

MÉTODOS DE MODELIZADO EN EL DISEÑO PARAMÉTRICO. MATRIZ DE OPERACIONES

Jaime López Soto

Pilar Ramírez López-Para

José Luis Caro Rodríguez

Abstract

Geometric relations are one of the most repeated problems in digitization models. Therefore, it was proposed a tool to help manage the work of establishing the necessary relationships in models digitization. It is based on doing, previously, a Functional Analysis and a Geometric Analysis of the model. (López Soto et al. "Analysis of modeling methods in parametric design. Geometric Relations." XIV International Congress on Project Engineering. Madrid, 2010).

The purpose of this paper is a protocol which gathers the results obtained after applying the previous analysis. This protocol of analysis would be a prelude to the implementation of the model with CAD software. It lets you define, and sequencing, the primitive geometric components and order to achieve maximum independence.

The tool consists on a matrix that relates the geometry of the part with the CAD software operations. It shows the process of digitization to get a quality model. The Model Analysis involves a time of preparation of the steps to digitization a part. This extra time is compensated by a greater time savings in subsequent interpretations and model reuse.

Keywords: *Parametric CAD; Geometric Relationships; Geometric Analysis*

Resumen

Las relaciones geométricas son uno de los problemas más repetidos en la digitalización de modelos. Por ello, se propuso una herramienta que ayuda a gestionar el trabajo de establecer las relaciones necesarias en la digitalización de modelos. Se basa en realizar, previamente, un Análisis Funcional y un Análisis Geométrico del modelo. (López Soto et al. "Análisis de métodos de modelizado en el diseño paramétrico. Relaciones Geométricas". XIV Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. Madrid, 2010).

La propuesta de este trabajo es un protocolo donde se recogen los resultados obtenidos tras la aplicación de los análisis anteriores. Este protocolo de análisis sería el paso previo a la ejecución del modelo con un software de CAD. Permite definir, y secuenciar, los componentes geométricos primitivos y ordenarlos para conseguir la mayor independencia posible.

La herramienta consiste en una matriz que relaciona la geometría de la pieza con las operaciones del software de CAD. En ella se recoge el proceso de digitalización para obtener un modelo de calidad. El análisis del modelo conlleva un tiempo de preparación de los pasos para digitalizar un elemento. Este tiempo se compensa con un ahorro de tiempo mayor en las posteriores interpretaciones y reutilizaciones del modelo.

Palabras clave: *CAD Paramétrico; Relaciones Geométricas; Análisis Geométrico*

1. Introducción

El planteamiento del trabajo que se va a realizar con un software de CAD es decisivo en el resultado que se obtenga. Sin un planteamiento, se acaba realizando lo que se puede hacer y no lo que se quiere hacer con un determinado software de CAD.

El ingeniero de diseño establece las tareas que se delegan en el CAD y busca la manera de que las realice. Nunca deben ser las opciones del CAD las que decidan lo que se puede delegar.

Un buen planteamiento, además, debe ser genérico, independiente de una aplicación comercial concreta.

El CAD nació como respuesta a las necesidades de la industria aeronáutica y del automóvil en los años 50. Por tanto, la revolución de los sistemas de computación fue conducida basándose en intereses de producción, y el CAD también se desarrolló basándose en estas premisas.

El planteamiento de estas aplicaciones es que, es muy improbable que los usuarios que trabajan para compañías que fabrican distintos productos, diseñen cualquiera de ellos desde cero. Cerca de un 80% de un diseño típico son modificaciones realizadas sobre diseños preexistentes.

Garrido, D. [3] reconoce: “Continuamente nos encontramos con clientes que se benefician de la potencia de su sistema paramétrico, pero esa ventaja se torna en frustración cuando necesitan realizar un cambio imprevisto en el diseño original”. “La edición de geometrías existentes representa un cuello de botella en el proceso iterativo del diseño”. “El mercado demanda una solución a preguntas como: ¿Cómo diseñar mejor y más rápido?, ¿Cómo aprovechar mejor los diseños ya existentes?”.

Medland [6] concibe el proceso de diseño como un proceso en el que se delimita un problema y sus variables, eliminando todo aquello que no tiene influencia en el diseño. Una vez establecidos los parámetros, se puede empezar a trabajar.

Entonces, lo que se necesita es un proceso de diseño basado en ordenadores que tenga en cuenta la naturaleza y la incertidumbre propias de la actividad de diseñar. Diseñar no es sólo producir imágenes de un objeto, es dar respuestas a problemas concretos de ingeniería. Es mucho más importante para un diseñador disponer de datos de gran calidad que de imágenes de gran calidad.

El ingeniero de diseño que utiliza el sistema, debe conocer las posibilidades de modelizado paramétrico. Por ello, son precisos unos conocimientos específicos y una planificación previa a la aplicación del sistema.

El diseño Paramétrico/Variacional presenta dos características fundamentales: la definición de los parámetros clave de un diseño y el uso de Features o Funciones Geométricas Inteligentes.

Pensamos que esto se manifestará, en:

- Diferentes metodologías en empleo de los programas de CAD
- Nuevos planteamientos pedagógicos a la hora de diseño y/o modelización de objetos.
- Nueva metodología en el diseño tecnológico-industrial

1.1 Objetivos

Los principales objetivos que se pretenden alcanzar, se indican a continuación:

1. Desarrollar una metodología de uso de aplicaciones CAD Paramétrico. Esta metodología será independiente de los programas CAD comerciales. Deberá facilitar el diseño y rediseño de máquinas, mecanismos, etc., dentro del contexto de la ingeniería concurrente.
2. Encontrar un equilibrio entre la facilidad de aprendizaje del método y su utilización práctica. Tanto desde el punto de vista didáctico como en el desarrollo profesional del modelado geométrico paramétrico.
3. Analizar la génesis de las geometrías, su orden y sus relaciones para que el proceso de modelado paramétrico resulte robusto y flexible. Robusto en el sentido de obtener un proceso lógico, ordenado y funcional que facilite el seguimiento. Flexible en el sentido de admitir las posibles modificaciones de forma sencilla y ágil.
4. Mejorar la productividad en el proceso de diseño, ya que la incorporación de nuevas tecnologías facilitan el diseño y rediseño de máquinas, mecanismos, etc. Si además, esto sucede dentro del contexto de la ingeniería concurrente el proceso de diseño se ve reforzado.

2. Metodología

El gran potencial del CAD paramétrico radica en la posibilidad de realizar cambios introduciendo directamente los nuevos datos del rediseño, permitiendo actualizar las geometrías afectadas.

2.1 Análisis funcional

El Análisis Funcional es un método propuesto por Miles L. D. [5] como parte de un método de reducción de costes.

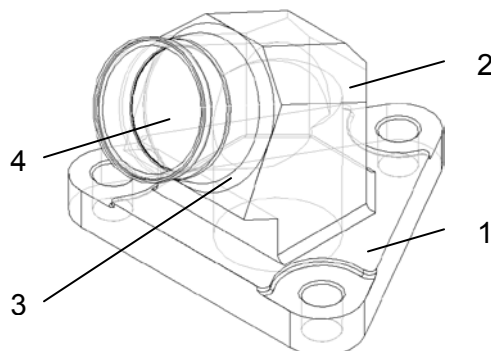
En el Análisis Funcional se considera que los productos o componentes producen efectos (funciones). El análisis funcional busca identificarlos, descomponerlos en efectos subordinados, y definir así lo esencial de esas entidades en cuanto productoras de efectos. Luego, el Análisis Funcional examina esos efectos analizados como una respuesta a necesidades.

Las funciones detectadas a lo largo del proceso anterior pueden ser independientes o estar relacionadas unas con otras. El conjunto de las funciones desarrolla un efecto global que se designa como la función total del objeto. Para realizar el Análisis Funcional es necesario determinar qué relaciones existen entre las distintas funciones parciales del producto.

Esta estructuración suele plasmarse en forma de árbol funcional, en el que las funciones se relacionan en forma de árbol de familias de funciones. En la clasificación y ordenación de funciones se pasa desde el nivel más general al más concreto.

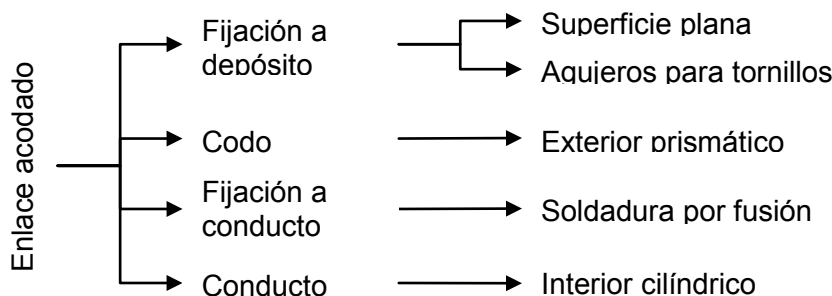
Se propone como ejemplo, para la discusión del análisis funcional y geométrico, el adaptador de la figura 1. Ver plano en anexo 1.

Figura 1: Adaptador



La pieza es un elemento de enlace acodado entre un depósito con superficie plana y un conducto. El conducto con forma de codo tiene un interior cilíndrico. El adaptador está en contacto con el depósito por una superficie plana y se fija mediante una unión atornillada. Mientras que al conducto se fija mediante una soldadura por fusión de material de la pieza. Figura 2. J. López Soto [3].

Figura 2: Diagrama de funciones



2.2 Análisis geométrico

Hay que analizar para que se quiere el modelo. Considerar qué y cómo cambiarán las dimensiones y las características del diseño. Hacer una parametrización flexible, anticipándose a los cambios que puedan producirse.

El análisis de relaciones comienza dividiendo la pieza en elementos simples, de tal forma que cada uno de estos elementos enlace con alguna de las funciones de la pieza, ya sea función primaria o de otro orden.

Los elementos geométricos establecidos serán las entradas de una matriz que se completará con las relaciones existentes entre cada par de elementos geométricos que entren en juego. La diagonal de la matriz contendrá las relaciones internas, mientras que el resto de posiciones contendrá las relaciones externas. Tabla 1.

La lectura de la casilla “a,b” es “a se relaciona con b” o “a depende de b”. Por ejemplo, en la casilla “1,2” se indican los datos para ser ejecutado el elemento geométrico 1 que se extraerán del elemento geométrico 2, sin los cuales es imposible ejecutar el primer elemento geométrico.

La columna de la derecha, “Padres”, indica el número de dependencias que originará un elemento geométrico. Mientras que en la última fila, “Hijos”, se indica el número de elementos geométricos que necesita que se hayan creado previamente.

El adaptador se descompone, geoméricamente, en cuatro partes: base triangular (1), codo prismático (2), extremo cilíndrico de revolución (3) y conducto (4). El orden en el que se realicen las cuatro partes es muy importante, porque influirá en la flexibilidad del modelo frente a las modificaciones dimensionales.

Figura 3: Matriz de relaciones del adaptador

	E1	E2	E3	E4	P
E 1	Sólido compuesto: - 3 caras tg a 3 cilindros, h=6 - Mismas 3 caras enlazadas con R7 y R1; h=7 - 3 agujeros con chaflán iguales	- Mismo origen en PV, posición relativa - R1,2		- Mismo origen en PV, posición relativa - Ojo, no tapar 4	0
E 2	- Mismo origen en PV, posición relativa - R1,2	- Sólido poliédrico simétrico de sección cuadrada en PV y misma sección a 25° - Chaflanes en algunas aristas	- Mismo eje a 25°, posición relativa - R2	- Mismos ejes - Mismo origen en PV, posiciones relativas	0
E 3		- Mismo eje a 25°, posición relativa - R2	- Sólido cilíndrico + cónico	- Mismo eje a 25° - Mismo origen en eje a 25°, posiciones relativas	0
E 4	- Mismo origen en PV, dependencia de vaciado	- Mismos ejes, posición relativa - Mismo origen en PV, dependencia de vaciado	- Mismo eje a 25°, posición relativa - Mismo origen en eje a 25°, dependencia de vaciado	- 2 cilindro + cono cuyos ejes se cortan, bases en PV y en eje a 25°	3
H	1	1	1	0	

El análisis de la matriz de relaciones proporciona los siguientes resultados:

- Se puede comenzar por cualquiera de los elementos geométricos 1, 2 ó 3, ya que son independientes.
- Es conveniente hacer un perfil 2D (boceto) que contenga los ejes y los puntos extremos de los ejes, ya que son compartidos por varios elementos geométricos.
- El plano base es un plano horizontal y el plano de simetría es un plano vertical.

Por tanto, se iniciará por el codo prismático (2), por ser el elemento funcional que surge de la necesidad del diseño y elemento central de pieza. Una forma sencilla de obtenerlo es mediante una extrusión simétrica. Se acaba con la eliminación de aristas con los chaflanes.

La base triangular (1) se consigue con una extrusión, vaciados en los vértices y agujeros. Se debe prestar atención a la posición de los centros de los agujeros respecto al codo prismático.

El extremo cilíndrico (3) se obtendrá por revolución. La geometría de este perfil presenta ciertas dificultades:

- Tangencia de un arco (R2) a una recta que no es del contorno del perfil.
- Paso de una recta inclinada (7°) por un punto intermedio de la misma y tangente a unos arcos en ambos extremos.

Por último, el conducto (4) se realizará mediante dos vaciados, utilizando como planos base las caras del elemento 1 y del elemento 3 [4].

2.3 Matiz de operaciones

Uno de los pasos fundamentales para establecer una metodología es el Análisis del Modelo [5]. El análisis de modelo debe ser independiente del software de CAD empleado, por ello, se ha creado un protocolo que guíe ese análisis.

Este protocolo permite definir los elementos geométricos primitivos, y así, secuenciarlos y ordenarlos para conseguir la mayor independencia posible.

Por cada pieza se registra:

- Las operaciones a ejecutar, con los datos a emplear para su realización y el croquis del elemento geométrico resultante.
- Las diferentes fases de generación de cada modulo y su cronología.

El protocolo de Análisis del Modelo está formado por una matriz de operaciones y bocetos, tabla 2.

La entrada de geometría de la pieza ayuda a desglosar los diferentes elementos básicos que componen la pieza.

La entrada de operaciones recuerda las posibilidades ofrecidas por los programas de CAD. Las operaciones aquí incluidas son comunes a todos los programas de CAD analizados.

Las operaciones están ordenadas según la secuencia aconsejada en el procedimiento básico. De esta forma, las casillas cumplimentadas se aproximarán a diagonales principales de la matriz.

3. Resultado discusión

Según el análisis realizado, como paso previo se creará un perfil (o boceto) 2D que servirá de referencia. Este perfil de referencia se creará en uno de los planos verticales que se ofrece por defecto, donde se dibujarán los ejes de los dos agujeros (Elemento Geométrico 4), marcando sobre ellos el comienzo de cada uno de los agujeros. El eje vertical del agujero tendrá un extremo en el plano horizontal, para facilitar la operación de la base triangular (Elemento Geométrico 1). Tabla 3. Figura 3.

Tabla 3: Boceto de referencia

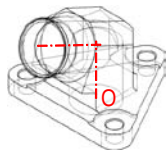
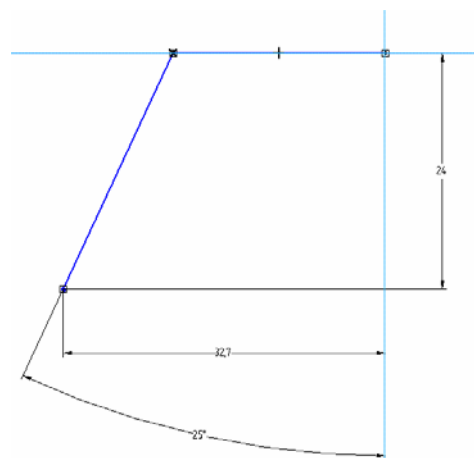
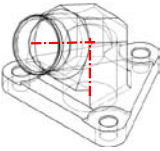
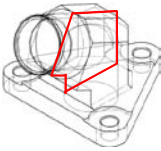
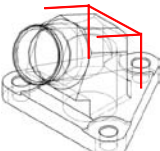
	
PLANO	Plano Vertical de simetría Origen: O
LLENADO	
VACIADO	
MODIFICA	
OTRO	

Figura 3: Boceto de referencia



Se iniciará el modelado por el codo prismático (Elemento Geométrico 2), por ser el elemento funcional que surge de la necesidad del diseño y elemento central de pieza. Una forma sencilla de obtenerlo es mediante una extrusión simétrica, tomando los ejes del perfil de referencia para acotar el perfil de extrusión. El perfil del codo prismático estará situado en el mismo plano que el perfil de referencia. Tabla 4. Figura 4.

Tabla 4: Primer módulo

			
PLANO	Plano de simetría		
LLENADO		Extrusión, simétrica longitud L1	
VACIADO			
MODIFICA			Chafilán (5)
OTRO			

Se acaba el codo prismático (2) con la eliminación de aristas mediante chaflanes en dos operaciones, para favorecer la flexibilidad ante modificaciones. Figura 5.

Figura 6: Extrusión

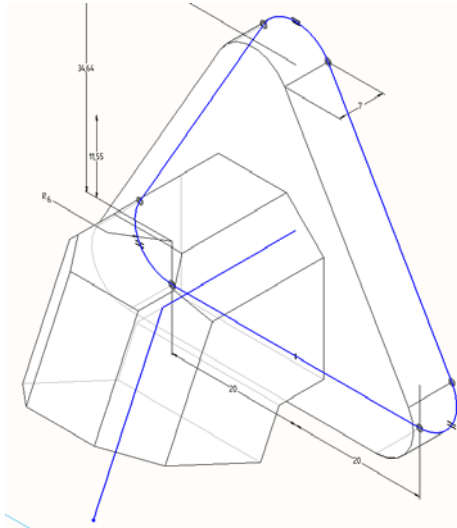
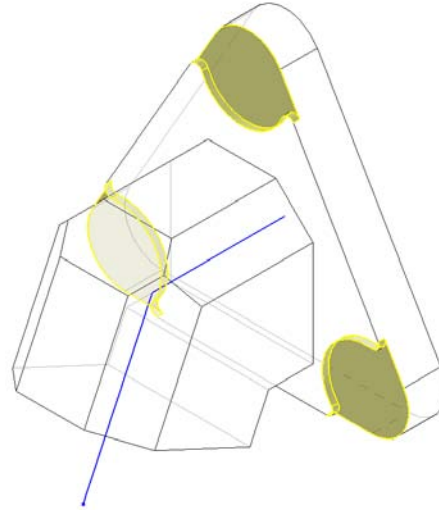


Figura 7: Vaciado



La dimensión de la profundidad del vaciado de los vértices de la base triangular (1) no figura directamente en el plano dato, por lo que se establecerá mediante una fórmula en la que aparezcan los datos del plano. Así se facilitará su localización en futuras modificaciones. Figura 7.

Unos agujeros avellanados servirán para finalizar este Elemento Geométrico 1. Figura 8.

Figura 8: Agujeros avellanados

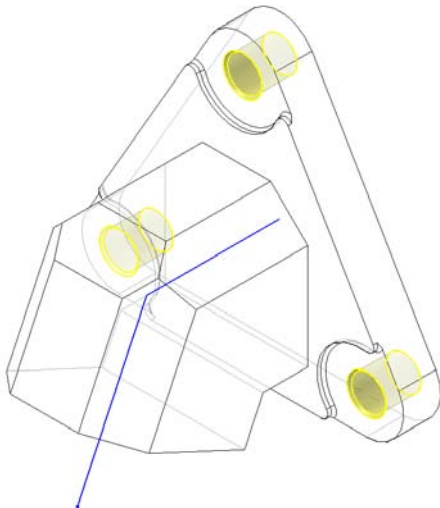
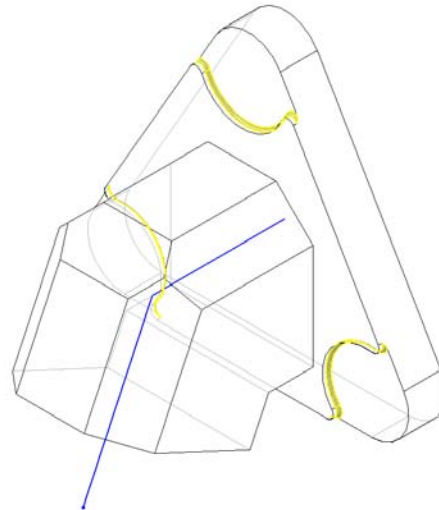


Figura 9: Redondeos

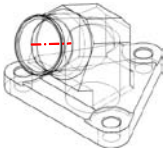
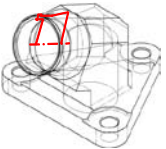
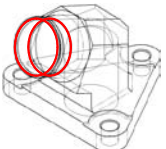


Las nuevas aristas generadas en la operación de vaciado se redondean con el mismo radio para todas ellas. Figura 9.

El extremo cilíndrico (Elemento Geométrico 3) se obtendrá por revolución alrededor del eje a 25° del perfil de referencia. El boceto del extremo cilíndrico estará situado en el mismo plano que el perfil de referencia. La unión de este elemento geométrico con el codo prismático (2)

se asegura incluyendo, mediante copia, la geometría necesaria del codo prismático. De esta forma, si se perdiera la referencia del codo prismático, solamente se eliminaría el vínculo de “incluir”, ejecutándose, sin problemas, el extremo cilíndrico (3). Tabla 6.

Tabla 6: Tercer modulo

			
PLANO	Plano de simetría		
LLENADO		Revolución	
VACIADO			
MODIFICA			Redondeo radio R3 Redondeo radio R4
OTRO			

La geometría de este perfil presenta ciertas dificultades, Figuras 10 y 11:

- Tangencia de un arco (R2) a una recta que no es del contorno del perfil.
- Paso de una recta inclinada (7°) por un punto intermedio de la misma y tangente a unos arcos en ambos extremos.

Figura 10: Plano de simetría

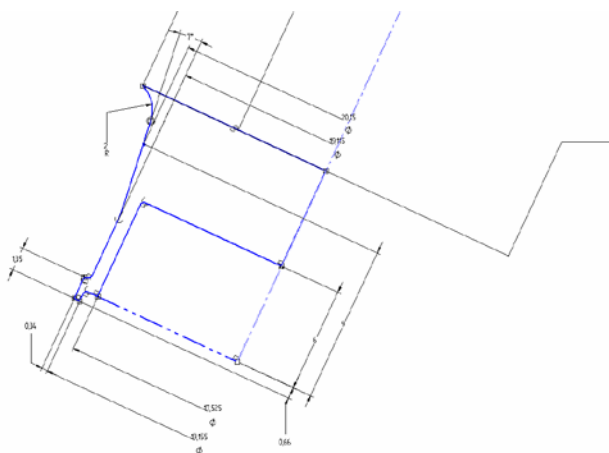
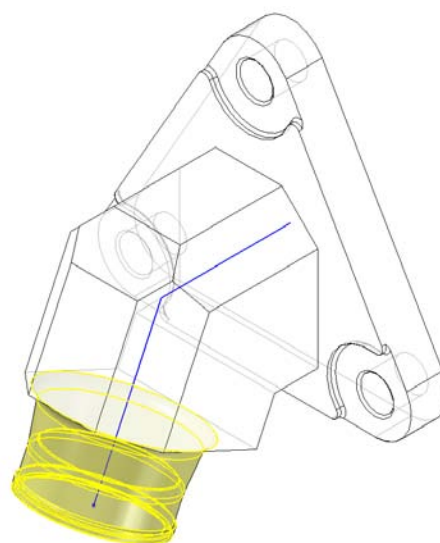


Figura 11: Revolución



El conducto (Elemento Geométrico 4) se realizará mediante dos vaciados utilizando como planos base las caras del Elemento Geométrico 1 y del Elemento Geométrico 3. Tabla 7. Figuras 12 y 13.

Tabla 7: Operaciones globales

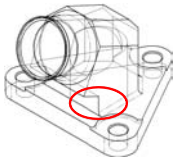
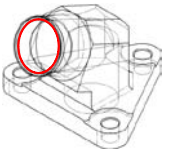
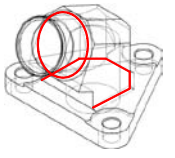
			
PLANO			
LLENADO			
VACIADO	Agujero diametro D2, profundidad P2	Agujero diametro D2, profundidad P3	
MODIFICA			Redondeo radio R5 Redondeo radio R6
OTRO			

Figura 12: Agujero

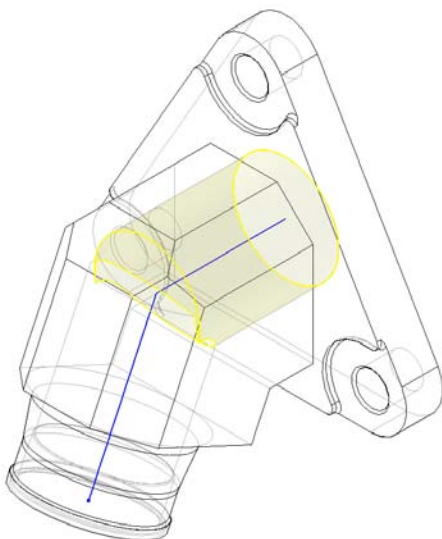
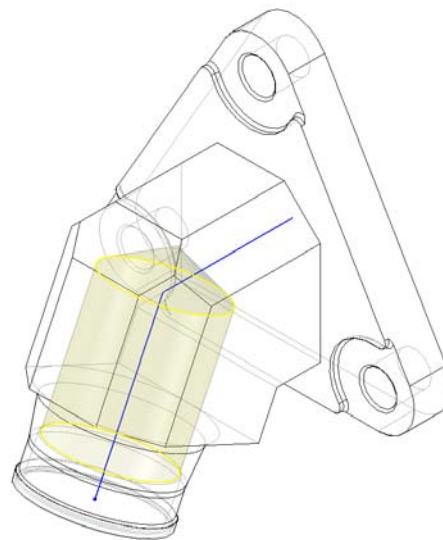


Figura 13: Agujero



Por último, se realizan los requerimientos de redondeo entre el Elemento Geométrico 1 y del Elemento Geométrico 2. Figura14.

Figura 14: Redondeos

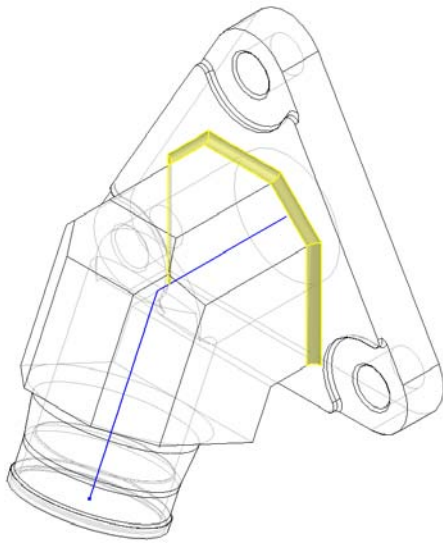
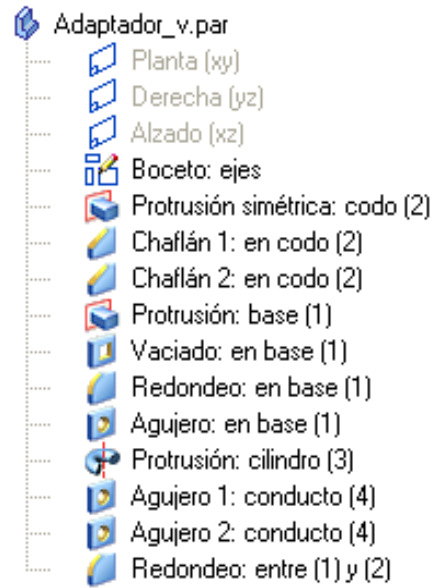


Figura 15: Historial



El historial paramétrico de la pieza, realizado en la aplicación Solid Edge, queda como se muestra en la figura 15.

4. Conclusiones

Es fundamental realizar un análisis detallado del modelo para establecer el proceso de modelado, aunque los diseñadores de software de aplicaciones anuncien que todo se puede modificar sin que surjan alteraciones inesperadas.

Los protocolos permiten recopilar datos de diferentes programas de CAD, y extraer conclusiones comparables. Esto permite la discusión del proceso en lugar de discutir sobre las posibilidades de un programa de CAD específico.

La Matriz de Análisis del modelo permite recopilar los datos para una adecuada interpretación y elaboración de resultados sobre el proceso de modelado seguido, y así determinar mejoras, sin la distracción de los pasos y datos que requiere un software comercial determinado. Estas conclusiones responden al primer objetivo.

Como concepto importante, es que se puede aprender y examinar de CAD, sin emplear un ordenador y además ser independiente de la aplicación de CAD específica. De esta manera se ha conseguido el segundo objetivo, que es de aplicación en el aula.

Dedicar más tiempo en preparar la forma de digitalizar un elemento conlleva un ahorro de tiempo mayor en las posteriores interpretaciones y modificaciones. Este era el tercero de los objetivos.

Es más importante el conocimiento geométrico del ingeniero de diseño, que la potencia del ordenador. El proyectista continuará siendo la persona que sea el creador de nuevos productos. La disponibilidad de una herramienta CAD será una gran ayuda pero, por si sola, es incapaz de hacer algo.

La aplicación correcta del CAD permite obtener importantes aumentos de productividad, mejor calidad del diseño y en menor tiempo. Objetivo práctico que se citaba en cuarto lugar.

5. Referencias

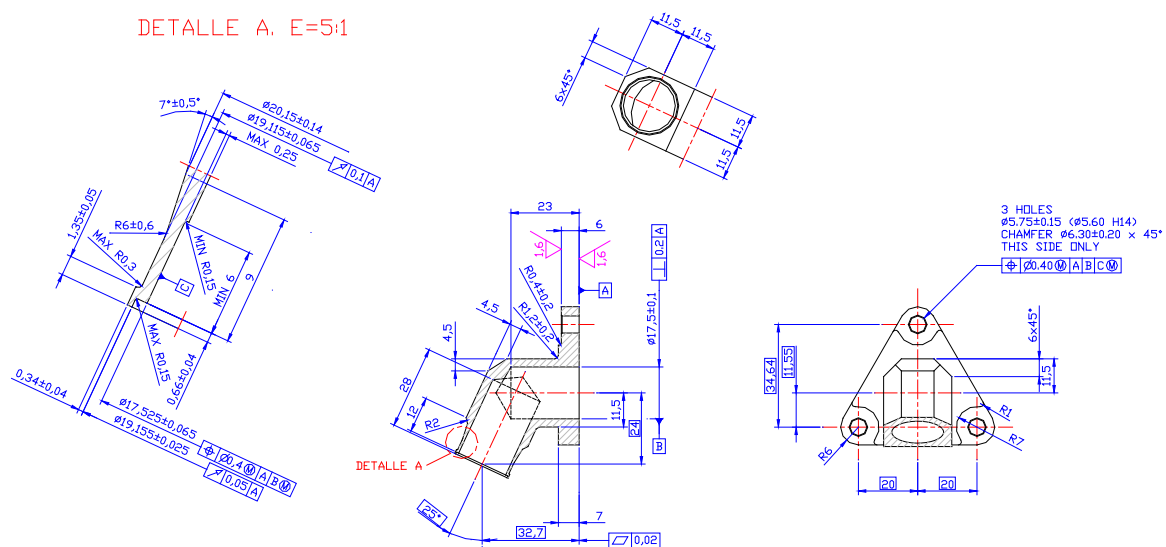
- [1] D. Garrido. *Nuevo paradigma del diseño digital*. PLM News nº 27, (2008). pp. 10 - 11.
- [2] J. López Soto, J.L. Caro Rodríguez, G. Urraza Digón, J.M. Ortega Arceo. *Análisis de métodos de modelizado en el diseño paramétrico. Utilización del boceto espacial*. Proceeding of XV Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas. Valladolid, Spain, 2007. I.S.B.N.: 978-84-690-7547-0
- [3] J. López Soto, J.L. Caro Rodríguez, P. Ramírez López-Para. *Métodos de modelizado en el diseño paramétrico. Análisis de relaciones geométricas*. Proceeding of XX Congreso Internacional XXI INGEGRAF – XVII ADM. Lugo, Spain, 2009. I.S.B.N.: 978-84-96351-54-7
- [4] Medland, A. J. *The computer-based design process*. Editor: [Chapman & Hall](#), 1992. pp. 248. ISBN: 0442315155.
- [5] Miles, L. D.: *Análisis del Valor*. Ediciones Deusto - Bilbao. 1970

Correspondencia

Para más información contacte con:

ANEXO 1

Plano de adaptador



ANEXO 2

Matriz de operaciones completa