

ÍNDICE

PRÓLOGO	XI
CAPÍTULO 1. PRODUCTO Y METODOLOGÍA DEL DISEÑO	1
Metodología del diseño	1
Producto industrial y organización de la cartera de productos.....	2
Tipología de productos.....	2
Complejidad del producto.....	3
Valor añadido: cadena de valor.....	4
Ciclo de vida del producto industrial.....	5
Cartera de productos.....	11
Diseño industrial y tipos de diseño: Innovador, evolutivo, adaptativo	14
Diseño industrial.....	14
Tipos de diseño.....	16
Necesidad de una metodología de diseño	16
Búsqueda de referencias bibliográficas	16
Búsqueda de textos técnicos.....	17
Normativa para referencias bibliográficas.....	19
Revistas de diseño recomendadas	20
Ejercicios	21
Ejercicio 1.1. Importación de citas.....	21
Ejercicio 1.2. Búsqueda de bibliografía y formulación de cita.	28
CAPÍTULO 2. PROCESO DE DISEÑO Y MODELADO DE PRODUCTOS INDUSTRIALES	29
Proceso de Diseño y Desarrollo de Productos Industriales (PDDPI)	29
Fase 1. Ideación.....	30
Fase 2. Diseño de concepto.....	30
Fase 3. Diseño de detalle.....	31
Fase 4. Verificación y testeo	31
Fase 5. Producción.....	32
Fase 6. Mercado	32
Fase 7. Disposición final	33
Evolución histórica y propuestas actuales de metodologías de diseño	33
El proceso de diseño: fases, procedimientos y técnicas de análisis y síntesis	38
Modelos descriptivos	38
Modelos prescriptivos	40

Modelos sistemáticos	46
Teoría de las dimensiones del proyecto	47
Enfoques actuales	48
IDEF-0	49
Definiciones	50
Los diagramas y sus componentes	53
Normas de representación	54
Información necesaria para desarrollar un modelo	59
Herramientas para IDEF-0	60
Ventajas de uso de IDEF-0	61
Recomendaciones de uso de IDEF-0	61
Ejercicios	61
Ejercicio 2.1. IDEF-0 de producto “tostadora industrial”	61
Ejercicio 2.2. IDEF-0 de proceso de diseño y desarrollo de un tostador de Pan.....	64
Ejercicio 2.3. IDEF-0 de proceso “fabricar cuadro de bicicleta”	66
Ejercicio 2.4. IDEF-0 de proceso “diseñar un reloj”	66
CAPÍTULO 3. IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES POR ANÁLISIS CONJUNTO Y FUZZY.	
BRIEFING DE DISEÑO.....	67
Introducción	67
Factores que afectan al análisis de necesidades	68
Procedimientos a desplegar para el análisis de necesidades	68
Según enfoque de mercado.....	69
Según enfoque tecnológico o de producto.....	69
Identificación de necesidades por análisis conjunto	72
Pasos a seguir para la identificación por análisis conjunto	73
Estudios alternativos derivados del análisis conjunto	78
Identificación de necesidades por Lógica Difusa (Fuzzy Logic).....	78
Briefing de diseño	79
Ejercicios	80
Ejercicio 3.1. Análisis conjunto para dos tipos de ordenadores	80
Ejercicio 3.2. Análisis conjunto para neumáticos de automóvil.....	82
Ejercicio 3.3. Lógica difusa.....	89
Ejercicio 3.4. Matriz de dominancia binaria y correlación	93
Ejercicio 3.5. Briefing de diseño.....	95
CAPÍTULO 4. INGENIERÍA DE REQUISITOS.....	99
Introducción	99
Paso 1: Determinación y definición de los atributos relevantes del contexto y sus valores	102

Paso 2: Establecimiento del conjunto de Técnicas de Educación 107

Paso 3: Establecimiento de los valores de Adecuación de las Técnicas de Educación 107

Paso 4: Procedimiento para seleccionar las técnicas más apropiadas
para un proyecto dado 109

Ejercicios 114

 Ejercicio 4.1. Determinación de técnicas de educación..... 114

 Ejercicio 4.2. Extracción de requisitos..... 126

 Ejercicio 4.3. Determinación de atributos..... 137

CAPÍTULO 5. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL DISEÑO Y TOMA DE DECISIONES. AHP Y ANP 139

Requerimientos de evaluación en el proceso de diseño y desarrollo de productos. 139

 Capacidades en la creación de sistemas o productos 139

 Algunos aspectos importantes 139

 Modelo de toma de decisiones (MTD). 140

Tipos de modelos (de toma de decisiones) 141

Métodos de estimación 143

Métodos de evaluación del diseño con técnicas multicriterio 144

 Método del Valor Técnico Ponderado (VTP) 145

 Método de árbol de decisión coste-beneficio 146

 Otras técnicas de evaluación 147

 Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) 148

 Fundamentos teóricos de ANP 182

Ejercicios 186

 Ejercicio 5.1. Valoración de alternativas mediante AHP. 186

 Ejercicio 5.2. Selección de alternativas mediante VTP..... 192

 Ejercicio 5.3. Priorización de alternativas mediante ANP. 194

 Ejercicio 5.4. Aplicación de ANP..... 203

 Ejercicio 5.5. Evaluación de alternativas mediante árbol de decisión. 207

 Ejercicio 5.6. Evaluación de alternativas mediante árbol de decisión. 208

CAPÍTULO 6. ESPECIFICACIÓN FORMAL DE PRODUCTOS. FAST Y UML..... 213

Establecimiento de especificaciones 213

Fuentes de información para el análisis de necesidades y especificación
de productos 213

Especificaciones funcionales 214

 Definición y formalización de los RFs 214

 Categorización funcional con relación a su origen o utilidad 220

 Clasificación jerárquica 220

 Técnicas de análisis y especificación funcional..... 220

Ejercicios 240

Ejercicio 6.1. Formulación de requerimientos funcionales.....	240
Ejercicio 6.2. Diagrama FAST.....	241
Ejercicio 6.3. Diagrama de colaboraciones.....	243
Ejercicio 6.4. Diagrama estático.....	244
CAPÍTULO 7. DISEÑO Y DESARROLLO INTEGRADO DE PRODUCTOS. QFD	245
La calidad de los productos por el diseño	245
Despliegue de la función de calidad. QFD	245
Etapas de QFD en el proceso de diseño y desarrollo	248
Pasos de construcción de la matriz de calidad.....	249
Ventajas de QFD como metodología de diseño y desarrollo integrado de productos (DDIP).....	251
QFD Fuzzy.....	252
Ejercicios	256
Ejercicio 7.1. Matriz QFD I.....	256
Ejercicio 7.2. Matriz QFD III.....	259
Ejercicio 7.3. Matrices QFD I y II.....	262
Ejercicio 7.4. Matriz QFD II difusa.....	264
Ejercicio 7.5. Matriz QFD I difusa.....	271
CAPÍTULO 8. DISEÑO AXIOMÁTICO	275
Introducción.....	275
Ingeniería de sistemas.....	276
Dinámicos o estáticos.....	278
Lineales o no lineales.....	279
Discretos o continuos	279
Abiertos o cerrados	279
Deterministas o aleatorios	280
Combinacionales o secuenciales	280
Rígidos o flexibles	280
Metodología de diseño axiomático.....	280
Los dominios de diseño.....	281
Evolución de la información	283
Axiomas de diseño.....	288
Axioma de información	293
Tipos de diseño con base en la matriz de diseño	296
Las restricciones en el diseño axiomático.....	300
La reangularidad y semangularidad.....	301
El proceso de diseño en el diseño axiomático	302
Teoremas y corolarios	303
Ejercicios	308

Ejercicio 8.1. Matriz de diseño y axioma de información.....	308
Ejercicio 8.2. Axioma de independencia funcional.....	310
Ejercicio 8.3. Matriz B.....	310
CAPÍTULO 9. ANEXO: TÉCNICAS DE EDUCCIÓN DE REQUISITOS.....	315
Introducción.....	315
Entrevista no estructurada.....	315
Entrevista estructurada.....	318
Observación de tareas habituales.....	319
Incidentes críticos.....	321
Clasificación de conceptos.....	323
Cuestionarios.....	325
Análisis de protocolos.....	327
Emparrillado.....	328
Tormenta de ideas.....	331
Técnica de grupo nominal.....	334
Grupo focal (Focus Group).....	337
Método Delphi.....	339
Laddering.....	341
Observación participativa.....	342
Prototipos.....	343
Joint Application Design (JAD).....	345
Casos de uso.....	348
Otras técnicas.....	349
BIBLIOGRAFÍA.....	353
ÍNDICE ANALÍTICO.....	357

PRÓLOGO

La elaboración de un libro de diseño industrial genera un gran interés y expectativa en los profesionales al considerarlo como un instrumento que les permitirá crear un flujo de valor y el cual tomará asiento en las necesidades personales y sociales, lo cual determina una responsabilidad para los autores. Esto se hace más acuciante en los momentos actuales en los que el diseño y el modo de pensar de los diseñadores, como agentes que resuelven problemas que satisfacen necesidades exitosamente, han tenido un gran reconocimiento social más allá de las fronteras del diseño industrial, como ha sido el caso del Design Thinking. Este último y su aceptación han determinado el interés en extender sus principios articulando un cuerpo de conocimiento que integre la racionalidad y el conocimiento científico, y sobre el que posteriormente puedan instalarse métodos de resolución de problemas de diseño, siendo este el propósito del presente libro.

Un aspecto que estaba presente en la obra de H.A. Simon, cuando en 1996 escribió *The Sciences of the Artificial* como intento de sentar las bases de la ciencia del diseño, es la búsqueda de un conjunto de principios y esquemas de análisis y síntesis que pudiera fijar las bases teóricas de las que se derivaran las reglas del diseño prescriptivo. Desde entonces nos encontramos en la situación presente en la que se pide al diseño concebir productos cada vez más complejos y que integren sinérgicamente drivers o controladores de solución satisfactorias en los económico (economía), ambiental (ecología) y social (equidad). De ello deviene no solo atender a la complejidad de los productos y sistemas, sino también del proceso de diseño cuyos problemas en cuanto a soluciones requieren el encaje de los requerimientos de la Triple Bottom Line (TBL) o 3E (economía, ecología, equidad). Esta nueva situación de complejidad del producto, del proceso de diseño y de la operación en entornos de desarrollo en plataforma digitales hace necesario cada vez más técnicas, métodos y herramientas con una mayor fundamentación científica que permita la simulación y optimización del producto. Es este el rumbo bajo el que se acometió la presente obra.

Junto al reconocimiento de la singularidad del pensamiento del diseño con sus fases de cognición divergente y convergente, la complejidad de los nuevos productos y sistemas técnicos unido a los requerimientos concurrentes multifactoriales de la solución y evaluación del diseño para satisfacer los objetivos de sostenibilidad, se

hace necesario considerar la incorporación de inteligencia o smartización de los mismos para la interacción con el entorno inteligente, su desarrollo digital pensando que el mismo constituirá el alma (la parte virtual) de los sistemas ciberfísicos, todo lo cual traslada una gran responsabilidad al diseño y la necesidad de acometerlo desde la ingeniería del Ciclo de Vida en entornos PLM y BIM soportados por tecnologías inteligentes.

El presente texto constituye una obra que tendrá su continuidad en sucesivos textos y que nos permitirá ir desgranando las técnicas, métodos, recursos y marcos de trabajo, de forma que nos permitan llevar a concebir productos ciberfísicos inteligentes conectados.

LOS AUTORES

Dra. María Jesús Ávila Gutiérrez, Ingeniera en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto, Máster en Ingeniería de Instalaciones y Diseño de Productos y Dra. en Ingeniería de Fabricación.

Dr. Francisco Aguayo González, Ingeniero Industrial, Dr. Ingeniero Industrial.

Dr. Juan Ramón Lama Ruiz, Ingeniero en Electrónica y Dr. en Ingeniería de Fabricación.

Escuela Politécnica Superior de Sevilla.

1 PRODUCTO Y METODOLOGÍA DEL DISEÑO

METODOLOGÍA DEL DISEÑO

De acuerdo con la variedad de problemas y tareas implicadas en el desarrollo de productos, las actividades de diseño tienen múltiples facetas. En primer lugar dependen de conocimientos científicos y tecnológicos básicos, pero también de la experiencia propia de los distintos ingenieros de diseños y desarrollo del producto y de sus conocimientos específicos en el área asociada al producto en desarrollo.

Teniendo en cuenta la responsabilidad esencial de los ingenieros en diseño sobre las características, tanto técnicas como económicas, de un producto y la importancia comercial de un proceso de desarrollo eficiente y ajustado a plazos y costes limitados, es muy importante tener definido un procedimiento o metodología de diseño y desarrollo del producto que permita alcanzar de una forma segura soluciones adecuadas. Dicha metodología debe ser flexible, a la vez que posible de planificar, optimizar y verificar.

Sin embargo, dicho enfoque solo puede resultar exitoso si todos los participantes en el proceso de desarrollo tienen los conocimientos adecuados y trabajan de forma sistemática.

La metodología de diseño es una forma de actuación concreta para el diseño de sistemas técnicos que obtiene su conocimiento a partir de las enseñanzas de la

ciencia del diseño, los dominios específicos de la ingeniería y de la psicología cognitiva, así como de la experiencia práctica en diferentes sectores.

Incluye:

- Planteamientos de acción para conectar las diferentes fases de trabajo y desarrollo de acuerdo a sus contenidos y a la organización planteada.
- Estrategias, reglas y principios para alcanzar objetivos generales y específicos.
- Métodos para resolver problemas de diseño individuales o tareas parciales.

Es importante destacar que el empleo de una metodología no está reñido con la intuición o la experiencia, sino que intenta ampliar y canalizar el potencial de los diseñadores industriales/ingenieros de producto/ingenieros en diseño, a la vez que muestra que las soluciones exitosas no dependen únicamente de la intuición o la experiencia, sino de muchos otros factores. Al estructurar el problema y las tareas asociadas al diseño o desarrollo de productos, se consigue también reconocer la posible aplicación de soluciones existentes para resolver problemas concretos y acelerar las etapas del proceso global.

PRODUCTO INDUSTRIAL Y ORGANIZACIÓN DE LA CARTERA DE PRODUCTOS

Entendemos por productos industriales el grupo de atributos tangibles e intangibles que incluyen el envase, embalaje, atributos estéticos, el precio, la calidad y la marca, además de los servicios, la reputación del vendedor, constituyendo un producto sistema. Todo esto debe ser diseñado y desarrollado en el contexto empresarial para su fabricación en pequeñas o grandes series.

La cartera de productos se define como un grupo de productos, servicios que son ofrecidos por una empresa para su venta y que están asociados como oferta de mercado a la empresa a través de la marca.

Tipología de productos

Existen diferentes tipos de producto dependiendo del sector, número de unidades, destino y consumibles, los cuales pasamos a definir:

1. Sector. El término sector hace referencia al conjunto de empresas que satisfacen con sus productos una misma necesidad o comparten una tecnología. El sector industrial usa productos industriales y cada sector tiene unas características específicas. Como ejemplo, el sector del automóvil

produce unos tipos de producto para satisfacer necesidades de movilidad y tiene una tecnología para su diseño y desarrollo.

2. Número de ítems (unidades) producidos. Productos únicos, pequeñas series, productos de grandes series. No es lo mismo un producto único que uno fabricado en serie en lo referente al diseño y desarrollo de productos y el proceso de fabricación asociado.
3. Destino. El producto puede estar destinado a un usuario final o a una empresa/industria. Esto determina productos industriales o productos de consumo individual o colectivo.
4. Consumibles, repuestos. Los consumibles son elementos o productos fabricados en serie que se consumen o degradan con el paso del tiempo. Como ejemplo, la correa de distribución (colocación fácil para poder intercambiar).

Complejidad del producto

La complejidad del producto puede definirse por el número de piezas, conjuntos y subconjuntos, por el gran número de funciones que soporta, por el elevado número de tecnologías que puede conllevar en su diseño y fabricación, por sus parámetros dimensionales, etc.

A mayor número de elementos, mayor complejidad tendrá el producto en cuestión. Se intentarán diseñar productos lo menos complejos posibles. Entre dos productos con la misma función, el mejor es el más simple. La complejidad de producto y del proceso de diseño y desarrollo tiene otras muchas dimensiones.

En relación con las dimensiones del producto se puede caracterizar la complejidad del producto en las siguientes dimensiones, en atención a su evolución y al proceso de diseño y desarrollo del producto.

- Producto potencial: aumentos y transformaciones futuras del producto. Apuntan a una posible evolución (departamento de I+D).
- Producto incrementado: incorpora servicios y beneficios añadidos para diferenciarse de la competencia. Son atributos que no se esperan y generan mayor satisfacción.
- Producto esperado: conjunto de atributos que los compradores normalmente esperan. Su ausencia provoca insatisfacción y su presencia no genera mayor satisfacción.
- Producto genérico: versión básica del producto.
- Beneficio básico: servicio o beneficio que el cliente quiere adquirir (función o necesidad).

Valor añadido: cadena de valor

La forma en que se analiza el valor demandado por el cliente y la forma en que se crea dicho valor añadido a los insumos se hacen mediante la cadena del valor como se muestra en la figura 1-1. El producto tendrá un valor para el cliente que determinará su éxito en el mercado. El valor económico del producto contempla el coste de la materia prima, el proceso de fabricación, la distribución, y en general, los costes asociados a las actividades que añaden valor. Es importante encontrar una relación calidad-precio.



Fig. 1-1. Valor añadido

La cadena de valor empresarial, o cadena de valor, es un modelo teórico que permite describir el desarrollo de las actividades de una organización empresarial generando valor a través del producto que se ofrece al cliente final como se muestra en la figura 1-2.

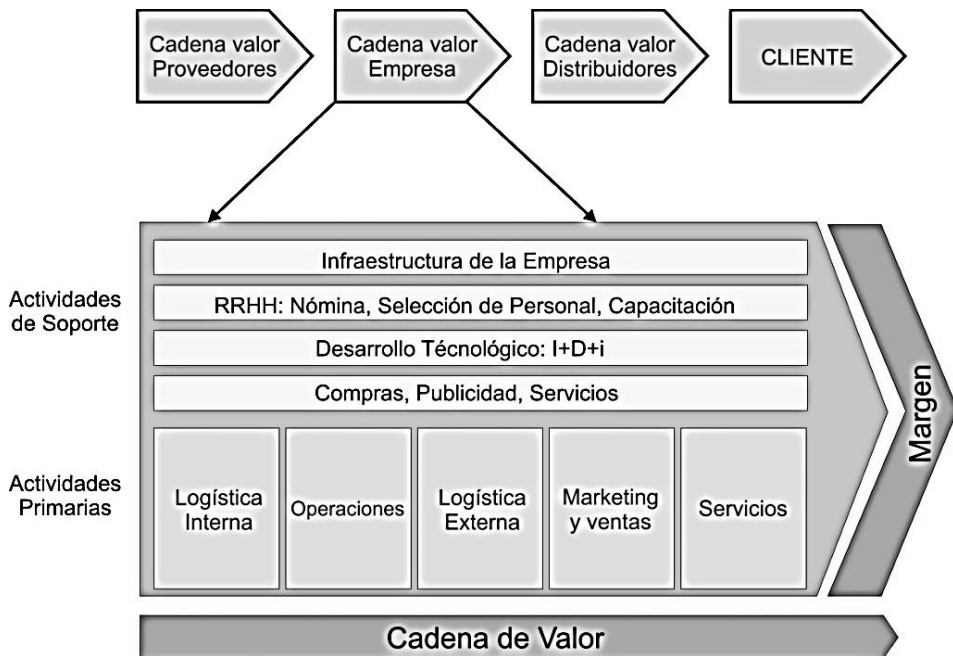


Fig. 1-2. Cadena de valor

En la figura 1-2 podemos ver dos tipos de actividades: las primarias y las de soporte.

- **Actividades primarias.** Son las que se refieren a la creación física del producto, diseño, fabricación, venta y el servicio posventa, y pueden también a su vez, diferenciarse en subactividades directas, indirectas y de control de calidad. El modelo de la cadena de valor distingue cinco actividades primarias:
 - Logística interna bilateral. Comprende operaciones de recepción, gestión de los pedidos, seguimientos y distribución de los componentes. Es decir, recepción, almacenamiento, control de existencias y distribución interna de materias primas y materiales auxiliares hasta que se incorporan al proceso productivo.
 - Operaciones (producción). Es el procesamiento de las materias primas para transformarlas en el producto final.
 - Logística externa. Abarca el almacenamiento, recepción y distribución del producto al consumidor.
 - Marketing y ventas. Son aquellas actividades con las cuales se da a conocer el producto.
 - Servicios de posventa o mantenimiento. Agrupa las actividades destinadas a mantener y realzar el valor del producto, mediante la aplicación de garantías, servicios técnicos y soporte de fábrica al producto.
- **Actividades de soporte.** Son las actividades que apoyan o auxilian a las primarias. Distinguimos entre:
 - Infraestructura de la organización. Son actividades que prestan apoyo a toda la empresa, como la planificación, la contabilidad y las finanzas.
 - Dirección de recursos humanos. Estas actividades se encargan de la búsqueda, contratación y motivación del personal.
 - Desarrollo de tecnología, investigación y desarrollo. Son las actividades generadoras de costes y valor.
 - Compras, publicidad, servicios.
 - Sistemas de información.

Ciclo de vida del producto industrial

El ciclo de vida del producto es la evolución en el mercado representado a través de las ventas del mismo durante el tiempo que permanece como objeto de negocio en la empresa. Los productos no generan un volumen máximo de ventas

inmediatamente después de introducirse en el mercado, ni mantienen su crecimiento indefinidamente.

Las ventas y beneficios de los productos industriales siguen las pautas de introducción, crecimiento, madurez y declive como se representa en la figura 1-3.

- **Introducción.** También llamada presentación, ocurre justo después del momento en que un nuevo producto se introduce en el mercado. Las ventas están a niveles bajos porque todavía no hay una amplia aceptación del producto en el mercado.
- **Crecimiento.** A medida que el producto es aceptado en el mercado, la demanda se estimula y se registran incrementos muy fuertes en las ventas.
- **Madurez.** En esta fase el producto se consolida en el mercado y tiene una demanda constante.
- **Declive.** Por diferentes razones la demanda del producto baja y se registran decrementos muy fuertes en la venta, debido por ejemplo a la aparición de productos sustitutivos, cansancio de los consumidores, nuevas tecnologías, etc. Esta fase también se denomina de obsolescencia.

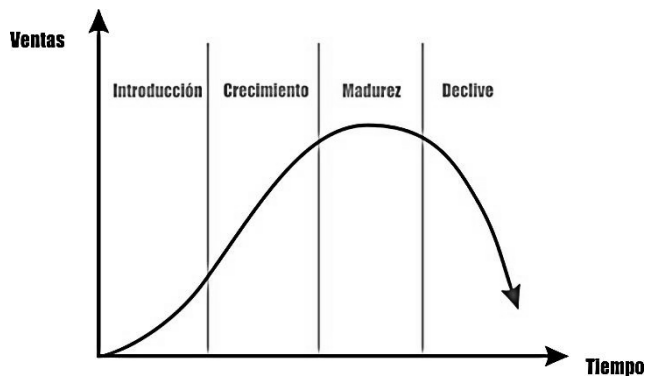


Fig. 1-3. Etapas del ciclo de vida del producto

Hay que contemplar que a lo largo del **ciclo de vida** de un producto, existe una etapa en la que no se generan ingresos, sino que por el contrario la organización deberá tener prevista una inversión que recuperará a largo plazo, en caso de que la comercialización del producto se realice con éxito. Esta etapa comprende las fases de estudio, desarrollo, prototipado y producción.

ANÁLISIS ESTRATÉGICO DE LAS CINCO FUERZAS DE PORTER

El modelo de las cinco fuerzas de Porter (véase figura 1-4) propone un modelo de reflexión estratégica sistemática para determinar la rentabilidad de un sector específico, normalmente con el fin de evaluar el valor y la proyección futura de empresas o unidades de negocio que operan en dicho sector.

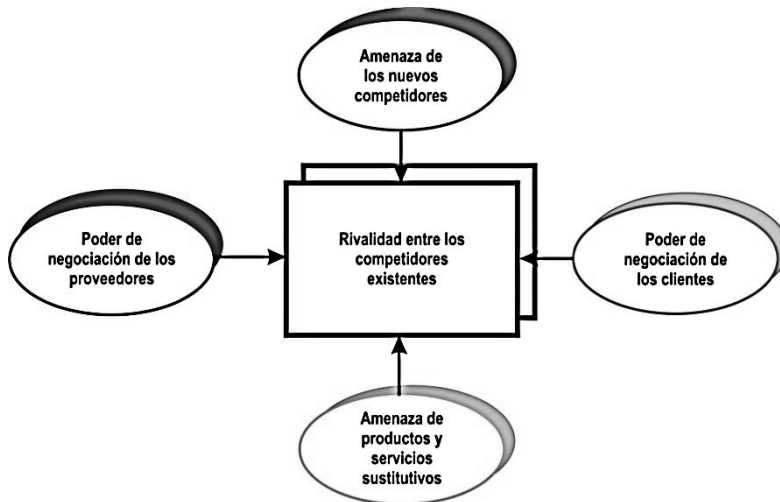


Fig. 1-4. Modelo de las cinco fuerzas de Porter

(F1) Poder de negociación de los compradores o clientes. Si en un sector de la economía entran nuevas empresas, la competencia aumentará y provocará una ayuda al consumidor logrando que los precios de los productos de la misma clase disminuyan. Por otro lado, ocasionará un aumento en los costos ya que si la empresa desea mantener su nivel en el mercado, deberá realizar gastos adicionales.

(F2) Poder de negociación de los proveedores o vendedores. Los proveedores son un elemento muy importante en el proceso de posicionamiento de una empresa en el mercado porque son aquellos que suministran la materia prima para la producción de los bienes y va a depender del poder de negociación que tengan para que vendan sus insumos. Es decir, cuantos más proveedores existan, menor es su capacidad de negociación ya que existirán diferentes ofertas, lo cual provocará que los proveedores o vendedores tiendan a disminuir el precio de sus insumos, lo que es favorable para las empresas.

(F3) Amenaza de nuevos competidores. Cuando en un sector de la industria hay muchas ganancias y muchos beneficios por explorar es de esperar la llegada de

nuevas empresas para aprovechar las oportunidades que ofrece ese sector. Como es obvio estas empresas lanzarán sus productos, aumentando la competencia y disminuyendo la rentabilidad. Cuando el sector se presenta atractivo, las empresas tratarán de sacar provecho a las oportunidades del mercado y maximizar sus ganancias, pero también hay que tener en cuenta que existen barreras de entrada que prácticamente son elementos de protección para las empresas que pertenecen a la misma industria tales como alto requerimiento de capital, altos costos de producción, falta de información, saturación del mercado, etc.

(F4) Amenaza de productos sustitutivos. Un producto sustitutivo es aquel que satisface las mismas necesidades que el producto en estudio. Constituye una amenaza en el mercado porque puede alterar la oferta y la demanda y más aún cuando estos productos se presentan con bajos precios, buen rendimiento y buena calidad. Los productos sustitutivos obligan a las empresas a estar en alerta y bien informadas sobre las novedades en el mercado ya que pueden alterar la preferencia de los consumidores.

(F5) Rivalidad entre los competidores. De acuerdo con Porter, esta quinta fuerza es el resultado de las cuatro fuerzas anteriores y la más importante en una industria porque ayuda a que una empresa tome las medidas necesarias para asegurar su posicionamiento en el mercado a costa de los rivales existentes.

Actualmente, en la mayoría de los sectores existe la competencia y para vencerla hay que saber controlar muy bien el ambiente que le rodea y sobre todo si queremos sobrevivir en el mercado, tenemos que diferenciarnos del resto y posicionarnos sólidamente.

PROLONGACIÓN DEL CICLO DE VIDA

Los ciclos de vida de los productos no siempre se corresponden con el ciclo de vida canónico que desarrolla todas las etapas de ciclo de vidas, existen productos que no siguen todas las etapas de ciclo de vida o que las siguen con una ley de evolución distinta.

Un aspecto que tiene incidencia en la forma del ciclo de vida se corresponde con las actuaciones de las empresas que en muchas ocasiones se esfuerzan por alargar la vida del producto todo lo posible para mantenerlo más tiempo en el mercado. Esto se debe a que es mucho más económico mantener un producto en el mercado que retirarlo y lanzar otro nuevo.