

CAPÍTULO 4

SOFTWARE DE INGENIERÍA, DE DISEÑO Y DE CREATIVIDAD. ESTADO DEL ARTE

4 SOFTWARE DE DISEÑO, DE INGENIERIA Y DE CREATIVIDAD. ESTADO DEL ARTE

4.1 Introducción

La utilización de los ordenadores como instrumentos de ayuda a las diferentes actividades humanas ha cobrado tal importancia que hoy resulta casi inconcebible subsistir en un mundo tan competitivo sin su uso. Se puede decir que su aplicación ha cubierto todas las esferas de la actividad humana, si bien es cierto, algunas veces se perciben aplicaciones informáticas un tanto banales o innecesarias. Es previsible que el uso de ordenadores vaya en aumento cada vez más. De hecho las estadísticas (Comunidad de Madrid, 2001) muestran que en la Unión Europea ya en el año 2000 el 25% de su población utilizaba ordenadores en forma habitual (siendo los países nórdicos los que llevan la iniciativa con cerca del 45%).

Esas cifras son suficiente argumento para sostener la importancia que tiene la investigación sobre el mejor uso de tales instrumentos. Por ello, en este capítulo se aborda el tema del software como herramienta de asistencia al ingeniero o al diseñador en el desarrollo de productos, con el propósito de mostrar el estado del arte actual. Con ello se pretende aclarar el punto de partida hacia nuevas propuestas que logren dar un paso más hacia delante en la evolución de esta clase de herramientas. Para lograrlo, se hace una revisión de la historia evolutiva del software utilizado en diseño, seguramente con cierto sesgo hacia el diseño mecánico, inevitable por la formación y experiencia profesional propia del que realizó este estudio.

La presentación del capítulo se ha dividido en tres grandes apartados. El primero muestra específicamente el tema del software tipo "CAX", término que aquí se utiliza para hacer referencia a la denominación que ha recibido comercialmente este tipo de programas y que comprende básicamente tres grandes grupos: CAD, CAE y CAM. Es necesario mencionar que dada la tendencia que muestra este tipo de software hacia el desarrollo de la ingeniería colaborativa, resulta imposible catalogarlo como exclusivamente software tipo CAD, así que en la presentación de este primer apartado se incluirá el portafolio de productos de las principales empresas que se han identificado con software CAD pero que en este momento ofrece herramientas de tipo integral de manejo del ciclo de producto.

El segundo bloque de programas que se presentan está asociado con la implementación de herramientas de gestión modernas de la ingeniería tales como QFD, ingeniería

concurrente, análisis de valor, etc., es decir, aquellos programas que no son CAD pero que pueden asistir al ingeniero de diseño en el desarrollo de productos.

En el tercer apartado se aborda el tema del software de creatividad, presentando aquí una revisión de las características de los principales programas comerciales encontrados, e identificando sus atributos que puedan darle una potencial aplicación como instrumentos que complementen el software de diseño.

La presentación de estos programas se hace en un principio sustentada sobre la información suministrada por las propias empresas desarrolladoras y, cuando existe la información, sobre evaluaciones y críticas encontradas en diferentes fuentes. Con ello se espera cubrir el abanico amplio de oferta actual, mostrando sus potencialidades y también sus debilidades, buscando descubrir la forma en que la creatividad y el desarrollo conceptual de productos son abordados por cada uno de ellos.

4.2 Software de Diseño (CAD/CAM/CAE)

Para apoyar la gran mayoría de actividades de diseño se cuenta con una oferta comercial de software, ampliamente reconocido y aceptado por su aporte y beneficios demostrados en la práctica. Por ejemplo se encuentran muchas opciones de paquetes tipo CAD, algunos de los cuales ofrecen versiones especializadas para los diferentes tipos de aplicaciones en ingeniería, que dan un soporte muy importante en el área de diseño de detalle, particularmente en lo relacionado con el dibujo de piezas, ensamble de conjuntos, verificación dimensional, cálculo del volumen de materiales, etc. También se pueden mencionar los programas de análisis de elementos finitos (FEA) que han dado agilidad al proceso de cálculo de los elementos mecánicos, por ejemplo, permitiendo incorporar en forma efectiva procesos de optimización. Este tipo de software se complementa con el concepto denominado genéricamente como “manufactura asistida por ordenador” (CAM), de manera que se ha logrado integrar una cadena dentro del proceso de diseño y producción de elementos. A esto se puede sumar las investigaciones más recientes que han llevado a nuevas propuestas como la evaluación de diseños mediante técnicas de realidad virtual y de realidad ampliada.

El estudio de la evolución de la tecnología informática revela el protagonismo que ha tenido el desarrollo de sistemas CAD. Técnicas tales como el diseño vectorial, la organización por capas, la automatización de tareas, el manejo de diseño en 3D, etc., tienen su origen en el desarrollo de programas CAD. Aunque en un principio este tipo de programas estuvo limitado por las capacidades inherentes al hardware, cuando aparecen

los circuitos electrónicos que permite la integración de funciones a gran escala y los lenguajes de alto nivel, el CAD adquiere su verdadera dimensión, convirtiéndose en instrumento estratégico a nivel productivo industrial con altos índices de utilización.

Históricamente se puede situar el surgimiento del CAD como herramienta de alta demanda con el nacimiento de la empresa Autodesk en el año 1982, cuyo objetivo se centró en desarrollar CAD a un precio competitivo, teniendo en cuenta que las propuestas que hasta esas fechas se manejaban, eran poco viables para la mayoría de las empresas debido a sus costes. Para el año 1997 se identifican cinco grandes empresas desarrolladoras de este tipo de software: Autodesk Inc., Product Development Cia., Dassault Systems, SDRC y EDS/Intergraph; con un volumen de mercado que rondaba los 100 mil millones de dólares en Estados Unidos y 25 mil millones de euros en Europa (Argote, 2001).

Actualmente se puede encontrar en el mercado una gran variedad de sistemas CAD, desde muy sencillos y de tipo «freeware» (gratuitos) hasta aquellos desarrollados para sectores industriales específicos, con altísima sofisticación.

Características de algunos de los programas más importantes comercialmente se describen a continuación, agrupados por las cuatro primeras empresas de desarrollo mencionadas anteriormente, ya que la quinta EDS/intergraph desarrolla software específicamente para cartografía, no siendo éste campo de interés para la presente investigación.

4.2.1 Programas de Autodesk, Inc.

Esta empresa sigue siendo la más conocida a nivel mundial en software CAD para PC's. Actualmente ofrece un abanico de productos bastante amplio que va desde el programa de referencia AutoCAD hasta programas especializados en diferentes ramas de la técnica. La Tabla 4.1 muestra los productos por esta empresa (Autodesk, 2004).

Como se puede apreciar, la diversificación de la oferta comercial de Autodesk, Inc., muy intensa y orientada a satisfacer requerimientos especializados para diferentes disciplinas de la técnica. Sin embargo, siguen existiendo productos que son íconos del CAD y que a continuación se describen en forma más detallada.

Tabla 4.1 Familia de productos Autodesk, Inc.

Diseño general	<ul style="list-style-type: none"> • AutoCAD • AutoCAD LT
Arquitectura y construcción	<ul style="list-style-type: none"> • Autodesk Architectural Desktop • Autodesk Achitectural Studio • Autodesk VIZ
Industria y fabricación	<ul style="list-style-type: none"> • Autodesk Inventor Series • Autodesk Inventor Professional
Infraestructura y GIS	<ul style="list-style-type: none"> • AutoCAD Mechanical • Autodesk Map Series • Autodesk Map 3D • Autodesk Envision • Autodesk Raster Design • Autodesk Land Desktop • Autodesk Civil Design • Autodesk Survey • Autodesk Map guide • Autodesk OnSite View • Autodesk OnSite Enterprise
Visualizadores	<ul style="list-style-type: none"> • Volo View • DWF Componer • DWF Viewer
Colaboración	<ul style="list-style-type: none"> • Autodesk Buzzsaw

a. **AutoCAD®**

La última versión de este producto reúne características avanzadas alrededor del concepto de proyecto, es decir, el conjunto de dibujos y planos que hace referencia al mismo trabajo, de manera que resulta sencilla su gestión en forma integrada. Ello minimiza la posibilidad de errores y permite el trabajo en equipo, que es una de las características más deseables en la actualidad. Todo ello además de las características más conocidas de este programa, que sigue siendo el referente en el mundo del diseño, características que en cada nueva versión son mejoradas siempre con el objetivo de facilitar la personalización y aumentar la productividad en el desarrollo del trabajo.

En general, la última edición del AutoCAD® se desarrolla bajo tres premisas centrales: Creación, Administración y Compartición.

Las mejoras en la primera de ellas giran en torno a la posibilidad de personalizar los menús y en el manejo de tablas, por medio de las cuales es posible documentar con mucha flexibilidad todo el trabajo realizado. También destaca la incorporación de muchas opciones para la edición de dibujos en 3D, tales como sombreados, creación de ambientes, imágenes de fondo, etc. Es importante también señalar la posibilidad que se presenta de arrastrar objetos de dibujo a las barras de herramientas con el propósito de reutilizarlos cuando sea necesario, con lo cual se flexibiliza y agiliza el trabajo.

En cuanto a la tarea de Administración el software ha evolucionado hacia el concepto de manejo integrado de proyectos, de manera que a nivel empresarial permite gestionar grandes conjuntos de planos e incluso vistas y modelos. La vinculación entre las unidades que conforman un conjunto de planos integrados permite la actualización automática y la verificación de modificaciones sencilla. A todo esto se suma la posibilidad de almacenar versiones, con lo cual se minimiza el riesgo de pérdida de información.

La labor de «compartición» se refiere a la impresión de planos y conjuntos de planos, ya sea en formato en papel o en formato digital. Estas acciones se pueden realizar en segundo plano, es decir, da la posibilidad de seguir trabajando mientras se desarrolla la actividad de impresión. El compartir digitalmente un conjunto de planos en forma rápida, facilita el intercambio de información a través de la red.

Se puede ver por esta breve descripción, que la evolución del AutoCAD® posibilita muchas acciones, pero también se puede intuir que mantiene una de los inconvenientes más criticables a este software, cual es el de requerir con cada versión nueva una gran cantidad de tiempo y esfuerzo para incorporar las mejoras al acervo del conocimiento de los delineantes. La gran variedad de opciones que se añaden si bien es cierto tecnológicamente significan un paso hacia delante, también es cierto que causan cierto grado de frustración en los usuarios que jamás se pueden ver absolutamente competentes en su manejo.

Cabe destacar, además, que los esfuerzos realizados para la actualización permanente de este software no tienen en cuenta las fases iniciales del diseño, para facilitarlas o potenciarlas. Están concebidos para aumentar la productividad sobre la base de rapidez y de incorporación de funcionalidades especiales pero a costa de cierto grado de libertad que necesita el diseñador durante sus actividades primarias de conceptualización del diseño.

b. Autodesk inventor® series

Se trata de un software tipo suite que integra tres programas: 3D Autodesk Inventor®, AutoCAD® Mechanical y Autodesk® Vault. El primero de ellos permite evolucionar diseños 2D a un ambiente 3D y facilita la conexión de equipos de diseño con equipos de fabricación, sumando las funcionalidades de análisis por elementos finitos (FEA) de ANSYS® que permite la optimización dimensional de piezas. También este programa posibilita la integración de normas de diseño y fabricación de manera que los ensambles se realicen correctamente. El segundo programa mencionado, está concebido para apoyar el diseño mecánico en 2D, incluye muchas facilidades para generar elementos convencionales mecánicos, tales como levas, engranajes,

muelles, etc., y permite la realización de análisis de elementos finitos en 2D. El último módulo de esta suite, Autodesk® Vault, permite la administración de los datos generados en el diseño.

Una característica importante del Autodesk Inventor® es la de iniciar el diseño bajo el entorno denominado «bocetos» que en realidad poco tiene que ver con la fase de conceptualización de una solución, ya que hace referencia es al perfil o contorno que sirve de base para la construcción de los modelos 3D, por lo cual cuando se utiliza esta herramienta ya se tiene definida conceptualmente la pieza a realizar.

c. Autodesk® Buzzsaw®

Esta herramienta está pensada para apoyar el diseño colaborativo. Con ella es posible crear un sitio Web para toda la empresa y sobre el desarrollar múltiples proyectos. Se logra definir una forma estandarizada para gestionar proyectos, asegurando el desarrollo consistente de la información, de los procesos comunes a todos los proyectos y la rápida comunicación entre integrantes. Los diferentes usuarios de la red pueden abrir los archivos de planos de un proyecto y manejarlos como si fuesen copias en papel y si se autoriza, puede realizar modificaciones en los planos originales.

Una utilidad importante que se logra con esta herramienta es la de «clonar» proyectos, es decir, reutilizar información generada en la realización de anteriores proyectos, tales como archivos, usuarios, permisos de acceso, logotipos y formas, permitiendo de esta manera ir construyendo lo que se podría denominar la memoria empresarial, una de las herramientas más importantes para la gestión del conocimiento.

4.2.2 Programas de Product Development Technology, PTC. Inc.

Esta compañía fue creada en 1985 en Massachussets, y actualmente cuenta con más de 150 oficinas en todo el mundo y emplea más de cuatro mil trabajadores. La familia de productos de PTC (Product Development Company, 2004) se muestra en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2 Soluciones ofrecidas por Product Development Technology, PTC Inc.

Diseño de productos	• ProENGINEER
Análisis FEA	• Pro/Mechanica
Diseño compartido	• Pro/Desktop
Visualización de archivos	• Division
¿?	• Granite One
Colaboración	• Windchill

Su filosofía se ha centrado en los últimos años en soluciones para el desarrollo colaborativo de productos, basadas en la red y destinadas a compartir y aprovechar los activos en toda la cadena de valor.

a. Pro/ENGINEER

Es el principal programa de esta compañía, constituido por varios módulos integrados, que «...cubren la totalidad del proceso de desarrollo del producto, desde la concepción inicial hasta la reparación y mantenimiento, pasando por la definición detallada del producto». Para ello dispone de módulos de diseño, de producción y fabricación, de cableado y de diseño de barcos. La interfase de usuario que utiliza (Intuitive Direct Modeling™) está certificada por Microsoft como una que facilita el aprendizaje rápido y la implementación.

Las principales herramientas asociadas al Pro/ENGINEER Design que es software de interés particular para esta investigación son:

- Foundation: para diseño de sólidos y chapa, construcción de conjuntos, diseño de estructuras soldadas y generación de planos.
- Behavioral Modeling: Permite el manejo de requisitos técnicos y la automatización de alternativas de diseño.
- Advanced Assembly: Diseño de conjuntos de elementos asociados.
- Advanced Surface: Diseño de superficies, mediante modelado paramétrico. Útil también para hacer ingeniería inversa (trabaja con modelos digitalizados para extraer información).
- ISDX: Para diseño de superficies flexibles, complejas y de formas no regulares.
- ModelCHECK: Para aplicar a los diseños las normas de producción de la empresa, optimizando el posterior proceso de producción.
- Plastic Advisor: Simula el proceso de inyección de plástico.
- Mechanism Design: Para simulación cinemática.
- Mechanism Dynamic: Adicional al anterior módulo, permite la creación de prototipos virtuales para simulación.
- Design Animation: para hacer presentaciones animadas de los diseños y mejorar su evaluación y comprensión.
- Intralink: Herramienta para la gestión del proyecto, que permite modificar, controlar versiones y reutilizar el historial de diseños anteriores.

- API Toolkit: para desarrollo de aplicaciones que permite personalizar y automatizar tareas.

b. ProMechanical

Está diseñado para verificación y optimización de elementos y estructuras, aprovechando la flexibilidad que el dibujo paramétrico tiene, simula con rapidez el rendimiento mecánico de los componentes diseñados, de manera que se reduce la necesidad de fabricación de prototipos reales. Usa el método FEA para análisis mecánico y para ello se divide en varias herramientas, como son:

- Motion: Calcula y optimiza las fuerzas operativas durante el movimiento dinámico de los mecanismos.
- Structure: Calcula esfuerzos, deformaciones y vibraciones operativas de piezas y conjuntos.
- Thermal: Para determinar y optimizar temperaturas operativas y flujos térmicos de piezas y conjuntos.

c. Pro/DESKTOP

Herramienta desarrollada con el propósito de facilitar el modelado de piezas con un enfoque en el método de arrastrar y soltar. La compañía sostiene como característica especial el esbozo rápido en 2D, para captura de ideas, así como el diseño basado en funciones. Realmente se trata de una interfase simple que permite la construcción rápida de esbozos 2D utilizando pocas entidades de dibujo (línea, círculo, arco, rectángulo y otras), pero manteniendo la potencia del software para manipulaciones complejas, tales como simulaciones, animaciones, ensambles, etc., siempre bajo la tecnología del dibujo parametrizado.

d. DIVISION

Software para administración y procesamiento del diseño colaborativo, de tipo visual tanto en 2 como en 3D, que permite creación de simulaciones y prototipos para evaluación, permitiendo la participación de más personas en el proceso.

Se puede concluir que esta empresa evidencia la tendencia de integrar en formato tipo «suite» toda su oferta, enmarcada bajo la filosofía de la gestión de ciclo de vida del producto, PLM.

4.2.3 Productos de Dassault Systèmes

La filosofía marcada por esta compañía también gira en torno al ciclo de vida del producto, de tal manera que ha pasado a convertirse más que en el productor de un software de diseño, en un conjunto articulado de herramientas que busca asistir a las empresas en todos los aspectos relacionados con el producto, desde se concepción hasta su mantenimiento. Las soluciones que cumplen la filosofía de esta empresa del manejo de ciclo de vida del producto (Dassault Systmes, 2002) se presentan en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3 Productos ofrecidos por Dassault Systèmes

Diseño y análisis	• CATIA
PLM y toma de decisiones	• ENNOVIA
Gerencia compartida	• SMARTEAM
Ingeniería concurrente	• DELMIA
Desarrollo de plataforma V5.	• ESPACIAL
Dibujo 2D y 3D	• SolidWorks

Los dos programas que tienen relación directa con el diseño de producto para los fines de esta etapa de la investigación, se presentan a continuación.

a. CATIA

Se trata del producto bandera de la compañía para el desarrollo de productos sobre el que gira todo el concepto de ciclo de producto. Incorpora herramientas para integrar todas las actividades de desarrollo de producto incluyendo el diseño de estilo y forma, el análisis de ingeniería, la maquetación digital, simulación de funcionamiento, etc.

Su valor añadido en las últimas versiones se centra en el desarrollo colaborativo, posibilitando el intercambio de datos, archivos y gestión integrada del proyecto de diseño.

b. SolidWorks

Es el producto de dibujo y diseño en 2D y 3D. Ha mostrado desde su lanzamiento una concepción de utilización simple y rápida de aprender y por ello ha captado un segmento importante del mercado. Incorpora en sus últimas versiones la herramienta de análisis por elemento finito COSMOS. Además, por estar integrado en la filosofía de la compañía, facilita el desarrollo colaborativo de diseños y la interconexión con los otros programas de la plataforma base.

Integra dentro de su ambiente una buena flexibilidad de trabajo y la posibilidad de generar modelos 3D a partir de bosquejos realizados rápidamente en 2D. Además contiene una herramienta de comunicación vía e-mail que facilita el compartir diseños con colaboradores. Por la red también tiene acceso una gran librería de elementos que se arrastran y pegan con facilidad en el dibujo.

4.2.4 Productos de UGS

Esta empresa surge hacia el año 2000, básicamente de la unión de dos grandes empresas: la Unigraphics Solutions, nacida en el año 1963 como una de las pioneras de software CAM, y la SDRC, creada en 1967 por un grupo de investigadores de la Universidad de Cincinnati, y que es más conocida por su producto estrella, llamado I-DEAS, lanzado al mercado a principios de los 90's. La unión de estas compañías permite la generación de una oferta importante bajo el concepto de la gestión del ciclo de vida del producto, PLM.

El portafolio de productos actualmente ofrecidos por UGS (2004) se encuentra relacionado en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4 Productos ofrecidos por UGS

Gestión de conocimiento, bajo enfoque PLM.	• TeamCenter
Desarrollo de producto.	• NX
Dibujo 2D y 3D	• Solid Edge
Ingeniería concurrente	• E-Factory

a. TeamCenter

Es el producto pivote para la gestión empresarial con visión de ciclo de vida del producto. Su filosofía se centra en administrar y compartir todos los activos intelectuales de la empresa incluyendo los procesos de planeación, desarrollo y fabricación del producto, pero también incluye herramientas de análisis empresarial, como por ejemplo barreras o dificultades, proveedores, socios, etc., para la toma de decisiones. Asegura la empresa poseer la más amplia oferta de software PLM del mundo.

Tiene una estructura tipo suite (modular) configurable de acuerdo con el tipo de empresa y de soporte requerido y nativa sobre ambiente web. El módulo central del software es el Experteam™, que utiliza un concepto de búsqueda y chequeo para determinar las personalización del PLM para la empresa. Una vez que la configuración se define para una empresa en particular, el software ofrece soluciones pre-definidas que incorporan

adicionalmente las convenciones internacionales ampliamente aceptadas (nomenclatura, modelos de reporte, etc.). Alrededor de este módulo central, se ofrece módulos específicos por tipos de industria: aeroespacial y defensa, automoción y tecnología electrónica de punta.

Además el portafolio incluye módulos genéricos aplicables a cualquier otro tipo de empresa:

- Teamcenter Enterprice. Para capturar toda la información que normalmente se encuentra dispersa por la empresa.
- Teamcenter Engineering. Provee un ambiente colaborativo que combina la potencialidad de administración de datos con la visualización gráfica con acceso a las múltiples plataformas de sistemas CAD: Unigraphics, Solid Edge, CATIA, Pro/Engineer, AutoCAD. Permitiendo el intercambio entre aquellas plataformas y el procesamiento de datos tales como especificaciones de ingeniería, documentos y requerimientos.
- Teamcenter Manufacturing. Permite a todos los usuarios de la empresa, incluyendo proveedores, aliados estratégicos y clientes, utilizar la interfase del programa para definir, validar y compartir información de pre-producción, asociar productos, procesos, planta y recursos, y ejecutar un amplio rango de aplicaciones digitales de manufactura.
- Teamcenter Project. Util para compartir en tiempo real toda la información del proyecto al equipo de trabajo aunque se encuentre disperso en varias ubicaciones geográficas. Así, es posible compartir ideas, notas, comentarios, etc.
- Teamcenter Requeriments. No solamente posibilita a los participantes en la cadena de valor capturar y compartir información, sino que una vez recolectados todos los requerimientos de un producto, pueden ser asociados a elementos específicos del producto, estableciendo costes, comportamientos, peso, potencia, fiabilidad, etc.
- Teamcenter Visualization. Integra capacidades de visualización multiplataforma CAD y opciones de prototipado virtual. Así el equipo de trabajo, aunque se encuentre disperso, puede examinar y conceptuar sobre un diseño en particular. Las modificaciones se pueden realizar en el CAD nativo y regresarlas para nueva revisión.
- Teamcenter Community. Administrador de la comunidad empresarial.
- Temacenter Integrator. Integra la información dispersa de la empresa, para facilitar su acceso a la comunidad.

b. Unigraphics NX: Desarrollo digital de productos

Integra todas las fases de desarrollo de producto: diseño, ingeniería y fabricación. Para ello dispone de los siguientes módulos:

- **Planning.** Facilita la conceptualización del producto, permitiendo la captura de conocimiento y de requisitos utilizando guías o plantillas.
- **Industrial design and styling.** Con esta herramienta se posibilita la creación rápida de formas y estilos que dan cuerpo al producto. Para ello usa unas herramientas de renderización y visualización rápida.
- **Design.** Con una orientación hacia el diseño mecánico y la generación de documentación, flexibiliza el diseño de productos complejos. Incluye aplicaciones especializadas para diseño de lámina y de productos plásticos.
- **Design simulation.** Permite simular, validar y optimizar los productos diseñados, reduciendo los costes relacionados con construcción de prototipos físicos y las modificaciones introducidas luego de la valoración. Integra su propia herramienta de FEA (NX MasterFEM y NX Nastran) así como de simulación dinámica (NX Scenario).
- **Tooling and machining.** Herramienta que está dinámicamente ligada al módulo de diseño, facilita el proceso de manufactura y mecanización.
- **Knowledge drive automation.** Con éste se puede capturar conocimiento de productos y procesos para reutilizarlos posteriormente.

c. Solid Edge

Es la herramienta de CAD en 3D que ofrece esta compañía, caracterizada por la posibilidad de hacer el diseño en forma colaborativa permitiendo así la participación de toda la organización en el proceso. Otra característica importante es la captura del conocimiento de diseño, representado en la historia del desarrollo del producto, que puede ser utilizado para futuros desarrollos.

Se puede concluir que se trata de una serie de programas de tipo modular que buscan la integración de todo el ciclo de desarrollo de producto. La incorporación de las estrategias de punta en la ingeniería del producto, tales como el diseño colaborativo y la gestión del conocimiento, permiten identificar a este fabricante como uno de los más poderosos del mercado actual.

4.3 Software de Ingeniería del Producto

Aquí se agrupan aquellas iniciativas que buscan integrar en sistemas informáticos de apoyo a la ingeniería, herramientas de última generación de la gestión del producto, tales como: QFD (Quality function deployment), FMEA (Failure modes and effects analysis), Diseño concurrente, Diseño para el ensamble, etc., entendiendo que este tipo de herramientas puede contener elementos importantes para la fase conceptual del diseño de productos.

En esta oportunidad se presentan los programas no por la empresa desarrolladora sino por el nombre asignado, debido a que en general tales empresas se han concentrado en un solo tipo de producto y no ofrecen un portafolio tan amplio como en el caso de software CAD antes presentado.

4.3.1 TeamSET: Concurrent engineering tools.

Como su nombre lo indica, se trata de un conjunto de herramientas que implementa las siguientes metodologías de la ingeniería del producto (TeamSET, 2003):

- QFD. Que es una técnica de planeación utilizada para traducir los requerimientos de diseño a especificaciones de producto, involucrando a los clientes potenciales más representativos del producto. Como en el modelo clásico, el software desarrolla el QFD en etapas secuenciales que cubre desde la planeación del producto hasta la planeación de producción, mediante una serie de gráficas en cascada, que permite integrar los varios sistemas en los que se puede descomponer un producto.
- DFA. Diseño para ensamblaje, es una técnica de análisis estructurado muy simple que permite al equipo de diseño la gestión de la información requerida para reducir los costos de producción, mediante la optimización del número de partes, la simplificación de la manipulación de componentes, y el mejoramiento del proceso de ensamble propiamente dicho.
- MA. Análisis de manufactura, permite la optimización del proceso de producción de cada componente individual, asistiendo al diseñador en la selección del proceso y material más adecuado desde las primeras etapas del diseño, permitiendo una rápida estimación de costo, mostrando la proporción del costo correspondiente a cada característica del elemento y facilitando la comparación de costos entre alternativas.
- FMEA. Análisis modal de fallos y efectos es la técnica que permite identificar las áreas del producto con potenciales problemas de manera que se puedan corregir antes de que el producto sea físicamente desarrollado. El programa permite una

descripción funcional de cada parte, la identificación de los modos de fallo para cada una de ellas y los efectos que estos pueden llegar a causar.

- DTC. Diseño orientado a costes, posibilita el monitoreo y control de los costes de manufactura asociados a un conjunto objetivo de costes del producto durante la etapa de especificaciones. El monitoreo se considera importante dado que durante la fase de diseño es normal que los costes esten a la deriva y por ello muchas alternativas pueden resultar inapropiadas. Así que con esta herramienta se determinan unos topes de coste por función de manera que se haga una permanente comparación entre con los costes actuales y aplicar los correctivos a tiempo. Este análisis se realiza periódicamente de forma que es fácil aplicar los correctivos oportunamente.
- Con-Con. Así se denomina a la técnica de convergencia de conceptos, que permite comparar y seleccionar alternativas para cumplir un conjunto de requerimientos. La técnica se utiliza para evaluar conceptos de diseño, identificar fortalezas y debilidades e identificar las ideas que tienen mayor potencial.

Se trata entonces de un software especialmente adaptado para la gestión del desarrollo del producto, que introduce algunas herramientas que pueden resultar útiles para la fase conceptual del diseño. Particularmente aquellas que introducen la técnica de QFD y la de análisis de costes son relevantes para establecer las condiciones de los conceptos iniciales y para evaluar alternativas, respectivamente.

4.3.2 PRORAD: Professional Rapid Product Concept Development

Se trata de un proyecto financiado por la Unión Europea desarrollado entre los años 1998 y 2000 en el que participaron instituciones de Francia (Consulting and IT Services), España (AUSA e ICT), Italia (IVECO) y Alemania (FhG-IAO y IAT), con el objetivo de desarrollar una metodología y una herramienta informática para el proceso industrial de desarrollo rápido de productos enfocado a las fases iniciales de desarrollo. Como resultados, el proyecto ha presentado (Centre CIM 2002):

- Un Manual metodológico y modelos de referencia para la gestión y la generación de ideas de nuevos productos, proporcionando los pasos alternativos que conduzcan al desarrollo conceptos de productos.
- Una herramienta que sirve de guía y sugiere la forma de gestionar el conocimiento basado en modelos de procesos y de mapas de conocimiento que garantiza la simplicidad de soluciones apropiadas y de bajo coste.

- Una guía secuencial sobre cómo desarrollar una infraestructura eficiente para la gerencia de datos, ideas y conceptos de productos nuevos.

En forma concreta el prototipo desarrollado es un gestor de conocimiento empresarial que facilita el intercambio de información entre usuarios. Está organizada en formato Web que resulta familiar a cualquier usuario. En la página de acceso permite gestionar la correspondencia de cada miembro del equipo, el intercambio de información y la agenda de trabajo, todo ello agrupado por proyecto (es decir, cada proyecto tiene su propio espacio).

La página está estructurada de manera que posibilita el acceso a procesos, ideas, conceptos, métodos y enlaces. Además provee de herramientas de acceso a elementos conceptuales divididos en categorías, formando una especie de árbol de conceptos que se va construyendo cada empresa, permitiendo de esta manera conservar la historia de los diseños desarrollados. Dispone de herramienta de búsqueda de información y un apuntador de ideas, para compartir con el equipo.

Es de resaltar la forma sencilla en que se integra la gestión del conocimiento empresarial mediante una estructura centralizada en el producto alrededor del cual se asocia las diferentes fuentes de información que facilitan su desarrollo.

Realmente es una herramienta de interfase que facilita la gestión de la información, pero que no integra módulos o herramientas concretas que asistan al ingeniero de diseño en el desarrollo propiamente de ideas conceptuales.

4.3.3 SPEDEMAM: Specific design for manufacturing and assembly methodology.

Se trata de un proyecto europeo cuya finalidad es proporcionar una herramienta informática específicamente diseñada para pequeñas y medianas empresas del sector de la maquinaria y equipos, para asistirles en el diseño para la manufactura y el ensamble, incorporando las técnicas del DFMA⁸ en sus procesos (PROFACTOR, 2002).

La metodología que pretende implementar este proyecto implementa un procedimiento sistemático para evaluar alternativas de diseño, realizar el análisis funcional y estimar los costes. Se centra en lo que ellos denominan la “segunda fase” o etapa del diseño, aquella en la cual el diseño se optimiza, por ejemplo por la variable costes, aunque también se hace referencia a la fase inicial relacionada con la definición de especificaciones.

⁸ DFMA es el acrónimo de Design for manufacture and assembly.

En general el software incorporará los seis módulos representados en la Figura 4.1.

- Evaluación de Costes. En este módulo se elaborará los parámetros para la estimación de los costes de manufactura, incluyendo el tiempo de maquinaria necesaria para fabricar las partes. Así será posible determinar los costes de manufactura y ensamble de cada una de las piezas de la maquina que se analice.
- Análisis Funcional. Ayudará al usuario a definir las funciones del producto, clasificándolas para su análisis. Ofrecerá una librería que asiste al diseñador en esta identificación.
- Definición de especificaciones. Es el módulo de entrada de especificaciones para ser clasificadas en requerimientos y deseos, y ser ponderadas en función del su importancia frente al mercado.
- Generación de alternativas. Se basa en el módulo de análisis funcional estructurado en forma de árbol para poder definir alternativas para cada una de las funciones, siempre enfocando en los costes de la alternativa y en su contribución a la solución global.
- Evaluación de alternativas. Se efectuará sobre la base de los costes de manufactura y ensamble y el cumplimiento de las especificaciones.
- Diseño conceptual. Incluirá las decisiones actuales de cada alternativa junto con sus esquemas tomando en cuenta las incompatibilidades entre ellas y produciendo finalmente una descripción del nuevo producto adoptado.

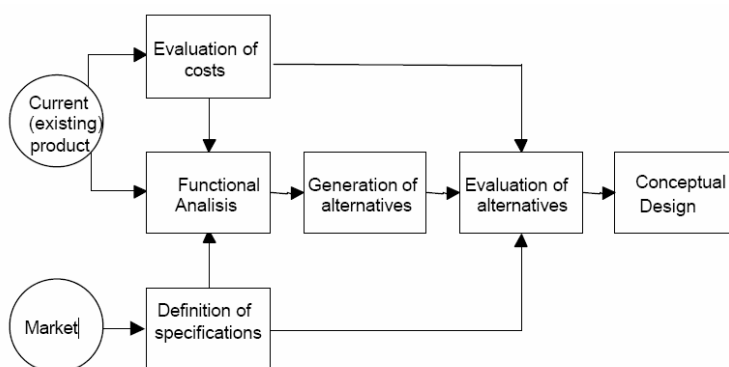


Figura 4.1 Módulos en los que el proyecto divide el proceso de diseño conceptual.

Fuente: PROFACTOR (2002)

Actualmente la información suministrada en cuanto a resultados del proyecto muestra el desarrollo del módulo de estimación de costes de manufactura, en el que se integran las ecuaciones pertinentes para varias operaciones mecánicas de manufactura y una primera “maqueta” del software. Pero no se dispone de información más actualizada que permita determinar los resultados finalmente logrados por el proyecto.

4.3.4 IDEACore Catalyst Suite

Este conjunto de programas ofrecido por IDEACore (2004) consiste en la integración de tres herramientas que pretenden cubrir tres de las fases de diseño de productos (entre otras aplicaciones). Los tres módulos son:

- WebMine. Con este módulo se pretende establecer una vía de comunicación clara entre los clientes y la empresa y dentro de la propia empresa, de tal manera que se facilite la captura de requerimientos que luego serán procesados en el siguiente módulo.
- QFD Designer. Como su nombre lo señala se trata de un programa que integra la metodología QFD y que de acuerdo con la empresa desarrolladora, es útil para seleccionar proveedores, priorizar tareas, diseñar webs, desarrollar planes empresariales y diseñar productos y servicios. Incluye plantillas para realizar planeación estratégica, análisis segmentado de clientes, proyectos de factibilidad, casa de la calidad, seis-sigma, análisis de fallos y TRIZ.
- TRIZ Contrasolve. Implementa la matriz de contradicciones del método TRIZ, útil para encontrar sugerencias para solucionar contradicciones técnicas y físicas que se suelen encontrar en los problemas.

La revisión del programa indica que realmente el módulo importante es el segundo, ya que los otros dos parece que se agregaron posteriormente para dar la idea de complemento de acciones, pero estos no parecen tener la misma potencia. Así, por ejemplo, el Triz Contrasolve es una interfase relativamente sencilla que desarrolla la matriz de contradicciones y da unos ejemplos de aplicación.

Programas como el señalado en el numeral anterior existen en muchísimas versiones. En general se trata de plantillas que integran las metodologías señaladas del QFD, DFMA, Seis Sigma, etc., de una manera más o menos sencilla y que facilita la aplicación de ese tipo de metodologías. Solamente a manera de información se muestra a continuación algunos de estos.

- QFD/CAPTURE. Que implementa la metodología señalada (QFD capture, 2001).
- Product Development Toolkit. Software que consiste en plantillas de Excel que incorpora dicha metodología (DRM Associates, 2004).
- QFD red belt/ green belt. También se trata de plantillas en Excel para el manejo de esta metodología, con el valor añadido de incluir un curso completo (Mazur, 2004).

Se puede concluir con respecto a este tipo de software de ingeniería que el desarrollo es menos sofisticado que en el caso de software CAD. A excepción del primero señalado, el TeamSET, que muestra una estructura mucho más elaborada, los otros programas encontrados son sencillos y sirven como interfase únicamente para guiar al usuario en la aplicación de metodologías como el QFD y aplicaciones de ella (AMFE, Seis sigma, etc.).

4.4 Software de Creatividad

Las investigaciones y estudios realizados en torno al tema del software que apoya los procesos de creatividad son muy variados y se podría decir que fijan su contexto de manera muy amplia, es decir, no acotan la aplicación de tales estudios a temas específicos. Esto parece indicar que el interés en general es mostrar los programas y sus características, pero no los resultados que estos tienen en situaciones de aplicación en la vida real, de manera que la falta de estudios objetivos sobre la aplicabilidad y, principalmente, la utilidad, que puedan tener estos programas de ordenador ha impedido o al menos, retrasado, el reconocimiento que debe tener a nivel de la ingeniería de diseño y muy particularmente en los procesos de innovación tecnológica.

La investigación preliminar realizada sobre el tema (Chaur, 2002), señala la existencia de más de cincuenta programas de ordenador que aseguran asistir al usuario en tareas que demandan creatividad. Esta proliferación de programas implican una gran variedad de presentaciones, con diferente estructura interna y ofreciendo diferentes prestaciones en general y aunque se realizó una aproximación a un tipo de clasificación, aun resulta difícil catalogar los diferentes tipos de programas, teniendo en cuenta que utilizan muchas clases de técnicas, combinadas o individuales.

La selección de criterios de evaluación se realizó teniendo en cuenta principalmente la propuesta de (Kletke, 2001), quien planteó las características específicas que podrían influenciar el proceso creativo utilizando programas de ordenador. Dentro de ellas se puede señalar la importancia del estímulo para la generación de ideas a partir de técnicas que conduzcan al pensamiento divergente o a la asociación de ideas. También señaló como importante la posibilidad de disponer de bases de datos de conocimiento que

pueden ser muy útiles no solo para los usuarios inexpertos, sino también para los expertos. El nivel de flexibilidad y la usabilidad también cuentan como características importantes.

4.4.1 Metodología del estudio

La metodología seguida durante esta fase de la investigación parte de la revisión documental de estudios similares, que permite recoger las experiencias y los resultados ya logrados y a partir de allí seleccionar o diseñar un modelo de clasificación que contemple las diferentes características de este tipo de herramientas. La siguiente etapa se centra en conocer la oferta que existe en el mercado y en función de las diferentes tipologías que representen, clasificarlos y seleccionar los que en primera instancia sean más representativos, para estudiarlos con mayor detenimiento. A partir de los resultados de esa fase, se procede a contactar con los fabricantes o empresas desarrolladoras para la consecución de la licencia respectiva con el fin de continuar la investigación más detalladamente, como se explicará en el capítulo 6: diseño del experimento. En forma esquemática, la metodología de esta fase se desarrolla en los siguientes pasos:

- Búsqueda de programas de ordenador para el apoyo de la creatividad.
- Clasificación.
- Estudio de la forma de operación y funcionamiento general.
- Selección de programas más representativos.
- Valoración.

Antes de presentar los resultados de esta fase de la investigación, conviene definir el modelo de clasificación empleado para organizar los programas encontrados y de esta manera hacer una correcta selección al momento de evaluarlos.

4.4.2 Esquema de clasificación

No existe un consenso sobre la forma de clasificar este tipo de herramientas. Hay varias propuestas de las cuales se presentan a continuación las que se han considerado mejor estructuradas.

a. De acuerdo con el objetivo y la forma de operar del programa

Cave (1997) propone una clasificación basada en el objetivo central que tenga el programa y de su forma de operación, identificando así once grandes clases:

- Programas que permiten esquematizar proyectos en forma textual. Al cual pertenecen los programas más antiguos y los actuales procesadores de texto, que incorporan una herramienta para construir esquemas o índices (outlineres) como utilidad para visualizar un conjunto de elementos grande.
- Programas que permiten esquematizar proyectos en forma visual. Son programas que permiten construir sistemas de ideas en forma gráfica o visual.
- Procesadores de ideas. Estos, además de permitir la representación gráfica, incluye herramientas que pueden facilitar el procesamiento de las ideas, el agrupamiento o formación de “clusters”, enlaces con otros programas, etc.
- Basados en cuestionarios. Son programas que pretenden estimular la generación de ideas y la comprensión de problemas mediante cuestionarios predefinidos en bases de datos.
- Desarrolladores de historias o argumentos. Programas utilizados principalmente por escritores de novelas o de ficción, pero que podrían ser útiles también para construir textos científicos o técnicos.
- Programas para implementación de ideas. Son programas que guían al usuario en un proceso determinado para el desarrollo de ideas.
- Programas con herramientas de referencia. Que aprovechan la capacidad de almacenamiento y organización de los ordenadores para guardar grandes cantidades de información y recuperarla cuando sea necesario. Son programas basados en diccionarios, tesauros, bases de datos lingüísticas.
- Estimuladores de ideas. Utiliza algunas herramientas creativas tales como metáforas, figuras, poemas, historias, etc., con el fin de estimular nuevas relaciones entre ideas.
- Programas basados en comunicación. Aquellos que incluyen enlaces con bases de datos externas (patentes, por ejemplo) o que facilitan la comunicación con otras personas o instituciones para desarrollar ideas en conjunto.
- Juegos. Que estimulan el desarrollo de la creatividad.
- Programas basados en inteligencia artificial. Que buscan que el ordenador emule la actividad creativa del cerebro humano.

b. De acuerdo con la estructura del programa

Esta propuesta de clasificación se basa en la forma en que el programa es estructurado, y se pueden reconocer cuatro clases:

- Administradores de procesos: que conducen al usuario a través del proceso de solución de problemas. Este software ofrece técnicas adecuadas en el momento adecuado y apoya a usuario con herramientas para gravar, generar reportes, etc.
- Kits de Herramientas: al contrario del grupo anterior, esta clase de programas son simplemente una colección de técnicas de creatividad, que permite pasar de una a otra sin ninguna restricción u orden preestablecido.
- Diagramadores. Útiles para explorar y definir problemas, contienen herramientas para crear y editar mapas.
- Estimuladores de ideas. Programas que contiene ayudas para provocar el flujo de ideas.

c. De acuerdo con la técnica de creatividad utilizada

Una tercera forma de organización o clasificación de los programas se puede proponer con base en la técnica de creatividad que utiliza. Entre otros, se podría pensar en:

- Programas basados en *brainstorming*.
- Programas basados en *Mapas mentales*.
- Programas basados en *Triz*.
- Programas basados en *Pensamiento lateral*.
- Programas basados en *Palabras o figuras aleatorias*.
- Programas basados en *Técnicas de relajación*.

d. De acuerdo con el mecanismo operativo del método creativo

Mulet y Vidal (2001) presentan una clasificación de los métodos creativos basada en el mecanismo operativo del método, dividiéndolos en cinco categorías:

- Métodos por asociación. Aquellos que estimulan el establecimiento de relaciones o asociaciones espontáneas para la generación de ideas nuevas.
- Métodos por confrontación. Consistir en forzar o imponer una relación nueva entre dos conceptos o elementos completamente diferentes.
- Métodos por reordenación. Cuando se reorganiza la información inicialmente disponible para descubrir nuevas ideas.
- Métodos por cuestionamiento. Cuando se cuestiona todos los aspectos del problema que se quiere resolver.

- Métodos por exploración exhaustiva. Consistente en revisar en forma detallada todas las posibles soluciones en una serie de aspectos definidos previamente.

Analizando estas cuatro propuestas se entiende que cada una tiene argumentos válidos. Sin embargo, la revisión preliminar de los programas indica que la gran mayoría incorpora características y herramientas que hacen difícil encasillarlos en forma precisa en alguno de los métodos operativos o técnicas de creatividad, dado que en general incorpora varios de ellos en forma paralela. Hay programas que se basan en más de una técnica de creatividad, los hay que integran diagramadores textuales y visuales simultáneamente, hay otros que estimulan la generación de ideas, pero que también permiten su procesamiento.

Por ese motivo, resulta razonable adoptar la segunda propuesta, que permite un agrupamiento más flexible, no tan restringido a una función o a una técnica, con la advertencia de que a pesar de su flexibilidad existen programas que se pueden encasillar en más de una de las categorías mencionadas.

4.4.3 Programas encontrados

La Tabla 4.5 presenta un listado de los programas encontrados, agrupados de acuerdo con la clasificación definida en el numeral anterior.

Tabla 4.5 Listado de programas de creatividad

Administradores de procesos	Conjunto de herramientas	Diagramadores / Procesadores	Estimuladores de ideas
CREAX Innovation	Axon Idea Processor	Infodepot	Brainstorming toolbox
CM/1	Creador Studio	ThoughtPath	The solution machine
Simples	Genios Handbook	CreaPro	Brainstorm idea-gen
Idegen++	Visual Concept	MindManager	Brainstormer
The Idea Generator		The Electric Mind	Turbo Thought
TechOptimizer		Acta Adventage	IdeaFisher
Innovation Words		Banxia Decisión	Moonlite
LVT-for-TRIZ		Corkboard	Paramind
		Idons for Thinking	Sensei
		In Control	Sirius
		Infoselect	The Creative Whack
		Inspiration	The Creative Machina
		Maxthink	Serious Creativity
		Mind Mapper	Brainstorm
		Mindman	
		More	
		The Brain	
		Treepad	
		Visimap	
		Visual Outliner	

Se encontraron otros programas que no han podido ser clasificados en estas cuatro categorías, principalmente un grupo que se enfoca al apoyo al proceso de escritura creativa: Dramatica Pro 4.0, Store Craft 4.1, Plots Unlimited, StoryBuilder, Store View y Power Structure. Otro grupo de programas referenciados no ha sido posible conseguir mayor información: Windgrid, Group Systems, MicMac y VisionQuest.

En el Anexo 3 se presenta una descripción detallada de cada uno de los 46 programas revisados ellos, basado en la presentación que hace el productor, en caso de que se haya tenido acceso, o en la descripción que hace la referencia donde se ha encontrado, cuando no se logró acceder directamente a la descripción del productor.

Este primer acercamiento permitirá hacer una selección de los programas que serán utilizados posteriormente para la evaluación detallada.

4.4.4 Modelo de evaluación preliminar de programas

La selección de un modelo para evaluación preliminar de software no es un asunto trivial, toda vez que existe tal variedad de programas de ordenador que hace casi imposible catalogarlos y caracterizarlos en forma precisa. En esta sección se presenta algunas de las propuestas encontradas sobre las cuales se hará la selección o recombinación para adecuarlas a la tarea principal de esta fase de la investigación.

Le Roy (2002) de la Escuela Católica de Bruselas propone once criterios diferentes para evaluar software: señales de identidad (público, uso, modo, campo), contenidos, apertura y flexibilidad, presentación, usabilidad (estructura del menú, instrucciones, ayuda, consistencia, uso lógico de funciones, uso intuitivo), calor didáctico añadido, campo de uso, documentación, precio, condiciones de uso y otros elementos. Todos ellos valorables subjetivamente.

Otra propuesta relacionada con la evaluación de software es la presentada por Barroso, Medel y Valverde (1997), la cual se presenta en un formato metódico que incluye: identificación del programa (nombre, fabricante, versión, año), valoración de elementos, en forma tabular con calificaciones que van desde *muy adecuado* a *nada adecuado*, en la que se incluye la documentación del software, la instalación, el manual del usuario, los ejemplos presentados, la interactividad y control, los iconos inteligibles (analogía entre la imagen y la función), los iconos formalizados (comunes con otros programas), posibilidad de personalización, etc.

Existen varias propuestas más para evaluación de software, sin embargo todas ellas se sesgan al tipo específico de software que se pretende evaluar. Así, en los dos casos

comentados la evaluación se orienta al software de tipo educativo. Otros, no comentados, se orientan, por ejemplo, a software bancario, a software contable, software para lectura crítica, etc.

Otra forma de evaluación consiste en valorar el diseño propiamente dicho del software desde el punto de vista de la programación y la eficiencia lograda. Sin embargo este tipo de evaluación es útil para las casas productoras de software más no para el usuario en particular, además de ser una evaluación difícil de realizar para un observador extraño a los productores, carente de la información necesaria para llevarla a cabo.

Así, pues, la opción que queda y para los fines buscados en esta investigación, es la de diseñar un modelo de evaluación específicamente orientada al software de creatividad. Para ello se tomarán algunas de las recomendaciones sugeridas por Penagos (2000), elementos utilizados en la evaluación de software educativo descritos anteriormente y, principalmente, elementos sugeridos por Kletke (2001), teniendo en cuenta que si bien es cierto no existe una validación de su modelo en la práctica, si recoge las principales características que debería tener el software de creatividad.

Kletke (2001) luego de hacer una revisión bibliográfica exhaustiva sobre las investigaciones relacionadas con el tema, indica que las pocas valoraciones de software de apoyo a la creatividad han empleado un enfoque filosófico que enfatiza únicamente las entradas y las salidas como si fuesen “cajas negras”. Advierte que no existen investigaciones sobre la relación entre las variables de los programas señalados y las diferencias de los individuos que afectan el modelo Amabile (1983), siendo que tal relación podrían «indicar cómo diseñar los programas para facilitar y potenciar el proceso de solución creativa de problemas de los individuos y de las organizaciones».

Las características específicas de los programas que pueden influenciar el proceso creativo se presentan a continuación, con base en las observaciones de Kletke (2001), teniendo en cuenta que son de vital importancia para el logro de los objetivos de esta investigación. Estas son:

- Disponibilidad de Estimulo. Esta característica permite generar muchas ideas durante la solución de problemas, especialmente cuando las ideas iniciales se han agotado. Para ello se suele utilizar: juegos, historias, poemas, metáforas o “chispas” de ideas.
- Relación Estímulo-Tarea. Las investigaciones sobre creatividad muestran que la utilización de técnicas de estímulo no relacionado con la tarea específica de que trata el problema, puede generar más ideas que las que se generan a partir de la definición inicial del problema. Con ellas se pretende generar un ambiente más relajado y

divertido durante la sesión de solución de problemas. Permite inducir periodos de relajación o incubación que llevan a nuevas conexiones mentales y mejores resultados.

- **Naturaleza del Estímulo.** Se refiere a la forma del estímulo: texto, audio, gráfico, video, etc. Este accede a la memoria de largo plazo en forma diferente. Dependiendo del estilo de percepción individual, se prefiere un estímulo a otro: algunos les gusta el textual, otros los gráficos, otros prefieren la variedad.
- **Módulos de dominio de Conocimiento.** Ayuda a los inexpertos con pocos conocimientos, trabajar efectivamente permitiendo el acceso a información que ellos no manejan y a los expertos a precisar y profundizar su experiencia.
- **Nivel estructural.** Se refiere a la flexibilidad, rigidez o restricciones al proceso de solución de problemas. El software se diseña para operar de cierta manera, lo cual causa restricciones a los usuarios, de tal manera que puede darse el caso de que un individuo que sabe cómo solucionar un problema se sienta incapaz mientras usa un programa debido a las restricciones o a la rigidez estructural. En tales casos el efecto de utilizar software es negativo. Sin embargo cuando el usuario tiene bajos niveles de creatividad, los factores estructurales del software pueden influenciar positivamente en la generación de resultados creativos. Así que lo mejor será que tenga un alto grado de flexibilidad de manera que se adecue a las condiciones particulares y a las preferencias de los usuarios.
- **Amigabilidad y Placer.** Es aquella característica que permite que el usuario se involucre en forma placentera en el proceso de solución del problema. Los investigadores muestran que las tecnologías informáticas amigables a pesar de que disminuyen la eficiencia, permiten que la persona sea más efectiva y productiva y además que los resultados obtenidos sean de mejor calidad. El ambiente amigable permite que el usuario pueda explorar un gran número de alternativas sin que alcance un nivel de estrés que lo lleve a abandonar la búsqueda prematuramente. Estos efectos alcanzan su nivel máximo de eficacia cuando no distraen demasiado la intención del usuario.
- **Personalización o «Tailorabilidad».** Se refiere a la posibilidad de que el software pueda acomodarse a las condiciones particulares y a las preferencias del usuario.
- **Facilidad de Uso.** Los programas que son difíciles de utilizar, distraen al usuario en el proceso de comprensión del uso del programa. El software debe conducir fácilmente al usuario al objetivo mismo de la solución creativa del problema y no en los detalles “mundanos” de cómo funciona el software. Se habla entonces de la forma de avance intuitivo en el programa, que lo hacen más efectivo.

A partir de estas consideraciones se diseñó el formato de evaluación preliminar, de tipo cualitativo que se utiliza para evaluar los programas preseleccionados que se comentan en el próximo numeral. El formato se muestra en el Anexo 3.

4.4.5 Programas pre-seleccionados

A partir de los cerca de cincuenta programas estudiados hasta aquí se efectúa una preselección de los que pueden ser más representativos de cada uno de los grupos en los que se han clasificado. A estos programas se les aplica el formato de evaluación diseñado. Estos son:

a. Administradores de procesos creativos

De los ocho programas que han sido clasificados en este grupo, se escogen dos: *CREAX Innovation suite* y *TechOptimizer*.

En este caso, la selección obedece al hecho de que no se ha acceso a los demás programas. En realidad estos dos programas tampoco se pueden descargar de la red, pero sus respectivos productores ofrecen una demo on-line que sí permite una evaluación, aunque siempre limitada por la imposibilidad de interactuar dentro del programa.

b. Conjunto de herramientas creativas

En este grupo se seleccionan también dos programas: *Axon Idea Processor* y *Visual Concept*. Estos dos programas se seleccionan de las cuatro opciones, por la disponibilidad, esta vez sí, de un demo completo de cada uno.

c. Diagramadores / Procesadores de ideas

De los veinte programas de este grupo se seleccionaron cinco por considerarlos representativos de este género de programas. Todos ellos se basan en la posibilidad de construir diagramas o esquemas de ideas, que se enlazan o agrupan de diferentes formas y que permiten así procesarlos para generar nuevas perspectivas de las interrelaciones entre los diferentes componentes. Estos son: *Banxia*, *Idons*, *Inspiration*, *VisiMap* y *ThoughtPath*.

d. Estimuladores de ideas

De los once programas identificados se seleccionan cuatro, por considerar que cada uno de ellos emplea diferentes estrategias de estimulación del usuario para la generación de ideas y que por ello representan bien el grupo. Son: *Brainstormer*, *Brainstorming toolbox*, *IdeaFisher* y *Sensei*.

Se tiene un total de 13 programas seleccionados para efectuar la evaluación preliminar. Este proceso resultó complejo, debido a la necesidad de trabajar con los programas, detallar su funcionamiento, conocer sus ventajas y desventajas y, en fin, lograr un cierto grado de familiarización con ellos. Dada la extensión de los resultados de la evaluación, ésta se presenta en el Anexo 1, siguiendo siempre el modelo diseñado para tal propósito.

4.5 Conclusiones del capítulo

Con referencia a los programas de creatividad ofrecidos en la actualidad se puede decir que en su mayoría tienen una orientación clara hacia la representación visual (gráfica) de ideas estructuradas a través de los llamados mapas mentales o mapas conceptuales. La evaluación tal como se ha desarrollado permite conocer los principios básicos de funcionamiento, la organización y las herramientas creativas disponibles, con lo cual se puede lograr una aproximación conceptual sobre la utilidad que puede tener un determinado programa en la práctica real. Sin embargo, para poder calificar un programa de este tipo como eficaz, será necesario hacer una evaluación mucho más elaborada.

Todos los programas evaluados son en inglés. Algunos ofrecen versiones en alemán, francés, pero ninguno lo ofrece en castellano. Esta es una limitante seria para el contexto iberoamericano, principalmente en aquellos casos que utilizan herramientas de estímulo para la generación de ideas a partir de elementos del lenguaje, tales como palabras y frases aleatorias, o aquellos que utilizan procesadores y generadores de nuevas frases a partir de datos de entrada del usuario.

Ninguno de los programas evaluados presenta todos los elementos mencionados por Kletke (2001) que se comentaron oportunamente: disponibilidad de estímulo creativo, relación estímulo-tarea, naturaleza del estímulo, módulos de dominio del conocimiento, nivel estructural, amigabilidad y placer, tailorabilidad y facilidad de uso. Es decir, no existe un programa "completo". Por ello, parece cierta la afirmación de que se requerirá más de un programa en una organización que pretenda implementar esta clase de software, para que se den resultados óptimos.

En dependencia de la actividad o el problema que se pretenda abordar, existirán programas más o menos aptos. Para el caso específico de apoyo a la innovación tecnológica se pueden mencionar como relevantes los siguientes: TechOptimizer, que es indudablemente el que un individuo con formación de ingeniero preferiría, lo cual no significa que sea «el mejor»; CreaTRIZ, que utilizando principios similares al anterior, es más flexible, pero tiene algunos elementos poco comprensibles (o poco útiles?), al menos a nivel de demo. Estos dos programas se basan en la metodología TRIZ, por lo cual no incorporan herramientas de estímulo creativo, tal como las entiende Kletke (2001), es decir, herramientas de tipo aleatorio que llevan al usuario a pensar en nuevas relaciones entre los elementos conceptuales conocidos. Su fundamento metodológico se sustenta en la evolución tecnológica que se ha identificado a partir del estudio de millones de patentes a través de la historia, lo cual puede ser muy útil para desarrollar la llamada «creatividad cotidiana» discutida anteriormente, pero será limitante para desarrollar una «creatividad eminente».

Luego se pueden mencionar programas tales como Idons, Visual Concept y Axon Idea Processor, que son muy similares en concepción con algunas variantes en la interfase y en el precio. Los tres se sustentan en la teoría de la representación visual de ideas, que generan nuevas ideas y nuevas conexiones entre ellas. Sin embargo, Axon es el que resulta más completo por cuanto incluye específicamente módulos de generación de ideas, tales como el “idea generator” (que contiene “check list”, “random word”, “questions”). Además tiene una herramienta interesante para el procesamiento textual llamada “analyzer”.

Se puede también resaltar el programa IdeaFisher, basado en la combinación de palabras e ideas, para lo cual incorpora una gran base de datos (65.000 palabras), organizadas en grupos. Su estrategia no se centra por lo tanto en la representación visual de ideas, sino en la generación a partir de combinación de palabras y la respuesta a preguntas.

El último programa que vale la pena señalar es Sensei, porque conduce al usuario por una secuencia estructurada, pero combinada con la sorpresa representada en metáforas, figuras e historias. Tampoco se trata de un programa de representación visual de ideas y más bien se orienta por la técnica del pensamiento lateral o divergente.

El hecho de que este estudio preliminar se haya realizado sobre versiones de prueba o sobre demos on-line, limitan la valoración completa de los programas. Lo ideal sería poder disponer de las versiones comerciales de cada uno de ellos y realizar pruebas “en caliente”, es decir, aplicaciones a problemas reales en sesiones experimentales controladas o en empresas.