

**ADVERTIMENT.** La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX ([www.tesisenxarxa.net](http://www.tesisenxarxa.net)) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

**ADVERTENCIA.** La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR ([www.tesisenred.net](http://www.tesisenred.net)) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

**WARNING.** On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX ([www.tesisenxarxa.net](http://www.tesisenxarxa.net)) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author

# **METODOLOGÍA DE DISEÑO CONCEPTUAL MODULAR PARA LA DE SELECCIÓN DE VARIABLES MODULARES**

Autor:

**Marcos Echevarría–Quintana.**

Director de Tesis:

Joaquím Lloveras Maciá.

Coordinador del Programa de Doctorado.

Doctorado en:

Proyectos de Innovación Tecnológica para la Ingeniería de Productos y Procesos.

Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona (ETSEIB).

Barcelona, España a 5 de Noviembre de 2015.

**Tesis Presentada para Obtener el Título de Doctor.**





Curs acadèmic:

## Acta de qualificació de tesi doctoral

Nom i cognoms

Programa de doctorat

Unitat estructural responsable del programa

## Resolució del Tribunal

Reunit el Tribunal designat a l'efecte, el doctorand / la doctoranda exposa el tema de la seva tesi doctoral titulada

Acabada la lectura i després de donar resposta a les qüestions formulades pels membres titulars del tribunal, aquest atorga la qualificació:

NO APTE

APROVAT

NOTABLE

EXCEL·LENT

(Nom, cognoms i signatura)		(Nom, cognoms i signatura)	
President/a		Secretari/ària	
(Nom, cognoms i signatura)			
Vocal	Vocal	Vocal	Vocal

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ d'/de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

El resultat de l'escrutini dels vots emesos pels membres titulars del tribunal, efectuat per l'Escola de Doctorat, a instància de la Comissió de Doctorat de la UPC, atorga la MENCIÓ CUM LAUDE:

SÍ

NO

(Nom, cognoms i signatura)	(Nom, cognoms i signatura)
President de la Comissió Permanent de l'Escola de Doctorat	Secretari de la Comissió Permanent de l'Escola de Doctorat

Barcelona, \_\_\_\_\_ d'/de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_



## AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Laura Carnicero y a la Dra. Rosario Vida  
*por sus valiosas aportaciones en la revisión de la tesis.*

Al Dr. Joaquín Lloveras  
*por su guía y tutela durante todo el proceso de doctorado  
que me han ayudado a conseguir terminar esta tesis.*

A CONACYT  
*por brindarme la oportunidad de poder realizar este doctorado.*

A mis familiares y amigos  
*por estar conmigo durante todo este proceso,  
por su preocupación y apoyo.*

A mis Abuelos  
*por haberme motivado no solo a comenzar este proceso  
sino a cada una de las cosas que he realizado en la vida.*

A Marimer, David, Davidín y Jose  
*por su amor y apoyo constante que me motivan a seguir.*

A Xaris y Aitana  
*Por su compañía y cariño  
que me han ayudado a terminar este proyecto.*

A mis Padres  
*que me han dado todo en la vida,  
por su motivación, amor y consejo aun estando lejos,  
por animarme siempre a cumplir mis sueños,  
por enseñarme el deber y el amar,  
y que son mi ejemplo de vida.*

A Lucía  
*por las alegrías de cada día y por la felicidad que me hace sentir*

A Pilar  
*por estar a mi lado en todo momento,  
por ser la alegría y el amor de mi vida*

A Dios  
*por todo lo que me has dado,  
por las bendiciones recibidas en las personas que ha puesto a mi lado*



## Resumen

Las investigaciones recientes sobre el análisis de los sistemas de desarrollo de producto, hacen referencia a la búsqueda de metodologías que establezcan los vínculos entre las variables que aplican al concepto de diseño y desarrollo con el objetivo de establecer puentes de comunicación que faciliten la comprensión en sistemas globales; Es decir, la convergencia del conocimiento hacia soluciones prácticas y sencillas que determinen las diferentes plataformas de producto con soluciones modulares.

Los fabricantes de producto, en un contexto de globalización, requieren de actualizar los sistemas de desarrollo para reducir los tiempos y costes tanto de diseño como desarrollo a fin de volverse más competitivos en los nuevos mercados. La necesidad de optimizar éstos sistemas, conlleva a realizar un análisis estructural tanto de los equipos involucrados como de los recursos necesarios en el desarrollo de productos.

La metodología FAS (Función – Ensamble – Espacio) ha sido desarrollada a partir de las distintas metodologías de diseño para la selección de las relaciones entre distintos sistemas. Ahora bien, en la búsqueda de encontrar sistemas modulares en productos complejos, FAS oferta las soluciones prácticas para las plataformas de producto.

Nuestra metodología parte de la selección de las variables involucradas en el concepto de diseño, y por medio de una solución algorítmica, basada en la metodología DSM, es capaz de encontrar los grupos de relaciones que permitirán el desarrollo de sistemas modulares.

El objetivo del diseño de estos módulos tiende a reducir los tiempos de desarrollo del producto, a la comunización de los componentes, a la mejora en el manejo de información entre los sistemas y equipos, y a minimizar los costes de desarrollo y producción.

La principal aportación que se pretende hacer con ésta tesis, es la de cambiar los paradigmas que se tienen del diseño clásico o tradicional a un diseño conceptual modular.

El paradigma de diseño tradicional, parte de la idea de crear productos para satisfacer las necesidades de los clientes a los cuales se quiere hacer llegar. Ésta idea es correcta siempre y cuando los objetivos del proyecto se cumplan. Pero para mejorar los objetivos, en un mercado mundial y competitivo, se tienen que tomar en cuenta el cubrir las necesidades de una población mayor de clientes con una reducción de los recursos, y esto se está logrando con las plataformas de productos.

El diseño de plataformas de productos, tiene consigo ventajas significativas en cuanto a la reducción de los recursos necesarios para su desarrollo, mayor nivel de conocimiento, incremento de ventas y reducción de los costes. Las desventajas radican en el tiempo o visibilidad que se tiene de los productos

que se ofertan, ya que si no se cuenta con éste periodo en el análisis, la potencia de los productos de la plataforma se reduce notablemente.

El paradigma a romper consiste en desarrollar plataformas de productos desde la fase de concepto (estrategia de grupo), en la que desde la idea inicial / conceptual del proyecto se contemple el desarrollo de plataformas modulares para un rango mayor de productos a ofrecer. Las ventajas que contempla un desarrollo en etapas iniciales aventaja a las de las plataformas de productos tradicionales que se utilizan en ésta época.

Para contar con la idea de plataforma modular, es necesario definir una estrategia de desarrollo de productos a mediano y largo plazo (desarrollo de productos entre 2 y 7 años) y establecer el conocimiento sobre el producto en forma metodológica para poder realizar el análisis FAS que nos muestre los sistemas modulares que se pueden aplicar a lo largo y ancho de las plataformas de productos a mediano y largo plazo.

Las verificaciones que se presentan en ésta tesis, van encaminadas a demostrar las necesidades de encontrar sistemas que se desarrollen como modulares determinando la aplicación de nueva tecnología o la visión general de la plataforma que permita su utilización en distintos productos. Estas validaciones representan el estudio de las relaciones y variables de diseño, y posibilitan su desarrollo en plataformas de sistemas modulares.

En ésta tesis se ha realizado una recolección de datos en un vasto estudio del arte, en la que se han encontrado numerosos equipos de trabajo que desarrollan éste tema, y en los que se han identificado las necesidades actuales que se tienen de mejorar las metodologías para tener conclusiones satisfactorias.

La tesis se ha estructurado en una descripción de los procesos de desarrollo de producto, revisión de las metodologías actuales sobre el tema, descripción de la propuesta metodológica a fin de concluir con la verificación o validación de las ideas con casos prácticos.

La metodología FAS da soluciones prácticas y sencillas en la búsqueda de sistemas modulares que formen parte de una plataforma de productos. Siguiendo los pasos y tomando en cuenta los requerimientos para su ejecución, ésta metodología es capaz de responder con soluciones factibles en el campo del desarrollo modular conceptual, consiguiendo una mejor comprensión de la necesidad de diseñar bajo los conceptos que establece.

## Abstract

Recent research on the analysis of product development systems, refer to the search for methods to establish the links between the variables that apply to the design concept and development in order to build bridges of communication to facilitate understanding in systems global; This is, the convergence of knowledge into simple and practical to determine different product platforms with modular solutions.

Product manufacturers, in a context of globalization, need to update systems to reduce development time and costs both design and development to become competitive in new markets. The need to optimize these systems, leading to structural analysis of involved teams and the resources required for product development.

FAS ( Function – Assembly – Space ) methodology has been developed from the various design methodologies for the selection of relations between different systems. However, in seeking to find modular systems for complex products, FAS offer practical solutions for product platforms.

Our methodology is based on the selection of variables involved in the design concept, and through an algorithmic solution, based on the DSM methodology, is able to find groups of relationships that enable the development of modular systems.

The objective of design these modules tend to reduce product development times, the communization of the components, the improvement in the management of information between systems and equipment, and minimize development costs and production.

The main contribution of this thesis is to change the paradigms that have the traditional classic design to conceptual modular design.

The traditional design paradigm is based on the idea of creating products to meet the needs of customers to which you want to get. This idea is correct as long as the project objectives are met. But to improve the objectives in a global and competitive market, you have to take into account the needs of a larger population of customers with reduced resources, and this is being achieved with product platforms.

The design of product platforms has significant advantages in terms of reducing the resources needed for development, the greater level of awareness, increased sales and reduced costs. The disadvantages are the time or you have visibility of products on offer, because if you do not have this period in the analysis, the power of the platform products are significantly reduced.

Breaking paradigm is to develop product platforms from the concept phase (strategy group), which from the initial idea / concept of the project includes the development of modular platform for a wider

range of products to offer. The advantage which provides an early development leads to those of traditional products platforms used in this period.

To have the idea of modular platform, you must define a strategy of product development and long-term (product development between 2 and 7 years) and set the product knowledge in order to carry out methodologically FAS analysis show us the modular systems that can be applied to the length and breadth of product platforms in the medium and long term.

The verification that are presented in this thesis are intended to demonstrate the need to find systems that are developed as modular determining the application of new technology or overview of the platform to use in different products. These validations represent the study of relationships and design variables, and allow development in modular system platforms.

In this thesis focuses on data collection in a vast study of art, which have found numerous teams that develop this theme, and in which we have identified the current needs to improve for have satisfactory conclusions.

The thesis is structured in a description of the product development process, review of current methodologies on the subject, description of the proposed methodology in order to complete the verification or validation of ideas with case studies.

The FAS method gives simple, practical solutions in the search for modular systems that are part of a product platform. Following the steps and taking into account the requirements for implementation, this methodology is able to respond with workable solutions in the field of modular development concept, achieving a better understanding of the need to design under the concepts established.

## SUMARIO

RESUMEN .....	IVVIII
ABSTRACT .....	X
SUMARIO .....	XII
DEFINICIONES .....	xvi
SIGLAS.....	xvi
LISTA DE FIGURAS.....	XVIII
LISTA DE TABLAS.....	XXII
LISTA DE ECUACIONES.....	XXIV
PRÓLOGO .....	1
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE DESARROLLO DE PRODUCTO.....	3
Sumario Capítulo 1 .....	4
1.0 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE DESARROLLO DE PRODUCTO.....	5
1.1 Introducción.....	5
1.2 Marco General.....	6
1.3 Fase de Concepto de Diseño y Objetivo del Proyecto. ....	7
1.4 Fase de Diseño.....	9
1.5 Fase de Prototipos.....	10
1.6 Fase de Manufactura.....	11
1.7 Fase de Servicio y Venta.....	11
Resumen de Introducción a los Sistemas de Desarrollo de Producto.....	12
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....	15
HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	16

OBJETIVO GENERAL.....	16
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
ALCANCES .....	17
CAPÍTULO 2. DESARROLLO DE PRODUCTO. ....	19
Sumario Capítulo 2 .....	20
CAPÍTULO 2. DESARROLLO DE PRODUCTO.....	21
2.1 CONCEPTOS DE DESARROLLO DE PRODUCTO .....	21
2.1.1 Introducción al Desarrollo de Producto .....	21
2.1.2 Jerarquía de Niveles.....	23
2.1.3 Arquitecturas de Producto.....	24
2.1.3.1 Clasificación de las Arquitecturas de Producto.....	26
2.1.3.1.1 Arquitectura Integral:.....	26
2.1.3.1.2 Arquitectura Modular :.....	27
2.1.3.1.3 Arquitectura Normal: .....	27
2.1.3.1.4 Arquitectura Inversa: .....	28
2.1.4 Plataformas de Productos.....	28
2.1.5 Diseño de Plataformas Flexibles.....	30
2.1.6 Diseño Modular (Modularidad).....	32
2.1.7 Personalización. ....	35
2.1.8 Ingeniería Concurrente. ....	36
2.1.9 Validación de Producto.....	37
2.1.10 Producción Flexible.....	39
2.1.11 Cambio - Rediseño – Servicio.....	39
2.1.12 Ciclo de Vida del Producto.....	40
Resumen de Desarrollo de Producto.....	42
2.2 METODOLOGÍAS DE APOYO EN EL DESARROLLO DE LA TESIS.....	45
2.2.1 Metodología FPDP (Flexible Platform Development Process). ....	45
2.2.2 Metodología Eckert.....	46
2.2.3 Metodología Sosa de Manuel E. Sosa.....	48
2.2.4 Metodología TDN's (Time-Expanded Decision Networks). ....	48

2.2.5 Metodología MDL (Minimum Distance Length) .....	49
2.2.6 Metodología GA´s-DSM (Genetic Algorithms – Design Structure Matrix).....	50
2.2.7 Metodología NM (Network Modularity).....	53
2.2.8 Metodología PPCEM (Product Platform Concept Exploration Method).....	54
2.2.9 Metodología MBP (Modular Base Platform).....	55
2.2.10 Metodología para estimar Tiempos de Desarrollo en base a DSM.....	56
2.2.11 Metodología 2LO (Two Level Optimization).....	58
2.2.12 Metodología OntoFaBes (Function Behaviour Structure Ontology).....	59
2.2.13 Metodología de Interfases e Interrelaciones en el Desarrollo de Arquitecturas de Producto.....	60
2.2.14 Metodología DSM (Design Structure Matrix).....	62
2.2.15 KEYPLAYER – Software para Análisis Redes.....	65
 Resumen de Metodologías de Apoyo en el Desarrollo de la Tesis.....	 67
 2.3 JUSTIFICANTES .....	 69
 2.4 ALGORITMO PARA LA SELECCIÓN DE LAS VARIABLES INTERRELACIONALES DE DISEÑO.....	 73
2.4.1 Conceptos Básicos .....	73
2.4.2 Algoritmo Base .....	75
2.4.3 Funciones del Algoritmo FAS.....	77
2.4.4 Comparativa entre Algoritmos.....	78
Resumen de Algoritmos de Selección de las Variables Interrelacionales de Diseño. ....	81
 2.5. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA FAS .....	 83
2.5.1 Tipos de Relaciones.....	84
2.5.2 Notación de la Matriz de Relaciones.....	88
2.5.3 Pasos de la Metodología FAS.....	91
2.5.4 Portaminas – Ejemplo de aplicación de la Metodología FAS .....	95
Resumen del Desarrollo de la Metodología FAS.....	105
 CAPÍTULO 3 CASOS DE ESTUDIO EN LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA FAS.....	 107
 Sumario Capítulo 3 .....	 108
 3.1 CASOS DE ESTUDIO DE LA METODOLOGÍA FAS .....	 109
3.2 Caso 1 – ESPEJO RETROVISOR.....	110

3.2.1	Análisis de Resultados de las Simulaciones Espejo Retrovisor .....	116
3.2.2	Análisis de los Bloques o Clústeres de las Relaciones de Ensamble.....	122
	Resumen de la Validación del Espejo Retrovisor con FAS.....	130
3.3	Caso 2 – TABLERO (Cockpit).....	132
3.3.1	Análisis de Resultados de las Simulaciones de Tablero (Cockpit) - Bloques del DSM Funcional.....	141
3.2.2	Análisis de los Bloques o Clústeres de las Relaciones de Ensamble.....	141
	Resumen de la Validación del Tablero con FAS.....	151
CAPÍTULO 4 DISCUSIÓN.....		153
4.1	DISCUSIÓN.....	154
4.1.1	Utilización del Método científico para encontrar Módulos de Diseño.....	154
4.1.2	Uso de Algoritmos de Agrupación.....	155
4.1.3	Definición de Tipologías de Relación.....	155
4.1.4	Presentación Geodistancia de Relaciones.....	156
4.1.5	Usos y Aplicaciones.....	156
CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES .....		159
5.1	CONCLUSIONES .....	160
5.2	COMPROBACIONES DE LOS PLANTEAMIENTOS ORIGINALES.....	163
5.2.1	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN .....	163
5.2.2	OBJETIVO GENERAL.....	164
5.2.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	164
5.3	LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO .....	165
REFERENCIAS.....		167
ANEXOS .....		177
	Sumario Anexos .....	178
	ANEXO 1. Esquema General de Desarrollo de Producto.....	179
	ANEXO 2. Demostración de No Reconocimiento de valores del Algoritmo DSM. ....	180
	ANEXO 3. Datos Keyplayer Espejo Retrovisor .....	183
	ANEXO 4. Datos Keyplayer . ....	184
	Curriculum .....	185

# GLOSARIO

## DEFINICIONES

- FAS** *Fas es la Metodología de Relaciones Funcionales-Ensamble-Espacio. La metodología define los 7 pasos que deben seguirse para encontrar las relaciones modulares de los productos y permite llegar a un diseño integrado modular para uso en plataformas de producto de una o varias arquitecturas. Con los resultados obtenidos, los diseños provocan una gran versatilidad de uso y una reducción de las condiciones tanto de tiempo de desarrollo como económicas.*
- DSM** (Design Structure Matrix) Matriz de Estructuras de Diseño. Es una metodología desarrollada para identificar las relaciones que se presentan entre los elementos de un sistema. Permite distinguir las variables de los componentes en un sistema en el que están interactuando. A partir de un algoritmo de tipo clúster, se presenta una solución que optimiza la cercanía de las características de los productos.

## SIGLAS

- 2LO** (Two Level Optimisation) Optimización a dos Niveles.
- BOM** (Bill Of Materials) Billeto de Materiales, Listado de Componentes/Partes.
- CAD** (Computer Aided Design) Diseño Asistido por Ordenador.
- CAE** (Computer Aided Engineering) Ingeniería Asistida por Ordenador.
- CO** (Carry Over) Producto Acarreado o Producto en Producción.
- DFA** (Design for Assembly) Diseño para Ensamblaje.
- DFM** (Design for Manufacturing) Diseño para Manufactura.
- DFMC** (Design For Mass Customisation) Diseño para la Personalización en Masa.
- DIM** Matriz de interfases, llamada también DSM.
- DSM** (Design Structure Matrix) Matriz de Estructuras de Diseño.
- FAS** Metodología de Relaciones Funcionales-Ensamble-Espacio.
- FAST** (Functional Analysis Study) Estudio de Análisis Funcional.
- FMEA** (Failure Mode Engineering Analysis) Análisis de los Modos de Falla de Ingeniería AMFE.
- FoMoCo** Ford Motor Company.
- FP** Fuente Propia.
- FPDP** (Flexible Platform Design Process) Procesos de Diseño de Plataformas Flexibles.
- GA** (Genetic Algorithms) Algoritmos Genéticos.

<b>GPD</b>	(Global Product Development) Desarrollo Global de Producto.
<b>I+D</b>	Investigación y Desarrollo.
<b>KBE</b>	(Knowledge-Based Engineering) Ingeniería de la Base del Conocimiento.
<b>MAU</b>	(Module Assembly Unit) Módulo de Unidad de Ensamble VOLVO.
<b>MBP</b>	(Modular Base Platform) Plataforma Modular Base.
<b>MDL</b>	(Minimum Description Length) Descripción de la Distancia Mínima.
<b>OSA</b>	(Option Space Analysis) Es una herramienta que explora opciones de diseño y muestra las posibles alternativas tanto funcionales como físicas.
<b>PDP</b>	Proceso de Desarrollo de Producto
<b>PPCEM</b>	(Product Platform Concept Exploration Method) Diseño Sistemático para Plataformas y Familias.
<b>RDM</b>	(Reliability / Robustness Demonstration Matrix) Matriz de Demostración de la Robustez.
<b>RLC</b>	(Reliability Checklist) Revisión de la Fiabilidad.
<b>SIT</b>	Structured Inventive Thinking. Pensamiento Inventivo Estructurado.
<b>TDN</b>	(Time-Expanded Decision Networks) Metodología de Análisis de Sistemas Complejos.
<b>TIAM</b>	(Technological Infusion Analysis Method) Metodología de Análisis de la Infusión Tecnológica.
<b>TPM</b>	Valor de las interacciones de los elementos
<b>TRIZ</b>	(De sus Siglas en Ruso) Teoría de la Solución de Problemas de Inventiva.
<b>F(Ai)</b>	Arquitectura Integral
<b>F(Am)</b>	Arquitectura Modular
<b>R(An)</b>	Arquitectura Normal
<b>R(A)<sup>-1</sup></b>	Arquitectura Inversa
<b>f(a)</b>	Funciones que cumple cada componente
<b>r(a)</b>	Relaciones de cada componente
<b>F(Pi)</b>	Plataforma Integral
<b>F(Pm)</b>	Plataforma Modular
<b>F(Di)</b>	Diseño Integral
<b>F(Dm)</b>	Diseño Modular
<b>C<sub>i</sub></b>	Grado de Centralidad
<b>CPI<sub>i</sub></b>	Índice de Propagación del Cambio
<b>P</b>	Matriz de Producto
<b>T</b>	Matriz Potencial de Interacción
<b>T<sub>arquitectura</sub></b>	Matriz de Arquitectura de Producto
<b>C<sub>LCi</sub></b>	Costo del Ciclo de Vida

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Desarrollo de Producto. Fuente Propia.....	6
Figura 2. Distintas Fases en el Desarrollo de Producto. Fuente Propia.....	7
Figura 3. Diagrama Pugh.....	10
Figura 4. Validación de Diseño y Verificación de Producto. Fuente Propia.....	11
Figura 5. Esquema de Jerarquías de Producto. Fuente Propia.....	24
Figura 6. División de las Arquitecturas. Fuente Propia.....	26
Figura 7 . Módulos Vehiculares. Fuente (Suh Eun y Weck 2007).....	29
Figura 8. Diagrama General de Plataformas de Producto. Fuente Propia.....	32
Figura 9. Cuadro de Modularidad. Fuente Propia.....	33
Figura 10. Relaciones entre Plataformas de Producto y Programas en Desarrollo. Fuente Propia.....	34
Figura 11. Valores del Producto.....	36
Figura 12. Ciclo de Vida de Producto. Fuente Propia.....	41
Figura 13. Propagación del Cambio. Basado en (Frey, et al. 2007).....	46
Figura 14. Variantes de Propagación del Cambio. Basado en (Frey, et al. 2007).....	47
Figura 15. Metodología TDN´s. Basado en (Silver and Weck 2007).....	49
Figura 16. Metodología GA-DSM para la Personalización en Masa. Basado en (Zha & Sriram, 2006)...	50
Figura 17. Estructura de algoritmo de diseño de familia de producto. Basado en (Zha & Sriram, 2006)..	51
Figura 18. 3 Formas de arquitecturas de productos.....	52
Figura 19. Característica principal del diseño de una familia de producto.....	52
Figura 20. Mediciones Modulares de Componentes. Basado en (Sosa, Eppinger, & Rowles, 2007).....	53
Figura 21.Pasos y herramientas del PPCEM. Basado en (Simpson, Maier and Mistree 2001).....	54
Figura 22. DSM con interrelaciones propuestas. Basado en (Carrascosa, Eppinger and Whitney 1998).	56
Figura 23. Propagación y Estado del Cambio.....	57
Figura 24. Impacto y Estado del Cambio.....	57
Figura 25 . B-Cube. Basado en (Sorli, y otros 2009).....	60
Figura 26. Tipos de datos que se pueden representar y analizar con DSM. Fuente Propia.....	62
Figura 27.Representación Gráfica de las relaciones.....	64
Figura 28. Representación gráfica de datos realizado con el software Keyplayer. Fuente Propia.....	65
Figura 29. Esquema Algoritmo Base (Gutierrez Fernández 1998).....	75
Figura 30. Diagrama de Flujo del algoritmo de Agrupación tipo Clúster (Gutierrez Fernández 1998).....	76
Figura 31. Esquema algoritmo FAS: Fuente Propia.....	79
Figura 32. Diagrama de Flujo del Algoritmo FAS. Fuente Propia.....	80
Figura 33. Esquema general de la metodología FAS. Fuente propia.....	83

Figura 34. Comparativa DSM-FAS. Fuente propia.....	85
Figura 35. Tipos de Relaciones FAS. Fuente Propia.....	86
Figura 36. Representación en el espacio de las Relaciones. Fuente Propia. ....	87
Figura 37. Diferentes representaciones DSM. Fuente Propia.....	88
Figura 38. Distancia geodésica. Fuente Propia (elaborada con KeySoft). ....	90
Figura 39. Portaminas. Fuente (Cebrián-Tarrasón, Vidal y Muñoz s.f.).....	95
Figura 40. Despiece del Portaminas. Fuente (Cebrián-Tarrasón, Vidal y Muñoz s.f.).....	95
Figura 41. Relaciones de los elementos del Portaminas. Fuente Propia (Elaborado con Keysoft). ....	98
Figura 42. Bloque Funcional del Portaminas. Fuente (Cebrián-Tarrasón, Vidal y Muñoz s.f.).....	99
Figura 43. Bloque Ensamble del Portaminas. Fuente (Cebrián-Tarrasón, Vidal y Muñoz s.f.).....	101
Figura 44. Bloque Espacio del Portaminas. Fuente (Cebrián-Tarrasón, Vidal y Muñoz s.f.).....	102
Figura 45. Espejo Retrovisor Ensamblado. Fuente Propia. ....	110
Figura 46. Espejo Retrovisor Explosionado. Fuente Propia.....	111
Figura 47. Representación gráfica DSM del espejo retrovisor. Fuente Propia (elaborada con KeySoft) ..	112
Figura 48. Representación 3D de las relaciones DSM del espejo retrovisor.....	113
Figura 49. Clúster A. Fuente Propia. ....	122
Figura 50. Clúster A Explosionado. Fuente Propia. ....	123
Figura 51. Clúster B. Fuente Propia. ....	124
Figura 52. Clúster B Explosionado. Fuente Propia. ....	125
Figura 53. Clúster C. Fuente Propia. ....	125
Figura 54. Clúster C Explosionado. Fuente Propia. ....	126
Figura 55. Clúster D. Fuente Propia. ....	127
Figura 56. Clúster D Explosionado. Fuente Propia. ....	127
Figura 57. Representación 3D del Clúster de Ensamble. Fuente Propia (elaborada con Matlab).....	129
Figura 58. Clúster D. Fuente Propia. ....	128
Figura 59. Clúster D Explosionado. Fuente Propia. ....	128
Figura 60. Cockpit Vehículo. Fuente Propia. ....	132
Figura 61. Red de interacciones del Tablero. Fuente Propia (Keyplayer).....	134
Figura 62. Red de interacciones por Bloques del Tablero. Fuente Propia (Keyplayer). ....	134
Figura 63. Módulo 1 –Tablero- Cockpit. Fuente Propia. ....	142
Figura 64. Módulo 2 –Consola Central- Cockpit. Fuente Propia. ....	143
Figura 65. Módulo 3 –Fijaciones- Cockpit. Fuente Propia. ....	144
Figura 60. Módulo 4 –Soportes- Cockpit. Fuente Propia. ....	145
Figura 67. Módulo 3 + 4 –Fijaciones+Soportes- Cockpit. Fuente Propia. ....	145
Figura 68. Módulo 5 – Centralita- Cockpit. Fuente Propia. ....	146

Figura 69. Módulo 6 –Freno- Cockpit. Fuente Propia. ....	147
Figura 70. Módulo 7 –Calefacción- Cockpit. Fuente Propia.....	147
Figura 71. Módulo 8 –Sensor Solar- Cockpit. Fuente Propia.....	148
Figura 72. Módulo 9 –Pared Frontal- Cockpit. Fuente Propia. ....	148
Figura 73. Módulo 10 –Bolsa de Aire- Cockpit. Fuente Propia.....	149



## LISTA DE TABLAS

Tabla1. Escalabilidad de Programa en Desarrollo. Fuente Propia. ....	8
Tabla 2. Procesos de Desarrollo Optimizados con la Metodología FAS (Fuente Propia).....	13
Tabla 3. Taxonomía de la Interacción de los Elementos del Sistema. Fuente Propia. ....	63
Tabla 4. Representación Gráfica y Matricial de los datos dentro del DSM. Fuente Propia. ....	63
Tabla 5. Representación de las relaciones en el DSM. ....	63
Tabla 7. Rankin Mundial de Fabricantes de Automóviles. Basado en OICA. ....	71
Tabla 8. Comparativa de Dimensiones entre DSM, (Gutierrez Fernández 1998) y FAS. Fuente Propia. .	79
Tabla 9. Tipos de DSM. Basado en DSM org. ....	84
Tabla 10. Interacciones DSM. Basado en DSM org. ....	85
Tabla 11. DSM Componentes Portaminas. Fuente Propia. ....	96
Tabla 12. DSM Portaminas. Fuente Propia. ....	96
Tabla 13. DSM de Relaciones Funcionales del Portaminas. Fuente Propia. ....	99
Tabla 14. DSM de Relaciones Funcionales de Ensamble del Portaminas. Fuente Propia. ....	100
Tabla 15. DSM de Relaciones Funcionales de Espacio del Portaminas. Fuente Propia. ....	102
Tabla 16. DSM Espejo retrovisor. Fuente Propia. ....	112
Tabla 17. Cálculo de índices de Cambio. Fuente Propia. ....	114
Tabla 18. Relaciones de dependencia del Espejo Retrovisor. Fuente Propia. ....	115
Tabla 19. Clúster de Relación de Funciones. Fuente propia. ....	116
Tabla 20. Relaciones de dependencia de Función del Espejo Retrovisor. Fuente Propia. ....	116
Tabla 21. Clúster de Relación de Ensamble. Fuente propia. ....	118
Tabla 22. Relaciones de dependencia de Ensamble del Espejo Retrovisor. Fuente Propia. ....	118
Tabla 23. Clúster de Relación de Espacio. Fuente propia. ....	120
Tabla 24. Relaciones de dependencia de Espacio del Espejo Retrovisor. Fuente Propia. ....	120
Tabla 25. Clúster 1 de Relación de Ensamble. Fuente propia. ....	122
Tabla 26. Clúster 1/3 de Relación de Ensamble. Fuente propia. ....	124
Tabla 27. Clúster 2/3 de Relación de Ensamble. Fuente propia. ....	125
Tabla 28. Clúster 3/3 de Relación de Ensamble. Fuente propia. ....	126
Tabla 29. Clúster 4 de Relación de Ensamble. Fuente propia. ....	127
Tabla 30. Procesos Optimizados en el desarrollo del Espejo con FAS. Fuente propia. ....	131
Tabla 31. DSM Completo de las dependencias de sistemas del Cockpit. Fuente Propia. ....	133
Tabla 32. DSM Iteración intermedia del algoritmo clúster del Tablero. Fuente Propia. ....	136
Tabla 33. Matriz de Relación Funcional del Tablero. Fuente Propia. ....	137
Tabla 34. Matriz de Relación Ensamble del Tablero. Fuente Propia. ....	138

Tabla 35. Matriz de Relación Espacio del Tablero. Fuente Propia. ....	139
Tabla 36. Cálculo de Índices de Propagación del Cambio del Tablero. Fuente Propia.....	140
Tabla 37. Matriz simplificada de Relación de Funcionalidad para el Cockpit. Fuente Propia.....	141
Tabla 38. Elementos de Relaciones del Tablero del Cockpit. Fuente Propia. ....	142
Tabla 39. Elementos de Relaciones del Tablero de la Consola Central del Cockpit. Fuente Propia. ....	143
Tabla 40. Elementos de Relaciones de las Fijaciones del Cockpit. Fuente Propia.....	144
Tabla 41. Elementos de Relaciones de los Soportes del Cockpit. Fuente Propia.....	145
Tabla 42. Elementos de Relaciones de la Centralita del Cockpit. Fuente Propia.....	146
Tabla 43. Elementos de Relaciones de Freno del Cockpit. Fuente Propia. ....	146
Tabla 44. Elementos de Relaciones de Calefacción del Cockpit. Fuente Propia. ....	147
Tabla 45. Elementos de Relaciones del Sensor Solar del Cockpit. Fuente Propia. ....	148
Tabla 46. Elementos de Relaciones de la Pared Frontal del Cockpit. Fuente Propia. ....	148
Tabla 47. Elementos de Relaciones de la Bolsa de Aire del Cockpit. Fuente Propia.....	149
Tabla 48. Elementos sin Relaciones de Ensamble del Cockpit. Fuente Propia.....	149
Tabla 49. Procesos Optimizados en el desarrollo del Tablero con FAS. Fuente propia. ....	152

## LISTA DE ECUACIONES

[1].	Arquitectura Integral .....	40
[2].	Arquitectura Modular .....	40
[3].	Arquitectura Normal .....	41
[4].	Arquitectura Inversa .....	41
[5].	Arquitectura Modular 1 .....	57
[6].	Arquitectura Modular 2 .....	57
[7].	Diseño Integral .....	57
[8].	Diseño Modular .....	58
[9].	Índice de Propagación del Cambio .....	61
[10].	Matriz de Producto .....	62
[11].	Matriz Potencial de Interacción .....	62
[12].	Matriz de Arquitectura de Producto .....	62
[13].	Costo de Ciclo de Vida .....	63
[14].	Distancia Mínima .....	63
[15].	Grado de Modularidad de Componente .....	67
[16].	Distancia de Modularidad de Componente .....	68
[17].	Puente de Modularidad para Optimizar .....	68
[18].	Conjunto de Vectores Variables del Diseño de la Plataforma .....	72
[19].	Número de Plataformas .....	72
[20].	Intento del Clúster del Elemento Seleccionado .....	75
[21].	Costo de Coordinación .....	75
[22].	Agrupamiento de Clústeres .....	75
[23].	Costo Total .....	75
[24].	Costo Total de Coordinación .....	89
[25].	Costo de Coordinación .....	89
[26].	Valor de Relación .....	91
[27].	Tipo de Relación .....	91
[28].	Clúster de Funcionalidad .....	91
[29].	Clúster de Ensamble .....	91
[30].	Clúster de Espacio .....	91
[31].	Número de datos introducidos en FAS .....	102
[32].	Número de relaciones en FAS .....	102
[33].	Notación matemática de Sistemas Independientes .....	103

[34].	Notación matemática de Sistemas Dependientes .....	103
[35].	Notación matemática de Sistemas Paralelos .....	103
[36].	Grado de Identidad .....	104
[37].	Tipo de Relación .....	104

## PRÓLOGO

La globalidad y versatilidad de los mercados, dadas las necesidades de los consumidores, ha empujado a la industria a establecer sistemas dinámicos de diseño y producción, buscando satisfacer más rápida y efectivamente los gustos de los clientes finales.

La situación actual de la industria ha requerido desarrollar productos versátiles, desde el concepto de producto hasta la comercialización del mismo. Para ello, se requiere modificar los conceptos de diseño, cambiando éstos de una visión particular o específica de un solo producto, a una visión conceptual de módulos o plataformas que aventajen los tiempos, los costos y la calidad actuales.

En la búsqueda de la integración de las metodologías en desarrollo y la idea de poder tener desarrollos modulares y compartidos sobre las mismas arquitecturas, hace que siga existiendo un gran abanico de posibilidades y enfoques para el diseño de presentes y futuros productos y métodos productivos.

Numerosos grupos de investigadores docentes y de la industria privada, buscan integrar los conocimientos sobre los productos en herramientas prácticas que permitan identificar las fases del desarrollo en un sistema dinámico, para regir sobre las ideas de planteamiento inicial como complementar las funciones de cada etapa en un mismo marco de conocimiento o sistema de conocimiento base (KBS).

Se puede percibir que las investigaciones sobre éste tema son de carácter global. Investigadores y trabajos que provienen de todas partes del mundo con ontologías comunes pero distintos enfoques.

El propósito de esta tesis se centra en presentar las últimas tendencias de diseño, donde se investiga el mejoramiento del rendimiento de los procesos de diseños y del desarrollo de productos actuales; asimismo, se mostrará un modelo que faculte la selección de aquellos productos que deben ser tratados como modulares y flexibles.

POR LO TANTO, NOS PROPONEMOS PRESENTAR UN NEOPARADIGMA TECNOLÓGICO  
CON MODULARIDAD Y FLEXIBILIDAD PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS EN UNA NUEVA  
VISIÓN DE PRODUCCIÓN...

Marcos Echevarría Quintana



## **CAPÍTULO 1. Introducción a los Sistemas de Desarrollo de Producto.**

Explicación de las diferentes etapas y fases que comprenden los Sistemas de Desarrollo de Producto. Comprensión de las características y funciones que comprenden cada una de las etapas.

# Sumario Capítulo 1

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE DESARROLLO DE PRODUCTO.....	3
1.0 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE DESARROLLO DE PRODUCTO.....	5
Introducción, Marco General, Fase de Concepto y Objetivos del Proyecto, Fase de Diseño, Fase de Prototipos, Fase de Manufactura, Fase de Servicio. Resumen del Introducción a los Sistemas de Desarrollo de Producto	
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....	15
HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	16
OBJETIVO GENERAL.....	16
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
ALCANCES .....	17

# 1.0 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE DESARROLLO DE PRODUCTO.

## 1.1 Introducción.

La necesidad de optimizar los procesos de diseño, hace que el trabajo de tesis aquí presentado se ocupe de la alineación de los requerimientos de productos con las necesidades de los clientes, en una metodología que permita el desarrollo de productos competitivos en su función y costes.

Ya que los sistemas de desarrollo de producto carecen de metodologías básicas aplicadas al diseño conceptual modular, la propuesta sustentada permite la compatibilidad en el desarrollo entre los diferentes sistemas que integran el producto en una misma plataforma de productos.

Las ventajas que representa, están basadas en las necesidades de ofrecer un mejor producto con sistemas homologados y validados y con una reducción importante de costes en el desarrollo y manufactura.

En la primera parte de éste capítulo se describen las diferentes fases del diseño aplicada a producto. En cada fase se describen las actividades que deben realizarse y cumplirse para continuar con el proceso. Se han identificado las fases generales, pero que representan el total de los procesos para cada fase.

La segunda parte hace una sinopsis de las características aplicadas a las arquitecturas de producto, y su clasificación cuando se tratan sistemas complejos con gran variedad de gamas. Es por eso que es útil identificar tanto las plataformas como las familias de productos a fin de convencer en la idea de un diseño conceptual modular (Lloveras, 2007).

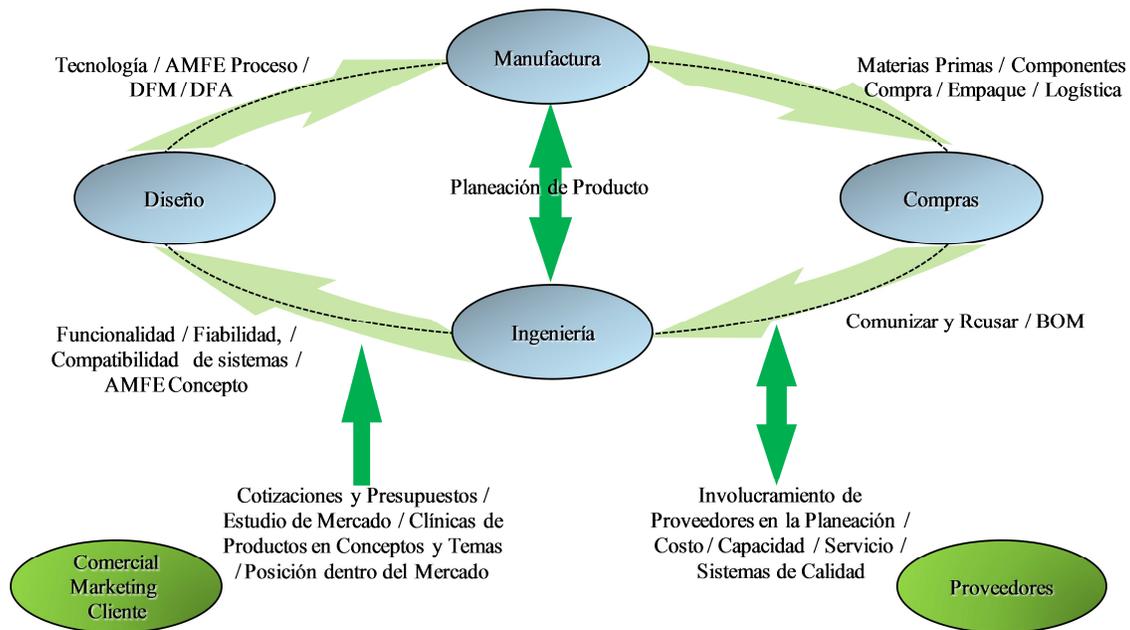
La tercera y última parte hace mención a las ontologías en las que se está investigando en la actualidad, y que parten como apoyos a la creación y la necesidad de tener una metodología integral como lo es la metodología FAS. (Echevarria Quintana, 2009)

Por lo tanto, nos hemos sumado a la carrera en nuevas ontologías para elevar productividad y competitividad en el ramo de diseño modular de producto ...

## 1.2 Marco General.

Los fabricantes de productos, alrededor del mundo, tienen procesos de desarrollo de producto individuales para el diseño (Brylawski, 1999) y fabricación de productos (Maniak et al, 2007). Cada uno de éstos procesos se adecuan a las necesidades particulares de cada fabricante pero que guardan un orden común en lo que se refiere a las diferentes etapas para el diseño y desarrollo.

En un esquema general, los equipos de trabajo que intervienen en el desarrollo de producto se muestran en la *Figura 1*:



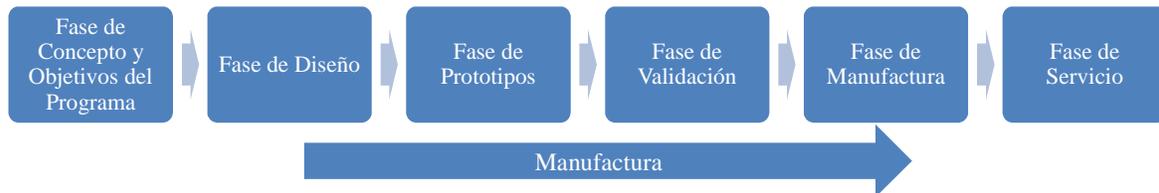
**Figura 1. Equipos de trabajo en el Desarrollo de Producto. Fuente Propia.**

Existen diversas actividades y áreas que interactúan en los procesos de desarrollo de productos que funcionan como un gran sistema (Del Puerto, 2010). Cada área, si bien posee una identidad propia, se desarrolla con el resto de áreas durante los procesos. Se incluyen también a los proveedores como parte del desarrollo del producto como un elemento potencial ya que se cuenta con su experiencia para mejorar aspectos clave del diseño y fabricación.

Las comunicaciones entre estas áreas deben estar bien definidas y marcadas, para que los datos de salida sirvan como datos de entrada para otros, moviendo el sistema con un orden para un mismo fin.

Para involucrarnos entre en los procesos de desarrollo de producto, en el *Anexo 1* se muestran de manera general las diferentes fases del proyecto, ahí se pueden ver las características de cada una de ellas con los puntos claves para su validación y que corren a lo largo de un tiempo definido y determinado por cada fase. Para que una fase se pueda llegar suceder, es necesario que las demás hayan sido concluidas en la medida que establece el sistema.

De manera general las fases de desarrollo de producto se dividen en:



**Figura 2. Distintas Fases en el Desarrollo de Producto. Fuente Propia.**

### **1.3 Fase de Concepto de Diseño y Objetivo del Proyecto.**

La primera fase es una etapa del Concepto de Diseño y Objetivos del Programa, la cual, comienza con una revisión de las perspectivas del negocio para determinar la factibilidad del programa. Ésta debe corresponder a los requerimientos y necesidades de los clientes, hacia quienes se enfoca el desarrollo de dicho producto, esto se logra a través de un estudio preciso de mercado.

En esta instancia se definen los objetivos estratégicos de la empresa, las líneas de acción y se confirman tanto los recursos financieros como los de disponibilidad de los equipos de desarrollo y manufactura para su localización.

Existen diferentes metodologías que facilitan la generación de ideas (Justel et al, 2007) y la toma de decisiones para algunos de éstos aspectos como el DSM, SIT, OSA, Método Pugh (Frey et al, 2007) o Trade-off-Studies, TRIZ (Triz Journal, 2008), Matriz de decisiones, RCL y RDM.

En la fase previa al diseño se forma un grupo de trabajo de distintas disciplinas para determinar la escalabilidad y arquitectura del nuevo producto. Los integrantes deben poseer un conocimiento abundante en el desarrollo de dicho producto, para que así los planteamientos iniciales correspondan a los del desarrollo (Kusiak A. , 2007).

En la fase Conceptual se determinan tanto las especificaciones del producto como las funciones que debe cumplir para alcanzar los objetivos del programa. Es necesario identificar los sistemas y módulos para seguir una planificación que permita integrarlos en el producto final. En ésta etapa se plantean las especificaciones de los sistemas.

Dependiendo de la escalabilidad del programa, como se muestra en la *Tabla 1*, se puede percibir ya desde esta etapa la magnitud de aquel proyecto que requerirá de partes nuevas o comunes, dejando igualmente definido el tipo de arquitectura que se pretende.

El planteamiento de la escalabilidad se aplica a las familias de productos de cualquier sector industrial.

Escala	Estilo	Sistemas Periféricos	Sistemas Básicos
5	100% Interior 100% Exterior	Totalmente Nuevos	Totalmente Nuevos
4	Hasta 80% Interior Hasta 80% Exterior	Se Agregan	Se Agregan
3	Hasta 60% Interior Hasta 60% Exterior	Se Modifican	Se Agregan
2	Hasta 40% Interior Hasta 40% Exterior	Se Modifican	Se Modifican
1	Hasta 20% Interior Hasta 20% Exterior	Se Mejoran	Se Mejoran

**Tabla1. Escalabilidad de Programa en Desarrollo. Fuente Propia.**

La escalabilidad se refiere a la escala o alcance que tiene el nuevo proyecto. Una escalabilidad alta o de 5 hace, que el proyecto contemple todos los sistemas completamente nuevos; Mientras que una escalabilidad baja o 1, se refiere a comunicar o mejorar usos de los sistemas actuales. La escalabilidad del proyecto refleja la complejidad del mismo y determina los recursos necesarios para su desarrollo y fabricación.

El uso del gráfico de la escalabilidad permite identificar la arquitectura del producto, en cuanto a los sistemas o estructuras que van a servir de base para el nuevo desarrollo. Cuando se logran identificar los sistemas base, se simplifica la comprensión de los recursos y capacidades necesarias para su ejecución.

En cuanto al diseño, los sistemas con escalabilidad alta requieren más recursos que una escalabilidad baja, debido al grado de complejidad necesario para completar el producto;

Lo mismo pasa con las fases posteriores de validación y producción, ya que con una escalabilidad baja es posible utilizar los medios de fabricación actuales a diferencia de una alta escalabilidad que requiere equipos completamente nuevos.

El estilo se refiere a la apariencia / estética. Los tiempos de desarrollo y validación pueden diferir entre uno y otro sistema.

La importancia de la precisión de los datos es fundamental para que los distintos tipos de relaciones puedan combinarse para crear conjuntos factibles; En la fase de desarrollo se observará (diseño y manufactura) los beneficios de los resultados, ya que si la entrada de las relaciones es muy exacta, los tiempos disminuirán notablemente para las funciones que se hayan introducido dentro de la plataforma.

La etapa intermedia entre la de Concepto de Diseño y el diseño, es una fase que consiste en alinear los atributos y funciones para poder realizar una división de los sistemas del producto y poder hacer modelos previos para conocer el interior, exterior y sistemas básicos y funcionales, de lo cual va a estar dotado el producto (Mazur, 2000).

En esta etapa ya es posible tener una aprobación del programa para poder comenzar el diseño.

#### **1.4 Fase de Diseño.**

La siguiente fase es la de Diseño, la cual comienza por la división de los diferentes sistemas. Los atributos principales para realizar esta separación se dan en base a la función, tecnología, localización, proximidad física, materiales, atributos y reusabilidad o comunización.

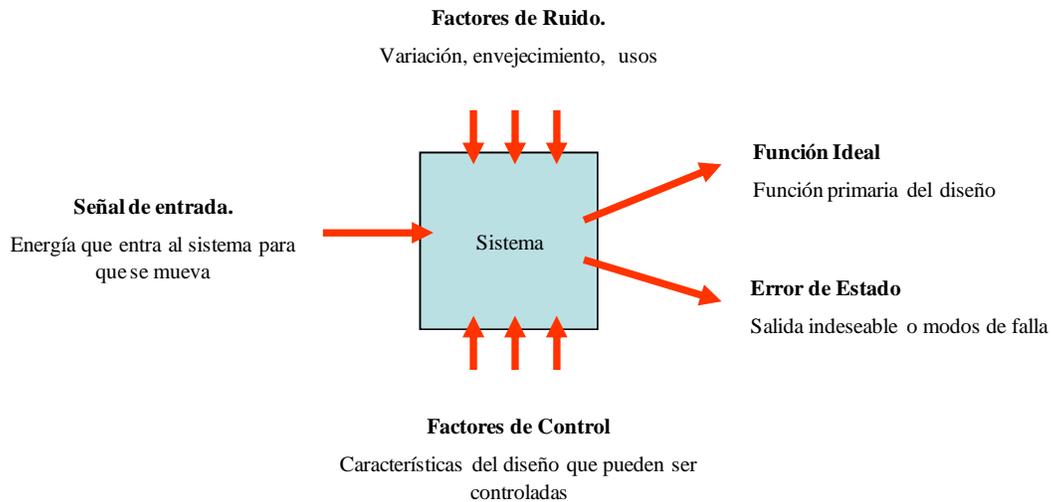
Con esta división se completa la lista de materiales y/o componentes (listado de materiales) que integran el producto final.

La división de los sistemas es muy parecida en prácticamente todos los fabricantes de productos. La división reduce la complejidad en las interfases de las diferentes partes con otros sistemas, ya que suelen imponer condiciones y restricciones, tanto de funcionamiento como de espacio. Los sistemas son descompuestos en varios subsistemas y éstos a su vez en componentes, con los que se comienza el diseño.

La separación aquí señalada ayuda al diseño, a las tareas, a los equipos y grupos de desarrollo que se concentran en el diseño (Fabricantes o Proveedores).

Se genera, por lo tanto, la necesidad de entendimiento de los requerimientos, de las especificaciones, de las reglamentaciones, de las funciones, del entorno y de la comunicación, que puedan asegurar el intento de diseño. Se utilizan diferentes métodos para ayudar a entender el entorno de los sistemas como:

Diagrama P – Se utiliza para crear una descripción del sistema y analizar las interfases y relaciones (Eckert et al, 2004) para que se muestre insensible a las variaciones y ruidos generados por los sistemas adjuntos como en la *Figura 3*.



**Figura 3. Diagrama Pugh.**

Es importante, que antes de la congelación de producto, se verifique el empaquetamiento de todos los sistemas, se realice una verificación del diseño y del análisis de funciones (CAD, CAE, FMEA, Prototipaje Rápido RP, DFA, DFM, Análisis de Valor, FAST y se realice el plan de validación para conseguir llegar a las fechas clave del programa.

Una vez que los requerimientos del cliente son comprendidos en cuanto a funciones y espacio físico, se comienza con la generación del modelo a través de CAD; en esta instancia y hasta la congelación de diseño, los grupos de diseño de los diferentes sistemas deben interrelacionarse para conseguir el objetivo. Se plantea así el plan de validación tanto de componentes y subsistemas como de los sistemas completos.

### 1.5 Fase de Prototipos.

La siguiente fase es la de Prototipos, en la cual se busca tener con un diseño final la primera entrega de componentes y subsistemas para poder fabricar un producto prototipo, y de esta manera validar principalmente apariencia y funcionalidad, como se muestra en la *Figura 4*; además ofrece la ventaja de poder encontrar las oportunidades de mejora y de solución.

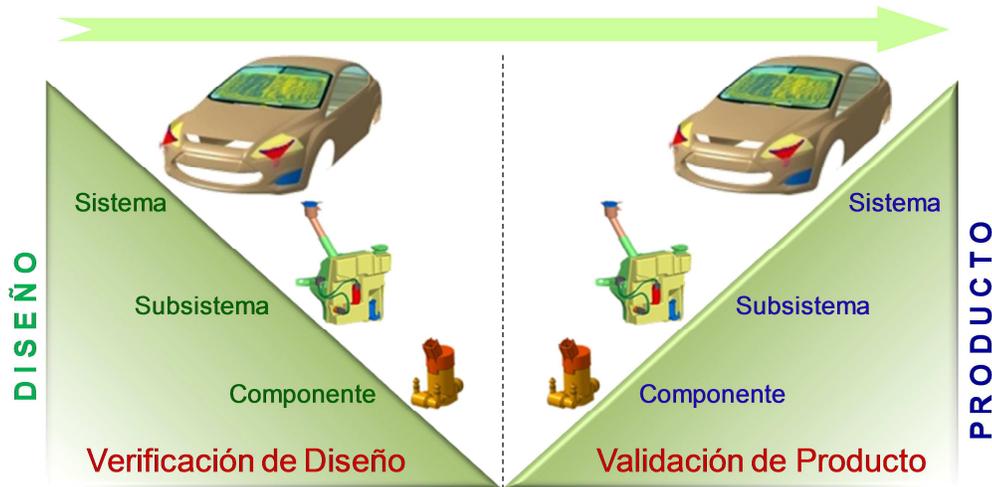


Figura 4. Validación de Diseño y Verificación de Producto. Fuente Propia.

## 1.6 Fase de Manufactura.

El siguiente momento es la fase de Manufactura, aquí se evalúan las líneas de ensamble, los métodos, los tiempos, los movimientos, los recursos, galgas, las herramientas, el personal (capacitación) y los volúmenes de fabricación, tanto en la línea de ensamble de vehículo como en las líneas de subsistemas (ya sea en cliente o proveedor). El producto resultante (ya sea un componente, subsistema, sistema o producto final) se valida para asegurar la calidad de los mismos.

En un intermedio de estas fases se evalúa el programa y se confirma el cumplimiento de los objetivos planteados por los fabricantes acerca del programa en cuestión.

Es importante que Manufactura y Calidad puedan estar presentes desde una etapa temprana, ya que el diseño final tendrá en cuenta los requerimientos de los procesos de montaje y mejorará la condición final del producto. Si se tiene en cuenta desde la fase de Diseño, las modificaciones y ajustes se reducirán notablemente.

## 1.7 Fase de Servicio y Venta.

Por fin, la última fase de fabricación y de venta y servicio, que corresponde a la fabricación y salida del producto de planta, se establece una logística de entrega a concesionarios y distribuidores para venderse al cliente final.

Equipos de calidad y diseño quedan atentos a los posibles problemas de diseño que llegan a través de las reclamaciones, para así asegurar calidad y satisfacción de clientes.

## **Resumen de Introducción a los Sistemas de Desarrollo de Producto.**

Con base en los distintos procesos de desarrollo de producto, analizados en el capítulo anterior, los siguientes conceptos se plantean como paradigma de la metodología propuesta:

El Desarrollo de Producto se refiere a todas aquellas fases y actividades involucradas en el lanzamiento de productos. Dicho desarrollo comienza con un análisis de mercado sobre las necesidades de los posibles clientes, determinando los requerimientos necesarios para cumplirlas.

En base a los datos de entrada o requerimientos, se hace un planteamiento inicial del producto. La factibilidad del mismo depende de las ventajas económicas que se plantean para cumplir cada uno de los requerimientos.

Una vez aprobado el proyecto se inicia la Fase Conceptual de Diseño, donde se determinan los sistemas que contiene el producto y se evalúan las distintas alternativas de los componentes que se incluirán en el producto final.

Con los parámetros aprobados, el diseño se efectúa desde una propuesta de formas y funciones, en los que se hace necesario contar con las formas en ordenador (CAD) y se evalúan con una serie de simulaciones (CAE) para mejorar el desempeño del producto. Una vez que se cuenta con esta información, es posible hacer prototipos para la evaluación preliminar, de acuerdo a una matriz de validación que refleje las condiciones de uso del producto y que cumplan con los requerimientos planteados.

La Fase de Producción comienza en la fabricación de moldes y con el desarrollo de líneas de producción, para obtener productos representativos de la fabricación.

Se concluye con la Fase de Servicio en la que el producto es adquirido por el cliente final y es evaluada la calidad, haciendo necesario brindar un servicio de garantía sobre posibles defectos, y responder así con calidad a la satisfacción de los clientes.

La metodología FAS se ha planteado para producto de complejidad media, aunque potencialmente se puede utilizar en productos con mayor complejidad.

Con la metodología FAS se pretenden optimizar valores entre 25% y 30% en tiempo de desarrollo de producto, con un 34% menos de recursos tanto humanos como materiales. Las mejoras en cada una de las etapas o fases se observan en la *Tabla 2*:

FASE	DURACIÓN Total [meses]	DESCRIPCIÓN	DURACIÓN [meses]	DURACIÓN Optimizada [meses]	RECURSOS Optimizados
FACTIBILIDAD	6	Revisión de las perspectivas del negocio	3	3	
		Revisión de las necesidades de mercado	2	2	
		Revisión de las necesidades de cliente	3	3	
		Necesidades de diseño y manufactura	5	5	20%
		Evaluación de las alternativas de escalabilidad	6	3	
CONCEPTUAL	5	Evaluación de las alternativas de arquitectura	5	2	70%
		Definir los objetivos estratégicos del programa	3	3	50%
		Definir las líneas de acción	2	2	
		Confirmación de Marketing	4	4	
		Confirmación de Finanzas	4	4	
		Confirmación de Calidad	3	3	
		Confirmación de los recursos	3	3	15%
		Selección de los atributos del producto	5	2	70%
		Alineación de las necesidades del programa	4	4	
		Selección de la división de los sistemas de producto	5	2	70%
		Revisión de los sistemas de acuerdo a la escalabilidad	3	3	70%
		Definición precisa de proveedores por parte de compras	5	1	30%
		DISEÑO	9	Definir los objetivos funcionales	4
Confirmación de los atributos	4			1	30%
Confirmación de las funciones	3			1	20%
Diseño preliminar de los sistemas	2			1	30%
Asignación de proveedores	5			5	
Liberación de superficies de diseño	5			5	20%
Empaquetamiento de sistemas	4			4	30%
PROTOTIPOS	6	3D de sistemas	3	3	20%
		Fabricación de moldes prototipo	3	1	30%
		Verificación de los sistemas	5	1	30%
		Notificación de cambios de ingeniería	6	6	50%
		Liberación de prototipos	2	2	40%
VALIDACIÓN	4	Ensayos de validación preliminar	3	1	30%
		Aprobación de la apariencia final de los sistemas	3	1	20%
		Cerrar las tolerancias de ensamblaje	4	1	30%
		Completar ensayos de validación	4	1	30%
PRODUCCIÓN	5	Cerrar la validación de diseño	2	1	40%
		Revisar las capacidades de producto	4	4	
		Confirmación de todas las actividades	3	3	
		Revisión completa del montaje	4	4	30%
		Verificación de niveles de producto	3	3	
		Comenzar la producción	4	4	
		Establecer precio final	3	3	15%
		Rampa de lanzamiento de producto	5	5	
		Confirmación del cumplimiento de los objetivos del programa	2	2	
		Documentación de los objetivos de las diferentes actividades	2	2	
		Liberación de producto	2	2	
		Confirmación de Homologaciones / Certificaciones	4	4	15%
		Confirmación de las regulaciones ambientales	3	3	
Revisión de los estándares corporativos	3	3			
Datos de tecnología	3	1	40%		
Lecciones aprendidas	4	4			
MANUFACTURA	7 años	Producción del producto	7 años	7 años	
SERVICIO	12 años	Sistema de recambios	7	2	
		Capacidad en mantenimiento y reparación	5	2	
		Guías de reparación	4	2	30%

**Total Optimizado:**

**28%**

**34%**

**Tabla 2. Procesos de Desarrollo Optimizados con la Metodología FAS  
(Fuente Propia de acuerdo a Ford GPD).**

Los distintos puntos presentados como temas o conceptos se han seleccionado debido a que se consideran puntos clave del negocio y que están presentes un proceso de desarrollo de producto.

Observemos cómo en esta primera fase de Desarrollo de Producto se tiene la oportunidad de introducir conceptos y métodos de acuerdo al tema de investigación, y que la fase previa al Diseño da la oportunidad de introducir filosofías de Desarrollo Conceptual, que puedan ser aprovechadas para un Diseño Modular General.

Los conceptos de diseño deben ser aplicados en diferentes productos como objetivo del concepto de Diseño Inicial, sin ser un producto de línea (Carry-Over), es decir, que el intento de diseño sea pensado para usarse en diferentes plataformas de una familia de producto (Jianxin & Simpson, 2007).

De acuerdo con esta línea de investigación es necesario comentar temas que van relacionados con nuestro objetivo, ya que si se demuestra la factibilidad del mismo, es posible poder desarrollarlo de manera paralela para poder crear plataformas globales comunes, que aventajen en cuanto a tiempos de diseño y fabricación, calidad, costes y fiabilidad, y que permiten a los fabricantes ser más productivos y competitivos, posicionar la marca y dotarse de ventajas tecnológicas que aseguren su crecimiento en el mercado.

Antes de la Revolución Industrial la manufactura no era en serie, es decir, cada producto era único. Después de esta revolución, y ya con la fabricación de productos en serie y volumen, el interés de las empresas era llegar al mayor número de consumidores en el mercado.

En tiempos recientes, en medio de la Revolución Tecnológica, la búsqueda por satisfacer las necesidades personales ha hecho que se tenga una mayor variedad y diversidad de un mismo producto, atendiendo al gusto de más consumidores y cubriendo sus necesidades particulares.

Trabajos recientes resaltan el valor que tienen los productos personalizados, ya que permiten al consumidor tener un muy alto grado de satisfacción del producto adquirido, pues éste cumple en un grado mayor sus gustos y necesidades; de ahí el concepto moderno de Personalización de Productos en Masa (mass customisation) (Janitza et al, 2003) y conservando la fabricación en serie como modelo productivo.

## PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Existe una base sólida de conocimiento para determinar arquitecturas y plataformas de producto?

¿Existe la necesidad de las empresas de mejorar los sistemas de desarrollo de productos?

¿Se pueden reducir los tiempos de desarrollo de productos?

¿Es posible reducir los costes de desarrollo comunizando piezas?

¿Existen ventajas competitivas para las empresas en reaccionar rápidamente a los cambios de mercado y gusto de los clientes?

¿Es necesario el seguir desarrollando métodos y conocimiento para el reconocimiento de sistemas modulares?

¿El desarrollo de módulos de producto da una ventaja a las empresas en el mercado?

¿Es posible que el desarrollo de productos se pueda conformar por un análisis modular, desde la fase conceptual del proyecto?, ¿que permita plataformas y arquitecturas claramente identificables, que combinen componentes y sistemas?, ¿generando el desarrollo de módulos para una arquitectura y/o plataformas globales de producto?, ¿que las ventajas de diseño conceptual modular reflejan un incremento de volumen de producto, mejora de la calidad, reducción de costes, personalización de productos, reducción de gastos de desarrollo y medios y un incremento en las ventas?

Dentro de los Sistemas de Desarrollo de Productos ¿qué se debería hacer para poder dar una solución sólida a las preguntas anteriores?

## **HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN**

H1 - ¿Es posible optimizar las interrelaciones funcionales para el desarrollo de sistemas modulares, desde la fase conceptual en los procesos de diseño de producto, que permitan reducir tiempo de desarrollo y coste de producto?

H2 - ¿La selección de módulos de producto se puede realizar mediante método científico y no solo a través del empirismo como hasta ahora?

H3 - ¿Existe un gran ahorro de recursos cuando se conocen las funcionalidades particulares de los módulos en sistemas complejos?

## **OBJETIVO GENERAL**

Realizar una estructura metodológica para la selección y evaluación de las variables de diseño modular a través de análisis DSM de los sistemas.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Analizar las metodologías encontradas en el estado del arte para mejorar los tiempos de desarrollo de productos encontrando y resolviendo las necesidades y carencias para optimizar los procesos.
- b) Identificar las variables propuestas por los diferentes autores que permiten la comprensión e implementación del diseño conceptual modular.
- c) Identificar las restricciones en la selección de variables que intervienen en el diseño conceptual para optimizar las funciones.
- d) Estructurar analíticamente la metodología propuesta.
- e) Fundamentar la validez de la metodología propuesta con casos prácticos.
- f) Analizar comparativamente los datos obtenidos respecto a las metodologías actuales para verificar el índice de optimización.

## **ALCANCES**

La aplicación de los resultados de esta metodología pretenden ser matemáticamente factibles para su operación en los sistemas de producto, así como una guía de diseño para el desarrollo de productos en el futuro inmediato, considerando los diferentes sistemas de desarrollo de los fabricantes de producto y las interrelaciones entre los diferentes sistemas, y que permitan también llegar a medir las ventajas competitivas con la aplicación de esta metodología en la industria.

El alcance de la tesis se limita al establecimiento de las bases teóricas para determinar los tipos de relaciones en el diseño modular validado con ejemplos prácticos. La base se determina de acuerdo al análisis del estudio del arte y al ejercicio realizado en la comprobación algorítmica de los grupos relacionales de las variables.

La utilización de ésta metodología pretende completar los estudios previos en el análisis de diseño conceptual modular, en soluciones más sencillas y de aplicación práctica.

Se han seleccionado tres casos de sistemas con distinta complejidad y tamaño de componentes para validar la efectividad de la metodología. Es importante comprobar que la metodología puede abarcar tanto productos sencillos como complejos, en las que las relaciones entre un gran número de elementos no sean limitantes para el uso de ésta metodología.

Las fronteras se establecen en los perímetros del diseño convencional y los diseños de interpretación verbal asistido por ordenador, a través de algoritmos que determinan funciones y formas de los productos. El conocimiento de las variables de producto hace que la metodología cumpla, mediante el método científico, con establecer bases sólidas de conocimiento y datos para la optimización de los sistemas de desarrollo.



## **Capítulo 2. Desarrollo de Producto.**

Se describen las distintas áreas y actividades que involucran el Desarrollo de Productos, y se sientan las bases teóricas para la comprensión y aporte a éste tipo de Sistemas.

## Sumario Capítulo 2

CAPÍTULO 2. DESARROLLO DE PRODUCTO.....	19
CAPÍTULO 2. DESARROLLO DE PRODUCTO.....	21
2.1 CONCEPTOS DE DESARROLLO DE PRODUCTO .....	21
Introducción al Desarrollo de Producto, Jerarquía de Niveles, Arquitecturas de Productos, Clasificación de las Arquitecturas de Producto, Arquitectura Integral, Arquitectura Modular, Arquitectura Normal, Arquitectura Inversa, Plataformas de Productos, Diseño de Plataformas Flexibles, Diseño Modular (Modularidad), Personalización, Ingeniería Concurrente, Validación de Producto, Producción flexible, Cambio - Rediseño – Servicio, Ciclo de Vida del Producto	
Resumen del Tema Desarrollo de Producto	
2.2 METODOLOGÍAS DE APOYO EN EL DESARROLLO DE LA TESIS.....	45
Metodología FPDP, Metodología Eckert, Metodología Sosa, Metodología TDN's, Metodología MDL, Metodología GA's-DSM, Metodología NM (Network Modularity), Metodología PPECM, Metodología MBP, FoMoCo, Metodología para Estimación Tiempos de Desarrollo en Base a DSM, Metodología 2LO, Metodología Ontofabes, Metodología de Interfases e Interrelaciones en el Desarrollo de Arquitecturas de Producto, Metodología DSM, Keyplayer – Análisis de Redes.	
Resumen de Metodologías de Apoyo en el Desarrollo de la Tesis	
2.3 JUSTIFICANTES .....	69
2.4 ALGORITMO PARA LA SELECCIÓN DE LAS VARIABLES INTERRELACIONALES DE DISEÑO.....	73
Conceptos Básicos, Algoritmo Base, Funciones del Algoritmo FAS, Comparativa entre Algoritmos.	
Resumen de algoritmos de selección de las variables interrelacionales de diseño	
2.5. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA FAS .....	83
Tipos de Relaciones, Notación de la Matriz de Relaciones, Pasos de la Metodología FAS, Portaminas – Ejemplo de aplicación de la Metodología FAS.	
Resumen de la Metodología FAS	
Resumen del Desarrollo de la Metodología FAS.....	105

## **CAPÍTULO 2. DESARROLLO DE PRODUCTO**

### **2.1 CONCEPTOS DE DESARROLLO DE PRODUCTO**

En éste capítulo se describen características que se presentan en el desarrollo de productos, con las cuales es necesario identificar los niveles potenciales del producto tanto en lo particular como en su integración con otros sistemas (Zakarian & Kusiak, 2000).

Teniendo en cuenta las características de a continuación, es posible tener un mejor control de las funciones y factores que condicionan los diseños individuales y en conjunto.

#### **2.1.1 Introducción al Desarrollo de Producto**

Se trata de un término utilizado para describir las actividades y fases durante el Proceso de Diseño, que involucra todas aquellas áreas del negocio y plantea una serie de fases de desarrollo que se deben cumplir con actividades específicas en cada una.

En la actualidad existen distintas metodologías de desarrollo de producto; la diferencia entre éstas y ésta depende del tipo de producto en cuestión, ya que productos similares siempre tienen metodologías parecidas en cuanto a tiempos de desarrollo, homologaciones, mercados, etc.

Durante este proceso es necesaria la interacción de distintos departamentos, no sólo de diseño o ingeniería, sino también de calidad, mercadotecnia, ventas, finanzas y compras, entre otros, ya que los productos requieren de información compartida en cada una de sus partes para lograr los objetivos planteados en la definición, concepción y ventas de los productos.

Los sistemas de desarrollo de producto enfrentan mejoras continuas por numerosos grupos de investigadores y fabricantes de vehículos alrededor del mundo, tras evaluar las metodologías utilizadas para optimizarlas (Jandourek, 1996).

La principal preocupación que se enfrenta es la de reducir los tiempos de diseño con productos más robustos y de menor coste (Huang & Kusiak, 1999), que permitan versatilidad en la dinámica de las necesidades de cliente y que éstas se puedan satisfacer.

Las fases generales en el Desarrollo de Productos, que se muestra en la *Figura 5*, involucran acciones y etapas que deben cumplimentarse para llegar a la siguiente con un análisis individual, pero sin perder de

vista que las relaciones de las fases anteriores son indispensables, y que la relación entre ellas es muy elevada.

Estudios como el GPD (Global Product Development) llevado a cabo en el MIT (Tripathy & Eppinger, 2007), utiliza el DSM como proceso de estructuración de los sistemas de desarrollo de producto tanto de cliente como de proveedores.

La metodología DSM procesa información desde la perspectiva del flujo de proceso y la arquitectura del sistema, igualmente desde la interacción compleja inherente en los diferentes sistemas de desarrollo para converger en un proceso eficaz de desarrollo de producto.

Se toman en cuenta factores como los precios de venta, costes, talento, comunicación y propiedad intelectual, identificando servicios externos/ externalización de trabajo y optimizando los procesos de desarrollo de producto.

Es posible mostrar mediante la “Matriz de Desarrollo” las diversas formas de las estructuras en el Desarrollo de Producto. Esta matriz hace un mapeo de la Arquitectura de Producto en una estructura organizacional y predice los patrones de las comunicaciones técnicas que debe tener la estructura (Sosa, 2008), este tipo de procesos facilita que los diseños puedan verse de una manera modular global y permite ver como se alinea la arquitectura.

La importancia de las vías de comunicación, así como la comunicación entre departamentos es de vital importancia para poder cumplir las fases de los programas, ya que permite determinar el involucramiento y las actividades de las personas en el diseño sistemático de productos. Sirve, además, para determinar el grado de relación entre las comunicaciones.

En un modelo de DSM, que estima la probabilidad de los procesos de desarrollo a través del tiempo (Carrascosa et al, 1998), se captura la conducta formada por las tareas en paralelo, en serie y asociadas. Puede ser utilizado para comparar diferentes tareas secuenciales y los grados de sobre posición de los procesos de desarrollo en el tiempo. <sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Metodología para estimar Tiempos de Desarrollo en base a DSM. Estiman la probabilidad del cambio debido a los parámetros de las tareas y las comunicaciones con otras. Véase 1.3.10

### **2.1.2 Jerarquía de Niveles.**

Para facilitar el estudio de las arquitecturas y plataformas de producto, es necesario determinar los tamaños y atributos que permitan su identificación y evaluación.

Se debe establecer una jerarquía de sistemas, ya que dentro de los sistemas de producto complejos, es posible que identifiquen distintas y múltiples capas.

Para (Tripathy & Eppinger, 2007) se establece una jerarquía de producto o sistema, subsistema y componentes. Puede haber más de un nivel de descomposición de subsistemas antes de llegar al componente final de más bajo nivel.

El sistema está definido como la conexión o relación de componentes para generar una función mayor que los elementos por sí solos. Dichos componentes se interconectan o dependen de los demás en sus relaciones en lo definido como arquitectura de sistemas.

Ésta descomposición permite facilitar el análisis del sistema global. Dentro del diseño, distintas personas y grupos trabajan en componentes individuales, y si el sistema lo permite, debido a su baja complejidad, es posible que un mismo grupo o individuo trabaje para todo el sistema o subsistema.

Para acotar ésta información, se puede optar por determinar el número apropiado de niveles que se requieren en una independencia debido a los atributos de la arquitectura, seleccionando un conjunto de niveles de atributos determinados por las permutaciones entre ellos (Otto, 2002).

Debido a la personalización y los cambios en el producto, se deben analizar las causas y efectos potenciales.

A través del DSM y de un estudio de relaciones de los orígenes, de los tipos e interrelaciones entre los sistemas y de sus procesos formales o informales, se plantea el manejo y propagación a otros sistemas, teniendo en cuenta los márgenes de tolerancia que se han excedido de los parámetros individuales (Eckert et al, 2004).

### 2.1.3 Arquitecturas de Producto.

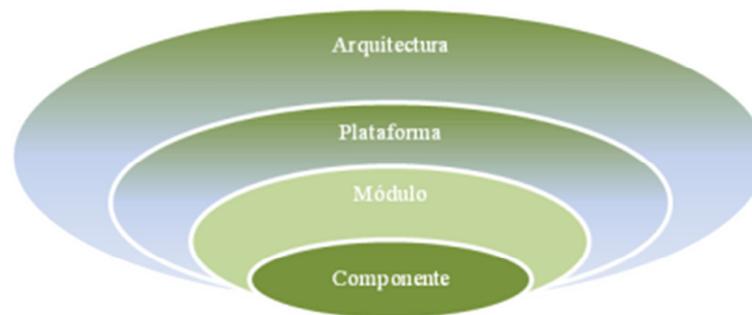
La Arquitectura de Productos se define como la relación del producto con sus componentes; se plantea en base a su estructura y sus funciones. Ayuda a comprender la complejidad y variedad de los productos y depende de la jerarquización de los sistemas y la división de estos subsistemas y componentes (Gonzalez-Zugasti J. P., 2000).

Las Arquitecturas de Producto se instrumentan para determinar una identidad de la marca o producto, y sirve para comunicar partes y actividades que permitan la reducción de las diferentes clases de entregas (información, producción, transporte, etc.). Una arquitectura de producto determina las formas y tamaños, pero define también los costes y actividades.

Es necesario que las arquitecturas se analicen y evalúen de manera correcta para que la marca pueda sacar beneficios de ella (Campbell, 2004).

Una correcta definición de arquitectura permite que las marcas se vuelvan más sólidas en el mercado y que los beneficios, tanto económicos como productivos, se eleven. Si este análisis es correcto, de manera objetiva, es posible ver la superioridad del producto respecto a otros productos.

De acuerdo a las jerarquías del diseño, se tiene en cuenta el modelo mostrado en la *Figura 5*, que representa los diferentes niveles de diseño de un producto.



**Figura 5. Esquema de Jerarquías de Producto. Fuente Propia.**

En las diferentes Arquitecturas de Producto se determinan la sinergia de los equipos de trabajo, al buscar minimizar los tiempos de desarrollo y los costes de fabricación. Es esencial para las marcas contar con una arquitectura para poder sobrevivir en el mercado, debido a las múltiples ventajas de productividad que se generan en lo que respecta a productos únicos.

En la Arquitectura Integral, un mismo elemento cumple varias funciones; mientras que en una Arquitectura Modular, las funciones son únicas en cada elemento.

La ventaja de la Arquitectura Integral está en su función global, y puede ser optimizada por la eliminación de las interfases (Brusoni & Prencipe, 2005) y por la integración de funciones en diferentes elementos; La arquitectura modular resulta más eficiente al manejar cambios y reducción de tiempos, por lo que es posible cambiar los sistemas superiores que están relacionados funcionalmente con él.

De acuerdo con (Yu, Gonzalez-Zugasti, & Otto, 1999) se pueden identificar tres tipos principales de variantes o portafolios en las arquitecturas de producto:

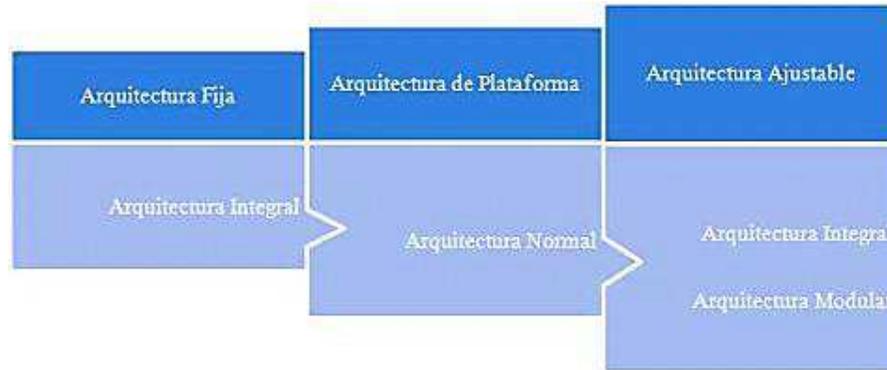
- Arquitectura Fija
  - Arquitectura de Plataforma
  - Arquitectura Ajustable
- 
- Las Arquitecturas Fijas no comparten componentes en una gran variedad de productos de mercado. Los sistemas son independientes para cada uno de los productos, y éstos permiten una menor variación, por lo que resultan más personalizados en segmentos específicos de mercado.
  - Las Arquitecturas de Plataforma comparten componentes y sistemas. Ofrecen variedad en el mercado a través de las combinaciones de módulos comunes y mejoran la rentabilidad del producto buscando un mayor mercado.
  - Las Arquitecturas Ajustables aseguran la variedad y flexibilidad de remplazo, donde los módulos pueden ser aprovechados a través de la familia de productos, con la opción de dar nuevas funcionalidades a los módulos y lograr una línea más grande de productos.

Para el desarrollo de esta metodología se propone dividir las arquitecturas de producto en Integrales y Modulares.

De acuerdo a las definiciones de (Ulrich, 1995) y de (Yu et al, 1999) se mantiene la apreciación entre las Arquitecturas Integrales y de Plataforma, así como las de Modular y Ajustables.

Respecto a las Plataformas Fijas, planteadas anteriormente, se excluyen de esta clasificación porque no comparten componentes y no permiten hacer un análisis de las interrelaciones, para obtener un producto completamente modular o una arquitectura flexible, que es un objetivo fundamental de este trabajo.

La división de las distintas arquitecturas se presenta en a *Figura 6*.



**Figura 6. División de las Arquitecturas. Fuente Propia.**

### 2.1.3.1 Clasificación de las Arquitecturas de Producto.

Las Arquitecturas de Producto se pueden clasificar en función a la relación que existe entre su funcionalidad (integral y modular) y entre sus relaciones (normal e inversa) para los diferentes sistemas que la integran.

La funcionalidad de una arquitectura se define como la relación de las acciones que realizan los distintos sistemas que la integran, es decir, que cumplen con los requisitos de función para los cuales fueron concebidos (Crewley et al, 2004); Mientras que las arquitecturas relacionales son aquellas que se establecen en base a la relación o conectividad que existe entre los sistemas.

En base a las Funciones de sus componentes:

#### 2.1.3.1.1 *Arquitectura Integral:*

Se define como integral a aquella arquitectura que dentro de un mismo sistema comparte diferentes funciones en su relación con los demás sistemas.

$$F(Ai) = f(a_1) * f(a_2) * ... * f(a_n) \quad [1]$$

Los Sistemas Integrales se diseñan de manera conjunta y con un grado mayor de intervención entre los distintos departamentos de diseño, ya que requieren información transversal entre cada uno de ellos para que el producto alcance las funciones transversales y su funcionalidad.

El grado de interrelaciones de los sistemas determina la complejidad de manejo de información, y provoca que se desarrollen métodos mayores de control para asegurar su funcionamiento.

#### **2.1.3.1.2 Arquitectura Modular :**

Aquí los sistemas tienen funciones independientes de los demás sistemas.

$$F(Am) = f(a_1) + f(a_2) + \dots + f(a_n) \quad [2]$$

El diseño de cada uno de los sistemas es de manera individual, es decir, cada uno de los sistemas debe cumplir la función para la que ha sido concebido, con un grado de independencia mayor que en el de los integrales.

La ventaja que presenta la Arquitectura Modular, tiende a permitir una variedad mayor de producto por su fácil intercambiabilidad y por sus escasas relaciones con otros sistemas. Inclusive, para los Sistemas Modulares, se debe contemplar un supra sistema que permita el manejo e integración de las funciones globales entre cada uno de los sistemas para completar las funciones del producto final.

En base a las relaciones de sus componentes:

#### **2.1.3.1.3 Arquitectura Normal:**

Es aquella en la que la arquitectura del producto determina las relaciones de los componentes.

$$R(An) = r(a_1) * r(a_2) * \dots * r(a_n) \quad [3]$$

Al determinarse una Arquitectura normal (supra sistema), las relaciones de sus componentes están directamente relacionadas entre sí, lo que permite intervenir en el diseño del componente para crear un sistema modular.

#### 2.1.3.1.4 Arquitectura Inversa:

Es aquella en la que las relaciones de los componentes determinan la arquitectura del producto.

$$R(A)^{-1} = \frac{r(a_1) * r(a_2) * \dots * r(a_n)}{A} = 0$$

[4]

Éste tipo de Arquitectura está determinado por los componentes, quiere decir, que las relaciones de los componentes determinan el tipo de Arquitectura, lo que conduce a que de manera general se convierta en única.

Nomenclatura:

$F(A_i)$  - Arquitectura Integral

$F(A_m)$  -Arquitectura Modular

$R(A_n)$  - Arquitectura Normal

$R(A)^{-1}$  - Arquitectura Inversa

$f(a)$  - funciones que cumple de cada componente

$r(a)$  - relaciones de cada componente

#### 2.1.4 Plataformas de Productos.

De acuerdo con (Meyer & Lehnerd, 1997) la Plataforma de Productos se define como sigue:

*“Una Plataforma de Productos es un grupo de partes, subsistemas, interfaces y procesos de manufactura que son compartidos a lo largo del grupo de productos, y que permiten el desarrollo de productos derivados con reducciones de costo y tiempo.”*

Las plataformas se pueden clasificar (Gonzalez-Zugasti J. P., 2000) en:

- Plataforma Integral
- Plataforma Modular

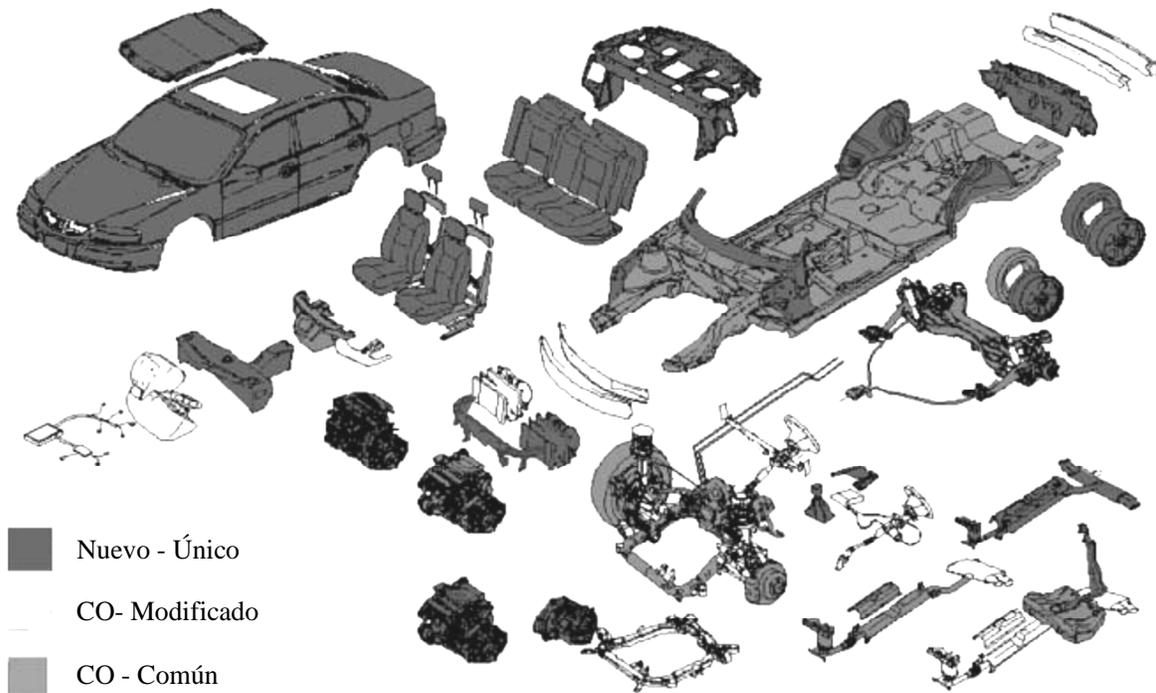
La Plataforma Integral es un parte única del producto que se comparte con todos los demás productos de una familia. En la Plataforma Modular, el producto se divide en módulos que pueden ser utilizados por otros de diferente tamaño y funcionalidad para crear variantes (véase *Figura 7*).

Es necesario generar un modelo que diferencie las marcas y la percepción del cliente en una misma plataforma, igualmente que distinga el portafolio de productos derivados de la misma plataforma, y que genere diferentes variantes (Gonzalez-Zugasti et al, 2000) con características distintivas de la personalidad de la marca y la distinción de las categorías para que los clientes distingan los productos provenientes de una misma plataforma (Meyer et al, 2011).

La importancia radica en que se debe mantener la posición de la marca en el mercado, en la percepción de los clientes y en la pertenencia a la marca.

Para determinar el número de plataformas maximizadas, se puede contar con la ayuda de la metodología (Weck et al, 2003) que permite encontrar las ganancias de una familia de productos con selecciones simplificadas, ayudando a las industrias manufactureras a reducir los costes de selecciones simplificadas y a reducir los costes de manufactura y desarrollo (Chernoff et al, 2006).

Con la implementación de plataformas estratégicas, basada en un análisis de los objetivos del segmento de mercado, desempeño y precio.



**Figura 7 . Módulos Vehiculares. Fuente (Suh Eun & Weck, 2007).**

Dentro de la categoría de “Plataformas de Producto” se pueden distinguir “Familias de Producto”. Estas familias son un grupo de productos que comparten partes y ensambles comunes, con elementos de una misma plataforma.

Los rasgos geométricos y de apariencia, así como una función común, permiten identificar claramente a los miembros de esta familia, ya que las diferencias no son significativas y buscan siempre un mayor número de componentes y procesos comunes (Gonzalez-Zugasti et al, 2000).

Si se logran identificar las familias, será más fácil determinar la reducción de costes de la pieza debido a su fabricación y montaje.

El análisis de optimización debe contemplar las ventajas de diseño en las plataformas comunes, buscando las diferencias entre un producto individual y la familia de productos, para tener una diferenciación entre ellos.

### **2.1.5 Diseño de Plataformas Flexibles.**

La flexibilidad es definida por Joel Moses (Moses, 2010) como:

*“La propiedad de un sistema de ser capaz de sobrellevar las clases especificadas de los cambios con relativa facilidad”.*

Por otra parte los elementos flexibles en (Suh Eun & Weck, 2007) se definen como:

*“Elementos que pueden acomodar las diferentes variantes de requerimientos de cada producto, a través de modificar un nivel adicional inferior y relacionado con otro elemento único que puede servir para el mismo propósito”, (Véase Figura 8).*

En una estrategia, centrada en la arquitectura de producto y basada en los sistemas de arquitectura de plataformas, se debe introducir a toda la cadena de valor para potencializar la innovación (Campbell, 2004). Esto se da porque los sistemas están interrelacionados, y porque los departamentos que conforman la unidad de negocio, necesitan introducir información al sistema para que éste pueda cumplir con la totalidad de sus funciones.

Como propuesta de Diseño Sistemático en (Simpson et al, 2001) respecto a plataformas y familias de producto, la metodología PPCEM (Método de Exploración del Concepto de Plataforma de Producto)<sup>2</sup> se desarrolló ésta para facilitar el diseño de una familia de productos, basada en la escalabilidad de plataforma desde un punto de vista funcional y de manufactura.

La importancia de esta escalabilidad de la plataforma define la cantidad y el impacto de los cambios que se deben realizar, y determina igualmente los tiempos de desarrollo y costes implicados. Si la plataforma es flexible (Díaz Dominguez, 2009), el grado de complejidad se reduce dentro de la escalabilidad del cambio.<sup>3</sup>

En el análisis de la Flexibilidad de Sistemas Complejos a gran escala, se plantea (Silver & Weck, 2007) de forma heurística una plataforma que cuantifique los valores de flexibilidad de los sistemas implicados. Se debe analizar así mismo, el desarrollo y las líneas operacionales para identificar la incertidumbre en los diseños, y de esta forma encontrar la solución con mayor facilidad a los cambios (Gonzalez-Zugasti et al, 1999).

En este contexto determinar la incertidumbre en los diseños es un proceso arduo, pues deben estar implicados grupos de expertos para obtener resultados confiables, y dependiendo del grado de incertidumbre<sup>4</sup>, el cambio-escalabilidad-plataforma refleja la complejidad de las interrelaciones del sistema, con lo cual nos da una visión para determinar el cambio a realizar y completar así el proyecto (Griffiths & Margetts, 2000).

En consecuencia, la incertidumbre debe procurar tener siempre los valores más bajo posibles.

Dentro de las medidas de desempeño, necesarias para evaluar la flexibilidad de las plataformas, es posible hacer una serie de formulaciones y simulaciones de los distintos escenarios o clúster de las opciones, que determinen el parámetro de “Propagación del Cambio” (Suh Eun & Weck, 2007).

Dicho parámetro involucra las diferentes restricciones que hay en la flexibilidad de las plataformas, lo que permite determinar las ganancias en las distintas familias de producto, contemplando la variación en la demanda y los cambios generados en las especificaciones del producto (*Figura 8*).

---

<sup>2</sup> Metodología PPCEM (Product Platform Concept Exploration Method ) Para el diseño sistemático respecto a plataformas y familias de producto desde un punto de vista funcional y de manufactura. Véase 1.3.8

<sup>3</sup> Escalabilidad –Tamaño del cambio que se determina por la complejidad de las relaciones entre los sistemas implicados. Tabla 1

<sup>4</sup> Véase también 1.3.4 -Time-Expanded Decision Networks (TDN’s) para determinar el Índice de Propagación del Cambio.

Éste término representa el peso de todas las relaciones que ocurren en la plataforma de los distintos actores, dando un peso determinado a las relaciones con las que se maneja y conduce el DSM, en su intento por optimizar la propuesta de plataforma.<sup>5</sup>

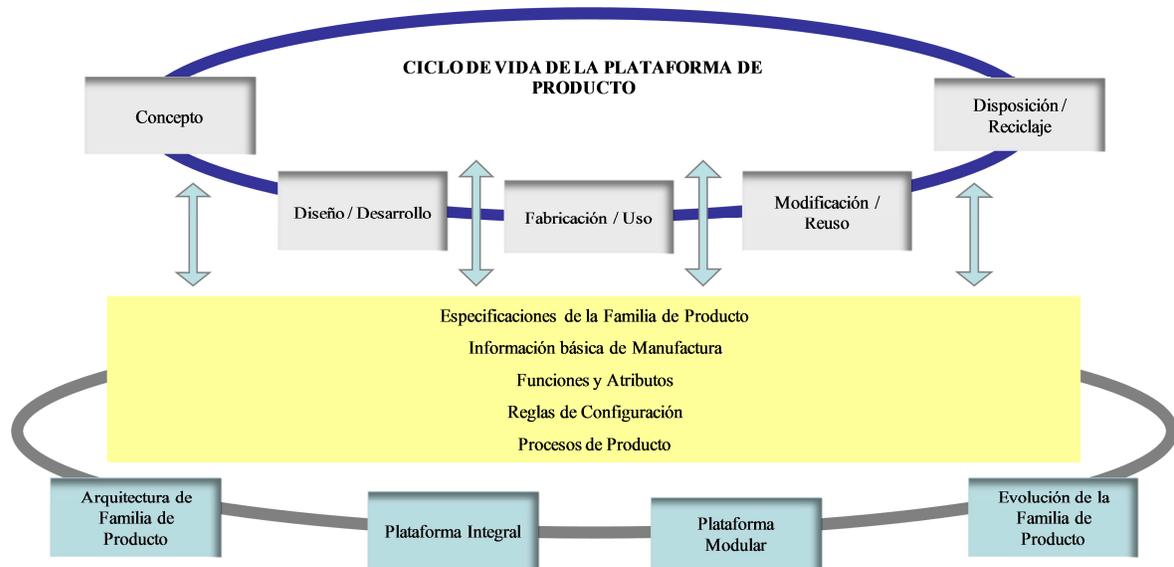


Figura 8. Diagrama General de Plataformas de Producto. Fuente Propia.

### 2.1.6 Diseño Modular (Modularidad).

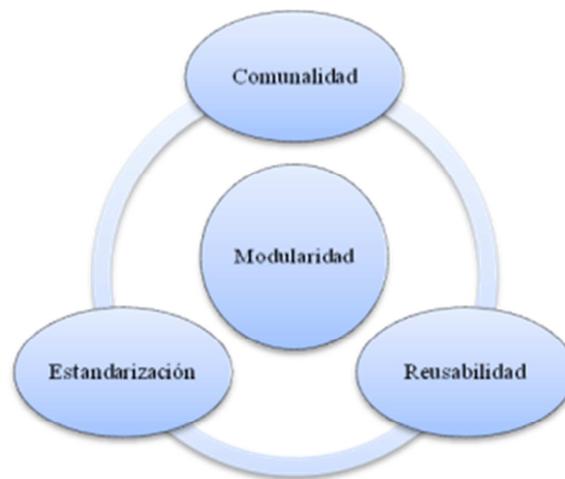
El Diseño Modular se refiere a aquellos sistemas que están previstos, desde la fase de concepto, ser diseñados para utilizarlos en distintos productos, plataformas o arquitectura (Muffatto & Roveda, 2002); Deben cumplir con las funciones para las cuales fue concebido y con las especificaciones para cada uno de sus usos. Las relaciones entre el resto de los sistemas se estrechan debido a que comparten en alto grado de información y funciones (Dahmus et al, 2001).

Éste tipo de sistemas son más complejos desde el punto de vista de diseño, ya que deben cumplir especificaciones, posición y validación con cada uno de los productos para los cuales han sido diseñados (Yang et al, 2005). Debido a esto, los distintos actores, desde una fase inicial de concepto, deben tener claro las necesidades y requerimientos.

<sup>5</sup> El proceso de diseño de plataformas flexibles (FPDP) es una metodología de 7 pasos iterativos para determinar la propagación del cambio, y maneja tanto los atributos funcionales como las variables de diseño y los componentes físicos. Véase 1.3.1

La ventaja radica en que el proceso de diseño, aunque es más complejo en dicho tipo de sistemas, se reduce considerablemente (llegando a valores nulos) cuando este sistema es empleado en otras variantes dentro de la plataforma (Agard & Kusiak, 2004). Es así como los módulos son necesarios hoy en día para abaratar costes de diseño y producción, y ser competitivos en el precio al cliente final, lo que devendrá en mayores ganancias para la compañía (Cunha et al, 2007).

Ahora bien, para comenzar a analizar los sistemas modulares, se debe definir y cuantificar el grado de modularidad en cada nivel, comenzando por el nivel inferior o componente (Sosa et al, 2007). Se determina a través de la función y se define el módulo en base a la falta de conectividad entre ellos, con un análisis de propagación, compartición y puentes existentes de la *Figura 9*.



**Figura 9. Cuadro de Modularidad. Fuente Propia.**

Las arquitecturas funcionales determinan los módulos de producto en base a sus funciones (Sudjianto & Otto, 2001). Los elementos no identificados como parte de distinción de marca, pueden ser usados para una plataforma común, ya que el aspecto estético, como los que identifican a una marca, deben conservarse para no influir y cambiar el punto de vista de clientes y el prestigio de las marcas o modelos.

La partición de productos en módulos se realiza en base a un modelo de las relaciones funcionales. Estas relaciones se ven optimizadas también en un DSM sólo definiendo las entradas y las relaciones.

El objetivo propuesto es desarrollar una arquitectura de desarrollo modular en el contexto de la marca. Conceptualmente primero se construye una estructura de funciones de la plataforma de producto y se enlista la estética (o diferenciación de la marca).

En una Arquitectura Modular es imperativo imponer unas reglas de modularidad basadas tanto en las funciones como en la estética de formas y colores. Si se llega a verter esta información en el DSM, será posible obtener una optimización de los módulos, y las arquitecturas serán altamente efectivas de acuerdo a los propósitos con los que se plantea diseñar modularmente.

Ya que definimos plataformas y arquitecturas integrales y modulares, es necesario determinar, mediante un método (Sosa et al, 2007) las diferencias entre los sistemas de diseño modular y los sistemas integrales.

Los sistemas modulares son aquellos en los que las interfases están bien definidas, y comparten con otros pocos sistemas mientras que en los sistemas integrales las interfases (Brusoni & Prencipe, 2005) son más complejas y se comparten a través de todo el producto.

Una vez encontradas las diferencias significativas en los equipos de diseño integral y modular y manejando interfases de diseño, es posible definir y restringir completamente el sistema. El análisis se centra en estudiar los efectos debido a las fronteras de organización y de sistema, de esta forma se identifican los sistemas modulares e integrales y las diferencias entre ellos.

La organización de desarrollo puede mejorar los procesos de integración de diseños complejos al conocer estas restricciones y diferencias que acusan al diseño.

### MODULARIDAD – Relaciones entre Plataformas y Programas

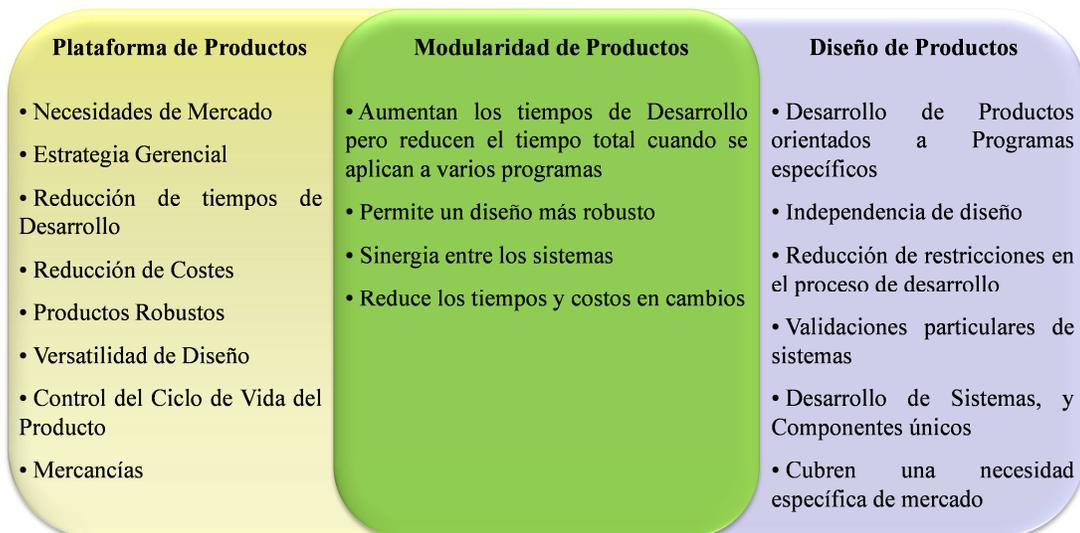


Figura 10. Relaciones entre Plataformas de Producto y Programas en Desarrollo. Fuente Propia.

A través de un DSM se identifican las interacciones de los grupos en el desarrollo de productos modulares (Yu et al, 2007). Con esta simulación<sup>6</sup> es posible construir los grupos básicos o clústeres que se requieren para la identificación y desarrollo de los módulos en la arquitectura del producto (véase *Figura 10*).

Este método es capaz de partir la arquitectura de producto en módulos, donde las interacciones entre los módulos se optimizan a través de la simulación modular de las variables de los componentes.

### **2.1.7 Personalización.**

En el mercado actual, los clientes o compradores, aumentan los requerimientos de los productos con las necesidades particulares de cada uno, esto lleva a los fabricantes a intentar ofrecer un producto más personalizado.

La personalización de los productos requiere de un diseño modular en plataformas o familias, ya que los módulos permiten un mayor número de variantes que intentan cumplir con la demanda personalizada de clientes al permitir un grado mayor de satisfacción por el producto adquirido (Janitza et al, 2003).

Es también importante tener en cuenta que esta personalización determina el precio del producto final, y que los beneficios generados de diseños modulares aumentan con respecto a diseños únicos e individuales.

Durante la producción de orden de fabricación (built to order) se deben analizar las estructuras que envuelven a las actividades cuando se ofertan productos personalizados, con el beneficio de la eficiencia de producción en masa (Fredriksson & Gadde, 2005) (Crute et al, 2003).

Éste sistema de fabricación, cuenta como elemento clave, la coordinación extensiva, el intercambio de información e interacción entre las interfases de los componentes en su diseño y fabricación (Kusiak & Smith, 2007). El análisis debe mostrar que esas estructuras se sostienen en la flexibilidad y no en la rigidez del diseño.

Existen diversas muestras de cómo enfocar la personalización de productos, en los que se pueden ofrecer sistemas modulares que son un plus al producto base.

---

<sup>6</sup> Basado en un algoritmo genético simple MDL (Minimum Description Length). Véase 1.3.5

También existen módulos completos que se integran al producto final y que pueden personalizarse en líneas alternas de ensamble, pero que cumplen con las propiedades de personalización (MAU).

En la Personalización de Producto se debe establecer una serie de requerimientos para el modelo de personalización en masa, que debe basarse en la flexibilidad del producto (Janitza et al, 2003).

La estructura del modelo de requerimientos parte de la descomposición y de las especificaciones de las características del producto, dividiéndolo en partes maestras, en descomposición y especificaciones con un lenguaje común entre los distintos actores para poder parir el modelo.



**Figura 11. Valores del Producto. Fuente Propia.**

Este Diseño Modular Personalizado debe dar oportunidad de cambiar los valores del producto respecto al modelo base (*Figura 11*).

### **2.1.8 Ingeniería Concurrente.**

En la década de los 80, se comenzó a utilizar el concepto de ingeniería concurrente en el intento de mejorar los productos de cara a las necesidades de los clientes.

Para (Eppinger, 1991), la ingeniería concurrente marca la importancia de mejorar los tiempos en los procesos de desarrollo de producto.

Ésta mejora se logra de forma sistemática mediante el uso de una serie de herramientas para cada uno de los procesos que forman el desarrollo y creación de producto (Riba, 2006).

En la actualidad constituye una filosofía que ayuda a integrar todas las actividades del negocio en todo el ciclo de vida del producto (Ahuett & Ribas, 2002).

En la actualidad, todos los procesos de desarrollo de producto se sustentan en metodologías y herramientas que se encaminan para crear mejores productos en un plazo de tiempo reducido, con más calidad y que cumplen con las especificaciones y necesidades de los consumidores.

De acuerdo a la fase de diseño, se cuentan con numerosas herramientas y metodologías, y éstas a su vez se adecúan al tipo de producto e industria.

Algunas de las herramientas más utilizadas se han descrito anteriormente en los Temas 1.1, 1.2, y en los temas 1.3 de ésta tesis.

### **2.1.9 Validación de Producto.**

Para el cliente final es importante en primer término que el producto que ha adquirido sea fiable y de buena calidad. La Validación de Producto debe asegurar que las especificaciones y requerimientos se cumplan plenamente para garantizar la satisfacción del cliente.

Los procesos de validación son una serie o matriz de ensayos que deben realizarse en los productos y componentes para garantizar su buen funcionamiento. Los ensayos se deben aplicar desde el componente de menor jerarquía hasta el producto final.

Un fabricante de sistemas o componentes siempre busca la forma de mejorar y hacer más eficiente esta etapa de desarrollo, por lo que requiere de modelos de validación. Estos modelos se mejoran a través de la formalización e intercambio del conocimiento, pues permiten reducir tiempos y costos (Malak Jr & Paredis, 2007), ya que se requiere que los diseñadores tengan el conocimiento del sistema y condiciones de interés, propiedades del modelo y su propia tolerancia de predicción de la incertidumbre. Éste es el valor agregado de la empresa sobre el conocimiento de sus productos.

El Proceso de Validación comienza en la fase de Verificación del Diseño<sup>7</sup>. Existen varias metodologías de verificación relativas al tipo de producto y fabricante, pero que básicamente deben contemplar las siguientes:

1. Análisis de modos de fallo.
2. Revisión de las funciones y de las relaciones de esta función con otras del entorno.
3. Empaquetamiento del componente y sistema, en el espacio, para determinar posición y distanciamiento.
4. Diseño para manufactura.
5. Funcionalidad
6. Simulaciones (cinemáticas, de resistencias de materiales, ruido, vibraciones, frecuencias, etc.)

En una fase intermedia, entre la verificación del diseño y la validación de producto, es posible desarrollar prototipos para intentar adelantar resultados de las validaciones, y así ganar tiempo con soluciones anticipadas.

En la Fase de Validación de Producto, es necesario realizar los ensayos necesarios para cumplir con el buen funcionamiento del mismo. Esta matriz de ensayos se determina por los requerimientos y especificaciones que el producto debe cumplir para garantizar la satisfacción de los clientes.

Es una etapa en la que se pueden realizar modificaciones, de acuerdo a los resultados que se van obteniendo, para cumplir con los requerimientos en los tiempos establecidos.

Estos ensayos de los sistemas individuales se deben completar con ensayos del producto final, para certificar la función del mismo.

Una vez pasada la etapa de validación, es posible dependiendo del producto, que éste deba homologarse por un órgano oficial que certifique que los requerimientos se cumplen; es por eso que la fase de verificación y validación son importantes para conseguir una homologación del producto en los tiempos determinados para completar los diseños.

---

<sup>7</sup>

En el Capítulo 1 se describe la verificación y validación de diseño. Véase *Figura 4. Validación de Diseño y Verificación de Producto*

### **2.1.10 Producción Flexible.**

La Producción Flexible requiere de ductilidad tanto en el diseño como en los sistemas y equipos de producción.

En el inicio del diseño se debe tener en cuenta la flexibilidad del producto y de la manufactura del mismo. Tanto el diseño como la manufactura se determinan por la capacidad tecnológica.

Existe la necesidad de que las compañías se vuelvan más flexibles para soportar los programas de producción cuando se trata de producción en masa (Griffiths & Margetts, 2000), y ésta sólo se logra a través de incrementar la flexibilidad en la producción.

Debido a las intensas estrategias de los fabricantes, respecto a la flexibilidad de la producción, se describe un marco integral para hacer más eficiente el proceso de innovación (Maniak et al, 2007).

El ámbito de la innovación se analiza en 2 procesos paralelos y conjuntos:

1. El proyecto relacionado del proceso.
2. El conocimiento de creación del proceso.

Éstos sirven para describir la trayectoria de la innovación, racionalizando el proceso de diseño y su entrega entre las líneas de vehículos.

### **2.1.11 Cambio - Rediseño – Servicio.**

Los cambios al producto se dividen en 2 tipos (Eckert et al, 2004):

1. Cambios Iniciales: Son aquellos que necesariamente se dan debido a una modificación de los planteamientos iniciales en los requerimientos y necesidades del cliente. Son tópicos que se clarifican o perfeccionan para garantizar la satisfacción del cliente.
2. Cambios Emergentes: Son los que responden al diseño y/o debilidades del producto, como puede ser una reducción de la calidad y durabilidad por un diseño o fabricación deficientes.

En el mercado actual es necesario diseñar también pensando en los servicios y/o reparaciones que se le debe dar al artículo. Por ello, debe contemplarse desde la fase inicial que los componentes o sistemas permitan un remplazo de los dañados o que han cumplido con su ciclo de servicio.

Esta filosofía de diseño (Williams, 2006) está pensada en el servicio (Design for Servicability), donde se explican las estructuras y características que debe cumplir el diseño una vez que el producto necesite reparación.

### **2.1.12 Ciclo de Vida del Producto.**

El concepto de modularidad, dentro del ciclo de vida de producto, deja ver las ventajas que se obtienen de tener sistemas modulares dentro de una plataforma de producto (Kannengiesser, 2008).

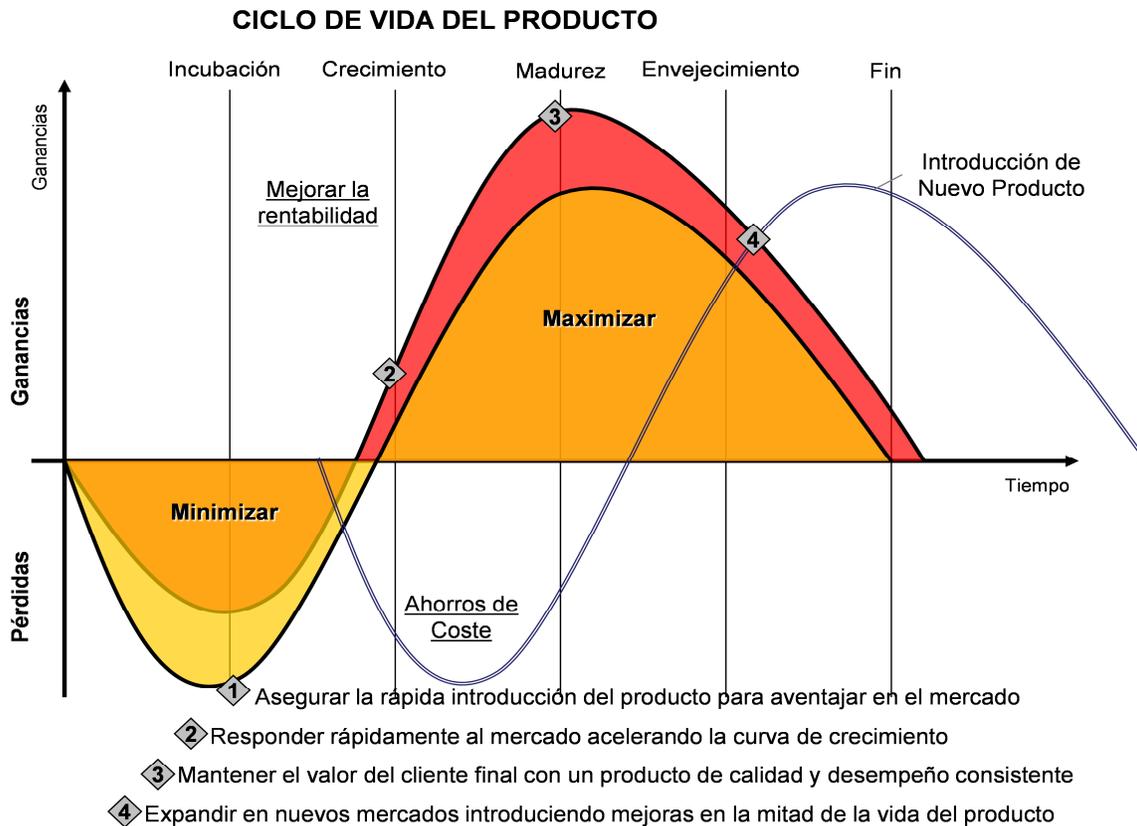
Cuando se tienen sistemas modulares, además de reducir importantemente los tiempos de diseño y validación y costes, brinda la oportunidad de mejorar la calidad, ya que los módulos pueden ser probados en productos anteriores y los cambios en la mejora de ingeniería afecta a todas las plataformas que los utilizan (Belu & Anghel, 2008).

Debido a ello, cuando se intenta expandir a otros mercados y renovar el producto en el proceso de envejecimiento, los módulos pueden ser introducidos de manera rápida y fácil, ya que anteriormente se han identificado las relaciones funcionales con otros componentes y su introducción puede ser inmediata.

Cabe hacer mención que las ganancias generadas por el desarrollo de la plataforma, superan a las inversiones enfocadas en el desarrollo de plataformas de producto.

Esta ventaja es fundamental, ya que el coste de la inversión lo absorbe un producto dentro de la plataforma, mientras que el resto de productos derivados de la misma requieren una inversión mucho menor que la mostrada por los productos individuales.

Debido a estas curvas planteadas en la *Figura 12*, se demuestra la necesidad de utilizar plataformas de productos.



**Figura 12. Ciclo de Vida de Producto. Fuente Propia.**

El área bajo la curva de color amarillo representa la inversión que se debe realizar entre un producto individual contra el de plataforma. Se logra identificar que los costes de inversión son mayores en el concepto de diseño de plataformas.

El área bajo la curva de color rojo representa la ventaja que se tiene en la fabricación y venta de productos en base a una plataforma con respecto a los desarrollos individuales.

La curva azul representa la introducción de un nuevo producto reaccionando rápidamente al mercado para no perder ni posición ni beneficios.

## Resumen de Desarrollo de Producto.

### Arquitecturas de Producto.

Las Arquitecturas de Producto se definen como el modelo global de relaciones entre los componentes de un producto. Las Arquitecturas determinan las funciones del producto.

Las Arquitecturas de Producto  $F(A)$  en base a la relación entre sus funciones se clasifican en:

**Integral**  $F(Ai)$ : En las que un mismo elemento cumple con varias funciones en el producto, por lo que existe una cantidad mayor de relaciones.

**Modular**  $F(Am)$ : Las funciones son únicas en los elementos, y las relaciones entre ellos es cercana a la nulidad.

$$F(Ai) = f(a_1) * f(a_2) * \dots * f(a_n) \quad [1]$$

$$F(Am) = f(a_1) + f(a_2) + \dots + f(a_n) \quad [2]$$

Las Arquitecturas de Producto  $R(A)$  en base a sus relaciones se clasifican en:

**Normal**  $R(An)$ : La arquitectura determina las relaciones de sus componentes.

**Inversa**  $R(A)^{-1}$ : Las relaciones de los componentes determinan la arquitectura.

$$R(An) = r(a_1) * r(a_2) * \dots * r(a_n) \quad [3]$$

$$R(A)^{-1} = \frac{r(a_1) * r(a_2) * \dots * r(a_n)}{A} = 0 \quad [4]$$

### Plataformas de Producto.

Las Plataformas de Producto se definen como los componentes, los sistemas, los módulos y los procesos de manufactura que son compartidos en un grupo de productos.

Las ventajas de las plataformas de productos están en que reducen tiempos de desarrollo y costes, con aumento en la calidad del producto y que puede ser globalizado (descentralizado) en distintos centros de diseño y fabricación, de acuerdo a los diferentes productos que provienen de ella.

Las Plataformas de Producto  $F(P)$  se clasifican en:

**Integral**  $F(P_i)$ : Es la parte única del producto que se comparte con todos los demás productos de una familia.

**Modular**  $F(P_m)$ : El producto se divide en módulos que pueden ser utilizados por otros de diferente tamaño y funcionalidad para crear variantes.

$$f(p) \subset F(P_i) \quad [5]$$

$$f(p) \in F(P_m) \quad [6]$$

Las **Familias de Producto** son aquellas que comparten funciones, tamaños, estilos, mercados y que pueden ser producto o no de una plataforma común. Las familias se caracterizan por que el cliente puede identificar productos con características similares que satisfacen sus necesidades, pero que generan una posibilidad de variantes dentro del mismo mercado.

Así pues, y de acuerdo con los objetivos planteados en este trabajo de investigación y en búsqueda de las soluciones de productos modulares, se define:

- **Diseño Modular:**

Es el diseño que nace enfocado para compartir componentes o sistemas, y en el que las relaciones se minimizan en la búsqueda de una aplicabilidad mayor, cumpliendo con los requerimientos.

El Diseño Modular se clasifica en:

- **Integral:** Es aquel en el que existe una gran interrelación de los sistemas y que hace más complicado el cambio.

$$F(D_i) = f(m_1) * f(m_2) * \dots * f(m_n) \quad [7]$$

- **Modular**  $F(D_m)$ : Es aquel en donde los componentes o sistemas  $f(m)$  mantienen una escasa relación con otros sistemas, pero que permiten la relación que cumpla con los requerimientos del producto final, facilitando así los cambios y las permutaciones. El objetivo es minimizar las relaciones de  $f(m)$ .

$$\min f(m) \rightarrow F(D_m) = f(m_1) * f(m_2) * \dots * f(m_n) \quad [8]$$

Aunque las clasificaciones aquí presentadas pueden cambiar dependiendo de otras percepciones, es importante mencionar que el cambio de la Filosofía de Diseño debe evolucionar hacia la modularidad, en donde las plataformas y arquitecturas de producto sean más rentables para las compañías y el coste del producto cada vez menor en un mercado moderno. Es por esto que el concepto de Diseño Modular corresponde a las clasificaciones aquí descritas.

## 2.2 METODOLOGÍAS DE APOYO EN EL DESARROLLO DE LA TESIS.

La Metodología desarrollada en esta Tesis se apoya en las metodologías que a continuación se presentan; Esta metodología está relacionada con la búsqueda de nuevos esquemas que permitan identificar plataformas y diseños modulares.

Los principios y planteamientos, aquí mostrados, exhiben las necesidades de encontrar una metodología que ayude a identificar las relaciones entre los sistemas para un diseño conceptual.<sup>8</sup>

Se destaca, en el desarrollo de la tesis, una combinación de estas metodologías para apoyar la integración de las mismas y con el afán de cumplir los objetivos del Diseño Conceptual Modular.

### 2.2.1 Metodología FPDP (Flexible Platform Development Process).

Esta metodología consta de 7 pasos que identifican los componentes para ser candidatos a diseñarse de manera flexible (Suh Eun & Weck, 2007).

1. Identificar el mercado: variantes e incertidumbres.
2. Determinar la incertidumbre, la relación de los atributos clave y el diseño de variables en los distintos niveles del sistema.
3. Optimizar la familia de productos y las plataformas relacionadas.  
(Maximizar los ingresos en los productos y las familias).
4. Identificar los elementos críticos de la plataforma.  
(Análisis de la propagación del cambio).
5. Generación de un diseño alternativo de plataformas.
6. Determinar costos y alternativas de diseño.
7. Análisis de la incertidumbre.

---

<sup>8</sup>

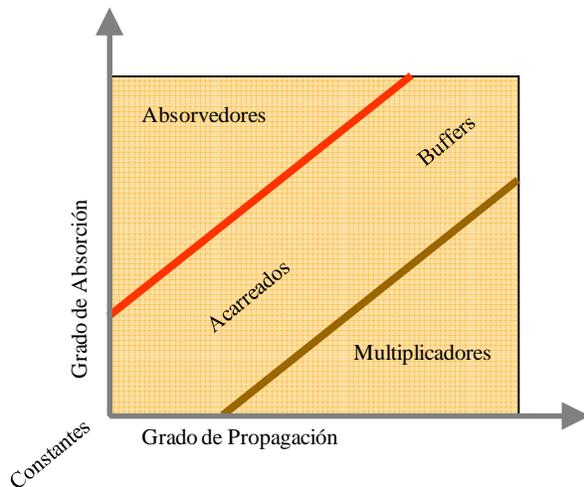
Véanse JUSTIFICANTES que es la propuesta de trabajos futuros de los distintos autores.

El proceso de Diseño de Plataformas Flexibles (FPDP) maneja, tanto los atributos funcionales como las variables de diseño y los componentes físicos, mismos que serán descritos en capítulos siguientes con la propuesta metodológica de esta tesis.

En los distintos niveles de los sistemas las variables no están directamente asociadas a los componentes individuales, pero en estos niveles se describen los cambios en el producto agregado. Una vez que los costos de los cambios son identificados, las alternativas de diseño deben ser evaluadas bajo diversos escenarios con diferentes grados de incertidumbre para determinar la mejora económica.

### 2.2.2 Metodología Eckert.

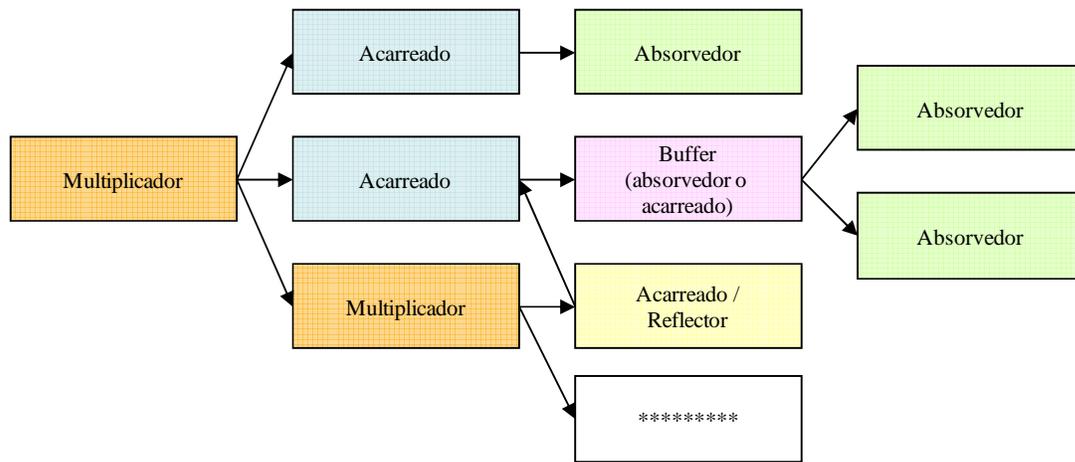
Esta metodología ayuda a determinar y clasificar la reacción que tienen los elementos a los distintos cambios que se formulan (Eckert et al, 2004).



Sitúa, por lo tanto, las condiciones del entorno en cuanto al grado de afectación en los cambios realizados al sistema. Define, igualmente, la afectación como grado de propagación si el componente genera información / funciones, al ser modificado y como grado de absorción si al componente / sistema le influyen los cambios en su entorno. Esta clasificación nos permite conocer el nivel de influencia que tiene cada uno de los componentes / sistemas, tal como se muestra en la *Figura 13*.

**Figura 13. Propagación del Cambio. Basado en (Frey et al, 2007)**

Introduce el concepto CPI, definido por la *Figura 14*, para determinar el tipo de cambio y abre el camino para ver cómo es que interactúan los componentes y los sistemas de su alrededor, tal como ya se vio anteriormente en la *Figura 13*.



Árbol de Propagación del Cambio con diferentes variantes

Figura 14. Variantes de Propagación del Cambio. Basado en (Frey et al, 2007)

Cuando son muchas las variantes o existen múltiples plataformas, éstas se deben separar o dividir para facilitar su estudio. Extienden la manera de determinar el tipo de propagación de cambio de que se trata, de acuerdo a parámetros como mercado, familia, incertidumbre, precio, atributos y tipo de cambio.

El Índice de Propagación de Cambio (CPI) se calcula de la siguiente manera:

$$CPI_i = \sum_{j=1}^n \Delta E_{j,i} - \sum_{k=1}^n \Delta E_{i,k} = \Delta E_{out,i} - \Delta E_{in,i} \quad [9]$$

+ *CPI*      Multiplicadores: Generan más cambios de los que ellos por sí mismos pueden causar.

*CPI*=0      Acarreados: Absorben un número igual de cambios de los que ellos producen por sí mismos.

- *CPI*      Absorbedores: Pueden absorber más cambios de los que ellos pueden causar por sí mismos.

*CPI*=Constante      Constantes : No se ven afectados por los cambios.

*E*      Es la energía del sistema *i* y *j*, y son los límites del sistema.

Es importante conocer el CPI para determinar si es rentable provocar el cambio o no, ya que si el CPI es alto, es muy probable que la escalabilidad del proyecto cambie y se deba gestionar desde un punto de vista distinto al planteado inicial.

### 2.2.3 Metodología Sosa de Manuel E. Sosa.

La metodología en cuestión propone partir de la Matriz de Afiliación en el manejo de las interrelaciones de los componentes, a fin de optimizar la arquitectura de producto (Sosa et al, 2007).

Su utilidad tiende a encontrar soluciones en las interrelaciones funcionales del Diseño de Arquitecturas de Producto.

La Matriz de Afiliación se genera partiendo de un análisis DSM. Esta matriz es una operación matricial de las relaciones encontradas en el DSM, que optimizan los resultados de relación.

La optimización del sistema se da con las siguientes ecuaciones:

$$P = A^T A \quad [10]$$

$$T = AA^T \quad [11]$$

$$T_{arquitectura} = APA^T \quad [12]$$

Dónde:

$P$  es la matriz de producto.

$A$  es la matriz de afiliación.

$T$  es la matriz potencial de interacción.

$T_{arquitectura}$  es la matriz de arquitectura de producto.

Con esta propuesta se busca confirmar los resultados de optimización de los clústeres generados en el DSM.

### 2.2.4 Metodología TDN's (Time-Expanded Decision Networks).

Este proceso metodológico identifica y cuantifica el costo del producto modificado (Silver & Weck, 2007), debido al cambio que lo originó, y se muestra en la estructura de la *Figura 15*. La posibilidad de determinar el impacto económico que genera un cambio en el producto, funciona como la base en la selección y optimización de los procesos de diseño.

Junto con la metodología FDPD, es importante evaluar el tamaño potencial y económico de los cambios y los sistemas que se ven involucrados.

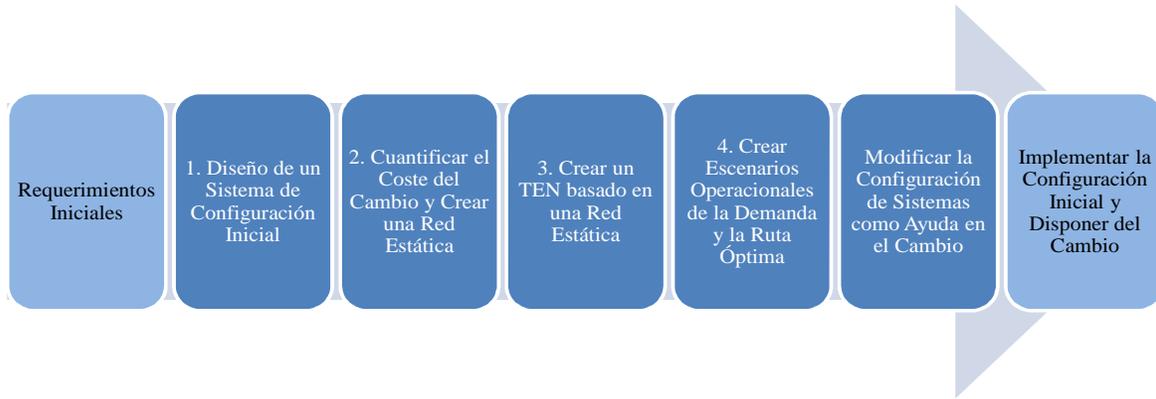


Figura 15. Metodología TDN's. Basado en (Silver & Weck, 2007)

$$C_{LCi}(D, T, r) = C_{DI} + \sum_{j=1}^T \frac{C_{Fi} + C_{Vi}(D_j)}{(1+r)^j} \quad [13]$$

Dónde:

$C_{LCi}$  es el costo del ciclo de vida

$T$  son los periodos

$D_j$  es la demanda en cada periodo.

### 2.2.5 Metodología MDL (Minimum Distance Length).

Al evaluar las relaciones de los sistemas en un análisis DSM (Figura 15), la importancia de encontrar las distancias (el peso del cambio y las relaciones entre ellos) provoca que los algoritmos se deban reestructurar para encontrar las distancias más cortas y con menos peso entre los individuos, siempre y cuando se conserven las relaciones entre cada uno de ellos (Yu et al, 2007).

La distancia mínima se define con la siguiente ecuación:

$$MDL = \sum_{i=1}^{nc} (\log_{nm} + cl_i \cdot \log_{nm}) \quad [14]$$

$nc$  número de clústeres

$nm$  número de filas

$cl_i$  número de nodos

Las operaciones del logaritmo consisten en:

- 1- La capacidad del logaritmo de sugerir el número óptimo de clústeres.
- 2- Detección de la existencia de canal del módulo.
- 3- Identificación de clústeres entrecruzados y estructuras 3D.

El MDL es un algoritmo que se utiliza en arquitecturas de producto para optimizar sus relaciones. Estas mejoras del proceso de selección de clústeres es capaz de detectar relaciones cruzadas entre los clústeres optimizados, que ayudan al estudio de los módulos encontrados a través del DSM.

### 2.2.6 Metodología GA´s-DSM (Genetic Algorithms – Design Structure Matrix).

La metodología aplica un algoritmo para las arquitecturas y familias de producto (Zha & Sriram, 2006), con la intención de optimizar los módulos o clústeres (*Figura 16*).

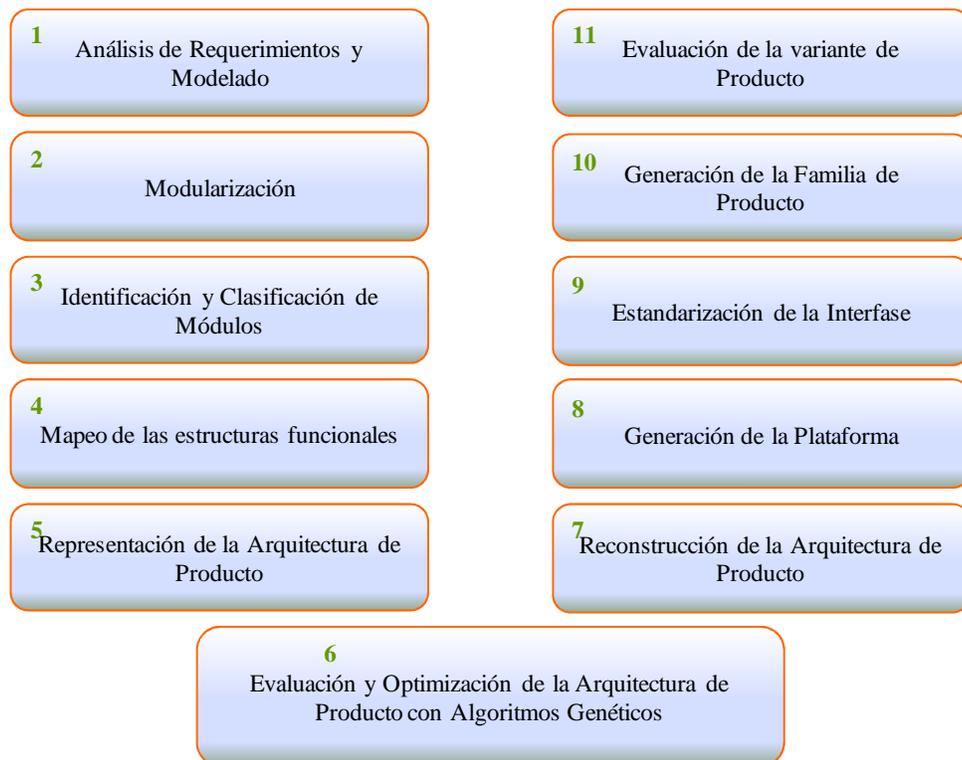


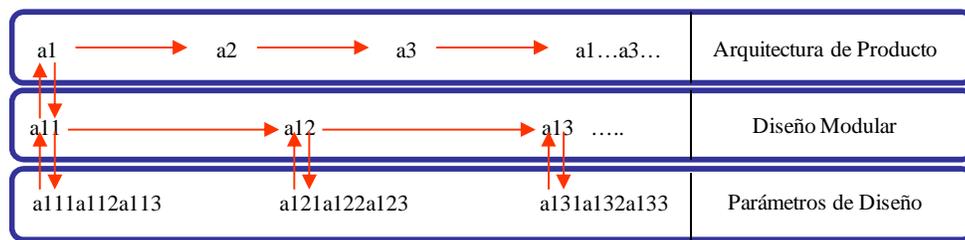
Figura 16. Metodología GA-DSM para la Personalización en Masa. Basado en (Zha & Sriram, 2006)

Durante el desarrollo de estas Plataformas de Mercado se deben establecer adecuadamente, tanto los productos propios de la plataforma como los productos individuales para un mercado específico, negocio o necesidad en la personalización de productos.

Para el desarrollo de estas plataformas, es necesario definir tanto el esquema de la arquitectura de la familia de productos (Van Wie et al, 2007), como el de la evolución propia de la familia.

A través de algoritmos clústeres, las mejoras introducidas al algoritmo para identificar las familias de producto (véase *Figura 17*) :

1. Los genes representan módulos activos o pasivos dependiendo de la arquitectura.
2. Las variantes de las familias de productos recaen en el cumplimiento de requerimientos de clientes.
3. Se realiza una evaluación alternando los diferentes módulos activos o pasivos.



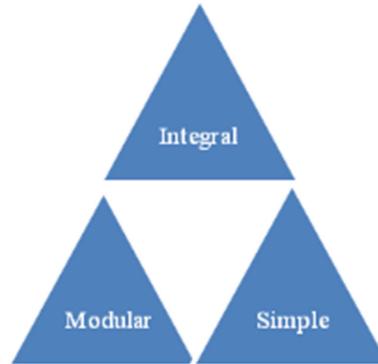
**Figura 17. Estructura del algoritmo para el diseño de familia de producto. Basado en (Zha & Sriram, 2006).**

De acuerdo a la búsqueda de las estructuras generadas por este algoritmo, se precisa determinar correctamente los parámetros de diseño para el cálculo o agrupamiento de las estructuras superiores de producto, que permitan optimizar la arquitectura general; por lo que el lenguaje de modelado de producto debe incluir familias de producto que pueden ser representados en 3 dominios:

1. Funcional
2. Tecnológico
3. Físico.

La construcción de los bloques se organiza a través de la descomposición jerárquica de sistemas, módulos y atributos desde un punto de vista funcional y técnico.

Clasifica las arquitecturas de acuerdo a la *Figura 18*:



**Figura 18. 3 Formas de arquitecturas de productos. Fuente Propia**

Para la evaluación de las familias de producto basadas en plataformas (*Figura 19*), se deben tomar las siguientes consideraciones:

- 1- Eficiencia de mercado: el diseño debe satisfacer al cliente.
- 2- Eficiencia de inversión: la manufactura y el diseño deben minimizar el capital invertido para producir la mayor cantidad de productos posibles.



**Figura 19. Característica principal del diseño de una familia de producto. Fuente Propia**

## 2.2.7 Metodología NM (Network Modularity).

El análisis NM mide la modularidad del componente debido a la relación de la red social de los elementos que interactúan en el sistema. El valor de la distancia entre los componentes nos permite determinar el grado de complejidad que hay en el diseño del producto y la independencia que hay entre de funciones. (Sosa et al, 2007)

Se suele utilizar también en la evaluación de las modificaciones, ya que nos muestra el tamaño/implicación del cambio que se plantea.

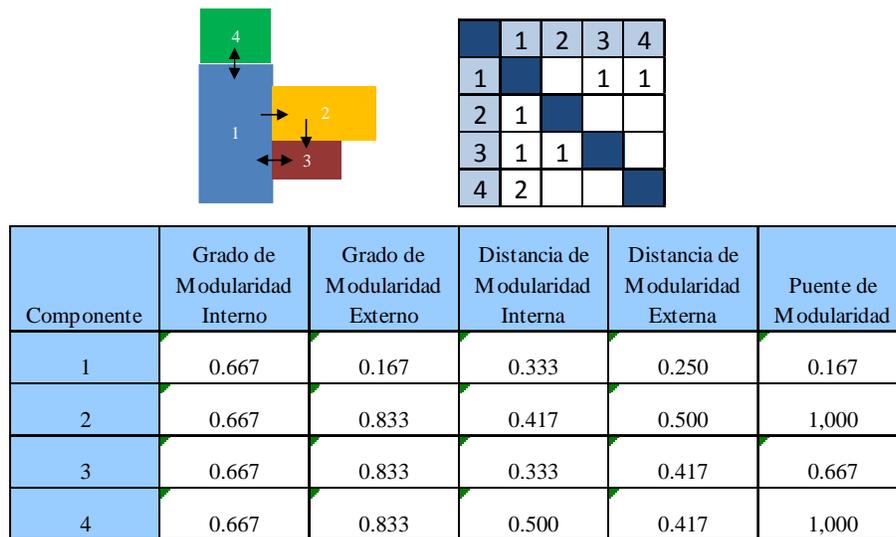


Figura 20. Mediciones Modulares de Componentes. Basado en (Sosa et al, 2007)

De acuerdo al grado de conectividad / desconectividad del sistema, se determina la relación de dependencia del diseño. La distancia geodésica que existe entre estas relaciones facilita la asignación de parámetros para encontrar los valores y determinar el tamaño del cambio.

Se consideran las siguientes relaciones para determinar el grado de modularidad de un componente o sistema expresados en la Figura 20:

$$M(ID)_i = \frac{X_{\max} \cdot (n-1) - X_{i+}}{X_{\max} \cdot (n-1)} = 1 - \frac{X_{i+}}{X_{\max} \cdot (n-1)} \quad [15]$$

$$M(IT)_i = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n d(i, j)}{n(n-1)} \quad [16]$$

$$M(B)_i = \frac{\sum_{i \neq a, i \neq b, a \neq b} \frac{nd_{ab}(i)}{ndab}}{(n-1)(n-2)} \quad [17]$$

Dónde:

$M(ID)_i$  Es el grado de modularidad del componente  $i$

$M(IT)_i$  Es la distancia de modularidad del componente  $i$

$M(B)_i$  Es el puente de modularidad para optimizar  $i$

## 2.2.8 Metodología PPCEM (Product Platform Concept Exploration Method).

Es una metodología de diseño sistemático respecto a plataformas y familias de producto, que parten desde un punto de vista funcional y de manufactura. El Método de Exploración del Concepto de Plataforma de Producto (PPCEM) (Simpson et al, 2001) que consta de 5 pasos, se desarrolló para facilitar el diseño de una familia de productos basado en la escalabilidad de la plataforma<sup>9</sup> (Figura 21).

Tanto los requerimientos como las herramientas de esta metodología se muestran en las siguientes figuras:

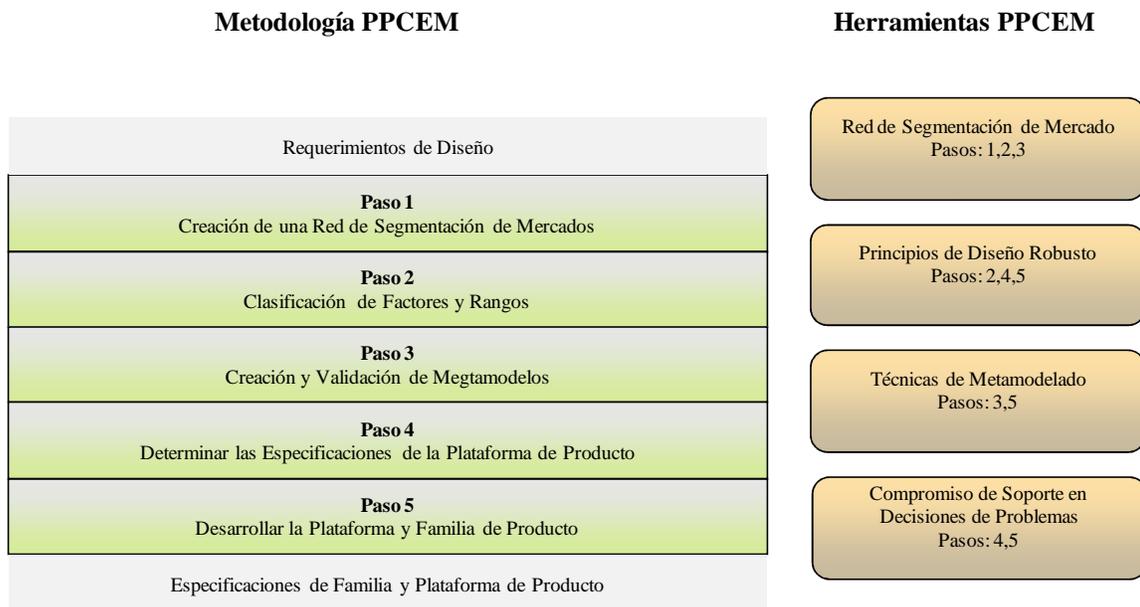


Figura 21. Pasos y herramientas del PPCEM. Basado en (Simpson et al, 2001).

<sup>9</sup> Véase Tabla 1 . Escalabilidad de una plataforma de productos. Muestra el tamaño del cambio en una plataforma de producto.

### 2.2.9 Metodología MBP (Modular Base Platform).

Los métodos para determinar una Arquitectura Múltiple deben representar mejoras en la comunización de costos y realzar una distinción de marca.

Las Arquitecturas Funcionales determinan la modularización de los sistemas en base a sus funciones (Sudjianto & Otto, 2001).

Aquí, aquellos elementos que no se identifican como elementos distintivos de la marca, pueden ser usados para una plataforma común, ya que no compromete la estética del producto. Por lo tanto, en base a una matriz de funciones (DSM de funciones) es posible determinar la arquitectura de producto.

Este método presenta una partición (clúster) de productos y los agrupa en módulos a través de los modelos funcionales con base en un DSM.

La Estructura Funcional del Sistema permite la modularización del producto. Y para cualquier componente, la decisión de aplicar diferenciación de marca o de aplicar plataformas comunes, se determina por el análisis de:

- Plataforma de Componente.
- Componente Específico de la marca.
- El componente no tiene relaciones.
- Análisis y decisión sobre los atributos del componente.

Se presenta una matriz de funciones en la que se adicionan valores (color, forma) para lograr distinguir entre las diferentes marcas: Matriz de *Función y Estética*. Un elemento es incluido en la plataforma cuando la comunicación de este elemento, no reduce la diferenciación que debe haber entre las marcas, minimizando la característica dominante en la variedad de productos.

De acuerdo a este modelo, es de vital importancia para cada fabricante de automóviles que exista una identidad de marca y una diferenciación clara de los distintos mercados.

Se establecen 8 reglas para determinar la modularización de un producto:

1. Flujo Dominante
2. De Marca
3. Conversión / Transmisión
4. Funciones Compartidas
5. Funciones Únicas
6. Tema Dominante
7. Firma de Marca
8. Plataforma de Marca

### 2.2.10 Metodología para estimar Tiempos de Desarrollo en base a DSM.

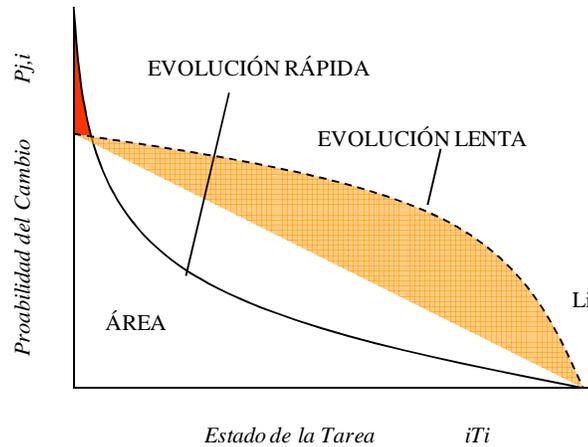
Con esta propuesta metodológica es posible determinar los tiempos de desarrollo y la probabilidad de cambio, debido a los parámetros de las tareas y las comunicaciones, en base a la interrelación que hay entre ellos (Carrascosa et al, 1998). Véase *Figura 22*, en la que se muestran los valores de relación entre cada elemento. El valor entre tareas y comunicaciones se muestra en cada celda interrelacional.

	A	B	C
A	12 / 1	.125 3	
B	.125 3	18 / 1	
C			18 / 1

**Figura 22. DSM con interrelaciones propuestas. Basado en (Carrascosa et al, 1998).**

Para cada interrelación, el valor asignado es determinado por las relaciones entre el estado de la tarea y la probabilidad que ésta presenta al cambio que determina la evolución, tal como se muestra en la *Figura 22*.

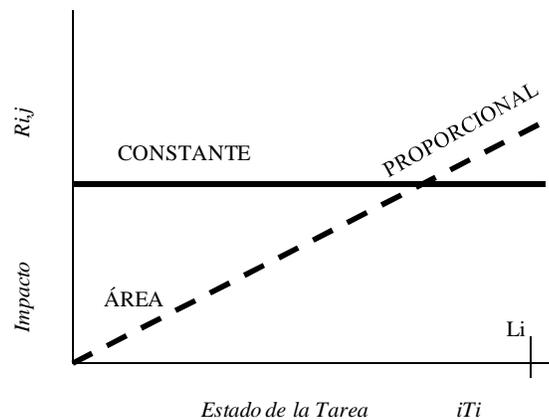
Mientras que en la *Figura 23* se muestra el impacto generado por el cambio y la relación constante o proporcional que marca el valor *Figura 24*.



**Figura 23. Propagación y Estado del Cambio. Basado en (Carrascosa et al, 1998)**

Los extremos de la curva representan el inicio y fin del desarrollo. De esta forma es posible identificar que la parte media es la que tiene una mayor probabilidad hacia el cambio, ya que son las tareas determinadas por el diseño y validación del producto, donde la probabilidad del cambio aumenta y con ello el impacto del cambio al mismo tiempo.

Si se tratase de Sistemas Modulares, el coste de estos cambios en la evolución del producto se reducirá de manera importante. Una de los objetivos de la propuesta FAS, es la de reducir estas áreas que representan la evolución del producto y la probabilidad del cambio, en la que se consigue reducir los tiempos de desarrollo y los costes asociados a las modificaciones que se realizan en el mismo.



**Figura 24. Impacto y Estado del Cambio. Basado en (Carrascosa et al, 1998)**

Dependiendo del origen del cambio, éstos pueden tener una evolución rápida o lenta y cambiar constantemente o proporcionalmente.

### 2.2.11 Metodología 2LO (Two Level Optimization).

La Metodología que aquí presentamos parte de un análisis del segmento de mercado base, del desempeño de los mercados líderes y de la posición de los precios (Suh Eun & Weck, 2007).

La metodología propuesta se desarrolla en los siguientes pasos:

1. Identificar los Segmentos del Mercado y los Mercados Líderes correspondientes.
2. Establecer el Vector de Diseño y el Vector Objetivo.
3. Identificar el Vector Objetivo del desempeño del mercado específico.
4. Establecer la Matriz del Objetivo Preferente.
5. Establecer las Ecuaciones de Volúmenes de Venta de los mercados específicos.
6. Optimizar la Variación de Producto.
7. Estimar las Utilidades de una Familia de Productos.

Se ha definido la Familia de Productos como un grupo de variables o componentes que se comparten a través de una familia de productos con un grado finito de flexibilidad, para lo que matemáticamente se representan con el vector  $X_{\Pi}$ , en base a los vectores de diseño individuales de la plataforma  $X_{\pi1}$ ,  $X_{\pi2}$ , etc.

$$x_{\Pi} = \{x_{\pi1}, x_{\pi2}, \dots, x_{\pi N}\} \quad [18]$$

La función objetivo para la Familia de Productos, consiste en maximizar:

$$N, x_{\eta}, x_p = \sum_{i=1}^V \sum_{j=1}^M SV_{ij} P_{ij} - C_p \quad [19]$$

Dónde:

- $N$  Número de Plataformas.  
 $X_{\eta}$  Conjunto de Vectores Variables del Diseño de la Plataforma.  
 $X_p$  Conjunto de Vectores Variantes del Diseño de la Plataforma.  
 $V$  Número de Variantes de Producto.  
 $M$  Número de Segmentos de Mercado  
 $SV_{ij}$  Volumen de Ventas de la Variante  $i$  del Segmento de Mercado  $j$ .  
 $P_{ij}$  Precio de Ventas de la Variante  $i$  en el Segmento de Mercado  $j$ .  
 $C_p$  El Total Variable y el Costo Fijo de la Familia de Productos.

Después de decidir las variables en la Arquitectura de la Familia de Productos, las variables de Producto Individuales se optimizan sobre los Segmentos de Mercado específicos; de esta manera se calcula el total de recuperación de inversión y ganancias.

El proceso de optimización va cambiando entre el nivel superior (familias) y los niveles inferiores (variantes), para determinar la mejor combinación de las plataformas y variantes de productos, que por medio de iteraciones maximicen las utilidades.

### **2.2.12 Metodología OntoFaBes (Function Behaviour Structure Ontology).**

La metodología propuesta por David Cebrián, analiza las variables que se requieren para encontrar las interrelaciones en un proceso de ayuda al intento de diseño; es decir, las que involucran el componente o subsistema que facilite la interlocución con el diseñador, de manera que permita encontrar los puntos clave de diseño (Cebrian et al, 2008).

Ésta método ontológico formaliza las estructuras del producto basado en el conocimiento del mismo (Kitamura & Mizoguchi, 2004).

Parte de la plataforma de modelado B-FES y combina técnicas de DOLCE y TRIZ.

La metodología hace diferencia de las características o variables de los productos en relación a los siguientes conceptos:

- Plataforma: Hace una análisis entre función, comportamiento y su estructura en una distribución por capas jerárquicas.
- Capa Funcional: Establece la acción principal del diseño/producto.
- Capa Comportamiento: Establece las acciones en relación a los elementos.
- Capa Estructura: La relación o empaquetamiento de los elementos para crear la función.
- Inferencia de Conocimiento: Recopilación de la información en una base de conocimiento, a fin de cumplir con los requerimientos

Las variables que se manejan en la entrada de datos se visualizan en la *Figura 25*.

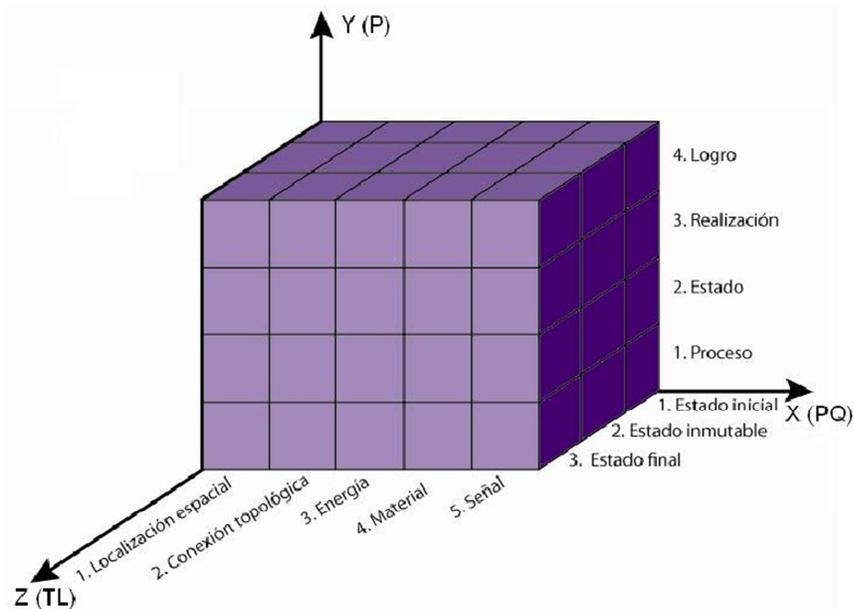


Figura 25 . B-Cube. Basado en (Sorli et al, 2009)

### 2.2.13 Metodología de Interfases e Interrelaciones en el Desarrollo de Arquitecturas de Producto.

Es una metodología que analiza las arquitecturas más próximas evaluando el impacto en los niveles de sistemas de las alternativas para seleccionar la mejor (Thebeau, 2001).

Esta herramienta provee una aproximación estructurada del proceso objetivo, y provee una avenida para el diálogo entre los equipos de diseño responsables de cada subsistema, así como un proceso de evaluación de las arquitecturas alternativas e identifica las interacciones entre los subsistemas.

En la Creación de Matrices para determinar las interrelaciones en las arquitecturas de producto, Thebeau propone seguir estos 5 pasos:

1. Descomposición Funcional de los Niveles Superiores de Requerimiento.
2. Analizar el escenario para verificar y completar el listado de los requerimientos funcionales.
3. Mapeo Funcional – Físico.
4. Extracción DSM para el Mapeo Funcional – Físico.
5. Introducir los datos de entrada en el DSM para representar las interacciones.

El objetivo es calcular el intento de “clúster” o agrupación de los sistemas o componentes de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$ClusterBid_j = \frac{inout^{powerbid}}{ClusterSize^{powerbid}} \quad [20]$$

Dónde:

$j$  = número de clúster

ClusterBid<sub>j</sub> = intento del clúster j del elemento seleccionado

inout = Suma de las interacciones del elemento seleccionado con cada elemento  $j$  del clúster

powerdep = exponencial que enfatiza la interacción

powerbid = exponencial que penaliza el tamaño del clúster

El Costo de Coordinación se calcula:

$$IntraClusterCost = (DSM(j,k)+DSM(k,j)) * ClusterSize(y)^{powcc} \quad [21]$$

Para la interacción entre los elementos j y K que ocurren fuera de los agrupamientos:

$$ExtraClusterCost = (DSM(j,k)+DSM(k,j))*DSMSize^{powercc} \quad [22]$$

$$TotalCost = \sum IntraClusterCost + \sum ExtraClusterCost \quad [23]$$

Dónde:

TotalCost = Costo de Coordinación

IntraClusterCost = Costo de la interacción ocurrida en el clúster

ExtraClusterCost = Costo de la interacción ocurrida fuera de cualquier clúster

DSM(j,k), DSM(k,j) = Interacción DSM entre los elementos j , k

ClusterSize = Número de elementos en el DSM

Powcc = Penalizaciones del tamaño de los clúster

Tanto los ingenieros de desarrollo como los gerentes, usualmente tienen un buen conocimiento de los requerimientos locales del diseño, pero en muchas ocasiones sobrestiman el efecto del sistema de las interfases y de los cambios de la arquitectura, es por ello que nuestra metodología procura un análisis del sistema global en base a las relaciones globales de las interacciones de los elementos.

### 2.2.14 Metodología DSM (Design Structure Matrix).

La metodología desarrollada por Warfield en los años 70 (creador de la matriz DSM), se utiliza para identificar las relaciones que existen entre los elementos de un sistema. Con ella se puede evaluar el nivel de impacto entre los elementos para determinar las relaciones próximas y óptimas en los productos y diseños.

Esta herramienta provee una solución estructurada sobre las cercanías de las interrelaciones entre las distintas variables en el desarrollo de producto, que requiere de un número de interfases tanto físicas como organizacionales (Thebeau, 2001).

La ventaja del DSM es que permite reconocer las relaciones que existen entre los diferentes componentes del sistema, y marca la pauta para el análisis de las plataformas y módulos, con un análisis de agrupación de las relaciones entre los elementos (*Figura 26*).

Existen 4 diferentes tipos de datos con los que se puede realizar un DSM de las relaciones entre ellos:



**Figura 26. Tipos de datos que se pueden representar y analizar con DSM. Fuente Propia.**

La matriz cuadrada (mismo número de renglones y columnas) representa de forma binaria los nodos y los contornos de las relaciones entre los distintos datos introducidos. Si existe una relación entre éstos, entonces se introduce un valor unitario, de otra manera a falta de relación el valor es un cero.

Las interacciones que reconoce DSM, se ven reflejadas en la *Tabla 3*:

Interacción	Descripción
Espacial (S)	Identifica las necesidades adyacentes entre los elementos. Asociaciones de espacio físico y alineamiento.
Energía €	Identifica las necesidades de cambio de energía entre dos elementos.
Información (I)	Necesidades de información o señales de cambio entre dos elementos.
Material (M)	Necesidades de cambio de material entre dos elementos.

**Tabla 3. Taxonomía de la Interacción de los Elementos del Sistema. Fuente Propia.**

De acuerdo al tipo de relación presente en el sistema, la *Tabla 4* muestra la representación que generan entre los distintos componentes o sistemas (Smaling & Weck, 2006). Cada una de ellas tiene una representación matricial para su análisis.

Configuraciones que Configuran el Sistema																														
Relación	Paralela	Secuencial	Acoplada																											
Representación Gráfica																														
Representación DSM	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td></td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>A</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>B</td><td>■</td><td>■</td></tr> </table>		A	B	A	■	■	B	■	■	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td></td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>A</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>B</td><td>X</td><td>■</td></tr> </table>		A	B	A	■	■	B	X	■	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td></td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>A</td><td>■</td><td>X</td></tr> <tr><td>B</td><td>X</td><td>■</td></tr> </table>		A	B	A	■	X	B	X	■
	A	B																												
A	■	■																												
B	■	■																												
	A	B																												
A	■	■																												
B	X	■																												
	A	B																												
A	■	X																												
B	X	■																												

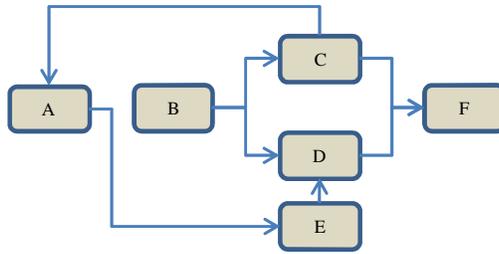
**Tabla 4. Representación Gráfica y Matricial de los datos dentro del DSM. Fuente Propia.**

Estas representaciones pueden combinarse entre ellas cuando los sistemas se vuelven más complejos (Yassine, 2004), aun así la representación es factible como se muestra en la *Tabla 5*:

	A	B	C	D	E	F
A	■	X			X	
B		■	X	X		
C	X		■			X
D				■		X
E				X	■	

**Tabla 5. Representación de las relaciones en el DSM. Fuente Propia.**

Debido a que las arquitecturas de producto se vuelven cada vez más complejas, se pretende minimizar el número de interfases para que los ingenieros y gerentes del desarrollo, puedan identificar los requerimientos necesarios para cumplir con las especificaciones en los nuevos diseños (Wijnstra, 2001).



**Figura 27. Representación Gráfica de las relaciones. Fuente Propia.**

Una vez que la matriz está completa, el paso siguiente es aplicarle un algoritmo de agrupación (Gutierrez Fernández, 1998) para generar los módulos convenientes y analizar la factibilidad de los resultados.

La selección de los Grupos Relacionales, en base a los algoritmos de empaquetamiento, permite identificar los diferentes tipos de variables interrelacionales entre varios sistemas o componentes por su funcionalidad (Browning, 2001).

A continuación se presenta la *Tabla 6* con las principales aplicaciones del DSM en distintas áreas:

	Aplicación DSM	Área		Aplicación DSM	Área	
1	Análisis Estadístico	Estadística		Estructuras de Manejo de Información	Organización	16
2	Evaluación de Trayectorias (NASA)	Estadística		Estructuras Organizativas	Organización	17
3	Selección de Muestras de Análisis	Estadística		Intercambio Dinámico de Información	Organización	18
4	Algoritmos de Búsqueda	Informática		Planeación de Proyectos	Organización	19
5	Análisis de Códigos	Informática		Arquitectura de Sistemas	Producto	20
6	Aplicaciones de Software	Informática		Diseño de Producto	Producto	21
7	Direccionamiento de Información	Informática		Estructuras Robustas de Datos	Producto	22
8	Diseño de Circuitos	Informática		Evaluación de Riesgos	Producto	23
9	Red y Distribución de Datos Informáticos	Informática		Integración de Productos	Producto	24
10	Reconfiguración de Operaciones de Manufactura	Manufactura		Modularidad	Producto	25
11	Estructuras de Mercado	Mercado		Plataformas de Producto	Producto	26
12	Administración de Proyectos	Organización		Relaciones de Productos	Producto	27
13	Dependencia de Proyectos	Organización		Empaquetamiento de Transmisión de Señales	Telecomunicaciones	28
14	Estrategias para Diseño de Equipos Integrados	Organización		Transmisión de Paquetes	Telecomunicaciones	29
15	Estructuras de Comunicación del Personal	Organización		Punto a Punto (Peer to Peer)	Telecomunicaciones	30

**Tabla 6. Aplicaciones del DSM. Fuente Propia.**

Seleccioné esta metodología debido a que el planteamiento que tiene de las interacciones coincide con los conceptos básicos de agrupación de la metodología FAS, y el algoritmo con el que trabaja me permite identificar los grupos de acuerdo a las relaciones planteadas en la metodología.

## 2.2.15 KEYPLAYER – Software para Análisis Redes.

Keyplayer es un software desarrollado por Stephen P. Borgatti<sup>10</sup> que permite identificar los nodos de un conjunto de individuos o datos que se relacionan entre sí.

El análisis del algoritmo busca identificar las relaciones deseadas eliminando las que no son requeridas encontrando los elementos que tienen una función nodular (Borgatti, 2009). Es capaz de manejar las conexiones entre los elementos y la influencia entre éstos para encontrar los escenarios en donde las afectaciones pueden ser identificadas y presentadas de forma gráfica para su reconocimiento.

La principal utilidad es la de identificar los nodos que resultan clave para el análisis de las relaciones (elemento clave o keyplayer).

He seleccionado éste programa de representación gráfica (Figura 28) ya que nos permite identificar eficaz y rápidamente los nodos / elementos / individuos que tienen más influencia en las relaciones del sistema (Cross et al, 2001), y que son los que nos dan la pauta en la búsqueda de sistemas modulares, ya que nos permiten medir el grado de modularidad del sistema y de la necesidad de desarrollo de nueva tecnología.

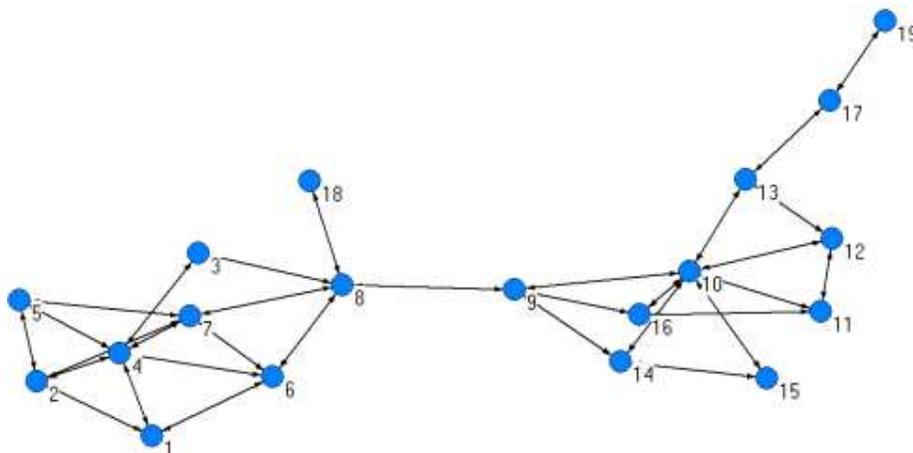


Figura 28. Representación gráfica de datos realizado con el software Keyplayer. Fuente Propia.

Las áreas de interés del presente trabajo se centran en las necesidades de optimizar los procesos de diseño y producto que se muestran en la columna denominada “Producto”.

<sup>10</sup> Stephen Borgatti desarrolló el software Keyplayer para la compañía que dirige Analytech ([www.analytech.com](http://www.analytech.com)). Borgatti generó el algoritmo de análisis de redes sociales. Pertenece a la asociación de Redes que preside. El entorno del programa es matricial y gráfico, y opera con sistemas paralelos de representación gráfica como Merge y Pajek.

La ventaja de contar con estos sistemas metodológicos, radica en que en el desarrollo de los proyectos de ingeniería se logren reducir las carencias de manejo de información y gestión (interrelaciones), que se tiene de los diferentes departamentos involucrados, alcanzando una mejor comprensión de los sistemas del entorno y reduciendo el grado de percepción subestimada de las afectaciones con otros sistemas o componentes (Cross et al, 2002).

Así mismo, se reducen los retardos por espera y entrega de la información entre departamentos, debido al alto número de interrelaciones que existen en los sistemas complejos (Moses, 2003), recolectando o empaquetando las relaciones entre funciones próximas o requerimientos conjuntos (Chen et al, 2007).

## Resumen de Metodologías de Apoyo en el Desarrollo de la Tesis.

A continuación se presentan los conceptos básicos tomados de las diferentes metodologías para el desarrollo de FAS.

El Índice de Propagación del Cambio (CPI) que determina la rentabilidad escalabilidad del cambio, y se calcula con la siguiente expresión:

$$CPI_i = \sum_{j=1}^n \Delta E_{j,i} - \sum_{k=1}^n \Delta E_{i,k} = \Delta E_{out,i} - \Delta E_{in,i} \quad [9]$$

+ *CPI* (Multiplicadores), *CPI*=0 (Acarreados), - *CPI* (Absorbedores), *CPI*=Constante, *E*(energía del sistema), *i, j* son los límites del sistema.

A través de la Matriz de Afiliación  $A^T$  se pretende medir la optimización de la Arquitectura de Producto en base a sus interrelaciones:

$$P = A^T A \quad [10] \quad T = AA^T \quad [11] \quad T_{arquitectura} = APA^T \quad [12]$$

El Costo del Ciclo de Vida  $C_{LCi}$  a partir de los  $T$  periodos, y de la demanda  $D_j$  definen el tiempo en mercado del producto:

$$C_{LCi}(D, T, r) = C_{DI} + \sum_{j=1}^T \frac{C_{Fi} + C_{Vi}(D_j)}{(1+r)^j} \quad [13]$$

Para determinar el número de clúster del sistema e identificar las relaciones entre los individuos, se aplicará la fórmula de la distancia mínima entre los individuos. La relación está determinada por el número de clúster  $nc$ , el número de individuos  $nm$  y el número de relaciones o nodos  $cl_i$ :

$$MDL = \sum_{i=1}^{nc} (\log_{nm} + cl_i \cdot \log_{nm}) \quad [14]$$

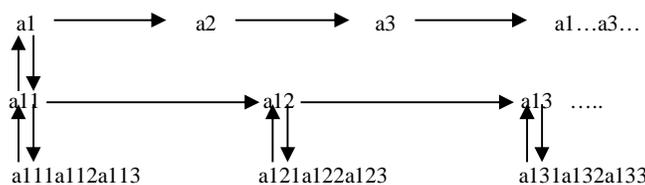
Y al determinar la distancia entre los componentes  $M(IT)_i$  se puede medir el grado de modularidad

$M(ID)_i$  de los resultados de los grupos del clúster con la relación:

$$M(ID)_i = \frac{X_{\max} \cdot (n-1) - X_{i+}}{X_{\max} \cdot (n-1)} = 1 - \frac{X_{i+}}{X_{\max} \cdot (n-1)} \quad [15]$$

$$M(IT)_i = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n d(i, j)}{n(n-1)} \quad [16]$$

Mediante algoritmos tipo clúster se realizarán los análisis de las relaciones de cada uno de los individuos:





## 2.3 JUSTIFICANTES

Mundialmente los fabricantes de vehículos avanzan en la reducción del tiempo de desarrollo de productos para ser competitivos en el mercado mundial, lo que está determinado por los requerimientos y necesidades del mismo. Para ello se han trezado en un proceso de mejora continua de sus sistemas en el desarrollo de sus productos (Tripathy & Eppinger, 2007).

Y es así que las automotrices trabajan en desarrollos para reducir el tiempo total del diseño, buscando productos robustos y ventajas económicas, con grupos especializados de investigación dedicados a optimizar estos procesos.

Tanto los constructores de automóviles y los proveedores, que hacen desarrollos de sistemas, tienen ambos diferentes fases de diseño que deben converger en una misma planificación.

Las fases de I+D : diseño conceptual, hasta la revisión de diseño para su fabricación, siguen tiempos cada vez más reducidos, y cuyo intento de diseño debe cumplir con los requerimientos y especificaciones de producto y de cliente, procurando siempre tener una calidad elevada que garantice cumplir con las expectativas del cliente final en los productos que consume. Todo esto ha llevado a que los diseñadores levanten información de aquellos productos que están en el mercado para conocer sus fallas y así prevenirlas en los nuevos diseños.

El uso de productos o componentes comunes (CO) (Jianxin & Simpson, 2007), que minimiza los tiempos de desarrollo, tienen el inconveniente de diseñar en base a productos que están en el mercado y que fueron conceptualmente diseñados para un modelo específico.

En el marco de este trabajo se contempla la idea de un diseño de productos para sistemas modulares que cumplan funciones específicas, con la ventaja de ser utilizadas en más de un producto, para mejorar la productividad de modelos futuros en tiempo, calidad y coste.

Las nuevas líneas de investigación en el tema de Flexibilidad y Modularidad utilizan como base el DSM, estas matrices muestran la relación que existe entre las diferentes funciones, componentes, equipos, actividad y parámetros, buscando las áreas de oportunidad para encontrar mejoras y optimizar los productos. En este trabajo se parte de la base de analizar los individuos que van a ser introducidos en la matriz, para obtener mayor exactitud de los resultados de las relaciones que existen entre ellos.

De acuerdo a las referencias encontradas y en la búsqueda de optimizar estas metodologías y procesos, los autores proponen trabajos futuros de investigación en los que se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- Asumir que todas las variantes sean construidas en una única plataforma común, lo que no es real sólo cuando las diferencias entre las variantes son muy grandes (Suh Eun & Weck, 2007). En efecto, se requiere determinar la separación de criterios en los diseñadores de sistemas, para que los trabajos futuros incluyan análisis de propagación en productos complejos, donde los cambios puedan brincar a través de los subsistemas, y que no son simplemente transmitidos, a los componentes directamente relacionados.
- Existe una gran necesidad de investigar un uso más efectivo de DSM para el diseño de algoritmos genéticos (Wie et al, 2007).
- Las limitaciones en el modelar dependencias de diseño ya que sólo se centran en las especificaciones de producto - Falta optimizar las relaciones (Sosa et al, 2007). Cambio del producto modular a través del tiempo.
- Se deben desarrollar mediciones alternativas que capten otras propiedades arquitectónicas de los componentes basados en cómo se comparten las interfases de diseño.
- (Zha & Sriram, 2006) Sostiene que es necesario desarrollar una red de conocimiento y de soporte para el diseño de familias de producto que esté basado en módulos, así como una plataforma de colaboración en el desarrollo de productos.
- Son necesarios más estudios para comprender y explicar cuáles características son propensas para formar plataformas que permitan diferenciar elementos, tales como modularidad en la evolución de productos (Williams, 2006).
- Reducir la variabilidad de los datos de entrada a través de procesos más rígidos para mejorar la fiabilidad de las metodologías (Weck et al, 2003).
- Investigación enfocada en cómo definir la arquitectura de producto con el apropiado cambio de propiedades (Eckert et al, 2004).

- Se debe explorar el efecto de las diferentes opciones de plataformas a través de modelos para poder identificar los candidatos a ser modelables (Gonzalez-Zugasti J. P., 2000).
- Predecir los cambios de las interfases a través del tiempo y mejorar los mapeos de las arquitecturas de productos (Sosa et al, 2000).
- Determinar cómo el DSM puede afectar los procesos de diseño (Eppinger, 1991).

Para tener una idea del área de aplicación de los conceptos que se manejan para ésta tesis, se muestran en la *Tabla 7* los volúmenes de mercado automotriz de acuerdo al OICA, con más de 200 programas en desarrollo potencialmente factibles para la utilización de nuestra propuesta metodológica:

**Rankin Mundial de Fabricantes de Vehículos**

**Año 2015**

REGIÓN	2012 Q2	2013 Q2	2014 Q2	2015 Q2	% cambio
<b>EUROPA</b>	9.896.719	9.206.164	9.555.728	9.827.480	3%
<b>EU 28 países + EFTA</b>	7.855.027	7.327.713	7.808.243	8.491.333	9%
<b>EU 15 países + EFTA</b>	7.357.526	6.864.729	7.264.882	7.895.410	9%
<b>EUROPA NUEVOS MIEMBROS</b>	497.501	462.984	543.361	595.923	10%
<b>RUSIA, TURQUÍA Y OTROS</b>	2.041.692	1.878.451	1.747.485	1.336.147	-24%
	0	0			
<b>AMERICA</b>	11.692.225	12.435.202	12.506.201	12.563.121	0%
<b>NAFTA</b>	8.786.861	9.387.383	9.753.742	10.273.917	5%
<b>AMERICA CENTRAL &amp; SUR</b>	2.905.364	3.047.819	2.752.459	2.289.204	-17%
	0	0			
<b>ASIA/OCEANIA/ORIENTE MEDIO</b>	19.281.266	20.217.213	21.421.801	21.427.085	0%
	0	0			
<b>AFRICA</b>	743.484	759.070	805.217	771.627	-4%
	0	0			
<b>TOTAL</b>	<b>41.613.694</b>	<b>42.617.649</b>	<b>44.288.947</b>	<b>44.589.313</b>	<b>1%</b>

**Tabla 7. Rankin Mundial de Fabricantes de Automóviles. Fuente OICA.**



## **2.4 ALGORITMO PARA LA SELECCIÓN DE LAS VARIABLES INTERRELACIONALES DE DISEÑO.**

Los algoritmos, son secuencias de procesamiento de datos que facilitan la búsqueda de las relaciones para un objetivo determinado.

A partir del algoritmo de direccionamiento de las interacciones entre las funciones y elementos de producto (Gutierrez Fernández, 1998), se genera la propuesta de algoritmo FAS para la selección de las variables interrelacionales de diseño que aplican a éste trabajo de investigación.

### **2.4.1 Conceptos Básicos**

Éste algoritmo es de tipo clúster o agrupación, que facilita el intercambio de los parámetros o información en el desarrollo de productos – diseño, basados en la agrupación de los elementos que comparten características previamente definidas (Gutierrez Fernández, 1998) (Karypis et al, 2007) *pág. 9*.

La necesidad del análisis de integración está basada en el PDP (Proceso de Desarrollo de Producto) y consiste en 5 actividades principales (Gutierrez Fernández, 1998) *pág. 10*:

1. Definir los Requerimientos
2. Diseño e Integración de los elementos
3. Análisis de las Relaciones
4. Marcas de Relación
5. Verificación de Resultados de Agrupamiento

En cada una de éstas actividades principales existen varias sub actividades. Uno de los procesos comunes en el diseño de las sub actividades es la optimización de las inter fases entre los distintos elementos del sistema (Tovar et al, 2007).

Estas inter fases ocurren entre los productos en sí mismos, y son definidas en una etapa inicial del diseño entre los distintos equipos o sistemas que trabajan en común en el desarrollo de producto (Al-Fayoumi et al, 2009).

Cada componente está enfocado en su propio conjunto de tareas y es menos sensible a las tareas del resto de componentes. Ésta premisa determina el esfuerzo de integración entre los distintos elementos del sistema.

Cuando ésta integración es optimizada, se hacen ahorros considerables de tiempo y recursos, con mejores productos en el mercado.

El análisis de integración identifica elementos en el desarrollo de producto y los integra en módulos, subsistemas o sistemas que direcciona las interacciones entre las partes involucradas. Se realiza creando e integrando las entidades de más alto nivel en el clúster de acuerdo a la interacción entre los elementos (Mahfouz & Ismail, 2009).

La arquitectura de productos determina los elementos y las interacciones entre ellos, pero si la arquitectura es determinada por sus elementos y las relaciones, entonces se entiende que es una arquitectura inversa (Capítulo 2).

Para que la fase de Conceptualización de Arquitecturas de Producto sea Modulable, es necesario determinar los elementos para dicha Arquitectura. (He & Kusiak, 1997).

Si en lugar de esto, la Arquitectura está definida por sus elementos (Arquitectura Inversa), quiere decir que no existe dicha Conceptualización, dando lugar a productos con elementos comunes pero no previamente identificados para formar la Arquitectura.

Las consecuencias de éste tipo de pensamiento llevan a forzar el compartir elementos modulables en los productos, duplicidad de herramientas y métodos de producción, y por lo tanto un coste mayor que la filosofía de Arquitectura de Producto pura.

Con el análisis funcional del sistema se prefiere minimizar las interacciones entre los diferentes módulos o clústeres de los elementos del sistema, mientras se busca aumentar las interrelaciones de los elementos dentro de un mismo módulo.

## 2.4.2 Algoritmo Base

Éste análisis de las relaciones está basado en la versión original del algoritmo (Idicula, 1995), el cual busca resolver 2 tipos de problemas:

- 1- Identificar el juego de tareas interdependientes en la fase de desarrollo de producto.
- 2- Capturar las interacciones de las tareas identificadas.

El algoritmo base (Gutierrez Fernández, 1998) se basa principalmente en la optimización de las interacciones del punto número 2.

Las ecuaciones son las siguientes (Gutierrez Fernández, 1998) *pág.27*:

$$TotalCoordinationCost = \sum_{i=1}^n CoordinationCost(Task_i) \quad [24]$$

$$CoordinationCost(Task_i) = \sum (TPM(i, j) + TPM(j, i)) * size_{i,j}^2 \quad [25]$$

La secuencia general de las líneas del algoritmo (Gutierrez Fernández, 1998) es la siguiente:

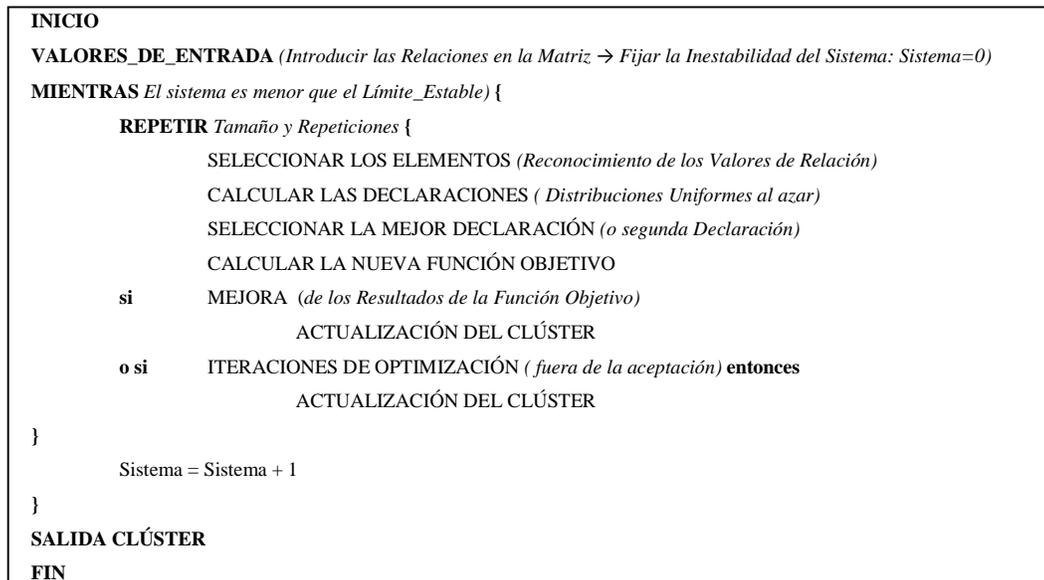
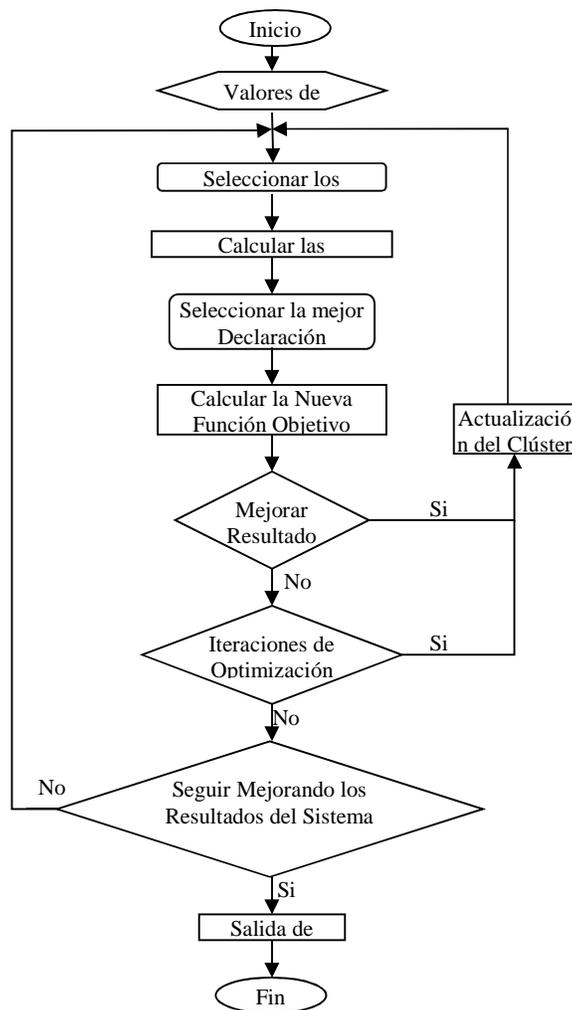


Figura 29. Esquema Algoritmo Base (Gutierrez Fernández, 1998)

Los orígenes de éste algoritmo parten de un primer concepto utilizado por (Hartigan, 1975), que tiene como objetivo el de agrupar los elementos basados en sus cercanías y similitudes.

De una forma similar (Biles, 1991) utiliza simulaciones para evaluar las agrupaciones que realiza el algoritmo en el diseño de sistemas celulares, como parte del reconocimiento de los patrones similar al utilizado en el análisis de lógica difusa.

Algunos algoritmos de agrupación utilizan otros tipos de datos de representación como gráficos o matrices. Los algoritmos genéticos pueden ser usados para resolver distintos problemas combinando diferentes soluciones en una nueva solución híbrida (Yu et al, 2009).



**Figura 30. Diagrama de Flujo del algoritmo de Agrupación tipo Clúster (Gutierrez Fernández, 1998)**

Para encontrar los clústeres se utilizan iteraciones para reducir el valor de la función Total de Coordinación, y así producir diferentes configuraciones en la búsqueda de la óptima.

La función del Costo Total de Coordinación es la agregada del costo de la tarea. Cada coordinación de Coste toma en cuenta las fuertes interdependencias entre dos tareas. El proceso continúa hasta que no es posible hacer que el número de tareas en el clúster sea lo más pequeño pero incluido en ambas tareas.

La fiabilidad de los resultados depende del grado de la definición de la función objetivo.

En el algoritmo base (Gutierrez Fernández, 1998), la función objetivo es el valor de las interacciones de los elementos utilizados en el análisis DSM (TPM). Éste proceso continúa hasta que después de varias iteraciones se alcanza la máxima mejora en la variable objetivo (Costo de Coordinación).

### 2.4.3 Funciones del Algoritmo FAS

De acuerdo al tipo de relaciones y dimensiones establecidas para FAS, las siguientes ecuaciones son la base para la generación de los Clúster en el proceso de Diseño Modular propuesto:

Para toda  $i, j$  incluidas en el clúster  $k$  :

$$\text{Relación} = \sum_{j=1}^n (DSM(i, j) + DSM(j, i)) * \sum_{k=1}^{cl} m(k)^p \quad [26]$$

$$\text{Tipo\_de\_relación} = \frac{\sum_{j=1}^n (DSM(t, j) + DSM(j, t))^{VD} * R(k, j)}{E^{VD}} \quad [27]$$

$$\text{Clúster\_Funcionalidad} = \sum_{i=1}^n (\text{Relación\_de\_Funcionalidad}) \quad , \text{ para todo } R=1 \quad [28]$$

$$\text{Clúster\_Ensamble} = \sum_{i=1}^n (\text{Relación\_de\_Ensamble}) \quad , \text{ para todo } R=2 \quad [29]$$

$$\text{Clúster\_Espacio} = \sum_{i=1}^n (\text{Relación\_de\_Espacio}) \quad , \text{ para todo } R=3 \quad [30]$$

Nomenclatura:

$i, j$	Posición de los valores de relación
$n$	Tamaño o número de elementos del Clúster
$k$	Clúster o Agrupación
$cl$	Número máximo de Clústeres
$m$	Número de elementos contenidos en el Clúster $k$
$p$	Parámetro de control por penalización asignada al Clúster (0 implica que no hay relación, 1 implica una relación en 1 solo sentido, 2 implica una relación cuadrática), exponente usada en la función objetivo.
$t$	Tarea
$VD$	Valor de declaración y control de acuerdo al tamaño del Clúster
$R$	Es el valor de la relación de acuerdo a FAS. Distingue valores de 0 (Relación Nula), 1 (Relación Funcional), 2 (Relación Ensamble) y 3 (Relación Espacio).
$E$	Elementos contenidos en el Clúster $k$
<i>Relación</i>	Determinación las relaciones en la matriz
<i>Tipo_de_relación</i>	Declaración del Clúster $k$ a la tarea $t$

#### 2.4.4 Comparativa entre Algoritmos

La propuesta de las dimensiones de integración propuestas por FAS, está enfocado al diseño de productos.

Las dimensiones mostradas sintetizan las dimensiones utilizadas por DSM y (Gutierrez Fernández, 1998) *pág.76* y facilitan el uso de la matriz de relaciones para hacerlo más interactivo al usuario.

Sin embargo, las dimensiones se pueden reducir y/o ampliar de acuerdo a las necesidades del proceso en análisis (Lim, 2007).

Mientras DSM propone 4 dimensiones generales, (Gutierrez Fernández, 1998) contempla 6 y FAS 3.

De acuerdo a la ecuación 32, el número de datos que deben introducirse a la matriz de relaciones es de:

DSM	Carlos Iñaki Gutierrez	FAS
Energía	Energía	Funcionalidad
	NVH	
Información	Estructura	
Material	Ensamble	Ensamble
	Serviciabilidad	
Espacial	Ergonomía	Espacio

**Tabla 8. Comparativa de Dimensiones entre DSM, (Gutierrez Fernández, 1998) y FAS. Fuente Propia.**

para 5 sistemas:

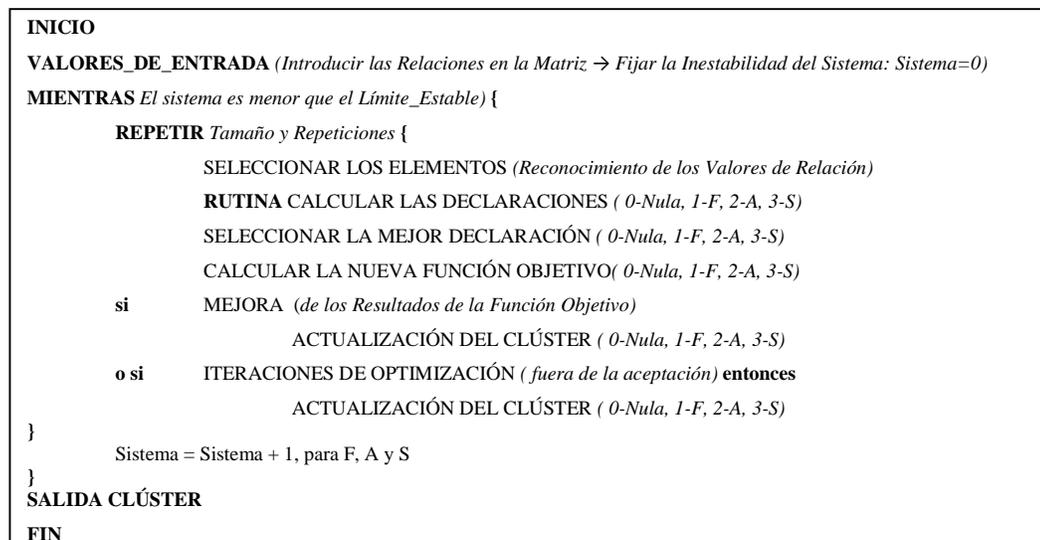
$$\text{DSM} = 5 * (5 - 1) * 4 = 80$$

$$\text{Iñaki} = 5 * (5 - 1) * 6 = 120$$

$$\text{FAS} = 5 * (5 - 1) * 3 = 60$$

La importancia de la simplificación en el uso de la matriz determina las posibilidades de su uso, ya que al trabajar con matrices en las que debes introducir mayor cantidad de datos tiene más posibilidades de no ser empleada por el tamaño de información.

FAS integra dimensiones tanto de DSM como del algoritmo base (Gutierrez Fernández, 1998), teniendo en cuenta las necesidades para el diseño de productos, y facilita el manejo de la información.



**Figura 31. Esquema algoritmo FAS: Fuente Propia.**

Una vez que se generan los módulos clúster correspondientes, es posible variar las dimensiones para encontrar sub módulos.<sup>11</sup>

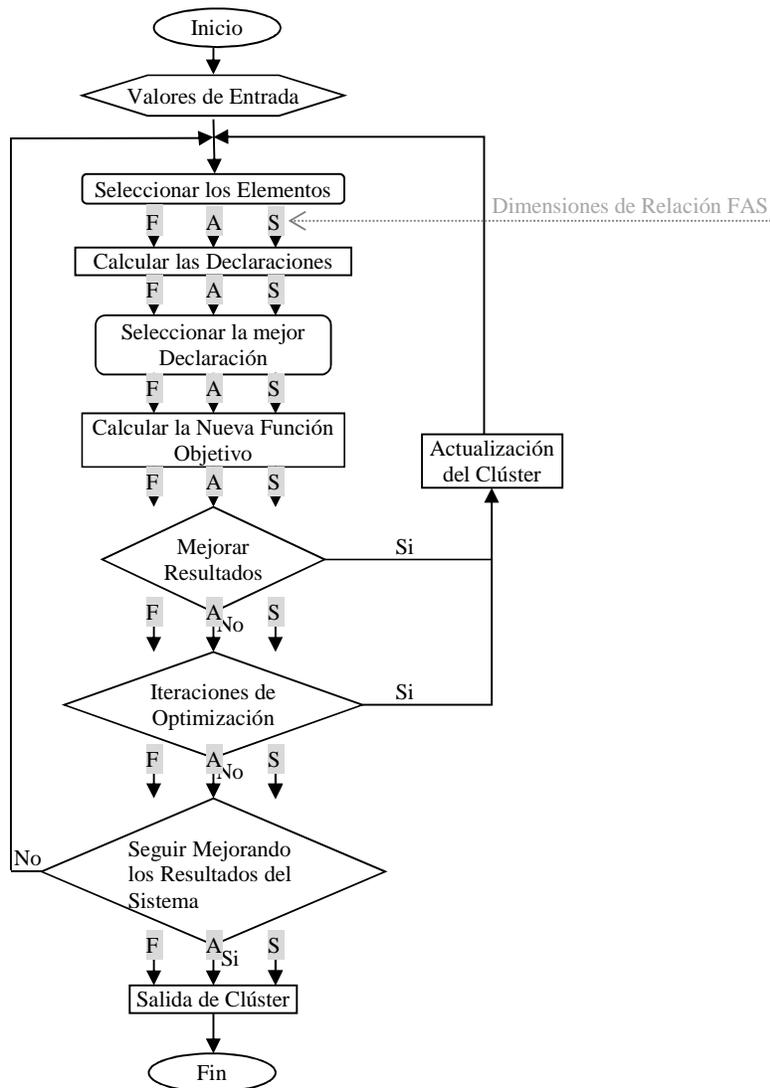


Figura 32. Diagrama de Flujo del Algoritmo FAS. Fuente Propia.

<sup>11</sup> (Gutierrez Fernández, 1998) da al valor de CL\_MAT(k,j) como 0 o 1 para el tipo de relación, para FAS CL\_MAT(k,J) cambia por R(k,j) y distingue valores de 0 (Relación Nula), 1 (Relación Funcional), 2 (Relación Ensamble) y 3 (Relación Espacio).

La propuesta de FAS para la solución modular de sistemas responde a las alternativas del algoritmo base, ya que “el usuario debe jugar con los parámetros del algoritmo para favorecer las soluciones del tipo deseado” Véase 2.5.1.

## Resumen de Algoritmos de Selección de las Variables Interrelacionales de Diseño.

Con base en el algoritmo de Carlos Iñaki Gutiérrez y atendiendo a las dimensiones propuestas en FAS, se realizan los siguientes cambios en la propuesta para encontrar los módulos clúster en el proceso de diseño y desarrollo de producto.

La ecuación para el tipo de relación está dada por:

$$Tipo\_de\_relación = \frac{\sum_{j=1}^n (DSM(t, j) + DSM(j, t))^{VD} * R(k, j)}{E^{VD}} \quad [27]$$

De acuerdo a la clasificación de las dimensiones utilizada por FAS, es necesario realizar las rutinas correspondientes al tipo de relación. Estas rutinas están dadas por las siguientes ecuaciones:

$$Clúster\_Funcionalidad = \sum_{i=1}^n (Relación\_de\_Funcionalidad) \quad , \text{ para todo } R=1 \quad [28]$$

$$Clúster\_Ensamble = \sum_{i=1}^n (Relación\_de\_Ensamble) \quad , \text{ para todo } R=2 \quad [29]$$

$$Clúster\_Espacio = \sum_{i=1}^n (Relación\_de\_Espacio) \quad , \text{ para todo } R=3 \quad [30]$$





## 2.5. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA FAS

La metodología FAS (Echevarria Quintana, 2009) es un desarrollo propio en busca de diseños modulares, y que está basada en diferentes metodologías utilizadas en el análisis de las relaciones entre subsistemas (Tema 1.3), para alcanzar un diseño modular, de plataforma y arquitectura de producto (Martin, 2000).

FAS parte de una matriz de relaciones (DSM), en las que se muestran los diferentes componentes o subsistemas, en la que a través de algoritmos matriciales busca el resultado óptimo en la selección de los sistemas (Sosa, 2008). Los sistemas deben ser diseñados partiendo del concepto de diseño conceptual modular para diferentes plataformas o arquitecturas de producto, analizando las relaciones que existen entre cada uno de los individuos (*Figura 33*) (Pinillos, 2011). Ésos pasos se describen en el *Tema 3.3*.

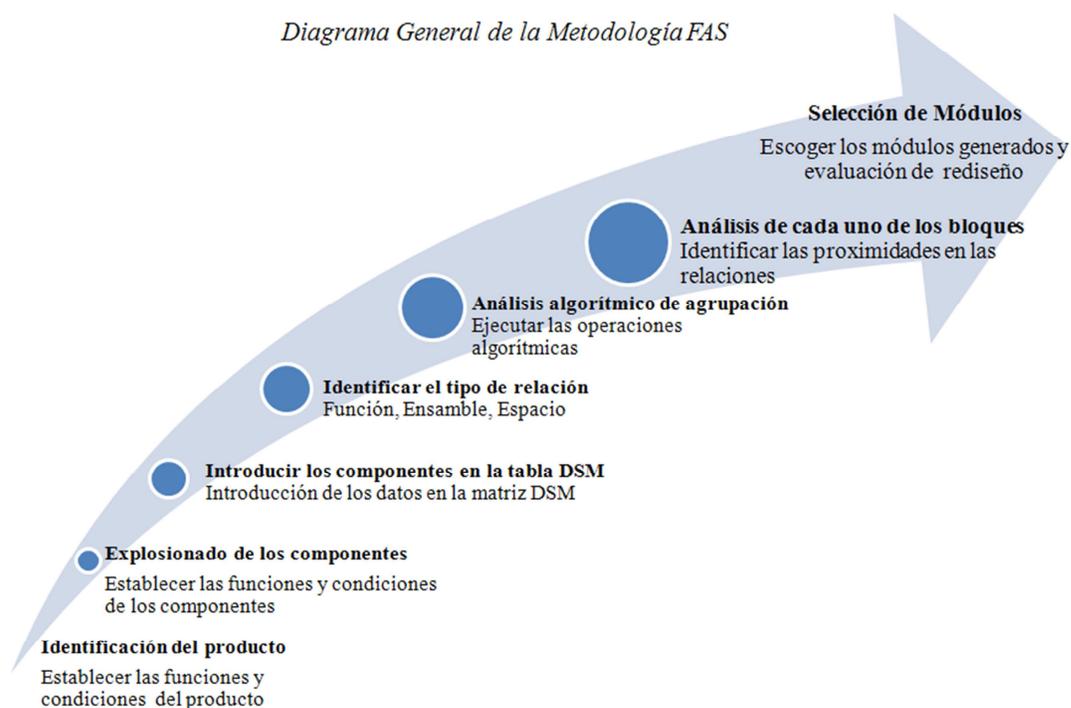


Figura 33. Esquema general de la metodología FAS. Fuente propia.

## 2.5.1 Tipos de Relaciones.

Ya que FAS parte de las matrices DSM, en la *Tabla 9* se presentan los diferentes entornos en los que se utiliza éste tipo de análisis de acuerdo a los datos de entrada con los que se cuenta al comenzar el análisis para la identificación de las interrelaciones.

La tabla muestra también la representación, aplicación y método de análisis para cada uno de los casos.

Tipos de Datos DSM	Representación	Aplicación	Método de Análisis
Equipos	Características de Interfase en Equipos Múltiples	Diseño Organizacional, Dirección e Interfases, Integración de Equipos	Clúster
Componentes	Relación de Multicomponentes	Arquitecturas de Sistemas, Ingeniería y Diseño	Clúster
Actividades	Relación de Entrada/Salida de Actividad	Programa de Proyecto	Secuencia y Partición
Parámetros	Relaciones de Entrada/Salida entre las tareas computacionales	Secuencia de Actividad Baja. Diseño de Procesos Computacionales	Secuencia y Partición

**Tabla 9. Tipos de DSM. Basado en DSM org.**

La metodología se basa en el concepto de diseño modular, y ya que más adelante las aproximaciones y simulaciones se validarán con 3 ejemplos, se seleccionan como datos de entrada los datos de “componentes” que son los que conviene utilizar para éste análisis para las referencias y las primeras simulaciones (Otto, 2002).

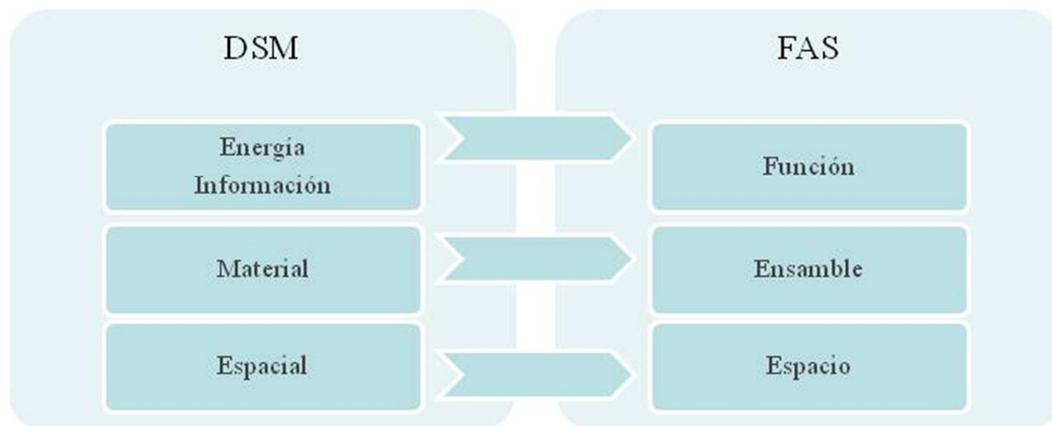
Se utilizará como método de análisis el clúster que es el algoritmo que mejor se aproxima para éste tipo de análisis en la identificación de arquitecturas y módulos de productos para así poder validar la metodología (Wei et al, 2000).

Las relaciones propuestas en la metodología DSM se definen en la *Tabla 10*:

Interacción	Descripción
Espacial ( S )	Identifica necesidades de proximidad entre dos elementos. Asociación de espacio Físico y Alineación.
Energía ( E )	Identifica necesidades de intercambio de energía entre dos elementos.
Información ( I )	Requiere de intercambio de datos o señales entre dos elementos.
Material ( M )	Requiere intercambio de material entre dos elementos.

**Tabla 10. Interacciones DSM. Basado en DSM org.**

A diferencia de DSM, FAS reconoce Energía e Información como una misma variable o relación llamada “Función” (*Figura 34*), mientras que las demás relaciones son equivalente de acuerdo a las definiciones de las variables FAS.

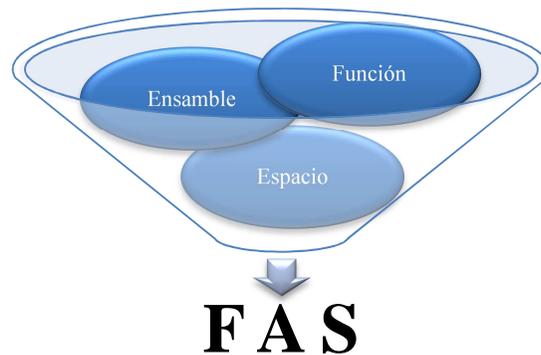


**Figura 34. Comparativa DSM-FAS. Fuente propia.**

Los 3 tipos de relaciones para el uso de la metodología FAS se asignan de acuerdo a los requerimientos que se tiene en el diseño de sistemas.

Las funciones básicas de cualquier sistema o componente, son de cumplir con su funcionalidad (tanto dependiente como independiente), de ensamble como subsistema o componente y la posición espacial que debe ocupar en el producto y se definen a continuación.

Las tres relaciones que se definen para ésta metodología son:



**Figura 35. Tipos de Relaciones FAS. Fuente Propia.**

### **Relaciones Funcionales (F)**

Son las relaciones funcionales que existen entre los diferentes sistemas, es decir, tanto la función propia que debe cumplir cada sistema y alcanzar los objetivos para lo que es diseñada y requiere el producto global como la afectación entre sistemas de acuerdo al intercambio de energía o información.

v.g. La función del ABS, transmisión automática entre otros.

### **Relaciones de Ensamble (A)**

Son las relaciones de ensamble entre diferentes sistemas. Hay sistemas que se encuentran físicamente adyacentes a otros para poder ser ensamblados.

v.g. Tubos de escape, palanca de cambios manual, volante de dirección, entre otros.

### **Relaciones de Espacio (S)**

Son las relaciones de espacio entre sistemas. Se deben principalmente al diseño del producto, al espacio disponible y al empaquetamiento de los sistemas en el producto global.

v.g. Compartimiento motor, tanque de gasolina, mecanismo de abatimiento de retrovisores, tablero de control, asientos, depósito refrigerante, enfriador, entre otros.

La jerarquía de relaciones empieza por la Función (que el producto conserve el objetivo para el que fue desarrollado), después Ensamble (que los componentes puedan ensamblarse entre sí) y finalmente Espacio (que el producto se sitúen dentro de un entorno limitado).

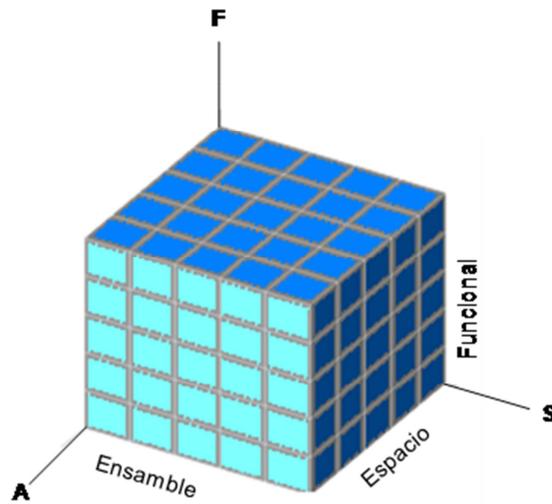


Figura 36. Representación en el espacio de las Relaciones. Fuente Propia.

La representación de éstas 3 variables o relaciones se representa gráficamente de forma tridimensional como en la *Figura 36* (Borgatti & Everett, 1989).

El número de datos que deben ser introducidos en la tabla está dado por:

$$n = i(i-1) \quad [31]$$

$$N = n \times k \quad [32]$$

Para el caso de tener 5 subsistemas en los que se desea aplicar la metodología:

$$5 * (5 - 1) = 20, \quad k = 3, \quad N = 20 \times 3 = 60$$

Dónde:

$i, j$  = Subsistemas

$k$  = tipos de relación ( Funcional = 1, Espacio = 2, Ensamble = 3 )

$n$  = número de subsistemas

$N$  = número total de celdas de relación

Nota: aunque  $k$  para ésta metodología es siempre 3, los espacios en blanco dentro de la tabla significan una relación nula  $=0$  y son necesarios para el análisis de resultados.  $k$  es la cantidad de dimensiones de relación del análisis.

### 2.5.2 Notación de la Matriz de Relaciones

El procedimiento para la introducción de datos sigue 4 pasos (Echevarria Quintana, 2009):

- A. Selección de los subsistemas para los cuales se pretende analizar la posibilidad de modularización.
- B. Completar la tabla de relaciones con la metodología DSM (Tabla 3).
- C. Análisis matricial de las variables o subsistemas mediante el uso del algoritmo clúster o triangulación que permitirá optimizar los datos.
- D. Determinar la factibilidad y selección de los módulos.

Existen 3 tipos de configuraciones que caracterizan a un sistema y se presentan en la *Figura 37*:

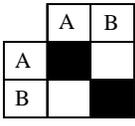
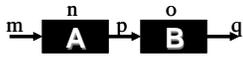
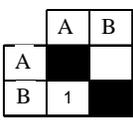
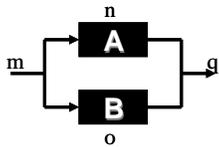
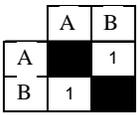
Nombre	Representación		
	Gráfica	en DSM	Matemática
Sistema Independiente			$p = m - n$ [33]
Sistema Dependiente			$q = m - n - o, p = m - n$ $q = p - o$ [34]
Sistema Paralelo			$q = m - (n + o)$ [35]

Figura 37. Diferentes representaciones DSM. Fuente Propia.

**A y B** - Subsistemas

**m** – señal de entrada

**n** y **o** – procesamiento de señales

**p** y **q**– señales de salida

Para determinar la intensidad de las relaciones entre los sistemas independientes, dependientes o paralelos se utiliza el concepto de índice de propagación del cambio (CPI) (Eckert et al, 2004)<sup>12</sup> y está dado por la relación:

$$CPI_i = \sum_{j=1}^n \Delta E_{j,i} - \sum_{k=1}^n \Delta E_{i,k} = \Delta E_{out,i} - \Delta E_{in,i} \quad [9]$$

Dónde:

*E* Energía del sistema

*i* Elemento, Componente o Sistema

*j, k* Valor de Relación (Posición en la matriz)

*n* Número de elementos o sistemas presentes en la matriz

La función ideal de análisis es:

$$CPI = in - out$$

$$si \quad in = out \rightarrow CPI = 0$$

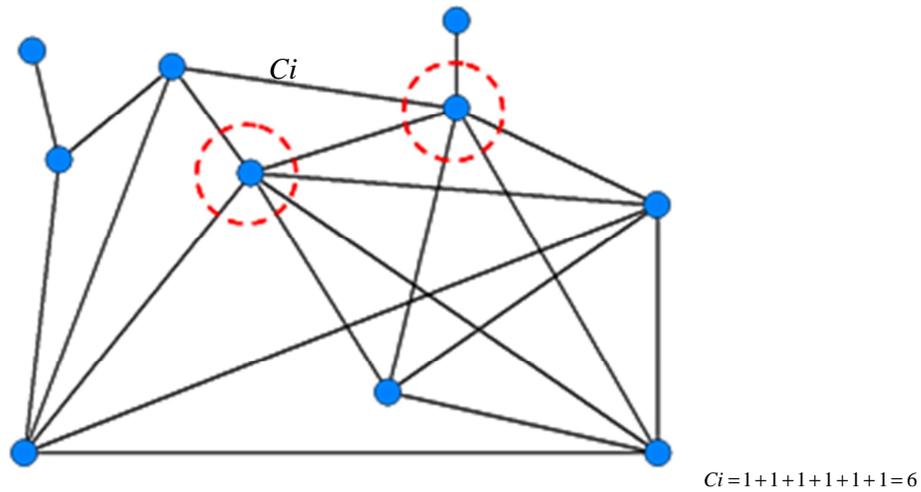
lo que indica que la dependencia entre los sistemas y en donde *in* y *out* son las señales de entradas y salidas del sistema. CPI es la ganancia del sistema.

La forma gráfica (*Figura 38*) permite observar anticipadamente aquellos componentes que son clave para llevar a cabo la modularización de componentes dejando ver las estructuras de las relaciones entre estos.

Las relaciones pueden ser independientes, dependientes o paralelas, en la que es necesario medir la centralidad (Freeman, 1995) de los nodos debido a la cantidad de nodos adyacentes que tiene a su alrededor y que comparten algún tipo de relación.

---

<sup>12</sup> Eckert determina el índice en base a las reacciones de las interacciones entre los elementos. Descrito en el Tema 1.3.2



**Figura 38. Distancia geodésica. Fuente Propia (elaborada con KeySoft).**

$$C_i = \sum_j a_{ij} \quad [36]$$

$C_i$  - Grado de centralidad

$a_{ij}$  - Nodos, desde  $i$  hasta  $j$

Los nodos con mayor grado de centralidad son difícilmente modulables debido a la cantidad de información – espacio que se interrelacionan con el resto de componentes, pero que son indispensables para identificar los límites de los sistemas (Collins et al, 2008), pero que si tienen la posibilidad de ser modularizados proponen una mejora tecnológica de diseño y desarrollo.

$$\text{Tipo\_de\_relación} = \frac{\sum_{j=1}^n (DSM(t, j) + DSM(j, t))^{VD} * R(k, j)}{E^{VD}} \quad [37]$$

$R$  es la relación de FAS en cuanto a *Clúster\_Funcionalidad*, *Clúster\_Ensamble*, *Clúster\_Espacio*.

### 2.5.3 Pasos de la Metodología FAS

Para establecer las relaciones que condicionan el diseño conceptual modular, es necesario completar las actividades de la *Figura 32* y combinarlas con los pasos del *Tema 3.2 Notación de la Matriz de Relaciones* (A, B, C y D). A continuación se describen los 7 puntos de la metodología:

#### 1.- Identificación del Producto

El primer paso se trata de la identificación del producto, que puede ser un sistema simple o complejo formado por varios subsistemas.

Al identificar un producto, es necesario conocer las especificaciones técnicas que debe cumplir y para el cual fue desarrollado. Éstas especificaciones, generalmente se resumen en el cuaderno de cargas o en las especificaciones de diseño del sistema, que incluyen todas las características en cuanto a la función que cumple el sistema, como de los ensambles asociados y el espacio que ocupa, además de los materiales, sistemas de fijación, procesos de fabricación, ensayos de homologación y ciclo de vida.

Teniendo el conocimiento del sistema, se pueden evaluar las interfaces, entorno y límites tanto físicos como funcionales de los cuales se determinarán las relaciones FAS a analizar.

En la selección del producto, es importante hacer notar que al tratarse de una metodología del ámbito plataforma modular, el sistema puede ser tan complejo como se pretenda.

#### 2.- Explosionado de los Componentes

##### *A. Selección de los subsistemas (del Tema 3.2)*

Una vez que se conoce el sistema, es indispensable tener un listado de los subsistemas o componentes que lo forman, debido a que el análisis se realiza en categorías inferiores a la del sistema general.

Con el explosionado de los componentes, se realizará el proceso de determinar las relaciones FAS para cada una de ellas y entre cada una de ellas por individual.

Para la identificación de los componentes debe tomarse en cuenta el conocimiento del cuaderno de cargas o especificaciones de diseño de cada uno en particular para tener una mejor comprensión de los datos de entrada y salida en los resultados del análisis algorítmico.

### **3.- Introducción de los Componentes en la tabla DSM**

#### *B. Completar la tabla (del Tema 3.2)*

En la tabla DSM se deben incluir todos los componentes que forman parte del sistema, y colocarlos en la columna izquierda y en la fila superior, para entonces poder establecer las relaciones entre cada uno de los componentes.

La intersección de un mismo elemento en fila y columna está cerrada a introducir valores de relación por el mismo supuesto de que en un mismo sistema la relación es equivalente. Sin embargo el número de celdas disponibles para introducir datos de relación se define en la *ecuación 32*.

### **4.- Identificar el Tipo de Relación entre cada Componente**

#### *C. Análisis matricial (del Tema 3.2)*

El proceso de determinar las relaciones, consiste en identificar las Funciones, Ensamblajes y Espacio propio de cada elemento y su relación con el resto de los elementos del sistema. Con éste proceso se consideran los siguientes valores de relación:

Si existe una relación de Función, se otorga un valor de relación igual a 1.

Si existe una relación de Ensamble, se otorga un valor de relación igual a 2.

Si existe una relación de Espacio, se otorga un valor de relación igual a 3.

Éstos valores de relación conlleva una notación jerárquica, es decir, el valor de Función está por encima del valor de Ensamble y Espacio; El valor de Ensamble está por encima del valor de Espacio.

La función que desempeña un sistema está en un orden jerárquico superior, ya que con esto se pretende identificar los módulos necesarios para cumplir con las especificaciones de producto, y el hecho de que la jerarquía de niveles, está dado por la necesidad de encontrar nuevos procesos o

tecnologías que cumplan con las especificaciones del producto. De la misma manera, el nivel de Ensamble es superior al de Espacio ya que con esto se buscan nuevas soluciones en el posicionamiento y entorno de los productos.

## **5.- Análisis algorítmico de Agrupación**

Una vez que se tienen introducidas las relaciones entre los componentes en la matriz, con ayuda del algoritmo base del DSM es posible obtener una agrupación de los componentes con respecto a las relaciones entre ellos.

Basta con solo ejecutar el algoritmo, para que las operaciones matriciales realicen el agrupamiento tipo clúster de los elementos. Las operaciones que se realizan, ejecutan una serie de iteraciones que identifican el valor de la relación que nos da los resultados agrupación.

Los resultados son expresados en la misma forma matricial, pero los elementos cambian de orden dependiendo de los conjuntos de relación que presentan más densidad entre sí, esto es, la nueva posición de los elementos presenta los bloques de elementos que se pretenden identificar como modulables.

## **6.- Análisis de cada uno de los Bloques**

Los grupos o bloques de elementos que resultan de la acción del algoritmo, deben ser analizados de manera particular, de modo tal, que permitan ser identificados para cada una de las relaciones que han participado en el proceso (Función, Ensamble, Espacio).

Cada uno de los bloques presenta un determinado grupo de elementos que mantienen relación entre sí, y que por lo tanto deben tomarse en cuenta para un estudio de viabilidad de modulación.

En cada uno de los bloques es posible hacer la comprobación del índice de propagación del cambio (*CPI*, de la Ecuación 9) que determinan el tipo de sistema que se trata e identifica la energía o potencial de los elementos en base a la relación con los demás elementos. Para facilitar la búsqueda de la modularidad, es necesario también identificar los nodos centrales (*Ci*, de la Ecuación 36) para encontrar el elemento que parte como base en la formación de nuevos módulos.

## **7.- Selección de Módulos**

### *D. Selección de Módulos (del Tema 3.2)*

De acuerdo al índice de propagación del cambio del bloque y al grado de centralidad de los componentes, se verifica que los módulos generados permiten establecer los sistemas modulares.

La revisión de la viabilidad y factibilidad de los nuevos módulos está dada por el análisis del cumplimiento de las cargas y especificaciones de los sistemas que se analizaron en el punto 1; Ya que de ésta forma se sabe si los módulos encontrados son factibles por cumplir con las especificaciones originales.

Por lo tanto, es importante que el grupo que realiza la entrada de datos a la matriz DSM realice también una comprobación de las funciones originales que aseguren en correcto funcionamiento de los nuevos niveles de sistemas modulares. La importancia de conocimiento sobre los sistemas es trascendente para comenzar con los nuevos desarrollos modulares.

La comprobación del funcionamiento de FAS, parte de que el producto final modular es igual al producto inicial antes de ser separado y tratado por los distintos pasos de la metodología.

A continuación se presenta un ejemplo sencillo para explicar cada uno de los pasos.

## 2.5.4 Portaminas – Ejemplo de aplicación de la Metodología FAS

El siguiente ejemplo se utiliza como base para la explicación de los pasos de la metodología FAS. Se ha utilizado el Portaminas ya que es un sistema sencillo y que en éste subtema se pretenden explicar los 7 pasos a seguir en la metodología. Es un ejemplo que se ha considerado en trabajos de docencia y de investigación recientes de en ésta universidad, y con ello proporcionar otro punto de vista alternativo en el estudio de metodologías de diseño (Cebrián-Tarrasón et al, 2008).

### Paso 1. Identificación del Producto.

El sistema global es un portaminas, cuya función objetivo es trazar (*véase Figura 39*).

Las especificaciones generales son las de facilitar un trazo, comodidad de uso y durabilidad del sistema.

*Nota: Ya que se pretende seguir la metodología con el ejemplo del portaminas, no es necesario abundar en las especificaciones, características y/o análisis del valor del producto. Las validaciones se presentan más adelante en el Capítulo 4 con sistemas complejos.*



Figura 39. Portaminas. Fuente Propia.

### Paso 2. Explosionado de los Componentes

El portaminas se compone de los 9 componentes que se muestran en la *Figura 40*. Cada uno de estos sistemas integra el portaminas en cuestión, sin embargo y dependiendo del tipo de portaminas, estos pueden tener más o menos componentes cumpliendo con la función de trazado.



Figura 40. Despiece del Portaminas. Fuente Propia.

### Paso 3. Introducir los Componentes en la Tabla DSM

Cada uno de los 9 componentes se debe introducir en la tabla DSM sin un orden específico. Los números del 1 al 9 se asignan indiscriminadamente y sin orden jerárquico.

Elemento	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tapa	1	1							
Cono	2		2						
Punta	3			3					
Agarre	4				4				
Muelle	5					5			
Diente Mecánico	6						6		
Tubo	7							7	
Material	8								8
Caña	9								

Tabla 11. DSM Componentes Portaminas. Fuente Propia.

### Paso 4.- Identificar el tipo de relación entre cada componente

Para cada uno de los componentes es necesario determinar la relación que aplica, de acuerdo a:

Elemento	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tapa	1	1					2		
Cono	2		2	3	3	3			2
Punta	3			3			1		
Agarre	4		3		4	2			
Muelle	5		3			5	2		
Diente Mecánico	6		3	2	2	6	2		
Tubo	7	2		1		2		7	3
Material	8								8
Caña	9		2				3		

Tabla 12. DSM Portaminas. Fuente Propia.

- Si existe una relación de Función, se otorga un valor de relación igual a **1**.
- Si existe una relación de Ensamble, se otorga un valor de relación igual a **2**.
- Si existe una relación de Espacio, se otorga un valor de relación igual a **3**.

Se puede apreciar que la relación de Función la establecen tanto la punta como el tubo, y con esto se cumple la función objetivo del portaminas que es trazar.

La punta realiza la función del trazo y el tubo determina que el producto es un portaminas.

La relación de Ensamble la realizan el Cono, Agarre, Muelle, Diente Mecánico, Tuno y Caña. Cada una de éstas está directamente ensamblada en el resto o en alguna del resto.

La relación de Espacio la cumplen el Cono, Agarre, Muelle, Diente Mecánico, Tubo y Caña en la relación que se muestra en la tabla. Estos componentes determinan el volumen total del portaminas y los espacios entre los componentes.

Es posible conocer el número de interrelaciones (o casillas de relación, [32]) que se presentan en la tabla:

72 casillas con la opción de asignar los valores de relación FAS (1, 2 o 3).

Se calcula el grado de centralidad o Ci con ayuda del software Keyplayer para identificar los nodos con mayor número de relaciones:

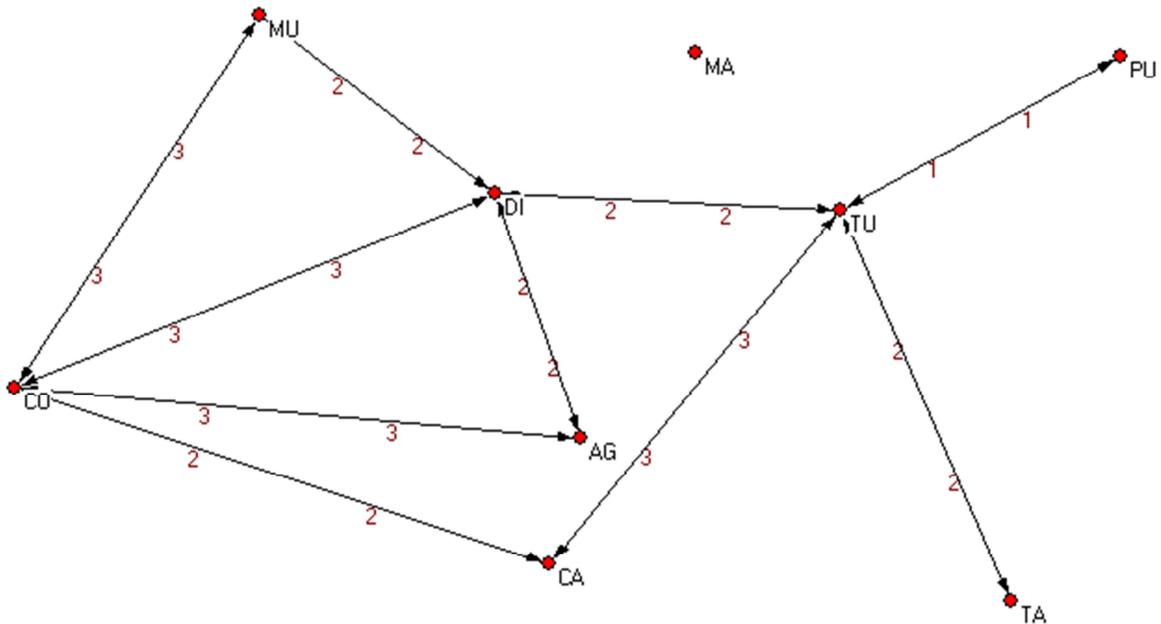
Tapa	CiTA = 1
Cono	CiCO = 4
Punta	CiPU = 1
Agarre	CiAG = 2
Muelle	CiMU = 2
Diente Mecánico	CiDI = 4
Tubo	CiTU = 4
Material	CiMA = 0
Caña	CiCA = 2

Se calcula el índice de propagación del cambio o CPI para los nodos con mayor número de interrelaciones. Los valores de entrada se encuentran por debajo de la diagonal, mientras que los de salida se encuentran por encima. El CPI es:

$$\text{CPICO} = \text{CPIDI} = \text{CPITU} = (3+3+3+2) / (3+3+3+2) = 1$$

Los elementos Cono, Diente Mecánico y Tubo con un mismo CPI, establece que los cambios que se realicen en alguno de ellos provocan el cambio de los sistemas que se relacionan con ellos.

Al observar la *Figura 41*, nos damos cuenta de que el componente clave en cualquier cambio de diseño es el Diente Mecánico por compartir el CPI tanto con el Cono como con el Tubo de forma individual y que por lo tanto, y al tener un mayor número de relaciones con el resto de los componentes, se dificulta su modularización.



**Figura 41. Red de Relaciones de los elementos del Portaminas. Fuente Propia (Elaborado con Keysoft).**

Otro elemento a tomar en cuenta es el Material, el cual no comparte relación con el resto del sistema y que la selección del material no condiciona las funciones del portaminas, por lo que es posible buscar nuevas soluciones de materiales.

### **Paso 5. Análisis Algorítmico de Agrupación**

Este se realiza ejecutando el módulo algorítmico de agrupación.

**Paso 6. Análisis de cada uno de los Bloques**

**BLOQUE DE FUNCION**

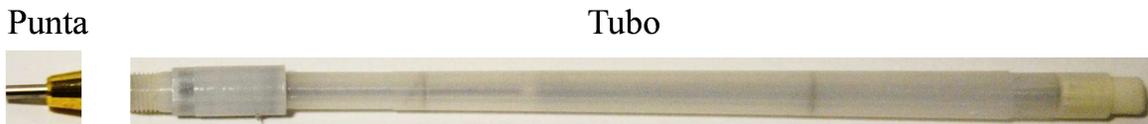
Los resultados de agrupación de Funciones se presentan en la *Tabla 13*.

La relación de Función la establecen tanto la Punta como el Cono, y éstas cumplen con la función objetivo del portaminas.

		Tapa	Cono	Punta	Tubo	Agarre	Muelle	Diente Mecánico	Material	Caña
Elemento		1	2	3	7	4	5	6	8	9
Tapa	1	1								
Cono	2		2							
Punta	3			3	1					
Tubo	7			1	7					
Agarre	4					4				
Muelle	5						5			
Diente Mecánico	6							6		
Material	8								8	
Caña	9									9

**Tabla 13. DSM de Relaciones Funcionales del Portaminas. Fuente Propia.**

Se puede apreciar en la *Figura 42* que ambos componentes cumplen la función de trazar, debido a que la Punta realiza la función de depositar la tinta mientras que el Tubo la de depósito y entrega de tinta a la Punta.



**Figura 42. Bloque Funcional del Portaminas. Fuente Propia.**

Con los resultados de éste bloque se puede apreciar que es posible realizar un módulo de éstos dos componentes o innovar en el sistema de depósito de tinta para realizar el trazo en un solo sistema.

### BLOQUE DE ENSAMBLE

Los resultados de agrupación de Ensamble se presentan en la *Tabla 14*.

De acuerdo con la información de relación que introducimos en la matriz, los resultados presentan 3 bloques de agrupamiento.

		Tapa	Agarre	Muelle	Diente Mecánico	Tubo	Cono	Caña	Punta	Material
Elemento		1	4	5	6	7	2	9	3	8
Tapa	1	1				2				
Agarre	4		4	2						
Muelle	5			5	2					
Diente Mecánico	6		2	2	6	2				
Tubo	7	2			2	7				
Cono	2						2	2		
Caña	9						2	9		
Punta	3								3	
Material	8									8

**Tabla 14. DSM de Relaciones Funcionales de Ensamble del Portaminas. Fuente Propia.**

El bloque de color azul agrupa el Agarre, Muelle y Diente Mecánico, que son los componentes que realizan el movimiento de entrada y salida de las minas y que comparten ensamble entre sí.

El bloque de color rojo agrupa al Diente Mecánico y al Tubo, ya que el Diente Mecánico es un elemento de enlace para realizar el ensamble con el bloque de color azul.

El bloque de color verde agrupa al Cono y Caña, que son los sistemas que funcionan límites en el ensamble interior del portaminas. El Cono es el componente que sirve de base para los ensambles del

bloque color azul y rojo, mientras que la caña es el volumen exterior del portaminas que protege a los bloques internos.

La Tapa está excluida de agrupación y que funciona como componente individual. Es posible integrar la tapa en algún módulo (realizando el apropiado cambio de diseño) ya que al no tener relación en éste producto es de fácil manipulación para integrarlo en algún bloque posterior al rediseño.

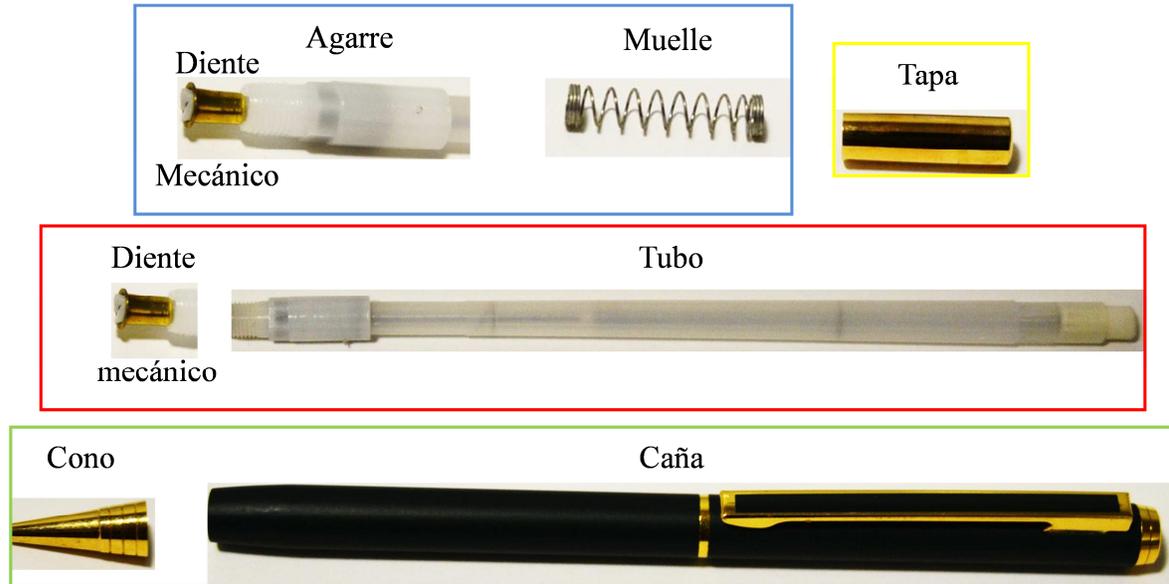


Figura 43. Bloque Ensamble del Portaminas. Fuente Propia.

De acuerdo a la *Figura 43* se puede observar que en los bloques generados del algoritmo clúster, los elementos cumplen con la relación de ensamble entre sí y que los resultados del algoritmo son factibles para su modularización.

## BLOQUE DE ESPACIO

Los resultados de agrupación de Espacio se presentan en la *Tabla 15*. La agrupación de ésta relación nos genera 2 bloques.

El bloque naranja lo componen el Cono, Agarre, Muelle y Diente Mecánico, que determinan un extremo del portaminas y requieren de un espacio determinado para incluir todos éstos componentes.

El bloque amarillo lo integran el Tubo y la Caña, que determinan entre sí el volumen que deben ocupar en el portaminas y el tamaño (ancho y largo) del mismo.

		Tapa	Cono	Agarre	Muelle	Diente Mecánico	Punta	Tubo	Caña	Material
Elemento		1	2	4	5	6	3	7	9	8
Tapa	1	1								
Cono	2		2	3	3	3				
Agarre	4		3	4						
Muelle	5		3		5					
Diente Mecánico	6		3			6				
Punta	3						3			
Tubo	7							7	3	
Caña	9							3	9	
Material	8									8

Tabla 15. DSM de Relaciones Funcionales de Espacio del Portaminas. Fuente Propia.

La Figura 44 muestra los bloques de Espacio que determinan el volumen y tamaño del portaminas. El tamaño y posición de estos elementos cumplen con la relación de Espacio.



Figura 44. Bloque Espacio del Portaminas. Fuente Propia.

Es posible analizar el tamaño de los elementos de los bloques naranja y amarillo a fin de determinar los diferentes tamaños que puede adquirir una plataforma de portaminas.

### **Paso 7. Selección de Módulos**

De acuerdo con el conocimiento de las especificaciones técnicas de los componentes y sistemas, se puede determinar si hay posibilidad de crear módulos y si consiste en tan solo un rediseño del sistema o de diseñar nuevos conceptos o la utilización de nueva tecnología para que puedan ser modulares.

El Módulo Funcional (Punta y Tubo) realizan la función del trazado. Ya que ambos componentes es difícil de combinar en uno solo, su producción y procesos pueden considerarse como módulo individual para ser integrado en el portaminas. La otra opción es la de crear un sistema Punta – Tubo que pueda producirse en un solo componente.

Ya que la Punta tiene un  $C_i = 1$ , la posibilidad de rediseñar el componente no tiene repercusiones en el resto, sin embargo el Tubo tiene  $C_i = 4$  lo que indica que los cambios realizados al Tubo tendrán una implicación en 4 componentes diferentes, por lo que en cualquier rediseño del Tubo tiene que observarse los efectos en los componentes que tienen relación con él.

El Módulo de Ensamble 1/3 color azul tiene la posibilidad de integrarse en un módulo individual con el inconveniente de que el Diente tiene un  $C_i = 4$ .

El Modulo de Ensamble 2/3 color rojo son los que tienen mayor grado de relación con el resto de componentes con un  $C_i = 4$ , lo que indica que son los elementos que tienen mayor número de relaciones de ensamble.

El Módulo de Ensamble 3/3 color verde tienen un  $C_i = 1$ ,  $C_i = 2$ , lo que nos da la oportunidad de analizar el concepto de ensamble para éstos dos componentes.

El Módulo de Espacio Naranja nos agrupa a los elementos que se encuentran en la punta del portaminas y que determinan el espacio que debe tener el área de sujeción del mismo.

El Módulo de Espacio Amarillo agrupa a los elementos que dan el volumen y tamaño total del portaminas. Para cualquier rediseño en cuanto al volumen del producto deben ser analizadas las relaciones con estos elementos.

A partir de la utilización de la metodología FAS, se hace evidente que las agrupaciones de las variables de diseño utilizadas, forman módulos convincentes en diferentes productos como es el portaminas; En el que es posible optimizar los componentes y sistemas para que desarrollen una misma función (modularidad).

Se demuestra también que sistemas poco complejos al igual que sistemas complejos pueden ser analizados con ésta metodología.

Como concepto general, se jerarquizan los módulos empezando con las funciones del producto, ya que sin ellas el producto no cumple su objetivo final. Posteriormente se seleccionan los grupos de ensamble para poder determinar este módulo y finalmente el espacio, que nos dará el tamaño total y la posición de los módulos dentro de un supra sistema.

Los resultados obtenidos dejan claro que, al descomponer un sistema en sus partes y someterlo a la metodología FAS, el resultado final de las agrupaciones provocan un producto igual al original, por lo que la metodología cumple con los objetivos planteados dejándonos ver los diferentes módulos obtenidos.

## **Resumen del Desarrollo de la Metodología FAS.**

En la medida de integrar las metodologías de conocimiento en el desarrollo y diseño de productos, FAS propone identificar 3 elementos o variables clave: Función, Ensamble y Espacio.

Éstas variables sintetizan las funciones principales con las que se encuentra el diseñador durante la fase de desarrollo; Con la identificación de éstas variables, a través de un método algorítmico, es capaz de agrupar los distintos conjuntos de sistemas que comparten un mismo valor, para de ésta forma integrarlos en un módulo.

La bondad en la utilización en ésta metodología hace que la estructura y forma de organizar los componentes en la tabla, permita reducir el estudio de las relaciones entre los diferentes componentes, y así beneficiar al diseñador reduciendo los tiempos de análisis.

La reducción de los tiempos se debe, a que los módulos intervienen como sistemas validados que son aptos para poder introducirse dentro de distintos productos de una arquitectura similar. Ya que se ha comprobado con anterioridad la función del módulo, no es necesario realizar una validación completa lo que provoca ahorros.

Para la industria moderna, es necesario el uso y utilización de éste tipo de métodos que permiten mejorar los tiempos de desarrollo y reducción de costes para permanecer y crecer en el mercado.

De cara a productos futuros, los sistemas modulares dan más beneficios en plazo y costes a los fabricantes, y el conocimiento del producto trae como consecuencia mejoras considerables de calidad, costos y fiabilidad de los sub sistemas.

Las diferentes propuestas metodológicas son una base necesaria para el desarrollo de nuevos sistemas de fabricación de productos, pero que hasta ahora carecen globalidad, es decir, su desarrollo se basa en necesidades particulares a las que los autores tratan pero con la desventaja de que no son fácilmente aplicables a la gran variedad de productos que se comercializan hoy en día.

Inicialmente FAS está enfocado a sistemas de complejidad media donde intervienen un gran número de componentes y dependencias funcionales, pero también es posible su aplicación a sistemas más simples como el que se muestra en el ejemplo del portaminas e incluso a sistemas más complejos con mayor cantidad de elementos y relaciones.



## **CAPÍTULO 3 Casos de Estudio en la aplicación de la Metodología FAS.**

En éste capítulo hemos realizado 2 simulaciones de la metodología con casos prácticos para validar la metodología. En ellos se pueden ver los bloques generados por la aplicación del algoritmo en la creación de sistemas modulares.

## Sumario Capítulo 3

CAPÍTULO 3 CASOS DE ESTUDIO EN LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA FAS.....	107
3.1 CASOS DE ESTUDIO DE LA METODOLOGÍA FAS .....	109
3.2 Caso 1 – ESPEJO RETROVISOR.....	109
Análisis de Resultados de las Simulaciones Espejo Retrovisor, Análisis de los Bloques o Clústeres de las Relaciones de Ensamble	
Resumen de la Validación del Espejo Retrovisor con FAS	
3.3 Caso 2 – TABLERO (Cockpit).....	131
Análisis de Resultados de las Simulaciones de Tablero (Cockpit) - Bloques del DSM Funcional, Análisis de los Bloques o Clústeres de las Relaciones de Ensamble	
Resumen de la Validación del Tablero con FAS	

### 3.1 CASOS DE ESTUDIO DE LA METODOLOGÍA FAS

La metodología FAS tiene como objetivo el identificar los sistemas modulares dentro del diseño de un producto. Para tal efecto, se plantean distintos tipos de relaciones: Función, Ensamble y Espacio.

Para poder iniciar el proceso, es necesario descomponer la totalidad del producto en sus componentes y a partir de ahí definir matricialmente las relaciones que comparte entre sí. Una vez introducidas las relaciones, se generan a través del algoritmo los distintos módulos.

Es necesario colocar los valores adecuando dependiendo las distintas relaciones, para que la metodología sea lo más eficaz posible. Estas operaciones se deben introducir por personal experto en los productos que conozca las implicaciones que se tienen en las distintas etapas del desarrollo y que posteriormente pueden ser transmitidas a equipos con niveles de comprensión media, debido a que es fácilmente manejable y que hacen de FAS una metodología que puede ser actualizada y manipulada por multitud de usuarios.

Al identificar los módulos, se procede a comprobar la validez de los mismos, identificando los distintos grupos que deben cumplir con las relaciones planteadas a fin de obtener un producto final igual al inicial. FAS pretende obtener, de manera metodológica, discriminar los elementos que pueden ser diseñados modulares y que mejoren la comprensión de las relaciones que existen en los distintos sistemas que conforman un producto.

Finalmente se muestran en una tabla resumen las distintas etapas dentro del desarrollo que pueden ser optimizadas y que responden al criterio general de los fabricantes de mejorar los procesos de diseño y fabricación.

La validación de la metodología FAS para el análisis de variables y la elección de sistemas modulares se verificará con 2 ejemplos productos distintos.

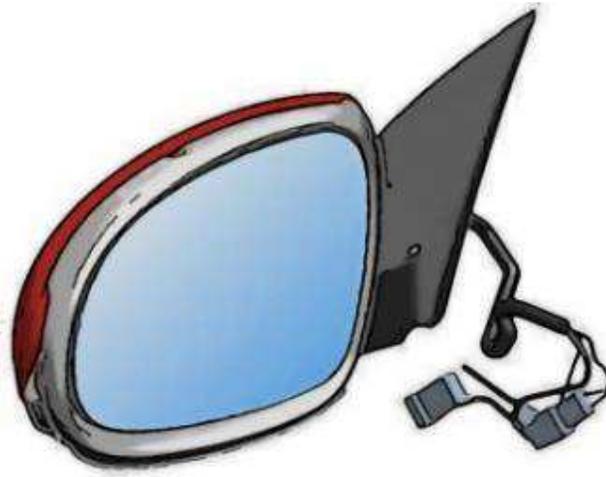
El primero de ellos es un Sistema de Retrovisor Exterior utilizado en automoción (*Figura 37*) y el segundo es un Tablero (Cockpit) también utilizado en automoción (*Figura 51*) que se ha elegido debido al gran número de elementos que lo constituyen y que permiten ver las bondades de la utilización de la metodología.

Con esto se demostrarán las ventajas del análisis para relacionar variables que intervienen en los procesos de desarrollo de producto como una base verificada del KBE en la línea de conocimiento de las estructuras del producto.

### 3.2 Caso 1 – ESPEJO RETROVISOR.

#### *Paso 1. Identificación del Producto*

Para el análisis con ésta metodología, es importante el conocimiento de los diferentes sistemas en cuanto a función, volumen, materiales, espacio, ensamble, métodos de fabricación para poder introducir de forma correcta los datos en la matriz, ya que de ésta forma los resultados serán muy aproximados. El Espejo Retrovisor se presenta en la *Figura 45*.



**Figura 45. Espejo Retrovisor Ensamblado. Fuente Propia.**

En los sistemas mecánicos es necesario además de contar con un diseño robusto, tener en cuenta las técnicas de producción y ensamble para poder tener resultado realistas que permitan analizar el producto de manera conceptual verificando el diseño y poder validarlo con piezas físicas.

Éste espejo presenta una secuencia de ensamble en el que la totalidad de piezas permite su funcionamiento de acuerdo a los requerimientos establecidos y el intento de diseño (*Figura 46*).

#### *Paso 2. Explosionado de los Componentes*

En el Sistema de Retrovisor Exterior se muestran los componentes y subsistemas que lo constituyen (*Figura 46*) para iniciar con el desarrollo la matriz de relaciones DSM con la metodología FAS, a través de la cual, por medio de algoritmos, se generarán los bloques que representan las posibilidades de modularización o estandarización.

Nota: Se han considerado como “Otros Elementos” a los como tornillos, arandelas, sellos, separadores, etc.

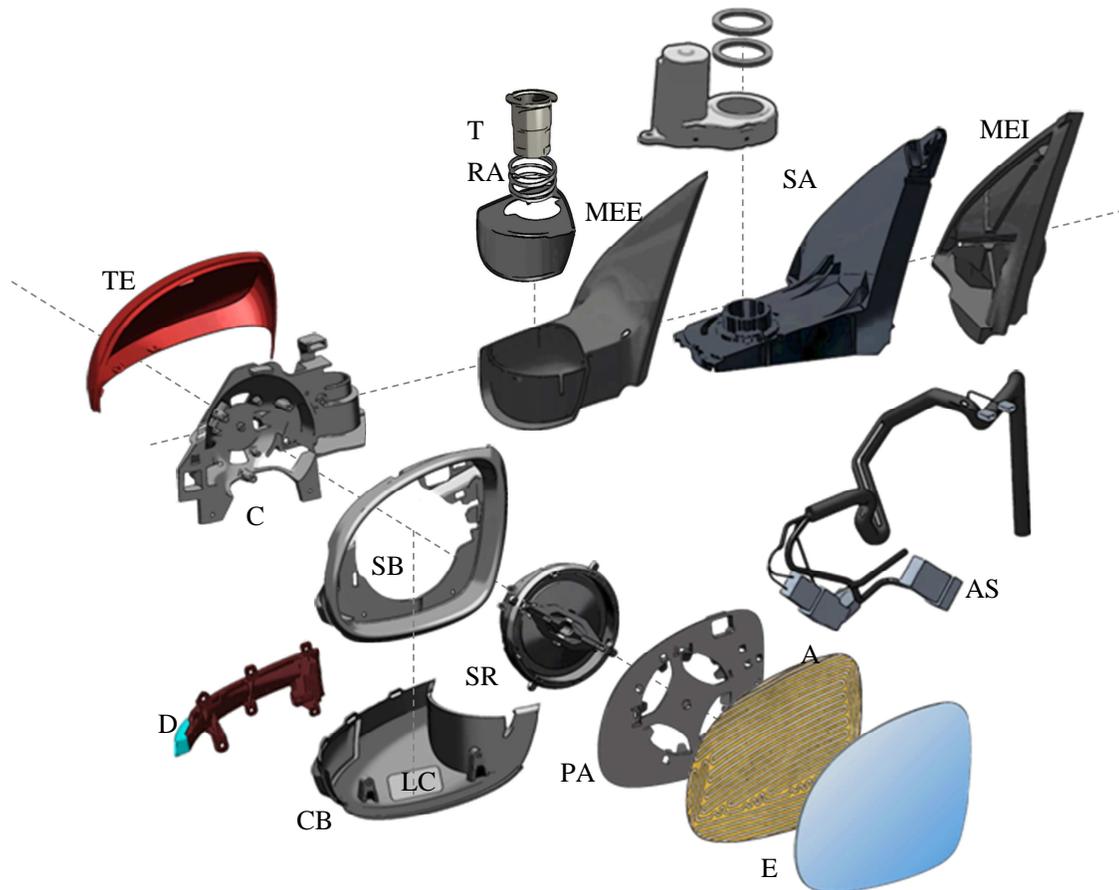


Figura 46. Espejo Retrovisor Explosionado. Fuente Propia.

**Paso 3. Introducir los Componentes en la tabla DSM**

De acuerdo al diseño del espejo retrovisor se genera la matriz DSM de relaciones para cada uno de los componentes de acuerdo a las relaciones propuestas por la metodología FAS (Funcional-Ensamble-Espacio).

**Paso 4. Identificar el tipo de Relación entre cada Componente**

Las Relaciones de Función se muestran con el número 1, las Relaciones de Ensamble con el número 2 y las Relaciones de Espacio con el número 3. Los espacios en blanco se consideran con el valor de 0, y sirven para reconocer que la relación es nula y los valores son utilizados matemáticamente en el proceso de optimización (Tabla 16).

De acuerdo con la metodología, el primer paso consta de introducir los elementos a la tabla y definir las relaciones para cada uno de ellos como se muestra a continuación:

Project Name			<NOTE> 1. Enter the name of a project in cell '2A'. 2. Enter all task names in column 'A'.															
Elemento		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Moldura Estética Interior	MEI	1	1															
Moldura Estética Exterior	MEE	2	2				1											
SopORTE Base	SB	3	2	3	2			2		2	2							
Chasis	C	4		2	4	2	2	2		2	2							
Plato Anterior	PA	5			2	5		2		2	2							2
Sistema Abatimiento	SA	6	1	2	2		6			2	2							
Sistema de Regulación	SR	7			2	2		7										2
Tapa Exterior	TE	8	3		1				8	2			2					
Cubierta Base	CB	9	3		1			2	9					2				
Tourillón	T	10	3	2	2		2				10	2						
Resorte Abatimiento	RA	11	3	2	2		2			2	11							
Destellador	D	12			1			2	1				12					
Luz de Cortesia	LC	13			1				2					13				
Arnés	A	14		3	3	3		3	3	3	3	3	1	1	14	1		
Arnés Secundario	AS	15		3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	3	15		

Tabla 16. DSM Espejo retrovisor. Fuente Propia.

En la matriz de la *Tabla 16* el orden de los componentes es aleatorio, ya que a través del algoritmo clúster la nueva posición que ocupe en la tabla será en base al tipo y grupo de relaciones en el agrupamiento de los elementos.

La representación gráfica de las distancias geodésicas de la matriz DSM a partir del software Keysoft se muestra en la *Figura 47*, en la que los nodos amarillos son los que se identifican como elementos clave a través del algoritmo de clúster:

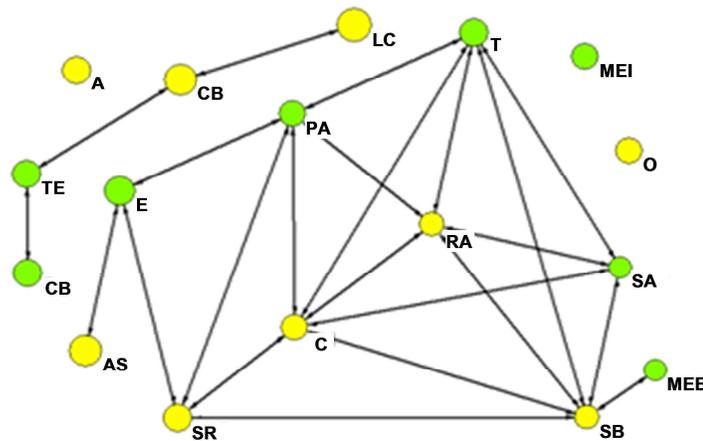
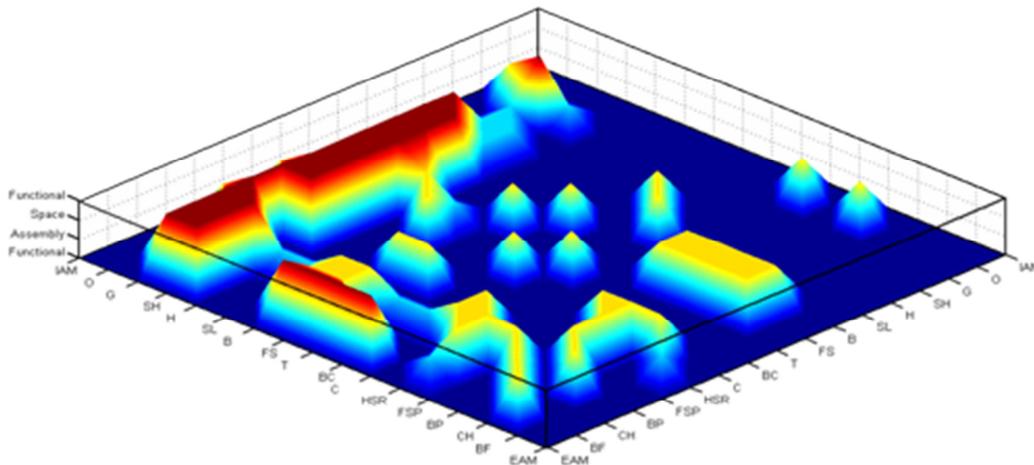


Figura 47. Representación gráfica DSM del espejo retrovisor. Fuente Propia (elaborada con KeySoft)

Con ésta representación es fácil identificar los nodos o elementos que comparten funciones con el resto, los elementos que tienen relaciones múltiples, sencillas o nulas. Los valores de centralidad se presentan en la *Tabla 17*.

De acuerdo a los valores introducidos en la matriz, éstos se pueden representar tridimensionalmente (*Figura 48*) para mostrar las secciones en donde las relaciones entre los diferentes subsistemas o componentes interactúan entre sí (densidad de relaciones), con la cuál es fácil reconocer los clústeres de la matriz (De Moya, 2006).



**Figura 48. Representación 3D de las relaciones DSM del espejo retrovisor.**

**Fuente propia (elaborada con Matlab).**

En éste paso es posible conocer las dependencias de los sistemas entre sí. En la *Tabla 17* se presentan los tipos de relaciones entre los elementos, y el índice de propagación del cambio (Frey et al, 2007) así como el grado de centralidad que ocupan cada uno de ellos en el sistema.

Con ésta información se facilita el *Paso 6 de Análisis de cada uno de los Bloques*, ya que el grado de centralidad es determinante para conocer las implicaciones que tienen un elemento o componente sobre otro.

Las relaciones se muestran como “Relación Nula” en caso de tener relación inexistente, “Relación Positiva” en caso de tener CPI positivo y “Relación Negativa” en caso de tener CPI negativo.

Cuando la Relación es Nula no existe dependencia entre los componentes; Cuando la Relación es Positiva es también Independiente y estos son elementos que funcionan como nodos de relaciones para otros elementos, son finalmente los que mayor fuerza de relación tienen y por lo tanto los más propicios para generar Módulos; Finalmente la Relación Negativa tiene relaciones dependientes de uno o más elementos, por lo que es necesario buscar la correlación para generar grupos.

Elemento		Posición	Ci	IN	OUT	CPI	Relación	
Moldura Estética Interior	MEI	1	0	0	0	0	Nula	Sin dependencia
Moldura Estética Exterior	MEE	2	1	0	1	1	Positiva	Independiente
SopORTE Base	SB	3	2	1	4	3	Positiva	Independiente
Chasis	C	4	6	1	5	4	Positiva	Independiente
Plato Anterior	PA	5	5	1	4	3	Positiva	Independiente
Sistema Abatimiento	SA	6	4	3	2	-1	Negativa	Dependiente
Sistema de Regulación	SR	7	4	2	1	-1	Negativa	Dependiente
Tapa Exterior	TE	8	2	2	2	0	Nula	
Cubierta Base	CB	9	2	3	1	-2	Negativa	Dependiente
Tourillón	T	10	5	4	1	-3	Negativa	Dependiente
Resorte Abatimiento	RA	11	5	5	0	-5	Negativa	Altamente dependiente
Destellador	D	12	2	3	0	-3	Negativa	Dependiente
Luz de Cortesía	LC	13	1	2	0	-2	Negativa	Dependiente
Arnés	A	14	0	11	1	-10	Negativa	Altamente dependiente
Arnés Secundario	AS	15	1	13	0	-13	Negativa	
Espejo	E	16	3	2	0	-2	Negativa	Dependiente
Otros	O	17	0	0	0	0	Nula	
				53	22	-31		

**Tabla 17. Cálculo de índices de Propagación del Cambio. Fuente Propia.**

### ***Paso 5. Análisis Algorítmico de Agrupación***

Una vez generada la matriz y su representación gráfica, se conocen las dependencias entre cada elemento a través del algoritmo clúster (*Tabla 18*).

Se muestra que los predecesores generados del algoritmo coinciden con los de la representación gráfica mostrada en la *Figura 47* y con los valores de la *Tabla 17*. Esto nos lleva a una comprobación de los órdenes matemáticos de la función algorítmica y demuestra la fiabilidad de los datos que resultan entre ellos.

A través de las dependencias mostradas (*Tabla 18*), los resultados de la utilización del algoritmo matricial se comparan y comprueban para determinar la factibilidad de modularidad de los subsistemas y componentes.

El análisis de relaciones responde a las interrelaciones dadas y diferenciadas con los valores 1 (Funcional), 2 (Ensamble) y 3 (Espacio) por lo que se utiliza el algoritmo de clúster para cada uno de éstos de forma independiente.

Posición	Elemento	Predecesores
1	Bloque1:	
2	Moldura Estética Exterior	
3	Soporte Base	2FS
4	Chasis	3FS
5	Plato Anterior	4FS
6	Sistema Abatimiento	2, 3FS, 4FS
7	Sistema de Regulación	4FS, 5FS
8	Tapa Exterior	2, 4
9	Cubierta Base	2, 4, 8FS
10	Tourillón	2, 3FS, 4FS, 6FS
11	Resorte Abatimiento	2, 3FS, 4FS, 6FS, 10FS
12	Destellador	4, 8FS, 9
13	Luz de Cortesía	4, 9FS
14	Arnés	2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
15	Arnés Secundario	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14
16	Espejo	5FS, 7FS, 15FS
17	(D) Bloque1 Duración	
18	Moldura Estética Interior	
19	Otros	

**Tabla 18. Relaciones de dependencia del Espejo Retrovisor. Fuente Propia.**

Ya que los elementos que preceden en relaciones tienen una comprobación matemática, sirven para conocer el grado de relación que existe entre los elementos, y que es fundamental para el análisis de los resultados de la agrupación en la búsqueda de módulos de sistemas.

El algoritmo trabaja en base a las iteraciones de los grupos de relaciones comunes para cada uno de los elementos, y se detiene cuando el proceso está optimizado.

Con la *Tabla 17* y las Tablas de Relación de Función (*Tabla 19*), de Ensamble (*Tabla 21*) y de Espacio (*Tabla 23*) se comprueban las similitudes con las metodologías analizadas en el Tema 1.3, y validan las operaciones de agrupamiento de los elementos del sistema generados por el algoritmo.

De esta forma FAS cumple con la integración metodológica de la revisión del estado del arte y la propuesta metodológica que se presentó.

### 3.2.1 Análisis de Resultados de las Simulaciones Espejo Retrovisor

#### Paso 6. Análisis de cada uno de los Bloques

➤ **Relaciones Funcionales (1)** para los componentes del espejo retrovisor:

Elemento	Nivel	Posición Anterior	Nueva Posición	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Moldura Estética Exterior	1	2	1	1	1																1	
Sistema Abatimiento	1	6	2	1	1																	2
Moldura Estética Interior	1	1	3			1																3
Soporte Base	1	3	4				1															4
Chasis	1	4	5					1														5
Plato Anterior	1	5	6						1													6
Sistema de Regulación	1	7	7							1												7
Tourillón	1	10	8								1											8
Resorte Abatimiento	1	11	9									1										9
Espejo	1	16	10										1									10
Otros	1	17	11											1								11
Tapa Exterior	2	8	12					1							1							12
Cubierta Base	2	9	13					1								1						13
Luz de Cortesía	2	13	14					1									1					14
Destellador	3	12	15					1								1		1				15
Arnés Secundario	4	15	16														1	1				16
Arnés	5	14	17																1	1	1	17

Tabla 19. Clúster de Relación de Funciones. Fuente propia.

En ésta tabla se muestran los resultados a través de DSM de la agrupación de los componentes debido a la Función que tienen dentro del producto. La agrupación de los datos establece los bloques que se pueden generar a través de la distribución que se refleja en la *Tabla 19*.

Posición	Elemento	Predecesoras
1	Bloque1: Relación Funcional	
2	Moldura Estética Exterior	
3	Sistema Abatimiento	2
5	Moldura Estética Interior	
6	Soporte Base	
7	Chasis	
8	Plato Anterior	
9	Sistema de Regulación	
10	Tourillón	
11	Resorte Abatimiento	
12	Espejo	
13	Otros	
14	Tapa Exterior	7
15	Cubierta Base	7
16	Luz de Cortesía	7
17	Destellador	15
18	Arnés Secundario	16, 17
19	Arnés	18

Tabla 20. Relaciones de dependencia de Función del Espejo Retrovisor. Fuente Propia.

De acuerdo a la Relación de Funciones se genera también el listado de las dependencias de los componentes con respecto a otros del mismo producto como se muestra en la *Tabla 20*:

Con estos datos y a través del análisis FAS es posible interpretar el tipo de relación de dependencia:

Sistemas Dependientes:

- De 7 dependen 14, 15 y 16.
- De 15 depende 17.
- De 16 y 17 depende 18.
- De 18 depende 19.

Sistemas Independientes:

- 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13

Sistemas Paralelos:

- 2 y 3 son sistemas adyacentes que comparten diseño para desarrollar su función.

El Chasis (5) es el elemento que tienen mayor número de relaciones con el resto de los componentes y que esto lo hace más difícil de entrar dentro de un módulo debido a las restricciones que conlleva.

Sin embargo, existe una oportunidad importante en que éste elemento pueda convertirse en uno, ya que esto provocaría un cambio en la estructura del diseño de los espejos retrovisores convencionales y significaría un importante avance tecnológico y económico.

➤ **Relaciones de Ensamble (2)** para los componentes del espejo retrovisor:

Elemento	Nivel	Posición Anterior	Nueva Posición	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Tapa Exterior	1	8	1	2	2																1	
Cubierta Base	1	9	2	2			2	A														2
Destellador	1	12	3	2																		3
Luz de Cortesía	1	13	4	2																		4
Moldura Estética Interior	1	1	5																			5
Moldura Estética Exterior	1	2	6																			6
Arnés	1	14	7																			7
Arnés Secundario	1	15	8																			8
Otros	1	17	9																			9
Soporte Base	2	3	10						2													10
Chasis	2	4	11										2									11
Plato Anterior	2	5	12										2									12
Sistema Abatimiento	2	6	13										2									13
Sistema de Regulación	2	7	14										2									14
Tourillón	2	10	15										2									15
Resorte Abatimiento	2	11	16										2									16
Espejo	2	16	17										2									17

Tabla 21. Clúster de Relación de Ensamble. Fuente propia.

La generación de una gran cantidad de bloques de relación de ensamble, nos permite la opción de poder jugar con el diseño para optimizar tanto los procesos de ensamble como modularizar componentes.

De acuerdo a la Relación de Ensamble se genera la tabla de dependencias (Tabla 22):

Posición	Elemento	Predecesoras
1	Bloque1: Relación de Ensamble (Estética Exterior)	
2	Tapa Exterior	
3	Cubierta Base	2FS
4	Destellador	2FS
5	Luz de Cortesía	3FS
7	Moldura Estética Interior	
8	Moldura Estética Exterior	
9	Arnés	
10	Arnés Secundario	
11	Otros	
12	Bloque2: Relación de Ensamble (Sistema Funcional)	8, 10
13	Soporte Base	
14	Chasis	13FS
15	Plato Anterior	14FS
16	Sistema Abatimiento	13FS, 14FS
17	Sistema de Regulación	14FS, 15FS
18	Tourillón	13FS, 14FS, 16FS
19	Resorte Abatimiento	13FS, 14FS, 16FS, 18FS
20	Espejo	15FS, 17FS

Tabla 22. Relaciones de dependencia de Ensamble del Espejo Retrovisor. Fuente Propia.

#### Sistemas Dependientes:

- 3 y 2 tienen un diseño dependiente para su ensamble
- 16 y 15, el tamaño de 15 depende de la posición de 16

#### Sistemas Independientes:

- El resto

#### Sistemas Paralelos:

- 4, 9, 12 y 13 son sistemas que están ensamblados y su diseño está condicionado a los otros 3 elementos.
- 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11 y 16 son sistemas que tienen dependencias con las siguientes excepciones que no comparten ensamble:
  - 3 con 7, 3 con 7, 6 con 10, 5 con 11.
  -

Bloques: El Bloque A, B, C y D son modulables. En el caso de que los módulos se intersecten entre sí, es necesario una selección para crear los nuevos sistemas integrados. La selección se hace de acuerdo a los costes de introducción y tecnología.

➤ **Relaciones de Espacio (3)** para los componentes del espejo retrovisor:

Elemento	Nivel	Posición Anterior	Nueva Posición	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Moldura Estética Interior	1	1	1	■																	1	
Moldura Estética Exterior	1	2	2		■																	2
Soporte Base	1	3	3			■																3
Chasis	1	4	4				■															4
Plato Anterior	1	5	5					■														5
Sistema Abatimiento	1	6	6						■													6
Sistema de Regulación	1	7	7							■												7
Destellador	1	12	8								■											8
Luz de Cortesía	1	13	9									■										9
Espejo	1	16	10										■									10
Otros	1	17	11											■								11
Tapa Exterior	2	8	12		3										■							12
Cubierta Base	2	9	13		3											■						13
Tourillón	2	10	14		3												■					14
Resorte Abatimiento	2	11	15		3													■				15
Arnés	3	14	16	3	3	3		3	3						3	3	3	3		■		16
Arnés Secundario	4	15	17	3	3	3	3	3	3						3	3	3	3	3		■	17

**Tabla 23. Clúster de Relación de Espacio. Fuente propia.**

De acuerdo a la Relación de Espacio.

Posición	Elemento	Predecesores
1	Moldura Estética Interior	
2	Moldura Estética Exterior	
3	Soporte Base	
4	Chasis	
5	Plato Anterior	
6	Sistema Abatimiento	
7	Sistema de Regulación	
8	Destellador	
9	Luz de Cortesía	
10	Espejo	
11	Otros	
12	Tapa Exterior	2
13	Cubierta Base	2
14	Tourillón	2
15	Resorte Abatimiento	2
16	Arnés	2, 3, 4, 6, 7, 12, 13, 14, 15
17	Arnés Secundario	2, 3, 4, 5, 6, 7, 12, 13, 14, 15, 16

**Tabla 24. Relaciones de dependencia de Espacio del Espejo Retrovisor. Fuente Propia.**

#### Sistemas Dependientes:

- 4, 9, 10, 11, 14 y 15 con 2 debido a que 2 debe contar con que los elementos dependientes tienen necesidad de espacio para cumplir su función.
- 14 con 2, 3, 4, 6, 7 y con 4, 9, 10, 11
- 15 con 2, 3, 4, 5, 6, 7 y con 4, 9, 10, 11, 14

#### Sistemas Independientes:

- El resto.

#### Sistemas Paralelos:

- No existen.

Bloques: No existen.

La complejidad de los resultados de agrupación en cuanto a la proximidad de datos, reflejan el espacio disponible que se tiene dentro del producto y la capacidad de los componentes de cumplir su función dentro del empaquetamiento de espejo completo.

Los valores de relación de componentes como el arnés implican que éste componente tiene una gran proximidad o contacto con el resto de componentes del sistema, lo cual refleja una restricción de diseño.

El objetivo del análisis FAS es el poder identificar las distintas relaciones entre los elementos del sistema y el grado de relación y dependencia entre ellos. A partir de lograr identificar el tipo de relaciones entre los componentes los diseñadores se tienen que plantear generar nuevas soluciones que reduzcan la complejidad de los sistemas.

### 3.2.2 Análisis de los Bloques o Clústeres de las Relaciones de Ensamble.

#### Paso 7. Selección de Módulos

##### Clúster A – Bloque 1

Los elementos que conforman el Clúster A (Tapa Exterior, Cubierta Base, Destellador y Luz de Cortesía) tienen una alta relación de ensamble, ya que son piezas adyacentes entre sí y que su diseño y montaje depende una de otra(s).

En la *Tabla 25* se muestran los resultados de la agrupación de los elementos del Espejo que forman el Bloque 1 después del tratamiento de los valores de relación con el algoritmo de agrupación.

Elemento	Nivel	Posición Anterior	Nueva Posición	1	2	3	4
Tapa Exterior	1	8	1	■	■	■	■
Cubierta Base	1	9	2	■	■	■	■
Destellador	1	12	3	■	■	■	■
Luz de Cortesía	1	13	4	■	■	■	■

**Tabla 25. Clúster 1 de Relación de Ensamble. Fuente propia.**

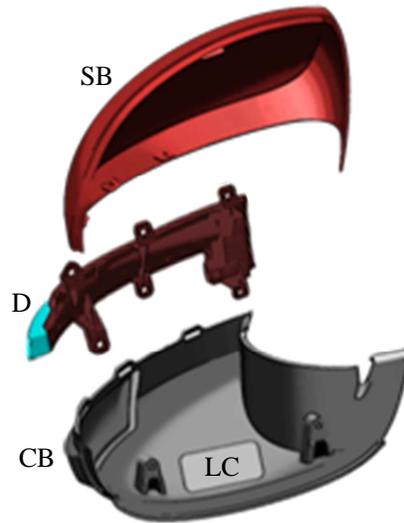
De los resultados de la *Tabla 25*, se obtiene la *Figura 49*, que presenta las imágenes de los elementos del Bloque 1. Se puede apreciar que los elementos de éste bloque forman las superficies de contorno y estética del Espejo. De la misma forma, se aprecia de manera visual que estos elementos comparten ensambles entre sí.



**Figura 49. Clúster A. Fuente Propia.**

En la *Figura 50* se muestran los elementos explosionados que permite un mejor análisis de las relaciones de Ensamble, y permite ver que los elementos se ensamblan entre sí. Es posible pensar

en unificar elementos que comparten una misma función de ensamble, estética y un mismo proceso de fabricación y material.



**Figura 50. Clúster A Explosionado. Fuente Propia.**

El Clúster A cumple con las condiciones de agrupamiento de componentes determinado en FAS y permite se desarrolle como un módulo, ya que los requisitos de función y ensamble no están condicionados por otros elementos.

Es posible desarrollar un sistema modular con éstos componentes que reduzcan la complejidad del sistema junto con los costes de fabricación, como el hacer único SB y CB, que reduce gastos de desarrollo e industrialización.

El soporte base (SB) es independiente, ya que está relacionado también el Clúster 1 y puede asociarse a cualquiera de éstos 2 módulos indistintamente de acuerdo a las necesidades del diseño.

### **Clúster B – Bloque 1/3**

Tanto el Soporte Base el Chasis y el Plato Anterior son soportes del resto de sistemas del espejo. Estas tres piezas soportan la totalidad de piezas del espejo y son el núcleo o apoyo para el diseño interior en el que se ensamblarán el resto de componentes.

Elemento	Nivel	Posición Anterior	Nueva Posición	10	11	12
Soporte Base	2	3	10		2	
Chasis	2	4	11	2		2
Plato Anterior	2	5	12		2	

**Tabla 26. Clúster 1/3 de Relación de Ensamble. Fuente propia.**

En la *Figura 51* se muestran los elementos ensamblados del Bloque 1/3. Los componentes del Clúster B realizan la función soporte del espejo. Estos sistemas se combinan para realizar soportar los demás sistemas.



**Figura 51. Clúster B. Fuente Propia.**

Es posible plantearse realizar un módulo en donde las funciones del SB cumplan también las del C. La dependencia con la modularización de estos componentes se puede seguir cumpliendo con los requisitos de diseño.

Debido a que son sistemas de sujeción, es necesario plantearse optimizaciones en diseño de manera que los elementos de sujeción de las piezas faciliten el ensamble y reduzca tanto piezas como costes, conservando la garantía de funcionalidad.

En la *Figura 52* se muestran los elementos del Bloque 1/3, en los cuales se observa el ensamble que se realiza entre ellos.

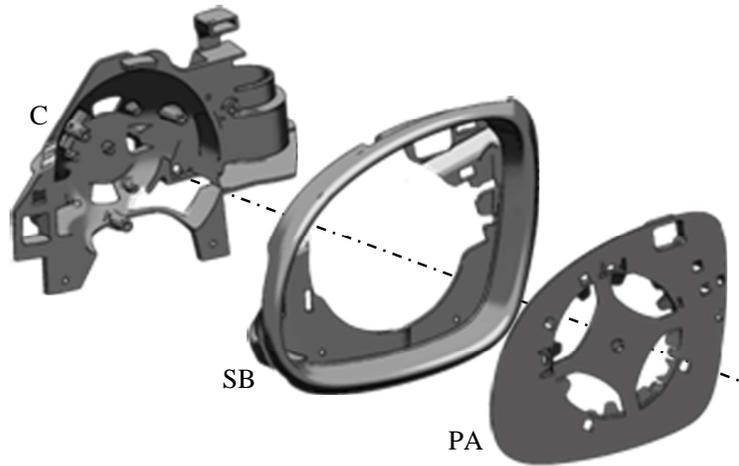


Figura 52. Clúster B Explosionado. Fuente Propia.

**Clúster B – Bloque 2/3**

Chasis, Plato Anterior, Sistema de Abatimiento (Aparcamiento) y Sistema de Regulación (Regulable) son los componentes que permiten los movimientos del espejo, y todos ellos se apoyan y ensamblan en el Chasis.

Elemento	Nivel	Posición Anterior	Nueva Posición	11	12	13	14	15
Chasis	2	4	11	■	2	2	2	2
Plato Anterior	2	5	12	2	■	■	2	2
Sistema Abatimiento	2	6	13	2	■	■	■	2
Sistema de Regulación	2	7	14	2	2	■	■	■

Tabla 27. Clúster 2/3 de Relación de Ensamble. Fuente propia.

Los elementos del Clúster 2/3 se ensamblan para realizar la función de regulación del motor.

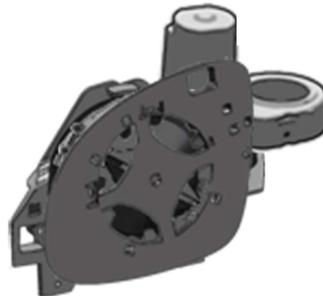
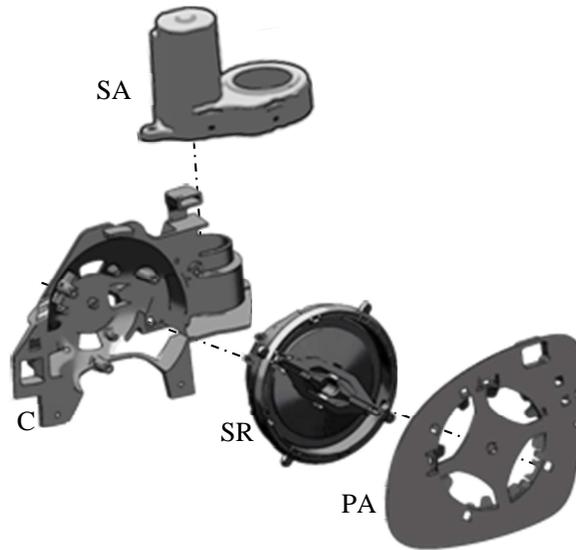


Figura 53. Clúster C. Fuente Propia.

Todos los elementos mostrados en la *Figura 54* se ensamblan entre sí para crear una función específica. En ocasiones los módulos no pueden suprimir elementos, pero permiten la facilidad de identificar

elementos que pueden subministrarse de manera modular. En los elementos mostrados, se identifican fijaciones de clipaje y de tornillos.



**Figura 54. Clúster C Explosionado. Fuente Propia.**

**Clúster B – Bloque 3/3:**

Sistema de Abatimiento (Aparcamiento), Tourillón, Resorte Abatimiento y Sistema de Regulación (Regulable), Espejo son los ensambles que cumplen las 2 funciones: abatimiento y regulación.

Elemento	Nivel	Posición Anterior	Nueva Posición	13	14	15	16	17
Sistema Abatimiento	2	6	13			2	2	
Sistema de Regulación	2	7	14					2
Tourillón	2	10	15	2			2	
Resorte Abatimiento	2	11	16	2		2		
Espejo	2	16	17		2			

**Tabla 28. Clúster 3/3 de Relación de Ensamble. Fuente propia.**

En la *Figura 55* se muestra el módulo del Bloque 3/3 y en la *Figura 56* la explosión de sus elementos. Se prueba también que después del procesamiento algorítmico, los elementos de éste bloque cumplen con la relación de Ensamble entre ellos



Figura 55. Clúster D. Fuente Propia.

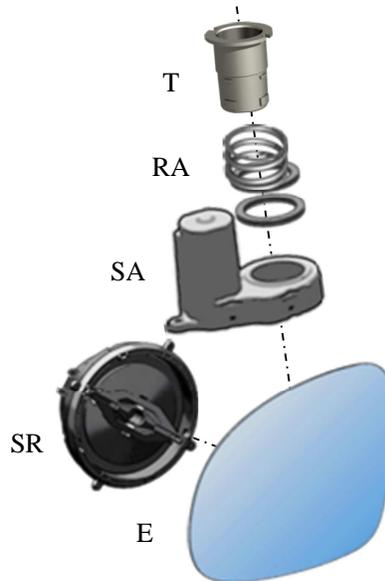


Figura 56. Clúster D Explosionado. Fuente Propia.

**Clúster B – Completo 1/3 + 2/3 + 3/3.**

Está formado por un súper clúster que incluye al Bloque 1/3, 2/3 y 3/3.

Se prueba también que los módulos pueden sumarse para formar módulos de mayor tamaño, tal como se muestra en la *Figura 57*.

Elemento	Nivel	Posición Anterior	Nueva Posición	10	11	12	13	14	15	16	17	
Soporte Base	2	3	10	■	2			2	2	2		10
Chasis	2	4	11	2	■	2	2	2	2	2		11
Plato Anterior	2	5	12		2	■		2	2	2	2	12
Sistema Abatimiento	2	6	13	2	2		■		2	2		13
Sistema de Regulación	2	7	14		2	2		■			2	14
Tourillón	2	10	15	2	2		2		■	2		15
Resorte Abatimiento	2	11	16	2	2		2		2	■		16
Espejo	2	16	17			2		2			■	17
				10	11	12	13	14	15	16	17	

Tabla 29. Clúster 4 de Relación de Ensamble. Fuente propia.



Figura 57. Clúster D. Fuente Propia.

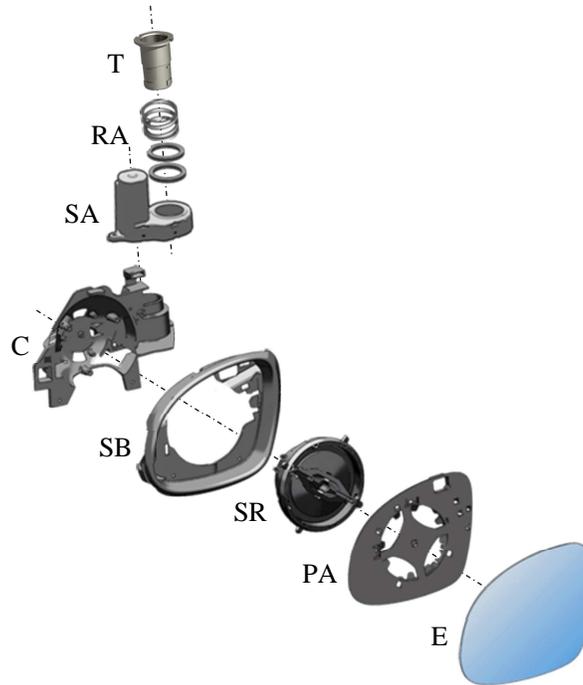


Figura 58. Clúster D Explosionado. Fuente Propia.

La integración de los Bloques 1/3, 2/3 y 3/3 dan como resultado un módulo mayor que representa el esqueleto del sistema. Una vez identificando las relaciones y las restricciones se debe plantear su modularización.

Ya que el análisis algorítmico de agrupación genera clústeres de acuerdo a su distancia geodésica debido a las variables de la matriz DSM, es posible encontrar áreas de mayor concentración de datos o elementos como se ve en la *Figura 59*, que refleja la cercanía de bloques 1/3, 2/3 Y3/3 con los que podemos generar un supra bloque.

Los bloques se representan en la *Figura 59*, de manera que la selección se da de acuerdo a la densidad, posición y color (rojo) de la expresión gráfica de la matriz de Relaciones de Ensamble.

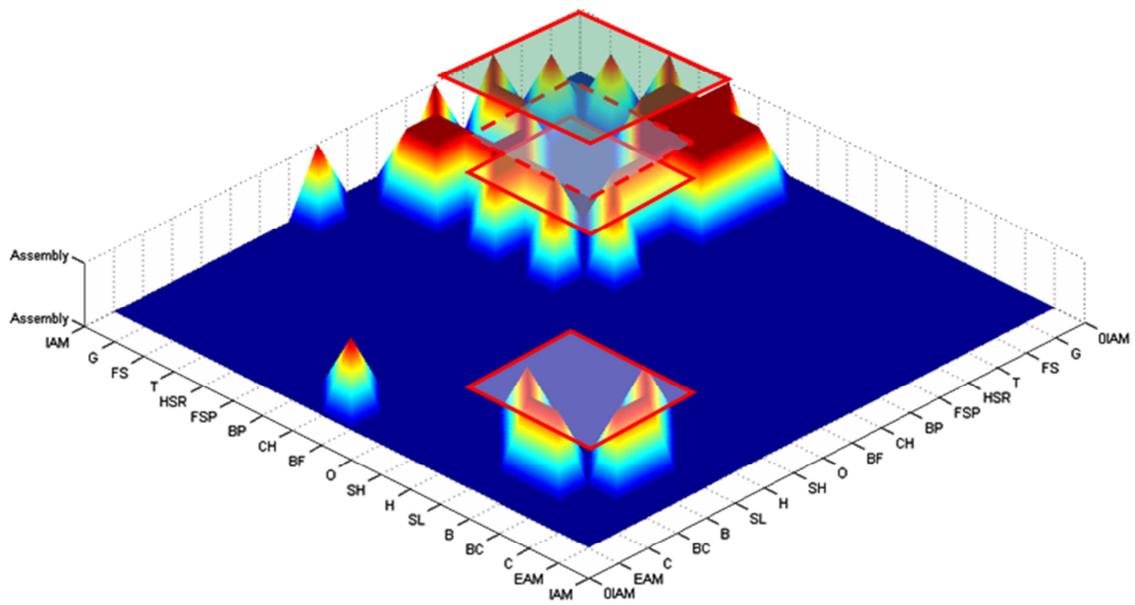


Figura 59. Representación 3D del Clúster de Ensamble. Fuente Propia (elaborada con Matlab).

## **Resumen de la Validación del Espejo Retrovisor con FAS.**

Se seleccionó el espejo retrovisor de un vehículo, debido a que tiene una complejidad media en cuanto al número de componentes y funciones.

El análisis por FAS de las variables interrelacionales de los componentes, en la fase de validación de la metodología, nos permite entender los resultados de agrupación realizados por el algoritmo, en el que se muestra que los bloques resultantes cumplen funciones comunes.

Los componentes de los bloques generados a través de ésta metodología, nos hace entender la posibilidad de las necesidades de modularización tal como se ve en las figuras.

Conociendo las relaciones entre los componentes, es posible que desde la fase de diseño, se puedan identificar los módulos. Con éste conocimiento, el concepto de modularidad, puede verse reflejado en todo lo largo de la plataforma de producto independientemente de la gama del mismo, ya que conserva las funciones y facilita el desarrollo.

Tal como se observa en la siguiente tabla, con la identificación de módulos, las plataformas de productos reducen considerablemente los conceptos de identificación de los atributos y funciones de los sistemas, con considerables ventajas en la fase de diseño a detalle, prototipos, validación, herramientas y puesta en marcha, ya que son sistemas que están validados para la producción.

Se provoca una reducción considerable de los tiempos de desarrollo así como de los recursos del proyecto, ya que la premisa es minimizar, optimizar y conocer los diseños de los componentes. En un producto, al tener módulos, reduce los tiempos de validación y desarrollo, ya que se pretende que puedan ser introducidos en una arquitectura de producto similar.

La metodología se ha trabajado para sistemas de un tamaño y complejidad mediana con distintos ejemplos de la industria automotriz.

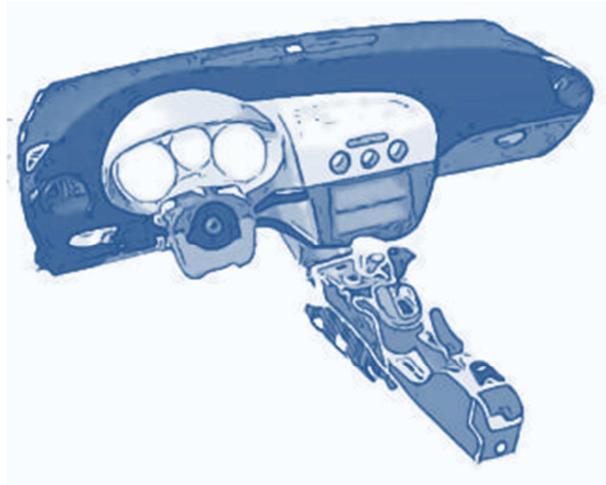
FASE	DURACIÓN Total [meses]	DESCRIPCIÓN	DURACIÓN [meses]	DURACIÓN Optimizada [meses]	RECURSOS Optimizados
FACTIBILIDAD	6	Revisión de las perspectivas del negocio	3	3	
		Revisión de las necesidades de mercado	2	2	
		Revisión de las necesidades de cliente	3	3	
		Necesidades de diseño y manufactura	5	5	25%
		<b>Evaluación de las alternativas de escalabilidad</b>	6	3	
		<b>Evaluación de las alternativas de arquitectura</b>	5	2	65%
CONCEPTUAL	5	Definir los objetivos estratégicos del programa	3	3	50%
		Definir las líneas de acción	2	2	
		Confirmación de Marketing	4	4	
		Confirmación de Finanzas	4	4	
		Confirmación de Calidad	3	3	
		Confirmación de los recursos	3	3	10%
		<b>Selección de los atributos del producto</b>	5	2	65%
		Alineación de las necesidades del programa	4	4	
		<b>Selección de la división de los sistemas de producto</b>	5	2	70%
		Revisión de los sistemas de acuerdo a la escalabilidad	3	3	60%
		<b>Definición precisa de proveedores por parte de compras</b>	5	1	30%
DISEÑO	9	<b>Definir los objetivos funcionales</b>	4	2	15%
		<b>Confirmación de los atributos</b>	4	2	10%
		<b>Confirmación de las funciones</b>	3	1	20%
		<b>Diseño preliminar de los sistemas</b>	2	1	25%
		Asignación de proveedores	5	5	
		Liberación de superficies de diseño	5	5	20%
		Empaquetamiento de sistemas	4	4	30%
		3D de sistemas	3	3	20%
PROTOTIPOS	6	<b>Fabricación de moldes prototipo</b>	3	1	30%
		<b>Verificación de los sistemas</b>	5	1	25%
		Notificación de cambios de ingeniería	6	6	40%
		Liberación de prototipos	2	2	40%
		<b>Ensayos de validación preliminar</b>	3	1	30%
VALIDACIÓN	4	<b>Aprobación de la apariencia final de los sistemas</b>	3	2	20%
		<b>Cerrar las tolerancias de ensamblaje</b>	4	2	20%
		<b>Completar ensayos de validación</b>	4	1	30%
		<b>Cerrar la validación de diseño</b>	2	1	35%
		Revisar las capacidades de producto	4	4	
PRODUCCIÓN	5	Confirmación de todas las actividades	3	3	
		Revisión completa del montaje	4	4	30%
		Verificación de niveles de producto	3	3	
		Comenzar la producción	4	4	
		Establecer precio final	3	3	15%
		Rampa de lanzamiento de producto	5	5	
		Confirmación del cumplimiento de los objetivos del programa	2	2	
		Documentación de los objetivos de las diferentes actividades	2	2	
		Liberación de producto	2	2	
		Confirmación de Homologaciones / Certificaciones	4	4	10%
		Confirmación de las regulaciones ambientales	3	3	
		Revisión de los estándares corporativos	3	3	
		<b>Datos de tecnología</b>	3	1	30%
Lecciones aprendidas	4	4			
MANUFACTURA	7 años	Producción del producto	7 años	7 años	
SERVICIO	12 años	<b>Sistema de recambios</b>	7	2	
		<b>Capacidad en mantenimiento y reparación</b>	5	2	
		<b>Guías de reparación</b>	4	2	20%
<b>Total Optimizado:</b>				<b>26%</b>	<b>31%</b>

Tabla 30. Procesos Optimizados en el desarrollo del Espejo con FAS. Fuente propia.

### 3.3 Caso 2 – TABLERO (Cockpit)

#### ***Paso 1. Identificación del Producto.***

Como parte de la segunda validación de la metodología FAS, hemos seleccionado un sistema de tablero de vehículo (Cockpit) de la *Figura 60*, ya que cuenta con muchos y distintos elementos y sistemas, para ver la fiabilidad de los resultados con sistemas más complejos.



**Figura 60. Cockpit Vehículo. Fuente Propia.**

#### ***Paso 2. Explosionado de los Componentes***

La explosión de los elementos del Cockpit se muestran en la *Figura 63*, *Figura 64*, *Figura 65*, *Figura 66*, *Figura 68*, *Figura 69*, *Figura 70*, *Figura 71*, *Figura 72* y *Figura 73*.

#### ***Paso 3. Introducir los Componentes en la tabla DSM***

#### ***Paso 4. Identificar el tipo de Relación entre cada componente***

En base a los sistemas involucrados en el Cockpit, en la *Tabla 30* se muestra la matriz de dependencias FAS para cada uno de los elementos o sistemas que lo componen, a través de la cual se generara la información necesaria para ésta validación.

En la *Tabla 30*, la Relación de Función se presenta en color verde, la Relación de Ensamble en azul y la Relación de Espacio en amarillo. La *Tabla 30* se presenta para observar la distribución de los puntos de relación de los elementos del Cockpit.



Una vez generada la matriz, y en base a la propuesta metodológica de FAS, en la que a través del algoritmo clúster y de separación de los valores relativos a cada una de las relaciones planteadas, se obtiene una matriz individual de cada relación como se presenta más adelante.

Con ayuda del software Keyplayer, es posible visualizar de forma gráfica (en forma de red) las relaciones que existen entre los distintos componentes, como ayuda para identificar los nodos clave.

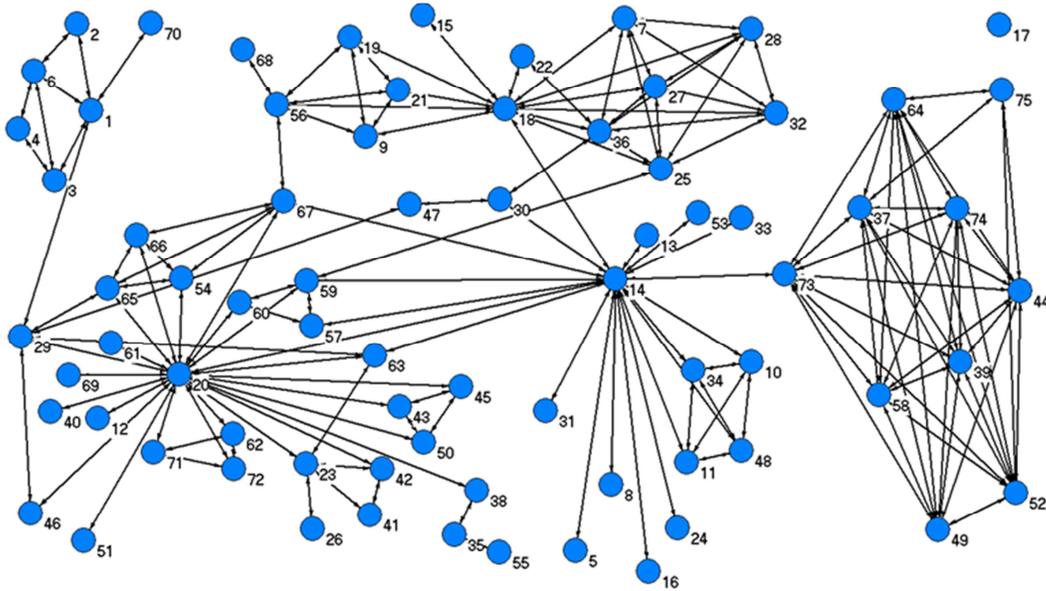


Figura 61. Red de interacciones del Tablero. Fuente Propia (Keyplayer).

Es posible también identificar por color el tipo de relación que predomina en cada integrante del sistema:

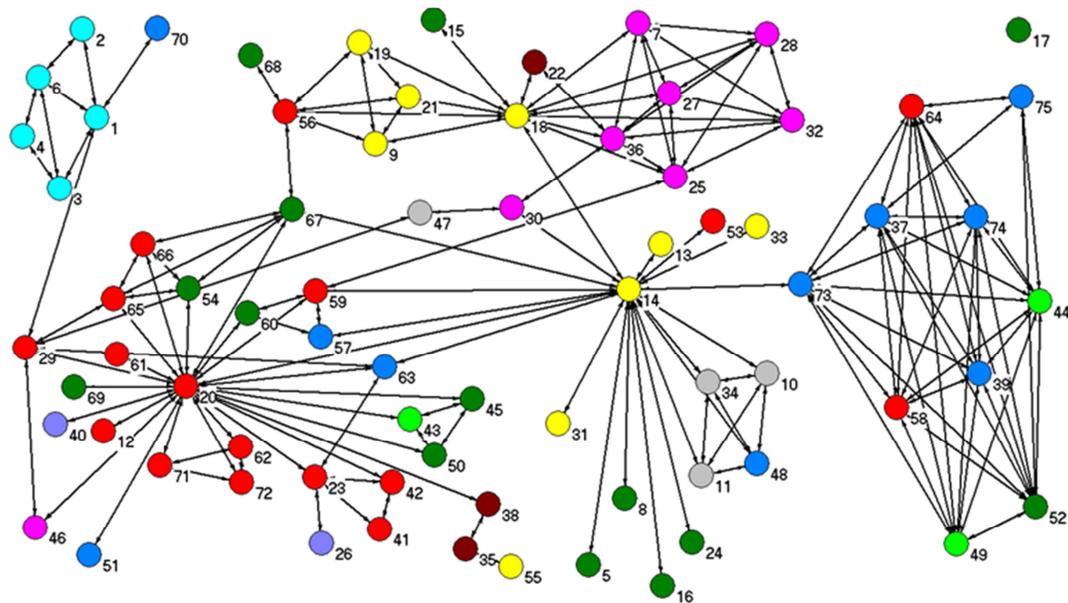


Figura 62. Red de interacciones por Bloques del Tablero. Fuente Propia (Keyplayer).

Los distintos colores representan los elementos que serán agrupados o que formarán bloques. En base al análisis de los distintos bloques que genera el algoritmo, es posible comprobar la funcionalidad y fiabilidad de los procesos algorítmicos.

En la red se identifican las áreas de mayor densidad de población y los nodos que unen los componentes en el sistema completo, así como los elementos que tienen una relación nula.

Cada uno de los bloques debe ser comprensivamente posible de modular para cada función.

En ésta *Tabla 31* se presenta una iteración intermedia en análisis algorítmico de las relaciones. Se pueden identificar los bloques generados en ésta iteración pero que requiere de una optimización en el orden para comenzar el análisis.

A continuación en la *Tabla 32*, *Tabla 33* y *Tabla 34*, se presentan las matrices para cada una de las relaciones FAS (Función-Ensamble-Espacio) en la última iteración del algoritmo.

#### ***Paso 5. Análisis algorítmico de Agrupación***







### DSM Espacio

Elemento	Nivel	Posición Anterior	Nueva Posición	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
Servofreno	1	3	1	■																																																																										
Interruptor Luz Freno	1	4	2	■																																																																										
Salida aire Izquierdo	1	5	3	■																																																																										
Pedal Freno	1	6	4	■																																																																										
Conjunto Soporte Central Derecho	1	7	5	■																																																																										
Soporte Calefacción Lateral	1	8	6	■																																																																										
Tirante Rígido	1	9	7	■																																																																										
Centralita Gateway	1	10	8	■																																																																										
Tapa Salda aire Consola Central	1	11	9	■																																																																										
Conjunto Guanterera	1	12	10	■																																																																										
Pedal Embrague	1	15	11	■																																																																										
Tubería de Fluidos	1	16	12	■																																																																										
Gula Cable Soporte Lateral	1	17	13	■																																																																										
Barra Soporte Central	1	18	14	■																																																																										
Soporte Columna Dirección	1	19	15	■																																																																										
Tirane Rígido U	1	21	16	■																																																																										
Conjunto Soporte Airbag	1	22	17	■																																																																										
Conjunto Capilla	1	23	18	■																																																																										
Sensor Temperatura	1	24	19	■																																																																										
Conjunto Soporte Central Izquierdo	1	25	20	■																																																																										
Panel Instrumentos	1	26	21	■																																																																										
Conjunto Fijación Consola Izquierdo	1	27	22	■																																																																										
Conjunto Fijación Consola Derecho	1	28	23	■																																																																										
Tirante Crash	1	30	24	■																																																																										
Conjal Intermedio	1	31	25	■																																																																										
Conjunto Soporte Central Intermedio	1	32	26	■																																																																										
Pieza Intermedia Difusores Centrales	1	33	27	■																																																																										
Soporte Centralita	1	34	28	■																																																																										
Módulo Airbag	1	35	29	■																																																																										
Soporte Impactos	1	36	30	■																																																																										
Tapa Consola Posterior	1	37	31	■																																																																										
Pelotas Soporte Airbag	1	38	32	■																																																																										
Soporte Fijación Consola	1	39	33	■																																																																										
Gula Cables Cajón Guanterera	1	40	34	■																																																																										
Carcasa Superior Columna Dirección	1	41	35	■																																																																										
Control	1	42	36	■																																																																										
Sensor Solar	1	43	37	■																																																																										
Conjunto Empuñadura Cambio Manual	1	44	38	■																																																																										
Marco Sensor Solar	1	44	39	■																																																																										
Conjunto de Control de Luces	1	45	40	■																																																																										
Módulo Arranque	1	46	41	■																																																																										
Centralita Komfort	1	47	42	■																																																																										
Tapa Freno de Mano	1	48	43	■																																																																										
Tapa Ciega Sensor Solar	1	49	44	■																																																																										
Rotativo Luces	1	50	45	■																																																																										
Tapas Laterales Consola Central	1	51	46	■																																																																										
Revestimiento Pies Izquierdo	1	52	47	■																																																																										
Radio CD	1	53	48	■																																																																										
Desconector Airbag	1	54	49	■																																																																										
Soportes Metálicos Laterales	1	55	50	■																																																																										
Premontaje de Calefactor	1	56	51	■																																																																										
Bandeja Central	1	57	52	■																																																																										
Mando Calefacción	1	58	53	■																																																																										
Conjunto Carátula Difusor	1	59	54	■																																																																										
Revestimiento Pies Derecho	1	60	55	■																																																																										
Navegador	1	61	56	■																																																																										
Conjunto Carcasa Inferior Columna Dirección	1	62	57	■																																																																										
Conjunto Consola Central	1	63	58	■																																																																										
Carátula Central	1	64	59	■																																																																										
Bandeja Carátula Central	1	65	60	■																																																																										
Soporte Barra Izquierdo	1	66	61	■																																																																										
Soporte Barra Derecho	1	67	62	■																																																																										
Capo Fusible de Cableado	1	68	63	■																																																																										
Pedal Acelerador	1	69	64	■																																																																										
Carátula Navegador	1	71	65	■																																																																										
Tapa Acceso Redes	1	72	66	■																																																																										
Armazón Posterior Consola	1	73	67	■																																																																										
Conjunto Tapa Botones	1	74	68	■																																																																										
Cenicero Consola	1	75	69	■																																																																										
Placa de Montaje	2	1	70	■																																																																										
Insonorizante	2	2	71	■																																																																										
Conjunto Calefacción	2	14	72	■																																																																										
Tablero	2	20	73	■																																																																										
Cableado Eléctrico	3	13	74	■																																																																										
Columna Dirección	3	29	75	■																																																																										

Tabla 35. Matriz de Relación Espacio del Tablero. Fuente Propia.

Elemento	Posición	CI	IN	OUT	CPI	Relación	Sistema
Placa de Montaje	1	5	0	3	3	Positiva	Independiente
Insonorizante	2	2	1	1	0	Nula	***
Servofreno	3	3	1	2	1	Positiva	Independiente
Interruptor Luz Freno	4	2	1	1	0	Nula	***
Salida aire Izquierdo	5	1	0	0	0	Nula	***
Pedal Freno	6	4	3	1	-2	Negativa	Dependiente
Conjunto Soporte Central Derecho	7	6	0	5	5	Positiva	Independiente
Soporte Calefacción Lateral	8	1	0	0	0	Nula	***
Tirante Rigidez	9	4	0	4	4	Positiva	Independiente
Centralita Gateway	10	4	0	3	3	Positiva	Independiente
Tapa Salida aire Consola Central	11	5	1	2	1	Positiva	Independiente
Conjunto Guanteras	12	1	0	1	1	Positiva	Independiente
Cableado Eléctrico	13	1	0	1	1	Positiva	Independiente
Conjunto Calefacción	14	20	5	15	10	Positiva	Independiente
Pedal Embrague	15	1	0	0	0	Nula	***
Tubería de Fluidos	16	1	0	0	0	Nula	***
Guía Cable Soporte Lateral	17	0	0	0	0	Nula	***
Barra Soporte Central	18	13	4	9	5	Positiva	Independiente
Soporte Columna Dirección	19	4	2	2	0	Nula	***
Tablero	20	24	1	20	19	Positiva	Independiente
Tirane Rígido U	21	4	3	1	-2	Negativa	Dependiente
Conjunto Soporte Airbag	22	2	0	1	1	Positiva	Independiente
Conjunto Capilla	23	5	1	3	2	Positiva	Independiente
Sensor Temperatura	24	1	0	0	0	Nula	***
Conjunto Soporte Central Izquierdo	25	7	1	4	3	Positiva	Independiente
Panel Instrumentos	26	1	1	0	-1	Negativa	Dependiente
Conjunto Fijación Consola Izquierdo	27	6	1	3	2	Positiva	Independiente
Conjunto Fijación Consola Derecho	28	6	3	2	-1	Negativa	Dependiente
Columna Dirección	29	6	2	4	2	Positiva	Independiente
Tirante Crash	30	3	0	2	2	Positiva	Independiente
Canal Intermedio	31	1	1	0	-1	Negativa	Dependiente
Conjunto Soporte Central Intermedio	32	6	4	1	-3	Negativa	Dependiente
Pieza Intermedia Difusores Centrales	33	1	1	0	-1	Negativa	Dependiente
Soporte Centralita	34	4	2	1	-1	Negativa	Dependiente
Módulo Airbag	35	1	0	2	2	Positiva	Independiente
Soporte Impactos	36	7	6	0	-6	Negativa	Dependiente
Tapa Consola Posterior	37	9	0	9	9	Positiva	Independiente
Pletinas Soporte Airbag	38	1	1	0	-1	Negativa	Dependiente

Elemento	Posición	CI	IN	OUT	CPI	Relación	Sistema
Soporte Fijación Consola	39	8	1	5	4	Positiva	Independiente
Guía Cables Cajón Guanteras	40	1	1	0	-1	Negativa	Dependiente
Carcasa Superior Columna Dirección	41	2	1	1	0	Nula	***
Cortinilla	42	3	3	0	-3	Negativa	Dependiente
Sensor Solar	43	3	0	2	2	Positiva	Independiente
Conjunto Empuñadura Cambio Manual	70	1	2	7	5	Positiva	Independiente
Marco Sensor Solar	44	9	1	0	-1	Negativa	Dependiente
Conjunto de Control de Luces	45	3	0	0	0	Nula	***
Módulo Arranque	46	2	1	0	-1	Negativa	Dependiente
Centralita Komfort	47	2	3	0	-3	Negativa	Dependiente
Tapa Freno de Mano	48	4	3	5	2	Positiva	Independiente
Tapa Ciega Sensor Solar	49	8	2	0	-2	Negativa	Dependiente
Rotativo Luces	50	3	0	0	0	Nula	***
Tapas Laterales Consola Central	51	1	4	5	1	Positiva	Independiente
Revestimiento Pies Izquierdo	52	9	0	0	0	Nula	***
Radio CD	53	1	0	2	2	Positiva	Independiente
Desconector Airbag	54	4	0	0	0	Nula	***
Soportes Metálicos Laterales	55	1	4	2	-2	Negativa	Dependiente
Premontaje de Calefactor	56	6	0	2	2	Positiva	Independiente
Bandeja Central	57	3	5	3	-2	Negativa	Dependiente
Mando Calefacción	58	8	2	1	-1	Negativa	Dependiente
Conjunto Carátula Difusor	59	5	3	0	-3	Negativa	Dependiente
Revestimiento Pies Derecho	60	3	0	0	0	Nula	***
Navegador	61	1	0	2	2	Positiva	Independiente
Conjunto Carcasa Inferior Columna Dirección	62	3	2	0	-2	Negativa	Dependiente
Conjunto Consola Central	63	4	6	3	-3	Negativa	Dependiente
Carátula Central	64	9	2	1	-1	Negativa	Dependiente
Bandeja Carátula Central	65	5	2	0	-2	Negativa	Dependiente
Soporte Barra Izquierdo	66	4	3	0	-3	Negativa	Dependiente
Soporte Barra Derecho	67	6	0	0	0	Nula	***
Caja Fusible de Cableado	68	1	0	0	0	Nula	***
Pedal Acelerador	69	1	0	0	0	Nula	***
Carátula Navegador	71	3	2	1	-1	Negativa	Dependiente
Tapa Acceso Relés	72	3	2	0	-2	Negativa	Dependiente
Armazón Posterior Consola	73	9	7	1	-6	Negativa	Dependiente
Conjunto Tapa Botones	74	9	8	0	-8	Negativa	Dependiente
Cenicero Consola	75	4	3	0	-3	Negativa	Dependiente

Tabla 36. Cálculo de Índices de Propagación del Cambio del Tablero. Fuente Propia.

### 3.3.1 Análisis de Resultados de las Simulaciones de Tablero (Cockpit) - Bloques del DSM Funcional

#### Paso 6. Análisis de cada uno de los Bloques

La primera solución de la matriz DSM, se hace para la Relación Funcional, que se han determinado entre todos los componentes de la matriz, a fin de obtener una solución única para éste tipo de relación.

La solución algorítmica de agrupación se establece con 75 componentes del Tablero. La solución final dio como resultado 10 Módulos distintos. Por lo que 56 elementos han sido incluidos en módulos mientras que 19 elementos que no se incluyen en ningún módulo. Se muestran en la *Tabla 35*:

Elemento	Nivel	Nueva Posición	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29						
Bloque1:	1	1	■																																1		
Bloque2:	1	2		■																																2	
Bloque3:	1	3			■																															3	
Bloque4:	1	4				■																														4	
Bloque5:	1	5					■																													5	
Bloque6:	1	6						■																												6	
Bloque7:	1	7							■																											7	
Bloque8:	1	8								■																											8
Bloque9:	1	9									■																										9
Bloque10:	1	10										■																									10
Salida aire izquierdo	1	11											■																							11	
Soporte Calefacción Lateral	1	12												■																							12
Cableado Eléctrico	1	13													■																						13
Pedal Embrague	1	14														■																					14
Tubería de Fluidos	1	15															■																				15
Guía Cable Soporte Lateral	1	16																■																			16
Conjunto Soporte Airbag	1	17																	■																		17
Sensor Temperatura	1	18																		■																	18
Panel Instrumentos	1	19																			■																19
Guía Cables Cajón Guantero	1	20																				■															20
Conjunto de Control de Luces	1	21																					■														21
Rotativo Luces	1	22																						■													22
Revestimiento Pies Izquierdo	1	23																							■												23
Desconector Airbag	1	24																								■											24
Revestimiento Pies Derecho	1	25																										■									25
Soporte Barra Izquierdo	1	26																												■							26
Soporte Barra Derecho	1	27																														■					27
Caja Fusible de Cableado	1	28																																			28
Pedal Acelerador	1	29																																			29

Tabla 37. Matriz simplificada de Relación de Funcionalidad para el Cockpit. Fuente Propia.

Para cada módulo se realiza un análisis de factibilidad de acuerdo al tipo de sistema y componentes. Es posible determinar si las operaciones algorítmicas son fiables y que por lo tanto existe potencialmente la posibilidad de hacer módulos de sistemas.

### 3.2.2 Análisis de los Bloques o Clústeres de las Relaciones de Ensamble.

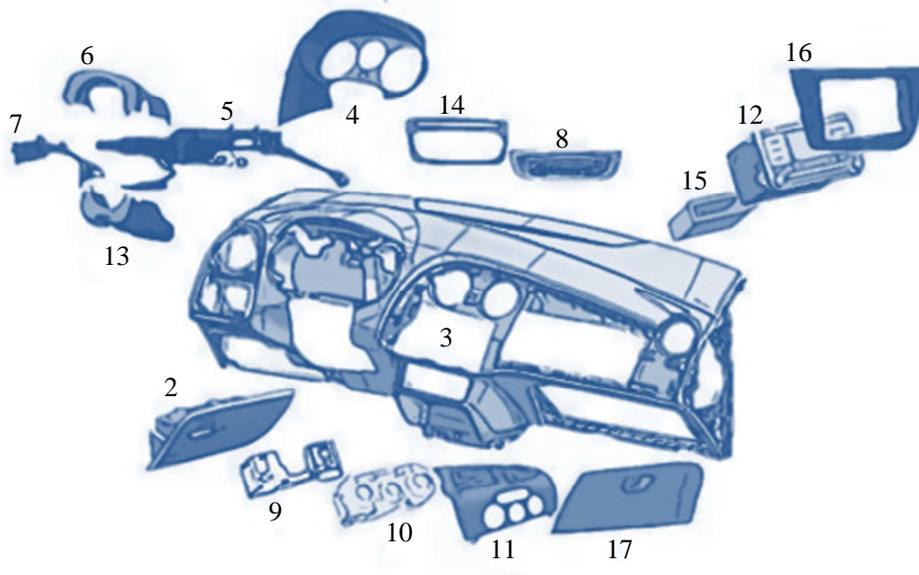
#### Paso 7. Selección de Módulos

A continuación se presentan los elementos que contiene cada módulo:

**Módulo 1.**

Posición	Elemento	Predecesor
<b>Bloque1: Tablero</b>		
2	Conjunto Guanterera	
3	Tablero	2
4	Conjunto Capilla	3
5	Columna Dirección	
6	Carcasa Superior Columna Dirección	4
7	Cortinilla	3, 4, 6
8	Radio CD	
9	Premontaje de Calefactor	
10	Mando Calefacción	3, 9
11	Conjunto Carátula Difusor	3, 9, 10
12	Navegador	
13	Conjunto Carcasa Inferior Columna Dirección	4, 5
14	Carátula Central	5, 8
15	Bandeja Carátula Central	8, 14
16	Carátula Navegador	3, 12
17	Tapa Acceso Relés	12, 16

**Tabla 38. Elementos de Relaciones del Tablero del Cockpit. Fuente Propia.**



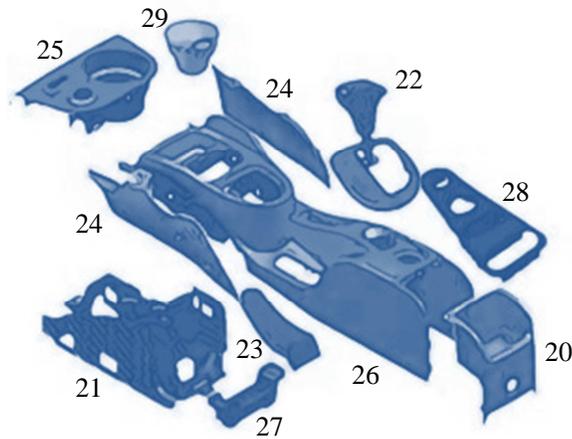
**Figura 63. Módulo 1 –Tablero- Cockpit. Fuente Propia.**

En el Módulo 1 se identifican todos los componentes exteriores visibles del tablero. Con análisis independientes, se encuentran submódulos que facilitan la identificación de los componentes que pueden ser submodularizados.

**Módulo 2.**

Posición	Elemento	Predecesor
<b>Bloque2: Consola Central</b>		
20	Tapa Consola Posterior	
21	Soporte Fijación Consola	20
22	Conjunto Empuñadura Cambio Manual	20, 21
23	Tapa Freno de Mano	20, 21, 22
24	Tapas Laterales Consola Central	20, 21, 22, 23
25	Bandeja Central	20, 21, 22, 23, 24
26	Conjunto Consola Central	20, 22, 23, 24, 25
27	Armazón Posterior Consola	20, 22, 23, 24, 25, 26
28	Conjunto Tapa Botones	20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27
29	Cenicero Consola	20, 22, 24

**Tabla 39. Elementos de Relaciones del Tablero de la Consola Central del Cockpit. Fuente Propia.**



**Figura 64. Módulo 2 –Consola Central- Cockpit. Fuente Propia.**

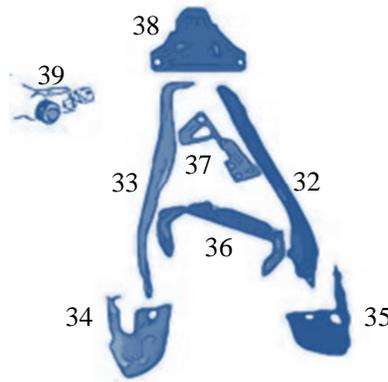
En el Módulo 2 se agrupan los componentes que pertenecen a la consola central. Se aprecia que la agrupación algorítmica de la matriz de variables es capaz de identificar a los componentes que pertenecen a éste grupo.

Con agrupaciones como ésta, se logra identificar las partes que pueden y deben ser comunes a la plataforma vehicular (20, 21, 23 27, 29) y las partes que son independientes de cada vehículo para no perder su identidad (22, 24, 25, 26, 28).

**Módulo 3.**

Posición	Elemento	Predecesor
<b>Bloque3: Fijaciones</b>		
32	Conjunto Soporte Central Derecho	
33	Conjunto Soporte Central Izquierdo	32
34	Conjunto Fijación Consola Izquierdo	32, 33
35	Conjunto Fijación Consola Derecho	32, 33, 34
36	Tirante Crash	
37	Conjunto Soporte Central Intemedio	32, 33, 34, 35
38	Soporte Impactos	32, 33, 34, 35, 36, 37
39	Módulo Arranque	36

**Tabla 40. Elementos de Relaciones de las Fijaciones del Cockpit. Fuente Propia.**



**Figura 65. Módulo 3 –Fijaciones- Cockpit. Fuente Propia.**

El Módulo 3 se refiere a las fijaciones y soportes centrales de la estructura del tablero. El diseño de los soportes depende de la posición del Cockpit y de los sistemas que van fijados a él, por lo que su modularidad depende de los volúmenes del habitáculo y de los módulos de control central de la plataforma del vehículo.

La importancia de la fase conceptual de diseño del conocimiento previo de los sistemas que serán modulares en la plataforma del vehículo puede permitir que sean introducidos a lo largo de toda la plataforma o mirar la integración de las partes que puedan funcionar como comunes.

#### Módulo 4.

Posición	Elemento	Predecesor
<b>Bloque4: Soportes</b>		
42	Tirante Rigidez	
43	Barra Soporte Central	42
44	Soporte Columna Dirección	42, 43
45	Tirane Rígido U	42, 43, 44
46	Soportes Metálicos Laterales	42, 43, 44, 45

Tabla 41. Elementos de Relaciones de los Soportes del Cockpit. Fuente Propia.

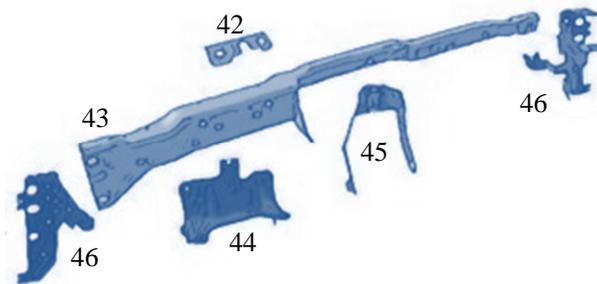


Figura 66. Módulo 4 –Soportes- Cockpit. Fuente Propia.

Éste módulo corresponde a las fijaciones que dan rigidez al habitáculo, y así como en el módulo 3 dependen del planteamiento inicial del concepto de habitabilidad de la plataforma del vehículo para que se contemplen en la modularidad del mismo.

#### Módulo 3 + Módulo 4

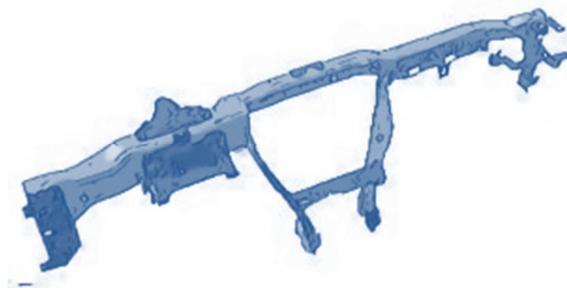


Figura 67. Módulo 3 + 4 – Fijaciones + Soportes - Cockpit. Fuente Propia.

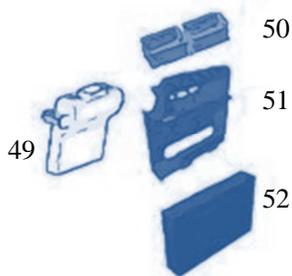
Los módulo 3 y 4 pueden ser interpretados como un mismo módulo debido a que comparten funciones dentro del sistema.

Como se observa en la *Figura 67* comparten una misma función, ensamble y espacio, y pueden ser formar un supra módulo.

## Módulo 5.

Posición	Elemento	Predecesor
<b>Bloque5: Centralita</b>		
49	Centralita Gateway	
50	Tapa Salida aire Consola Central	49
51	Soporte Centralita	49, 50
52	Centralita Komfort	49, 50, 51

**Tabla 42. Elementos de Relaciones de la Centralita del Cockpit. Fuente Propia.**



**Figura 68. Módulo 5 – Centralita- Cockpit. Fuente Propia.**

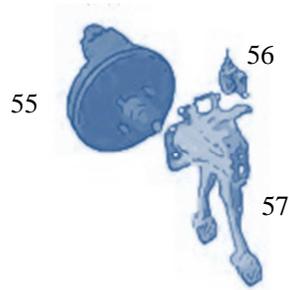
Éste módulo corresponde a la centralita u ordenador central del vehículo. El módulo de centralita se puede compartir a lo largo de la plataforma del producto debido a que realiza funciones comunes que no dependen de la estética del mismo, sino al equipamiento.

Los soportes cumplen una función de ensamble y espacio que permiten que se puedan desarrollar como módulo general en la plataforma.

## Módulo 6.

Posición	Elemento	Predecesor
<b>Bloque6: Freno</b>		
55	Servofreno	
56	Interruptor Luz Freno	55
57	Pedal Freno	55, 56

**Tabla 43. Elementos de Relaciones de Freno del Cockpit. Fuente Propia.**



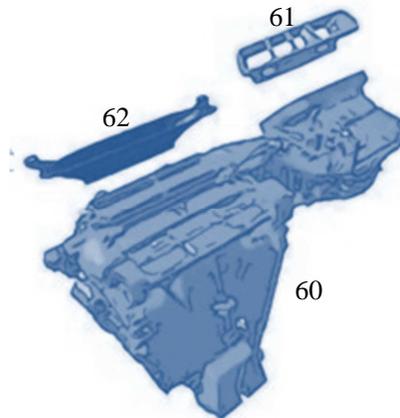
**Figura 69. Módulo 6 –Freno- Cockpit. Fuente Propia.**

El Módulo del servofreno depende de las características físicas del vehículo en cuanto tamaño, potencia y ruedas principalmente, por lo que su modularidad dependerá del tamaño de la gama de la plataforma.

**Módulo 7.**

Posición	Elemento	Predecesor
<b>Bloque7: Calefacción</b>		
60	Conjunto Calefacción	
61	Canal Intermedio	60
62	Pieza Intermedia Difusores Centrales	60

**Tabla 44. Elementos de Relaciones de Calefacción del Cockpit. Fuente Propia.**



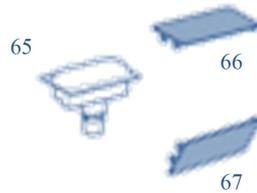
**Figura 70. Módulo 7 –Calefacción- Cockpit. Fuente Propia.**

El módulo del sistema de calefacción depende directamente del volumen del habitáculo, sin embargo y dependiendo del tamaño de la gama, existen la posibilidad de utilizar los componentes del sistema haciendo un estudio preciso de la potencia del sistema en el que se pueden desarrollar distintas potencias del sistema conservando la carcasa que lo envuelve.

**Módulo 8.**

Posición	Elemento	Predecesor
<b>Bloque8: Sensor Solar</b>		
65	Sensor Solar	
66	Marco Sensor Solar	65
67	Tapa Ciega Sensor Solar	65, 66

**Tabla 45. Elementos de Relaciones del Sensor Solar del Cockpit. Fuente Propia.**



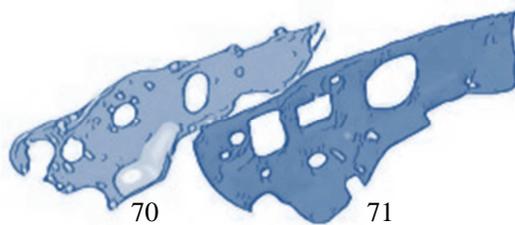
**Figura 71. Módulo 8 –Sensor Solar- Cockpit. Fuente Propia.**

Éste sistema es de tipo accesorio para ampliar la gama del producto, por lo que puede ser utilizado el mismo sistema en toda la gama ya que no tiene una relación directa su diseño con las variantes del producto. De ésta forma su diseño modular deberá utilizarse sin variantes en toda la plataforma de vehículos.

**Módulo 9.**

Posición	Elemento	Predecesor
<b>Bloque9: Pared Frontal</b>		
70	Placa de Montaje	
71	Insonorizante	70

**Tabla 46. Elementos de Relaciones de la Pared Frontal del Cockpit. Fuente Propia.**



**Figura 72. Módulo 9 –Pared Frontal- Cockpit. Fuente Propia.**

Los componentes insonorizantes dependen de la pared frontal (dash panel), y es el que separa el habitáculo del compartimiento motor. Si la plataforma tiene en sus inicios un diseño conceptual modular es posible que pueda ser utilizado en la totalidad de la gama, aunque depende directamente de un sistema que no es el tablero.

**Módulo 10.**

Posición	Elemento	Predecesor
<b>Bloque10: Bolsa de Aire</b>		
74	Módulo Airbag	
75	Pletinas Soporte Airbag	74

**Tabla 47. Elementos de Relaciones de la Bolsa de Aire del Cockpit. Fuente Propia.**



**Figura 73. Módulo 10 –Bolsa de Aire- Cockpit. Fuente Propia.**

Éste sistema tiene un diseño conceptual modular, por lo que en la mayoría de los casos una misma plataforma de vehículo comparte éste módulo en toda su línea.

Posición	Elemento	Predecesor
77	Salida aire Izquierdo	
78	Soporte Calefacción Lateral	
79	Cableado Eléctrico	
80	Pedal Embrague	
81	Tubería de Fluidos	
82	Guía Cable Soporte Lateral	
83	Conjunto Soporte Airbag	
84	Sensor Temperatura	
85	Panel Instrumentos	
86	Guía Cables Cajón Guantero	
87	Conjunto de Control de Luces	
88	Rotativo Luces	
89	Revestimiento Pies Izquierdo	
90	Desconector Airbag	
91	Revestimiento Pies Derecho	
92	Soporte Barra Izquierdo	
93	Soporte Barra Derecho	
94	Caja Fusible de Cableado	
95	Pedal Acelerador	

**Tabla 48. Elementos sin Relaciones de Ensamble del Cockpit. Fuente Propia.**

Éstos elementos no aportaron relaciones con el resto de los componentes con las condiciones iniciales planteadas por FAS para éste ejemplo, aunque cambiando el enfoque del agrupamiento de relaciones se pueden formar módulos.

Para los elementos cuyas relaciones que crean módulos, es decir, los elementos del bloque 1 al 10 de Relaciones Funcionales, como el bloque 1 de Relaciones de Ensamble, los clasificamos como elementos que forman parte de una Arquitectura Natural, ya que por definición elementos cumplen con la fórmula:

$$R(A_n) = r(a_1) * r(a_2) * \dots * r(a_n) \quad [3]$$

En las que las relaciones entre los elementos se combinan para formar una arquitectura de éste tipo.

El resto de elementos, que no tienen relaciones modulares, forman una Arquitectura Inversa; Debido a que los elementos determinan la arquitectura de producto.

$$R(A)^{-1} = \frac{r(a_1) * r(a_2) * \dots * r(a_n)}{A} = 0 \quad [4]$$

El índice de Propagación del Cambio es para cada bloque de:

$$CPI_i = \sum_{j=1}^n \Delta E_{j,i} - \sum_{k=1}^n \Delta E_{i,k} = \Delta E_{out,i} - \Delta E_{in,i} \quad [9]$$

## **Resumen de la Validación del Tablero con FAS.**

Se seleccionó el tablero (Cockpit) ya que es un producto que cuenta con una gran cantidad de elementos o componentes (75 en total), lo que lo vuelve un sistema complejo en el que la metodología FAS ha sido validada.

Los resultados de las agrupaciones logradas, muestra 10 módulos o bloques. Tal como se ve en el análisis de los bloques, éstos tienen la facultad de ser modulables, y demuestra que la agrupación de las funciones o variables introducidas en la tabla DSM dan resultados satisfactorios.

La importancia de la comprobación de la metodología en sistemas complejos con gran cantidad de elementos, deja constancia de que puede ser utilizado en el desarrollo de productos tales como los de la industria automotriz.

De los resultados obtenidos, parece evidente el agrupamiento de los componentes, sin embargo FAS discrimina y optimiza el valor de la agrupación, procurando asegurar en primer lugar la función del producto, seguido del ensamble entre los componentes y del espacio que ocupa en el entorno total del producto. Con esto FAS crea grupos fiables a través de un método científico, con el que se pueden explorar nuevos módulos en sistemas actuales y futuros, y trasladarlo a sistemas con mayor complejidad para ver el potencial completo de la metodología.

FASE	DURACIÓN Total [meses]	DESCRIPCIÓN	DURACIÓN [meses]	DURACIÓN Optimizada [meses]	RECURSOS Optimizados
FACTIBILIDAD	6	Revisión de las perspectivas del negocio	3	3	
		Revisión de las necesidades de mercado	2	2	
		Revisión de las necesidades de cliente	3	3	
		Necesidades de diseño y manufactura	5	5	20%
		<b>Evaluación de las alternativas de escalabilidad</b>	6	4	
		<b>Evaluación de las alternativas de arquitectura</b>	5	2	60%
CONCEPTUAL	5	Definir los objetivos estratégicos del programa	3	3	50%
		Definir las líneas de acción	2	2	
		Confirmación de Marketing	4	4	
		Confirmación de Finanzas	4	4	
		Confirmación de Calidad	3	3	
		Confirmación de los recursos	3	3	10%
		<b>Selección de los atributos del producto</b>	5	2	60%
		Alineación de las necesidades del programa	4	4	
		<b>Selección de la división de los sistemas de producto</b>	5	3	60%
		Revisión de los sistemas de acuerdo a la escalabilidad	3	3	65%
		<b>Definición precisa de proveedores por parte de compras</b>	5	1	30%
DISEÑO	9	<b>Definir los objetivos funcionales</b>	4	1	10%
		<b>Confirmación de los atributos</b>	4	1	15%
		<b>Confirmación de las funciones</b>	3	1	20%
		<b>Diseño preliminar de los sistemas</b>	2	2	30%
		Asignación de proveedores	5	5	
		Liberación de superficies de diseño	5	5	20%
		Empaquetamiento de sistemas	4	4	25%
		3D de sistemas	3	3	20%
PROTOTIPOS	6	<b>Fabricación de moldes prototipo</b>	3	1	30%
		<b>Verificación de los sistemas</b>	5	1	30%
		Notificación de cambios de ingeniería	6	6	45%
		Liberación de prototipos	2	2	40%
		<b>Ensayos de validación preliminar</b>	3	1	30%
VALIDACIÓN	4	<b>Aprobación de la apariencia final de los sistemas</b>	3	1	15%
		<b>Cerrar las tolerancias de ensamblaje</b>	4	1	20%
		<b>Completar ensayos de validación</b>	4	2	30%
		<b>Cerrar la validación de diseño</b>	2	1	30%
		Revisar las capacidades de producto	4	4	
PRODUCCIÓN	5	Confirmación de todas las actividades	3	3	
		Revisión completa del montaje	4	4	30%
		Verificación de niveles de producto	3	3	
		Comenzar la producción	4	4	
		Establecer precio final	3	3	15%
		Rampa de lanzamiento de producto	5	5	
		Confirmación del cumplimiento de los objetivos del programa	2	2	
		Documentación de los objetivos de las diferentes actividades	2	2	
		Liberación de producto	2	2	
		Confirmación de Homologaciones / Certificaciones	4	4	15%
		Confirmación de las regulaciones ambientales	3	3	
		Revisión de los estándares corporativos	3	3	
		<b>Datos de tecnología</b>	3	1	35%
Lecciones aprendidas	4	4			
MANUFACTURA	7 años	Producción del producto	7 años	7 años	
SERVICIO	12 años	<b>Sistema de recambios</b>	7	2	
		<b>Capacidad en mantenimiento y reparación</b>	5	2	
		<b>Guías de reparación</b>	4	2	25%

**Total Optimizado:**

**26%**

**34%**

**Tabla 49. Procesos Optimizados en el desarrollo del Tablero con FAS. Fuente propia.**

## **CAPÍTULO 4 DISCUSIÓN.**

## 4.1 DISCUSIÓN.

Existen diversos trabajos en los que se expone una necesidad global de poder encontrar mejores soluciones y métodos para optimizar los diseños y procesos de producto. Las diferentes referencias cuentan con desarrollos profundos en temas como Arquitecturas, Plataformas, Relaciones, Funciones, etc... que dejan sobrepuesto este fenómeno contemporáneo de estudios sobre los diseños.

En la literatura encontrada y presentada en el estudio del arte, existe un vacío en el propósito del tema de tesis que aquí desarrollo, y en base a los Justificantes del estado del Arte.

El vacío que encuentra FAS es el planteamiento de Módulos en una fase Conceptual de los diseños.

### 4.1.1 Utilización del Método científico para encontrar Módulos de Diseño

- Emplear el método científico para demostrar las relaciones entre las variables que condicionan el diseño.

Asumir que todas las variantes sean construidas en una única plataforma común, lo que no es real sólo cuando las diferencias entre las variantes son muy grandes (Suh Eun & Weck, 2007).

Se requiere determinar la separación de criterios en los diseñadores de sistemas para incluir la propagación en productos complejos, donde los cambios puedan brincar a través de los subsistemas, y que no son simplemente transmitidos, a los componentes directamente relacionados.

Reducir la variabilidad de los datos de entrada a través de procesos más rígidos para mejorar la fiabilidad de las metodologías (Weck et al, 2003) es una aportación de un proceso metodológico planteado en FAS, que incluso establece la forma en la que deben tratarse y valorarse los datos de entrada.

Actualmente, para sistemas complejos, existen distintos trabajos de investigación que sugieren formas particulares para encontrar relaciones entre componentes. Sin embargo, aún no se tiene una base científica que nos permita identificar estas relaciones para llevarlas a un diseño de producto. Los distintos equipos de diseño, basan la solución a través de la experiencia, y es la forma en la que se identifican las distintas plataformas y componentes. FAS es el trabajo que a través del método científico permite identificar las relaciones que condicionan el diseño, y que permite identificar soluciones de módulos.

#### 4.1.2 Uso de Algoritmos de Agrupación

- Utilizar el algoritmo de agrupación de manera individual para cada tipo de variable y poder encontrar las relaciones para localizar los módulos.

Desde Wie et al, 2007 se considera que existe una gran necesidad de investigar un uso más efectivo de DSM para el diseño de algoritmos genéticos (Hartigan, 1975).

El algoritmo DSM se ha utilizado paso a paso para la metodología FAS, es decir, se han hecho iteraciones independientes para cada una de las relaciones (3 en total) y posteriormente se han combinado para el resultado final.

La necesidad de mejorar los algoritmos es una tarea que se plantea diariamente en distintos campos (Borgatti & Everett, *The Class of All Regular Equivalences Algebraic Structure and Computation*, 1989) y que dan como resultado algoritmos más potentes (Browning, 2001). Para el caso de esta tesis, la agrupación de algoritmo utilizado cumple con los requerimientos necesarios para la modularidad.

#### 4.1.3 Definición de Tipologías de Relación

- Poder identificar las distintas tipologías de variables que se ajusten a la solución modular más recomendada.

Existen diversos trabajos que hacen referencia a la necesidad de determinar los elementos y variables para iniciar un trabajo de agrupación en el contexto de diseño modular (Gonzalez-Zugasti J. P., 2000) (Wijnstra, 2001) en el que se debe explorar el efecto de las diferentes opciones de plataformas (Meyer, de Weck, & Tarrion, 2011) a través de modelos para poder identificar los candidatos a ser modelables.

FAS introduce 3 tipos de tipologías (de función, ensamble y espacio) y en base a ellas, se crean los distintos procesos de análisis e interpretación de datos después de someterlos a la agrupación.

Los resultados de las agrupaciones deben considerarse como el planteamiento inicial de diseño conceptual, que garantice después del proceso de diseño, poder encontrar los mismos planteamientos de relación que parten de la tipología inicial asignada a cada elemento.

#### 4.1.4 Presentación Geo distancia de Relaciones

- Realizar relaciones de distancia entre las variables para localizar la potencia que contiene cada una y poder seguir la modularización.

Se plantean distintas formas de encontrar las distancias de relación (Del Puerto, 2010) (De Moya, 2006) e identificar las limitaciones en el modelar dependencias de diseño ya que sólo se centran en las especificaciones de producto. Sosa plantea optimizar las relaciones para facilitar el estudio y en búsqueda de aplicaciones (Sosa et al, 2007) y entender el cambio del producto modular a través del tiempo.

Existen estudios para predecir los cambios de las interfases a través del tiempo y mejorar los mapeos de las arquitecturas de productos (Sosa et al, 2000).

FAS aporta de manera gráfica y a través de KEYPLAYER, una forma sencilla de interpretar los datos de la tabla, ya que presenta las distancias de relación que encontramos para cada elemento y el tipo de relación existente. La mayor aportación, es que nos permite identificar los nodos con mayor relación que nos abren la puerta para poder partir de ellos en búsqueda de módulos.

#### 4.1.5 Usos y Aplicaciones

- Éste tipo de análisis se puede utilizar en diferentes áreas (arquitecturas de producto, modularización de sistemas, personalización de productos, redes de señales, sistemas mecánicos, sistemas eléctricos, redes sociales, etc.).

(Zha & Sriram, 2006) Sostienen que es necesario desarrollar una red de conocimiento y de soporte para el diseño de familias de producto que esté basado en módulos, así como una plataforma de colaboración en el desarrollo de productos.

Son necesarios más estudios para comprender y explicar cuáles características son propensas para formar plataformas que permitan diferenciar elementos, tales como modularidad en la evolución de productos (Williams, 2006). De acuerdo a Eckert (Eckert et al, 2004) se requiere de una investigación enfocada en cómo definir la arquitectura de producto con el apropiado cambio de propiedades

FAS hace referencia a tres productos con un nivel de complejidades medias y basadas sobre todo los diseños del sector automoción. La intención es que desde la idea de una plataforma de producto se pueda incluir el estudio FAS para poder determinar en una etapa temprana los distintos módulos. Las aplicaciones están acotadas a la cantidad de elementos que un usuario se permita gestionar para identificar las distintas relaciones.



## **CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES**

## 5.1 CONCLUSIONES

De acuerdo con los trabajos de investigación de reciente publicación, que se han consultado para el estado del arte de la tesis, las consultas en las diferentes bases de datos de grupos de investigación sobre el tema y en base al conocimiento de las necesidades actuales de la industria automotriz en el desarrollo de productos, se identifica la necesidad de explorar la fase conceptual de diseño desde un punto de vista estandarizado y modular.

Este trabajo genera una metodología que sirva de base y apoyo para la creación de nuevos productos reduciendo los tiempos y costes involucrados en el desarrollo.

Con los resultados en la búsqueda de las interrelaciones funcionales de los diferentes sistemas del cual se integra un vehículo, los valores de relación entre éstos permitirán que los desarrollos futuros se vean grandemente beneficiados de los diseños modulares, ya que permitirá la integración de los mismos en diferentes productos de una misma familia de vehículos.

Con la integración de las ontologías base se facilita la personalización de los productos, permitiendo ofrecer más modelos que puedan cubrir, en mayor medida, las necesidades particulares de los clientes finales asegurando la satisfacción de los mismos.

Una vez que se cuente con la identificación y agrupación de los diferentes grados de modularidad en cada uno de los sistemas, los grupos de desarrollo y diseño, tendrán la facilidad de armar un automóvil haciendo únicamente empaquetamientos vehiculares, lo que permitirá tener menos gente dedicada a la valoración de las interferencias físicas de los sistemas y un grupo mayor expertos realizando diseños de módulos.

Estas necesidades serán valoradas por equipos de CAD para seleccionar los módulos y las posibles modificaciones de algunos sistemas, que reducirán el trabajo de verificación y validación de subsistemas y componentes y que además tendrán un histórico de comportamientos de los módulos que permitirán mejorar la calidad del vehículo.

Una vez terminado el trabajo de investigación quedará pendiente un estudio de los espacios físicos en el volumen de los vehículos para poder cerrar con el diseño conceptual modular y que será fácilmente aplicable y manejable por las diferentes firmas automotrices.

Las distintas metodologías de análisis de las relaciones para los conceptos “modular y “plataforma” desarrolladas hasta ahora, mantienen que el criterio de selección de los diseños y usos se debe adoptar desde la conceptualización del diseño ya que en ésta etapa primitiva se pueden identificar las necesidades de los productos y plataformas generando así las necesidades de modularizar.

Esta tesis también permite, mediante la utilización de programas informáticos, un estado inicial de automatización en los procesos de desarrollo y diseño de productos, que favorecen la comprensión de las variables a elegir para poder modularizarlas.

El tener productos modulables contempla mejoras en los tiempos de desarrollo y validación, calidad de los componentes y subsistemas, menores costes de producción, intercambiabilidad y personalización que son requerimientos del mercado actual para la industria automotriz.

La metodología FAS ha mostrado, tanto en el ejercicio del espejo retrovisor como el del Cockpit, reconoce las relaciones que existe entre los distintos componentes y subsistemas y que el algoritmo de clúster funciona para encontrar los grupos de individuos que interactúan entre sí y pueden ser seleccionados para formar módulos.



## 5.2 COMPROBACIONES DE LOS PLANTEAMIENTOS ORIGINALES

### 5.2.1 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

¿Es posible optimizar las interrelaciones funcionales para el desarrollo de sistemas modulares, desde la fase conceptual en los procesos de diseño de producto, que permitan reducir tiempo de desarrollo y coste de producto?

*Es posible. Con la metodología FAS se pone la base para cambiar el paradigma de diseño de los componentes en sistemas complejos. Éste cambio en el pensamiento y en la forma actual que se tiene en los grupos de diseño permitirá mayor intercambiabilidad, mejora en calidad, reducir costes de desarrollo, costes de herramientas y costes de ensamble, lo que ocasiona un coste menor de producto y aumento de la competitividad de la empresa en el mercado mundial así como ganancias. Con los casos de estudio se valida la hipótesis de los sistemas modulares en función de las relaciones entre variables. En las tablas resúmenes de cada uno se ve el grado de optimización que se puede alcanzar al utilizar esta metodología.*

¿La selección de módulos de producto se puede realizar mediante método científico y no solo a través del empirismo como hasta ahora?

*La metodología FAS sigue el método científico para la identificación de los sistemas modulares de acuerdo con las funciones de los productos. La forma hasta ahora de realizarlo era a través del empirismo y de las apreciaciones de las personas. En los casos de estudio se muestra como cada módulo tiene una relación lógica y real en cuanto a su forma y estructura, y las funciones que deben cumplir.*

¿Existe un gran ahorro de recursos cuando se conocen las funcionalidades particulares de los módulos en sistemas complejos?

*Cuando un sistema se logra identificar, entender, reproducir y evaluar el nivel de confianza en el conocimiento del sistema alcanza una comprensión tal, que permite reducir todos los recursos.*

## 5.2.2 OBJETIVO GENERAL

Realizar una estructura metodológica para la selección y evaluación de las variables de diseño modular a través de análisis DSM de los sistemas sociales.

## 5.2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Analizar las metodologías encontradas en el estado del arte para mejorar los tiempos de desarrollo de productos encontrando y resolviendo las necesidades y carencias para optimizar los procesos.

*Se han seleccionado las metodologías que buscan relacionar las variables del diseño para encontrar nuevos caminos que conduzcan a un mayor entendimiento de las condiciones de los productos.*

- b) Identificar las variables propuestas por los diferentes autores que permiten la comprensión e implementación del diseño conceptual modular.

*De los distintos autores se han escogido las medidas de desempeño y las variables que convergen en la agrupación de sistemas del orden modular que permiten validar a FAS como metodología de diseño modular.*

- c) Identificar las restricciones en la selección de variables que intervienen en el diseño conceptual para optimizar las funciones.

*Se han identificado y dividido las distintas variables del diseño, encontrando una definición clara y precisa para su utilización con esta metodología.*

- d) Estructurar analíticamente la propuesta de la metodología propuesta.

*La metodología se ha desarrollado a través de 7 pasos que dan solución al planteamiento modular.*

- e) Fundamentar la validez de la metodología propuesta con casos prácticos.

*La metodología se ha validado con 1 ejemplo de portaminas y 2 casos prácticos (un espejo y un cockpit)*

- f) Analizar comparativamente los datos obtenidos respecto a las metodologías actuales para verificar el índice de optimización.

*Los resultados obtenidos por las simulaciones muestran un grado de reducción del 25% en tiempo con una reducción cercana al 33% de los recursos empleados en el desarrollo de producto. Se confirma que el planteamiento de módulos en una etapa temprana del desarrollo, conlleva ventajas significativas tanto en tiempo como en recursos.*

### 5.3 LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO

Durante el último siglo y después de la revolución industrial, la producción en masa ha pasado por distintas épocas. En la etapa actual, con el perfeccionamiento de los sistemas de diseño y productivos, la comunidad intelectual sigue buscando la optimización de los productos a partir de sus procesos.

Las investigaciones recientes están enfocadas a metodología que acompañen y facilite los procesos de desarrollo. Esto conlleva a la unificación de los enfoques de desarrollo para su aplicación fácil y práctica en la industria productiva mundial.

La filosofía de KBE contempla de forma global, el conocimiento de las actividades de desarrollo junto con las de producto en la búsqueda de reducir los tiempos y costes para entregar productos competitivos, dinámicos y ágiles.

Es necesario seguir integrando metodologías y formar una ontología global que permita alcanzar éstos objetivos.

La utilización de potentes sistemas informáticos con los que se cuenta en la actualidad, ayuda a mejorar en gran medida las necesidades de las empresas para conseguir su competitividad en el mercado; Sin embargo hace falta el poder conjuntar los procesos y los sistemas a fin de conseguir un conocimiento más amplio y estructurar la nueva forma de producción que se requiere para los próximos años.

Para mejorar los objetivos planteados en ésta tesis, es necesario seguir mejorando los algoritmos de agrupación y facilitar el análisis de las variables en sistemas complejos facilite su uso generalizado de los diseñadores de productos.

Para que éste avance en el proceso de diseño tenga una gran impacto y se pueda unificar en periodos cortos de tiempo, sería conveniente la formación de grupos de trabajo interdisciplinarios de los investigadores que están dando soluciones específicas en éste gran campo para poder tener conclusiones que lleven completar el nuevo paradigma de los procesos de diseño.



## REFERENCIAS

- Agard, B., & Kusiak, A. (2004). Data-Mining-Based Methodology for the design of Product Families. *International Journal of Production Research*, 42(15), 2955-2969.
- Ahuett, H., & Ribas, C. (2002). Evolución de las metodologías de apoyo a la ingeniería concurrente. 77 - 85.
- Al-Fayoumi, M., Banerjee, S., & Mahanti, P. (2009). Analysis of Social Network using Clever Ant Colony Metaphor. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 41, 5.
- Belu, N., & Anghel, D. C. (2008). Using the FBS Model for the Analysis of the Correlation "Proble-Solution" in the Design Process. *Fascicle of Management and Technological Engineering*, 7(17), 4.
- Biles, W. E. (1991). A Simulation Study of Hierarchical Clustering Techniques for the Design of Cellular Manufacturing Systems. *Computers Industrial Engineering*, 21, 267 - 271.
- Borgatti, S. P. (2009). 2-Mode Concepts in Social Network Analysis. *Encyclopedia of Complexity and System Science*, 6.
- Borgatti, S. P., & Everett, M. G. (1989). The Class of All Regular Equivalences Algebraic Structure and Computation. *Social Networks*, 65-88.
- Browning, T. R. (2001). Applying the Design Structure Matrix to System Decomposition and Integration Problems: A Review and New Directions. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 48(3), 15.
- Brusoni, S., & Prencipe, A. (2005). Making Design Rules: A Multi-Domain Perspective. *Sweps*(136).

- Brylawski, M. (1999). Uncommon Knowledge: Automotive Platform Sharing's Potential Impact on Advanced Technologies. *SAMPE - 1st International Society of the Advancement of Material and Process Engineering*, 18.
- Campbell, J. R. (2004). *Architecting and Innovating*. (M. I. Technology, Ed.) Obtenido de DSpace@MIT: <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/5064>
- Carrascosa, M., Eppinger, S. D., & Whitney, D. E. (1998). Using design structure matrix to estimate product development time. *ASME Design Engineering Technical Conference, DETC98/DAC-6013*, 13-16.
- Cebrian, T. D., Lopez, M. J., & Vidal, R. (2008). OntoFaBeS Ontology Design Based in FBS Framework. *CIRP Design Conference*, 6.
- Cebrián-Tarrasón, D., Vidal, R., & Muñoz, C. (2008). Aplicación de Ontorfb a un caso práctico: Taxonomías de funciones o de comportamientos? *AEIPRO Zaragoza - International Management Association* (pág. 13). Zaragoza, España: AEIPRO / IPMA.
- Chen, Y., Paul, G., Cohen, R., Havlin, S., Borgatti, S. P., Liljeros, H., y otros. (2007). Percolation Theory and Fragmentation Measures in Social networks. *Journal in Physica*, 9.
- Chernoff, A., Borroni, C., Shabana, M., & Vitale, R. (2006). *Patente n° US 7,000,318 B2*. USA.
- Collins, S. T., Yassine, A. A., & Borgatti, S. P. (2008). Evaluation Product Development Systems Using Networks Analysis. *Wiley Interscience*, 14.
- Crewley, E., de Weck, O., Eppinger, S., Magee, C., Moses, J., Seering, W., y otros. (2004). *Massachusetts Institute for Technology ESD*. Obtenido de Engineering System Monograph: <http://esd.mit.edu/symposium/pdfs/monograph/architecture-b.pdf>
- Cross, R., Borgatti, S. P., & Parker, A. (2001). Beyond answers: dimensions of the advice network. (Elsevier, Ed.) *Social Networks*, 215 - 235.

- Cross, R., Parker, A., & Borgatti, S. P. (2002). A bird's-eye view: Using social network analysis to improve knowledge creation and sharing. (I. I. Value, Ed.) *Social Network Analysis*.
- Crute, V., Ward, Y., & Graves, A. (2003). Implementing Lean in aerospace - challenging the Assumptions Understandings the Challenges. *Technovation*, 917-928.
- Cunha, C., Agard, B., & Kusiak, A. (2007). Design for Cost: Module-Based Mas Customization. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 4(3), 10.
- Dahmus, J. B., Gonzalez-Zugasti, J. P., & Otto, K. N. (2001). *Elsevier*. Obtenido de Design Studies: [www.elsevier.com/locate/destud](http://www.elsevier.com/locate/destud)
- De Moya, M. E. (2006). Representación y Clasificación de Datos Geoespaciales Usando Redes Neuronales. *Simposium Geográfico y Cartográfico* (p. 12). Bogotá, Colombia: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Del Puerto, A. (2010). *Analysis of the Product Development Process for Geographically Distant Teams in Vehicle Tophat Design Phases*. Massachusetts, USA: MIT Master of Science in Engineering and Management.
- Diaz Dominguez, D. (2009). *Massachusetts Institute for Technology*. Obtenido de <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/70797>
- Echevarria Quintana, M. (2009). FAS Methodology. *2009 IEEE the 10th International Conference on Computer-aided Industrial Design & Conceptual Design*.
- Eckert, C., Clarkson, J. P., & Zanker, W. (2004). Change and customisation in complex engineering domains. *Research in Engineering Design*, 15, 1-21.
- Eppinger, S. D. (1991). Model-based Approaches to Managing Concurrent Engineering. *Journal of Engineering Design*, 2, 4.

- Fredriksson, P., & Gadde, L.-E. (2005). Flexibility and rigidity in customization and build-to-order production. *Industrial Marketing Management - Elsevier*, 34, 695-705.
- Freeman, L. C. (1995). Centrality in Social Networks Conceptual Clarification. *Social Networks*, 215-237.
- Frey, D. D., Winjnia, Y., Katsikopoulos, K., Herder, P. M., Subrahmanian, E., & Clausing, D. P. (2007). An evaluation of the Pugh controlled convergence method. En A. D. Conference (Ed.), *ASME Design Engineering Technical Conference, DETC2007-34758*, págs. 4-7. Las Vegas, Nevada.
- Gonzalez-Zugasti, J. P. (2000). *PhD: Models for Platform-Based Product Family Design*. MI, USA: Massachusetts Institute for Technology.
- Gonzalez-Zugasti, J. P., Otto, K. N., & Baker, J. D. (1999). Assessing Value for Product Family Design and Selection. *25th Design Automation conference ASME Design Engineering Technical Conferences* (pág. 11). Las Vegas, Nevada, USA: ASME.
- Gonzalez-Zugasti, J. P., Otto, K. N., & Baker, J. D. (2000). A method for Architecting Product Platforms. (Springer, Ed.) *Research in Engineering Design - Springer*, 12, 61-72.
- Griffiths, J., & Margetts, D. (2000). Variation in Production Schedules - implication for both the Company and its Suppliers. *Journal of Materials Processing Technology*, 103, 155-159.
- Gutierrez Fernández, C. I. (1998). *Integration Analysis of Product Architecture to Support Effective Team Co-Location*. Massachusetts, USA: MIT MS.
- Hartigan, J. A. (1975). Clustering Algorithms. *John Wiley / Sons*.
- He, D. W., & Kusiak, A. (1997). Design of Assembly for Modular Products. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 13(5), 10.

- Huang, C.-C., & Kusiak, A. (1999). Synthesis of Modular Mechatronic Products: A Testability Perspective. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 4(2), 14.
- Idicula, J. (1995). Planning for Concurrent Engineering. *Master Thesis*.
- Jandourek, E. (1996). A Model for Platform Development. *Hewlett-Packard Journal*, 18.
- Janitza, D., Lacher, M., Murer, M., Pulm, U., & Henning, R. (2003). A Product Model for Mass-Customisation Products. *Springer, LNAI*, 1023-1029.
- Jianxin, R. J., & Simpson, T. W. (2007). Product Family Design and Platform-Based Product Development: A State-Of-Art Review. *Journal of Intelligence Manufacturing*, 18(1), 5-29.
- Justel, D., Pérez, E., Vidal, R., Gallo, A., & Val, E. (2007). Estudio de Métodos de Selección de Conceptos. *XI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos*, (pág. 12). Lugo, España.
- Kannengiesser, U. (2008). Subsuming the BPM Life Cycle in an Ontological Framework of Designing. *4th International Workshop CIAO! and 4th International Workshop EOMAS*, (págs. 31-45). Montpellier, France.
- Karypis, G., Han, E. H., & Kumar, V. (2007). CHAMELEON: A Hierarchical Clustering Algorithm Using Dynamic Modeling. *IEEE Computer*, 22.
- Kitamura, Y., & Mizoguchi, R. (2004). Ontology-based Systemization of Functional Knowledge. *Journal of Engineering Design*, 15(4), 327-351.
- Kusiak, A. (2007). Innovation Science: a primer. *International Journal in Application in Technology*, 28(2-3), 10.
- Kusiak, A., & Smith, M. (2007). Data Mining in Design of Products and Production System. *Journal in Annual Reviews in Control*, 147-156.

- Lim, Y. S. (2007). Differing Roles of Axiomatic Design and Design Structure Matrix in Reducing System Complexity. *IEEE*, 1-4244(1529-2), 994-998.
- Lloveras, J. (2007). Creatividad en el Diseño Conceptual de Ingeniería de Producto. *Revista Creatividad y Sociedad*(10), 13.
- Mahfouz, M. A., & Ismail, M. A. (2009). Fuzzy Relatives of the CLARANS Algorithm With Application to Text Clustering. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 37, 8.
- Malak Jr, R. J., & Paredis, C. J. (2007). Validating behavioural models for reuse. *Research in Engineering Design*, 18, 111-128.
- Maniak, Remi; Midler, Christophe; Lenfle, Sylvain. (2007). Tracking the Routes of Innovation Management A Cross Case Perspective.
- Martin, M. J. (2000). *Methodology for Architecture Development for Product Design*. Massachusetts, USA: Massachusetts Institute of Technology MSEM.
- Mazur, G. (2000). QFD 2000: Integrating QFD and Other Quality Methods to Improve the New Product Development Process. *12th Symposium on QFD / 6th International Symposium on QFD 2000* (pág. 13). Japan: QFD institute.
- Meyer, M. H., de Weck, O., & Tarrion, M. (2011). Product Platforms. *Wiley International Encyclopedia of Marketing*, 5, 12.
- Meyer, M., & Lehnerd, A. P. (1997). The Power of Product Platforms. *New York, The Free Press*.
- Moses, J. (2003). The Anatomy of Large Scale Systems. *Massachusetts Institute for Technology - Internal Symposium* (p. 17). Massachusetts, USA: MIT.

- Moses, J. (2010). *Philosophy of Engineering and Technology* (Vol. 2). Netherlands: Springer Netherlands.
- Muffatto, M., & Roveda, M. (2002). Product Architecture and Platforms: A Conceptual Framework. *International Journal of Technology Management*, 24(10), 16.
- Otto, K. N. (2002). *Architecting Option Content*. (M. I. Technology, Ed.) Obtenido de DSpace@MIT: <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/3811>
- Pinillos, R. (2011). Platform Project Management: Optimizing Product Development by Actively Managing Commonality. *The newsletter of the Massachusetts Institute of Technology*, 5.
- Riba, C. (2006). *Metodologías de Ingeniería Concurrente*. Barcelona, España: Edicions UPC.
- Silver, M. R., & Weck, O. L. (2007). Time-Expanded Decision Networks: A Frame for Design Evolvable Complex Systems. *Systems Engineering*, 10, 2, 167-186.
- Simpson, T. W., Maier, J. R., & Mistree, F. (2001). Product Platform Design: Method and Application. (Springer, Ed.) *Research in Engineering Design*, 13, 2-22.
- Smaling, R., & Weck, O. d. (2006). *Assesing Risk and Opportunities of Technology Infusion in System Design*. Obtenido de Wiley Interscience: [www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com)
- Sorli, M., Vidal, R., Cebrián'Tarrasón, D., Sopelana, A., & Chulvi, V. (2009). Product Eco-Innovative Design based on the Knowledge. *16th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering*.
- Sosa, M. E. (2008). A structured approach to predicting and managing technical interactions in software development. *Research in Engineering Design*, 19, 47-70.
- Sosa, M. E., Eppinger, S. D., & Rowles, C. M. (2007). A Network Approach to define Modularity of Components in Complex Products. *ASME*, 129, 1119.

- Sosa, M. E., Steven, D., & Rowles, C. M. (2000). Designing Modular and Interactive Systems. *ASME 2000 International Design Engineering Technical Conferences, DETC2000/DTM-14571*, págs. 13-13. Baltimor, Maryland, USA.
- Sudjianto, A., & Otto, K. (2001). Modularization to support multiple brand platforms. *ASME Design Engineering Technical Conferences, DETC2001/DTM-21695*, 14.
- Suh Eun, S., & Weck, O. L. (2007). Flexible Product Platforms: Framework and case study. *Research in Engineering Design*, 18:67-89.
- Thebeau, R. E. (2001). *Knowledge Management of System Interfaces and Interactions for Product Development Process*. Massachusetts, USA: Massachusetts Institute fro Technology MSEM.
- Tovar, A., Arxola, N., & Gómez, A. (2007). Técnicas de Diseño Óptimo Multidisciplinario. *Revistas Científicas de America Latina, Caribe, España y Portugal*, 84-92.
- Tripathy, A., & Eppinger, S. D. (2007). *A System Architecture Approach to Global Product Development*. (M. I. Technology, Ed.) Obtenido de Social Science Research Network Electronic Paper Collection: <http://ssrn.com/abstract=981202>
- Triz Journal. (2008). *Triz40*. Obtenido de [http://triz40.com/aff\\_Principles.htm](http://triz40.com/aff_Principles.htm)
- Ulrich, K. (1995). The role of Product Architecture in the manufacturing Firm. *Elsevier Science Research*, 24, 419-440.
- Van Wie, M., Stone, R. B., Thevenot, H., & Simpson, T. (2007). Examination of Platform and Differentiating Elements in Product Family Design. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 18, 77-96.
- Weck, O. L., Suh, S. E., & Chang, D. (2003). Product Family and Platform Portfolio Optimization. *ASME Design Engineering Technical Conferences, DETC03/DAC*, 48721.

- Wei, C. P., Lee, Y. H., & Hsu, C. M. (2000). Empirical Comparison of Fast Clustering Algorithms for Large Data Sets. *33rd International Conference on System Sciences*, 10.
- Wie, M. V., Thevenot, H., & Simpson, T. (2007). Examination of Platform and Differentiating Elements in Product Family Design. *18*, 77-96.
- Wijnstra, J. G. (2001). Components, Interfaces and Information Models within a Platform Architecture. *J.Bosch - Springer*, 2186, 25-35.
- Williams, A. (2006). Product-service system in the automotive industry> the case of micro-factoring retailing. *Journal of Cleaner Production*, 14, 172-184.
- Yang, T. G., Beiter, K. A., & Ishii, K. (2005). Product Platform Development: Considering Product Maturity and Morphology. *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition* (pág. 11). Orlando, Florida, USA: ASME.
- Yassine, A. A. (2004). An Introduction to Modeling and Analyzing Complex Product Development Process Using the Design Structure Matrix (DSM) Method. *Urbana*, 17.
- Yu, J., Gonzalez-Zugasti, J. P., & Otto, K. N. (1999). Product Architecture Definition Based Upon Customer Demands. *Journal of Mechanical Design*, 121, 329.
- Yu, T.-L., Goldberg, D. E., Sastry, K., Lima, C. F., & Pilikan, M. (2009). Dependency Structure matrix, Genetic Algorithms, and Effective Recombination. *Evolutionary Computation*, 17(4), 595-626.
- Yu, T.-L., Yassine, A. A., & Goldberg, D. E. (2007). An information theoretic method for developing modular architectures using genetic algorithms. *Research in Engineering Design - Springer*, 91-109.
- Zakarian, A., & Kusiak, A. (2000). Analysis of Process Models. *IEEE Transactions on Electronics Packaging Manufacturing*, 23(2), 11.

Zha, X. F., & Sriram, R. D. (2006). Platform-based product design and development: A knowledge-intensive support approach. *Knowledge Based Systems - Science Direct - ELSEVIER*, 950.

*DSMweb.org: Design Structure Matrix (DSM)*. (August de 2010). Obtenido de <http://www.dsmweb.org/>

Página de la OICA (Organización Internacional de Fabricantes de Vehículos a Motor), <http://oica.net/>

## **ANEXOS**

## Sumario Anexos

**Anexos** ..... 170

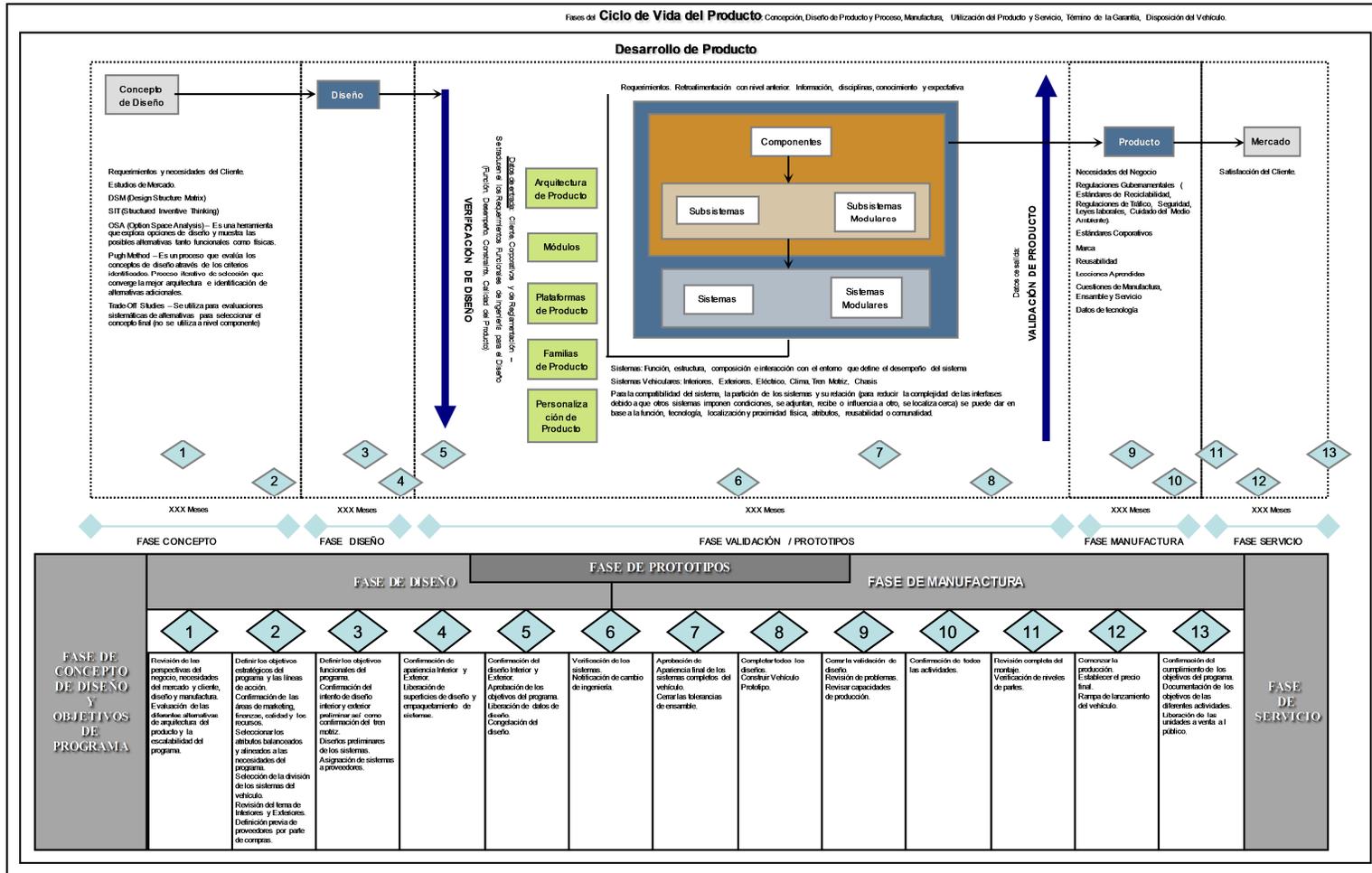
Anexo 1 Esquema General de Desarrollo de Producto

Anexo 2 Demostración de No Reconocimiento de valores del Algoritmo DSM.

Anexo 3 Datos Keyplayer Espejo Retrovisor.

Anexo 4 Datos Keyplayer Cockpit.

# ANEXO 1. Esquema General de Desarrollo de Producto.



Anexo 1. Características de cada fase en el Desarrollo de Productos. Fuente Propia

## ANEXO 2. Demostración de No Reconocimiento de valores del Algoritmo DSM.

Matriz Original

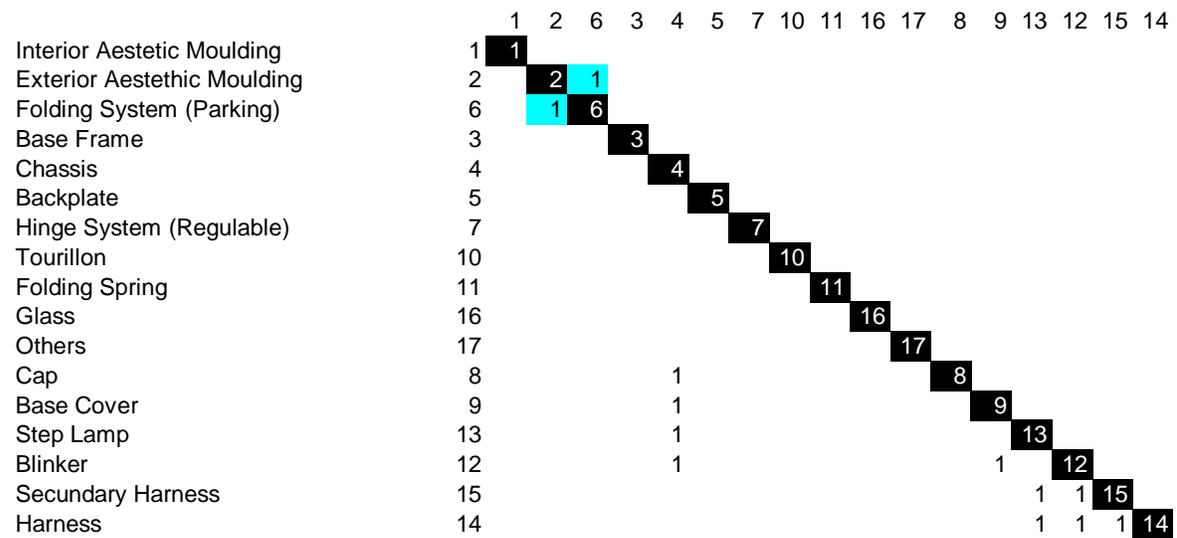
Name	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Interior Aesthetic Moulding	1																	
Exterior Aesthetic Moulding		2				1												
Base Frame			2	3	2		2			2	2							
Chassis				2	4	2	2	2		2	2							
Backplate					2	5	2			2	2					2		
Folding System (Parking)		1	2	2			6			2	2							
Hinge System (Regulable)				2	2			7									2	
Cap		3		1					8	2			2					
Base Cover			3	1				2		9				2				
Tourillon		3	2	2		2					10	2						
Folding Spring		3	2	2		2				2		11						
Blinker				1				2	1				12					
Step Lamp					1				2					13				
Harness		3	3	3		3	3	3	3	3	3	1	1		14	1		
Secondary Harness		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	3		15		
Glass					2		2									2	16	
Others																		17

Iteración con valores 1, 2 y 3

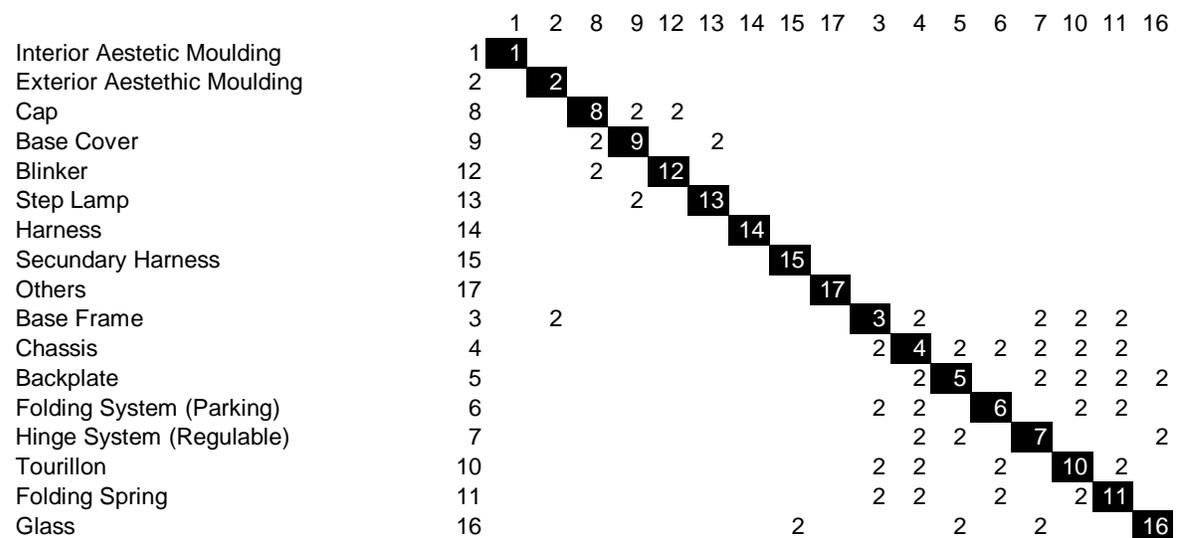
Name	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Interior Aesthetic Moulding	1																	
Exterior Aesthetic Moulding		2				1												
Base Frame			2	3	2		2			2	2							
Chassis				2	4	2	2			2	2							
Backplate					2	5	2			2	2					2		
Folding System (Parking)		1	2	2			6			2	2							
Hinge System (Regulable)				2	2			7									2	
Cap		3		1					8	2			2					
Base Cover			3	1				2		9				2				
Tourillon		3	2	2		2					10	2						
Folding Spring		3	2	2		2				2		11						
Blinker				1				2	1				12					
Step Lamp					1				2					13				
Harness		3	3	3		3	3	3	3	3	3	1	1		14	1		
Secondary Harness		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	3		15		
Glass					2		2									2	16	
Others																		17

Como se puede observar con respecto a la matriz original y la de la primera iteración, las posiciones de los elementos no cambian. Esto se debe a que no reconoce los valores como se demuestra en las siguientes tablas en las que se ha introducido únicamente el valor que corresponde a cada relación.

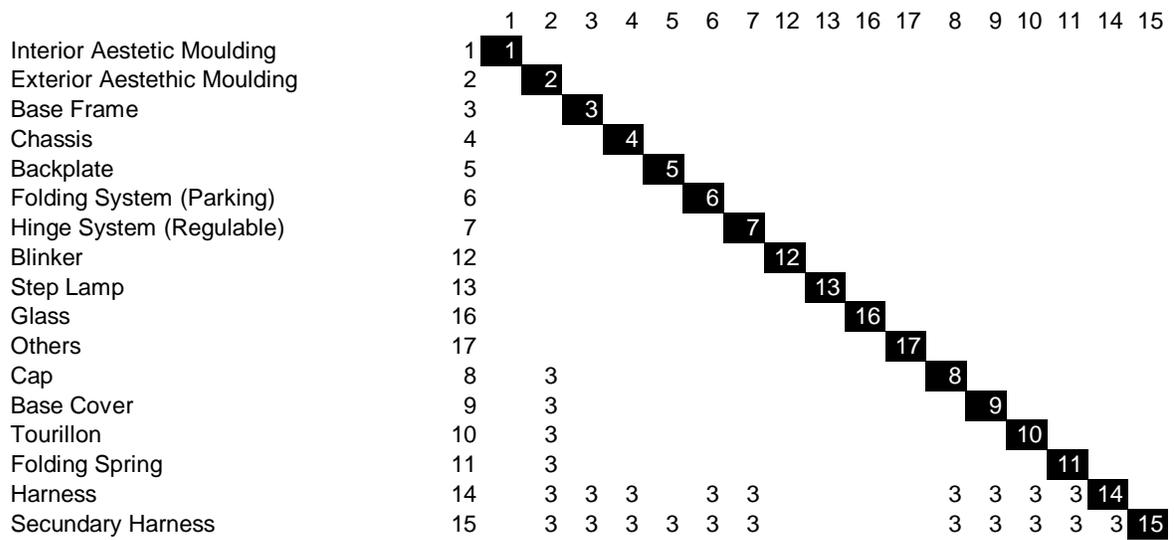
Iteración con Valor 1 – Funcional



Iteración con Valor 2 – Ensamble



Iteración con Valor 3 – Espacio



### ANEXO 3. Datos Keyplayer Espejo Retrovisor

Ésa es la matriz de datos que se necesita para obtener el gráfico de la *Figura 47* en el software KeySoft utilizado para encontrar los elementos clave con mayor número de relaciones.

dl

n = 17

labels embedded

format = fullmatrix

data:

	IAM	EAM	BF	CH	BP	FSP	HSR	C	BC	T	FS	B	SL	H	SH	G	O
IAM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EAM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BF	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
CH	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
BP	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
FSP	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
HSR	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
BC	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
T	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
FS	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SL	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



## Curriculum

### Educación

- Doctorando en Proyectos de Innovación Tecnológica (2007 - 2013)  
UPC, Barcelona España.
- Ingeniero Superior Mecánico Eléctrico, Especialidad en Diseño Mecánico (1996-2002),  
UNAM, México DF, México
- Ingeniero Superior Industrial (2000 - 2003)  
UNITEC, México DF, México

### Publicaciones e Investigación

- FAS Methodology (Relational Analysis) – Publicada en IEEE the 10th International Conference on Computer-aided Industrial Design & Conceptual Design 2009, Wenzhou China. Desarrollo de una metodología para la selección de módulos en el diseño conceptual a través de algoritmos de agrupación. 2009.
- FORD en conjunto con el Instituto de Física y Centro de Ciencias de la Materia Condensada de la UNAM, estuvimos en el proyecto para la utilización de nanotecnología (washcoat) en el desarrollo de convertidores catalíticos de tres vías en vehículos automotores a gasolina, para aumentar la eficiencia y reducir el uso de metales preciosos cumpliendo las normas de emisiones de gases. 2005–2007.
- Desarrollo de un programa computacional para el proyecto mecánico de engranes helicoidales, como tesis de licenciatura, que simula las etapas de diseño y cálculo de materiales y esfuerzos para la fabricación de engranes helicoidales en la industria. 2002.1

### Experiencia Laboral

#### FAURECIA

*Program Development Leader*

Desde Octubre 2013 a la fecha

#### FICOSA INTERNATIONAL

*Ingeniero de Calidad Avanzada*

De Enero 2007 a Noviembre 2008

#### ALTRAN

*Jefe de Proyecto*

Desde Enero 2007 a Septiembre 2013

#### FORD MOTOR COMPANY

*Ingeniero de Producto*

De Octubre 2003 a Septiembre 2006

#### ALSTOM WIND

*Coordinador de Cambios de Ingeniería*

De Enero 2012 a Diciembre 2012

#### COOPER INDUSTRIES

*Ingeniero de Producto*

De Noviembre 2001 a Octubre 2003

#### PEGUFORM (SMD)

*Ingeniero Calidad Diseño*

De Noviembre 2010 a Diciembre 2011

#### GRUPO CANTÁBRICO

*Ingeniero de Producto*

De Agosto 1996 a Octubre 2001

#### NISSAN

*Ingeniero de Producto*

De Noviembre 2008 a Octubre 2010

