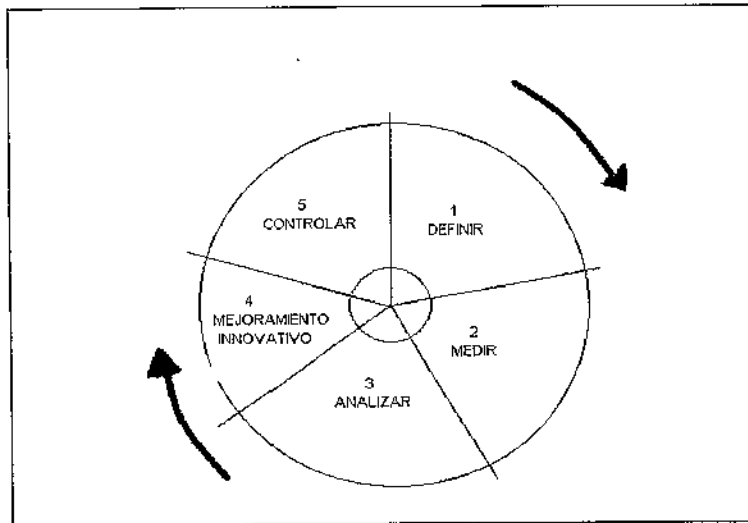


Figura 1.3 DMAIC

Dentro del arsenal de herramientas utilizadas para soportar “Seis Sigma”, se encuentran casi todas las conocidas en el mundo de la calidad tradicional. Se pueden mencionar entre otras:

- CIP, Procesos de Mejora Continua.
- Diseño/Rediseño de Procesos.
- Análisis de Varianza, ANOVA.
- Cuadro de Mando Integral, BSC.
- La Voz del Cliente, VOC.
- Pensamiento Creativo.
- Diseño de Experimentos, DoE.
- Gerencia de los Procesos.
- Control Estadístico de Procesos, SPC, etc.

Los elementos clave que soportan la filosofía "Seis Sigma" y que aseguran una adecuada aplicación de las herramientas, así como el éxito de esta iniciativa como estrategia de negocios, son los siguientes:

- Identificación de los elementos Críticos para la Calidad (CTQ), de los clientes Externos, esta parte se refiere a la voz del cliente final del producto, lo que espera.
- Identificación de los elementos Críticos para la Calidad (CTQ), de los clientes Internos. Identificar los procesos con sus respectivas entradas y salidas.
- Realización de los análisis de los modos y efectos de las fallas (FMEA) de proceso.
- Utilización del Diseño de Experimentos (DoE), para la identificación de las variables críticas que afectan directamente al proceso.
- Hacer Benchmarking permanente y establecer los objetivos a alcanzar, sin ambigüedades.

En los proyectos "Seis Sigma" se requiere de un trabajo en equipo en donde se tenga claro el propósito para el que se van a encaminar los esfuerzos. Se tienen diversos papeles en la ejecución de un proyecto de este tipo, pero aquellos que lo caracterizan son los siguientes:

Los Maestros (también conocidos como Champions), quienes son los dueños o líderes de los proyectos críticos para la organización. Para desarrollar estos proyectos se escogen y preparan Expertos conocidos como: Maestro Cinta Negra (Master Black Belt), Cinta Negra (Black Belt), Cinta Verde (Green Belt), quienes se convierten en agentes de cambio para impulsar y desarrollar estos proyectos, en conjunto con los equipos de trabajo seleccionados para los mismos.

Cuerpo directivo: son los directivos convencidos de llevar a cabo proyectos "Seis Sigma".

Maestros: son quienes liderean el esfuerzo, se puede tener una persona o un grupo que se encuentran en contacto con el cuerpo directivo y campeones de proyecto que son quienes liderean los proyectos "Seis Sigma" dentro de una organización.

Cintas negras maestras: son quienes tienen la responsabilidad técnica y son el personal clave en el éxito del esfuerzo. Tienen a su cargo la enseñanza a todos los niveles de la organización del lenguaje, herramientas y métodos "Seis Sigma", así como la formación de las cintas negra, cintas verde y otras cintas negra maestra a quienes dirigen y orientan. Es obvio que requiere de una fuerte preparación en técnicas estadísticas avanzadas, contar con liderazgo y asumir el papel de un poderoso agente de cambio.

Cintas negras: son quienes implantan los principios, prácticas y técnicas "Seis Sigma" tomando en cuenta la reducción de costos, ahorros y beneficios para los clientes, son expertos en los procesos de la organización, deben proponer y desarrollar mejoras reales en procesos o servicios.

Cintas verdes: son quienes aplican y ejercen las prácticas "Seis Sigma" en forma cotidiana, asisten a las cintas negras en la recolección de datos, su procesamiento, análisis, monitoreo de procesos y diseño de experimentos, muchas veces liderando sus propios proyectos de mejora.

1.1.5 Desarrollo de la metodología

A continuación se definen los pasos de la metodología "Seis Sigma", mismos en los que se emplean las herramientas estadísticas.

1.- Identificación del área de oportunidad e impacto en el negocio

- Identificar problemas y/o áreas de mejora, escoger uno. (Definición del Análisis de Modo y Efecto de Falla).

2.- Comprender la situación y definir claramente el problema. (Medir o establecer la línea base "Basseling")

- En este caso se define la magnitud del proyecto que se quiere seguir, para conocerlo se debe saber el área de oportunidad y el impacto que ocasionaría al resolverlo.
- Identificación de los factores críticos que afectan la satisfacción del cliente.
- Identificación de lo que se puede controlar y lo que no se puede controlar.
- No olvidar que lo más importante es la voz del cliente que va a consumir el producto.

3.- Estudiar el problema. (Analizar)

- Una vez definido el problema, se analiza para confirmar que las variables que se relacionaron en verdad son factores críticos que afectan la calidad.
- Se recomienda emplear un diagrama causa y efecto para ilustrar y clasificar todas las posibles causas.
- Seleccionar las causas más importantes o las que se piense afectan o producen el problema.
- Confirmar las causas, ya que no implica que sean las verdaderas.

4.- Implementación del plan de contramedidas. (Mejora)

- Una vez elaborado el plan de contramedidas, se continúa con la toma de decisiones correctivas necesarias (en este punto hay que hacer que las cosas sucedan)

5.- Mantener el efecto de la mejora. (Control)

- Mantener el control de la nueva situación, lo cual se logra mediante la estandarización del nuevo método de operación. Se debe verificar que los cambios sugeridos se estén llevando a cabo, el nuevo método de operación requerirá atención hasta que se convierta en la manera normal de hacer las cosas.

1.2 Metodología Taguchi

Es bien sabido que para desarrollar un producto se requiere de conocimientos técnicos además de una gran experiencia en el área a la cual pertenece el producto. Los diseños factoriales son ampliamente utilizados en experimentos en los que intervienen varios factores para estudiar el efecto conjunto de estos sobre una respuesta. Existen varios casos especiales del diseño factorial general que resultan importantes porque se usan ampliamente en el trabajo de investigación y porque constituyen la base para otros diseños de gran valor práctico. En los últimos años se ha observado un creciente interés por algunas de las ideas del profesor Genechi Taguchi acerca del diseño experimental y su aplicación al mejoramiento de la calidad.

Taguchi desarrolló una aproximación al diseño de experimentos con el objetivo de reducir los costos emanados de la experimentación, esta aproximación es más práctica que teórica y se interesa más por la productividad y los costos de producción que por las reglas estadísticas. Los conceptos de estas técnicas están basados en las relaciones de costos y ahorros. Existen algunos factores de ruido que afectan los procesos, y son aquellos que causan que una característica funcional se desvíe de un valor objetivo, estos son causantes de variabilidad y pérdida de calidad. De acuerdo con Taguchi esta pérdida de calidad constituye a largo plazo, una pérdida de tiempo y dinero tanto para el cliente como para el proveedor.

El diseño de experimentos fue originado por Sir Ronald Fisher, mismo que fundó los principios básicos del diseño de experimentos y la técnica asociada de análisis de datos, llamada Análisis de Varianza (ANOVA). Diferentes tipos de matrices son usadas en la planeación de experimentos para estudiar diferentes variables

simultáneas, entre ellas, el Diseño Robusto que hace un fuerte uso de los arreglos ortogonales.

El método Taguchi adiciona una nueva dimensión al diseño de experimentos estadísticos, direcciona explícitamente las siguientes cuestiones que enfrentan todos los productos y diseño de procesos:

- ¿Cómo reducir, económicamente, la variación de la función de un producto en el entorno de las necesidades del cliente?
- ¿Cómo asegurar que la decisión óptima encontrada en el laboratorio de experimentos será también la óptima para el proceso de manufactura y la satisfacción del cliente?

En lo concerniente a las preguntas antes mencionadas, el Diseño Robusto usa el formalismo matemático del diseño de experimentos. Las respuestas dadas a través del Método Taguchi hacen de éste una herramienta muy útil para mejorar la productividad en el área de investigación y desarrollo.

1.2.1 Diseño Robusto

En el método Taguchi se toma en cuenta que existen factores de ruido (variación ambiental durante la fabricación del producto, errores humanos, el deterioro del componente, etc.) y el costo por error en el campo del Diseño Robusto.

La idea central del Diseño Robusto es que las variaciones en el desempeño de un producto pueden inevitablemente resultar en baja calidad y en pérdidas monetarias durante el ciclo de vida del producto. Los orígenes de estas variaciones pueden ser directamente clasificadas dentro de dos categorías:

- Controlables: factores de control.
- Incontrolables: factores de ruido.

Entonces la función principal del Diseño Robusto es "reducir la variación de un producto, disminuyendo su sensibilidad a las fuentes de variación, en lugar de controlar estas fuentes". El Diseño Robusto es una metodología para encontrar el conjunto de valores óptimos de los factores de control, para hacer al producto o proceso insensible a los factores de ruido. Esto involucra ocho pasos que son:

1. Identificar la función principal, efectos colaterales y modos de falla.
2. Identificar los factores ruido, condiciones de prueba y características de calidad.
3. Identificar la función objetivo a ser optimizada.
4. Identificar los factores de control y sus niveles.
5. Seleccionar o diseñar la matriz de experimentos usando arreglos ortogonales y definir el procedimiento de análisis de datos.
6. Llevar a cabo la matriz de experimentos.
7. Analizar los datos, determinar los niveles óptimos para los factores de control y predecir el comportamiento bajo estos niveles.
8. Llevar a cabo los experimentos de verificación y planear acciones futuras.

La reducción de la variación es universalmente reconocida como una llave para mejorar la confiabilidad y la productividad. Tratando la reducción de la variación en una etapa particular en el ciclo vital de un producto, se puede prevenir fallas en las etapas con sentido descendente. La estrategia de la robustez es "prevenir problemas con diseños de producto óptimo y el proceso de fabricación de diseños", proporciona una metodología para que sistemáticamente se pueda hacer que los diseños sean menos sensibles a las variaciones. En general puede ser usada tanto para optimizar diseños de productos como para los diseños de los procesos de fabricación.

La estrategia de la robustez utiliza como herramienta principal el diagrama "P". El diagrama P es una necesidad para cada proceso/producto/sistema, es una buena manera de definir el alcance del desarrollo. Primero se identifica la señal (entrada) y la respuesta (salida) asociada al concepto de diseño. Por ejemplo, en el diseño

de un sistema de enfriamiento para un cuarto, el botón regulador del termostato es la señal y la temperatura ambiente que resulta es la respuesta. Después se deben considerar los parámetros/factores que están más allá del control del diseñador. Esos factores se llaman; Factores de Ruido. La temperatura exterior, la apertura/cierre de ventanas, el número de inquilinos, etc., estos son ejemplos de factores de ruido. Los parámetros que deben ser especificados por el diseñador se llaman Factores de Control. En la figura 1.4 se muestra un diagrama P, en el cual se resalta que el principal parámetro/factor a definir en el diagrama P son los factores de ruido.

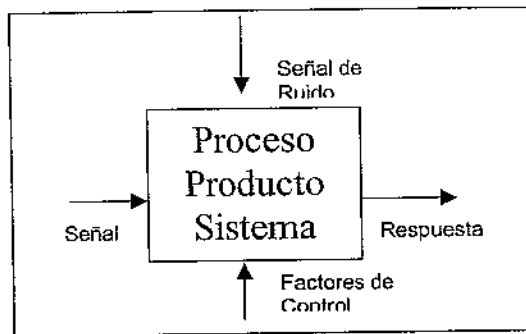


Figura 1.4 Diagrama P de un proceso/producto/sistema

Taguchi identifica tres tipos de Ruido:

1. Ruido externo, variables en el ambiente o condiciones de uso que perturban las funciones del producto (p. ej. Temperatura, humedad, polvo, etc.)
2. Ruido interno o de deterioro, cambios que ocurren como resultado del uso o almacenamiento.
3. Ruido unidad a unidad, diferencias entre unidades de producto que se fabrican.

En la figura 1.5, se muestra los diferentes tipos de ruido que desvían la característica de su valor objetivo.

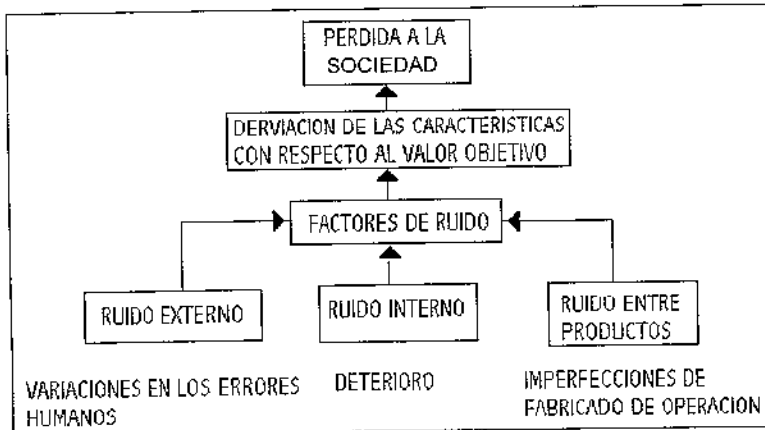


Figura 1.5 Tipos de ruido que afectan el proceso

Por ejemplo, en un sistema de aire acondicionado; su localización, tamaño de la unidad de aire acondicionado, aislamiento, son ejemplos de los factores de control. Idealmente, la temperatura ambiente resultante debe ser igual a la temperatura del punto de ajuste. Así la función ideal es una línea recta en la gráfica de la señal – respuesta. Esta relación se debe mantener en todas las condiciones de operación. Sin embargo, los factores de ruido hacen que esta relación se desvíe de lo ideal. El trabajo del diseñador es seleccionar factores apropiados de control y sus ajustes, de modo que la desviación sea mínima y a bajo costo. Este tipo de diseño es llamado Diseño Robusto. Esto puede ser alcanzado explotando la no-linealidad del producto/sistema. El método del Diseño Robusto señala un procedimiento sistemático para reducir al mínimo la sensibilidad del diseño y es llamado “diseño de parámetros”.

El paso siguiente es especificar la desviación permitida de los parámetros de los valores nominales. Esto implica el balancear el costo agregado por tolerancias ajustadas contra las ventajas al cliente. Decisiones similares se deben hacer tomando en cuenta la selección de diversos grados de los subsistemas y los componentes de alternativas disponibles. La función cuadrática de pérdida es muy

útil para cuantificar el impacto de estas decisiones de los clientes o en sistemas de alto nivel. El proceso de balancear el costo se llama "Diseño de Tolerancias".

El resultado de usar el diseño de parámetros seguido por el diseño de tolerancias, es un producto acertado a bajo costo.

1.2.2 Función Pérdida

El control de calidad ha tenido como objetivo controlar la variación funcional y los problemas relacionados con esto. El objetivo de la "Función Pérdida" es evaluar cuantitativamente la pérdida de calidad debido a variaciones funcionales.

Taguchi descubrió que la representación cuadrática de la función de pérdida, es una forma eficiente y efectiva para establecer la pérdida debido a la desviación de una característica de calidad del valor meta; esto es la pérdida debida a la mala calidad.

Es importante recordar que:

1. Conformarse con los límites de especificación es un indicador inadecuado de la calidad o pérdida debida a la mala calidad.
2. La pérdida de calidad causa la insatisfacción del cliente.
3. La pérdida de calidad puede relacionarse con las características del producto.
4. La pérdida de calidad es una pérdida financiera.
5. La función de pérdida es una herramienta excelente para evaluar la pérdida en la etapa inicial del desarrollo del producto.

La ecuación para la pérdida de calidad, dice que el promedio de la pérdida de calidad en los clientes depende de la desviación del objetivo e incluso de la varianza. La función de pérdida de calidad se expresa con la ecuación 1.4:

$$L(y) = K(y-m)^2$$

(Ec.1.4)

De donde:

$L(y)$ = pérdida en dinero por unidad de producto.

m = valor nominal de "y"

k = constante de proporcionalidad.

Un buen diseño de optimización requiere minimizar la varianza, lo que es muy difícil, y mantener el objetivo deseado, por esto el diseñador, lo primero que tiene que hacer es reducir la varianza y después ajustar el punto deseado, y sólo uno o dos factores de control son adecuados para ajustar el objetivo requerido.

El método Taguchi es un mecanismo científicamente disciplinado para la evaluación y la implementación de la mejora en productos, procesos, materiales y equipo. Este mejoramiento está enfocado a las características deseadas a la par de lograr la reducción del número de defectos controlando las variables en el proceso y optimizando los procedimientos.

Se cree que las interacciones no son consideradas en los Métodos Taguchi; sin embargo, esto no es cierto. De hecho, el Dr. Taguchi considera las interacciones como uno de los puntos más importantes de su enfoque. La proporción señal - ruido es un índice de diseño robusto de calidad y muestra la magnitud de la interacción entre factores de control y factores de ruido. Los factores de control y ruido deben ser asignados en diferentes grupos para el estudio del diseño robusto, el cual es significativamente diferente del enfoque tradicional, donde no hay distinciones entre los factores de ruido y control.

Una diferencia clave del Método Taguchi es el énfasis en medir las cosas correctas para recolección de información. En lugar de medir síntomas causados por la variabilidad de la función, como la tasa de defectos o fallas, se mide una respuesta relacionada con la energía. Cualquier sistema usa energía de transformación para cumplir una función deseada. Reducir la variabilidad de las

transformaciones de energía minimizará o eliminará los síntomas. Cuando se crea un producto o proceso robusto es menos sensible al ruido.

1.2.3 Matriz de experimentos

Una matriz de experimentos consiste en un conjunto de experimentos donde la combinación de varios parámetros, del proceso a ser estudiado, son combinados de un experimento a otro. En estadística, la matriz de experimentos es comúnmente conocida como "Diseño de Experimentos" (DoE), los parámetros son también llamados "factores" y el conjunto de parámetros es llamado "niveles".

Llevar a cabo una matriz de experimentos usando arreglos ortogonales, es una importante técnica en diseño robusto. Esto da mayores estimaciones confiables del efecto de los factores haciendo pocos experimentos.

Como el nombre lo sugiere, las columnas en los arreglos ortogonales son mutuamente ortogonales. Aquí la ortogonalidad es interpretada en el sentido combinatorio, esto es, por cada par de columnas, ocurren todas las combinaciones de los niveles de los factores y ellas ocurren en igual número de veces. Esto es llamado propiedad de balanceo y esto implica ortogonalidad.

En la figura 1.6. se muestra la matriz ortogonal L_9 de Taguchi:

Matriz De N°. Exp.	Número de columna y factor asignado				Observ. η
	1	2	3	4	
1	1	1	1	1	η_1
2	1	2	2	2	η_2
3	1	3	3	3	η_3
4	2	1	2	3	η_4
5	2	2	3	1	η_5
6	2	3	1	2	η_6
7	3	1	3	2	η_7
8	3	2	1	3	η_8
9	3	3	2	1	η_9

Figura 1.6 Matriz ortogonal L_9 .

En esta matriz, por cada par de columnas, existen $3 \times 3 = 9$ posibles combinaciones de los niveles de factor y, cada combinación ocurre sólo una vez. Para las columnas 1 y 2, la nueve posibles combinaciones de los niveles de factor resultan las combinaciones (1,1), (1,2), (1,3), (2,1), (2,2), (2,3), (3,1), (3,2) y (3,3), esto ocurre en los experimentos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 respectivamente. El nivel óptimo de un factor es el nivel dado por la razón señal/ruido más alta.

Los arreglos ortogonales son usados para muchos propósitos en el diseño Robusto, como son:

- El estudio del efecto de los factores de control
- El estudio del efecto de los factores de ruido
- Evaluación de la razón Señal/Ruido

- Determinar las mejores características de calidad o la razón señal/ruido

Los pasos clave para analizar los datos obtenidos a partir de la matriz de experimentos son:

1. Calcular el resumen estadístico apropiado, como la razón señal/respuesta para cada experimento
2. Calcular el efecto central de los factores
3. Realizar ANOVA para evaluar la importancia relativa de los factores y error de varianza
4. Determinar el nivel óptimo para cada factor y predecir la señal/ruido para la combinación óptima
5. Comparar los resultados de los experimentos de verificación con la predicción anteriormente hecha. Si los resultados concuerdan con la predicción, entonces las condiciones óptimas se consideran confirmadas; de lo contrario, será necesario realizar análisis y experimentos adicionales.

Taguchi propone una filosofía de la ingeniería de calidad fuera de línea que es ampliamente aplicable. Él considera tres etapas en el desarrollo de un producto o proceso:

1. Diseño de sistemas, propone aplicar principios científicos y de ingeniería para determinar la configuración básica. Es la etapa primaria de desarrollo en la cual la arquitectura básica de un producto o proceso es determinado. Durante el diseño del sistema, el diseñador aplica su conocimiento y experiencia en el área de especialización para crear un producto o proceso con capacidades distintivas que más tarde servirán como puntos de venta, generando un nuevo sistema superior a los diseños previos.

2. Diseño de parámetros, determina los valores específicos para los parámetros del sistema. El diseño de parámetro, busca optimizar el sistema a través de la experimentación para minimizar la variación del rendimiento al enfrentarse al

cliente y a factores ambientales. Taguchi comienza por identificar esas características de calidad que más afecta al rendimiento del sistema, específicamente si afecta al cliente.

Por ejemplo, una característica de calidad para un automóvil podría ser que siempre arranque fácil y rápidamente, sin importar cuáles son las condiciones externas.

Durante el diseño de parámetros, se seleccionan las características de calidad más adecuadas para la experimentación y se buscan todos los factores que afectan. Entonces, se separan los factores que pueden controlarse de los que no tienen control.

En el caso del automóvil los factores sobre los que no se tiene control podrían ser la temperatura exterior, los niveles de humedad, el rango de altitud en el cual va a ser operado, etc. La compañía del automóvil no puede decirle a su cliente que no debe operar su vehículo cuando la temperatura esta bajo cero o arriba de cierto punto. El objetivo es entonces, hacer el automóvil resistente a estos factores incontrolables (robustez contra ruido).

3. Diseño de tolerancias, se utiliza con objeto de determinar las mejores tolerancias para los parámetros. Durante el diseño de tolerancias, se especifica sistemáticamente cuanto tendrán que aumentar los niveles de funcionamiento de ciertos factores para completar los requerimientos para la característica de la calidad. En el diseño de tolerancias, se determina el porcentaje que cada uno de los ruidos contribuye para alcanzar el funcionamiento requerido por la característica de calidad. Con este diseño se puede decidir cuanto debe reducir los límites de tolerancia de cada factor para alcanzar su objetivo. El limitar las tolerancias de los factores casi siempre tiene que ver con actualizar partes o componentes de alto costo.

1.3 Metodología QFD

El Despliegue de la Función de Calidad (QFD, por sus siglas en inglés) es un método de diseño de productos y servicios que recoge las demandas y expectativas de los clientes y las traduce, en pasos sucesivos, a características técnicas y operativas satisfactorias. El QFD se originó en Japón en la década de los 60's desarrollada por los profesores Shigeru Mizuno y Yoji Akao; el término occidental "Despliegue de la función de calidad" traduce del japonés las expresiones "Hin-Shitsu = calidad, características, atributos; Ki No = función, mecanización; Ten Kai = despliegue, desarrollo, evolución", que no son traducciones literales. En el origen del QFD está la denominada casa de la calidad, que es una tabla que relaciona la voz, los deseos y necesidades del cliente (*customers voice*) con los requerimientos que la satisfacen. La casa de la calidad suele desplegarse dando lugar a otras matrices que permiten visualizar y estructurar cada etapa del desarrollo e implementación de un producto o servicio. En 1987, la Sociedad Japonesa de Control de Calidad (JSQC) publicó un estudio sobre las aplicaciones del QFD en 80 empresas japonesas, donde fue utilizado para los siguientes objetivos:

- Establecimiento de la calidad de diseño y la calidad planificada.
- Realización del benchmarking de productos de la competencia.
- Desarrollo de nuevos productos que posicionan a la empresa por encima de la competencia.
- Recopilación y análisis de información sobre la calidad en el mercado.
- Comunicación a procesos posteriores de información relacionada con la calidad.
- Reducción de los problemas iniciales de calidad.
- Reducción del número de cambios de diseño.

- Reducción del tiempo de desarrollo del producto o servicio.
- Reducción de los costos de desarrollo.

El núcleo del QFD es el gráfico denominado casa de la calidad que indica los requerimientos del cliente, establece las características técnicas capaces de satisfacerlos y brinda la posibilidad de comparar el producto de la propia empresa con otros de la competencia. Las aplicaciones recientes del QFD han trascendido a las industrias manufactureras y de servicios, comprenden la formulación de la estrategia empresarial y el análisis organizacional en los sectores público y privado.

Son varias las compañías que han reportado beneficios usando la metodología QFD entre las que se pueden citar; 3M, AT&T, Boeing, DaimlerChrysler, Ford, GM, Hewlett-Packard, IBM, Kodak, Motorola, NASA, Nokia, Xerox y muchas otras.

La metodología QFD consiste en una estructura que maneja múltiples matrices para procesar:

1. La Traducción de los requerimientos del cliente a diseños o requerimientos ingenieriles.
2. Traducir los diseños o requerimientos ingenieriles en el producto o en componentes del mismo.
3. Traducir el producto o sus componentes a operaciones de manufactura.
4. Traducir las operaciones de manufactura a operaciones y controles específicos.

El QFD articula el proceso dialéctico de comunicación con el usuario comenzando por constatar que es lo relevante, y en que grado lo es, para dicho usuario. Existen dos pasos esenciales en el QFD.

1. *Escuchar al cliente:*

- a) Escuchar al cliente y sus expectativas, problemas, deseos y de ser posible cuantificarlos con niveles de valor a conseguir.

- b) Analizar la forma en que el mercado valora comparativamente el producto propio o el de la competencia.

La respuesta a la demanda del cliente, es materializada en el producto final, que debe abrirse paso frente a los productos o servicios de los competidores. Hay muchas formas de escuchar del cliente, se emplean los estudios de mercado, grupos focales, entrevistas. Para lograr este objetivo puede emplearse la técnica de lluvia de ideas y diagramas de afinidad o diagramas de árbol. Esta definición de exigencias del cliente servirá luego, en el curso de la "traducción" al lenguaje técnico de calidad, como marco de referencia en el proceso de creación de valor/calidad y la importancia de esas exigencias o peticiones será precisamente el punto de partida para determinar el peso de las características técnicas que debe cumplir el producto.

II. Traducir

Traducir desde el lenguaje del cliente al lenguaje de control de calidad, lo que puede suceder en varias formas:

- a) En términos de características de "calidad" y de exigencias de calidad.
- b) En términos de características "técnicas", partes, procesos etc.

Una vez traducidos estos datos a funciones es cuando se elabora la "casa de calidad" en que puede trabajarse realmente en la traducción desde el nivel calidad-primaria a calidad-secundaria.

- c) En términos de "costo", es decir, en la métrica más tradicionalmente empleada en los ámbitos económicos.

Además hay que tener en cuenta, que para satisfacer los deseos del cliente se debe abarcar todos los pasos del ciclo de vida del objeto: desde la investigación a través del proyecto/diseño del producto y su desarrollo, hasta la fabricación, distribución, instalación y marketing, ventas y servicio.

La matriz denominada *casa de calidad* es la herramienta central del método QFD. Su función consiste en presentar en forma visual las relaciones entre distintos

tipos de datos. La matriz inicial visualiza así el paso desde la "voz del cliente" a las "especificaciones" o "características" de calidad. Su denominación "casa de calidad" se debe a la forma del gráfico resultante (ver Figura 1.7) y sugiere, como "casa" la idea de cobijar, hospedar, y poder desarrollar el proceso (de desarrollo de calidad: que es satisfacción del cliente).

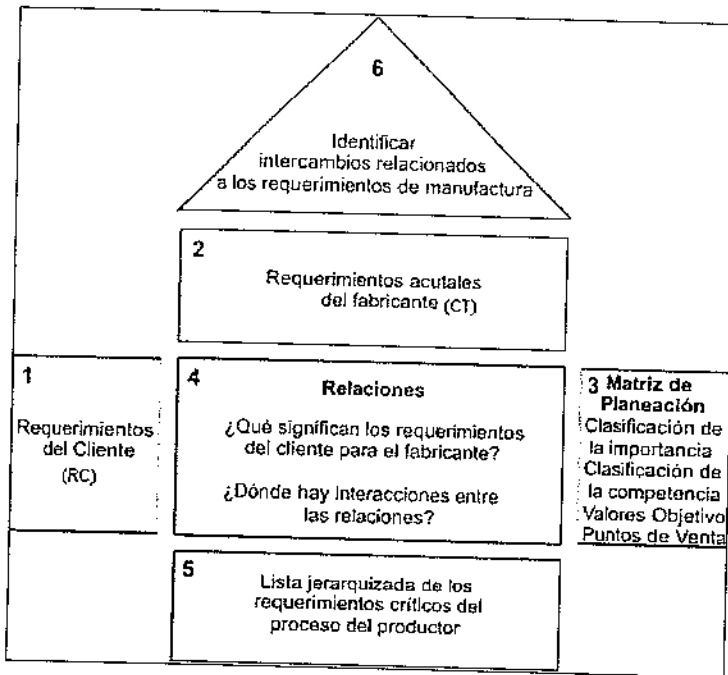


Figura 1.7 Casa de la Calidad

La casa de la calidad es un mapa conceptual que relaciona los *Requerimientos de los Clientes (RC)* con las *Características Técnicas (CT)* necesarias para satisfacerlos. Estas relaciones se presentan en forma de una tabla; tomados en su conjunto, los RC definen la calidad de un producto y son las expresiones que los clientes utilizan para describir los productos y sus características deseables. Asociada con cada CT existe una métrica, que se usa para determinar el grado de

satisfacción de los clientes con cada uno de sus requerimientos. Esta medida es fundamental para la mejora continua.

Los RC se indican en la dimensión vertical de la matriz de la calidad; las CT, en la horizontal, como se muestra en la figura 1.8 Tanto los primeros como las segundas suelen ser numerosos y se agrupan en varios niveles. El gran número de RC responde a las variadas dimensiones de la calidad y la cantidad de las CT es consecuencia de la creciente complejidad tecnológica de los productos modernos.

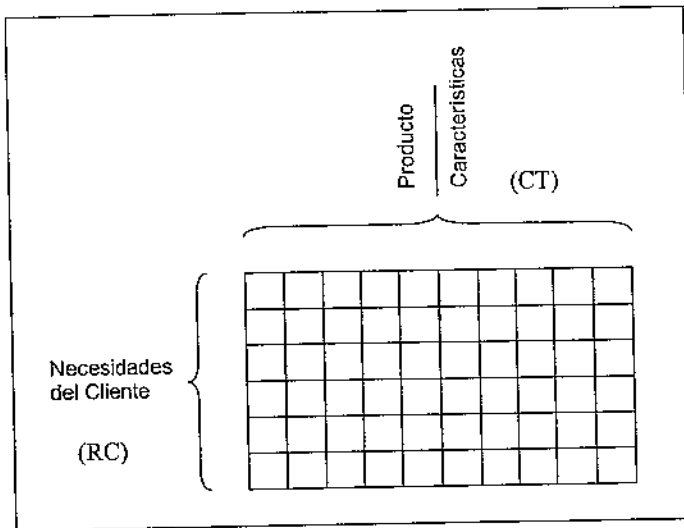


Figura 1.8 Requerimientos del Cliente contra Características Técnicas.

Dado que no todas las CT contribuyen a conformar un RC dado, debe indicarse la relación entre las distintas combinaciones de RC y CT; esta relación se muestra en los cruces de las filas y columnas de la matriz, (ver figura 1.9) con símbolos que reflejan la intensidad del vínculo (ver tabla 1.2). Un doble círculo indica una fuerte relación e implica un valor de 9; un solo círculo representa una moderada relación y usa un marcador de 3; un triángulo significa poca o posible relación con

valor de 1; mientras que una celda en blanco significa que no hay relación y posee un valor de 0.

		CT RC	Característica 1	Característica 2	Característica 3	Característica 4	Característica 5	Característica 6	Impañancia	Producto hoy	Prod. Compatibilidad	Producto Futuro	Rango de Majaja	Puntos de Venta	Marcador Neto
		A	B	C	D	E	F								
1															
2															
3															
4															
5															
	Total														
	%														

Figura 1.9 Relaciones entre características técnicas. Techo de la casa de la calidad.

Grado de Correlación entre RC y CT	Símbolo Usado	Valor
Muy correlacionados	⊙	9
Correlacionados	○	3
Poco correlacionados	△	1
Sin correlación	Ninguno	0

Tabla 1.2 Símbolos Utilizados en la Casa de la Calidad

Los RC constituyen un árbol jerárquico de tres niveles. El nivel 1 presenta el mayor nivel de abstracción de los requerimientos de los clientes. De modo análogo, el nivel 2 expande o detalla el significado de las proposiciones del nivel 1. Finalmente, en el nivel 3, se refleja la voz del cliente. Es importante mantener la voz del cliente en su estado original, evitando que departamentos específicos de la firma, como marketing o ingeniería, la traduzcan a su propio vocabulario; esta traducción, de no ser fidedigna, introduciría errores y la búsqueda de satisfacción del cliente a través de características del producto que no importan a los clientes.

Esta estructura de tres niveles proviene del diagrama de afinidad. El diagrama es construido agrupando por su parecido, las voces de los clientes reflejadas en las expresiones precedidas por un asterisco como se muestra en la figura 1.10. A fin de mantener la matriz dentro de límites acotados, el equipo técnico selecciona, dentro de las voces de los clientes, aquellas más relevantes, las resume y les da títulos integradores y traslada el resultado a la dimensión vertical de la matriz, estableciendo así una jerarquía de tres niveles. El número de niveles varía según la aplicación.

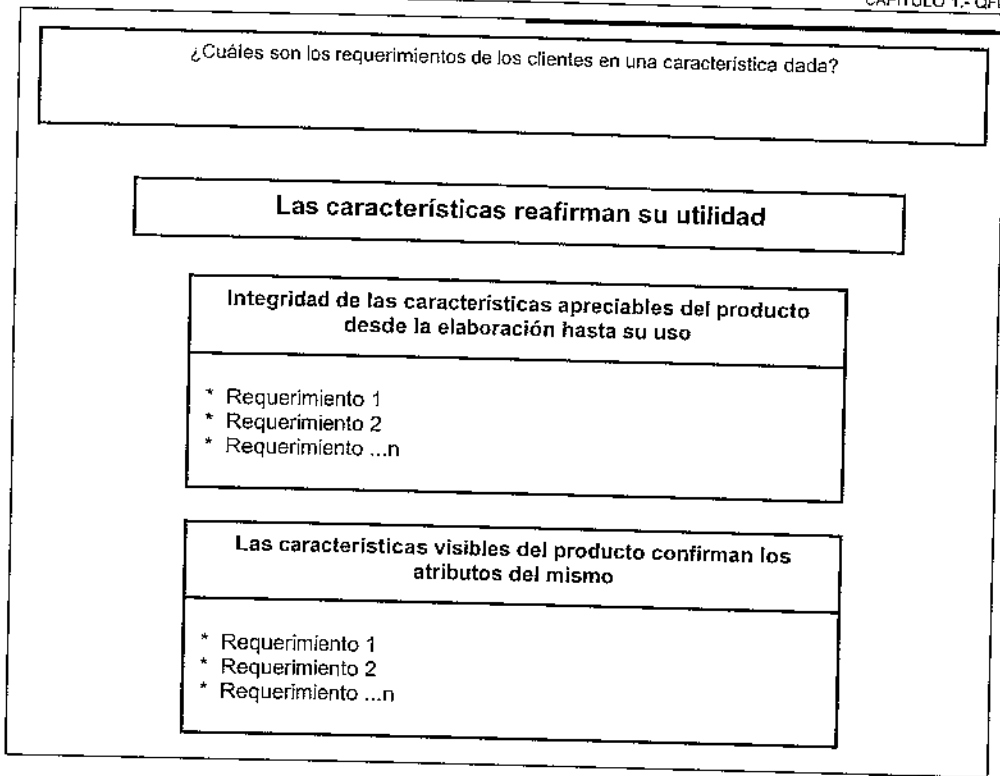


Figura 1.10 Diagrama de afinidad para identificar los requerimientos de los clientes.

Los RC suelen ser numerosos, en general se trabaja con listas de 30 a 50 requerimientos, aunque existen aplicaciones de 100 ó más. Estas listas de RC provienen de grupos de enfoque en los cuales se anotan los comentarios de los clientes; o bien de entrevistas cualitativas con preguntas abiertas; o de encuestas con preguntas abiertas u otras técnicas menos estructuradas, como permitir al público que examine un prototipo mientras algunos miembros del equipo de diseño toman nota de los comentarios de la gente.

No todos los RC son igualmente importantes a los ojos de los clientes. Por otra parte, por razones técnicas, económicas o de otro tipo, no todas las prioridades podrían satisfacerse. Por lo tanto, es importante que el equipo de diseño conozca las prioridades que establecen los clientes. El equipo técnico y clientes utilizan una calificación del 1 al 5, donde el 5 indica la mayor prioridad y el 1 la menor. La

prioridad es uno de los factores que contribuyen al cálculo total de cada CT. Las características técnicas, o características de ingeniería, también pueden constituir un árbol jerárquico. Como norma general, el árbol debe construirse a partir del conocimiento de los ingenieros, que preferiblemente deben buscar métricas con sentido para el cliente final, y no sólo para los técnicos. Se suelen realizar lluvias de ideas a fin de encontrar métricas significativas y profundizar su interpretación; también puede utilizarse un diagrama de afinidad que recoja los conocimientos de los técnicos. Las CT pueden afectar a un solo RC, durante la confección de la matriz de la calidad debe verificarse que para cada CT exista siempre por lo menos un cruce con un RC, pues de lo contrario no habría razón para incluir la CT en la matriz. Análogamente, cada RC debe estar correlacionado con una o varias CT, porque de lo contrario no se contemplaría, desde el punto de vista de la ingeniería, la voz del cliente.

Cada CT debe ser medida con las unidades adecuadas y comparada con un valor objetivo al cual tiendan los esfuerzos de la organización. Se recomienda apuntar a valores específicos que satisfagan o superen las expectativas de los clientes, antes que indicar gamas de tolerancia; pues si se admite toda una gama de tolerancias, los técnicos buscarán quizá el extremo menos costoso, y no necesariamente el valor que mejor satisfaga a un cliente promedio. En general, un producto bien evaluado por los clientes será un buen producto por sus características técnicas. Sin embargo, podría ocurrir que un producto pobremente evaluado por los clientes fuera objetivamente un buen producto: en este caso es un problema de imagen del producto o de la marca, y la gerencia de marketing debe trabajar para cerrar la brecha entre la realidad y la percepción. Puede ocurrir que un producto bien evaluado por los clientes no exhiba CT excelentes: aquí la gerencia de ingeniería debe ajustar los parámetros. Finalmente, el panel triangular de la parte superior de la casa indica la correlación entre las CT. En el diseño de nuevos productos, es importante conocer el efecto que un incremento o mejora en una CT tiene sobre las demás; ignorar estas interacciones podría llevar a que, en

pro de lograr una mejora en una CT se alteraran negativamente otras CT importantes.

1.3.1 Desarrollo de la Metodología

1. Obtener los datos para los RC, es decir, la dimensión vertical de la matriz. Esta dimensión expresa en forma jerárquica los atributos que los clientes consideran importantes. Dado que en general se cuenta con un sinnúmero de datos, es necesario agruparlos por categorías.
2. Hacer una lista de las CT. Hay que concentrarse en aquéllas que sean necesarias para facilitar el seguimiento de los RC.
3. Agrupar las CT en un diagrama jerárquico. Se debe trabajar con un diagrama de afinidad.
4. Establecer las relaciones entre ambas dimensiones, RC y CT. Se deben utilizar los símbolos indicados anteriormente en la tabla 1.2. La intensidad de la relación entre C T y RC aclara si una característica de laboratorio o de ingeniería contribuye a satisfacer a un RC dado.
5. Determinar las relaciones entre las CT. Esta determinación, que corresponde al panel triangular, es necesaria porque podrían presentarse algunas características técnicas que entrarán en conflicto con otras.
6. Ingresar la evaluación de su producto en el mercado. En el extremo derecho de la tabla, precisar las evaluaciones de mercado del producto con respecto a cada RC comparado con otros de la competencia.
7. Establecer objetivos para cada CT. Comparar estos objetivos con productos de los competidores, posibilidades técnicas, exigencias de los clientes, etc.
8. Seleccionar las CT a las cuales se deberá prestar atención urgente. Tomando como base la importancia que el cliente les asigna, las características más atractivas del producto, el grado de dificultad u otros criterios.

Construcción de las Matrices

La casa de la calidad se compone de 4 matrices (ver figura 1.11) las cuales son:

- La matriz 1 Casa de la Calidad, se usa para comparar los requerimientos del cliente con las características técnicas del producto. Todas las otras matrices se originan de esta primera matriz.
- La matriz 2 Producto-Proceso, se usa para comparar las características técnicas en la matriz 1 con sus tecnologías aplicadas y asociadas.
- La matriz 3 Proceso-Subproceso, se usa para comparar las tecnologías aplicadas de la matriz 2 con sus procesos de manufactura asociados. La matriz ayuda a identificar variables críticas en los procesos de manufactura.
- La matriz 4 Subproceso-Función, se usa para comparar los procesos de manufactura de la matriz 3 con sus procesos de control de calidad asociados. Esta matriz produce la información necesaria para optimizar procesos. A través de la experimentación, se determina la confiabilidad y repetibilidad de los procesos.

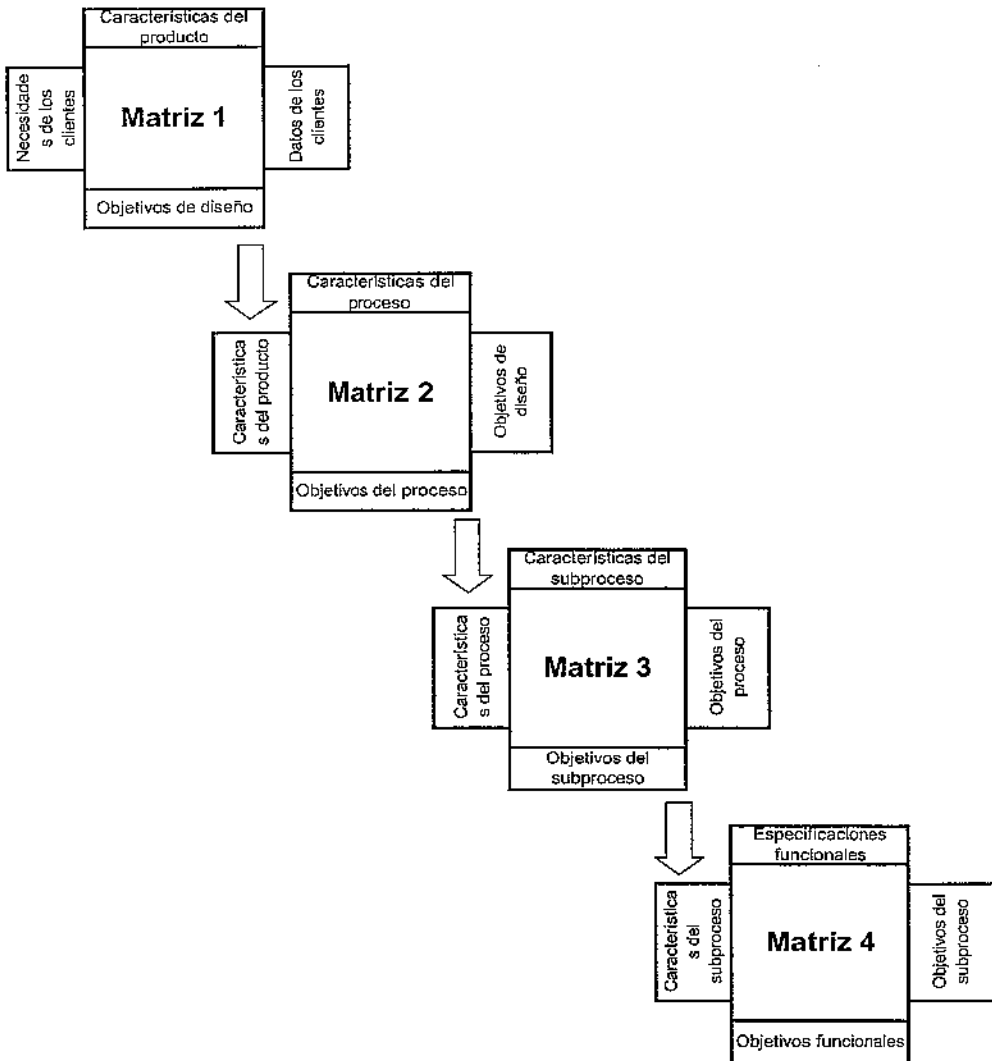


Figura 1.11 Matriz 1: Casa de la Calidad; Matriz 2: Matriz de producto-proceso; Matriz 3: Matriz de proceso-subproceso; Matriz 4: Matriz de subprocesso-función.

A continuación se presentan los pasos sucesivos para construir las diferentes matrices.

1.3.2 Matriz 1 Casa de la Calidad

I. Propósito

- a) Identificar/evaluar necesidades del cliente.
- b) Identificar las relaciones entre los requerimientos del cliente (RC) y las características técnicas del producto(CT).
- c) Evaluar los CT.
- d) Situar en tarjetas los CT y asignarles valores.

II. Productos

- a) Documento con los RC
- b) CT y tarjetas con unidades de valor.
- c) Necesidades de mercado.
- d) Atributos del Producto.
- e) Análisis Competitivo.

III. Método

- a) Lista con RC. Usar cualquier camino o técnicas mencionadas con anterioridad para la obtención de RC.
- b) Cuantificar los RC por importancia (9 muy importante, 3 medianamente importante, 1 no importante).
- c) Conducción de Análisis Competitivo. Establecer una escala que estime que tan bien el producto satisface cada característica. Cuantificar puntos de ventas (1.5 Gran poder de mercado, 1.2 algo de influencia, 1.0 status quo)
- d) Calcular marcador neto de los RT. Marcador Neto = Cuantificación del RT x Estimado de Mejora x Punto de Venta. Después normalizar el porcentaje del marcador neto.

- e) Enlistar las características técnicas del producto. Los CT son características que se pueden controlar en diseño o manufactura. No enlistar las partes y procesos porque no se está tratando de diseñar el producto en este punto.
- f) Determinar la relación entre los RT y los CT. Pueden ser usados los símbolos Q=9, O=3, s=1; o pueden ser palabras: alta=9, media=3, baja=1.
- g) Calcular los marcadores CT. Calcular los marcadores en las celdas de la matriz de relaciones. Multiplicar el marcador del RT normalizado (del punto III.d) por el marcador de la celda (del punto III.f). Sumar el marcador de la celda CT, ésta es la columna con el marcador total CT. Normalizar el marcador total CT. Estos porcentajes representan la importancia relativa de los CT.
- h) Construir el techo de la casa (intercorrelaciones CT). Por cada par de CT determinar si hay una correlación entre ellos. Se pueden usar los símbolos:

Q = Fuerte correlación positiva

O = Positiva correlación

= Negativa correlación

x = Fuerte correlación negativa

- i) Determinar unidades medibles para los CT y enlistar las mediciones actuales.
- j) Estimar valores actuales de la competencia para los CT.
- k) Determinar tarjetas con valor para los CT.
- l) Realizar un análisis técnico competitivo para los CT.
- m) Agregar los costos de los CT si se conocen.
- n) Normalizar los costos de los CT a porcentajes.

IV. Herramientas Apropriadas para esta Matriz

- a) Diagrama de afinidad.
- b) Diagrama de árbol.
- c) Diagrama de matriz.

- d) Gráfica de escala de relaciones.

1.3.3 Matriz 2 Despliegue de las Partes

I. Propósito

- a) Determinar partes críticas.
- b) Derivar valores característicos de las partes.
- c) Identificar puntos de especial atención.

II. Repartir

- a) Documento con partes críticas y componentes de los productos.

III. Método

- a) Agregar la columna con los más importantes CT de la matriz 1 con sus marcadores.
- b) Añadir cualquier nuevo CT que pueda ser apropiado esta vez. Renormalizar todos los porcentajes CT sumados deben dar 100.
- c) Enlistar como columnas las partes y componentes (se nombrarán PC) que reflejan la nueva alternativa de diseño. Estos pueden ser generados por una cuenta de costos de materiales.
- d) Determinar las relaciones entre CT y las partes y componentes. Los mismos marcadores (9, 3, 1) son usados para indicar las relaciones. Anotar el marcador en la parte baja central de la celda.
- e) Calcular marcadores de partes y componentes. Multiplicar el valor normalizado CT por la clasificación de las PC (punto III.b). Sumar el valor neto de los marcadores de las celdas PC. Esta es la columna total del marcador neto PC. Normalizar el marcador PC neto.

IV. Herramientas apropiadas para esta Matriz

- a) Diagrama de matriz.
- b) Cuenta de costo de materiales.
- c) Diagrama de explosión de Producto
- d) Diagrama FAST

V. Características que pueden ser agregadas en esta etapa

- a) Material.
- b) Empaque.
- c) Subsistemas.
- d) Tolerancias del Producto.

VI. Sugerencias de Operación

- a) Una técnica de análisis funcional útil para identificar las partes del producto es el diagrama FAST.
- b) Si no existe un diseño alternativo, podrá ser necesario generar una sesión creativa.

1.3.4 Matriz 3 Planeación del Proceso

I. Propósito

- a) Identificar y evaluar las operaciones de proceso/manufactura (PMOs)
- b) Evaluar los PMOs para el mejor ajuste.
- c) Determinar que cosas en la secuencia del proceso serán mejoradas o rediseñadas en orden para hacer un nuevo concepto de manufactura.
- d) Determinar si el proceso es adecuado.
- e) Determinar las operaciones más importantes.

II. Repartir

- a) Operaciones proceso/manufactura claves.
- b) Componentes del proceso crítico.

III. Método

- a) Anotar como columnas las PC de la matriz 2.
- b) También anotar los marcadores PC críticos de la matriz 2.
- c) Identificar los PMOs necesarios para producir el producto. Anotar esto como nuevas columnas.
- d) Determinar la relación entre PC críticas y los PMOs. Los mismos marcadores (9, 3, 1) pueden ser usados para indicar las relaciones. Anotar los marcadores en la parte baja central de la celda.
- e) Calcular los marcadores de los PMOs. Multiplicar el marcador PC por la clasificación de los PMOs (paso III.d). Sumar el marcador neto PMOs. Esta es la columna del marcador proceso/manufactura neto. Normalizar el marcador PMO neto.
- f) Revisar los marcadores PMOs para determinar que cosas en la secuencia del proceso se necesitarán mejorar o rediseñar en orden para hacer el nuevo concepto de partes de manufactura y al mismo tiempo satisfacer los RC de la matriz 1.

IV. Herramientas apropiadas para esta matriz

- a) Diagrama de Matriz.
- b) Diagrama de afinidad.
- c) Diagrama de fabricación de las operación producción/proceso.

1.3.5 Matriz 4 Planeación de la Producción

I. Propósito

- a) Compara las operaciones de proceso con las características físicas del producto.
- b) Revisar o marcar cada cosa importante para el cliente.
- c) Determinar cuales marcas de calidad son redundantes y cuales marcas requieren más atención.
- d) Determinar las tarjetas con valor por características.
- e) Identificar puntos o marcas internas que permitan al operador saber si el proceso esta operando correctamente.

II. Repartir

- a) Características físicas claves del producto.
- b) Tarjetas con valores clave de las características del producto.
- c) Marcas clave de seguridad interna de calidad.

III. Método

- a) Anotar como columnas las operaciones de proceso claves de la matriz 3. Incluir los valores de importancia de esas operaciones.
- b) Identificar las características físicas del producto. Anotar esto como columnas nuevas. Gran parte de estas pueden obtenerse o derivarse de la matriz 3.
- c) Determinar la relación entre las operaciones de proceso claves y las características clave de calidad del producto. Los mismos marcadores (9, 3, 1) o cualquier medida es apropiada. Anotar los marcadores en la parte baja central de la celda.
- d) Calcular los marcadores de las características de calidad.

- e) Identificar las operaciones de ensamble, requerimientos de mantenimiento y así en la actualización se necesitaran añadir como parte del aseguramiento de planeación de calidad. Esto es necesario para ser capaz de identificar las marcas internas necesarias para los operadores del proceso de control.
- f) Enlistar al final de la matriz todas las marcas internas requeridas para mantener el proceso en control. Esta es parte del aseguramiento de la planeación de calidad.
- g) Un *techo* intercorrelacionado no es construido porque ya ha sido hecho en la matriz 1.

IV. Características que pueden ser agregadas en esta etapa

- a) Pruebas y marcas internas clave para las características del producto.
- b) Proceso repetitivo.
- c) Fiabilidad de proceso.
- d) Producto y componentes de proceso crítico.
- e) Tolerancia del proceso.

En el apéndice "A" se proporcionan las herramientas de ayuda anteriormente mencionadas para construir las matrices.

1.4 Metodología APQP

Planeación Avanzada de la Calidad del Producto (Advanced Planning Quality Product) APQP por sus siglas en inglés, es una metodología para definir y ejecutar las acciones necesarias para asegurar que un producto satisfaga las necesidades del cliente. El APQP también es un programa requerido para todos los involucrados en la satisfacción del cliente, esto es, para todos los sistemas, subsistemas y localidades de manufactura de componentes que se hayan definido para lograr la satisfacción de los clientes.

El objetivo del APQP se enfoca en facilitar la comunicación entre todas las personas y actividades involucradas en un programa para asegurar que todos los pasos requeridos sean completados en tiempo, con un alto desempeño de calidad, así como también un costo aceptable. El APQP incluye además un reporte de estatus donde se muestran los responsables, avances y cumplimiento de las actividades mencionadas.

El primer paso en la Planeación Avanzada de la Calidad del Producto (APQP) es asignar responsabilidades a un equipo multifuncional. Una planeación efectiva de la calidad del producto requiere el involucramiento de todas las áreas de una corporación. Los equipos incluyen representantes de ingeniería, manufactura, control de material, compras, calidad, ventas, servicio en campo, sub-proveedores y si se requiere el cliente.

El reporte del APQP tiene el propósito de establecer:

- Expectativas comunes para los proveedores internos y externos.
- Procesos métricos comunes en el APQP.
- Formatos comunes para reportes.

- Roles y responsabilidades en todos los elementos del APQP.
- Como los elementos del APQP están relacionados con los requerimientos de los clientes de la industria automotriz además de sus tiempos requeridos para la entera satisfacción del cliente.

El reporte de estatus de APQP es escrito desde el punto de vista del proveedor que puede ser interno o externo; de materiales, componentes, subsistemas, sistemas, diseños o procesos que serán aprobados por el cliente.

El APQP consta de 23 elementos que se enlistan a continuación:

- Decisión de la fuente o del proveedor.
- Requerimientos de entrada del cliente.
- Análisis de Modos y Efectos de Fallas Potenciales (AMEF) de diseño.
- Revisiones de diseño.
- Plan de verificación del diseño.
- Estatus de APQP de subproveedores.
- Instalaciones, herramientas y dispositivos.
- Plan de Control de prototipos.
- Construcción de prototipos
- Dibujos y especificaciones
- Equipo de factibilidad
- Diagrama de flujo de manufactura
- AMEF de proceso
- Evaluación de sistemas de medición
- Plan de control de prelanzamiento
- Instrucciones de proceso para operadores
- Especificaciones de empaque
- Corrida de producción
- Plan de control de producción
- Estudios preliminares de capacidad de proceso
- Pruebas de validación de producción

- Aprobación de partes para producción, Part Submission Warrant (PSW)
- Liberación de PSW

En el figura 1.12 se muestra el diagrama de flujo del proceso de APQP, el cual no es un proceso simple, además contiene información de retroalimentación para actualización de documentación usando la información y lecciones aprendidas para futuros programas de desarrollo de nuevos productos.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO APQP

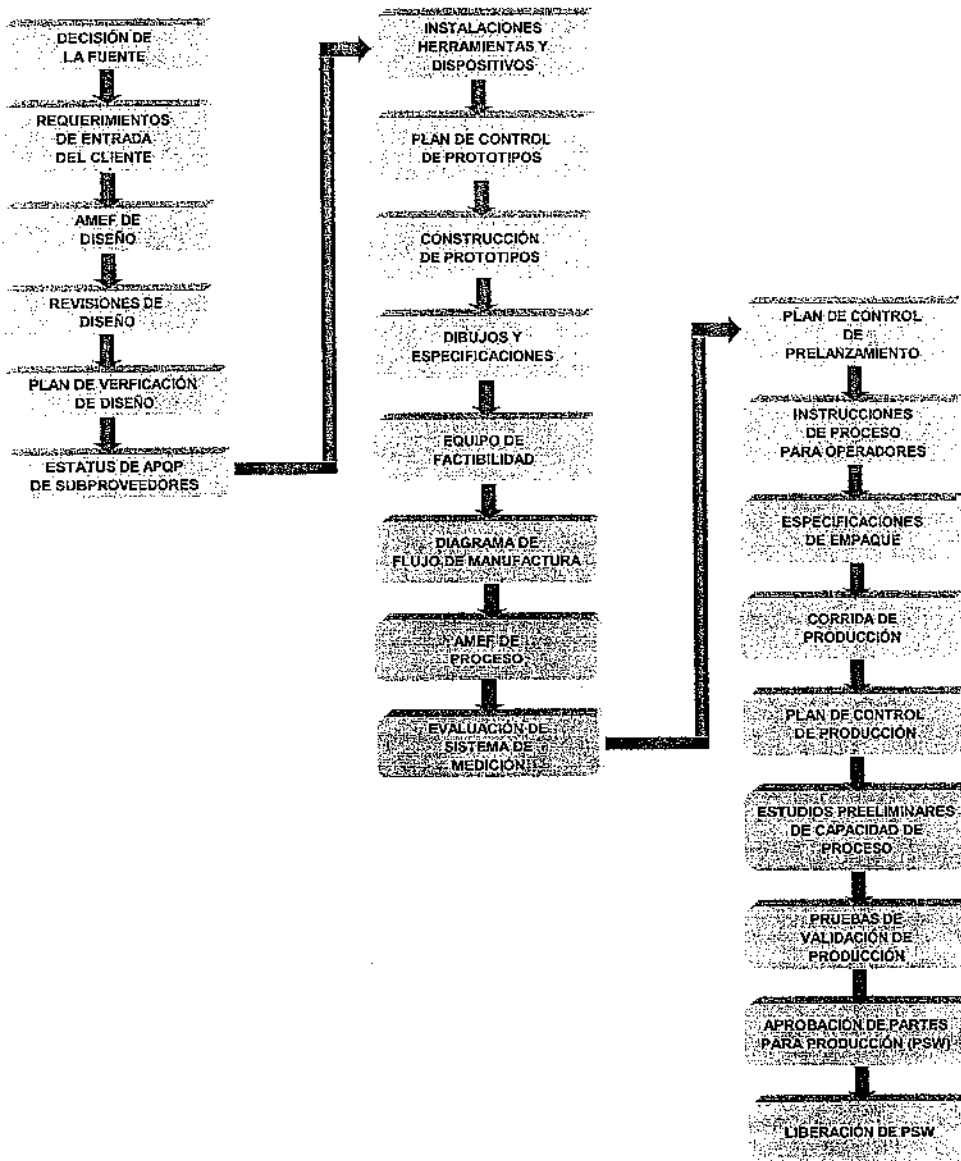


Figura 1.12 Diagrama de flujo del Proceso APQP

1.4.1 El reporte de estatus del APQP

El reporte de estatus es un resumen de la información de un proyecto y provee una evaluación de los elementos del subsistema, sistema o incluso hasta la organización. Cada uno de los elementos es documentado y registrado para su correcta administración en su solución o cierre del mismo.

Por otro lado, el reporte de estatus cuenta con una sección que se puede llamar de administración visual, en donde se colocan los colores de un semáforo; verde-amarillo-rojo, que indica el progreso de una fecha programada en los elementos del APQP y la satisfacción del cliente. Una fecha programada debe ser obligatoria para completarse dentro de los límites y la calidad necesaria. La columna del estatus, verde-amarillo-rojo, muestra la evaluación para cada elemento.

Las definiciones y riesgos para el semáforo verde, amarillo y rojo se encuentran enlistados en la tabla 1.3.

DEFINICIONES		
EVALUACIÓN ESTATUS/RIESGO		
Riesgo	Color	Definición
Alta	Rojo	Fecha objetivo y/o entregas están en riesgo. Un plan de trabajo de recuperación no está disponible o no está implementado; o el plan de trabajo no alcanza los objetivos programados
Moderado	Amarillo	Fecha objetivo y/o entregas están en riesgo, pero se tiene un recurso que ha sido programado para alcanzar los objetivos, y ha sido aprobado por el equipo apropiado
Ninguno	Verde	Fecha objetivo y entregas están en tiempo

Tabla 1.3 Evaluación estatus/riesgo

En la figura 1.13 se presenta el formato del reporte de estatus del APQP:

Planeación Avanzada de la Calidad del Producto						Fecha: 6	
Reporte de Estatus						Revisión No.: 7	
Organización/proveedor: 1 Locación: 2 Código de Proveedor: 3 Tipo de riesgo: Nuevo: <input type="checkbox"/> Sub: <input type="checkbox"/> Tecnología: <input type="checkbox"/> 12 Proceso: <input type="checkbox"/> Otros riesgos:			Programa: 4 Año Modelo: 5 Nombre de Parte: 6 Número de Parte: 7 Nivel de noticia: 10 Plantas Usuarías: 11				
Membros del equipo		Compañía/Título		Teléfono/Fax			
13							
Nivel de construcción	Material Fecha Requerida	Cantidad	Características No. SCS No. CCs		Capacidad de muestras %	Capacidad de producción %	
14	15	16	17		18	19	
Elementos del APQP	VAR Estatus	Porcentaje cumplimiento	Fecha Programada	Fecha Requerida	Fecha Cierre	PK/As Responsable	Observaciones Asistencia requerida
1: Decisión de la fuente							
2: Requisitos de entrada del cliente	20	22	23	24	25		27
3: AMEF de diseño							
4: Revisión de diseño							
5: Plan de verificación de diseño							
6: Estudios de APQP de sub-proveedores							
7: Instalaciones, herramientas y dispositivos							
8: Plan de control de procesos							
9: Construcción de prototipos							
10: Datos y especificaciones							
11: Equipo de fabricación							
12: Diagrama de flujo de manufactura							
13: AMEF de proceso							
14: Evaluación de sistema de medición							
15: Plan de control preliminar							
16: Instrucciones de proceso para Operadores							
17: Especificaciones de empaque							
18: Cierre de producción							
19: Plan de control de Producción							
20: Estudios preliminares de capacidad de proceso							
21: Pruebas de validación de producción							
22: Aprobación de partes para producción (PPV)							
23: Liberación de PPV							
COMENTARIOS							
24							
ACCIONES CORRECTIVAS/PLAN DE SOLUCIÓN							
25							
Verde, Actividad terminada A Amarillo, Actividad en ejecución Rojo, Actividad crítica							

Figura 1.13 Reporte de estatus del APQP.

Llenado de campos del reporte de estatus del APQP:

1. Organización / Proveedor. Anotar el nombre de la organización o nombre de la compañía. Si se está liberando producto para otro departamento de manufactura, entonces debe llenarse el número de ese departamento.
2. Ubicación. Anotar la dirección de la empresa.
3. Código de proveedor. Anotar el código de proveedor asignado si aplica. Generalmente las plantas manufactureras del ramo automotriz, cuentan con un código el cual les es asignado por parte del cliente para su identificación.
4. Programa. Anotar el nombre del programa para el cual se está liberando producto. Este punto se refiere al nombre del vehículo para el cual se está liberando el producto.
5. Año modelo. Anotar el año modelo al cual pertenece el programa.
6. Fecha de revisión. Anotar la última fecha de revisión del reporte.
7. Número de revisión. Anotar el nivel de revisión para llevar un histórico de revisiones.
8. Nombre de la parte. Anotar el nombre de la parte que se está liberando.
9. Número de la parte. Anotar el número de la parte que se está liberando.
10. Nivel de noticia. Anotar el último nivel de ingeniería de la parte que se está liberando.
11. Plantas usuarias. Anotar el nombre de las plantas donde se ensamblará la parte que se está liberando.
12. Nivel de riesgo. Anotar el nivel de riesgo que implica el nuevo proyecto, se debe marcar cualquiera de las tres opciones encontradas e incluso se puede agregar alguna otra si así se requiere.
13. Contacto / Número telefónico. Anotar la identificación del gerente de proyectos y su número telefónico; así como los nombres de los integrantes del equipo de APQP incluyendo su título y compañía, ya que se pueden incluir contactos del mismo cliente.

14. Nivel de construcción. Anotar el estatus de construcción del nuevo producto, esto es, pueden ser prototipos, pruebas inclusive programación de producción en línea.
15. Material y fecha requerida. Anotar la fecha cuando el material descrito en el nivel de construcción es requerido por el usuario según sus necesidades.
16. Cantidad. Anotar la cantidad de material que se requiere para cumplir cada uno de los requerimientos del usuario.
17. Características. Anotar en la columna de SCs (características especiales) todas aquellas que se debe cumplir al pie de la letra de acuerdo al requerimiento del usuario. Anotar en la columna CCs (características críticas) todas aquellas en las que el producto puede encontrarse fuera de especificación, esto es, que no se requiere por el momento cumplir al máximo con ellas.
18. Capacidad de muestras. Anotar en que porcentaje se puede cumplir con los requerimientos del cliente.
19. Capacidad de producción. Anotar en que porcentaje se puede cumplir con los requerimientos del cliente.
20. Verde-amarillo-rojo estatus. Anotar el estatus de los 23 elementos del reporte.
21. Elemento / actividad. Anotar el número de la actividad que se tenga que realizar para cada uno terminar una tarea en específico determinada
22. Porcentaje de cumplimiento. Anotar el avance que se tenga en el cumplimiento de los puntos del APQP.
23. Fecha programada. Anotar la fecha en la cual se programa que se termine la actividad.
24. Fecha requerida. Anotar la fecha en la cual el cliente requiere que sea completada.
25. Fecha de cierra. Anotar la fecha en la que realmente la actividad fue completada y cerrada así como entregada al cliente.
26. Iniciales de responsable. El responsable debe estar incluido dentro de los miembros del equipo registrados en el punto 13.

27. Observaciones / Asistencia requerida. Anotar las acciones que se deben llevar a cabo para el cumplimiento de la actividad. Incluso se puede incluir si para completar la actividad se requiere la asistencia de algún otro contacto que debe incluirse dentro de los miembros del equipo de APQP.
28. Comentarios. Anotar algunos comentarios que deban incluirse extras.
29. Acciones correctivas / Plan de solución. Anotar un resumen de las acciones correctivas para los retrasos de aquellas actividades en las que su estatus se encuentre en rojo; así como un plan para su solución.

1.4.2 Evaluación de riesgo

Cada equipo de APQP debe elaborar una evaluación de riesgo para determinar cual de los elementos en el proceso del proveedor, organización o programa debe tener mayor atención. Los elementos a evaluar deben incluir:

- 1) Historias de calidad.
 - Problemas que se hayan tenido por mala calidad o cosas que se hicieron mal.
 - Frecuencia de rechazos y /o campañas que se hayan tenido en planta.
 - Componentes similares o sistemas que hayan causado motivos de retiro de material.

- 2) Perfil del proveedor.
 - Nuevo proveedor o nuevas plantas de manufactura.
 - Tecnología nueva en el producto o de manufactura en las plantas de manufactura.
 - Historia del desempeño del proveedor.
 - Recursos del proveedor, limitados en relación de la cantidad del nuevo negocio.

3) Perfil de ingeniería.

- Nuevo diseño.
- Las técnicas de manufactura son nuevas en la industria.
- Los productos similares están sujetos a numerosos cambios de ingeniería que ponen en riesgo el cumplimiento del programa.
- Complejidad del producto o complejidad del proceso.
- El producto es estratégicamente importante debido a un alto desempeño de funcionalidad.

4) Desempeño vs Objetivo.

- Las metas del diseño son difíciles de lograr.
- Las metas de calidad son difíciles de lograr.
- El tiempo del programa es muy corto.
- Los objetivos del costo son difíciles de alcanzar.

Si alguno de los puntos descritos anteriormente se presentan, el cliente requerirá que todos los elementos del APQP sean reportados y completados. Si el programa es considerado como de bajo riesgo, el cliente puede omitir algunos de los puntos del APQP y puede estar de acuerdo en firmar desviaciones del proceso. Si el cliente está de acuerdo que algunos de los puntos no se requieren, el proveedor puede colocar no aplica "N/A" en esos elementos.

1.4.3 Elementos del APQP

A continuación se da una breve explicación a lo que se refiere cada uno de los elementos

- Decisión de la fuente o proveedor.

La meta de este elemento en el APQP es asegurar que todos los proveedores internos, externos y de herramentales, se encuentren a tiempo con sus

programas de APQP y que conozcan los requerimientos para ser parte de un nuevo lanzamiento.

La decisión de la fuente debe ser hecha usando la historia de calidad y los requerimientos del cliente para asegurar que el proveedor sea capaz de cumplir con ellos.

- **Requerimientos del cliente.**

Los requerimientos del cliente son los criterios del diseño y los requerimientos de programa necesarios para iniciar el proceso del APQP. Estos requerimientos incluyen metas de diseño, confiabilidad, de calidad, sincronización del programa, costos comparables, capacidad de planeación, personas claves de contacto y requerimientos necesarios involucrados en la manufactura. Esto debe estar definido para asegurar que la manufactura/proceso actual estén enfocados adecuadamente por el nuevo diseño y proceso dentro del desarrollo del nuevo producto.

- **Análisis del modo y efecto de la falla en el diseño (Design Failure Mode and Effects, DFMEA).**

El concepto del DFMEA es un acercamiento sistemático usado por el equipo responsable del diseño para asegurar que los modos potenciales de falla y sus causas asociadas estén considerados y direccionados. El DFMEA debe ser terminado y asociado en conjunto con el diseño del proceso para determinar acciones recomendadas que afecten positivamente el diseño del producto.

Los resultados que se tengan del DFMEA deben ser usados cuando se analice el FMEA de proceso así como también en los planes de control.

- **Revisiones de diseño.**

Para los proveedores, la revisión del diseño se lleva a cabo en juntas programadas dirigidas por las personas que realizaron el diseño para clarificar posibles dudas sobre las cotas, notas, especificaciones, etc. escritas en el diseño.

En estas juntas debe estar integrada el área de manufactura para verificar actividades a realizar y prevenir problemas y malos entendidos.

- Plan de verificación de diseño.

El plan de verificación del diseño es un documento que enlista las evaluaciones de ingeniería y pruebas requeridas para establecer que el diseño está listo para liberarse.

- Estatus de APQP de subproveedores.

El estatus de APQP para subproveedores identifica y reporta cual es la condición de proveedores externos o subproveedores en cuanto a su APQP. Esto implica que los requerimientos del cliente caigan en cascada a los proveedores internos para posteriormente pasar a los proveedores externos y de esta manera cumplir en fecha lo estipulado con el cliente final.

- Instalaciones herramientas y dispositivos.

Establece que instalaciones, herramientas y calibradores adicionales se requieren adicionales, nuevos, restaurados y reordenamiento de recursos requeridos para producir el producto dentro de la cantidad y calidad requerida por el cliente. Algunos otros elementos se pueden incluir para planear, tales como criterios estadísticos y de aceptación; consideraciones para manufactura esbelta; calificaciones de equipo, acciones correctivas, aceptación y disposición.

- Plan de control de prototipos.

El plan de control para la fabricación de prototipos es una descripción de las medidas dimensionales, material y pruebas funcionales que deben llevarse a cabo durante la fabricación de prototipos.

- Fabricación de prototipos.

La fabricación de prototipos enlista los componentes de manufactura o ensamble, sistemas, subsistemas o ensambles que serán enviados al cliente para que ellos realicen la primera corrida de producción en su planta.

- Dibujos y especificaciones.

El elemento de dibujos y especificaciones es una evaluación de los objetivos y especificaciones que se requieren para diseñar el proceso, además de tener todos los datos de especificaciones de material y especificaciones de ingeniería.

- Equipo de factibilidad.

El equipo de factibilidad determina si el diseño propuesto puede ser manufacturado con las especificaciones. Una revisión cruzada entre diseño y manufactura se encarga de evaluar la factibilidad del diseño. Una vez que la factibilidad ha sido establecida, el equipo determina la responsabilidad de seguir la revisión del proceso y reevaluar la factibilidad para cualquier diseño o cambio de la parte que pueda ocurrir durante su desarrollo.

- Diagrama de flujo de manufactura.

El flujo de proceso de manufactura es una representación gráfica de la actual o de la propuesta de secuencia de proceso de manufactura. El flujo puede ser representado de un forma tradicional, con diagrama de bloques, distribución de planta (lay-out) o cualquier otro tipo de representación gráfica, mostrando toda la información necesaria.

El propósito de este elemento es asegurar que exista un flujo de proceso definido, el FMEA de proceso y el plan de control, puede ser creado a partir del flujo del proceso. También es una confirmación visual para toda la gente involucrada dentro del proceso, ingenieros de proceso y manufactura, además de que toda la organización entienda la secuencia de manufactura.

- Análisis del modo y efecto de la falla del proceso (Process Failure Mode and Effect Analysis PFMEA).

Un FMEA de proceso es un alcance sistemático usado por los responsables del equipo de manufactura para asegurar que los modos potenciales de falla y sus causas potenciales sean correctamente direccionadas, entendidas y resueltas.

Los diagramas de flujo de manufactura son usados como ayuda visual para el FMEA de proceso y asegurar que el proceso sea analizado apropiadamente, y que todos los modos de falla están considerados. Adicionalmente, el FMEA de proceso es usado como ayuda para determinar si las características principales de un producto se deben monitorear en producción, o si existe alguna forma de controlarlas a través de todo el proceso.

- Evaluación del sistema de medición.

La evaluación del sistema de medición analiza la variación del sistema que se está utilizando para medir el desempeño del proceso y nos indica si los valores que estamos utilizando son aceptables o no.

- Plan de control del pre-lanzamiento.

El plan de control del pre-lanzamiento es una descripción de las medidas dimensionales y pruebas funcionales de materiales que se llevan a cabo después de la fabricación de prototipos. El plan de control de pre-lanzamiento debe incluir cualquier forma de control del proceso o producto hasta que el proceso de producción sea validado y liberado. Su propósito es contener cualquier no conformidad que se presenten en la fabricación de prototipos.

- Instrucciones de proceso para operadores.

El elemento de las instrucciones de proceso para el operador consta de dos elementos: el primero se refiere a la descripción del proceso; y la segunda se refiere a las instrucciones para el operador. Las instrucciones de proceso para el operador describen en detalle los controles y acciones que el personal operativo debe desempeñar para producir con calidad.

- **Especificaciones de empaque.**

El proveedor de un producto debe asegurar que el empaque individual para embarque (incluyendo particiones interiores) sea diseñado y desarrollado. Los requerimientos de estándares de empaque del cliente deben ser usados cuando sean apropiados.

- **Corrida de producción.**

La corrida de prueba de producción es una validación de la efectividad del proceso de manufactura y proceso, usando la herramienta, el equipo, el ambiente (incluyendo los operadores de producción), instalaciones y tiempos de ciclo. Los datos que se obtengan de la corrida de prueba de producción es usado para generar el documento de Aprobación de Partes para Producción que se verá más adelante.

El proceso de la corrida de prueba de producción comienza con una prueba de ritmo de producción, el cual debe ser evaluado de acuerdo con el flujo de una pieza incluyendo su alimentación y su velocidad. El proceso normalmente debe correr durante 8 horas o con un mínimo de 300 piezas. Estos datos proveen un indicador de si se tiene la capacidad suficiente para cubrir con los requerimientos anuales del cliente, esto debe cumplir con los volumen autorizados dentro de la requisición de cotización.

- **Plan de control de producción.**

El plan de control de producción es la descripción de los sistemas para controlar las partes durante la producción. Este documento está relacionado con el plan de control de pre-lanzamiento

- **Estudios preeliminares de capacidad de proceso.**

Los estudios preeliminares de capacidad de proceso son una evaluación estadística de la habilidad que tenga el proceso de producir dentro de especificación. Esto es, se basa principalmente en datos obtenidos para la

verificación del CP y CPk del proceso. El cliente puede establecer los valores que desea tener en su proceso, ocasionalmente los clientes requieren que el valor del CPk se encuentre mínimo en 1.33.

- Pruebas de validación de producción.

Las pruebas de validación de producción se refiere a las pruebas de ingeniería que validan que los productos se realizaron con los herramientas necesarios y que además se cumplen con los estándares y especificaciones de ingeniería requeridos.

- Aprobación de partes para producción (PSW).

El proceso de aprobación de partes para producción es el documento que verifica que los proveedores internos o externos conocen y cumple con todos los requerimientos de ingeniería y el proceso tiene la capacidad de repetir estos requerimientos durante la producción actual del producto.

En la aprobación de partes para producción todos los puntos del APQP se encuentran terminados, esto quiere decir que se encuentran completos los herramientas de la línea de producción, el personal, las instalaciones, laboratorio dimensional, pruebas de validación para todos los herramientas, moldes cadenas de producción, incluyendo la apariencia del producto, además de tener una muestra maestra del producto.

La fase final está terminada, esto es, que la capacidad de producción de línea se encuentra verificada y que los requerimientos diarios de producción se encuentran cubiertos, demostrados y validados. Además, la capacidad de producción se tiene que evaluar en todos los turnos de producción a través de todos los operadores con que se cuenta.

- Liberación de PSW.

Este punto se refiere a cuando el documento de aprobación de PSW es del conocimiento del cliente y éste está totalmente de acuerdo con todos los datos mostrados durante el proceso de APQP. Finalmente el cliente incluye una firma en

el documento PSW para liberar el proceso y la planta manufacturera se encuentra en posibilidades para embarcar a su cliente con la seguridad de que el producto se encuentra 100 % cumpliendo con los requerimientos del cliente.

1.5 Cross

Cross presenta un enfoque estratégico para el proceso de diseño en el que se utiliza la combinación más apropiada de métodos creativos y lógicos. Se presentan a continuación las etapas de la metodología de Cross presentándose en forma secuencial. Se observa que estas etapas se pueden adaptar para adecuarse a requerimientos particulares.

1.5.1 Clarificación de Objetivos

Cuando un cliente, un patrocinador o un gerente de una compañía se acerca por primera vez a un diseñador para exponer la necesidad de contar con un producto, es poco probable que tal necesidad sea expresada con toda claridad. Por lo tanto, el punto inicial de un diseño es casi siempre un problema mal definido, o un requerimiento relativamente vago. Sería bastante raro que a un diseñador se le hiciera un planteamiento completo y claro de lo que debe satisfacer el objeto a diseñar. En consecuencia, un primer paso en el diseño es tratar de clarificar los objetivos de diseño.

El método del árbol de objetivos ofrece un formato claro y útil para el planteamiento. Muestra los objetivos y los medios generales para alcanzarlos; mediante un diagrama, se puede ver que los diferentes objetivos se relacionan entre ellos, con el patrón jerárquico de los objetivos y con los objetivos secundarios. El procedimiento para realizar un árbol de objetivos se enlista a continuación:

- Preparar una lista de objetivos del diseño.

Éstos se toman del planteamiento del diseño a partir de preguntas al cliente y de reuniones con el equipo de diseño.

- Ordenar la lista en conjuntos de objetivos de mayor a menor nivel.

Los objetivos principales y los objetivos secundarios de la lista ampliada se agrupan en niveles jerárquicos.

- Dibujar un diagrama del árbol de objetivos que muestre las relaciones jerárquicas e interconexiones.

Las ramas (o raíces) del árbol representan las relaciones que sugieren medios para alcanzar los objetivos.

1.5.2 Establecimiento de Funciones

En el método del árbol de objetivos se mencionó que los problemas de diseño pueden tener muchos niveles de generalidad o detalle. Obviamente, es crucial el nivel de definición del problema por parte del diseñador o del interesado.

En un problema de diseño siempre es posible subir o bajar por los niveles de generalidad. No obstante, hay ocasiones en que es conveniente cuestionar el nivel en el cual se plantea el problema de diseño. Un cliente puede estar enfocado de manera muy restringida a la definición del problema en un nivel, cuando sería mejor buscar la solución en otro nivel. Reconsiderar el nivel de la definición del problema es un estímulo para que el diseñador proponga soluciones radicales e innovadoras.

Por lo tanto, conviene contar con un medio para considerar el nivel del problema en el que va a trabajar un diseñador o un equipo de diseño. También es muy útil si esto puede hacerse en una forma que no considere el tipo de solución potencial, sino las funciones esenciales que un tipo de solución debe satisfacer. Esto le da libertad al diseñador para desarrollar propuestas de solución alternativas que satisfagan los requerimientos funcionales.

El método de "análisis de funciones" ofrece un medio para considerar las funciones esenciales y el nivel en el que el problema debe abordarse. Las funciones esenciales son aquellas que debe satisfacer el dispositivo, el producto o el sistema a diseñar, independientemente de los componentes físicos que pudieran utilizarse. El nivel del problema se decide estableciendo "límites" alrededor de un subconjunto coherente de funciones. A continuación se enlistan los pasos para el establecimiento de funciones:

- Expresar la función general del diseño en términos de la conversión de entradas en salidas.

La función global de la "caja negra" no deberá ser limitada para que amplíe los límites del sistema.

- Descomponer la función general en un conjunto de funciones secundarias esenciales.

Estas funciones secundarias comprenden todas las tareas que tienen que realizarse dentro de la "caja negra".

- Dibujar un diagrama de bloque que muestre las interacciones entre las funciones secundarias.

La "caja negra" se hace "transparente", de tal manera que se clarifiquen las funciones secundarias y sus interconexiones.

- Dibujar los límites del sistema.

Los límites del sistema definen los límites funcionales para el producto o dispositivo a diseñar.

- Buscar componentes apropiados para realizar las funciones secundarias y sus interacciones.

Muchos componentes alternativos pueden ser capaces de realizar las funciones identificadas.

1.5.3 Fijación de Requerimientos

Los problemas de diseño siempre se plantean dentro de ciertos límites. Uno de los límites más importantes, por ejemplo, es el correspondiente al costo. Otros límites comunes pueden ser el tamaño o peso aceptable de una máquina; algunos otros serán requerimientos de rendimiento, como la potencia de un motor; algunos más podrán ser establecidos por aspectos legales o de seguridad.

Este conjunto de requerimientos comprende la especificación del rendimiento del producto o la máquina. Los objetivos y las funciones son planteamientos de lo que debe lograr o hacer un diseño, pero normalmente no se establecen en términos de límites precisos, que es lo que hace una especificación de rendimiento.

El método de especificación del rendimiento pretende ayudar a definir el problema de diseño, dejando suficiente libertad para que el diseñador tenga espacio de maniobra en las formas y medios para obtener una solución de diseño satisfactoria. Una especificación define el rendimiento requerido y no el producto requerido. El método, por lo tanto, hace énfasis en el rendimiento que debe alcanzarse una solución de diseño y no en un componente físico en particular como medio para alcanzar dicho rendimiento. A continuación se enlistan los pasos para fijar los requerimientos:

- Considerar los diferentes niveles de generalidad de solución que pueden aplicarse.

Podría surgir una elección entre alternativas del producto, tipos del producto y características del producto

- Determinar el nivel de generalidad en el cual se va a trabajar.

Esta decisión la hace generalmente el cliente. Entre mayor sea el nivel de generalidad, mayor libertad tendrá el diseñador.

- Identificar los atributos de rendimiento requeridos.

Los atributos deberán plantearse en términos que sean independientes de cualquier solución particular.

- Establecer requerimientos de rendimiento breves y precisos para cada atributo. Siempre que sea posible, las especificaciones deberán estar en términos cuantificables, además de identificar rangos entre los límites.

1.5.4 Determinación de Características

Determinar las características de un producto puede ser origen de conflictos y malentendidos entre los miembros de mercadotecnia e ingeniería (equipo de diseño). Esto por lo general se debe a que se concentran en diferentes interpretaciones acerca de lo que debe especificarse.

Los diseñadores toman las decisiones correspondientes a las propiedades físicas del producto, determinando de esta manera sus características de ingeniería; pero dichas características determinan entonces los atributos del producto, los cuales, a su vez, satisfacen las necesidades y requerimientos del cliente. La relación entre

las características y los atributos es de hecho muy estrecha, por lo que se puede evitar confusiones si se entiende con claridad esta relación.

Un método completo para lograr la correspondencia entre los requerimientos del cliente con las características de ingeniería es el método del "despliegue de la función de calidad" QFD.

El QFD se ocupa esencialmente de traducir los requerimientos del cliente en características de ingeniería en la parte central del proceso de diseño. Sin embargo, ya que es un método completo, algunos de sus aspectos pueden utilizarse en varias etapas del proceso de diseño, también se apoya en características de algunos otros métodos de diseño. En el apartado 1.3 se presenta el desarrollo de la metodología QFD.

1.5.5 Generación de Alternativas

La generación de soluciones es el aspecto esencial y central del diseño, que puede realizarse por medio de la creatividad como un proceso lógico de solución de problemas, el propósito del diseño es hacer una propuesta de algo nuevo, algo que todavía no existe.

En consecuencia, una característica importante de la actividad de diseño es hacer variantes sobre temas establecidos. También es la forma en la que se desarrolla en realidad gran parte del pensamiento creativo. En particular, la creatividad puede verse en muchos casos como un arreglo o una nueva combinación de elementos existentes. Este reordenamiento creativo es factible debido a que es posible combinar un número relativamente pequeño de elementos o componentes básicos en un gran número de formas diferentes.

El número de diferentes arreglos, es decir, patrones o diseños, pronto se convierte en una "explosión combinatoria" de posibilidades.

El método del diagrama morfológico explota este fenómeno y motiva al diseñador a identificar combinaciones novedosas de elementos o componentes. El diagrama presenta la gama completa de elementos, componentes o soluciones secundarias que pueden combinarse para formar una solución. El número de combinaciones posibles generalmente es muy elevado e incluye no sólo las soluciones

convencionales existentes, sino también una amplia gama de variantes y soluciones completamente novedosas.

El principal propósito de este método es ampliar la búsqueda de nuevas soluciones posibles. La morfología estudia la forma, por lo tanto, un análisis morfológico es un intento sistemático para analizar la forma que puede asumir un producto o una máquina y un diagrama morfológico es un resumen de este análisis. En el diagrama, se pueden seleccionar diferentes combinaciones de soluciones secundarias, lo que puede conducir a varias soluciones que no se habían identificado anteriormente. A continuación se enlistan los pasos para la generación de alternativas basadas en el diagrama morfológico:

- Hacer una lista de las características o funciones que sean esenciales para el producto.

La lista debe cubrir completamente las funciones, en un nivel apropiado de generalización.

- Para cada característica o función, mencionar los medios con los cuales podría realizarse.

Estas listas deben incluir nuevas ideas, así como componentes o soluciones secundarias existentes y conocidas.

- Elaborar un diagrama que contenga todas las soluciones secundarias posibles.

Este diagrama morfológico representa el espacio total de soluciones para el producto, conformado por las combinaciones de soluciones secundarias.

- Identificar las combinaciones factibles de soluciones secundarias.

El número total de combinaciones posibles puede ser muy grande y, por lo tanto, las estrategias de búsqueda tienen que guiarse por restricciones o criterios.

1.5.6 Evaluación de Alternativas

Una vez que se ha creado una serie de diseños alternativos, el diseñador enfrenta el problema de seleccionar el mejor. En varios puntos del proceso de diseño, quizá también deban tomarse decisiones sobre soluciones secundarias alternativas o características alternativas y su posible incorporación en el diseño final.

La evaluación de alternativas sólo puede hacerse si se toman en consideración los objetivos que se supone debe alcanzar el diseño. Una evaluación determina el valor o utilidad global de una propuesta de diseño particular con relación a los objetivos de diseño.

El método de objetivos ponderados es un medio para evaluar y comparar los diseños alternativos. Este método asigna valores numéricos a los objetivos y calificaciones numéricas a los rendimientos de los diseños alternativos medidos contra los objetivos correspondientes. Sin embargo, debe hacerse hincapié en que tales calificaciones pueden conducir a una aritmética dudosa. La simple asignación de números a los objetivos u objetos, no significa que se les puedan aplicar operaciones aritméticas. Las operaciones aritméticas sólo pueden aplicarse a datos que se han medido en una escala de intervalos o razones. A continuación se enlistan los pasos para evaluar las alternativas en un proceso de diseño:

- Hacer una lista de los objetivos de diseño.

Podría requerirse la modificación de estos objetivos con relación a la lista inicial; un árbol de objetivos también puede ser una herramienta útil en este método.

- Ordenar la lista de objetivos.

Las comparaciones por pares ayudan a establecer el orden de clasificación.

- Asignar ponderaciones relativas a los objetivos.

Estos valores numéricos deben estar en una escala de intervalos; una alternativa consiste en asignar valores relativos a los diferentes niveles de un árbol de objetivos, de manera que todos los valores sumen 1.0.

- Establecer parámetros de rendimiento o calificaciones de utilidad para cada uno de los objetivos.

Tanto los objetivos cuantitativos como los cualitativos deben reducirse a un rendimiento en escalas sencillas de puntos.

- Calcular y comparar los valores de utilidad relativa de los diseños alternativos.

Multiplicar cada calificación de los parámetros por su valor ponderado (la mejor alternativa tiene el valor más alto); la comparación y la discusión de los perfiles de los valores de utilidad puede ser un mejor auxiliar en el diseño que simplemente elegir la mejor.

1.5.7 Mejora de Detalles

Las modificaciones buscan mejorar un producto (mejorar su rendimiento, reducir su peso, reducir su costo, mejorar su apariencia, etc.), todas estas modificaciones generalmente pueden clasificarse en uno de dos tipos: las que buscan incrementar el valor para el comprador o las que buscan reducir el costo para el productor.

El método de la ingeniería del valor se concentra en los valores funcionales y está dirigido a aumentar la diferencia entre el costo y el valor de un producto; reduciendo el costo o agregando valor, o ambas cosas. En muchos casos, el énfasis está simplemente en la reducción de costos y el esfuerzo de diseño se concentra en el diseño detallado de los componentes, sus materiales, formas, métodos de fabricación y procesos de ensamble. Esta versión más limitada del método se conoce como análisis del valor. Por lo general, este análisis se aplica sólo a la mejora de un producto existente, en tanto que el método más amplio de la ingeniería del valor también se aplica a nuevos diseños o al rediseño sustancial de un producto. El análisis del valor requiere particularmente información detallada sobre los costos de los componentes.

Debido a la variedad y al detalle de la información requerida en el análisis del valor y en la ingeniería del valor, estos métodos generalmente se realizan como un trabajo de equipo, en donde participan miembros de los departamentos de diseño, costos, mercadotecnia, producción, etc. A continuación se enlistan los pasos para la mejora de detalles:

- Hacer una lista de los distintos componentes del producto e identificar la función a la que sirve cada componente.

En caso de ser posible, el producto real deberá desarmarse en sus componentes; los diagramas en explosión y los diagramas de funciones y componentes son más útiles que las listas de partes.

- Determinar los valores de las funciones identificadas.

Los valores deben ser tal como los perciben los clientes.

- Determinar los costos de los componentes.

Deben calcularse una vez que se han terminado y ensamblado completamente.

- Buscar formas de reducir los costos, sin reducir el valor del producto, o de agregar valor sin agregar costos.

Es necesario hacer una crítica creativa, dirigida a incrementar la relación valor/costo.

- Evaluar alternativas y seleccionar mejoras.

CAPÍTULO 2

Evaluación y comparación de metodologías.

Propuesta Metodológica

2.1 Evaluación y Comparación de Metodologías

Como se indicó en el capítulo 1, cada metodología cuenta con una estructura particular y desarrollada de acuerdo a las necesidades por las cuales surgió cada una. En general la estructura de cada metodología contiene alguna de las siguientes características:

- Cada una opera bajo un marco de trabajo para llevar a cabo las acciones necesarias y alcanzar los objetivos y metas para las cuales fueron creadas.
- Operan bajo una función administrativa de control que permite adaptar las acciones a medida que se aprende más acerca del problema y las respuestas a sus acciones.
- Cuentan con una estrategia para responder a los problemas y situaciones particulares que se presentan, las estrategias son flexibles y deben estar siempre sometidas a revisión constante que mida su efectividad durante todo el desarrollo del producto.

De una u otra forma las características funcionales de cada metodología tienen una raíz similar y la selección de una de ellas depende de cómo se adapte mejor a la solución de un problema. A continuación se evalúan por separado las metodologías presentadas en el capítulo 1.

2.1.1 Metodología Seis Sigma

Esta metodología se puede aplicar a cualquier proceso: administrativo, financiero, de manufactura o de servicio al cliente. La calidad Seis Sigma es la prestación de servicios o entrega de productos libres de defectos y presenta las siguientes características:

- Reduce costos a través de la eliminación de errores internos.
- Incrementa la productividad.
- Se mejora la calidad en el proyecto de desarrollo y lanzamiento de nuevos productos.
- Se mejora el nivel de resultados de los procesos de soporte.
- Es compatible con el modelo de calidad ISO 9000.
- Los costos de la licencia de uso hacen limitado el programa a la pequeña y mediana empresas.
- Requiere dominio de herramientas estadísticas.
- El tiempo de capacitación del personal puede ser un factor negativo.

En la figura 2.1 se observa el diagrama de flujo de la metodología Seis Sigma. Esta metodología analiza el problema y propone el diseño de experimentos por medio de Taguchi, por tanto se incluye su diagrama dentro del de Seis Sigma.

2.1.2 Metodología Taguchi

A diferencia de la metodología Seis Sigma, Taguchi se enfoca más a la productividad y a los costos de producción que a las reglas estadísticas. A continuación se presentan sus características:

- Se enfoca al proceso de diseño en compañías manufactureras.
- Los conceptos de esta metodología están basados en las relaciones de costos y ahorros.
- Se enfoca al diseño de experimentos para reducir costos.
- No abarca todas las áreas de una compañía.
- Puede usarse como un paso intermedio en el área de diseño.
- Reduce la sensibilidad del producto a las fuentes de variación en vez de controlar estas fuentes.

En la figura 2.1 que corresponde al diagrama de flujo de Seis Sigma, se incluyen los pasos de la metodología de Taguchi en la fase de “analizar”, ya que Seis Sigma la propone como una herramienta para cubrir dicho paso.

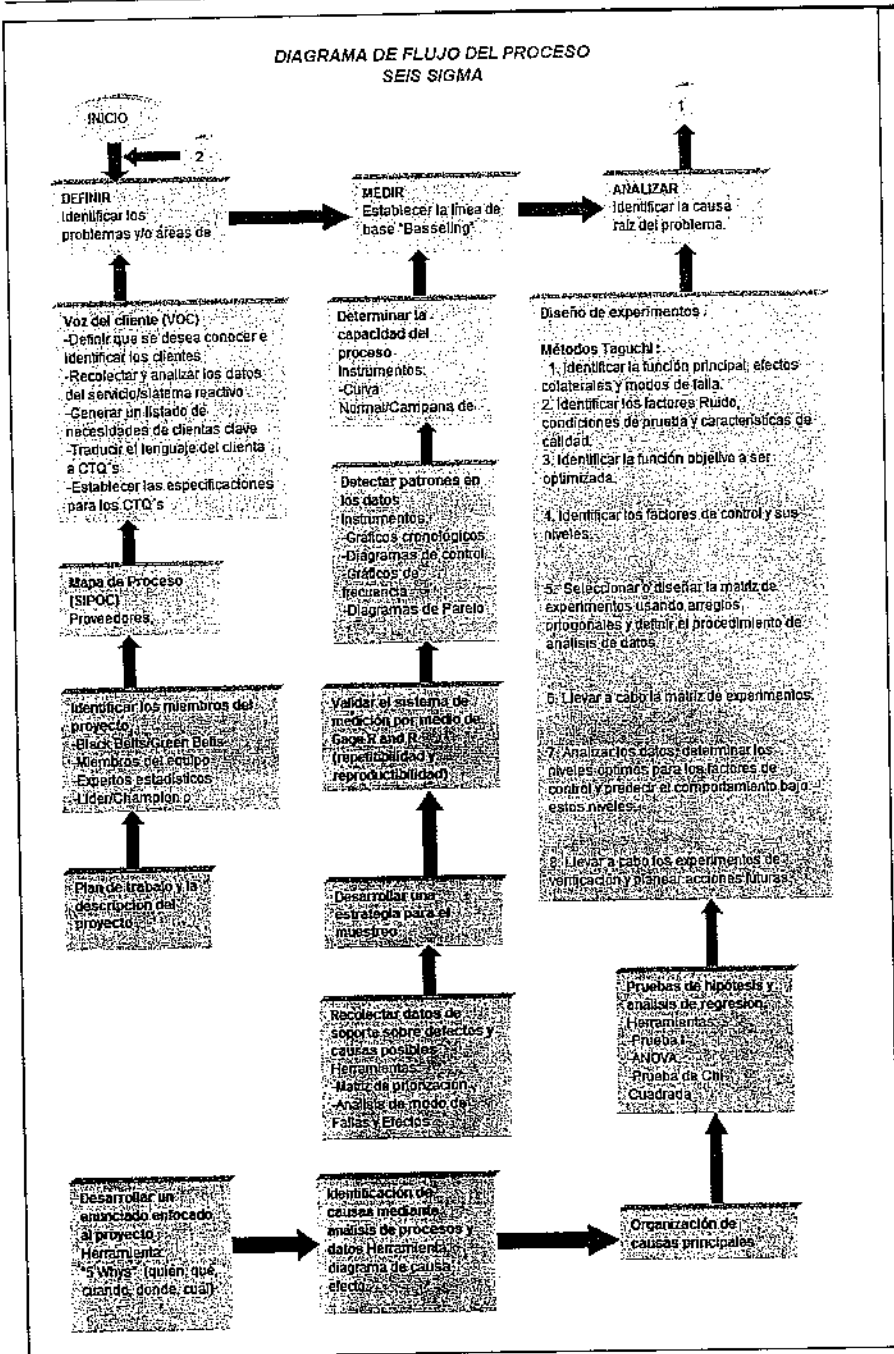


Figura 2.1 Diagrama Seis Sigma (continua)

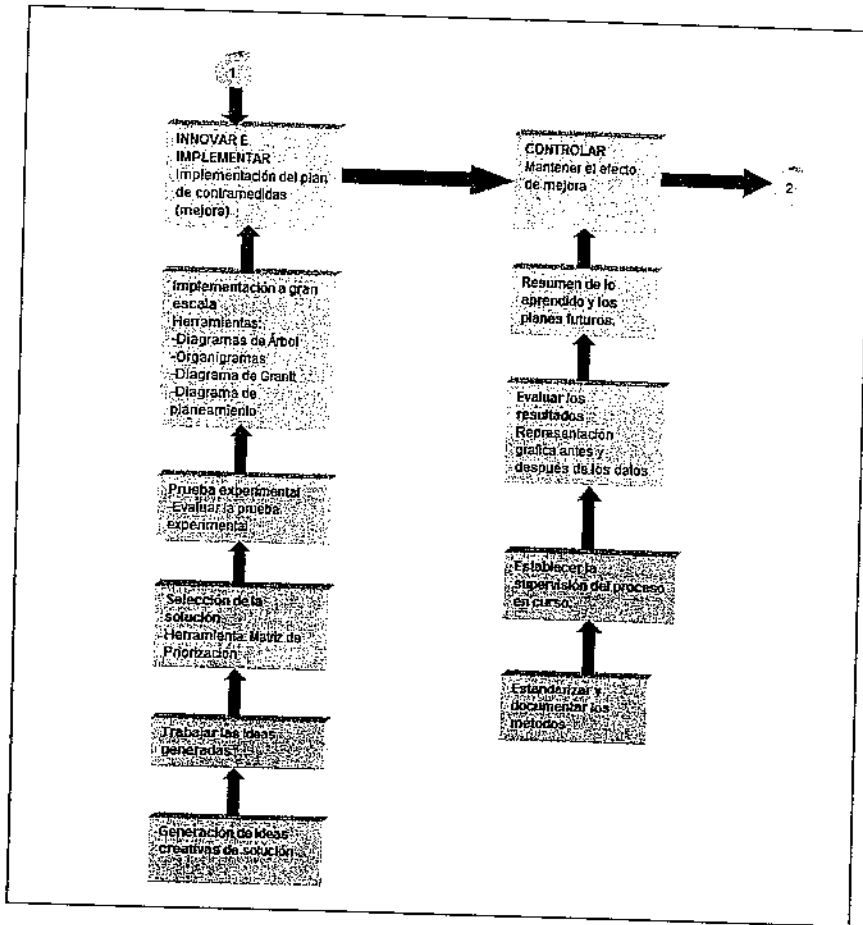


Figura 2.1 Diagrama Seis Sigma

2.1.3 Metodología Despliegue de la Función de Calidad (Quality Function Deployment) QFD

Esta metodología se puede aplicar a cualquier proceso administrativo, financiero, de manufactura o de servicio al cliente.

Con la metodología QFD la calidad pasa a ser una función del desarrollo de un producto. Las características del QFD son:

- QFD no omite, a diferencia de Taguchi ningún área de la compañía.
- Desarrolla una calidad de diseño enfocada a satisfacer al cliente y traducir sus requerimientos en metas de diseño y puntos principales de aseguramiento de la calidad a través de la fase de producción.
- Se tiene una mayor orientación hacia el cliente.
- Se mejora el trabajo en equipo.
- Facilita la transición entre el diseño y la fabricación.

En la figura 2.2 se muestra el diagrama de flujo de la metodología con los pasos y la secuencia a seguir.

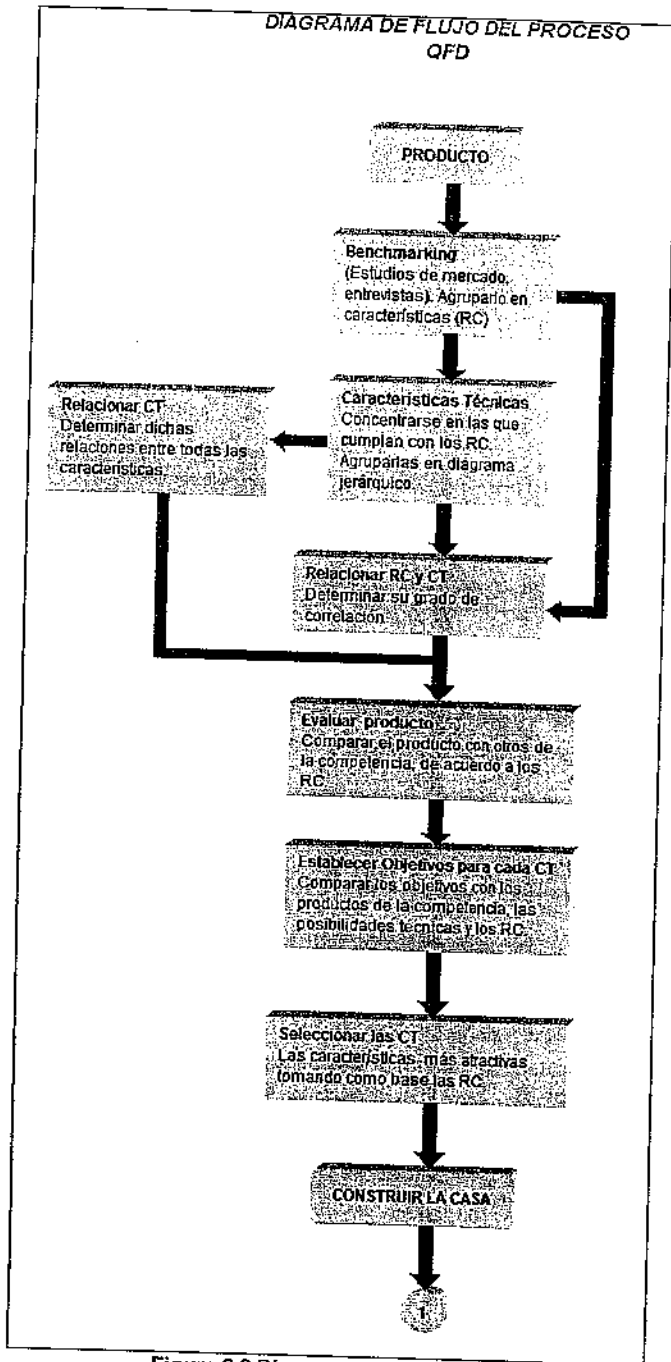


Figura 2.2 Diagrama QFD (continua)

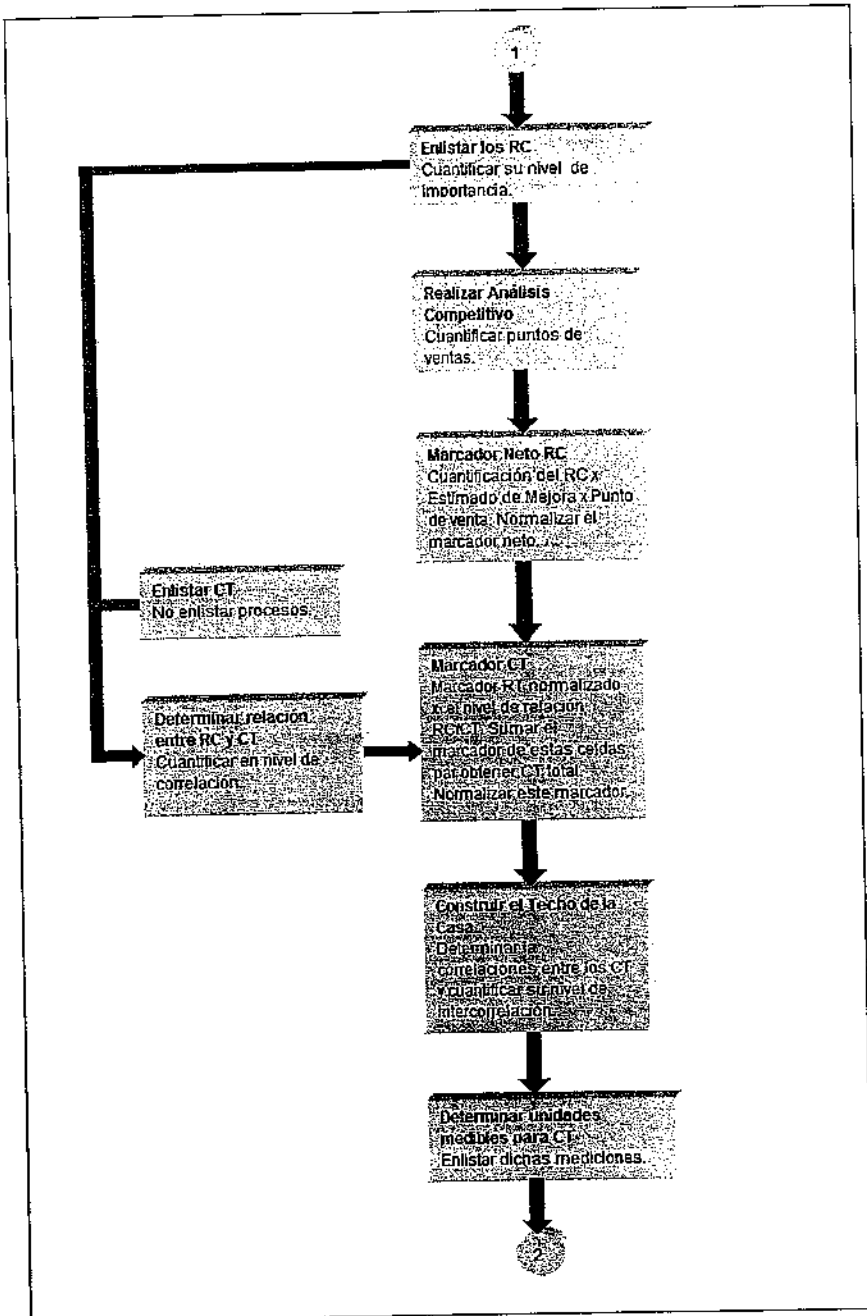


Figura 2.2 Diagrama QFD (continua)

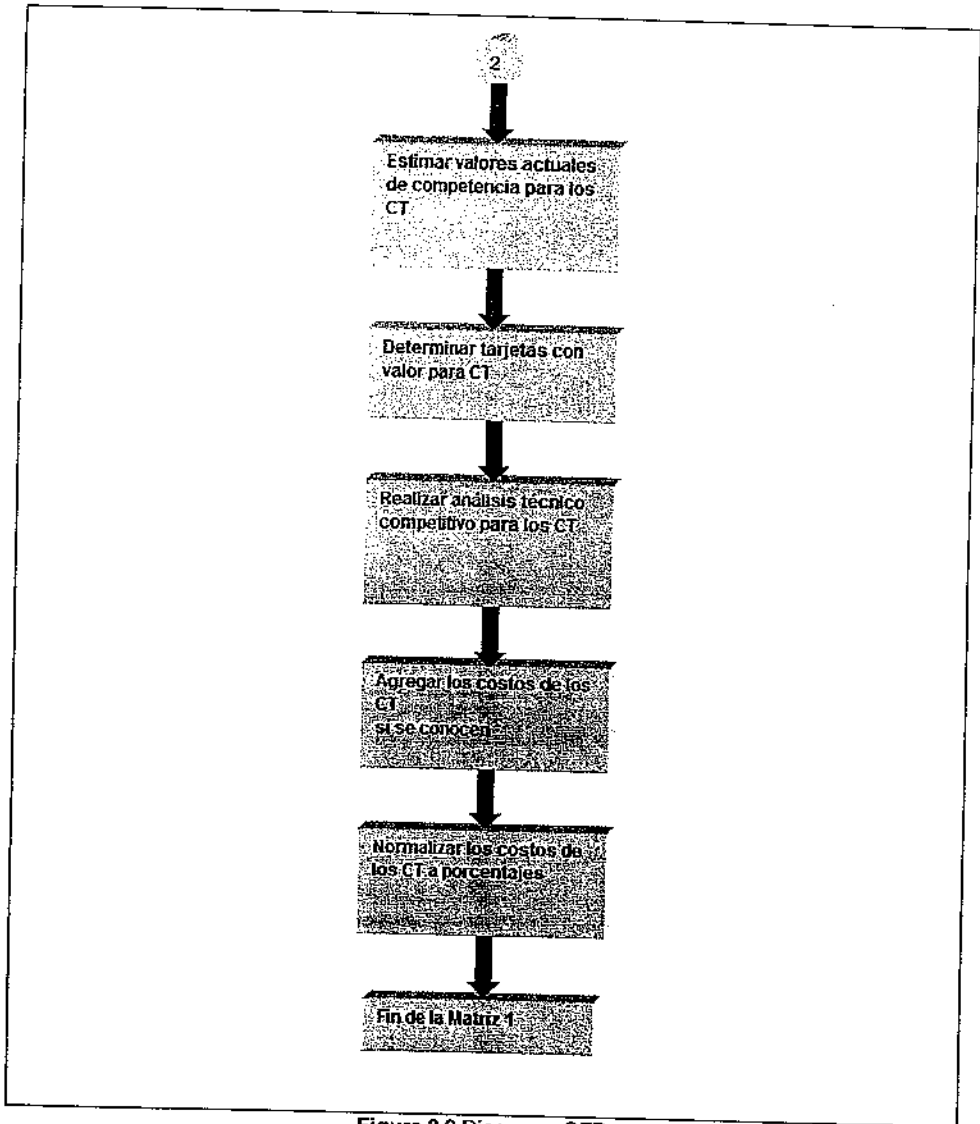


Figura 2.2 Diagrama QFD

2.1.4 Metodología Planeación Avanzada de la Calidad del Producto (Advanced Planning Quality Product) APQP

Esta metodología se limita a la industria automotriz satisfaciendo las necesidades del cliente y sus características más importantes son:

- Su rango de aplicación se limita a la industria automotriz.
- Satisface las necesidades del cliente.
- Facilita la comunicación entre todas las personas y actividades en el desarrollo de un producto.
- Involucra todas las áreas de una corporación.
- Se mejora el trabajo en equipo.

En la figura 2.3 se muestra el diagrama de flujo de esta metodología en donde se observa cada una de las fases con las que cuenta.

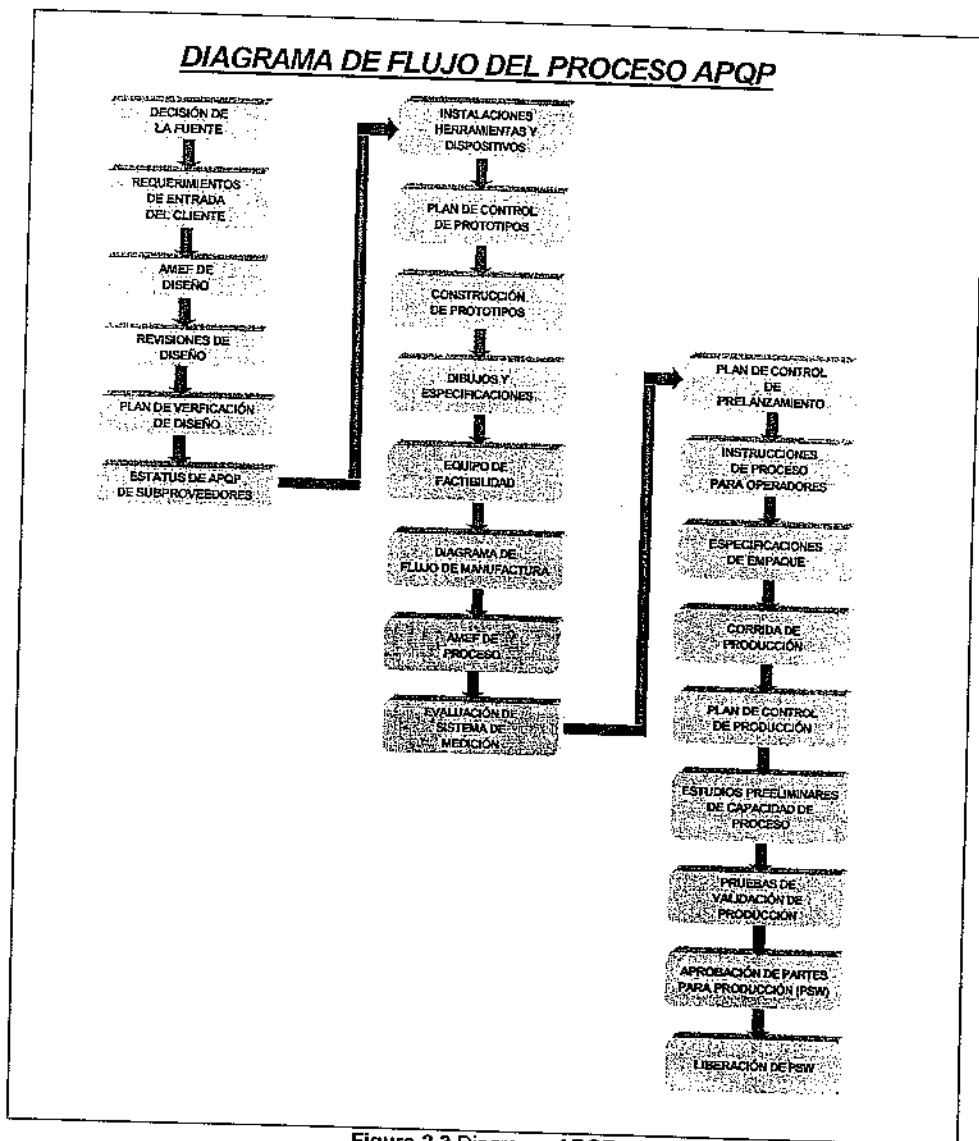


Figura 2.3 Diagrama APQP

2.1.5 Metodología Cross

Por ser un método general sin una estructura rígida acepta la ayuda de muchos conceptos y técnicas de otras metodologías, sus dos principales características son:

- Se enfoca al proceso de diseño en compañías manufactureras.
- Su aplicación no requiere de licencias costosas.

En la figura 2.4 se presenta el diagrama de flujo de las diferentes etapas que utiliza el método de diseño que utiliza Cross.

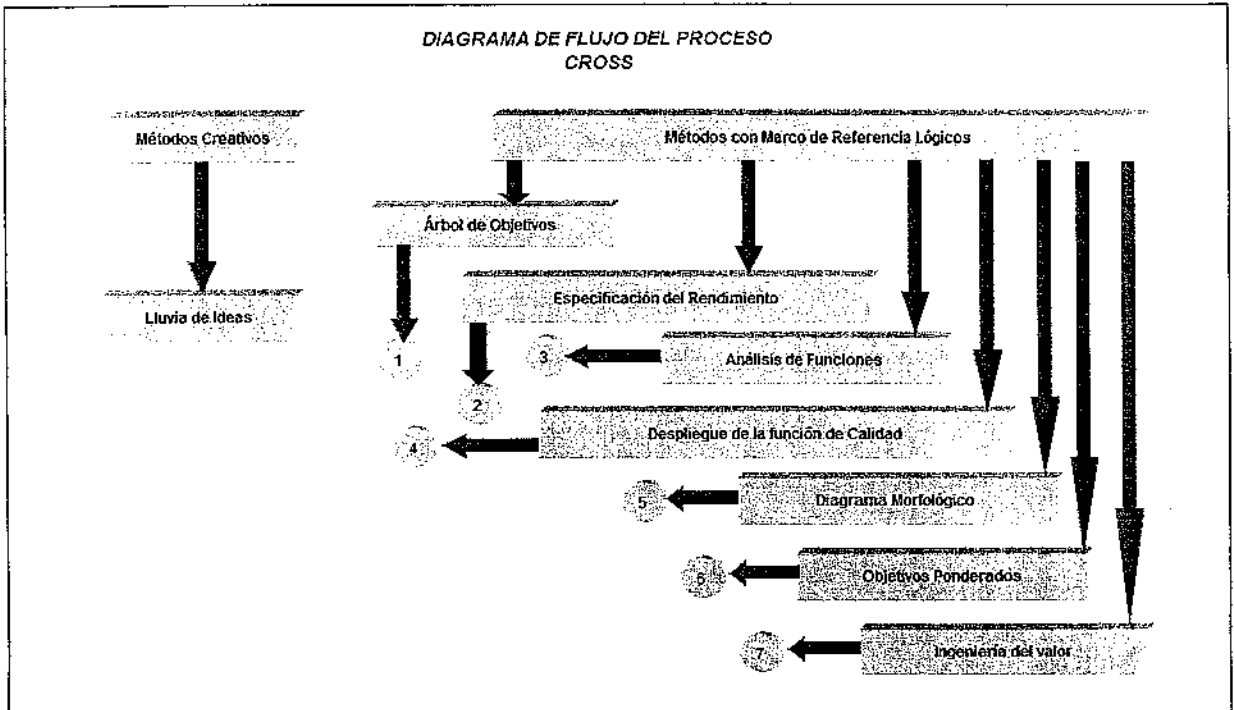


Figura 2.4 Diagrama Cross (continua)

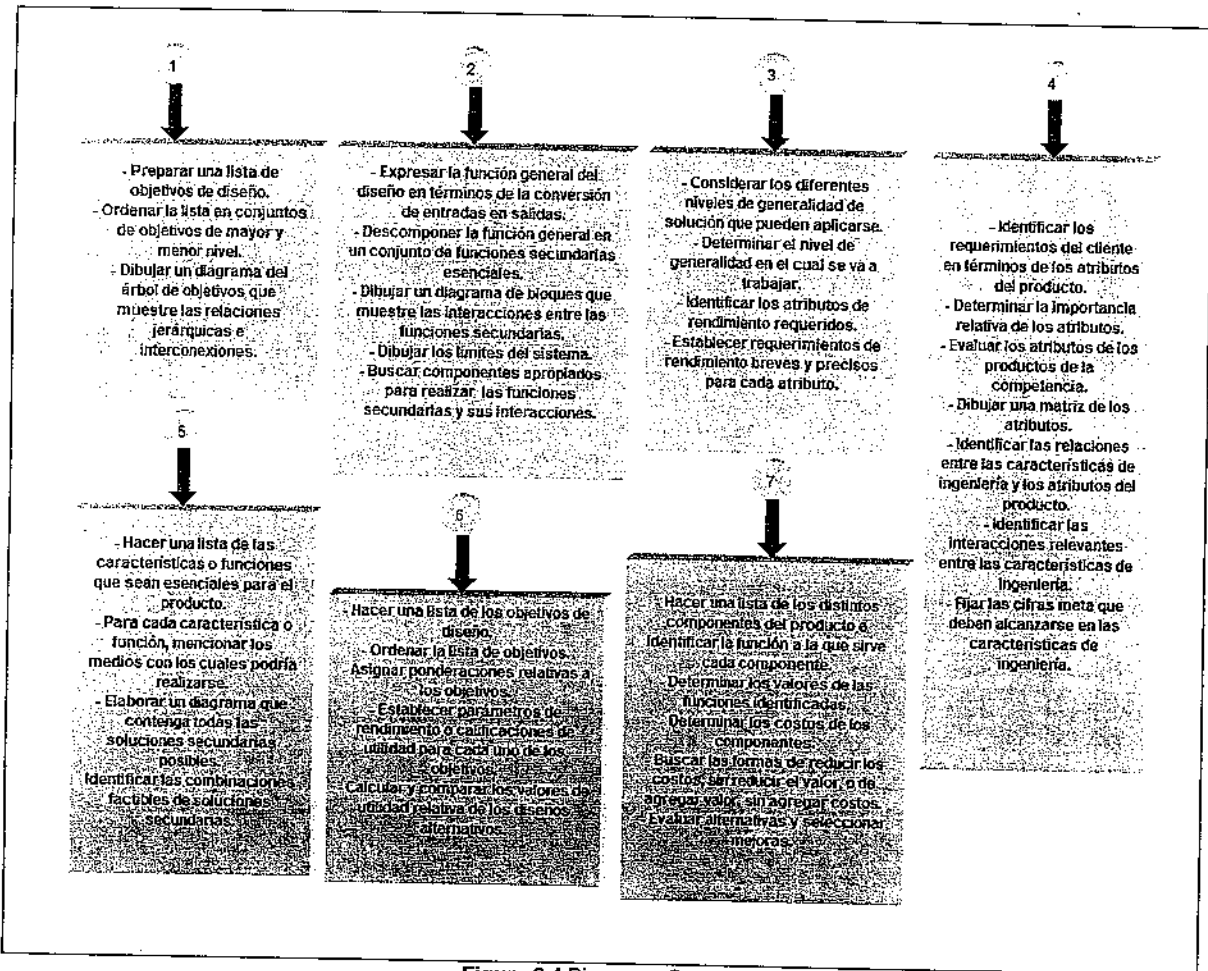


Figura 2.4 Diagrama Cross

La tabla 2.1 muestra las características de la estructura de cada metodología y la comparación entre ellas, los colores indican partes de la estructura de las metodologías similares o coincidentes. No se puede decir que son iguales por que

cada una se originó para alguna necesidad específica, pero en forma global tienen la misma función. Se observa que la mayor cantidad de puntos de coincidencia es en la aplicación, ya que cada metodología a través de su desarrollo, ha generalizado y estandarizado su funcionamiento, que pueden en su mayoría aplicarse en cualquier rama de la industria. El apartado de los objetivos es otro de los puntos de mayor coincidencia ya que cada metodología fue creada para alcanzar la excelencia como también la perfección y ese es el común denominador de todas.

METODOLOGÍAS					
	SEIS SIGMA	YAGUCHI	GFD	APQP	CROSS
PRINCIPAL ÁREA DE APLICACIÓN	Compañías manufactureras Compañías de servicios.	Compañías manufactureras Compañías de servicios.	Compañías manufactureras Compañías de servicios.	Compañías manufactureras Empresas proveedoras de granjeros, máquinas agrícolas, etc.	Compañías manufactureras
OBJETIVOS PRINCIPALES	Eliminar la variabilidad en el proceso Mejorar del desempeño financiero	Eliminar la variabilidad en el proceso Mejorar la productividad Mejorar el ahorro en general	Reducir de los tiempos generales del proceso Mejorar el proceso de diseño	Reducir de los tiempos generales del proceso Mejorar el proceso de diseño	Incrementar productividad con un menor riesgo
CARACTERÍSTICAS	Usa herramientas estadísticas para obtener los resultados del proceso Reducción al 50% de los costos del proceso Mejora el tiempo de ejecución Ayuda al diagnóstico de problemas Mejora el rendimiento entre los equipos del cliente Ayuda estabilidad en sus productos y servicios	Usa como herramienta el diseño de experimentos para reducir la variabilidad en el proceso y la variabilidad a la vez Método que trata de los defectos y sus causas que clarifica en tablas de causas y efectos Asegura que en el laboratorio de experimentos se obtenga el resultado óptimo en la manufactura y menor variación del mismo	Usa como herramienta el diseño de experimentos para reducir la variabilidad en el proceso y la variabilidad a la vez Método que trata de los defectos y sus causas que clarifica en tablas de causas y efectos Controla los avances y el cumplimiento de todas las actividades Se tiene en claro a los representantes de cada actividad	Usa como herramienta el reporte de acciones Método que se aplica para los problemas complejos Controla los avances y el cumplimiento de todas las actividades Se tiene en claro a los representantes de cada actividad	Mejora el proceso de diseño Sustituye la experimentación y el desarrollo por simulación Usa como herramienta la lista de verificación Usa videos, videos para la obtención de medidas, videos con imágenes según el tipo de producto a observar Estimula el pensamiento creativo mediante un caso general como la sociedad
FASES	Definición del sistema Diseño de parámetros Diseño de tolerancias Análisis de riesgos Análisis de problemas Análisis de causas Análisis de efectos de la mejora (control)	Diseño del sistema Trabajo Diseño de tolerancias Diseño de parámetros	Esquema del sistema Trabajo Diseño de tolerancias Diseño de parámetros	Reporte de Status del APQP Evaluación y avances Evaluación de causas del reporte de Status APQP Evaluación del riesgo.	Clasificación de objetivos Establecimiento de metas Fijación de requerimientos Determinación de características Determinación de atributos Evaluación de alternativas Mapa de riesgos.
SEÑALES DE ÉXITO	Se reducen los costos de producción Se mejora la calidad de los productos Se mejora el tiempo de entrega Se mejora la satisfacción del cliente	Se reducen los costos de producción Se mejora la calidad de los productos Se mejora el tiempo de entrega Se mejora la satisfacción del cliente	Se reducen los costos de producción Se mejora la calidad de los productos Se mejora el tiempo de entrega Se mejora la satisfacción del cliente	Se reducen los costos de producción Se mejora la calidad de los productos Se mejora el tiempo de entrega Se mejora la satisfacción del cliente	Se reducen los costos de producción Se mejora la calidad de los productos Se mejora el tiempo de entrega Se mejora la satisfacción del cliente

Tabla 2.1 Comparación de Metodologías

2.2 Propuesta Metodológica

Uno de los principales objetivos de esta tesis es el proponer una metodología a partir de las existentes que por su eficacia y probados resultados son reconocidas a nivel mundial en el diseño de productos. Esta propuesta metodológica toma las partes estructurales de otras metodologías a conveniencia para lograr el objetivo final, que es el desarrollo de nuevos productos.

A continuación se explica la estructura de la propuesta metodológica y al final de este apartado se muestra el diagrama de flujo que ejemplifica la secuencia de la propuesta y el conjunto de herramientas de las que se hace uso.

2.2.1 Identificación de las Necesidades

Dado un producto, definir que parte o componente del mismo será diseñado; en el proceso de fabricación, un punto importante son las opiniones y quejas del personal involucrado en el mismo. También es posible obtener información a partir del cliente y/o proveedores.

Otra forma, de obtener información es contar con un sistema para detectar problemas durante el uso y servicio de un producto incluyendo su proceso de producción. Por ejemplo el uso de sistemas estadísticos para obtener las secuencias de errores en el proceso de fabricación, y encontrar el número de piezas defectuosas por cada corrida de producción.

Una vez cuantificados todos los problemas se podrán identificar las necesidades y se propone proceder a la siguiente etapa.

Algunas de las necesidades se identifican al tener un problema ya presente, a estas se les puede clasificar como primarias y al realizar un estudio de las

mismas, se pueden encontrar necesidades secundarias que en su conjunto conforman a las primarias.

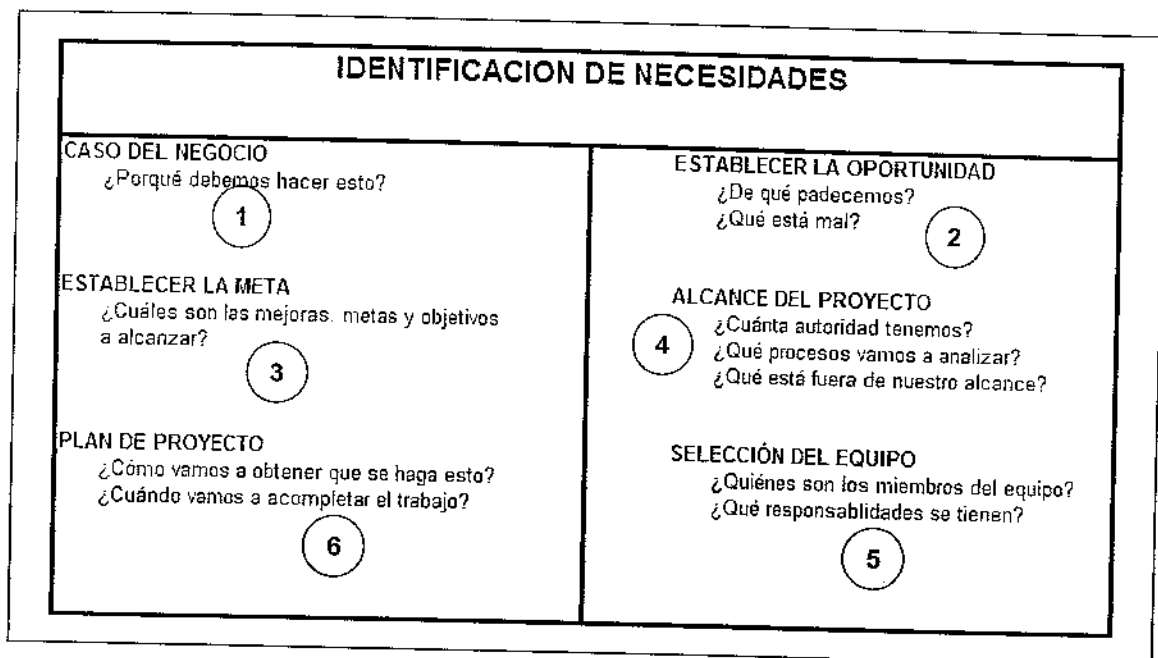


Figura 2.5 Elementos propuestos para identificación de necesidades

Para identificar las necesidades se propone realizar una carta (ver figura 2.5) en donde se muestre y se explique los siguientes elementos:

En la sección 1 "Caso del negocio", se deben describir los beneficios que se obtendrán al realizar el proyecto, así como que tipos de impactos se tendrán con otras secciones del negocio y empleados.

Al establecer la oportunidad, sección 2, debe estar direccionada como sigue:

- ¿Cuál es el impacto que se tendrá con los clientes, el negocio y los empleados?
- ¿Qué tan extensivo es el problema?

- ¿Qué está mal y que no está trabajando bien?

¿Dónde y cuándo ocurren los problemas?

En el establecimiento de la meta, sección 3, se toma en cuenta:

- ¿Qué espera cumplir el equipo?

- ¿Qué parámetros se medirán?

- ¿Cuáles serán los resultados tangibles y los intangibles?

- ¿Cuál será el tiempo en el cual se verán los resultados?

La sección 4 del alcance del proyecto define los límites del proyecto y las oportunidades que se tienen, esto es:

- ¿Cuáles serán los puntos de inicio y de fin del proceso?

- ¿Qué componentes del negocio están incluidos?

- ¿Qué componentes del negocio no están incluidos?

- ¿Qué está fuera de los límites del proyecto?

La sección 5 de la selección del equipo es identificar cada uno de los responsables del equipo y sus actividades, el líder, el facilitador, que tipo de integrantes se necesitan, que tanto el equipo debe reportar y a quien y cuales son los integrantes del equipo.

Y para finalizar la sección 6 del plan de proyecto debe mostrar un plan de actividades, o un diagrama de Gantt donde se muestren fechas de finalización de actividades, recursos que se necesitan, elementos clave y cuales son las restricciones que se tienen con los recursos.

2.2.2 Benchmarking

Benchmarking es el proceso continuo de medir productos, servicios y prácticas y compararlas contra las de los competidores más sobresalientes, es decir aquellas compañías reconocidas como líderes de la industria.

En esta etapa se procede a realizar la recopilación de datos de los requerimientos o deseos del cliente; existen varios métodos para la obtención de estos datos, como pueden ser: cuestionarios, evaluaciones, demostraciones, encuestas, etc.

El departamento asignado se encarga de realizar el Benchmarking seleccionando el o los métodos adecuados para llevarlo a cabo. De los datos recopilados, el departamento de ingeniería se encarga de traducirlos a mejoras en los procesos o implementación de nuevos métodos o tecnologías de fabricación.

A continuación se identifican cinco fases para realizar el Benchmarking:

1. Planeación. Proyectar la investigación del Benchmarking por medio del desarrollo de planes en donde se deberán contestar las preguntas ¿qué?, ¿quién?, ¿cómo?.
2. Análisis. Esta fase incluye la comprensión cuidadosa de las prácticas actuales del proceso para llevar a cabo la integración.
3. Integración. En esta fase se fijan los objetivos operacionales para implementar el cambio.
4. Acción. Puesta en práctica de los hallazgos, creando una medición periódica para la evaluación de los logros.
5. Madurez. Identificar las posibles mejoras de los productos y procesos y planear una visión del proyecto en su totalidad.

Es importante incluir en este estudio la evaluación y comparación de los productos fabricados por la competencia para tener un nivel de referencia. El Benchmarking debe permitir la obtención de nuevos elementos en los requerimientos dados por el cliente.

Se propone realizar las siguientes actividades y revisar el formato propuesto en la figura 2.6 para llevar a cabo el Benchmarking:

- Equipo de trabajo, sección 1
 - Establecer el equipo para esta sección, responsable o líder.
- Se recomienda contestar las siguientes preguntas:
 - ¿Qué? Sección 2

Producto, parte o proceso. Para realizar esto, ya se ha identificado previamente que es lo que será evaluado por los clientes.

- ¿Cómo? Sección 3

Medio. Documentar el proceso seleccionado, establecer alcance del Benchmarking. Encuesta personal, vía telefónica, correo a domicilio, e-mail, u otro.

- ¿Dónde? y ¿quién? Sección 4

Sector. Los criterios para identificar clientes y competidores, como miembros de asociaciones mercantiles vendedores. Plan de recopilación de datos aplicar un cuestionario sondeo para conocer el perfil de las empresas y desempeño frente a las otras instituciones.

- ¿Cuándo? sección 5

Fechas. Fijar los plazos en que se llevará a cabo la recopilación.

- ¿Por qué? ¿para qué? Sección 6

Preguntas. Realizar el cuerpo del formulario y una aproximación de los resultados que se espera obtener. Definir que tipo de preguntas se realizarán: de respuesta abierta, de múltiple selección, selección obligatoria o escalonada. Se sugiere investigar acerca del producto en revistas públicas, diarios de la industria, informes anuales, etc. El equipo de trabajo a cargo realizará un cuestionario inicial, es

recomendable realizar una prueba piloto con profesionales y hacer los ajustes necesarios para que el formulario final sea entendible.

- El cuestionario se puede dividir en dos partes; la primera, analiza la aceptación del producto y la segunda, donde se selecciona a aquellas empresas que tengan un perfil similar al de la empresa, de acuerdo a tamaño y presencia en el mercado.

El listado de preguntas se debe acomodar por orden de prioridades, colocando las preguntas más fáciles o directas al principio del cuestionario.

Un ejemplo de formulario se presenta en la figura 2.6 donde se han colocado varios tópicos que pueden servir de guía.

- Una vez que se ha llevado a cabo el cuestionario, es adecuado realizar una investigación de campo que verificará la información recopilada en el formulario detectando aquellas partes o componentes del producto que marcan la diferencia con otras empresas y que las hacen mejores.

Equipo de Trabajo:	Medio: 3	Fecha: de 5 a
1	Sector: 4	
Producto, Parte o Proceso:	2	
Aspectos a Considerar:	Criterio Utilizado:	
Atractivo al Cliente	El 75% de los consumidores juzga al producto por su diseño	
6		
Funciones Técnicas		
Condiciones de Trabajo		
Características Generales		
Funcionalidad		
Durabilidad		
Mantenimiento		
Seguridad		
Contaminación		
Uso y Confiabilidad		
Producto Competidor		
Competidores Nacionales		
Competidores Extranjeros		

Figura 2.6 Formulario para Benchmarking

2.2.3 Definición del problema

En esta fase de la metodología el equipo de trabajo debe contestar a las preguntas:

- ¿Qué hay que mejorar?
- ¿Quién lo ha de hacer?

Definiendo así el propósito y alcance del proyecto. Además se debe realizar una descripción del plan de trabajo a seguir.

Para definir claramente el problema que se encuentra dentro del proceso es necesario aplicar varias herramientas. En esta fase de la metodología se deben identificar los problemas y/o áreas de mejora y escoger uno. Para el cumplimiento de esta fase se propone aplicar las siguientes herramientas de entre otras:

- 1) Mapa de proceso (SIPOC)
- 2) Diagramas de flujo.
- 3) Análisis del diagrama de proceso.
- 4) Identificación de problemas del proceso: tiempo y calidad.
- 5) Medición del tiempo de ciclo.
- 6) Revisión del análisis de proceso.

- 1) Mapa de Proceso (SIPOC)

El objetivo de realizar el Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customer, "SIPOC", (Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas, Cliente) es que con su desarrollo se entenderán los conceptos Proceso y Sistema; entendiendo los elementos que componen el SIPOC y estar en la capacidad de aplicarlos al proceso; también, se sabrá cómo se usa el concepto de "Rendimientos Secuenciales de Proceso" para identificar dónde se obtiene el mayor impacto de una mejora.

La calidad puede ser calificada por los clientes en base al resultado de un proceso; enfocarse en el trabajo individual no conduce a un avance significativo de

la calidad. El proceso debe de mejorarse para aumentar la calidad. Se deben hacer análisis y usar datos para demostrar que el cambio se traduzca en mejoramiento.

Toda actividad se desarrolla en un proceso; por consiguiente la calidad de proceso determina la calidad del resultado. Normalmente no se piensa en función de los procesos, en su defecto se consideran eventos aislados.

El SIPOC es un mapa de alto nivel del proceso actual; este se aplica a todo tipo de trabajo, ya sea repetitivo en su naturaleza o único en su clase y sirve para definir los límites del proyecto (puntos de inicio y final) e indica dónde se deben recolectar los datos. Como también ayuda a no desenfocarse del verdadero alcance del proyecto; ayuda a descartar las áreas de menor importancia y asegurar un enfoque hacia el cliente.

- Entradas

En esta etapa se deben generar todas las variables posibles que puedan afectar al proceso, sin importar la cantidad. Posteriormente cuando se continúa con la metodología se tiene que enfocar en lo esencial para el proyecto.

- Visión de Alto Nivel (Proceso)

Se busca plasmar el proceso actual en un diagrama de alto nivel; donde, en sólo unos bloques se pueda observar las fases críticas del proceso.

- Salidas

Al igual que en las entradas se tienen que generar todas aquellas variables posibles que el proceso genera. Refiriéndose a encontrar todo aquello que el proceso aporte a sus clientes. Estos pueden ser: productos, información, documentos, servicios, decisiones, etc.

En la figura 2.7 se muestra el diagrama de bloques del SIPOC.

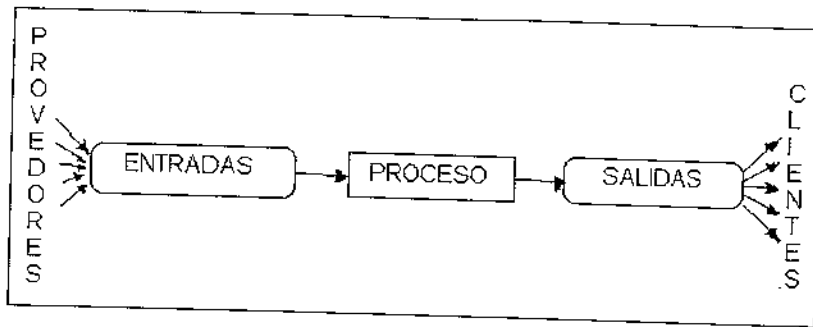


Fig. 2.7 Diagrama SIPOC

Al realizar el SIPOC se debe contestar a todas aquellas preguntas relevantes para el proceso, en la figura 2.8 se presentan una serie de preguntas que pueden ser de utilidad para un proceso en general:

PREGUNTAS
Propósito: ¿Porqué existe este proceso? ¿Cuál es el propósito del proceso? ¿Qué produce como resultado?
Resultados: ¿Cuál es el producto del proceso? ¿Cuáles son las salidas del proceso? ¿Dónde concluye este proceso?
Salidas/Clientes: ¿Quién usa los productos de este proceso? ¿Quiénes son los clientes de este proceso? Exteriormente: ¿Quiénes colaboran en el proceso?
Entradas/Proveedores: ¿De dónde proviene el material con el cual se trabaja? ¿Quiénes son los proveedores? ¿Qué suministran ellos? ¿Dónde afectan estos en el flujo del proceso? ¿Qué efecto tienen sobre el proceso y su resultado?
Etapas del proceso: ¿Qué le sucede a cada entrada? ¿Qué actividad de conversión se efectúa ?

Figura 2.8 Preguntas a considerar para realizar SIPOC

Análisis del SIPOC

El formato de la figura 2.9 sirve para desarrollar el SIPOC del proceso que se estudia y analiza. El formato se va ampliando dependiendo del número de proveedores y sus respectivas entradas, así como también de las salidas y sus clientes.

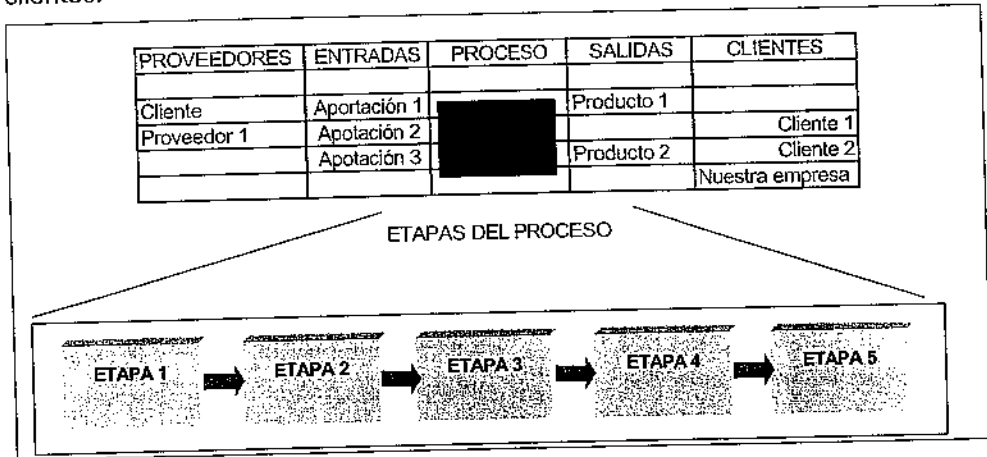


Figura 2.9 Formato para SIPOC

Los pasos para el diseño del SIPOC son los siguientes:

1. Designar nombre al proceso.
2. Determinar los puntos inicial y final (límites) del proceso.
3. Enumerar las salidas y clientes principales.
4. Identificar, nombrar y ordenar las principales etapas del proceso.

Para desarrollar un buen diagrama de proceso es importante identificar que pasos del proceso tienen valor agregado y cuales no; identificar los cuellos de botella, determinar los tiempos de ciclo, buscar errores y deficiencias que contribuyan a generar defectos.

Ya que se conocen los componentes SIPOC del proyecto hay que analizarlos detenidamente y modificarlos si así lo requiere. Como ayuda para su análisis se

propone considerar las siguientes preguntas: ¿Qué se va a analizar del SIPOC?, ¿Los límites que se proponen son claros?, ¿Qué etapas del proceso son las que demuestran rendimientos más bajos?, ¿Se identificaron nuevos clientes para quienes los mejoramientos puedan generarles un mayor impacto económico?, ¿Se identificaron nuevos interesados o afectados?.

2) Diagramas de Flujo

Normalmente los defectos surgen debido a que parte de un proceso es incorrecto o deficiente. Un diagrama de flujo facilita la visualización de un proceso.

Al utilizar un diagrama de flujo, lo que se realiza es generar una idea en común, clarificando los distintos pasos del proceso, ayuda a identificar las posibilidades de mejoramiento de un proceso y revela como funciona el proceso.

Para crear un diagrama de flujo hay que trabajar en grupo, de forma que se puedan obtener diversos puntos de vista; iniciando con una lluvia de ideas, ordenar dichas ideas, verificar el orden de las fases del proceso y numerar los pasos.

Tomando en cuenta que se está en la fase de definición del problema, se debe obtener un diagrama de proceso que represente la realidad de éste y no aquel que debería ser, podría ser o aquel que se tiene en mente. Se debe realizar un proceso simple y con las fases más importantes.

3) Análisis de un diagrama de proceso

Identificar y resaltar las fases con valor agregado y las que no otorgan valor al proceso.

Pasos con valor agregado:

- Los clientes lo pagan.
- Cambian físicamente el producto.
- Está bien hecho desde el principio.

Pasos sin valor agregado:

- No son esenciales para lograr resultados .
- No añaden valor al resultado, tales como defectos, errores, omisiones, preparación, control, sobreproducción, reproceso, inventario, transporte, desplazamiento, espera, retrasos, etc.

4) Identificación de problemas del proceso: tiempo y capacidad

Reducción de tiempos de ciclo. Comprender el tiempo de ciclo proporciona una mejor idea del proceso, muestra el efecto de los pasos sin valor agregado en el tiempo que se emplea para fabricar un producto o prestar un servicio e identificar los cuellos de botella.

Reducir el tiempo de ciclo ayuda a aumentar la capacidad de previsión, ayuda a disminuir el desperdicio y las correcciones, lo cual se traduce en menos costos y proporciona una ventaja competitiva.

5) Medición del Tiempo de ciclo

Para poder medir el tiempo de ciclo se propone seguir los siguientes pasos:

- Definir si se va a medir el tiempo de ciclo de todo el proceso o únicamente de un subconjunto de etapas.
- Desarrollar definiciones operacionales de los puntos inicial y final de cada paso.
- Lograr un consenso sobre lo que es un tiempo con valor agregado y sin valor agregado
- Desarrollar un formato para la recolección de datos como el propuesto en la figura 2.10

Pasos del Proceso	Tiempo acumulado	Tiempo de VA	Tiempo sin VA	Notas

Figura 2.10 Formato de Tiempo de Ciclo

6) Revisión del Análisis de Proceso

Para hacer una revisión del Análisis de Proceso se propone seguir los siguientes pasos:

1. Elaborar un diagrama de flujo de actividad o de despliegue para esquematizar los pasos.
2. Utilizar los diagramas de flujo de oportunidades y otros enfoques para identificar las pérdidas de tiempo y complejidad.
3. Medir tiempos de ciclo de forma que pueda calcular cuál es tiempo con valor agregado y tiempo sin valor agregado.
4. Identificar cuellos de botella.

2.2.4 Determinación de objetivos

Una vez que se ha llevado a cabo el benchmarking y se conocen los requerimientos del cliente, se propone que el equipo de ingeniería realice un listado con las características técnicas que llevará el producto.

En esta fase se propone llenar el formato de la casa de la calidad (ver figura 2.11) donde se comparan los requerimientos del cliente; área 1; contra las características técnicas; área 2; y por medio de puntuaciones se seleccionan aquellas características que satisfagan los deseos del cliente.

Otro método sugerido para esta etapa es el árbol de objetivos (ver figura 2.12) en el cual, después de preparar una lista de objetivos de diseño, se ordena en niveles de importancia y se realiza el diagrama del árbol, con el cual se muestren las relaciones entre los objetivos. A partir de un objetivo o característica esencial se

derivaran las características secundarias que darán los medios para alcanzar el objetivo principal y así satisfacer los deseos del cliente.

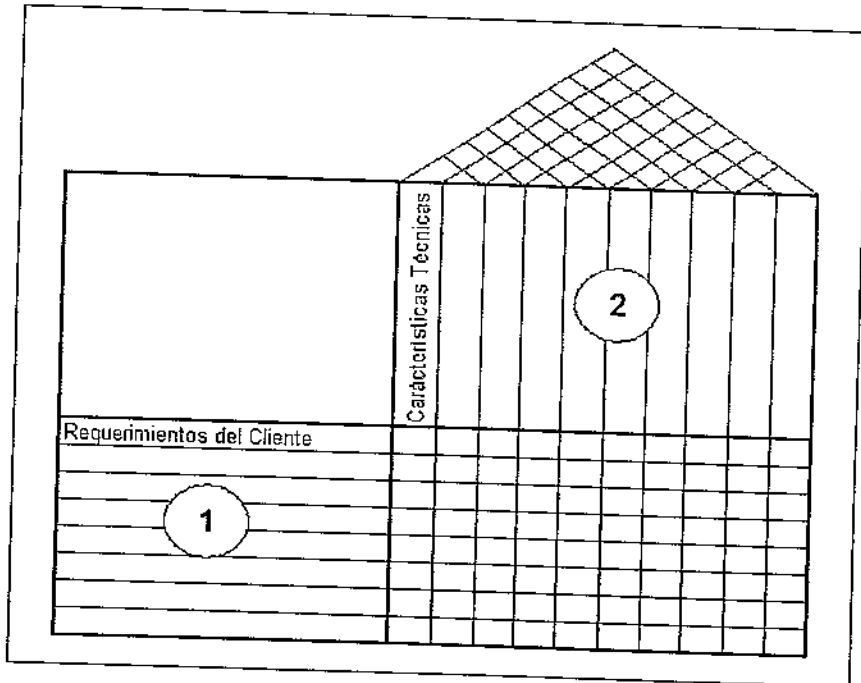


Figura 2.11 Casa de la Calidad para Establecimiento de objetivos

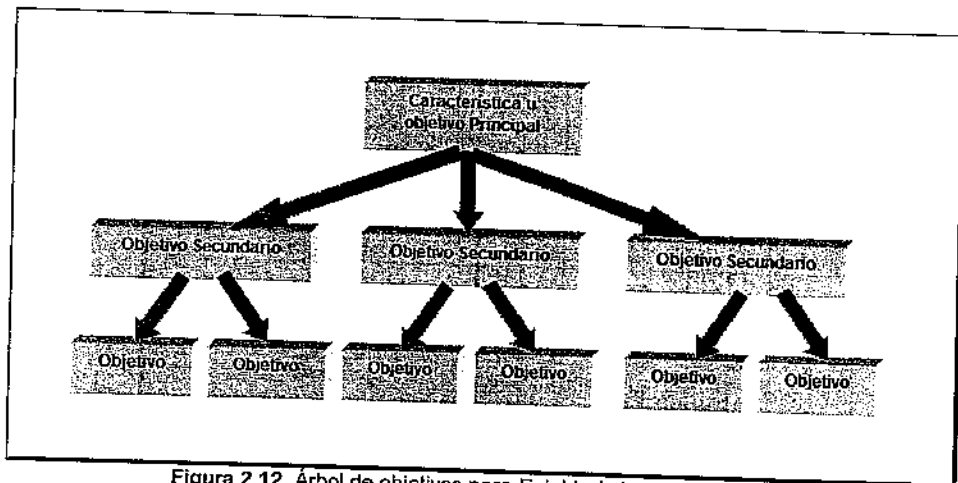


Figura 2.12 Árbol de objetivos para Establecimiento de Objetivos

2.2.5 Generación de alternativas y diseño del nuevo producto

Ya establecidos los objetivos, el equipo de trabajo debe generar alternativas tomando en cuenta el problema que más afecte, que sea más grave y que esté al alcance solucionarlo.

Para esta fase de la metodología se propone usar el diagrama morfológico mostrado en la figura 2.13. Una vez que se han establecido los objetivos o funciones de diseño del producto, se escriben dichas funciones; área 1; en la dimensión vertical del diagrama. En la dimensión horizontal; área 2; se anotan las posibles soluciones para llevar a cabo cada función.

Se sugiere realizar la técnica de lluvia de ideas con el equipo de trabajo y anotar las diferentes soluciones propuestas. Después se procede a seleccionar las soluciones más viables para cada función y se realizan múltiples combinaciones de soluciones hasta elegir la más adecuada; área 3.

Ya sea por medio de una línea o sombreando los cuadros seleccionados, se sabrá cual ha sido la combinación de soluciones elegidas.

	Soluciones			
Funciones	1	2	3	4
1				
2	1		3	
3		2		
4				
5				
6				

Figura 2.13 Formato de Diagrama Morfológico para Generación de Alternativas

Este diagrama representa el espacio total de soluciones para el producto conformado por las distintas combinaciones. El número total de combinaciones posibles puede ser muy grande y, por tanto, las estrategias de búsqueda tienen que guiarse por restricciones o criterios. La evaluación de alternativas sólo puede hacerse si se toma en consideración los objetivos que debe alcanzar el diseño.

Una vez evaluadas las alternativas se procede a iniciar el proceso de diseño, según el campo en el que se esté desarrollando el nuevo producto.

2.2.6 Dibujos y especificaciones preliminares

Se realiza un acercamiento al diseño final. Dentro de reuniones en donde participan las áreas de diseño y manufactura, se realiza una evaluación y se definen los diseños preliminares. Este método es efectivo para prevenir problemas y malos entendidos.

Los dibujos y especificaciones preliminares pueden realizarse a mano alzada en donde puede o no tenerse las escalas definitivas. Como su nombre lo indica son preliminares, pero debe llevarse control sobre ellos, ya que puede prestarse a malos entendidos y tener pérdidas de tiempo.

Se propone utilizar el formato de la figura 2.14 en donde se indique que es un acercamiento preeliminar, que a su vez tiene cambios debidamente registrados.

Nombre de la Parte		Cambio de Ingeniería	
Logo de la empresa		Nombre de la Parte	
Fecha: Dibujó:	Revisó: Aprobó:	Clave:	Dibujos y especificaciones preeliminares No se use como diseño final

Figura 2.14 Formato preeliminar para dibujos y especificaciones

2.2.7 Estudio de factibilidad

El estudio de factibilidad determina si el diseño propuesto puede ser manufacturado con las especificaciones. Una revisión cruzada entre el departamento de diseño y el de manufactura se encarga de evaluar la factibilidad del diseño. Una vez que la factibilidad ha sido establecida, el equipo determina la responsabilidad de seguir la revisión del proceso y re-evaluar la factibilidad para cualquier diseño o cambio de la parte que pueda ocurrir durante su desarrollo.

Para presentar la factibilidad de los proyectos se propone responder el cuestionario de la figura 2.15.

COMPROMISO DE FACTIBILIDAD POR PARTE DEL EQUIPO											
Fecha:											
Cliente:	Nombre de la Parte										
Número de Parte:											
<p>Nuestro equipo de desarrollo de nuevos productos ha considerado las siguiente preguntas sin intención de ser exhaustivas en el desarrollo de la evaluación de la factibilidad. Los dibujos y / o especificaciones presentadas han sido usadas como una base para analizar la habilidad de cumplir todos los requerimientos especificados. Cualquier respuesta negativa está soportada con comentarios adicionales identificando nuestro interés y / o cambios propuestos que nos permitirán cumplir los requisitos especificados</p>											
SI	NO	CONSIDERACIONES									
		¿Está el producto adecuadamente definido (aplicación requerimientos, etc.) para facilitar la evaluación de factibilidad?									
		¿Las especificaciones de desarrollo de ingeniería pueden ser alcanzadas como se describen?									
		¿Se pueden fabricar los productos con las tolerancias especificadas en los dibujos?									
		¿Se puede fabricar el producto con los Cpk's que indican los requisitos?									
		¿Existe suficiente capacidad para producir el producto?									
		¿El diseño permite el eficiente uso de técnicas de manejo de materiales?									
		¿Se podrá fabricar el producto si incurrir en nada inusual como:									
		Costos para equipo?									
		Costos para herramientas?									
		Métodos de manufactura alternativos?									
		¿Se requiere de control estadístico del proceso en el producto?									
		¿Está el control estadístico del proceso aplicado en procesos similares?									
		En los productos similares en donde se utiliza el control estadístico del proceso:									
		¿Están los procesos estables y controlados?									
		¿Son los Cpk's mayores a 1.33?									
<p>Conclusión</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 15%; border: 1px solid black;"><input type="checkbox"/></td> <td style="width: 35%;">Factible</td> <td style="width: 50%;">El producto puede ser producido como se especifica, sin revisión alguna.</td> </tr> <tr> <td 1px="" black;"="" border:="" solid=""><input type="checkbox"/></td> <td>Factible</td> <td>Se recomiendan cambios (ver anexo)</td> </tr> <tr> <td 1px="" black;"="" border:="" solid=""><input type="checkbox"/></td> <td>No factible</td> <td>Se requiere revisión del diseño para producir el producto dentro de los requerimientos especificados</td> </tr> </table>			<input type="checkbox"/>	Factible	El producto puede ser producido como se especifica, sin revisión alguna.	<input type="checkbox"/>	Factible	Se recomiendan cambios (ver anexo)	<input type="checkbox"/>	No factible	Se requiere revisión del diseño para producir el producto dentro de los requerimientos especificados
<input type="checkbox"/>	Factible	El producto puede ser producido como se especifica, sin revisión alguna.									
<input type="checkbox"/>	Factible	Se recomiendan cambios (ver anexo)									
<input type="checkbox"/>	No factible	Se requiere revisión del diseño para producir el producto dentro de los requerimientos especificados									
<p>Firmas</p>											

Figura 2.15 Cuestionario de factibilidad del diseño

2.2.8 Estudio del nuevo diseño por Método de Taguchi

El nuevo diseño se somete a experimentos o a una serie de pruebas, en las cuales se aplican variables a un proceso o a un sistema para poder ser observado e identificar las razones de los cambios en las respuestas de la salida. El investigador fija varios factores en estos experimentos simultáneamente.

Algunos diseños estadísticos son:

- Análisis de la regresión.
- Métodos estadísticos como bloque seleccionado al azar, diseño totalmente seleccionado al azar, diseño factorial, diseño factorial bloqueado, etc.

Los experimentos estadísticos consisten en varios experimentos individuales relacionados entre sí. La creación de un experimento estadístico implica varios pasos tales como los siguientes:

- Selección de las respuestas que serán observadas.
- Identificación de los factores que se estudiarán.
- Los diversos niveles en los que estos factores serán fijados en diversos experimentos individuales.
- Consideración de los bloques (los factores de ruido observables que pueden influenciar los experimentos como fuente del error de la variabilidad).

Este método es aplicable en cualquiera de las siguientes fases de un proceso.

- Desarrollo de proceso.
- Prueba y desarrollo.
- Análisis.
- Diseño de experimentos en relación al análisis finito del elemento.
- Alcance del proyecto.

El primer paso a seguir para el estudio del nuevo diseño por medio de Taguchi es elaborar una matriz de experimentos usando arreglos ortogonales.

- Arreglo ortogonal típico

Existen muchos arreglos ortogonales estándares disponibles, cada uno de estos arreglos se aplica para un número específico de las variables independientes y de los niveles del diseño. Por ejemplo, si se desea conducir un experimento para entender la influencia de 4 diversas variables independientes y cada variable con 3 valores constantes, entonces una matriz ortogonal L_9 puede ser la opción correcta.

Arreglo ortogonal L_9					
	Variables independientes				Funcionamiento Valor De Parámetro
Experimento #	Variable 1	Variable 2	Variable 3	Variable 4	
1	1	1	1	1	p1
2	1	2	2	2	p2
3	1	3	3	3	p3
4	2	1	2	3	p4
5	2	2	3	1	p5
6	2	3	1	2	p6
7	3	1	3	2	p7
8	3	2	1	3	p8
9	3	3	2	1	p9

Tabla2.2 Arreglo ortogonal para matriz de experimentos

La tabla 2.2 muestra que un arreglo ortogonal L_9 , es desarrollado con un total de 9 experimentos y cada experimento está basado en la combinación de valores constantes según lo demostrado en la tabla. Por ejemplo, el tercer experimento es conducido estableciendo la variable independiente 1 del diseño en el nivel 1, la variable 2 en el nivel 3, la variable 3 en el nivel 3, y la variable 4 en el nivel 3.

- Características de un arreglo ortogonal

Los arreglos ortogonales tienen la característica de reducir el número de experimentos que se llevarán a cabo.

- La columna vertical debajo de cada una de las variables independientes de la tabla tiene una combinación especial de ajustes. Todos los ajustes aparecen un número igual de veces. Para el arreglo L9 bajo la variable 4, las constantes aparecen tres veces. Esto se llama la característica de balanceo de ordenes ortogonales.
- Todos los valores constantes de las variables independientes se utilizan para conducir los experimentos.
- La secuencia de los valores constantes para conducir los experimentos no será cambiada.

Hasta este punto se deben tener específicamente los siguientes datos:

- ¿Cuál es el problema?
- ¿Cuáles serán los objetivos del experimento?
- Una relación de parámetros
- Un sistema o método para medir

- Pasos para diseñar un experimento

El diseño de un experimento implica los pasos siguientes:

- Seleccionar variables independientes.
- Seleccionar número de niveles para cada variable independiente.
- Seleccionar arreglo ortogonal.
- Asignar las variables independientes a cada columna.
- Conducir los experimentos según lo fija la matriz ortogonal.
- Analizar los datos.
- Concluir.

En la figura 2.16 se muestra un formato de reporte de estatus para el estudio del nuevo diseño aplicando a la metodología Taguchi.

ESTUDIO DEL NUEVO DISEÑO Reporte de Estatus				Fecha: Revisión No.:			
Cliente usuario: _____ Localidad: _____ Código de proveedor: _____ Tipo de diseño: _____ Nuevo Servicio: <input type="checkbox"/> Resistema <input type="checkbox"/> Producto <input type="checkbox"/> Otro: _____				Programa: _____ Año lanzamiento: _____ Nombre parte: _____ Número parte: _____ Nivel de calidad: _____ Clientes finales: _____			
Miembros de equipo:		Compañía / Título:		Tel./Fax:			
Nivel de construcción		Material/ Fecha requerida		Características		Capacidad	
				Ite. CCS		No. CCS	
						Capacidad Muestras	
						Capacidad Construcción	
Fases de estudio del nuevo diseño	Var. Estado	Porcentaje cumplimiento	Fecha Programada	Fecha Requerida	Fecha Cierre	Iniciales Responsable	Observaciones Asistencia Requerida
1. Identificar la función (enfocar, efectos, eficiencia) y modos de falla.							
2. Identificar los factores de ruido, condiciones de prueba y características de calidad.							
3. Identificar la función objetivo a ser optimizada							
4. Identificar los factores de control							
5. Diseñar la Matriz de Experimentos							
6. Desarrollo de la matriz de experimentos							
7. Verificar los datos							
Determinar los niveles óptimos para los factores de control							
8. Llevar a cabo los experimentos de verificación y planear acciones futuras.							
COMENTARIOS: Acciones correctivas - Plan de Solución.							

Figura 2.16 Formato de reporte estatus para la metodología Taguchi

2.2.9 Dibujos y parámetros definitivos

Una vez que el estudio de factibilidad se ha llevado a cabo, así como el estudio de un nuevo diseño, el equipo de diseño y manufactura colaboran conjuntamente para determinar los dibujos definitivos con cada una de las especificaciones, tales como: tipos de maquinados, materiales, tolerancias y acabados necesarios para que el proceso de manufactura del nuevo producto cumpla en todo momento y pueda satisfacer al cliente.

2.2.10 Realización de análisis competitivo

Se propone realizar un estudio de mercado del nuevo producto antes de su lanzamiento para pronosticar la completa satisfacción del cliente, así como el desempeño estimado. No debe excluirse la cuantificación de los puntos de venta, ganancia esperada e incluso el impacto ambiental.

Se propone utilizar el formato de Benchmarking de la figura 2.6 ampliando o reduciendo las preguntas propuestas según sea el caso.

2.2.11 Estandarización y documentación de los métodos de fabricación

En esta sección se toma en cuenta toda la información necesaria para la fabricación del nuevo producto. Esto debe incluir el diagrama de flujo del proceso en donde se explique con claridad cuales serán las operaciones y el orden en que se debe fabricar el nuevo producto. Las instrucciones de proceso para el operador, en donde se indique paso a paso como se debe realizar cada una de las operaciones, tipo de herramienta a usar, parámetros de máquina, tipo de montaje,

instrumentos de medición, frecuencia de inspección y todos aquellos puntos que intervengan en la calidad del producto para el cumplimiento con los requerimientos del diseño del nuevo producto.

Para presentar el diagrama de flujo se propone el formato de la figura 2.17. En la sección 1 se describe el número de parte que se esta desarrollando. En la sección 2, el nombre de la parte; en la sección 3, la fecha, número de revisión y el número de páginas para saber si se tienen más de una y finalmente el responsable de la publicación del diagrama de flujo.

En la sección 4, se debe numerar consecutivamente las operaciones de las que consta el proceso, se recomienda comenzar por la operación 10 e ir incrementando la identificación de las operaciones de diez en diez, ya que si hubiese necesidad de incluir una operación intermedia, puede asignarse un número entre líneas sin recorrer todas las operaciones posteriores.

En la sección 5, se representa cada una de las operaciones con el símbolo indicado según corresponda. En la sección 6, se describe la operación.

En la sección 7, se debe identificar según el dibujo del producto la característica clave del mismo para ser descrita en la sección 8. Por consiguiente en la sección 9, se identifica según el dibujo del producto la característica clave de control para finalmente en la sección 10, describir como se está controlando esa característica.

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

Número de Parte: 1 Fecha: 3
 Revisión: 0
 Página: 0

Preparado por: 2

Descripción de la parte: 2

OPERACIÓN	PROCESO MOVIMIENTO ALMACEN INSPECCIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	ITEM #	CARACTERÍSTICA CLAVE DEL PRODUCTO	ITEM #	CARÁCTERÍSTICA CLAVE DE CONTROL
4	● ▼ ▲ ■	6	7	8	9	10
	5					

Figura 2.17 Formato para el diagrama de flujo del proceso

Se propone que para la construcción de hojas de proceso, sea utilizado el formato expuesto en la figura 2.18.

De la figura 2.18, la sección 1, son datos propios del número de parte, número de operación y descripción de la operación.

La sección 2, incluye datos de la máquina en donde se lleva a cabo la operación para la cual fue realizada la hoja de proceso.

En la sección 3, se debe incluir la clasificación de los herramientas así como el número de detalle del herramental para tal o cual producto. Una breve descripción del herramental, puede ser herramienta de mano o herramienta diseñada para la operación.

En la sección 4, debe incluirse los parámetros de la operación, tales como presiones de funcionamiento, temperaturas, etc., así como las frecuencias de inspección, visual al 100%, cada hora, tipo de calibrador, laboratorio de liberación, etc.

En la sección 5, se recomienda incluir un pequeño esquema que describa la operación, puede hacerse uso de dibujos o incluso fotografías, que ayuden al operador a realizar la operación estandarizada.

LOGO DE LA EMPRESA		INGENIERÍA DE MANUFACTURA DISPOSITIVOS, HERRAMIENTALES Y CALIBRADORES					
No. de Parte	Rev	Nombre de la parte	1	Modelo			
Descripción de operación		Nº de operación					
No. de Máquina	Marca	2	Tipo	Referencia	DUREZA MATERIAL:		
C	DHC	Cant.	NUMERO	DEY	DESCRIPCIÓN	REF	CÓDIGO
			3				
PARÁMETROS DE CONTROL Y FRECUENCIAS DE INSPECCIÓN							
4							
5							
REV	CAMBIO	REVISO	ING. MANUFACTURA	FECHA			

Figura 2.18 Hoja de proceso

Las ayudas visuales y estandarización de empaque, pueden ser descritos en el formato mostrado en la figura 2.19

Logo de la Empresa		AYUDA VISUAL		FECHA ELAB.	ELABORADO
LINEA :		1		ULT. REV.	AUTORIZADO
ING. DE MANUFACTURA:			APLICA A:		
NOMBRE Y No. OPERACION:			MAQUINA:		
Anexar fotografía y o diagrama del proceso / operación			Descripción del proceso / operación		
2			3		

Figura 2.19 Ayuda visual y estandarización de empaque

De la figura 2.19, la sección 1, corresponde a datos del proceso, fecha de elaboración, nombre de quien lo elaboró, quien autorizó y el número de revisión.

En la sección 2, puede incluirse fotografías que ayuden al operador a realizar los pasos de la operación de una forma estandarizada. Finalmente, en la sección 3 puede incluirse una pequeña explicación del proceso o de la operación.

2.2.12 Métodos de Mejora del Proceso

Toda metodología debe de proponer un método de "mejora continua" para ofrecer un mejor producto a los clientes y no quedar fuera del mercado. Al implementar un método de mejora continua se garantiza que se estará mejorando constantemente, esto es, que después de plantear una mejora y al mismo tiempo generar un nuevo producto, se tiene que implementar un método que verifique que realmente se este llevando acabo dicha mejora y que funcione conforme a lo esperado y que al mismo tiempo este método encuentre nuevos problemas en el proceso y de esta forma proponer futuras mejoras. Para esto hay que:

- Estandarizar y documentar los métodos.
- Establecer la supervisión del proceso en curso.
- Evaluar los resultados.
- Resumen de lo aprendido y los planes futuros.

La herramienta que cubre estos requerimientos son las "gráficas de control" que propone Seis Sigma dentro de su metodología. Una gráfica de control es una herramienta estadística que detecta la variabilidad de un proceso a través del tiempo.

Las gráficas de control deben de proporcionar una visión clara del proceso hora tras hora y día tras día para que en cualquier momento se pueda tomar una acción correctiva.

Objetivos de las gráficas de control:

1. Establecer, cambiar especificaciones o determinar si un proceso dado puede cumplirlas.
2. Establecer o cambiar los procedimientos de producción. Esto puede ser: eliminar las causas que originan la variación o cambios en los métodos de

producción si es que se considera que con los existentes no se pueden cumplir con las especificaciones.

3. Establecer o cambiar procedimientos de inspección y aceptación o ambos. Es decir, proporciona una base para tomar decisiones sobre el proceso como: cuando dejar al proceso solo, cuando investigar las causas de variación o cuando tomar una acción para permitir eliminar cualquier causa asignable de variación, además de que permite actuar para mantener dentro de control el proceso o permite eliminar la dispersión del proceso.
4. Proporcionan una base de decisiones sistemáticas sobre: aceptar o rechazar un producto, reducir costos de inspección y producción, contribuir a familiarizar al personal con el uso de gráficas y a adquirir un compromiso que favorezca la calidad del producto.

Partes que conforman una gráfica de control:

Las gráficas de control están compuestas por un eje horizontal y un eje vertical, límite de control superior (LCS), límite central (LC), límite control inferior (LCI) y la línea de datos.

Los límites de control se establecen con el propósito de obtener un juicio respecto al comportamiento del proceso, esto es, determinar si es estable o no. Cualquier punto que se encuentre fuera de los límites se considera como fuera de control.

Tipos de gráficas de control

El tipo de gráfica depende directamente de la variable a observar y del proceso a controlar, es decir, si el proceso depende de una variable o un atributo. Las gráficas de control más frecuentemente utilizadas son las siguientes:

1. Gráficas de control por variables:

- a. Gráfica \bar{X} -R. Sirve para el control y análisis de la media de una característica y su dispersión se expresa mediante el rango.
- b. Gráfica \bar{X} - σ . Sirve para el control y análisis de la media de una característica, su dispersión se expresa mediante la desviación estándar.

2. Gráficas de control por atributos:

- a. Gráfica P. Sirve para controlar y analizar la fracción de unidades defectuosas de muestras de tamaño variable.
- b. Gráfica nP. Sirve para controlar y analizar la fracción de unidades defectuosas de muestras de tamaño constante.
- c. Gráfica c. Sirve para controlar y analizar el número de defectos por unidad en muestras de tamaño constante.

1.a). Gráfica de control " \bar{X} - R"

Se emplea para mostrar al mismo tiempo los cambios en el valor medio y la dispersión del proceso, lo que la convierte en una herramienta efectiva para revisar diariamente anomalías en un proceso. Además de que indica los cambios de manera dinámica.

Elaboración de la gráfica

1. Se deben de reunir los datos. Habitualmente se toman 100 muestras, divididas en subgrupos (normalmente 4 ó 5) cumpliendo con las siguientes condiciones:

Los datos obtenidos bajo las mismas condiciones técnicas deben formar un subgrupo, que es una agrupación ordenada de datos tomados de una

máquina, línea de proceso, control de servicios, etc. cada determinado periodo de tiempo, no debe incluir datos provenientes de lotes diferentes, ni de distinta naturaleza.

La cantidad de muestras de un subgrupo determina su tamaño y se denota con la letra n. La cantidad de subgrupos se denota con la letra k.

2. Calcular \bar{X} y R para cada subgrupo, donde R es el rango ($X_{\text{máx}} - X_{\text{mín}}$).
3. Obtener el gran promedio \bar{X} (promedio de promedios) y el rango R' .
4. Se calculan los límites de control empleando las siguientes fórmulas:

Gráfica \bar{X}

Línea central
Límite de control superior
Límite de control inferior

$$\begin{aligned} LC &= \bar{X} \\ LCS &= \bar{X} + A2 R' \\ LCI &= \bar{X} - A2 R' \end{aligned}$$

Gráfica R

Línea central
Límite de control superior
Límite de control inferior

$$\begin{aligned} LC &= R \\ LCS &= D4 R' \\ LCI &= D3 R' \end{aligned}$$

Los valores de los coeficientes A2, D3 y D4 dependen del tamaño de la muestra "n". Sus valores se muestran en la tabla 2.3

Tamaño de subgrupos	A2	D3	D4
2	1.88	0	3.268
3	1.023	0	2.574
4	0.729	0	2.282
5	0.577	0	2.114
6	0.483	0	2.004
7	0.419	0.076	1.924
8	0.373	0.136	1.864
9	0.337	0.184	1.816
10	0.308	0.223	1.777

Tabla 2.3 Valores de A2, D3 y D4

5. Trazar la gráfica de control $\bar{X} - R$. El trazo de la línea central debe ser continuo y el de los límites de control punteado.

1.b). Gráfica de control "X- σ "

Las Gráficas de control de medias y desviación estándar se recomiendan utilizar cuando:

1. El tamaño de muestra es moderadamente grande $n > 10$ ó 12 (donde el rango pierde eficiencia por no tomar en cuenta valores intermedios).
2. El tamaño de muestra es variable.

Su construcción es similar a la gráfica de medias – rangos, excepto que en lugar de rango en cada subgrupo se calcula la desviación estándar (σ).

2.a). Gráfica de control "P"

La fracción de unidades defectuosas (P) es la relación entre el número de artículos defectuosos encontrados en una inspección o en una serie de inspecciones y la cantidad de artículos inspeccionados. Consiste en clasificar un artículo como aceptado o rechazado y se utiliza cuando la muestra de datos tomada no es constante y se presenta como porcentaje. Se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se recomienda tener clasificados los defectos.
- Este conjunto de artículos defectuosos se expresa como fracción decimal para el cálculo real de los límites de control.
- La fracción, sin embargo, se convierte a porcentaje cuando se transcribe a la gráfica.
- Las muestras que se utilizan para evaluar esta gráfica pueden ser variables.
- Mientras mayor sea la muestra y el número de artículos defectuosos permanezca constante, mayor será la calidad.
- Si la muestra permanece constante y el número de defectuoso disminuye, también la calidad mejora.

2.b). Gráfica de control "nP"

Esta gráfica es el instrumento estadístico que se usa para graficar las piezas defectuosas encontradas al inspeccionar tamaños de muestra constante. Es necesario establecer la frecuencia, se recomienda en lapsos cortos y las muestras deben ser lo suficientemente grandes, para encontrar piezas defectuosas en cada subgrupo. Por experiencia se recomienda que los tamaños sean de 50 unidades.

Este tipo de gráficas se utilizan para:

- Obtener las causas que contribuyen al proceso.
- Obtener el diseño histórico de una o varias características de una operación.
- Investigar el curso o tendencia de un defecto o un grupo de defectos.
- Detectar causas especiales, lo que no se puede con la X-R.

2.c). Gráfica de control "c"

Esta gráfica representa el número de defectos por unidad de muestra (puede ser uno o varios artículos), en este caso la "n" representa una muestra constante. Se emplea cuando se desea cuantificar el número de defectos por unidad de muestreo.

Al igual que en la gráfica "np". Aquí también graficamos el número de unidades defectuosas.

El uso de estas gráficas puede ser para:

- Reducir el costo relativo al proceso.

- Informar a los supervisores de producción y la administración a nivel de calidad.
- Determinar que tipos de defectos no son permisibles en un producto.
- Informar la probabilidad de ocurrencia de los defectos en una unidad.

2.2.13 Implementación y Liberación del Producto

La implementación y la liberación del producto es el último paso de la metodología propuesta. Es finalmente cuando el cliente acepta que el nuevo producto ha sido desarrollado, rediseñado y procesado dentro de sus expectativas y cumple con sus exigencias y objetivos.

Para generar un registro de que el cliente está satisfecho con el trabajo realizado por el equipo y que este a su vez cumple con lo establecido por el cliente, en la figura 2.20 se propone el formato denominado "Garantía de Aprobación de la Parte", en donde el cliente y el representante del equipo autorizan a que la parte sea liberada para su producción y que el equipo está autorizado para producir esta parte.

Se observa que el formato se encuentra dividido en secciones:

La sección 1 contiene los datos de identificación del producto, tales como nombre, número de parte, nivel de ingeniería, fechas de cambio de ingeniería.

La sección 2 contiene el nombre y dirección del cliente.

La sección 3 indica que tipo de aprobación se está realizando, se refiere a material del producto, apariencia o dimensión.

La sección 4 indica la razón por la cual se está llevando a cabo la aprobación del producto.

La sección 5 indica que tipo de nivel de aprobación se está llevando a cabo, dependiendo de los requisitos del cliente.

En la sección 6 se encuentra el resultado de la aprobación.

En la sección 7 el proveedor se compromete y declara que lo que está aprobando cumple completamente con los requisitos del cliente.

Y para finalizar, la sección 8 está reservada para el cliente, en donde aprueba o rechaza la garantía presentada por el proveedor.

GARANTÍA DE APROBACIÓN DE LA PARTE

Nombre de la Parte _____ Número de la parte _____

Seguridad o Regulaciones Gubernamentales Sí No Nivel de cambio de ingeniería en dibujo _____ Fecha _____

Cambios adicionales de ingeniería _____ **1** Fecha _____

Número mostrado en el dibujo _____ Orden de Compra _____ Peso de la parte _____

Cambio de ingeniería final _____ Fecha _____

Información del cliente _____ Información de aprobación _____

Nombre del cliente _____ Dimensional Material-Funcional Aprobación **3**

Dirección del cliente _____ Nombre del proveedor/Cliente _____

Nombre del contacto _____

Nota: Esta parte contiene alguna sustancia restringida o reportable Sí NO

Las partes plásticas están identificadas de acuerdo a códigos ISO Sí NO

Razón de la aprobación **4**

<input type="checkbox"/> Aprobación inicial	<input type="checkbox"/> Cambio opcional en la fabricación o material
<input type="checkbox"/> Cambios de ingeniería	<input type="checkbox"/> Sub-proveedor o cambio de suministro de material
<input type="checkbox"/> Herramientales Transferencia Reemplazo, Restauración u otros	<input type="checkbox"/> Cambio en el proceso de la parte
<input type="checkbox"/> Corrección de discrepancia	<input type="checkbox"/> Parte producidas en locaciones adicionales
<input type="checkbox"/> Inactividad de herramienta > 1 año	<input type="checkbox"/> Otras - especificadas

Nivel de aprobación requerida **5**

Nivel 1 - Garantía solo (y por puntos de apariencia). Un repóste de aprobación de apariencia requerida por el cliente

Nivel 2 - Garantía con muestras del producto y datos limitados de soporte requeridos por el cliente

Nivel 3 - Garantía con muestras del producto y datos completos de soporte por el cliente

Nivel 4 - Garantía y otros requerimientos definidos por el cliente

Nivel 5 - Garantía con muestras del producto y datos completos de soporte revisados por los proveedores de manufactura

Resultados de la aprobación **6**

Los resultados de los medidas dimensionales material y pruebas funcionales criterios de aceptación procesos estadísticos y empaque

Estos resultados cumplen con las especificaciones requeridas de dibujo Sí NO

Molde / Cantidad / Proceso de producción _____

Declaración

Por esta media afirmo que las muestras representadas por esta garantía son representativas de nuestras partes que han sido producidas para los requerimientos del proceso de aprobación de partes. Y no ha notado ninguna desviación de esta declaración.

Explicación / Comentarios **7**

Nombre _____ Título _____ # Tel. _____ # Fax _____

8 SOLO PARA USARSE POR EL CLIENTE (SI APLICA)

Disposición de la garantía de parte Aceptada Rechazada Ours

Aprobación de la parte funcional Aprobada Rechazada

Nombre del cliente _____ Firma del cliente _____ Fecha _____

Figura 2.20 Garantía de aprobación de la parte

2.3 Diagrama de Flujo de Propuesta Metodológica

En la figura 2.21 se presenta el diagrama de flujo de la propuesta metodológica obtenida a partir del estudio de las metodologías descritas anteriormente ó metodologías base como podrían ser nombradas; en este diagrama de flujo puede observarse el conjunto de datos y de conclusiones en forma gráfica dispuestas de tal manera que cada paso o bloque es respaldado por alguna parte de las metodologías base. De esta forma se tiene una gran variedad de herramientas para sustentar esta propuesta metodológica.

La propuesta metodológica se compone de 13 pasos basados en un marco de trabajo general de APQP (Advanced Planning Quality Product); debido a que esta metodología define las acciones necesarias para asegurar que un producto satisfaga las necesidades del cliente y también es un programa que involucra a todo el equipo en la satisfacción del cliente e incluye a todos los sistemas, subsistemas y sitios de manufactura de componentes que se hayan definido para lograr la satisfacción de los clientes, otro punto a mencionar es que se enfoca en facilitar la comunicación entre todas las personas y actividades involucradas en un programa para asegurar que todos los pasos requeridos sean completados en tiempo, con un alto desempeño de calidad, así como también un costo aceptable. Esta propuesta metodológica no propone un marco rígido en su aplicación.

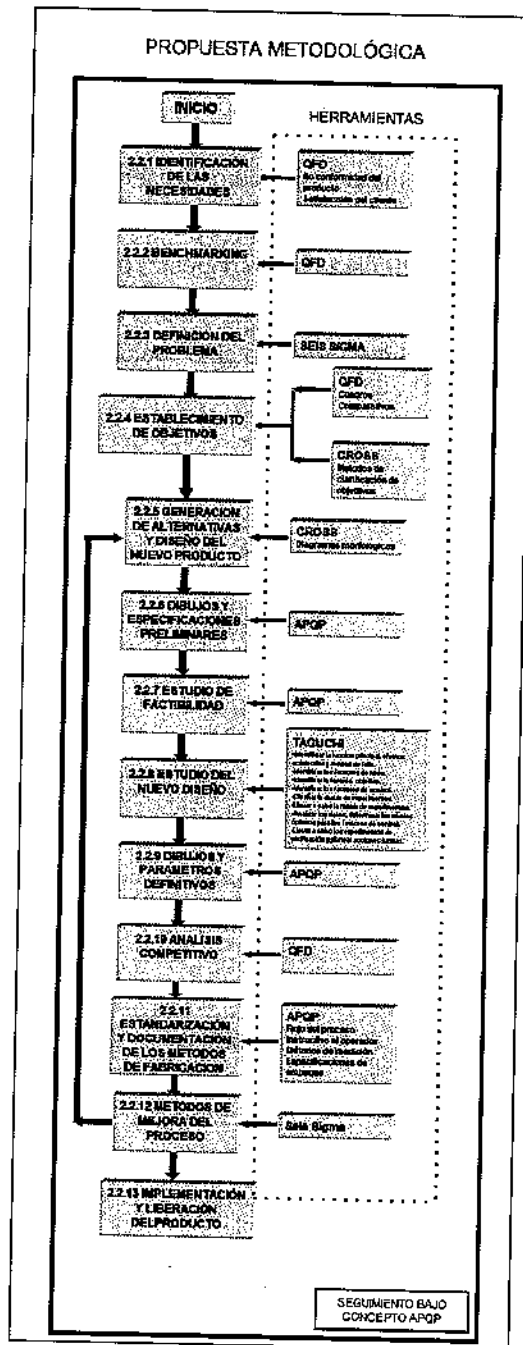


Figura 2.21 Diagrama de flujo de metodología propuesta

Si bien es cierto que ciertos puntos de la metodología del APQP se encuentran presente dentro de esta propuesta, no se debe perder de vista que la programación con fechas de cumplimiento, responsables de cada actividad, así como el estatus verde-amarillo-rojo para presentar los avances, esto es, la administración de proyectos para desarrollar nuevos productos; representa la mayor aportación del APQP para esta propuesta; por lo que se ha desarrollado el formato que se muestra en la figura 2.22, el cual debe ser usado para presentar el reporte de avance de un nuevo proyecto ante cualquier cliente.

PROPUESTA METODOLÓGICA Reporte de Estatus					Fecha: Revisión No.:				
Cliente/usuario Locación Código de Proveedor Tipo de diseño Nuevo <input type="checkbox"/> Servicio <input type="checkbox"/> Rediseño <input type="checkbox"/> Producto <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>		Programa Año Lanzamiento Nombre de Parte Número de Parte Nivel de noticia Clientes finales							
Miembros del equipo		Compañía/Título		Teléfono/Fax					
Nivel de construcción	Material Fecha Requerida	Cantidad	Características		Capacidad de muestras ₁	Capacidad de producción ₂			
			No. SCS	No. CCS					
Elementos de la Propuesta Metodológica			VAR Estatus	Porcentaje Compli- mento	Fecha Programada	Fecha Requerida	Fecha Cero	Iniciado Responsable	Observaciones Asistencia requerida
1) Identificación de las necesidades									
2) Benchmarking									
3) Definición del problema									
4) Establecimiento de objetivos									
5) Generación de alternativas y diseño del nuevo producto									
6) Dibujos y especificaciones preliminares									
7) Estudio de factibilidad									
8) Estudio del nuevo diseño									
9) Dibujos y parámetros definitivos									
10) Análisis competitivo									
11) Estandarización y documentación de los métodos de fabricación									
12) Métodos de mejora del proceso									
13) Implementación									
14) Liberación del producto									
COMENTARIOS									
ACCIONES CORRECTIVAS/PLAN DE SOLUCION									

- A Verde: Actividad terminada
- A Amarillo: Actividad en ejecución
- A Rojo: Actividad crítica

Figura 2.22 Formato de Administración de Proyectos basado en APQP

CAPÍTULO 3

Caso Práctico.

Aplicación de la metodología a un nuevo producto

3.1 Introducción

En este capítulo se aplicará la metodología propuesta en el capítulo 2, utilizando como caso real el actual proceso de manufactura de una flecha cardán.

Al aplicar la metodología propuesta, se busca la mejora en cada parte del proceso de fabricación de la flecha cardán y así obtener una mejora en todos sus aspectos.

A continuación se presentan algunos aspectos importantes de una flecha cardán.

Un automóvil se desplaza o genera movimiento gracias al denominado árbol de mando, en un automóvil de tracción trasera con motor delantero, se requiere un sistema llamado flecha cardán, como el mostrado en la figura 3.1. Este sistema se compone de un tubo de acero y yugos bola que alojan a las crucetas cardán, como se muestra en la figura 3.1a.

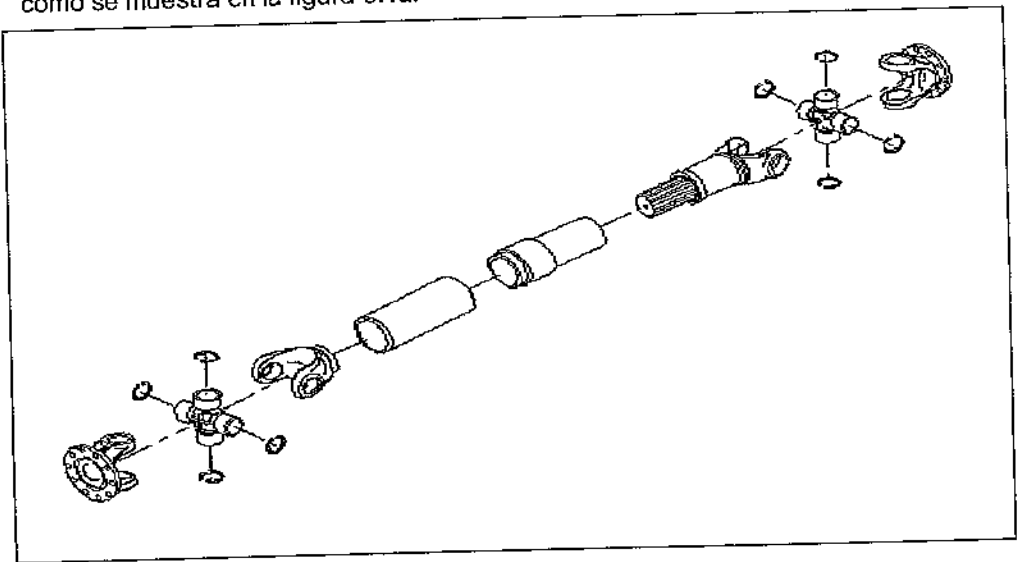


Figura 3.1 Representación explosiva de una flecha cardán

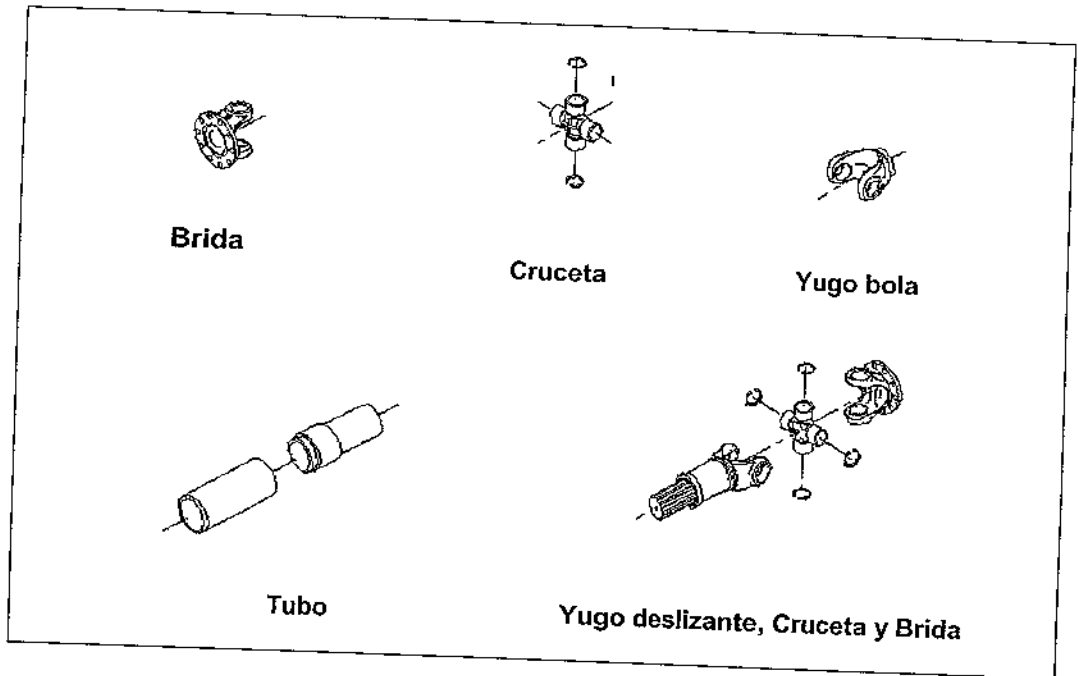


Figura 3.1a Componentes de una flecha cardán.

Una flecha cardán es un elemento mecánico que transmite la potencia del motor a un eje diferencial. Permite la transmisión del movimiento de rotación de un eje a otro que forma con él un ángulo variable y consiste en una cruceta fija formada por dos partes de espigas que actúan en los cojinetes terminales de dos yugos bola, cada una de los cuales está unido a uno de los dos tramos de ejes que se articulan. La flecha cardán mostrada en la figura 3.2 tiene la ventaja de ser deslizante y cambiar de ángulo de operación según se requiera.

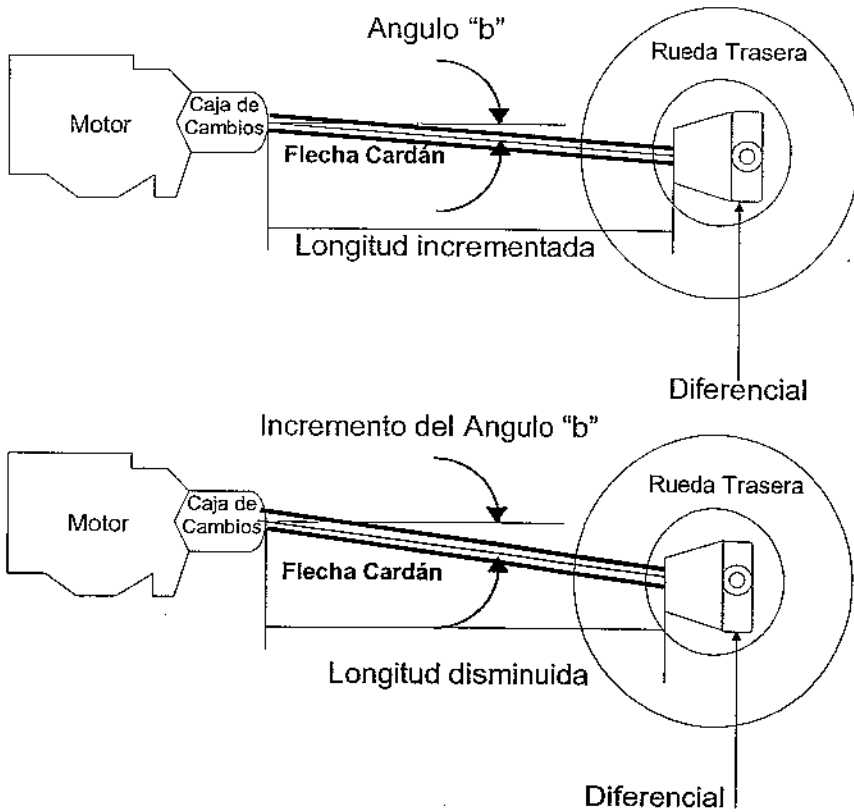
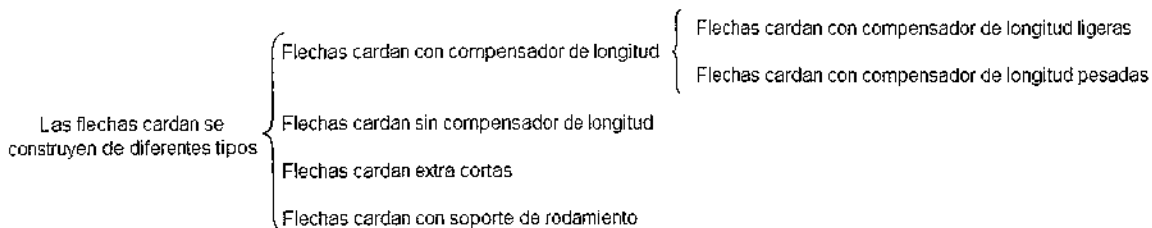


Figura 3.2 Variación del ángulo y longitud de la flecha cardán con respecto al desplazamiento vertical del eje diferencial y las ruedas.

En la práctica se tiene la siguiente clasificación de flechas cardán :



• Tipos de flechas cardán

También se les clasifica en 3 grandes series (según DANA) por el tipo de servicio del vehículo en que se aplican, estas series se muestran en la tabla 3.1.

CLASIFICACION DE LAS FLECHAS CARDAN POR EL TIPO DE SERVICIO SEGÚN DANA

SERIE	TIPO DE SERVICIO DEL VEHICULO
Serie 1000-1410	Sevicio ligero (Light duty)
Serie 1480-1610 y SPL 55-100	Sevicio medio (Medium duty)
Serie 1710-1880 y SPL 140-350	Sevicio pesado (Heavy duty)

Tabla 3.1 Clasificación de las flechas cardán por su tipo de servicio.

Los tipos SPL (Spicer Life Series) son flechas cardán con capacidades innovadoras que combinan la dureza y desempeño con necesidades mínimas de mantenimiento, ofrecen costos más bajos en el ciclo de vida del producto y una larga vida, se ofrecen con dispositivos opcionales denominados "Juntas Spicer Life XL", estos dispositivos extienden los periodos de lubricación y ofrecen mayor durabilidad, disminución de los ciclos de mantenimiento, diámetro menor de rotación, menor masa giratoria, menores niveles de ruido y vibración.

Otra clasificación de las flechas cardán se refiere al material con que son fabricadas.



- Aplicaciones de las flechas Cardán



Las aplicaciones de flechas cardán son las siguientes:

- Parámetros importantes a considerar en una flecha cardán.

A continuación se presentan los parámetros y características más importantes de las flechas cardán en su diseño y funcionamiento.

1) Angulo de flexión y duración:

La característica que identifica a una flecha cardán es su capacidad de transmitir movimientos rotatorios con un ángulo de flexión "b" constante o variable durante el funcionamiento. Fundamentalmente se debe tener un ángulo de flexión de operación mínimo posible, ya que la duración de las articulaciones se puede reducir a la mitad al sobrepasar los 5° de flexión.

2) Cinemática

Una flecha cardán sirve para conectar un conjunto fijo con otro que tiene un movimiento oscilante. La flecha cardán puede trabajar a torsión y flexión.

Las flechas cardán están sometidas a vibraciones torsionales debidas al acoplamiento del motor con la caja de cambios en el embrague, o en la misma caja de cambios, para anularlas se debe diseñar la flecha cardán con alta rigidez a la torsión.

- Sección de la flecha cardán.

Para transmitir el par máximo dado por la caja de cambios debe calcularse la sección de la flecha cardán tomándose en cuenta el límite elástico del material con que es fabricada y un factor de seguridad (F.S.) apropiado.

La tensión máxima cortante en cada sección circular viene dada por las ecuaciones 3.1 y 3.2.

$$\tau = M / (2 \cdot I_o / D) \quad (\text{Ec. 3.1})$$

$$I_o = (\pi / 32) \cdot (D^4 - d^4) \quad (\text{Ec. 3.2})$$

De donde:

M = Par máximo de salida de la caja de cambios (se involucra un F.S.)

I_o = Momento de Inercia polar.

D = Diámetro exterior

d = Diámetro interior

Recomendación:

La relación ideal de diámetros es 0.75

- Velocidad crítica.

Un efecto importante que debe evitarse en las flechas cardán es el pandeo, este se presenta como una consecuencia directa del desbalanceo de la masa, por pequeño que este sea.

Si se hace girar una flecha cardán de longitud determinada, el pandeo aumenta lentamente con la velocidad de giro, hasta alcanzar un determinado valor (velocidad crítica), la amplitud aumenta de forma rápida y de mantenerse puede provocar la ruptura de la misma.

Es importante calcular la velocidad crítica para evitar que ésta se alcance en un vehículo, por las siguientes dos razones, la primera por la potencia natural del motor y la segunda puede darse cuando un vehículo desciende una pendiente. La velocidad crítica se calcula con la ecuación 3.3.

$$V_c = (30 / \pi) \cdot \sqrt{g / \varnothing} \text{ [rpm]} \quad (\text{Ec. 3.3})$$

De donde:

V_c = Velocidad crítica [rpm]

\varnothing = Diámetro de la flecha.

g = Aceleración de la gravedad [m / s²]

Se recomienda que:

$$V < V_p < V_c$$

De donde:

V_c = Velocidad crítica teórica

V_p = Velocidad crítica práctica

V_C = Velocidad máxima de rotación de la flecha

Cuando se obtiene que la velocidad crítica es inferior a las máximas de rotación calculadas, ésta se puede modificar para aumentarla incrementando los diámetros "D" y "d" o dividiendo la longitud de la flecha en dos piezas, con soportes intermedios, a esto se le llama tren de flechas cardán.

La característica principal de una flecha cardán es que deberá estar siempre balanceada dinámicamente.

3.2 Aplicación de la metodología a un nuevo producto (flecha cardán)

En esta sección se lleva a cabo la aplicación de la propuesta metodológica y se realiza el llenado de formatos correspondientes propuestos en el capítulo 2.

3.2.1 Identificación de las necesidades

Para poder realizar esta fase, primero se lleva a cabo un sondeo al personal involucrado en el proceso de manufactura por medio de encuestas, llenando el formato de la figura 2.5, se obtiene la figura 3.3.

ENCUESTA INTERNA PARA IDENTIFICAR LAS NECESIDADES DEL PROCESO	
¿Qué función desempeña dentro del proceso de la Flecha Cardán?	Enderezo la flecha
¿Tiene problemas con la materia prima? Si es afirmativo, explique:	El tubo es un problema porque se marca muy fácil, como que está más duro de un lado que de otro y no le puedes pisar con confianza
¿Tiene problemas con el equipo? Si es afirmativo, explique:	No
¿Tiene alguna queja con respecto al proceso? Si es afirmativo, explique	Siempre con el tubo coreano lo deberían de quitar
Con respecto a la función que realiza: ¿Qué modificaría para mejorar al Proceso?	Quitaria el tubo coreano

Figura 3.3 Encuesta interna.

Las encuestas realizadas se incluyen en el apéndice B.

Otra fuente de información para llevar a cabo la identificación de las necesidades, es que algunas empresas cuentan con resultados de evaluaciones que les son aplicadas por sus clientes y que pueden ser consultadas a través de internet. A continuación se muestran ejemplos de algunas evaluaciones.

En la tabla 3.2, se incluye la evaluación aplicada por parte de DaimierChrysler. En la sección de material no conforme, se observa que en el mes de Julio se obtuvo una calificación del 2% con 2463 PPM (Partes por Millón) reportadas por el cliente. El problema de esta calificación tan baja, es resultado de haber enviado una flecha cardán con un componente equivocado, lo que provocó que la flecha no podía ser ensamblada en la línea de producción del cliente. En la actualidad, las exigencias de los clientes son tan altas que una sola pieza en todo el año causa calificaciones del 2%.

DaimlerChrysler Global Procurement & Supply Information System		Global Procurement & Supply Information System															
2004 Calificaciones		2004 Calificaciones															
Fecha: Feb 28, 2005																	
Proveedores del Negocio: XXXXXXXX																	
Fracción: XXXXXXXX																	
Calidad	Estado Ideal	Mesa / Peso	Valor %FFR	Jan	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual %FFR	Anual %SIFFR
100 (%)	0	35%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	61%	100%	100%	100%	100%	100%	78%	
Advanced Quality Planning (%)	100	25%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%		
Acciones Correctivas (Evaluación)	100	20%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%		
Atención no conforme - Prod (ppm)	0	20%	100%	0	0	0	0	0	0	2,483	0	0	0	0	0		
ampulinas colmenedoras	0	0%	0%	0	0	0	0	0	0	2%	0%	0%	0%	0%	0%		
Sistema de Costo	0	50%	60%	38%	38%	33%	38%	35%	38%	39%	38%	33%	30%	27%	26%		
		60%															

Ejemplo de exigencias de los clientes
Solo una flecha con un componente equivocado, provoca una muy mala calificación por parte del cliente

Tabla 3.2 Calificación ante DaimlerChrysler
Propuesta Metodológica para el Desarrollo de Nuevos Productos

A continuación en la tabla 3.3 se presenta la evaluación que realiza el cliente de Ford hacia los proveedores. Se observa que el mes de mayo se presentó un solo problema con el cliente, perjudicando la calificación obtenida. Los clientes buscan cero defectos en sus proveedores, ya que las exigencias de los mercados están demandando este requerimiento.

[Redacted Box]

Resumen de evaluación de desempeño

FORD CONFIDENCIAL

HISTORIA DE DESEMPEÑO

Datos obtenidos y actualizados al 1 de Febrero 2005

INFORMACION DEL COMPRADOR E HISTORIA DE LOS PRODUCTOS SURTIR EN LOS ULTIMOS 13 MESES A Enero

PPM	Ene 2004	Feb 2004	Mar 2004	Abr 2004	May 2004	Jun 2004	Jul 2004	Ago 2004	Sep 2004	Oct 2004	Nov 2004	Dic 2004	Ene 2005
Produccion	0	0	0	0	670	0	0	0	0	0	0	0	0
Total PPM:	0	0	0	0	670	0	0	0	0	0	0	0	0
Partes Recibidas(mi peas):	1	1	2	1	1	2	0	1	1	2	2	1	2
Total Rechazadas:	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	12 Meses PPM: 48												
	6 Meses PPM: 0						3 Meses PPM: 0						

Incidencias de calidad 12 Meses: 1 6 Meses: 0 12 Meses Cargos: \$791

PPM	Ene 2004	Feb 2004	Mar 2004	Abr 2004	May 2004	Jun 2004	Jul 2004	Ago 2004	Sep 2004	Oct 2004	Nov 2004	Dic 2004	Ene 2005
Serviceio	*	*	*	*	0	*	0	0	*	0	0	0	0
Total PPM:	*	*	*	*	0	*	0	0	*	0	0	0	0
Partes Recibidas (mil pzas):	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Rechazadas:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12 Meses PPM: 0						6 Meses PPM: 0			3 Meses PPM: 0			

Tabla 3.3 Evaluación por parte de FORD

Una fuente más para la identificación de necesidades son los indicadores generados por las empresas. De la figura 3.4 a la figura 3.9 se incluyen algunos de ellos. En la figura 3.4 se muestran las PPM que se obtuvieron a través del año indicado.

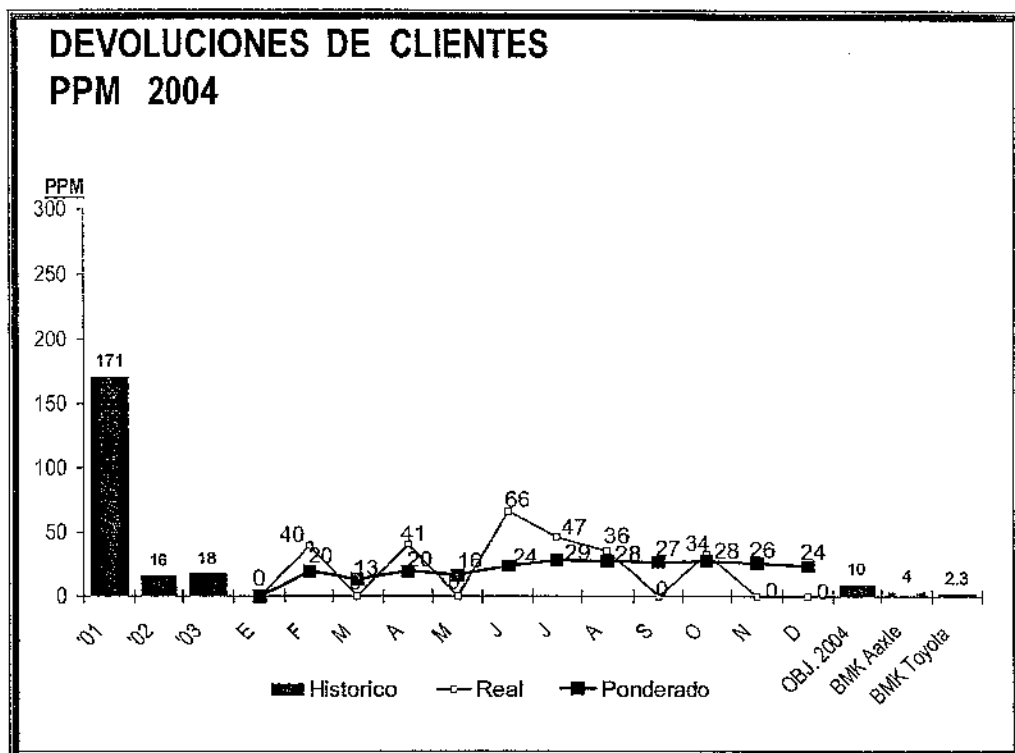


Figura 3.4 Devoluciones de clientes

Del lado izquierdo de la gráfica se muestran las PPM obtenidas del año 2001 al 2003. En la zona central se muestran las PPM obtenidas en cada uno de los meses del año 2004. Del lado derecho se muestra el objetivo en PPM planteado para el cierre del 2004, así como dos datos del benchmarking de la competencia.

Se concluye que el objetivo del 2004 se encuentra muy cerca de la competencia, pero no pudo ser alcanzado por la cantidad de PPM obtenidas a lo largo del año.

En las dos siguientes figuras 3.5 y 3.6, se incluye la explicación de los problemas que se tuvieron en los 12 meses del año 2004

Detalle de problemas 2004					
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
No hubo reclamos	DC (MB Mty.) 252574-42,67 1 pza. Falta de cuerda en oreja de yugo final	Se cancelan ppm's	DC (MB Mty.) 252574-42,67 1 pza. Falta de cuerda en oreja de yugo final (Reincidencia)	No hubo reclamos	DC (MB Mty.) 252631-49,14" 1 pza. Falta de cuerda en oreja de yugo final GM Sifao 921092-63,78 1 pza mal identificada

Figura 3.5 Detalle de problemas del mes Enero-Junio

Detalle de problemas					
2004					
Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
DC Saffilo 253405-1 1 pza yugo brida equivocado	Intemational 0902633006-47.00 1 pza estríado yugo deslizante con rebaba	No hubo reclamos	DC Saffilo 1 pza rebaba en tubo	No hubo reclamos	No hubo reclamos

Figura 3.6 Detalle de problemas del mes Julio-Diciembre

En la figura 3.7 se muestra el diagrama de Pareto por defectos, que indica cual ha sido el defecto que más se repitió a lo largo del año.

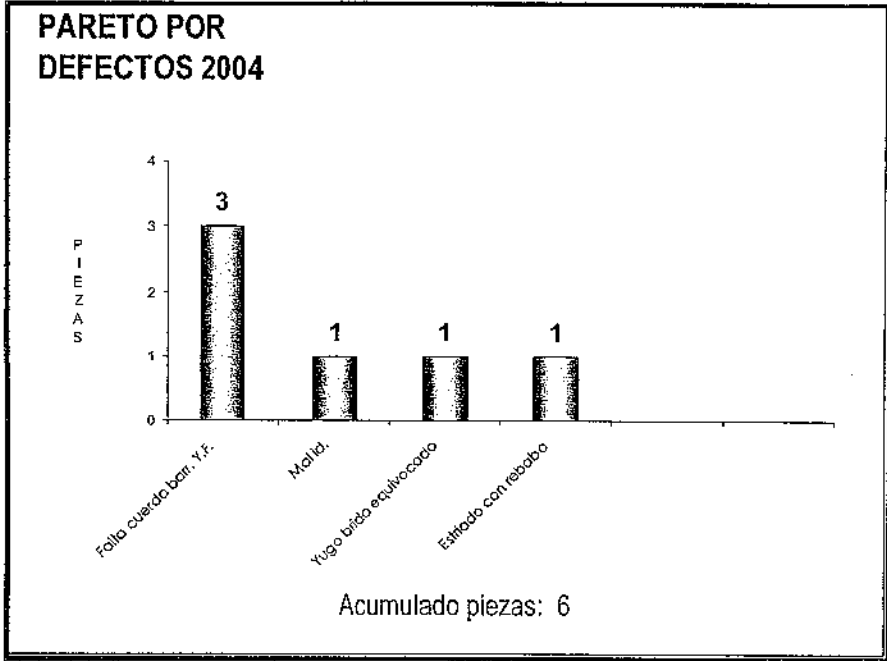


Figura 3.7 Diagrama Pareto por defecto

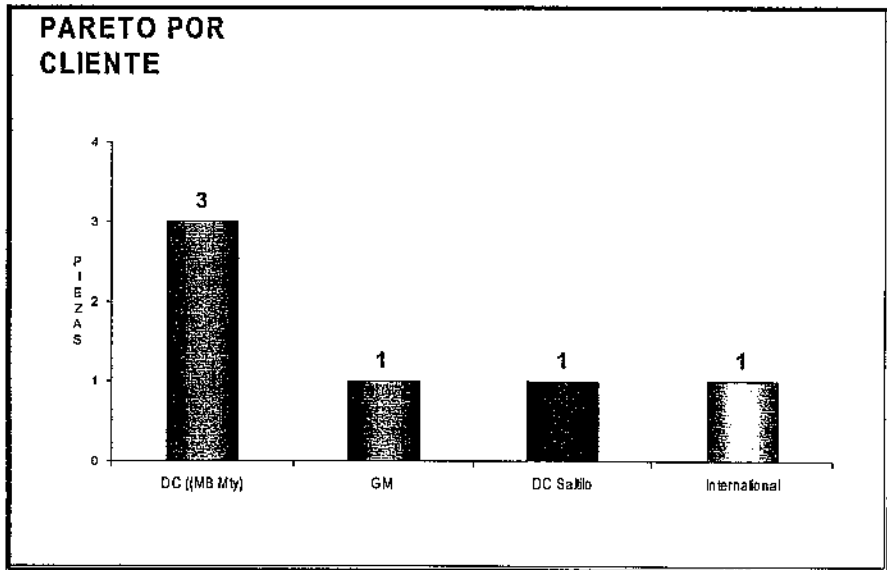


Figura 3.8 Pareto por clientes

En la figura 3.8 se muestra que de todos los defectos que se han tenido en todo el año, el cliente que ha sido más afectado, en este caso es DC(MBMty).

En resumen, las necesidades identificadas por medio de las encuestas realizadas al personal involucrado en el proceso y las evaluaciones aplicadas por parte de los clientes, se enlistan en la en la figura 3.9.

Lista de Necesidades del Proceso
1 - La forja del yugo bola está cerrada del span interno
2 - La lámina con la que se hace el tubo está muy suave
3.- El tubo se encuentra ovalado
4.- Las flechas tienen muchos contrapesos
5.- El tubo es muy suave y no se puede enderezar fácilmente
6 - Los indicadores de carátula no funcionan correctamente
7.- Las soldadoras repentinamente tienen fallas en el sistema eléctrico obteniendo altos índices de desecho
8 - El espacio entre máquinas es demasiado grande

Figura 3.9. Lista de Necesidades del Proceso

A continuación se procede a llenar el cuadro de la figura 2.5 generando la figura 3.10, en el cual se registra el caso del negocio, estableciendo la oportunidad, estableciendo la meta, el alcance del proyecto, el plan de proyecto y la selección del equipo de trabajo.

IDENTIFICACION DE NECESIDADES																									
<p>CASO DEL NEGOCIO</p> <p>¿Por qué debemos realizar este proyecto?</p> <ul style="list-style-type: none"> -Para conservar clientes actuales -Recuperar clientes perdidos -Atraer nuevos clientes -Aumentar ventas anuales <p>ESTABLECER LA META</p> <p>¿Cuáles son las mejoras, metas y objetivos a alcanzar?</p> <ul style="list-style-type: none"> -Reducir el índice de balanceo -Mejora en las calificaciones otorgadas por los clientes -Incremento en la cartera de clientes -Incrementar las ventas anuales <p>PLAN DE PROYECTO</p> <p>¿Cómo vamos a obtener que se haga esto?</p> <p>¿Cuándo vamos a acompletar el trabajo?</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px;"> <p style="font-size: small; text-align: center;">PROGRAMA DE ACTIVIDADES</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="font-size: x-small;">ACTIVIDAD</th> <th style="font-size: x-small;">DESCRIPCIÓN</th> <th style="font-size: x-small;">FECHA INICIO</th> <th style="font-size: x-small;">FECHA FIN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="font-size: x-small;">1. Definición de necesidades</td> <td style="font-size: x-small;">[...]</td> <td style="font-size: x-small;">[...]</td> <td style="font-size: x-small;">[...]</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">2. Establecimiento de metas</td> <td style="font-size: x-small;">[...]</td> <td style="font-size: x-small;">[...]</td> <td style="font-size: x-small;">[...]</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">3. Selección de equipo</td> <td style="font-size: x-small;">[...]</td> <td style="font-size: x-small;">[...]</td> <td style="font-size: x-small;">[...]</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">4. Ejecución del proyecto</td> <td style="font-size: x-small;">[...]</td> <td style="font-size: x-small;">[...]</td> <td style="font-size: x-small;">[...]</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">5. Evaluación de resultados</td> <td style="font-size: x-small;">[...]</td> <td style="font-size: x-small;">[...]</td> <td style="font-size: x-small;">[...]</td> </tr> </tbody> </table> </div>	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	FECHA INICIO	FECHA FIN	1. Definición de necesidades	[...]	[...]	[...]	2. Establecimiento de metas	[...]	[...]	[...]	3. Selección de equipo	[...]	[...]	[...]	4. Ejecución del proyecto	[...]	[...]	[...]	5. Evaluación de resultados	[...]	[...]	[...]	<p>ESTABLECER LA OPORTUNIDAD</p> <p>¿Qué esta mal y qué no esta trabajando bien?</p> <ul style="list-style-type: none"> -El actual proceso de manufactura produce altos índices de balanceo en las flechas de acero de la serie 1330 servicio ligero -Se observa variación significativa en maquinados de componentes (por ejemplo yugo bola) <p>ALCANCE DEL PROYECTO</p> <p>¿Qué procesos vamos a analizar?</p> <ul style="list-style-type: none"> -Se analizará la operación de prensado entre dos yugos bola y el tubo y como está relacionada con balanceo <p>¿Qué está fuera de nuestro alcance?</p> <ul style="list-style-type: none"> -Cualquier otra operación del proceso <p>SELECCIÓN DEL EQUIPO</p> <ul style="list-style-type: none"> Líder Facilitador Ing. Manufactura Ingeniería Finanzas
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	FECHA INICIO	FECHA FIN																						
1. Definición de necesidades	[...]	[...]	[...]																						
2. Establecimiento de metas	[...]	[...]	[...]																						
3. Selección de equipo	[...]	[...]	[...]																						
4. Ejecución del proyecto	[...]	[...]	[...]																						
5. Evaluación de resultados	[...]	[...]	[...]																						

Figura 3.10. Identificación de necesidades

Una vez establecida la meta, el plan de proyecto, el área de oportunidad, el alcance del proyecto y seleccionado el equipo de trabajo, se procede a la siguiente fase.

3.2.2 Benchmarking

El siguiente paso es realizar un estudio de benchmaking en relación a toda la gama de flechas cardan; en la figura 3.11 se muestra el cuestionario propuesto que se aplicó a clientes de flechas cardán y en la figura 3.12 se muestra un cuestionario contestado por uno de los clientes a manera de ejemplo. En el anexo C se presentan cinco de los ejemplos más representativos.

Encuesta de Satisfacción del Cliente

Cliente: _____ Fecha: _____
 Nombre: _____ Puesto: _____
 Teléfono: _____ Antigüedad en el puesto: _____
 E-mail: _____ Fax: _____

1. ¿Participa en la selección de un proveedor de flecha cardan?

Sí: ()

No: ()

Si la respuesta es negativa ¿Quién es el responsable en la selección de un proveedor de flechas cardan?

Nombre: _____ Puesto: _____
 Email: _____ Teléfono: _____

2. ¿Qué es lo que usted espera de un proveedor de servicio completo?

3. De la siguiente lista de atributos que debe ofrecer un proveedor, escoja los diez más importantes para su área y califique el grado de importancia que tienen para usted en la toma de decisiones, siendo el 10 el más importante y el 1 el menos importante sin repetir calificación. Nota: Le sobran atributos

- | | | | |
|----------------------------------------------|-----|--------------------------------------------------|-----|
| Asistencia de ventas | () | Funcionalidad y facilidad de ensamble | () |
| Asistencia técnica en el manejo del producto | () | Precio | () |
| Atención a clientes | () | Productos libres de mantenimiento | () |
| Calidad del producto | () | Servicio | () |
| Calidad en la documentación | () | Sistemas de comunicación | () |
| Cumplimiento en tiempo a APQP | () | Sistema EDI | () |
| Desarrollo de nuevos productos | () | Soporte de Ingeniería | () |
| Desviaciones de ingeniería | () | Tecnología de punta | () |
| Empaque | () | Tiempo de respuesta a requerimientos específicos | () |
| Entregas en tiempo y calidad | () | Otro: _____ | () |

4. De los siguientes conceptos que se le presentan, por favor califique el grado de satisfacción que tiene en cada uno, con respecto a los productos y servicios que le ofrecemos siendo el 10 muy satisfecho y 1 muy insatisfecho.

	Muy Satisfecho					Muy insatisfecho				
Asistencia técnica en el manejo del producto	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Atención a clientes	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Calidad del producto	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Cumplimiento en tiempo a APQP	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Funcionalidad y facilidad de ensamble	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Sistemas de comunicación	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Tiempo de respuesta a problemas	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Tiempo de respuesta a requerimientos específicos	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
¿Cómo considera en términos generales la atención que recibe de la compañía?	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

5. ¿Quiénes son sus proveedores de flechas cardan? Enumere el porcentaje de compra que le asigna a cada uno.

Proveedor	% Asignado de compra
Nuestra compañía.	()
	()
	()
	()

6. Si tiene un proveedor de flechas cardan distinto a nuestra compañía, por favor califique los siguientes conceptos de acuerdo a la satisfacción que tiene con él. Siendo el 10 muy satisfecho y 1 muy insatisfecho

Nombre del Proveedor: _____

	Muy Satisfecho					Muy insatisfecho				
Asistencia técnica en el manejo del producto	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Atención a clientes	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Calidad del producto	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Cumplimiento en tiempo a APQP	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Funcionalidad y facilidad de ensamble	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Sistemas de comunicación	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Tiempo de respuesta a problemas	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Tiempo de respuesta a requerimientos específicos	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
¿Cómo considera en términos generales la atención que recibe de la compañía?	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

7. Tiene algún comentario final que le gustaría hacer sobre nuestra compañía?

Gracias por su cooperación y tiempo

Firma: _____

Figura 3.11 Encuesta de satisfacción del cliente

Encuesta de Satisfacción del Cliente

Cliente: Mercedes Benz México Fecha: 22 / abril / 03
 Nombre: xxxxxxxxxx Puesto: Ing. Aseg. Calidad Proveedores
 Teléfono: xxxxxxxxxx Antigüedad en el puesto: _____
 E-mail: xxxxxxxxxxxxx Fax: _____

1. ¿Participa en la selección de un proveedor de flecha cardan?

Si: () No: ()

Si la respuesta es negativa ¿Quién es el responsable en la selección de un proveedor de un proveedor de flechas cardan?

Nombre: _____ Puesto: _____

Email: _____ Teléfono: _____

2. ¿Qué es lo que usted espera de un proveedor de servicio completo?

Calidad en el producto y toma de acciones correctivas con la mayor rapidez y eficacia posible.

3. De la siguiente lista de atributos que debe ofrecer un proveedor, escoja los diez más importantes para su área y califique el grado de importancia que tienen para usted en la toma de decisiones, siendo el 10 el más importante y el 1 el menos importante

Asistencia de ventas	(<input type="checkbox"/>)	Funcionalidad y facilidad de ensamble	(1)
Asistencia técnica en el manejo del producto	(3)	Precio	(<input type="checkbox"/>)
Atención a clientes	(2)	Productos libres de mantenimiento	(<input type="checkbox"/>)
Calidad del producto	(10)	Servicio	(7)
Calidad en la documentación	(8)	Sistemas de comunicación	(<input type="checkbox"/>)
Cumplimiento en tiempo a APQP	(9)	Sistema EDI	(<input type="checkbox"/>)
Desarrollo de nuevos productos	(<input type="checkbox"/>)	Soporte de ingeniería	(<input type="checkbox"/>)
Desviaciones de ingeniería	(<input type="checkbox"/>)	Tecnología de punta	(<input type="checkbox"/>)
Empaque	(4)	Tiempo de respuesta a requerimientos específicos	(6)
Entregas en tiempo y calidad	(5)	Otro: _____	(<input type="checkbox"/>)

4. De los siguientes conceptos que se le presentan, por favor califique el grado de satisfacción que tiene en cada uno, con respecto a los productos y servicios que le ofrecemos siendo el 10 muy satisfecho y 1 muy insatisfecho.

		Muy Satisfecho					Muy insatisfecho				
Asistencia técnica en el manejo del producto	10	X	8	7	6	5	4	3	2	1	
Atención a clientes	X	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Calidad del producto	X	9	8	7	6	5	4	3	2	1	

Cumplimiento en tiempo a APQP	10	9	X	7	6	5	4	3	2	1
Funcionalidad y facilidad de ensamble	X	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Sistemas de comunicación	X	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Tiempo de respuesta a problemas	X	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Tiempo de respuesta a requerimientos específicos	X	9	8	7	6	5	4	3	2	1
¿Cómo considera en términos generales la atención que recibe de la compañía?	10	X	8	7	6	5	4	3	2	1

5. ¿Quiénes son sus proveedores de flechas cardán? Enumere el porcentaje de compra que le asigna a cada uno.

Proveedor	% Asignado de compra
Nuestra compañía.	(100%)
	()
	()
	()

6. Si tiene un proveedor de flechas cardán distinto a nuestra compañía, por favor califique los siguientes conceptos de acuerdo a la satisfacción que tiene con él. Siendo el 10 muy satisfecho y 1 muy insatisfecho

Nombre del Proveedor: _____

	Muy Satisfecho					Muy insatisfecho				
Asistencia técnica en el manejo del producto	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Atención a clientes	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Calidad del producto	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Cumplimiento en tiempo a APQP	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Funcionalidad y facilidad de ensamble	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Sistemas de comunicación	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Tiempo de respuesta a problemas	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Tiempo de respuesta a requerimientos específicos	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
¿Cómo considera en términos generales la atención que recibe de la compañía?	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

7. Tiene algún comentario final que le gustaría hacer sobre nuestra compañía?

Es un proveedor confiable, que debe continuar trabajando para mantenerse en este concepto.

Gracias por su cooperación y tiempo

Firma: _____

Figura 3.12 Cuestionario llenado por uno de los clientes de flechas cardán.

Considerando la información recopilada de los cuestionarios contestados por diversos clientes, se obtuvo la gráfica mostrada en la figura 3.13 de la cual se concluye que los clientes coinciden en que no hay propuestas de nueva tecnología y que no existen mejoras en el proceso para ofrecer nuevos productos.

Considerando lo anterior como la voz del cliente, se han determinado las características técnicas con las que se desarrollará el nuevo producto. El área de oportunidad se encuentra en el proceso de ensamble en donde se busca reducir los índices de balanceo aplicando una nueva tecnología, dando pauta a la definición del problema, que se analiza en el siguiente paso de la metodología.

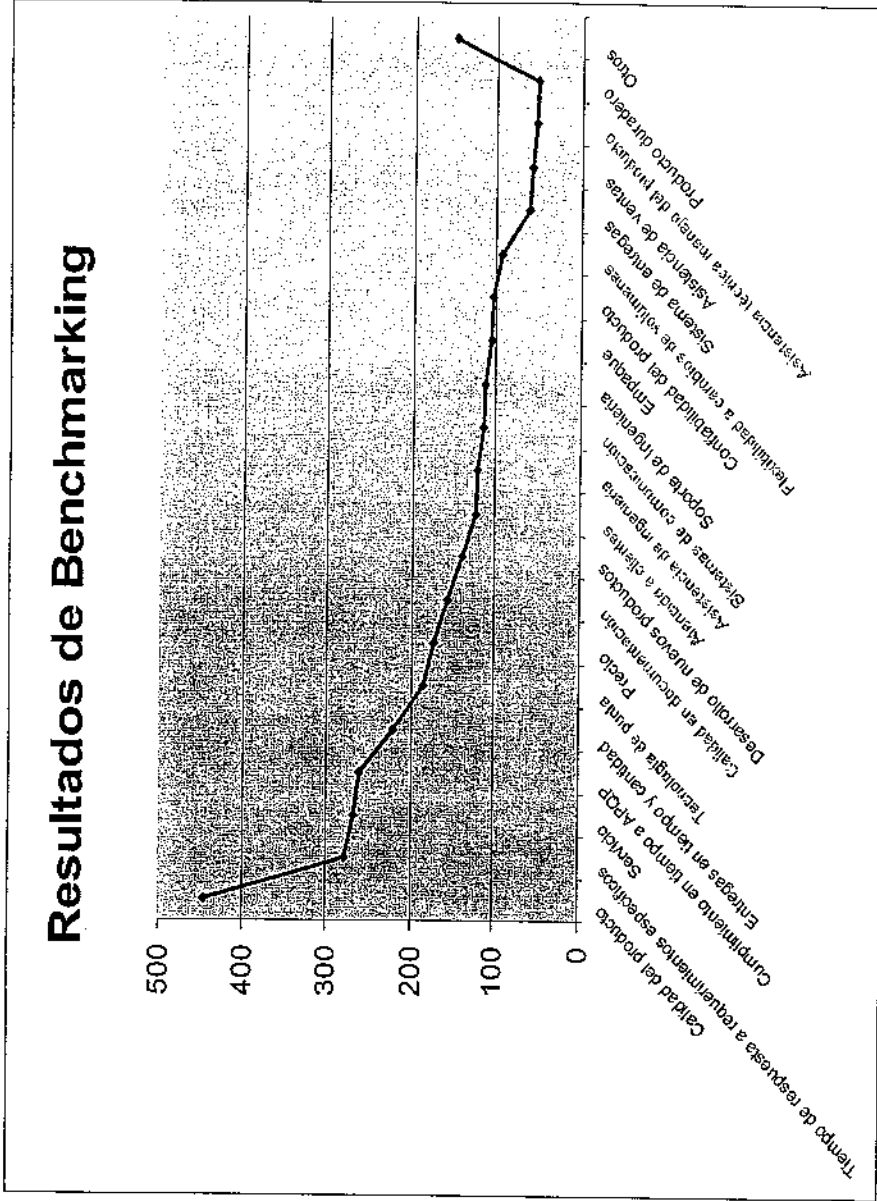


Figura 3.13 Gráfica de resultados de benchmarking

3.2.3 Definición del problema

De toda la gama de productos de flechas cardán, se analiza la flecha cardán de servicio ligero ya que las mejoras que se encuentren podrán ser aplicadas a todos los tipos de flechas.

De acuerdo con la figura 2.7 se aplica el SIPOC para flechas cardán de servicio ligero en el área de ensamble generando la figura 3.14.

INICIO: Armado de Juntas			FINAL: Flecha empacada	
PROVEEDORES	ENTRADAS	PROCESO	SALIDAS	CLIENTES
Área de Yugos Área de esigas Corte de tubo Área de crucetas Área de tazas Calidad Control de Producción	Yugos Espigas Tubo cortado Crucetas Tazas Dispositivos de medición Programa de producción	Ensamble de flechas servicio ligero	Flecha cardán balanceada Cumplimiento a programa Datos estadísticos	Ford General Motors Nissan Chrysler Control de Producción Calidad

Figura 3.14 SIPOC para flecha cardán

En base al formato de la figura 2.8 se generan las respuestas que se muestran en la figura 3.15.

PREGUNTAS	RESPUESTAS
Propósito:	
¿por qué existe este proceso?	Porque se debe entregar flechas cardán al cliente
¿Cuál es el propósito del proceso?	Entregar flechas cardán al cliente
¿Qué produce como resultado?	Flechas cardán balanceadas para el servicio ligero
Resultados:	
¿Cuál es el producto del proceso?	Flechas cardán balanceadas
¿Cuáles son las salidas del	Flechas cardán balanceadas, cumplimiento a

proceso?	programas de producción, datos estadísticos
¿Dónde concluye este proceso?	En la entrega de flechas empacadas
Cientes:	
¿Quién usa los productos de este proceso?	Ford, General Motors, Nissan, Chrysler
¿Quiénes son los clientes de este proceso?	Control de producción, Calidad
Externamente;	
¿Quiénes colaboran en el proceso?	
Entradas / Proveedores:	
¿De dónde proviene el material con el cual se trabaja?	Área de yugos, espigas, corte de tubo, crucetas, tazas
¿Quiénes son los proveedores?	Las áreas responsables del mismo nombre
¿Qué suministran ellos?	Los componentes para el ensamble
¿Dónde afectan estos en el flujo del proceso?	A la entrada e inicio del proceso
¿Qué efecto tienen sobre el y su resultado?	Continuidad en la línea de producción, todos los elementos se conjugan para dar las especificaciones de balanceo requeridas por el cliente
Etapas del proceso:	
¿Qué le sucede a cada entrada?	Se ensambla con otras
¿Qué actividades de conversión se efectúan?	Ninguna, es solo ensamble

Figura 3.15 Respuestas del SIPOC

Para seguir con el análisis del área de ensamble, se continúa con la metodología y la presentación del diagrama de flujo de ensamble de flechas de servicio ligero (figura 3.16).

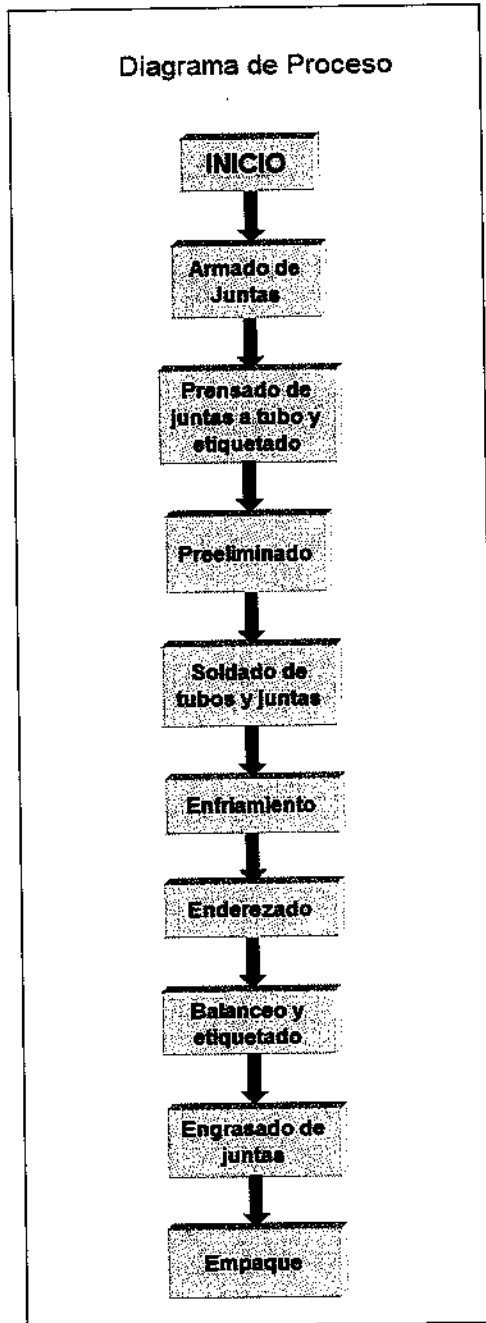


Figura 3.16 Diagrama de flujo de flecha servicio ligero

Al llenar el formato de la figura 2.17 para el análisis del diagrama de proceso se obtiene la figura 3.17 en donde se identifican las operaciones que agregan valor al producto con color verde y con color gris se identifican aquellas en las que no se agrega valor al producto:

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO										
Número de Parte: 253152							Fecha: 25/02/95			
Descripción de la parte: Flecha Carrión de Acero, serie 1330							Revisión: 1 Página: 1 de 2 Preparado por: Ezebu			
OPERACIÓN	PROCESO	MOVIMIENTO	ALMACEN	INSPECCIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	TIEMPO CICLO DE OPERACIÓN (N)	ITEM #	CARACTERÍSTICA CLAVE DEL PRODUCTO	ITEM #	CARACTERÍSTICA CLAVE DE CONTROL
					ARMADO DE JUNTAS (Junta fija, Junta deslizante)					
					Ensambla de yugo bobo, yugo deslizante, tazas, cruceta y seguros	40	1		2	Flex Effort
					PRENSADO DE JUNTAS A TUBO Y ETIQUETADO					
					Presiona las juntas deslizante y junta fija al tubo. La flecha es etiquetada para su identificación	82	3	Longitud de la flecha		
					PREELIMINADO Se corrige la desalineación que se tiene entre las juntas deslizante/flecha y el tubo por efecto del prensado. La corrección se realiza haciendo girar la flecha entre centros y dando pequeños golpes en el tubo en los extremos, donde las juntas fueron prensadas	80	4	Desalineamiento no mayor a 0.010" en los extremos de la flecha		
					SOLDADO DE TUBOS Y JUNTAS La flecha se hace girar por medio de rodillos que realizan presión sobre el tubo, mientras se realiza el soldado por método MIG por aporte de material	85			5	Penetración de la soldadura al 95% mín
					ENFRIAMIENTO La flecha es enfriada por medio de aire, ya que del proceso de soldado aumenta considerablemente la temperatura a 180 °C aproximadamente	120				
					ENDEREZADO La flecha es enderezada en ambos extremos y en el centro del tubo, ya que el proceso de soldadura causa flexión en la flecha por el calor generado	105	6	Desalineamiento no mayor a 0.010" en los extremos y centro de la flecha		
					BALANCEADO Y ETIQUETADO La flecha es balanceada por medio de adición de contrapesos de acero al carbono, hasta que esta se encuentre dentro de las especificaciones de balanceo. La flecha es etiquetada indicando que ya fue balanceada	156	7	Identificación con etiquetas de balanceo. Identificación con franjas de color según el diámetro	8	Balaneo de flecha 0.50 oz-in en ambos extremos de la flecha

Figura 3.17 Análisis de diagrama de proceso (continua)

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO										
Número de Parte: 253152				Fecha: 26/02/05						
Descripción de la parte: Flecha Cardán de Acero serie 1330				Revisión: 1						
				Página: 2 de 2						
				Preparado por: Equipo						
OPERACIÓN	PROCESO	MOVIMIENTO	ALMACEN	INSPECCIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	TIEMPO CICLO DE OPERACIÓN (s)	ITEM #	CARACTERÍSTICA CLAVE DEL PRODUCTO	ITEM #	CARACTERÍSTICA CLAVE DE CONTROL
	●	▼	▲	■						
	●	▼	▲	■	ENGRASADO DE JUNTAS La junta es engrasada por medio de la grasera ubicada en la cruzeta hasta llegar a la especificación indicada	50			9	El engrasado de la cruzeta. Control Estadístico de Proceso
	●	▼	▲	■	EMPAQUE La flecha es empacada en tarimas de madera de acuerdo al standard pack establecido de común acuerdo con el cliente	50				
	●	▼	▲	■	ALMACENAJE					

Figura 3.17 Análisis de diagrama de proceso

En el diagrama de la figura 3.17 se identifica que la operación número 70 de balanceo y etiquetado, es donde se produce el cuello de botella del proceso, ya que es la operación que más tarda en completar su ciclo con un tiempo de 156 segundos y se marca en la figura 3.17a.

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO						
Número de Parte 251472		Fecha 25/02/05		Revisión: 1		
Dirección de la parte: Flecha Cerdán de Azaro este 1330		Página: 1 de 2		Preparado por: Equipo		
OPERACIÓN	PROCESO	MOVIMIENTO	ALMACEN	INSPECCIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	TIEMPO CICLO DE OPERACIÓN (s)
	●	▼	▲	■		
10	●	→	→	■	ARMADO DE JUNTAS (Junta fija, Junta deslizante) Ensamble de yugo bola, yugo deslizante balas, crucete y seguros	40
20	●	→	→	■	PRENSADO DE JUNTAS A TUBO Y ETIQUETADO Prensa las juntas deslizando y junta fija al tubo La flecha es etiquetada para su identificación	92
30	●	→	→	■	PRELIMINADO Se come la desalineación que se tiene entre las juntas deslizando la y el tubo por efecto del prensado. La corrección se realiza haciendo girar la flecha entre centros y dando pequeños golpes en el tubo en los extremos, donde las juntas fueron prensadas	60
40	●	→	→	■	SOLDADO DE TUBOS Y JUNTAS La flecha se hace girar por medio de rodillos que realizan presión sobre el tubo, mientras se realiza el soldado por método MIG por aporte de material	85
50	●	→	→	■	ENFRIAMIENTO La flecha es enfriada por medio de aire, ya que del proceso de soldado aumenta considerablemente la temperatura a 150 °C aproximadamente	120
60	●	→	→	■	ENDEREZADO La flecha es enderezada en ambos extremos y en el centro del tubo, ya que el proceso de soldadura causa flexión en la flecha por el calor generado	
70	●	→	→	■	BALANCEADO Y ETIQUETADO La flecha es balanceada por medio de acilónes o contrapesos de acero al carbono, hasta que esta se encuentre dentro de las especificaciones de balanceo La flecha es etiquetada indicando que ya fue balanceada	156
					Desalineamiento no	
					Balaceo, operación cuello de botella	
					Identificación con etiqueta de balanceo	
					Identificación con franjas de color según el cliente	
					Balaceo de flecha 0.50 oz-in en ambos extremos de la flecha	

Figura 3.17a Operaciones con valor agregado e identificación de cuello de botella (continua)

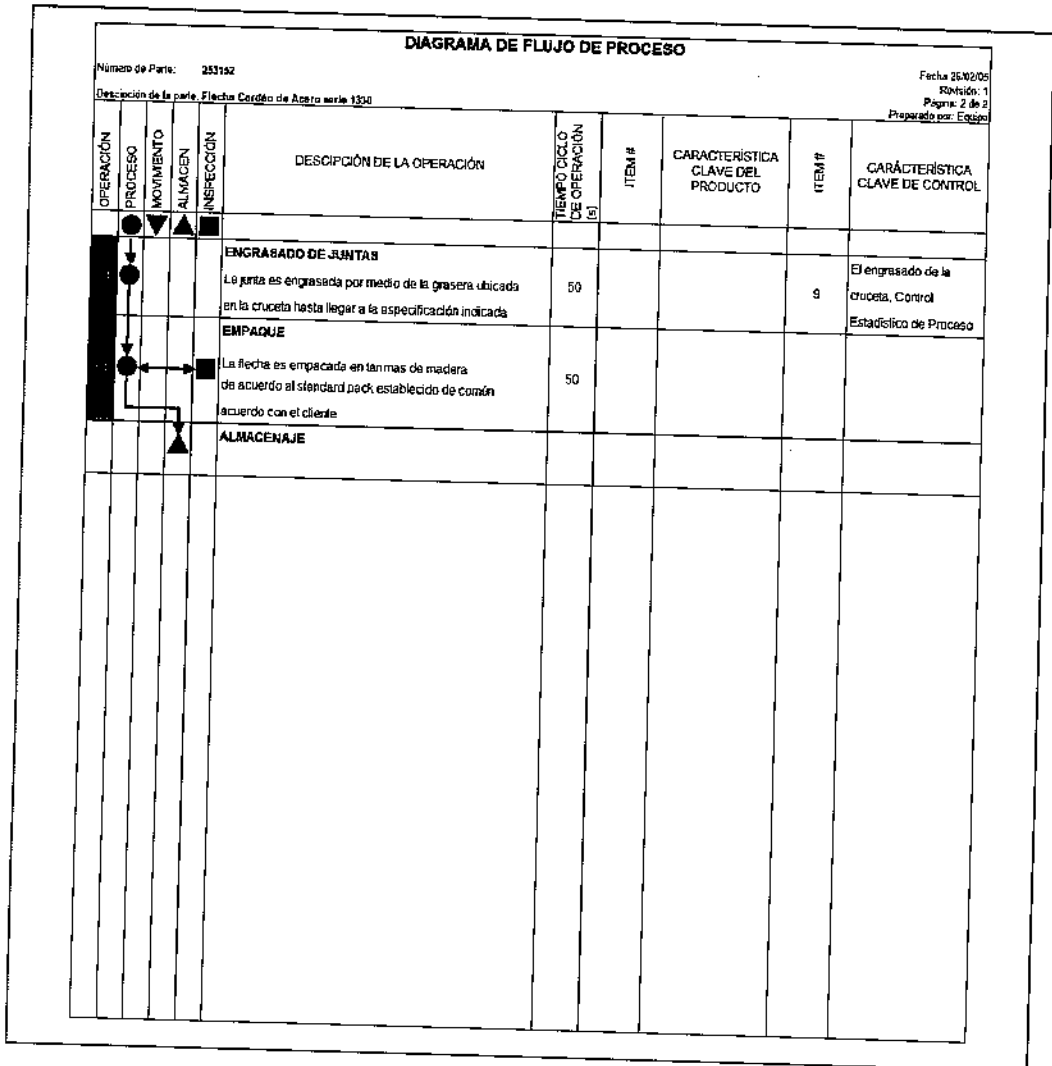


Figura 3.17a Operaciones con valor agregado e identificación de cuello de botella

Del formato 2.10 se obtiene el análisis del tiempo ciclo mostrado en la figura 3.18.

Pasos del Proceso	Tiempo acumulado	Tiempo de VA	Tiempo sin VA	Notas
10	40	40	0	
20	122	122	0	
30	202	122	80	El preeliminado no agrega valor al producto pero es necesario para lograr mejores índices de balanceo
40	287	207	80	
50	407	207	200	El enfriamiento debe llevarse a cabo ya que las condiciones de la fecha pueden cambiar al estar con temperatura alta
60	512	207	305	El enderezado no agrega valor al producto pero es necesario para lograr mejores índices de balanceo
70	658	363	305	
80	718	413	305	
90	768	463	305	

Figura 3.18 Análisis de tiempo de ciclo

Se observa que las operaciones de preeliminado, enfriamiento y enderezado, no agregan valor al producto, incrementando así el tiempo ciclo de todo el proceso, sin embargo, hasta ahora son operaciones necesarias para lograr mejores índices de balanceo.

3.2.4 Determinación de objetivos

Analizando la definición del problema presentado en la sección 3.2.3, se determinan los objetivos y se presentan en el árbol de objetivos de la figura 3.19.

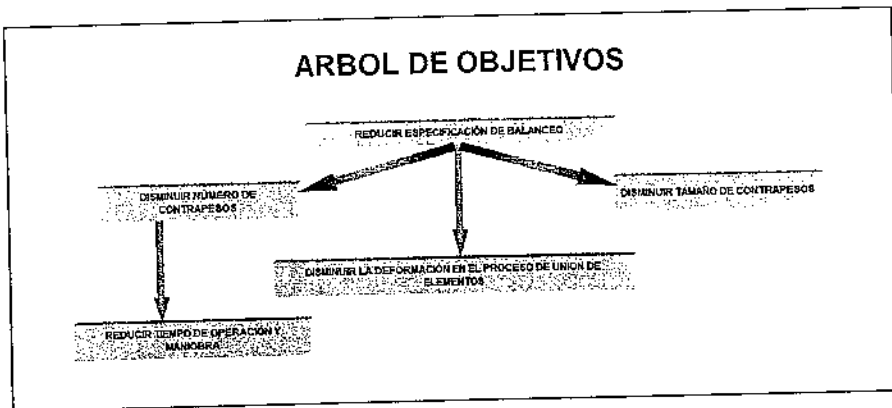


Figura 3.19 Árbol de Objetivos

A continuación se presenta el desglose de los objetivos y características técnicas mostradas en la figura anterior.

Objetivos:

- Reducir el índice de balanceo al 50%, el cual es afectado por la unión de los yugos bola y el tubo debido al punto de unión de estos elementos. Reducir las especificaciones de balanceo de: 0.5 oz-in de cada lado de la flecha a 0.25 oz-in.
- Reducir tiempo de ciclo en un 25% de las operaciones que no agregan valor al producto.
- Disminuir número contrapesos.
- Disminuir tamaño de contrapesos.
- Reducir tiempo de operación y maniobra.

- Disminuir la deformación en el proceso de unión de elementos (yugo-bola y tubo).
- Reducir costos de fabricación.

Características técnicas:

- Operación de preeliminado: reducir de 0.010in a 0.005in de alineación en los yugos.
- Operación de enderezado: reducir de 0.010in a 0.005 en el tubo.

3.2.5 Generación de alternativas y diseño del nuevo producto

A continuación se presenta en la figura 3.20 el diagrama morfológico con los objetivos a alcanzar para diseñar la flecha y las soluciones propuestas para cada objetivo, las cuales se generaron por medio de la técnica de lluvia de ideas.

Soluciones	1	2	3	4	5	6	7
Objetivos							
a) Reducir índice de balanceo en la unión de yugos - tubo	Cambiar método de unión	Reducir exceso de soldadura	Presión de ensamble	Corte más exacto en la longitud del tubo	Cambiar método de corte de tubo	Verificar métodos de almacenaje	No acumular flechas
b) Operación de preeliminado de alineación de yugos	Reducir tolerancia de dimensiones de yugo	Reducir la tolerancia del preeliminado					
c) Operación de enderezado del tubo	Usar tubo extruido	Reducir tolerancia de enderezado					
d) Reducir número y tamaño de contrapesos	Máquina que corte el contrapeso exacto	Cambiar método de contrapesos a uno de reducción de material					
e) Reducción de tiempo ciclo	Acelerar el proceso de soldadura						

Figura 3.20 Diagrama Morfológico con las diferentes soluciones

En la tabla 3.5 se muestra la justificación de las diferentes soluciones presentadas en el diagrama morfológico de la figura 3.20.

Soluciones propuestas	¿Cómo?	¿Qué Implica?
1a) Cambiar método de unión.	Cambiar soldadura con aporte de material a una sin aporte (soldadura por fricción, soldadura por arco magnético).	Compra de nueva maquinaria e inversión.
2a) Reducir exceso de soldadura.	Realizar un diseño de experimentos para reducir el traslape y exceso de soldadura así como la porosidad.	Tiempo máquina para realizar experimentos; costos por piezas que se utilizarán en los mismos, voltaje, corriente, mezcla de gas.
3a) Presión de ensamble	Realizar un diseño de experimentos para calcular la presión exacta en el ensamble o nueva maquinaria.	Tiempo máquina para realizar experimentos; costos por piezas que se utilizarán en los mismos.
4a) Un corte más exacto en la longitud del tubo; reducir los índices de tolerancia del corte.	Herramentar con dispositivos para mejorar el corte, soportes	Costo y diseño de soportes.
5a) Cambiar el método de corte de tubo	Cambiar a método de CNC o bien por un método de corte láser.	Inversión en maquinaria. La ventaja de corte con láser se pierde en el proceso de soldadura.
6a) Verificar que los métodos de almacenaje de tubos no propicien cargas y deflexiones.	Crear inspección dentro del proceso.	Horas hombre.
7a) No apilar flechas después de la unión de yugos bola y tubos para evitar cargas y deflexiones.	Cambio de flujo de proceso.	Estudio de tiempos y movimientos.
1b) Reducir tolerancia de dimensiones del yugo (peso, maquinados).	Estudios de Cpk en procesos de maquinados.	

volumen, espesor, diámetros) para evitar grandes variaciones entre un yugo y otro.		
2b) Reducir la tolerancia de preeliminado.	El operador ajustará la alineación dentro de límites más pequeños.	Horas hombre.
1c) Cambiar el tubo rolado.	Cambiar de uno con costura a tubo extruido, eliminando el aporte de soldadura y su rectificando.	Inversión para compra de maquinaria, o comprar el tubo de otro proveedor.
2c) Reducir la tolerancia de enderezado.	El operador alineará dentro de rangos más pequeños.	Aumento en el tiempo de operación de enderezado.

1d) Reducir número y tamaño de contrapesos.	Máquina con un programa que calcule y corte el tamaño de contrapeso exacto. (El programa necesita las variables fijas, peso específico del acero, espesor de lámina y la variable de valor de desbalanceo en oz in. Con ello el programa calculará la longitud que deberá tener el contrapeso).	Inversión en nueva maquinaria.
2d) Cambiar método de contrapesos	Cambiar método de contrapesos a uno de reducción de material,	Esmerillar o realizando barrenos en los yugos. Se puede afectar en la resistencia del material disminuyendo la vida útil de la flecha.
1e) Acelerar el proceso de soldado para reducir tiempos.	Realizar variaciones de voltaje, corriente, mezcla de gas, avance de soldado.	Realizar DoE.
2e) Hacer operación de preeliminado y enderezado en una.	Eliminar una operación y ahorrar tiempo	Estudio de tiempos y movimientos.

Tabla 3.5 Justificación de soluciones del diagrama morfológico.

Del análisis de la tabla 3.5; para poder cumplir con el objetivo de reducción de índice de balanceo en la unión de yugos-tubo, se eligió la solución de diseño de experimentos, para calcular la presión exacta en el ensamble; debido a que es un método sencillo y económico que no implica inversión de maquinaria nueva.

Para la operación de preeliminado en los yugos se eligió la opción de reducir las tolerancias en las dimensiones de los yugos.

Además, otro de los objetivos es reducir el tiempo ciclo, haciendo más eficientes las operaciones de preeliminado y enderezado. Para tal efecto es aconsejable el cambio de tubo soldado por tubo extruido, haciendo probable la eliminación de dichas operaciones. Se propone acelerar el proceso de soldadura para disminuir aún más el tiempo ciclo.

Para el objetivo de reducción de número y tamaño de contrapesos, se propone la compra de maquinaria con un programa que calcule y corte el contrapeso al tamaño exacto. Esto también afectará directamente a la reducción del tiempo ciclo abriendo o incluso eliminando el cuello de botella.

3.2.6 Dibujos y especificaciones preliminares

A continuación en las figuras 3.21 y 3.22 se muestran los dibujos preliminares de la flecha cardán que incluyen los dibujos de las piezas que se encuentran en estudio, esto es, tubo y yugo bola. En la figura 3.23, se representa el dibujo de la flecha cardán servicio ligero.

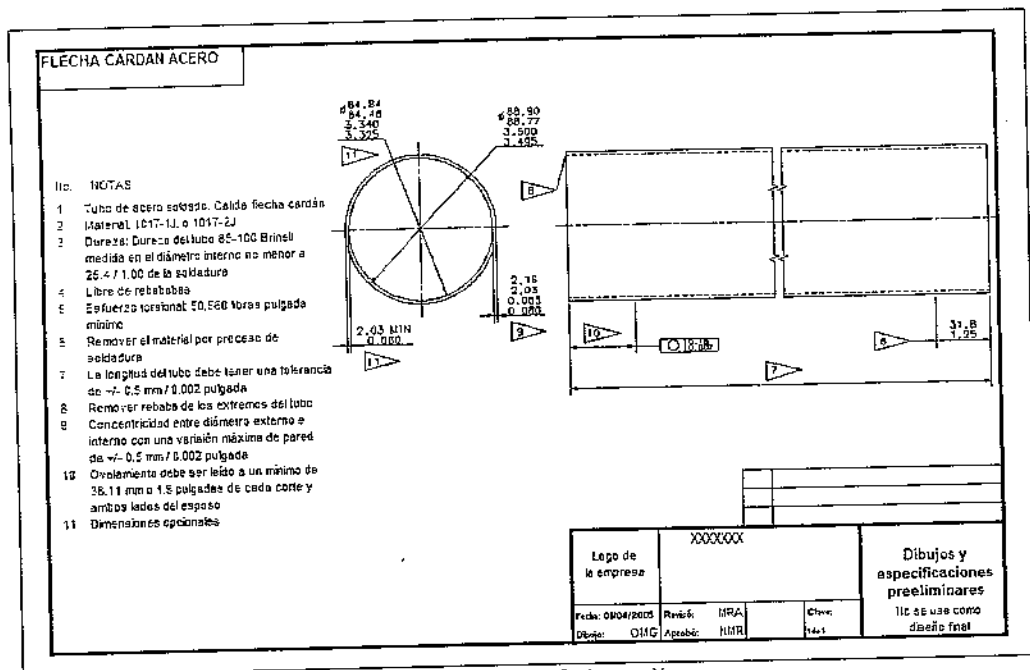


Figura 3.21 Tubo de flecha cardán.

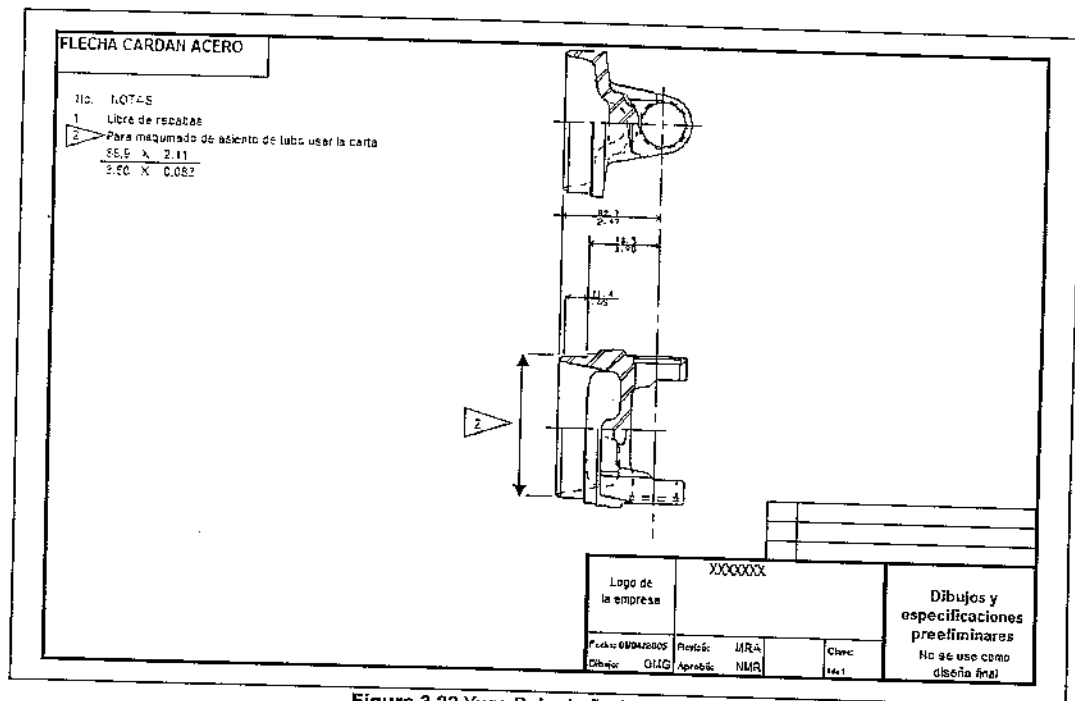


Figura 3.22 Yugo Bola de flecha cardán.

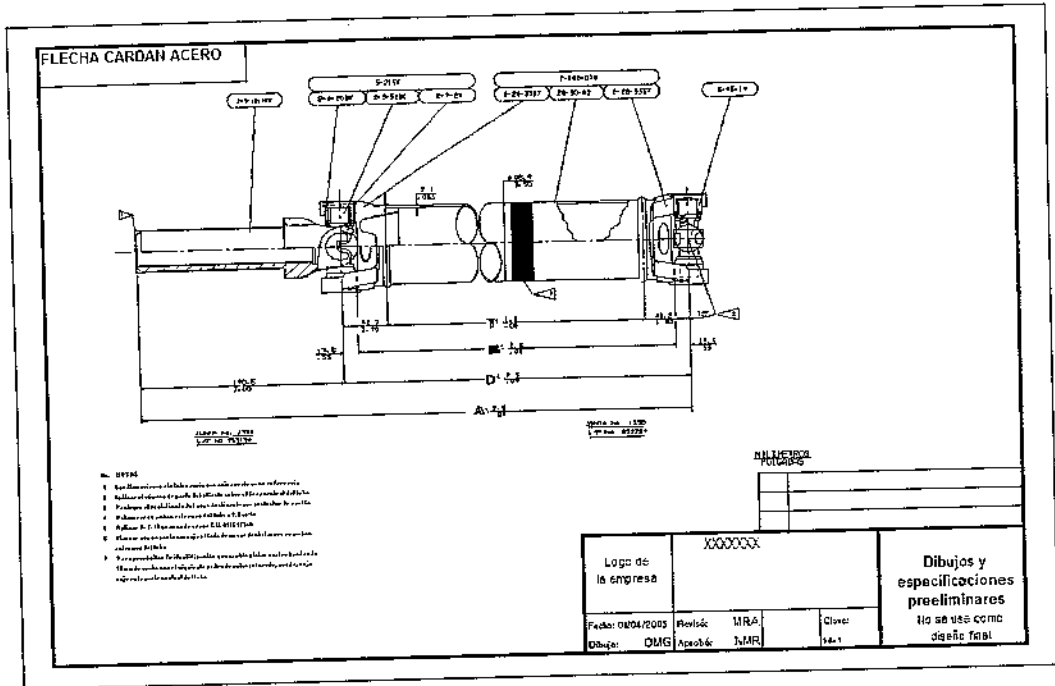


Figura 3.23 Flecha cardán servicio ligero.

3.2.7 Estudio de factibilidad

A continuación se presenta el estudio de factibilidad en la figura 3.24 en donde se establece que la flecha cardán puede ser fabricada con los estándares establecidos de ingeniería, siempre y cuando se lleven a cabo los cambios que serán definidos en el diseño de experimentos de la sección 3.2.8.

COMPROMISO DE FACTIBILIDAD POR PARTE DEL EQUIPO

Fecha Marzo
 Cliente ---
 Número de Parte: 253152

Nombre de la Parte
 Flecha Cardán de Acero serie 1330

Nuestro equipo de desarrollo de nuevos productos ha considerado las siguientes preguntas sin intención de ser exhaustivas en el desarrollo de la evaluación de la factibilidad. Los dibujos y / o especificaciones presentadas han sido usadas como una base para analizar la habilidad de cumplir todos los requerimientos especificados. Cualquier respuesta negativa está soportada con comentarios adicionales, identificando nuestro interés y / o cambios propuestos que nos permitirán cumplir los requisitos especificados

SI	NO	CONSIDERACIONES
<input checked="" type="checkbox"/>		¿Está el producto adecuadamente definido (aplicación, requerimientos etc.) para facilitar la evaluación de factibilidad?
<input checked="" type="checkbox"/>		¿Las especificaciones de desarrollo de ingeniería pueden ser alcanzadas como se describen?
<input checked="" type="checkbox"/>		¿Se pueden fabricar los productos con las tolerancias especificadas en los dibujos?
<input checked="" type="checkbox"/>		¿Se puede fabricar el producto con los Cpk's que indican los requisitos?
<input checked="" type="checkbox"/>		¿Existe suficiente capacidad para producir el producto?
<input checked="" type="checkbox"/>		¿El diseño permite el eficiente uso de técnicas de manejo de materiales?
<input checked="" type="checkbox"/>		¿Se podrá fabricar el producto si incurrir en nada inusual como:
		Costos para equipo?
		Costos para herramientas?
		Métodos de manufactura alternativos?
<input checked="" type="checkbox"/>		¿Se requiere de control estadístico del proceso en el producto?
<input checked="" type="checkbox"/>		¿Está el control estadístico del proceso aplicado en procesos similares?
		En los productos similares en donde se utiliza el control estadístico del proceso:
<input checked="" type="checkbox"/>		¿Están los procesos estables y controlados?
<input checked="" type="checkbox"/>		¿Son los Cpk's mayores a 1.33?

Conclusión

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Factible</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">No factible</td> </tr> </table>	Factible	<input checked="" type="checkbox"/>	No factible	El producto puede ser producido como se especifica, sin revisión alguna. Se recomiendan cambios (ver anexo) Se requiere revisión del diseño para producir el producto dentro de los requerimientos especificados
Factible				
<input checked="" type="checkbox"/>				
No factible				

Firmas

 Miembro del equipo/Puesto/Fecha

 Miembro del equipo/Puesto/Fecha

 Miembro del equipo/Puesto/Fecha

 Miembro del equipo/Puesto/Fecha

Figura 3.24 Estudio de factibilidad

3.2.8 Estudio del nuevo diseño

El estudio del nuevo diseño se lleva a cabo por medio del diseño de experimentos DoE; este se enfoca a identificar los factores que afectan el nivel de respuesta de un producto o proceso a determinados agentes, a fin de generar un modelo matemático predictivo. Con el diseño de experimentos el objetivo es disminuir la variabilidad de la respuesta de interés.

La experimentación se utiliza como la manera de verificar la relación de la causa y efecto entre los factores del proceso. Siempre que se realice un cambio, se estará experimentando. En la tabla 3.6 se desarrolla el DoE para flecha cardán.

PASOS A SEGUIR:	DESARROLLO
<p>1. Establecer el objetivo de estudio, identificando la característica a ser mejorada. Puede ser que se desee aumentarla, disminuirla o llevarla a un valor determinado.</p>	<p>Como ya se menciona en la sección 3.2.4 Determinación de objetivos; uno de los principales objetivos es el reducir los índices de balanceo de 0.5 oz-in a 0.25 oz-in, que son afectados principalmente por la unión de yugos bola. Para reducir dichos índices se pretende aplicar la herramienta de DoE en la operación de prensado de juntas a tubo y etiquetado, mencionada en la figura 3.18.</p>
<p>2. Identificar los factores que se piensan afectan en el proceso a la característica objetivo. No deben de ser menos de dos.</p>	<p>Los principales factores/variables que afectan al balanceo son " las dimensiones del diámetro de yugo y la presión de prensado". Ver anexo D.</p>
<p>3. Determinar los niveles en los que se probará cada factor (mínimo dos). Buscar que estos representen los niveles más bajos y altos factibles en el proceso y de ser posible algunos intermedios.</p>	<p>Dimensiones del diámetro del yugo:</p> <p>D1=</p> <p>D2= 3.334 pulg ± 0.02</p> <p>D3=</p> <p>Presiones de prensado:</p> <p>P1=</p> <p>P2=</p> <p>P3=</p>

<p>4. Crear un arreglo o secuencia de pruebas a ejecutar. Existen arreglos predefinidos en libros y tablas. Generalmente se utilizan los renglones para colocar un factor y las columnas para uno o varios.</p> <p>5. Organizar las pruebas. Se define y explica al personal participante el objetivo y el papel de cada quien en la conducción y toma de datos en el experimento. De ser posible se diseñan formatos para la toma de datos, para simplificar y hacer más efectiva esta herramienta.</p> <p>6. Toma de datos. Se inicia el levantamiento de la información recopilándose todos los datos. Es necesario que se anoten de manera precisa, que se supervise y monitoree que estén completos los datos y se respeten los niveles y condiciones establecidos.</p> <p>7. Colocar los datos en un arreglo. Si es necesario, hay que volver a acomodar los datos de manera que se puedan interpretar y trabajar con ellos de manera ordenada (matriz ortogonal).</p> <p>8. Evaluar los resultados del experimento. Se pueden analizar mediante los siguientes métodos numéricos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tabla de varianza de ANOVA. <ul style="list-style-type: none"> • Un experimento factorial. • Analizando interacciones. <p>9. Realizar otro experimento para confirmar los hallazgos.</p>	<table border="1" data-bbox="677 230 1047 383"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PRESIÓN</th> <th colspan="3">DIAMETRO DE YUGO</th> <th rowspan="2">Total</th> </tr> <tr> <th>D1</th> <th>D2</th> <th>D3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>P2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>P3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Es importante asegurarse que en el momento de la prueba no existan otros factores que puedan generar errores, tales como equipo o material en condiciones anormales. Las mediciones deben de ser confiables y las condiciones deben ser estables.</p> <p>Debe tomarse en cuenta el posible costo del desperdicio y tiempo requerido como una inversión.</p> <table border="1" data-bbox="671 973 1002 1164"> <thead> <tr> <th>PRUEBAS</th> <th>PRESIÓN</th> <th>DIAMETRO</th> <th>RESULTADOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>P1</td> <td>D1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>P1</td> <td>D2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>P1</td> <td>D3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>P2</td> <td>D1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>P2</td> <td>D2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>P2</td> <td>D3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>P3</td> <td>D1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>P3</td> <td>D2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>P3</td> <td>D3</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>si bien se a propuesto el DoE, no se llevó acabo debido a cuestiones de costos de inversión y tiempo.</p>	PRESIÓN	DIAMETRO DE YUGO			Total	D1	D2	D3	P1					P2					P3					Total					PRUEBAS	PRESIÓN	DIAMETRO	RESULTADOS	1	P1	D1		2	P1	D2		3	P1	D3		4	P2	D1		5	P2	D2		6	P2	D3		7	P3	D1		8	P3	D2		9	P3	D3	
PRESIÓN	DIAMETRO DE YUGO			Total																																																																	
	D1	D2	D3																																																																		
P1																																																																					
P2																																																																					
P3																																																																					
Total																																																																					
PRUEBAS	PRESIÓN	DIAMETRO	RESULTADOS																																																																		
1	P1	D1																																																																			
2	P1	D2																																																																			
3	P1	D3																																																																			
4	P2	D1																																																																			
5	P2	D2																																																																			
6	P2	D3																																																																			
7	P3	D1																																																																			
8	P3	D2																																																																			
9	P3	D3																																																																			

Tabla 3.6 DoE para flecha cardán.

3.2.9 Dibujos y parámetros definitivos

De acuerdo con los resultados obtenidos en el diseño de experimentos llevado a cabo en la sección 3.2.8, se obtiene un nuevo valor para la dimensión del diámetro del yugo bola para poder cumplir con las condiciones necesarias y reducir el índice de balanceo como se menciona en la sección 3.2.4. Es así como en la figura 3.25 se genera el dibujo y parámetros definitivos del yugo bola.

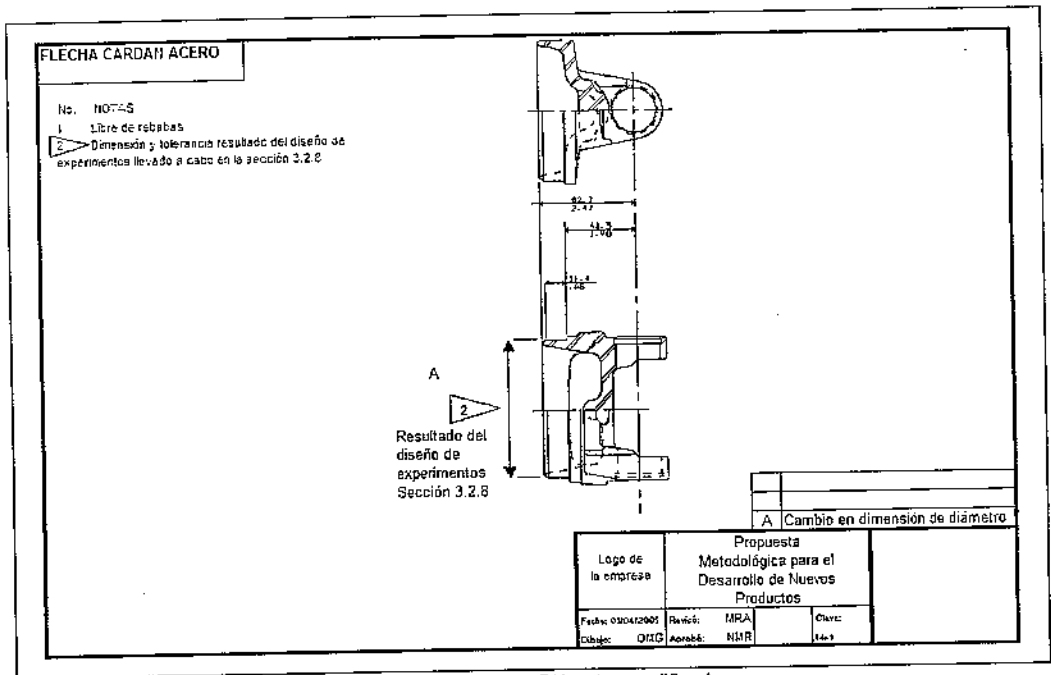


Figura 3.25 Yugo Bola. Diámetro modificado

3.2.10 Análisis Competitivo

Una vez que se han definido los parámetros que llevará el nuevo producto (flecha cardán), se realizará un análisis competitivo; para ello se sugiere basarse en el formulario para benchmarking propuesto en la figura 2.6 y obtener un nuevo cuestionario que ha de ser contestado por los clientes.

3.2.11 Estandarización y documentación de los métodos de fabricación

En las figuras siguientes, se presentan la estandarización y la documentación de los métodos de fabricación para lograr que el producto cumpla con las especificaciones que se tienen comprometidas con el cliente, de acuerdo al formato presentado en la sección 2.2.11. Estas figuras (3.26-3.33) corresponden al proceso de fabricación basado en el diagrama de flujo presentado en la sección 3.2.3.

INGENIERÍA DE MANUFACTURA
DISPOSITIVOS, HERRAMIENTALES Y CALIBRADORES

Logo de la Empresa: Minibola 1310
 Hoja de Partes: 253132 Rev. C Nombre de la parte: Ficha Carada. No. de aplicación: 10 Hoja 1 de 1

Descripción de Operación: Armado de juntas

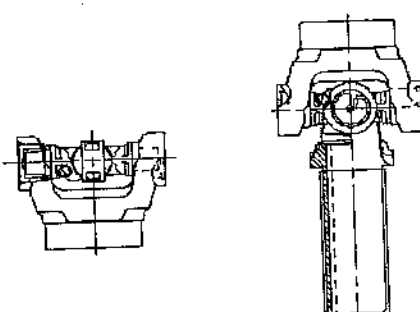
E.C. DE NORMAS:		MATERIA:		TIPO:		REFERENCIAS:		UNIDADES:	
ISO	ANEXOS	ISO	ANEXOS	ISO	ANEXOS	ISO	ANEXOS	ISO	ANEXOS
0	1000	0	1000	0	1000	0	1000	0	1000
U	1000	U	1000	U	1000	U	1000	U	1000
D	1000	D	1000	D	1000	D	1000	D	1000
0	1000	0	1000	0	1000	0	1000	0	1000

DESCRIPCIÓN DE OPERACIÓN:
 1. ENDO PARA ARBIDO DE JUNTAS 5-110100
 2. BASE DE ARBIDO DE JUNTAS 5-110100

PARÁMETROS DE CONTROL:

JUNTA FUJA:
 YUGO 101A: 25-30X
 SUBENSAMBLE CRUCETA: 25-518X
 SUBENSAMBLE TORN: 25-528X
 BESOHO: 21-25

JUNTA DESIZCANTE:
 YUGO DESIZCANTE: 25-121X
 SUBENSAMBLE CRUCETA: 25-518X
 SUBENSAMBLE TORN: 25-528X
 BESOHO: 21-25



REV	CAMBIO	REVISO	FECHA
C	INTEL C	DMG	ARRS

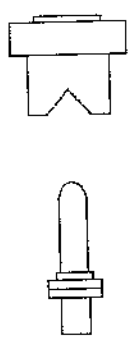
Figura 3.26 Armado de Juntas

INGENIERÍA DE MANUFACTURA
 DISPOSITIVOS, HERRAMIENTALES Y CALIBRADORES

LOGO DE LA EMPRESA

No. de parte: 253193 Rev: C Nombre de la parte: Ficha Cordin Fecha: 13/06/05
 Descripción de operación: Preliminado Un. de operación: 30

EQ. DE MAQUINA:		BANCA:		PISO:		REPERMUTANTE:	
M-171E						OY RECA MAJERAL: VARIOS	
D	INDIC	NUMERO	DEF	DETALLES	REF	OCURSO	
D	DI	1	DECISION	ARROL PARA LENO - LEXSA/1000			
	D	DI	DESIGNI	CUADRO PARA END EREZADO S/1200			
H	DI	AMARSHAP		JUEGO DE LUBRES ALTERNOS DE			
H	DI	89-248		DIANTALO DE BOLA DE 2100 200E POINT			
H	DI	LLAVE ALLE		ALICE DE			
H	DI	LLAVE ALLEN	1	LLAVE ALLEN EN T 50%			
C	DI	RGU-XXX		INDICADOR DE CARATULA FEDERAL			



DETALLES PARA LOCALIZACIÓN EN BODEGADO

PARAMETROS DE CONTROL:

RUN OUT EN LOS EXTREMOS DEBIDA A TERNER LOS JUNTOS MAS Y/O
 DESLIZANTE Y BODIOS LITIGANDO EL LADO CONTRARIO DE ESA.

REV	CAMBIO	REVISO	ING. MANUFACTURA	FECHA
C	NIVEL C	ONG	AREI	06/05

Figura 3.28 Operación de prelimitado

INGENIERÍA DE MANUFACTURA
DISPOSITIVOS, HERRAMIENTALES Y CALIBRADORES

No. de Parte: 253162 Rev.: C Nombre del ítem: Ficha Cardán Modelo: 1333
 Descripción de Operación: Enderezado Ho. de Operación: 60

NO. DE INGENIERIA:		TÍTULO:		REFERENTE:		UNIDAD:	
NÚMERO:		DESCRIPCIÓN:		MATERIA:		MATERIAL - VALOR:	
1	MANEJO DE MATERIALES	1	MANEJO DE MATERIALES				
2	BASE PARA ENDEREZADO	2	BASE PARA ENDEREZADO				
3	ARIEL PARA ENDEREZADO	3	ARIEL PARA ENDEREZADO				
4	CIUADRO PARA ENDEREZADO	4	CIUADRO PARA ENDEREZADO				
5	JUOGO DE LAMINAS	5	JUOGO DE LAMINAS				
6	INDICADOR DE PARALAJES	6	INDICADOR DE PARALAJES				
7	INDICADOR DE CALIDAD	7	INDICADOR DE CALIDAD				
8	INDICADOR DE CONTROL	8	INDICADOR DE CONTROL				

REQUISITOS PARA LOCALIZACIÓN EN ENDEREZADO

REV. C	CAMBIO NIVEL C	REVISO DMS	FECHA 20/04/85
		FECHA 20/04/85	

RUN OUT EN EL CENTRO DEL TUBO DMS 1,1 Y EN LOS EXTREMOS
 DMS 1,1 EN LOS EXTREMOS DEL TUBO DMS 1,1 Y DMS 1,1
 1,1 EN TODA LA LONGITUD PARA TUBOS DMS 1,1 Y DMS 1,1

Figura 3.30 Operación de enderezado

3.2.12 Métodos de mejora del proceso

Una vez estandarizados y documentados los métodos de mejora, es necesario establecer la supervisión del proceso con las mejoras encontradas y al mismo tiempo evaluar el comportamiento de dichas mejoras para verificar que cumplan con lo previsto. Para esto, se debe aplicar la herramienta de gráficas de control, estas a su vez, ayudarán a encontrar nuevas necesidades y planear a futuro y de esta forma tener una mejora continua del proceso.

3.2.13 Implementación y Liberación del Producto

Finalmente el producto ha sido diseñado y aceptado por el cliente. La aceptación del cliente deber ser firmada aceptando las condiciones con las que el producto puede ser garantizado por el proveedor.

El formato que garantiza el producto se muestra a continuación en la figura 3.34.

GARANTÍA DE APROBACIÓN DE LA PARTE			
Nombre de la Parte: <u>Flecha Cadán de Accesorio 130</u>		Número de la parte: <u>257152</u>	
Seguridad e Regulaciones Gubernamentales <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		Nivel de cambio de ingeniería en dibujo: <u>0</u> Fecha: <u>02/04/2005</u>	
Cambiosacionales de ingeniería: <u>Orientaciones de uso bajo fueron cambiadas</u>		Fecha: <u>02/04/05</u>	
Número mostrado en el dibujo: <u>PAT 05</u>		Orden de Compra: <u>11A</u> Paso de la parte: <u>12 P.</u>	
Cambio de ingeniería final: _____		Fecha: <u>02/04/05</u>	
Información del cliente		Información de aprobación	
Nombre del cliente: <u>XXXX</u>		<input checked="" type="checkbox"/> Dimensional <input type="checkbox"/> Material/Funcional <input type="checkbox"/> Apariencia	
Dirección del cliente: <u>XXXX</u>		Nombre del proveedor: Oración: <u>XXXX</u>	
Dirección de correo: _____		Nombre del contacto: <u>XXXX</u>	
Nota: Esta parte contiene alguna sustitución restringida o reportable <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO			
Las partes plásticas están identificadas de acuerdo a códigos ISO <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO			
Razón de la aprobación			
<input checked="" type="checkbox"/> Aprobación visual <input type="checkbox"/> Cambios de ingeniería <input type="checkbox"/> Herramientas Transferencia, Reemplazo, Restauración u otros <input type="checkbox"/> Corrección de discrepancia <input type="checkbox"/> Inactividad de herramienta > 1 año		<input type="checkbox"/> Cambio especial en la fabricación o material <input type="checkbox"/> Sub-proveedor o cambio de suministro de material <input type="checkbox"/> Cambio en el proceso de la parte <input type="checkbox"/> Parte producidas en locaciones adicionales <input type="checkbox"/> Otras - especificadas	
Nivel de aprobación requerida			
<input type="checkbox"/> Nivel 1 - Garantía solo por puntos de apariencia. Un reporte de aprobación de apariencia requiere por el cliente <input type="checkbox"/> Nivel 2 - Garantía con muestras del producto y datos limitados de soporte requeridos por el cliente <input type="checkbox"/> Nivel 3 - Garantía con muestras del producto y datos completos de soporte por el cliente <input type="checkbox"/> Nivel 4 - Garantía y otros requerimientos definidos por el cliente <input checked="" type="checkbox"/> Nivel 5 - Garantía con muestras del producto y datos completos de soporte revisados por los proveedores de manufactura			
Resultados de la aprobación			
Los resultados de <input checked="" type="checkbox"/> las medidas dimensionales <input checked="" type="checkbox"/> material y pruebas funcionales <input checked="" type="checkbox"/> criterios de aceptación <input checked="" type="checkbox"/> procesos estadísticos y empaque			
Estos resultados cumplen con las especificaciones requeridas de dibujo <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO			
Molde: Cantidad / Proceso de producción: <u>Proceso de producción</u>			
Declaración			
Por este medio afirmo que las muestras representadas por esta garantía son representativas de nuestras partes que han sido producidas para los requerimientos del proceso de aprobación de partes. Y no he incluido ninguna declaración de esta declaración			
Explicación / Comentarios			
Nombre: <u>XXXX</u>		Título: <u>XXXXX</u>	
# Tel.: <u>XXXX</u>		# Fax: <u>XXXX</u>	
SOLO PARA USARSE POR EL CLIENTE (SI APLICA)			
Disposición de la garantía de parte <input type="checkbox"/> Aceptada <input type="checkbox"/> Reschazada <input type="checkbox"/> Otro		Aprobación de la parte funcional <input type="checkbox"/> Aprobada <input type="checkbox"/> Rechazada	
Nombre del cliente: _____		Firma del cliente: _____	
		Fecha: _____	

Figura 3.34 Implementación y aprobación de producto

Seguimiento bajo concepto APQP

Como se mencionó en la sección 2.3, se propone que la administración del proyecto se lleve a cabo bajo los conceptos de APQP, que es una de las aportaciones a la metodología propuesta.

En la figura 3.35 se observa un seguimiento típico de APQP con el reporte de estatus en el desarrollo de la metodología aplicada a la flecha cardán, en muchas ocasiones este formato puede estar sujeto a auditorias por parte del cliente.

Dicho formato se utiliza como guía para darle seguimiento al proyecto en cada junta, de esta forma se mantiene la supervisión de los tiempos en todas las etapas del proceso debiendo terminar en las fechas programadas.

PROPUESTA METODOLÓGICA Reporte de Estatus				Fecha: Revisión No.:																																																																																																																	
Cliente/usuario: XXXXX Locación: XXXXX Código de Proveedor: XXXXX Tipo de diseño: <input type="checkbox"/> Nueva Servicio <input checked="" type="checkbox"/> Rediseño <input type="checkbox"/> Producto <input type="checkbox"/> Otro		Programa: 2005 Año Lanzamiento: 2007 Nombre de Parte: Flecha Carden de Acero serie Número de Parte: 253152 Nivel de noticia: XXX Clases finales: XXXX																																																																																																																			
Miembros del equipo: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Nombre</th> <th>Compartir título</th> <th>Teléfono/Fax</th> </tr> <tr> <td>Ingeniero de Ventas</td> <td>Ventas</td> <td>XXXX</td> </tr> <tr> <td>Ingeniero del Producto</td> <td>Producto</td> <td>XXX</td> </tr> <tr> <td>Ingeniero de Manufactura</td> <td>Manufactura</td> <td>XXX</td> </tr> <tr> <td>Contabilidad</td> <td>Finanzas</td> <td>XXX</td> </tr> <tr> <td>Ingeniero de Proceso</td> <td>Proceso</td> <td>XXX</td> </tr> <tr> <td>Calidad</td> <td>Calidad</td> <td>XXX</td> </tr> </table>		Nombre	Compartir título	Teléfono/Fax	Ingeniero de Ventas	Ventas	XXXX	Ingeniero del Producto	Producto	XXX	Ingeniero de Manufactura	Manufactura	XXX	Contabilidad	Finanzas	XXX	Ingeniero de Proceso	Proceso	XXX	Calidad	Calidad	XXX																																																																																															
Nombre	Compartir título	Teléfono/Fax																																																																																																																			
Ingeniero de Ventas	Ventas	XXXX																																																																																																																			
Ingeniero del Producto	Producto	XXX																																																																																																																			
Ingeniero de Manufactura	Manufactura	XXX																																																																																																																			
Contabilidad	Finanzas	XXX																																																																																																																			
Ingeniero de Proceso	Proceso	XXX																																																																																																																			
Calidad	Calidad	XXX																																																																																																																			
Nivel de construcción: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Materia</th> <th>Cantidad</th> <th>Características</th> <th>Capacidad de muestras</th> <th>Capacidad de producción</th> </tr> <tr> <td>Fecha Requencia</td> <td></td> <td>No. SCs / No. CEs</td> <td>%</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Prototipo</td> <td>30 piezas</td> <td>Cumplidas / Todas</td> <td>30</td> <td>30</td> </tr> </table>		Materia	Cantidad	Características	Capacidad de muestras	Capacidad de producción	Fecha Requencia		No. SCs / No. CEs	%	%	Prototipo	30 piezas	Cumplidas / Todas	30	30																																																																																																					
Materia	Cantidad	Características	Capacidad de muestras	Capacidad de producción																																																																																																																	
Fecha Requencia		No. SCs / No. CEs	%	%																																																																																																																	
Prototipo	30 piezas	Cumplidas / Todas	30	30																																																																																																																	
Elementos de la Propuesta Metodológica <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>VAR. Estable</th> <th>Porcentaje cumplimiento</th> <th>Fecha Programada</th> <th>Fecha Requencia</th> <th>Fecha Cierre</th> <th>Iniciales Responsable</th> <th>Observaciones Adicional requerida</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1) Identificación de las necesidades</td> <td style="background-color: #d3d3d3;"></td> <td>100</td> <td>01/04/2004</td> <td>01/12/2004</td> <td>01/12/2004</td> <td>OUJ</td> <td>Investigación del producto a fondo</td> </tr> <tr> <td>2) Benchmarking</td> <td style="background-color: #d3d3d3;"></td> <td>100</td> <td>01/05/2004</td> <td>01/02/2004</td> <td>01/12/2004</td> <td>MRV</td> <td>Realización de listas de información</td> </tr> <tr> <td>3) Definición del ambiente</td> <td style="background-color: #d3d3d3;"></td> <td>100</td> <td>01/05/2004</td> <td>01/10/2004</td> <td>01/12/2004</td> <td>MRV</td> <td>Señalar prioridades por la falta de información</td> </tr> <tr> <td>4) Establecimiento de objetivos</td> <td style="background-color: #d3d3d3;"></td> <td>35</td> <td>01/12/2004</td> <td>01/09/2004</td> <td>01/12/2004</td> <td>OUJ</td> <td>Diseños establecidos en problemas</td> </tr> <tr> <td>5) Generación de alternativas y diseño del nuevo producto</td> <td style="background-color: #d3d3d3;"></td> <td>25</td> <td>01/12/2004</td> <td>01/12/2004</td> <td>01/02/2005</td> <td>ABJ</td> <td>Definición de especificaciones técnicas</td> </tr> <tr> <td>6) Dibujo y especificaciones preliminares</td> <td style="background-color: #d3d3d3;"></td> <td>100</td> <td>01/12/2004</td> <td>01/02/2004</td> <td>01/02/2005</td> <td>ABJ</td> <td>Definición de especificaciones técnicas</td> </tr> <tr> <td>7) Estudio de factibilidad</td> <td style="background-color: #d3d3d3;"></td> <td>100</td> <td>01/09/2004</td> <td>01/06/2004</td> <td>01/03/2005</td> <td>OUJ</td> <td>Es factible realizar tales cambios en el producto</td> </tr> <tr> <td>8) Dibujo y parámetros definitivos</td> <td style="background-color: #d3d3d3;"></td> <td>100</td> <td>01/12/2004</td> <td>01/09/2004</td> <td>01/03/2005</td> <td>RRE</td> <td>Diseño terminado en su nueva etapa</td> </tr> <tr> <td>9) Análisis competitivo</td> <td style="background-color: #d3d3d3;"></td> <td>0</td> <td>01/10/2004</td> <td>01/02/2004</td> <td>01/04/2005</td> <td>OUJ</td> <td>Se requiere información adicional para ver</td> </tr> <tr> <td>10) Análisis competitivo</td> <td style="background-color: #d3d3d3;"></td> <td>0</td> <td>01/10/2004</td> <td>01/09/2004</td> <td>01/04/2005</td> <td>RRE</td> <td>Realizar las nuevas entrevistas con los clientes</td> </tr> <tr> <td>11) Estandarización y documentación de los métodos de fabricación</td> <td style="background-color: #d3d3d3;"></td> <td>100</td> <td>01/09/2004</td> <td>01/02/2004</td> <td>01/04/2005</td> <td>RRE</td> <td>En sistema para consultar por operadores</td> </tr> <tr> <td>12) Métodos de mejora del proceso</td> <td style="background-color: #d3d3d3;"></td> <td>100</td> <td>01/12/2004</td> <td>01/10/2004</td> <td>01/03/2005</td> <td>OUJ</td> <td>Gráficas trabajando adecuadamente en proceso</td> </tr> <tr> <td>13) Implementación y liberación del producto</td> <td style="background-color: #d3d3d3;"></td> <td>100</td> <td>01/02/2004</td> <td>01/02/2004</td> <td>01/04/2005</td> <td>RRE</td> <td>La liberación por parte del cliente ya se tiene</td> </tr> </tbody> </table>							VAR. Estable	Porcentaje cumplimiento	Fecha Programada	Fecha Requencia	Fecha Cierre	Iniciales Responsable	Observaciones Adicional requerida	1) Identificación de las necesidades		100	01/04/2004	01/12/2004	01/12/2004	OUJ	Investigación del producto a fondo	2) Benchmarking		100	01/05/2004	01/02/2004	01/12/2004	MRV	Realización de listas de información	3) Definición del ambiente		100	01/05/2004	01/10/2004	01/12/2004	MRV	Señalar prioridades por la falta de información	4) Establecimiento de objetivos		35	01/12/2004	01/09/2004	01/12/2004	OUJ	Diseños establecidos en problemas	5) Generación de alternativas y diseño del nuevo producto		25	01/12/2004	01/12/2004	01/02/2005	ABJ	Definición de especificaciones técnicas	6) Dibujo y especificaciones preliminares		100	01/12/2004	01/02/2004	01/02/2005	ABJ	Definición de especificaciones técnicas	7) Estudio de factibilidad		100	01/09/2004	01/06/2004	01/03/2005	OUJ	Es factible realizar tales cambios en el producto	8) Dibujo y parámetros definitivos		100	01/12/2004	01/09/2004	01/03/2005	RRE	Diseño terminado en su nueva etapa	9) Análisis competitivo		0	01/10/2004	01/02/2004	01/04/2005	OUJ	Se requiere información adicional para ver	10) Análisis competitivo		0	01/10/2004	01/09/2004	01/04/2005	RRE	Realizar las nuevas entrevistas con los clientes	11) Estandarización y documentación de los métodos de fabricación		100	01/09/2004	01/02/2004	01/04/2005	RRE	En sistema para consultar por operadores	12) Métodos de mejora del proceso		100	01/12/2004	01/10/2004	01/03/2005	OUJ	Gráficas trabajando adecuadamente en proceso	13) Implementación y liberación del producto		100	01/02/2004	01/02/2004	01/04/2005	RRE	La liberación por parte del cliente ya se tiene
	VAR. Estable	Porcentaje cumplimiento	Fecha Programada	Fecha Requencia	Fecha Cierre	Iniciales Responsable	Observaciones Adicional requerida																																																																																																														
1) Identificación de las necesidades		100	01/04/2004	01/12/2004	01/12/2004	OUJ	Investigación del producto a fondo																																																																																																														
2) Benchmarking		100	01/05/2004	01/02/2004	01/12/2004	MRV	Realización de listas de información																																																																																																														
3) Definición del ambiente		100	01/05/2004	01/10/2004	01/12/2004	MRV	Señalar prioridades por la falta de información																																																																																																														
4) Establecimiento de objetivos		35	01/12/2004	01/09/2004	01/12/2004	OUJ	Diseños establecidos en problemas																																																																																																														
5) Generación de alternativas y diseño del nuevo producto		25	01/12/2004	01/12/2004	01/02/2005	ABJ	Definición de especificaciones técnicas																																																																																																														
6) Dibujo y especificaciones preliminares		100	01/12/2004	01/02/2004	01/02/2005	ABJ	Definición de especificaciones técnicas																																																																																																														
7) Estudio de factibilidad		100	01/09/2004	01/06/2004	01/03/2005	OUJ	Es factible realizar tales cambios en el producto																																																																																																														
8) Dibujo y parámetros definitivos		100	01/12/2004	01/09/2004	01/03/2005	RRE	Diseño terminado en su nueva etapa																																																																																																														
9) Análisis competitivo		0	01/10/2004	01/02/2004	01/04/2005	OUJ	Se requiere información adicional para ver																																																																																																														
10) Análisis competitivo		0	01/10/2004	01/09/2004	01/04/2005	RRE	Realizar las nuevas entrevistas con los clientes																																																																																																														
11) Estandarización y documentación de los métodos de fabricación		100	01/09/2004	01/02/2004	01/04/2005	RRE	En sistema para consultar por operadores																																																																																																														
12) Métodos de mejora del proceso		100	01/12/2004	01/10/2004	01/03/2005	OUJ	Gráficas trabajando adecuadamente en proceso																																																																																																														
13) Implementación y liberación del producto		100	01/02/2004	01/02/2004	01/04/2005	RRE	La liberación por parte del cliente ya se tiene																																																																																																														
COMENTARIOS																																																																																																																					
ACCIONES CORRECTIVAS/PLAN DE SOLUCIÓN																																																																																																																					
Análisis competitivo Se requieren acciones inmediatas ya que no se cuenta con un plan porque no es posible aplicar las encuestas a nuestros clientes por la ubicación de ellos y el tiempo que este tendría en llevar a cabo																																																																																																																					

 Verde: Actividad terminada
 A: Amarillo: Actividad en ejecución
 R: Rojo: Actividad crítica

Figura 3.35 Reporte de estatus aplicado a la propuesta metodológica

En el reporte de estatus de la figura 3.35 donde se llevo acabo la metodología propuesta al desarrollo de una flecha cardán, dentro de la columna que corresponde al código de colores del cumplimiento de fechas programadas de cada elemento, se observa que en color verde se encuentran las actividades realizadas al 100%, en color amarillo las actividades que no se realizaron completamente o que se encuentran en ejecución, por ejemplo; los dibujos y parámetros definitivos, ya que al no realizar el DoE queda pendiente el parámetro final del diámetro del yugo, en otro caso también están los métodos de mejora del proceso, que es el elemento que se encuentra en aplicación continua y en color rojo aquellas actividades que no se llevaron acabo por no estar al alcance de este trabajo, por ejemplo, el DoE, análisis competitivo y la liberación del producto.

Resultados y Conclusiones

En general las metodologías de diseño pueden parecer procesos muy complicados, pero en realidad, es una forma de organizar datos, estudiarlos y alcanzar objetivos y metas planteadas, tomando como punto primordial la satisfacción del cliente logrando con ello mejores ventas y la permanencia en el mercado.

El desarrollo de nuevos productos es vital para la competitividad de las empresas, ya que por el dinamismo de la economía se debe estar en un proceso de mejora continua o de lo contrario, se corre el riesgo de estancarse y ser eliminado del mercado por las compañías competidoras. Una metodología crea un marco de referencia y una estructura para que se tenga una continúa renovación en todos los ámbitos de la compañía.

Uno de los enfoques de la ingeniería mecánica es el diseño y fabricación de productos y maquinaria, mientras que la ingeniería industrial se encarga de administrar los recursos humanos y materiales dentro de una empresa. El hecho de conjuntar ambas disciplinas facilita procesos y crea herramientas para el desarrollo de nuevos productos, en donde fluyen las ideas e información entre las distintas áreas involucradas, logrando así el rápido avance del proyecto con el uso eficiente de los recursos disponibles, cumpliendo así con los requerimientos establecidos por el cliente y normas de calidad.

El presente trabajo estableció la unión de conceptos tanto de la ingeniería industrial como de la ingeniería mecánica, dando como resultado una metodología que puede ser aplicada en cualquier ramo de la industria; ésta, al igual que otras, requiere en su campo de aplicación de una diversidad de disciplinas, así como la participación de los departamentos o áreas que compongan la compañía en la que será aplicada.

La metodología propuesta se arma con conceptos de herramientas poderosas para alcanzar los objetivos dados por el cliente, tales como Seis Sigma y Taguchi aplicados para el diseño de experimentos, Cross para determinación de objetivos e identificación de necesidades, QFD para escuchar la voz del

cliente y la principal aportación es el APQP como una herramienta administrativa, que brinda un marco de referencia para dar seguimiento de una manera ordenada a compromisos establecidos y al cumplimiento de fechas con el cliente.

Dicha propuesta metodológica, fue aplicada al caso de una flecha cardán de servicio ligero dentro de la industria automotriz, con el objetivo de mejorar su desempeño y eliminar las quejas recibidas por el cliente.

Siguiendo paso a paso el diagrama de flujo de la metodología mostrada en la figura 2.21, se determinó que el objetivo principal era disminuir el índice de balanceo en la flecha, el cual genera otros problemas tales como ciclos largos de ensamble, causando retrasos en los tiempos de entrega y penalizaciones por parte del cliente. En la tabla 4.1 se muestra una síntesis de los resultados obtenidos del desarrollo de la metodología para el caso de la flecha cardán.

Paso de la Metodología	Desarrollo para flecha cardán
1. Identificación de las necesidades	En esta fase se seleccionó al equipo de trabajo, la meta y alcance del proyecto. Se detectó que el punto primordial era reducir el Índice de balanceo de la flecha ofreciendo una mejor calidad en el producto.
2. Benchmarking	El benchmarking fue útil para conocer como percibe el cliente a la compañía y como la compara con los competidores. Esto dió pauta para ubicar el área de oportunidad al implementar el uso de nueva tecnología.
3. Definición del problema	Se utilizó el SIPOC en una flecha cardán de servicio ligero, analizando el ensamble de la misma, los diferentes procesos y sus tiempos de ejecución. Para finalmente determinar el cuello de botella y aquellas operaciones que si bien no agregan valor al producto son necesarias para lograr un mejor índice de balanceo, las cuales son el prealaminado, enfriamiento y enderezado.
4. Determinación de objetivos	Se determinó que para disminuir el índice de balanceo, se debía reducir el número y tamaño de los contrapesos y además disminuir la deformación en la operación de unión de elementos.
5. Generación de alternativas y estudio del nuevo diseño	Por medio de la técnica de lluvia de ideas, se propusieron diversas soluciones para cada uno de los objetivos determinados en la anterior etapa. Después de analizar cada solución y conocer que implicaba llevar a cabo cada una, se seleccionó hacer un diseño de experimentos para calcular una presión más exacta en la unión de yugos y tubo. Reducir la tolerancia en las dimensiones de los yugos para eliminar la operación de prealaminado. Para disminuir el enderezado, se llegó a la conclusión de cambiar el tubo de uno rolado con costura a uno extruido. Para reducir el número y tamaño de los contrapesos la solución más viable es invertir en maquinaria que calcule y corte el contrapeso exacto. Finalmente para reducir el tiempo de ciclo se eligió acelerar la operación de soldado.
6. Dibujos y especificaciones preliminares	Después de analizar las soluciones seleccionadas, fueron creados los dibujos preliminares de la flecha.
7. Estudio de factibilidad	Al resolver el cuestionario de factibilidad, se concluye que la flecha puede ser realizada pero es necesario realizar algunos cambios que se analizan en la siguiente fase de la metodología.
8. Estudio del nuevo diseño	Para esta sección se planteó el diseño de experimentos con las variables presión y dimensión del yugo, para obtener como resultado la disminución en los índices de balanceo. El DoE solo quedó indicado y no se llevó a cabo su realización pues no es el alcance de este trabajo.
9. Dibujos y parámetros definitivos	Al realiza el diseño de experimentos, se conocen las variaciones que sufrirá la flecha y por tanto se pueden ahora realizar los dibujos con los parámetros finales.
10. Análisis Competitivo	Ahora que ya de tiene diseñado el nuevo producto se recomienda realizar un nuevo benchmarking donde los clientes ahora podrán comparar la nueva flecha contra las de la competencia.
11. Estandarización y documentación de los métodos de fabricación	Llegado a este punto se realizaron la estandarización y la documentación de los métodos de fabricación para que la flecha cumpla con las especificaciones que se tienen comprometidas con el cliente.
12. Métodos de mejora del proceso	Los problemas que ocurran durante la fabricación del producto deberán ser corregidos, documentados y supervisados para evitar que vuelvan a ocurrir.
13. Implementación y liberación del producto	Finalmente en esta etapa el cliente después de aceptar el diseño del nuevo producto, firmará el contrato con las condiciones con las que el producto puede ser garantizado por el proveedor.

Tabla de Resultados. Síntesis del desarrollo de la metodología para flecha cardán.

Analizando los diferentes cambios propuestos para la flecha cardán, se visualiza que ésta no sufrirá cambios perceptibles, sin embargo, el balanceo

será más preciso. Las distintas modificaciones al proceso son cambios sencillos de hacer; en una primera etapa se solicita a los proveedores de materiales piezas con magnitudes más exactas, disminuyendo tolerancias en las dimensiones, otro cambio, es surtir tubo extruido, con el cual se puede evitar las deformaciones y exceso o escasez de soldadura en un tubo rolado; tan solo con estos dos cambios se espera reducir considerablemente el índice de balanceo. Otro punto importante, es realizar el diseño de experimentos en el proceso de unión de elementos y aunque se desperdiciarán algunas flechas en el experimento, los resultados obtenidos servirán para evitar deformaciones en los elementos, reduciendo su balanceo y aumentando la calidad del producto. La única modificación que puede considerarse mayor, es el cambio en el proceso de balanceo, donde se sustituirá al operario por una máquina que añada el contrapeso exacto. Si bien ésta opción requiere de una inversión inicial, no debe olvidarse todos los beneficios que conlleva, como lo son un balanceo más exacto, el añadido de un solo contrapeso y de poco tamaño, disminución en el tiempo de ensamble (al modificarse una sola parte del proceso) y finalmente la satisfacción del cliente, primero al implementar una nueva tecnología, después, al recibir los embarques a tiempo y el punto más importante; entregar un producto con una mayor calidad, con lo que se espera no solo conservar clientes, sino aumentar los pedidos, recuperar antiguos clientes e incluso ganar un nuevo mercado.

Como se pudo observar a lo largo del capítulo 3, el proceso de ensamble de la flecha posee muchos factores y variables a considerar, pero al seguir punto por punto la metodología, se puso en claro cuales son los elementos más importantes y cuales podrían ser tomados en cuenta para ser modificados.

La metodología propuesta resulta de fácil manejo, brindando la posibilidad de hacer mejoras notables en un proceso, tan solo con el llenado de algunos formatos y realizando lluvias de ideas; además, el hecho de incluir la metodología APQP, permite organizar perfectamente quién debe realizar cada trabajo y en cuanto tiempo debe de hacerlo, evitando conflictos entre las diversas áreas y creando la posibilidad de hacer planes emergentes cuando se detecten atrasos. Así bien, cualquier tipo de empresa puede basarse en ésta

metodología para entender que es lo que desea el cliente y como llevar a cabo sus requerimientos, encontrando además cuales son los problemas que aquejan al proceso y como pueden eliminarse, para finalmente llevar a buen término la fabricación del producto y mantener su posición en el mercado, para posteriormente avanzar.

APÉNDICES

Apéndice A

Herramientas de Ayuda para construcción de Matrices en
QFD

A continuación se exponen las herramientas que serán empleadas en la construcción de la casa:

a) Diagrama de afinidad

Los diagramas de afinidad se usan para promover el pensamiento creativo. Organizan las ideas en una forma que les permite ser discutidas, mejoradas e interaccionadas con todos los participantes.

Tales diagramas se desarrollan usando los siguientes pasos:

1. Se forma un equipo de empleados familiarizados con este tema.
2. El tema sujeto a discusión se establece sin explicación detallada.
3. Las respuestas de los participantes son planteadas verbalmente y anotadas en tarjetas. Los participantes se deben limitar a una idea por tarjeta.
4. Las tarjetas se distribuyen en una mesa grande, y se les pide a los participantes que las agrupen. Las tarjetas que no se ajustan a algún grupo específico, se agrupan en un grupo diverso.
5. Los participantes examinan las tarjetas de cada grupo y tratan de encontrar una palabra descriptiva que contenga la esencia de las diferentes tarjetas en ese grupo. Esta palabra o pequeña frase se escribe en una tarjeta que se coloca al frente del grupo. Se convierte en el encabezado de ese grupo de ideas.
6. La información en las tarjetas se repite en papel con recuadros alrededor de cada grupo de ideas.

b) Diagrama de Árbol

El diagrama de árbol muestra las tareas que necesitan ser terminadas para resolver el problema en cuestión. Para desarrollar un diagrama de árbol, se siguen los siguientes pasos:

1. Identificar claramente el problema por resolver. Puede tomarse del diagrama de afinidad. También puede ser un problema que se haya identificado sin el uso de la otra herramienta. Escribirlo sobre una tarjeta.
2. Realizar una sesión de tormenta de ideas en la que los participantes anoten en tarjetas todas las posibles tareas, métodos y actividades relacionadas con el problema. Se debe realizar repetidamente la pregunta: "¿Para que esto suceda, qué tiene que ocurrir primero?" Continuar esto hasta que todas las ideas se hayan agotado.
3. Ordenar todas las tarjetas basado en lo que debe pasar primero, trabajando de izquierda a derecha.
4. Duplicar en papel las tarjetas sobre las mesa y distribuir copias a todos los participantes. Permitir que ellos revisen y corrijan el documento.

c) Diagrama de Matriz

El diagrama de matriz es la herramienta más frecuentemente usada de las herramientas del QFD. Es una herramienta útil para identificar y gráficamente desplegar conexiones (vistas como intersecciones en el diagrama) entre responsabilidades, tareas, funciones, etc. Hay varios tipos diferentes de diagramas de matriz. El formato para el más común de éstos, es la matriz con forma de L, que se muestra en la tabla A.1.

Tal diagrama se desarrolla listando un conjunto de elementos verticalmente y el otro conjunto horizontalmente. Las tareas por realizar se listan verticalmente, y los departamentos o unidades responsables están listados horizontalmente. Cada intersección entre los elementos vertical y horizontal se codifica. Esto puede hacerse usando números, letras o símbolos gráficos.

Matriz	Entradas Horizontales				
	H1	H2	H3	H4	H5
L					
V1					

	V1					
	V2					
	V4					
	V5					
	V6					

Tabla A.1 Matriz L

d) Diagrama FAST

La técnica de FAST es usada para analizar costos. Pero el método puede ser útil en ingeniería de diseño. El diagrama FAST es una técnica para analizar la estructura funcional de un sistema técnico. FAST significa Técnica Sistemática de Análisis Funcional, creada por Charles W. Bytheway en 1965, como una forma para organizar sistemáticamente y representar las relaciones funcionales de un sistema técnico. El análisis funcional se lleva a cabo en 5 fases:

Listado de funciones.

Organización.

Caracterización.

Ordenación jerárquica.

Evaluación.

Finalmente se representa el diagrama funcional (FAST) del producto o proceso.

En FAST las funciones del sistema son identificadas y desplegadas gráficamente con respecto a la relación entre las preguntas ¿cómo? y ¿por qué?

Para elaborar un diagrama FAST para un sistema, todas las funciones conocidas que pueden ser asociadas con el sistema técnico interno y externo deben ser identificadas. Al principio no es esencial que las funciones sean desarrolladas en una manera ordenada o que estén completas. En esta etapa, es conveniente escribir cada función sobre una tarjeta separada. Durante la descripción de un existente sistema técnico, es fácil identificar todas las

funciones. Las funciones son clasificadas en funciones básicas y secundarias. La función básica es la función del sistema técnico. Las funciones secundarias son todas las demás funciones que son parte del sistema técnico y apoyan la función básica. Dos flechas son colocadas en la parte de arriba del diagrama FAST, una apuntando a la derecha con el texto ¿cómo? y otra apuntando a la izquierda con el texto ¿por qué? Las funciones básicas y de apoyo son seleccionadas y colocadas una sobre la otra para iniciar el diagrama FAST, con la función básica de más jerarquía. Las funciones secundarias están acomodadas a la izquierda o a la derecha de las funciones, sobre el diagrama dependiendo sobre la pregunta que contesten ¿cómo? o ¿por qué?

Como las funciones son agregadas al diagrama FAST, estas se unen por una línea para indicar la relación causa y efecto. Cuando dos o más funciones son requeridas para contestar la pregunta ¿cómo? las líneas se unen a ellas serán conectadas juntas a la derecha. Si hay funciones alternas pero exclusivas que contesten la pregunta ¿cómo? serán unidas independientemente a su ¿por qué? de la función sobre la derecha.

Si el sistema técnico esta completamente definido, y si alguna de las funciones originalmente propuestas no es usada, la descripción del sistema debe ser reexaminado para ver si algo ha sido omitido, o si la función anticipada fue innecesaria. Para mostrar el alcance del sistema técnico dos líneas verticales son dibujadas, una en el extremo izquierdo y otra en el extremo derecho. Todo lo que cae dentro las líneas de alcance debe constituir una descripción del sistema funcional. Aquellas funciones que caen fuera de las líneas de alcance representan las entradas y las salidas. Las funciones a la izquierda, de la línea de alcance izquierda son las necesidades que satisface el sistema. Las de la derecha, de la línea de alcance derecha representan los recursos requeridos.

Apéndice B

Encuestas Internas para la definición del problema.

A continuación se presentan las encuestas realizadas a los operadores del proceso de flecha cardán para identificar las necesidades del proceso

Encuesta 1. Operador de prensado

ENCUESTA INTERNA PARA IDENTIFICAR LAS NECESIDADES DEL PROCESO	
¿Qué función desempeña dentro del proceso de la Flecha Cardán?	Estoy en la operación de prensado
¿Tiene problemas con la materia prima? Si es afirmativo, explique:	Si, a veces el tubo esta muy ovalado y no se puede prensar. Otras veces viene bien y no hay problema prensa muy rápido sin problemas Luego las juntas estan muy duras, o el yugo está desplazado y lo prensa chueco
¿Tiene problemas con el equipo? Si es afirmativo, explique:	Las mordazas a veces están desgastadas y el carro se mueve disparejo Los herramientas no están bien identificados luego no los encuentro
¿Tiene alguna queja con respecto al proceso? Si es afirmativo, explique	El tubo
Con respecto a la función que realiza: ¿Qué modificaría para mejorar al Proceso?	Que el tubo no venga ovalado para poder prensar rápido como se necesita para que el cliente no se enoje

Encuesta 2. Operador de preeliminado y soldadura

ENCUESTA INTERNA PARA IDENTIFICAR LAS NECESIDADES DEL PROCESO	
¿Qué función desempeña dentro del proceso de la Flecha Cardán?	Yo estoy en dos operaciones, preeliminado y soldadura
¿Tiene problemas con la materia prima? Si es afirmativo, explique:	A veces el tubo no se puede preeliminar porque está como chueco ovalado Pero cuando lo estoy soldando no se ve nada raro. A veces mi compañero de adelante se queja porque cree que yo la mando mal el material
¿Tiene problemas con el equipo? Si es afirmativo, explique:	No
¿Tiene alguna queja con respecto al proceso? Si es afirmativo, explique	A veces es muy rápido pero luego es muy lento, cuando el tubo viene mal
Con respecto a la función que realiza: ¿Qué modificaría para mejorar al Proceso?	Pues como que hay que quitar el tubo koreano se tuvieramos puro de Hylsa estaría más fácil

Encuesta 3. Operador de enderezado

ENCUESTA INTERNA PARA IDENTIFICAR LAS NECESIDADES DEL PROCESO	
¿Qué función desempeña dentro del proceso de la Flecha Cardán?	
Enderezo la flecha	
¿Tiene problemas con la materia prima? Si es afirmativo, explique.	
El tubo es un problema porque se marca muy fácil, como que está más duro de un lado que de otro y no le puedes pisar con confianza	
¿Tiene problemas con el equipo? Si es afirmativo, explique:	
No	
¿Tiene alguna queja con respecto al proceso? Si es afirmativo, explique	
Siempre con el tubo coreano lo deberian de quitar	
Con respecto a la función que realiza: ¿Qué modificaría para mejorar al Proceso?	
Quitaría el tubo coreano	

Encuesta 4 Operador de balanceo

ENCUESTA INTERNA PARA IDENTIFICAR LAS NECESIDADES DEL PROCESO	
¿Qué función desempeña dentro del proceso de la Flecha Cardán?	
Estoy en la operación de balanceo	
¿Tiene problemas con la materia prima? Si es afirmativo, explique:	
Pues no, pero mi compañero de enderezado si los tiene	
¿Tiene problemas con el equipo? Si es afirmativo, explique:	
Luego no se puede calibrar, como que no queda bien enderezado pero se las mando de regreso a mi compañero	
¿Tiene alguna queja con respecto al proceso? Si es afirmativo, explique	
No	
Con respecto a la función que realiza: ¿Qué modificaría para mejorar al Proceso?	
Ninguna	

Encuesta 5. Operador de prensado

ENCUESTA INTERNA PARA IDENTIFICAR LAS NECESIDADES DEL PROCESO	
¿Qué función desempeña dentro del proceso de la Flecha Cardán?	Preonso la flecha
¿Tiene problemas con la materia prima? Si es afirmativo, explique:	El tubo coreano es muy raro, a veces viene bien y a veces mal, tengo que mover la presión a cada rato, pero hay que prensarlo así, tenemos cuidado porque podemos generar rebaba interna pero no nos damos cuenta
¿Tiene problemas con el equipo? Si es afirmativo, explique:	Los carros se mueven para los lados, como que la máquina está muy vieja
¿Tiene alguna queja con respecto al proceso? Si es afirmativo, explique	La rampa de descarga no está grande y no puedo poner más producción
Con respecto a la función que realiza: ¿Qué modificaría para mejorar al Proceso?	Más grande la rampa para poner más flechas

Apéndice C

En el presente apéndice se muestran cinco de los ejemplos más representativos, obtenidos en el benchmarking contestado por clientes de flechas cardán.

Cumplimiento en tiempo a APQP	10	9	X	7	6	5	4	3	2	1
Funcionalidad y facilidad de ensamble	X	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Sistemas de comunicación	X	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Tiempo de respuesta a problemas	X	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Tiempo de respuesta a requerimientos específicos	X	9	8	7	6	6	4	3	2	1
¿Cómo considera en terminos generales la atención que recibe de la compañía?	10	X	8	7	6	5	4	3	2	1

5. ¿Quiénes son sus proveedores de flechas cardán? Enumere el porcentaje de compra que le asigna a cada uno.

Proveedor	% Asignado de compra
Nuestra compañía.	(100%)
	()
	()
	()

6. Si tiene un proveedor de flechas cardán distinto a nuestra compañía, por favor califique los siguientes conceptos de acuerdo a la satisfacción que tiene con él. Siendo el 10 muy satisfecho y 1 muy insatisfecho

Nombre del Proveedor: _____

	Muy Satisfecho					Muy insatisfecho				
Asistencia técnica en el manejo del producto	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Atención a clientes	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Calidad del producto	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Cumplimiento en tiempo a APQP	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Funcionalidad y facilidad de ensamble	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Sistemas de comunicación	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Tiempo de respuesta a problemas	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Tiempo de respuesta a requerimientos específicos	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
¿Cómo considera en terminos generales la atención que recibe de la compañía?	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

7. Tiene algún comentario final que le gustaría hacer sobre nuestra compañía?

Es un proveedor confiable, que debe continuar trabajando para mantenerse en este concepto.

Gracias por su cooperación y tiempo

Firma: _____

Figura C.1a Benchmarking contestado por cliente

Cumplimiento en tiempo a APQP	10	X	8	7	6	5	4	3	2	1
Flexibilidad a cambios de volúmenes	10	9	X	7	6	5	4	3	2	1
Precio	10	X	8	7	6	5	4	3	2	1
Respuesta a solicitudes de cotización	10	X	8	7	6	5	4	3	2	1
Sistemas de comunicación	10	X	8	7	6	5	4	3	2	1
¿Cómo considera en terminos generales la atención que recibe de la compañía?	10	X	8	7	6	5	4	3	2	1

5. ¿Quiénes son sus proveedores de flechas cardan? Enumere el porcentaje de compra que le asigna a cada uno.

Proveedor	% Asignado de compra
Nuestra compañía.	(100%)
	()
	()
	()

6. Si tiene un proveedor de flechas cardan distinto a nuestra compañía, por favor califique los siguientes conceptos de acuerdo a la satisfacción que tiene con él. Siendo el 10 muy satisfecho y 1 muy insatisfecho

Nombre del Proveedor: _____

	Muy Satisfecho					Muy insatisfecho				
Asistencia técnica en el manejo del producto	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Atención a clientes	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Calidad del producto	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Cumplimiento en tiempo a APQP	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Funcionalidad y facilidad de ensamble	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Sistemas de comunicación	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Tiempo de respuesta a problemas	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Tiempo de respuesta a requerimientos específicos	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
¿Cómo considera en terminos generales la atención que recibe de la compañía?	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

7. Tiene algún comentario final que le gustaría hacer sobre nuestra compañía?

Ninguno _____

Gracias por su cooperación y tiempo

Firma: _____

Figura C.1b Benchmarking contestado por cliente

Cumplimiento en tiempo a APQP	10	9	8	7	6	X	4	3	2	1
Desarrollo de nuevos productos	10	9	8	7	6	5	X	3	2	1
Calidad en la documentación	10	9	8	7	6	X	4	3	2	1
Flexibilidad a cambio de volúmenes	10	9	8	7	6	5	X	3	2	1
Respuestas a solicitudes de cotización	10	9	8	7	6	X	4	3	2	1
¿Cómo considera en términos generales la atención que recibe de la compañía?	10	9	8	7	6	X	4	3	2	1

5. ¿Quiénes son sus proveedores de flechas cardan? Enumere el porcentaje de compra que le asigna a cada uno.

Proveedor	% Asignado de compra
Nuestra compañía.	(40%)
Meritor	(50%)
Ejes cardánicos	(10%)
	()

6. Si tiene un proveedor de flechas cardan distinto a nuestra compañía, por favor califique los siguientes conceptos de acuerdo a la satisfacción que tiene con él. Siendo el 10 muy satisfecho y 1 muy insatisfecho

Nombre del Proveedor: Meritor

	Muy Satisfecho					Muy Insatisfecho				
Asistencia de ventas	10	9	8	X	6	5	4	3	2	1
Calidad en la documentación	10	9	X	7	6	5	4	3	2	1
Calidad del producto	10	9	X	7	6	5	4	3	2	1
Cumplimiento en tiempo a APQP	10	9	X	7	6	5	4	3	2	1
Entregas en tiempo y cantidad	10	9	8	X	6	5	4	3	2	1
Desarrollo de nuevos productos	10	9	X	7	6	5	4	3	2	1
Respuesta a solicitudes de cotización	10	9	8	X	6	5	4	3	2	1
Precio	10	9	8	X	6	5	4	3	2	1
Flexibilidad a cambios de volúmenes	10	9	8	X	6	5	4	3	2	1
Sistemas de comunicación	10	9	X	7	6	5	4	3	2	1
¿Cómo considera en términos generales la atención que recibe de éste?	10	9	8	X	6	5	4	3	2	1

7. Tiene algún comentario final que le gustaría hacer sobre nuestra compañía?

Revisión total de sus políticas de estructura de costos y comercialización.

Gracias por su cooperación y tiempo

Firma: _____

Figura C.1c Benchmarking contestado por cliente

Cumplimiento en tiempo a APQP	10	9	X	7	6	5	4	3	2	1
Desarrollo de nuevos productos	10	9	8	7	6	X	4	3	2	1
Precio	10	X	8	7	6	5	4	3	2	1
Producto duradero	10	X	8	7	6	5	4	3	2	1
Sistemas de comunicación	10	9	X	7	6	5	4	3	2	1
¿Cómo considera en terminos generales la atención que recibe de la compañía?	10	9	X	7	6	5	4	3	2	1

5. ¿Quiénes son sus proveedores de flechas cardan? Enumere el porcentaje de compra que le asigna a cada uno.

Proveedor	% Asignado de compra
Nuestra compañía.	(80%)
American Axle & Manufacturing	(20%)
	()
	()

6. Si tiene un proveedor de flechas cardan distinto a nuestra compañía, por favor califique los siguientes conceptos de acuerdo a la satisfacción que tiene con él. Siendo el 10 muy satisfecho y 1 muy insatisfecho

Nombre del Proveedor: American Axle & Manufacturing

	Muy Satisfecho					Muy insatisfecho				
Asistencia de ingeniería	10	9	8	X	6	5	4	3	2	1
Calidad en la documentación	10	9	X	7	6	5	4	3	2	1
Calidad del producto	10	X	8	7	6	5	4	3	2	1
Cumplimiento en tiempo a APQP	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Confiabilidad del producto	10	X	8	7	6	5	4	3	2	1
Desarrollo de nuevos productos	10	X	8	7	6	5	4	3	2	1
Estandarización de números de parte	10	X	8	7	6	5	4	3	2	1
Precio	10	9	8	X	6	5	4	3	2	1
Producto duradero	10	X	8	7	6	5	4	3	2	1
Sistemas de comunicación	10	X	8	7	6	5	4	3	2	1
¿Cómo considera en terminos generales la atención que recibe de ésta?	10	9	X	7	6	5	4	3	2	1

7. Tiene algún comentario final que le gustaría hacer sobre nuestra compañía?

La compañía no ha propuesto ideas de mejora al producto y las ideas de reducción de costos han sido muy escasas y aquellas que propuso no fueron implementadas. No ha existido por parte de su compañía la iniciativa de buscar nueva tecnología y su posible implementación.

Gracias por su cooperación y tiempo

Firma: _____

Figura C.1d Benchmarking contestado por cliente

Encuesta de Satisfacción del Cliente

Cliente: xxxxxxxxxxxx.	Fecha: xxxxxxxxxxxx
Nombre: xxxxxxxxxxxx	Puesto: xxxxxxxxxxxx
Teléfono: xxxxxxxxxxxx	Antigüedad en el puesto: xx años
E-mail: xxxxxxxxxxxx	Fax: xxxxxxxxxxxx

1. ¿Participa en la selección de un proveedor de flecha cardan?

Si: ()

No: (X)

Si la respuesta es positiva ¿De qué forma participa?

2. ¿Qué es lo que usted espera de un proveedor de servicio completo?

Que cumpla con los estándares de calidad del producto que ofrece. Que tenga precios competitivos. Que tenga equipo de punta para la elaboración de diseño de sus partes. Que sus instalaciones y procesos estén dentro de las últimas normas de calidad de la industria. Que sus entregas sean a tiempo y completas.

3. De la siguiente lista de atributos que debe ofrecer un proveedor, escoja los diez más importantes para su área y califique el grado de importancia que tienen para usted en la toma de decisiones, siendo el 10 el más importante y el 1 el menos importante

- | | | | |
|----------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------|-------|
| Asistencia de ventas | () | Funcionalidad y facilidad de ensamble | (1) |
| Asistencia técnica en el manejo del producto | (3) | Precio | (9) |
| Atención a problemas | (5) | Productos libres de mantenimiento | () |
| Calidad del producto | (10) | Servicio | (3) |
| Calidad en la documentación | (8) | Sistemas de comunicación | () |
| Cumplimiento en tiempo a APQP | (9) | Sistema EDI | () |
| Desarrollo de nuevos productos | (4) | Soporte de ingeniería | (7) |
| Desviaciones de ingeniería | () | Tecnología de punta | (6) |
| Empaque | () | Tiempo de respuesta a requerimientos específicos | (2) |
| Entregas en tiempo y cantidad | (8) | Otro: _____ | () |

4. De los siguientes conceptos que se le presentan, por favor califique el grado de satisfacción que tiene en cada uno, con respecto a los productos y servicios que le ofrecemos siendo el 10 muy satisfecho y 1 muy insatisfecho.

	Muy Satisfecho					Muy insatisfecho				
Sistemas de comunicación	10	9	8	X	6	5	4	3	2	1
Funcionalidad y facilidad de ensamble	10	9	X	7	6	5	4	X	2	1
Calidad del producto	10	X	8	7	6	5	4	3	2	1

Cumplimiento en tiempo a APQP	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Asistencia técnica en el manejo del producto	10	9	X	7	6	5	4	3	2	1
Atención a problemas	10	9	X	7	6	5	4	3	2	1
Tiempo de respuesta a requerimientos espec.	10	9	X	7	6	5	4	3	2	1
Tiempo de respuesta a problemas	10	9	8	X	6	5	4	3	2	1
¿Cómo considera en terminos generales la atención que recibe de la compañía?	10	9	X	7	6	5	4	3	2	1

5. ¿Quiénes son sus proveedores de flechas cardan? Enumere el porcentaje de compra que le asigna a cada uno.

Proveedor	% Asignado de compra
Nuestra compañía.	(? %)
American Axle Manufacturing	(? %)
	()
	()

6. Si tiene un proveedor de flechas cardan distinto a nuestra compañía, por favor califique los siguientes conceptos de acuerdo a la satisfacción que tiene con él. Siendo el 10 muy satisfecho y 1 muy insatisfecho

Nombre del Proveedor: American Axle Manufacturing

	Muy Satisfecho					Muy insatisfecho				
Sistemas de comunicación	10	9	8	X	6	5	4	3	2	1
Funcionalidad y facilidad de ensamble	10	X	8	7	6	5	4	X	2	1
Calidad del producto	10	X	8	7	6	5	4	3	2	1
Cumplimiento en tiempo a APQP	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Asistencia técnica en el manejo del producto	10	9	X	7	6	5	4	3	2	1
Atención a problemas	10	9	X	7	6	5	4	3	2	1
Tiempo de respuesta a requerimientos espec.	10	9	X	7	6	5	4	3	2	1
Tiempo de respuesta a problemas	10	9	8	X	6	5	4	3	2	1

¿Cómo considera en terminos generales la atención que recibe de éste?

	10	9	8	X	6	5	4	3	2	1
--	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---

7. Tiene algún comentario final que le gustaría hacer sobre nuestra compañía?

En general su compañía es y ha sido un buen proveedor, a nivel de ingeniería los seguimos considerando dentro de los desarrollos de nuevos proyectos como proveedores potenciales de tipo de componenetes.

Gracias por su cooperación y tiempo

Firma: _____

Figura C.1e Benchmarking contestado por cliente

Apéndice D

Lluvia de Ideas para DoE

A continuación se presentan los factores que afectan al proceso, principalmente a la característica objetivo (índices de balanceo).

- Presión de prensado
- Alineación de la prensa
- Dimensión de diámetro de yugo
- Dimensión de diámetro int de tubo
- Tipo de material de tubo
- Tipo de material de yugo
- Espesor del tubo
- Turno de producción
- Temperatura ambiente
- Humedad del ambiente
- Maquinaria
- Perpendicularidad en el corte del tubo

Selección De Factores: De la anterior lista de factores que afectan al proceso, se elige, en primer lugar, la presión de prensado, ya que al realizar la operación, el tubo puede sufrir flexión por presión excesiva o no lograr una unión correcta por falta de la misma, afectando directamente al índice de balanceo. Y el segundo factor es la dimensión del diámetro de yugo, ya que si esta dimensión esta por debajo de la especificación requerida, en el momento del prensado, el tubo va a sufrir una flexión, ya que el tubo al chocar con el yugo y no llegue a la presión especificada, la prensa continuará su operación hasta llegar a la presión y si el diámetro es mayor, la prensa llega a su presión especificada antes de lograr una unión exacta con el yugo.

Glosario

ABB: Asea Brown Bobery. Ltd, compañía fundada en 1883 en Estocolmo Suecia. En un inicio surge como compañía manufacturera, se desarrolla en el ámbito de la luz eléctrica, fabricación de generadores y transmisión de alto voltaje. Actualmente es líder en automatización, tecnologías avanzadas, de potencia y soluciones en energía alternativa.

CAJA NEGRA: Contiene todas las funciones que son necesarias para convertir las entradas en salidas.

CAJA TRANSPARENTE: Es lo que en un principio se denomina caja negra pero ahora la función general se vuelve a dibujar como una caja transparente en la que se pueden ver las funciones secundarias necesarias y sus enlaces.

DANA: Compañía creada en E.U. en el año de 1904 por Clarence Spicer dedicada a la fabricación de transmisiones automotrices (Chaim Drive Systems)

EDI: Software de comunicación con el cliente. Consulta de requerimientos de producción y fecha de embarque. Se indica al cliente cuando serán cubiertos estos requerimientos.

PPAP: Por sus siglas en inglés; Production Part Approval Process. Proceso de aprobación de una parte para producción. Es un requerimiento de calidad para que un producto pueda ser producido y embarcado para un cliente.

PPM: Partes Por Millón. Nos indica la cantidad de partes que no cumplen con los requerimientos para los que fueron diseñadas. Se calcula de la siguiente forma:

$$PPM = \frac{Pd \times 1000000}{Pp}$$

En donde

PPM: Partes Por Millón

Pd: Cantidad de partes que no cumplen con los requerimientos

Pp: Cantidad de partes que se produjeron en total, cuando las Pd fueron realizadas

UNISYS Corp: Compañía fundada en 1873 en E.U., se llamó inicialmente E. Remington and Sons, introduce la primera máquina de escribir. Actualmente es una compañía líder en tecnología de servicios e información.

Bibliografía

- Ingeniería de vehículos sistemas y cálculos
Manuel Cascajosa
Editorial: Tebar -- 2000
- Métodos de diseño, estrategias para el diseño de productos.
Nigel Cross
Editorial Limusa -- 2001-2003
- Seis Sigma una iniciativa de calidad total.
Erick Barba, Francesc Boix, Luis Cuatrecasas
Ediciones Gestión 2000, S.A. -- 2000
- Taguchi technical quality engineering
Ross, Phillip J
Mc. Graw Hill.
- Transmisiones y bastidor
Miguel de Castro Vicente
Ediciones Ceac Barcelona -- 1988
- Transmisiones y caja de cambios de automóvil
William H. Crouse
Publicaciones Marcombo Barcelona -- 1982
- Manual de APQP FORD Supplier
AIAG(Asociación Automotriz) 3ª Edición -2001
- Seis Sigma. Black Belt
PriceWatherHouseCoopers - 2002
- Despliegue de funciones de calidad QFD. Integración de necesidades del cliente en el diseño del producto.
Yoji Akao
Editorial: TGP-Hoshin, S.L. -- 1993
- La funcion despliegue de la calidad
Marvin Eduardo Gonzalez Espinosa
McGraw-Hill, c2001

- Aplicación de las Herramientas Seis Sigma: Introducción de la filosofía y visión de Seis Sigma en una empresa.
Moreno Sánchez Rubén E.
Tesis para obtener el título de Ingeniero Químico, FES Zaragoza – 2003
- Iniciativa de calidad Seis Sigma; Una opción para incrementar la productividad y mejorar la competitividad de las organizaciones.
López Muñoz salvador
Tesis para obtener el título de Ingeniero Químico, FES Cuautitlán-2004
- La metodología Seis Sigma y sus aspectos económicos.
Castañón Coro, Santiago
Tesis para obtener el título de Ingeniero Químico, UNAM – 2003
- Benchmarking
www.monografias.com/trabajos3/bench/bench.html
Consultada el 14 de enero de 2005
- Cardanes, S.A. de C.V.
www.cardanes.com.mx/default800.html
Consultada el 30 de noviembre de 2004
- Cardyfren, S.A.
www.cardyfren.com/html
Consultada el 29 de enero de 2005
- Dana corp.
www.dana.com/technology/innovative/
Consultada el 27 de marzo de 2005
- Six sigma corporation
www.sixsigma.com
consultada el 29 noviembre del 2004
- Six sigma
www.sixsigma.com
consultada el 5 de diciembre del 2004
- Taguchi approach to quality engineering
www.cnde.iastate.edu/staff/bforoura/html/taguchi.html
consultada el 25 noviembre del 2004