

# 1.3

## TÉCNICAS DE MODELADO GEOMÉTRICO

# Introducción

## Introducción

Primitivas

Op. Booleanas

Barrido

Características

Árbol del modelo

Completo

Consistente

Conciso

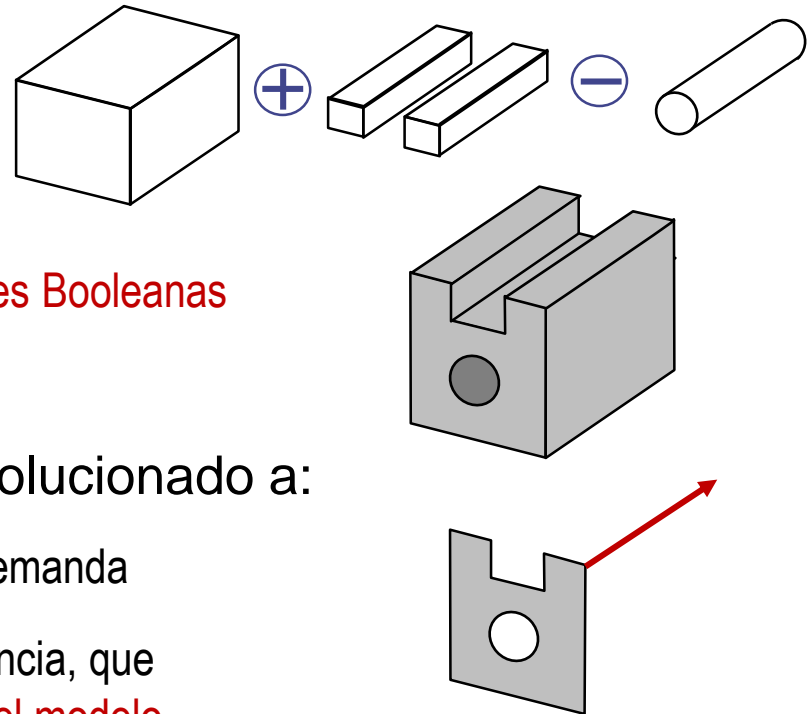
Rúbrica

La metodología de modelado más común se denomina  
“**Geometría Constructiva de Sólidos**” (CSG)

Ver definición en ISO 10303-42

Consta de dos tareas:

- ✓ Se toman **sólidos elementales predefinidos**, llamados primitivas
- ✓ Se combinan, mediante **operaciones Booleanas**



A lo largo del tiempo, CSG ha evolucionado a:

- ✓ Se obtienen **sólidos de barrido** a demanda
- ✓ Se combinan siguiendo una secuencia, que se representa mediante un **árbol del modelo**

Actualmente ambas estrategias coexisten...

...aunque la segunda es dominante

# Introducción

## Introducción

Primitivas

Op. Booleanas

Barrido

Características

Árbol del modelo

Completo

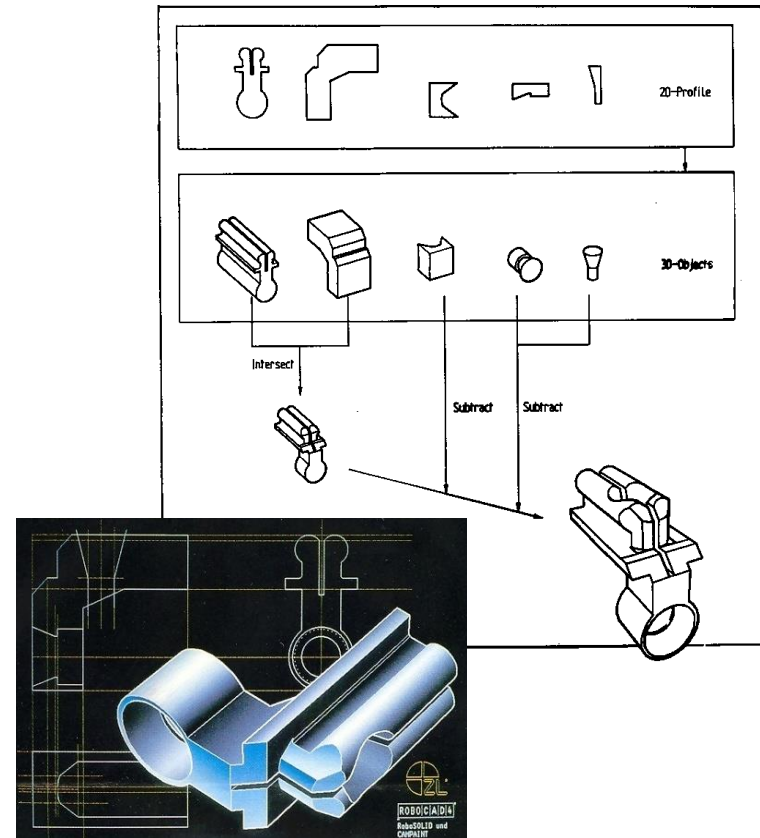
Consistente

Conciso

Rúbrica

En consecuencia, las tres tareas básica requeridas para modelar con metodología **CSG de barrido** son:

- 1 Definir perfiles 2D bien parametrizados
- 2 Aplicar los barridos apropiados para generar elementos característicos 3D
- 3 Combinar los sólidos mediante una secuencia representada en un árbol del modelo



# Introducción

## Introducción

Primitivas

Op. Booleanas

Barrido

Características

Árbol del modelo

Completo

Consistente

Conciso

Rúbrica

CSG es un tipo de **modelado procedural**, ya que no se guarda el modelo resultante, sino las reglas necesarias para construirlo

Cada tipo de regla aporta un rasgo al método:

1 Definir perfiles 2D  
bien parametrizados



El modelo se  
denomina **paramétrico**

2 Aplicar los barridos  
apropiados para generar  
elementos característicos 3D



El modelo se dice  
**basado en características**

3 Combinar los sólidos mediante  
una secuencia representada  
en un árbol del modelo



Se dice que el modelo tiene  
historial, o está **basado en historia**

Por ello, los modelos que se obtienen mediante esta técnica se denominan paramétricos, basados en características y basados-en-historia

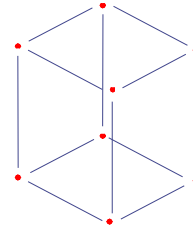
Los modelos no procedurales se denominan “mudos”, o explícitos

# Introducción

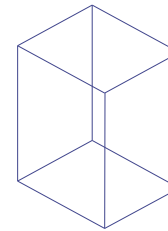
Hay otras técnicas de modelado virtual que han sido útiles en el pasado y/o que son útiles actualmente para otros propósitos:

√ Modelos alámbricos

Solo definen explícitamente los vértices y aristas

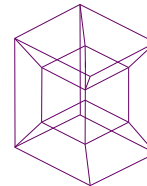


Solo sirven para modelos poliédricos

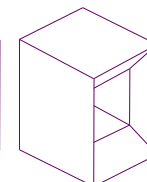
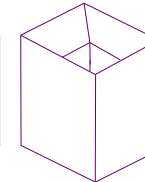
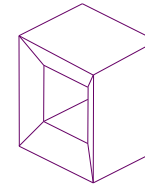


√ Modelos de superficies

Son ambiguos para representar sólidos



= ¿



?

¡Están en desuso!

Introducción

Primitivas

Op. Booleanas

Barrido

Características

Árbol del modelo

Completo

Consistente

Conciso

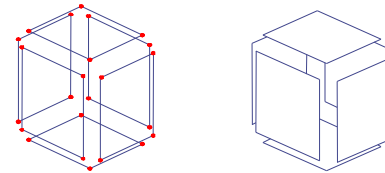
Rúbrica

# Introducción

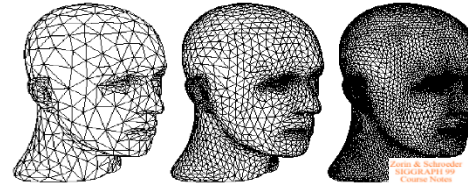
Hay otras técnicas de modelado virtual que han sido útiles en el pasado y/o que son útiles actualmente para otros propósitos:

## ✓ Modelos alámbricos

Definen explícitamente los vértices, aristas y caras



Son eficientes para representar modelos poliédricos



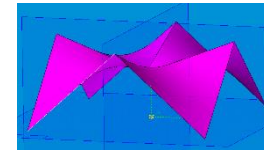
¡No permiten cálculos geométricos de masas, volúmenes, etc!

## ✓ Modelos de superficies

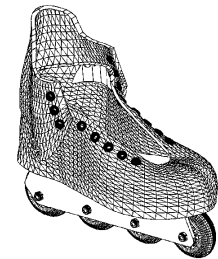
Se denominan B-Rep por el acrónimo de Boundary-REPresentacion

Se utilizan dos metodologías para diseño de superficies complejas:

✓ Modelos matemáticos específicos para cada tipo de superficie



✓ Modelos aproximados, mediante facetado de superficies



Muchos modelos alámbricos y de superficies son **explícitos**, o mudos, porque no se gestionan de forma procedural



Más detalles sobre modelos explícitos en 1.10

### Introducción

Primitivas

Op. Booleanas

Barrido

Características

Árbol del modelo

Completo

Consistente

Conciso

Rúbrica

# Primitivas

Introducción

**Primitivas**

Op. Booleanas

Barrido

Características

Árbol del modelo

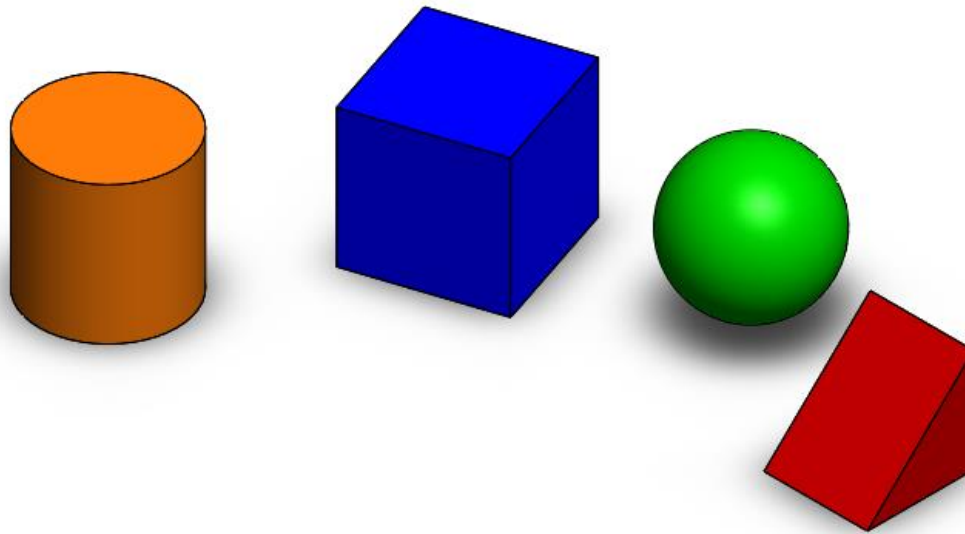
Completo

Consistente

Conciso

Rúbrica

Las **primitivas** son figuras geométricas simples que se utilizan como “ladrillos” para construir formas complejas



Son comandos predefinidos, integrados en la aplicación, y se invocan desde menús y barras de herramientas

Invocar una primitiva desde un menú crea una “**instancia**” de la figura!

# Operaciones booleanas

Introducción

Primitivas

**Op. Booleanas**

Barrido

Características

Árbol del modelo

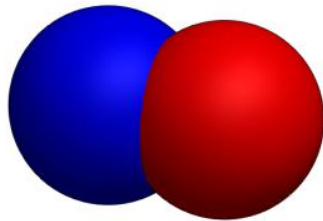
Completo

Consistente

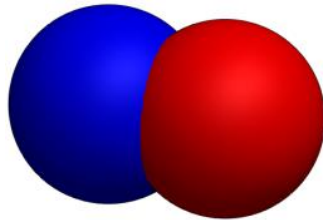
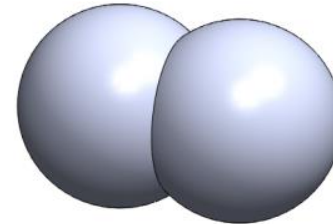
Conciso

Rúbrica

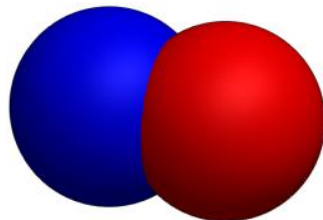
Para combinar sólidos, se pueden usar tres tipos de operaciones Booleanas:



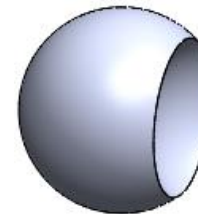
Unión →



Intersección →



Sustracción →



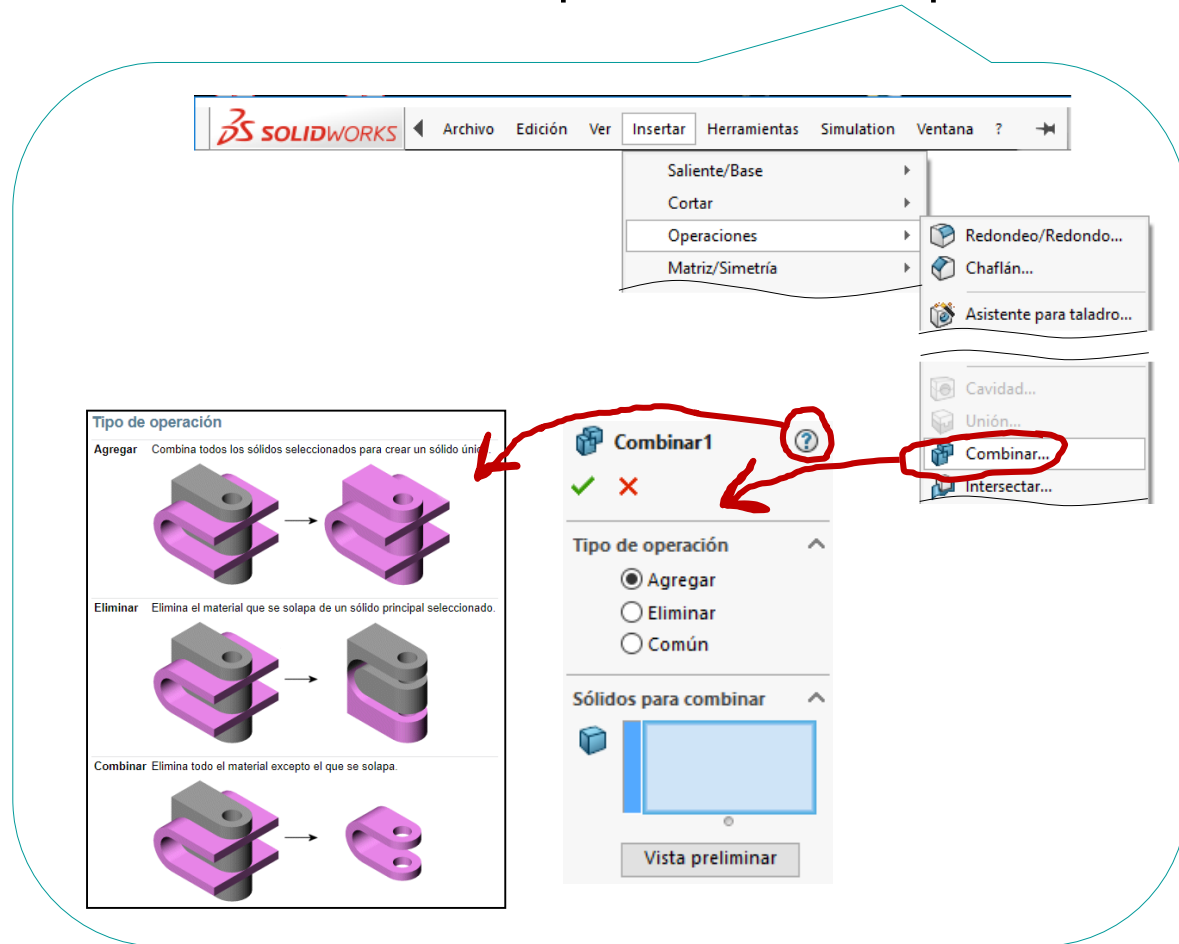
Azul-Rojo

Rojo-Azul daría un resultado diferente



# Operaciones booleanas

En algunos programas, la operación booleana están explícitamente disponibles



Aunque se usan raramente

Introducción

Primitivas

Op. Booleanas

Barrido

Características

Árbol del modelo

Completo

Consistente

Conciso

Rúbrica

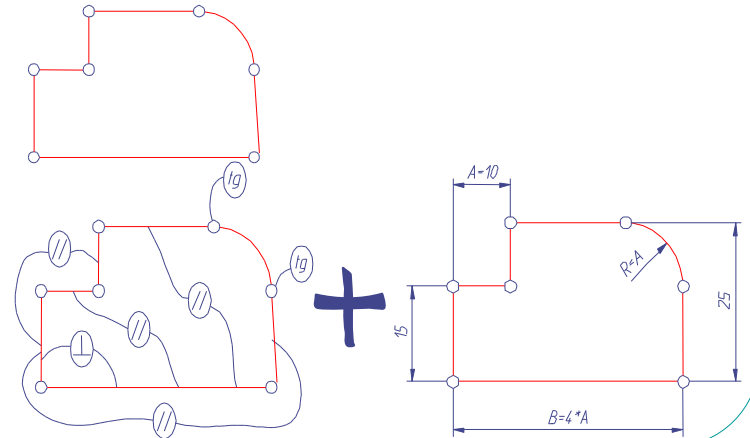
# Sólidos de barrido

Los sólidos de barrido se crean a demanda, en dos pasos:

## 1 Dibujar un perfil plano

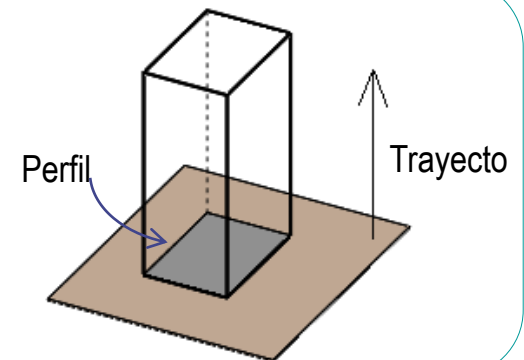
Los perfiles se dibujan croquizando con restricciones:

- ✓ Primero, se croquiza un perfil aproximado
- ✓ Segundo, se añaden restricciones hasta definir por completo el perfil



## 2 Crear un sólido barriendo con el perfil plano

El **sólido de barrido** es la geometría tridimensional creada al extender la forma bidimensional del perfil a lo largo de un trayecto



Introducción

Primitivas

Op. Booleanas

**Barrido**

Características

Árbol del modelo

Completo

Consistente

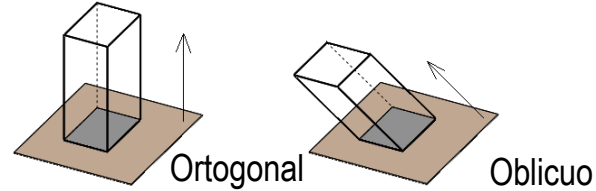
Conciso

Rúbrica

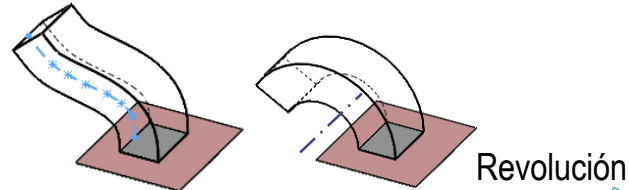
# Sólidos de barrido

Existen diferentes tipos de barrido, dependiendo del trayecto, y de los posibles cambios en la sección del perfil

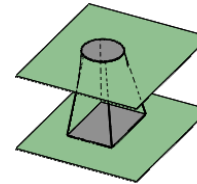
- ✓ Extrusión, o barrido lineal



- ✓ Barrido curvilíneo



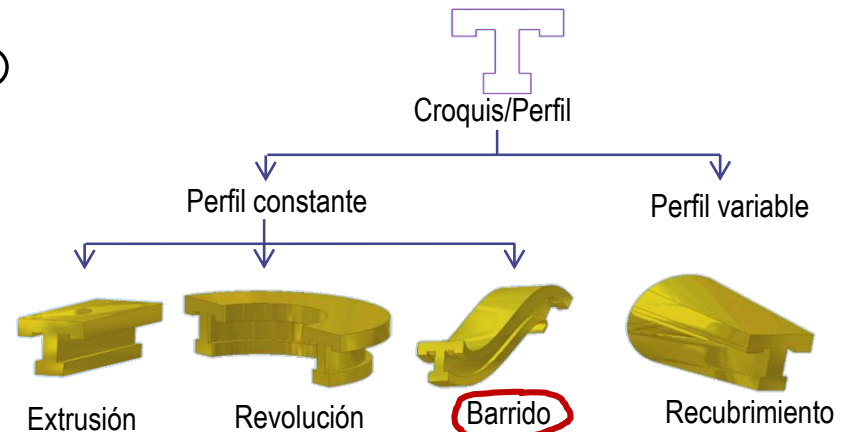
- ✓ Barrido de sección variable, o recubrimiento



Tipo particular de barrido curvilíneo

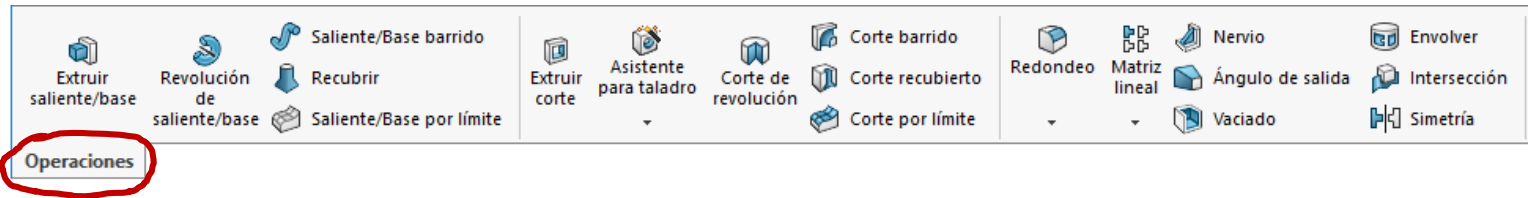


Note que SolidWorks® usa el término *barrido* solo para trayectos curvilíneos y perfiles constantes



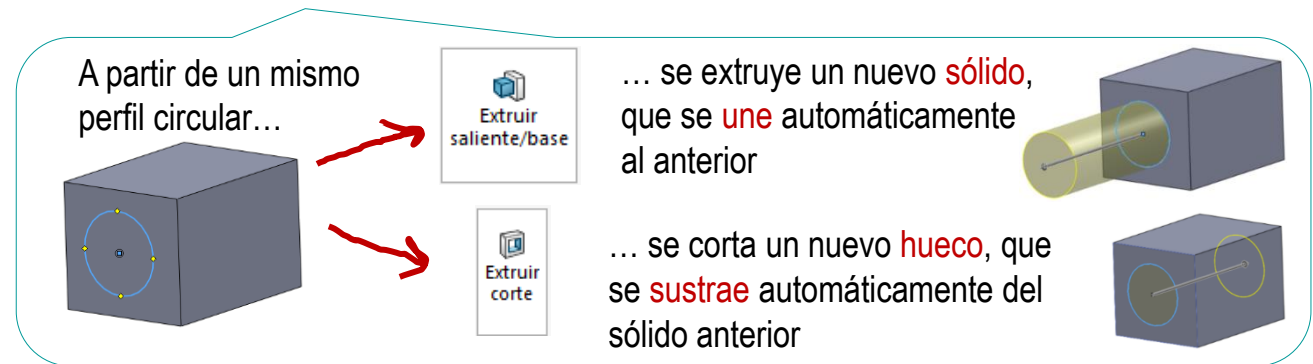
# Características

Se usa el término **operaciones** como genérico de todos los métodos de construcción de geometría CSG



Los rasgos más generales de las operaciones son:

- ✓ Se suelen expresar en términos de **operaciones de fabricación**
- ✓ Incluyen **combinaciones Booleanas implícitas** con los sólidos previos



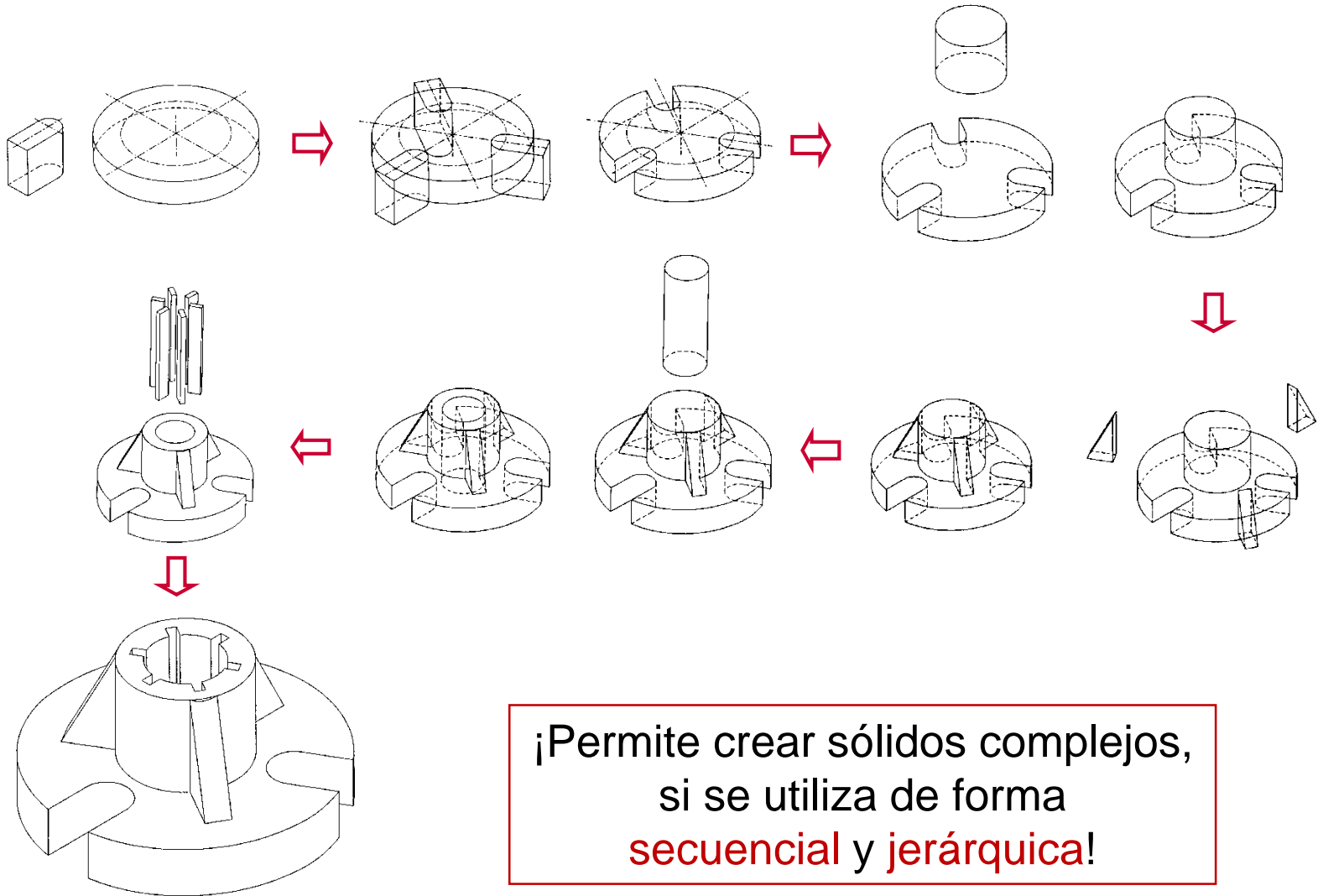
- ✓ Dan lugar a **características** o “features”



Más detalles sobre características en 1.6

# Árbol del modelo

Las operaciones (o “features”) se pueden aplicar **recursivamente**:



¡Permite crear sólidos complejos,  
si se utiliza de forma  
**secuencial** y **jerárquica**!

Introducción

Primitivas

Op. Booleanas

Barrido

Características

**Árbol del modelo**

Completo

Consistente

Conciso

Rúbrica

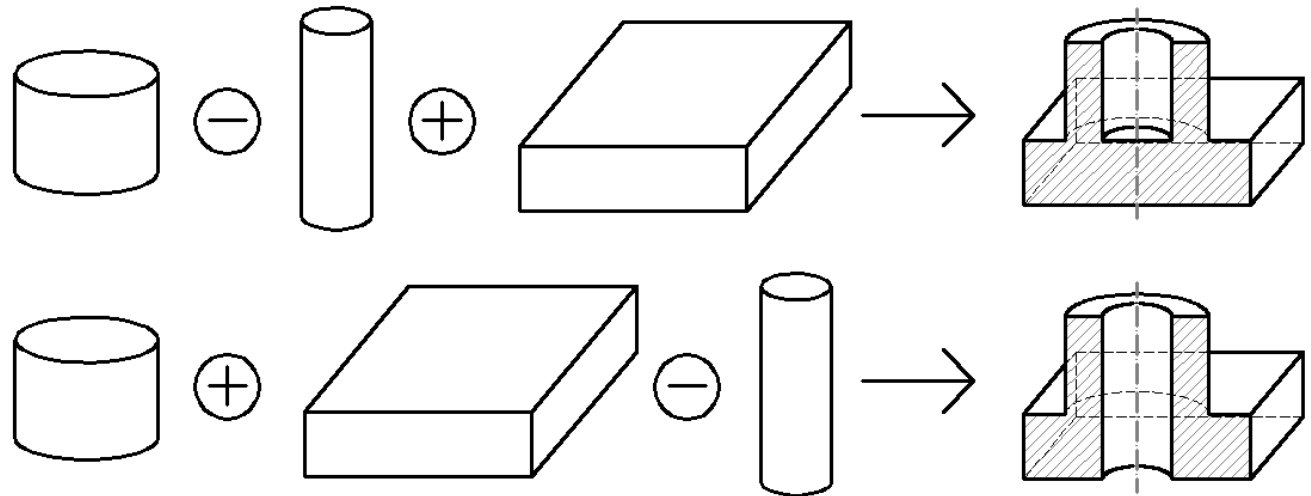
# Árbol del modelo



La secuencia de operaciones  
no es conmutativa



Modificando la secuencia  
cambia el cuerpo final



Introducción

Primitivas

Op. Booleanas

Barrido

Características

Árbol del modelo

Completo

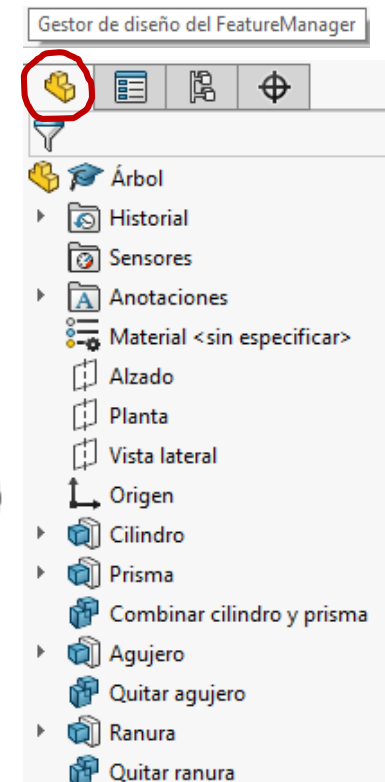
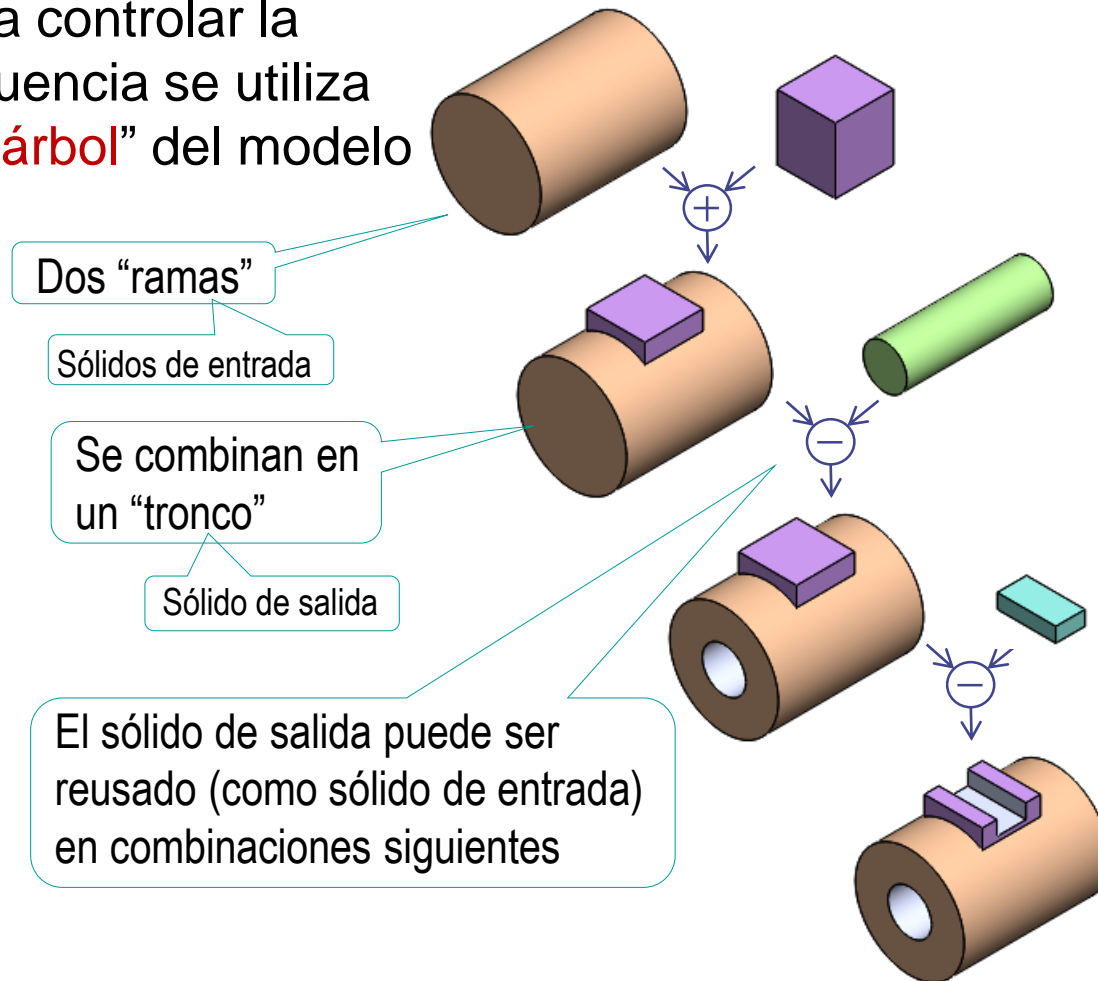
Consistente

Conciso

Rúbrica

# Árbol del modelo

Para controlar la secuencia se utiliza un “**árbol**” del modelo



El árbol se muestra en el *Feature manager*

Introducción

Primitivas

Op. Booleanas

Barrido

Características

**Árbol del modelo**

Completo

Consistente

Conciso

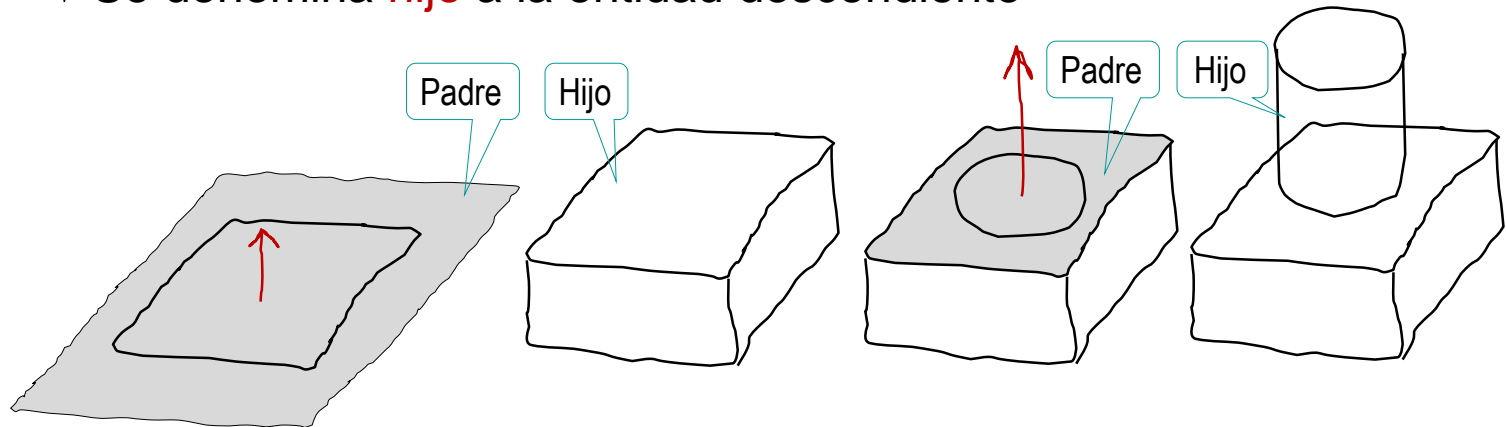
Rúbrica

# Árbol del modelo

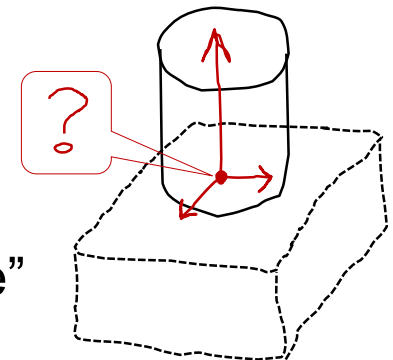
Cuando una entidad del árbol se construye vinculada a otra entidad preexistente, se produce una relación de dependencia:

✓ Se denomina **padre** a la entidad antecesora Ver ISO 10303-44

✓ Se denomina **hijo** a la entidad descendiente



Si el padre desaparece, el hijo queda “colgante”



Introducción

Primitivas

Op. Booleanas

Barrido

Características

Árbol del modelo

Completo

Consistente

Conciso

Rúbrica

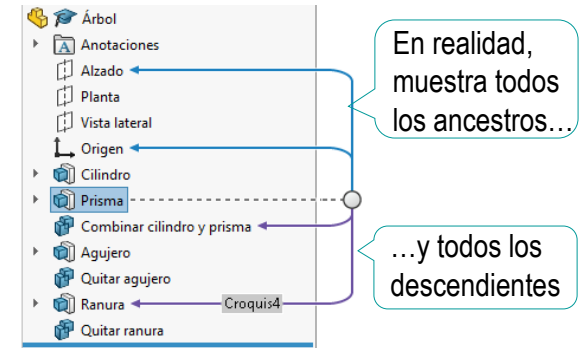
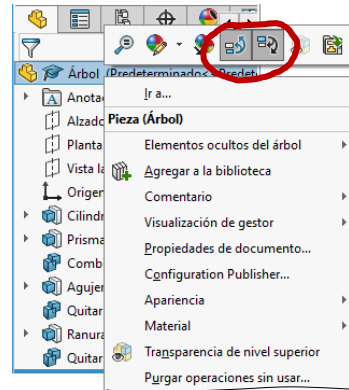


# Árbol del modelo

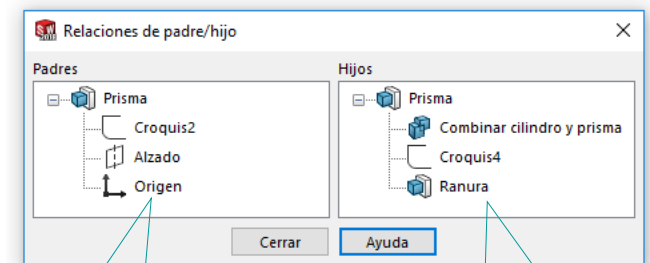
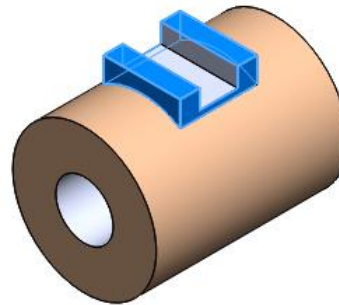
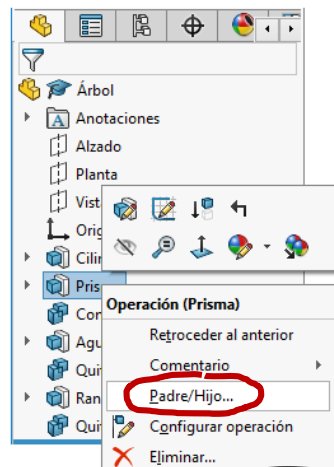


SolidWorks® permite visualizar las relaciones padre/hijo al seleccionar una operación del árbol del modelo:

- ✓ Active la visualización
- ✓ Seleccione la operación a analizar



SolidWorks® también permite visualizar las relaciones padre/hijo en una caja de diálogo:



El origen es padre del prisma, porque su croquis se ha vinculado al origen

La ranura es hija del prisma, porque su croquis se ha dibujado sobre una de sus caras

Introducción

Primitivas

Op. Booleanas

Barrido

Características

**Árbol del modelo**

Completo

Consistente

Conciso

Rúbrica

Seleccionar bien las operaciones  
y combinarlas de forma adecuada  
es crítico...

... porque los modelos CAD solo son  
útiles para propósitos de diseño si son  
**completos**



Las condiciones para que un  
modelo sea completo son:

- 1 El modelo replica la **forma** de la pieza
  - ✓ Tiene la misma topología que la pieza
  - ✓ Replica la geometría de la pieza
  
- 2 El modelo replica el **tamaño** de la pieza
  - ✓ Utiliza la unidades apropiadas
  - ✓ Replica las medidas de la pieza

# Modelo completo

Introducción

Primitivas

Op. Booleanas

Barrido

Características

Árbol del modelo

**Completo**

Consistente

Conciso

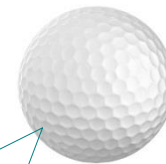
Rúbrica

Dos objetos son **topológicamente equivalentes** si uno se puede transformar en el otro a través de deformaciones, torcimientos, y estiramientos

Una pelota de futbol es topológicamente equivalente a una de rugby (porque puede transformarse en la otra mediante estiramiento)



Ninguna de ellas es topológicamente equivalente a una pelota de golf (porque no pueden perder su agujero interno mediante deformaciones, torcimientos o estiramientos)

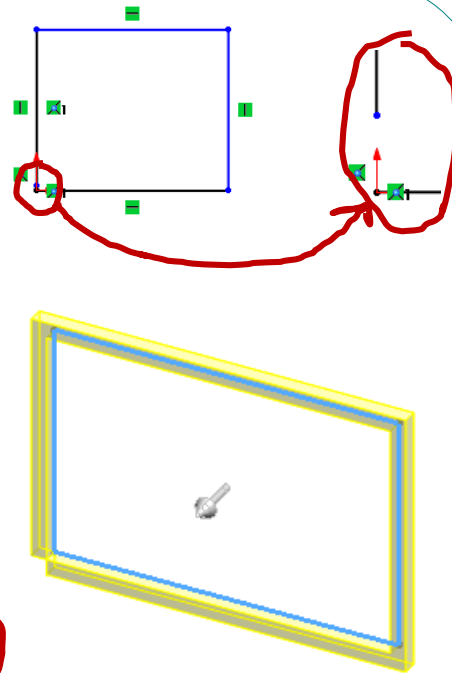
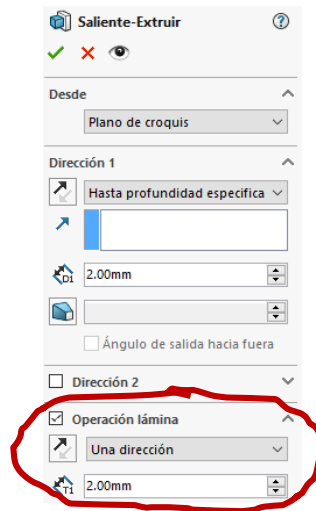


Note que lo que marca la diferencia es el agujero interno, no los hoyuelos

# Modelo completo

La típica equivocación que impide obtener la **topología** correcta es usar una operación de barrido que produce cáscaras en lugar de volúmenes

Algunas aplicaciones CAD producen automáticamente láminas cuando extruyen perfiles abiertos



Recomendación:

✓ Acostúmbrese a cerrar los perfiles

Introducción

Primitivas

Op. Booleanas

Barrido

Características

Árbol del modelo

**Completo**

Consistente

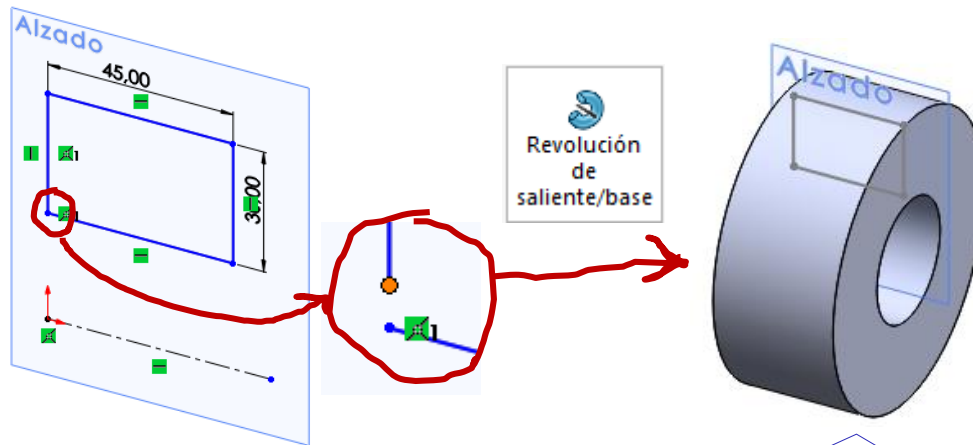
Conciso

Rúbrica

# Modelo completo



La topología errónea puede no ser visible, si el barrido genera una cáscara:



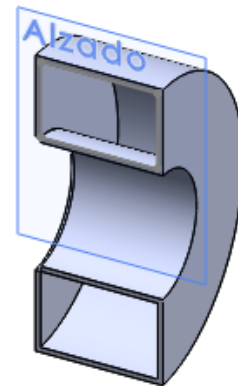
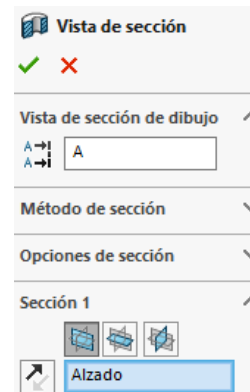
## Recomendación:

- ✓ Use *vistas de sección* para comprobar que la topología es correcta



### Vista de sección

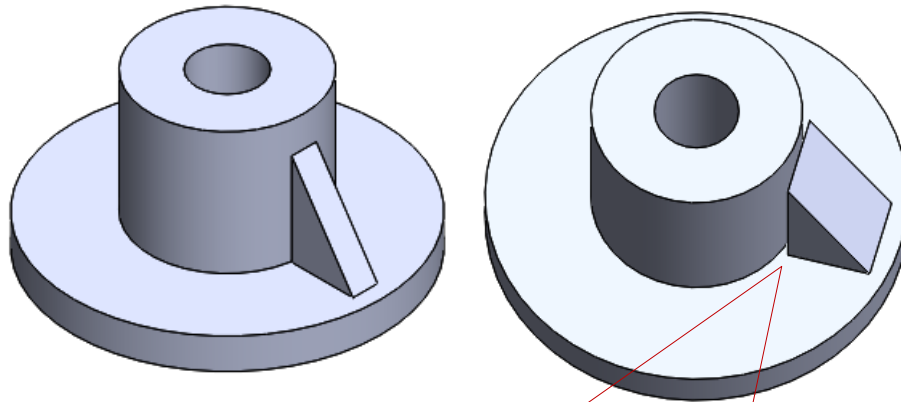
Visualiza una vista de sección de una pieza o ensamblaje utilizando uno o varios planos de sección transversal.



# Modelo completo

Las típicas equivocaciones que producen **formas geométricas incorrectas** en los modelos CAD resultan de operaciones booleanas inapropiadas, que producen grietas o penetraciones

La grieta en el nervio es un ejemplo de procedimiento de modelado equivocado que produce un modelo mal completado



La grieta solo es claramente visible después de incrementar el espesor del nervio y variar el punto de vista

Introducción

Primitivas

Op. Booleanas

Barrido

Características

Árbol del modelo

**Completo**

Consistente

Conciso

Rúbrica

# Modelo completo

Las típicas equivocaciones que producen **tamaños equivocados** en los modelos CAD son:

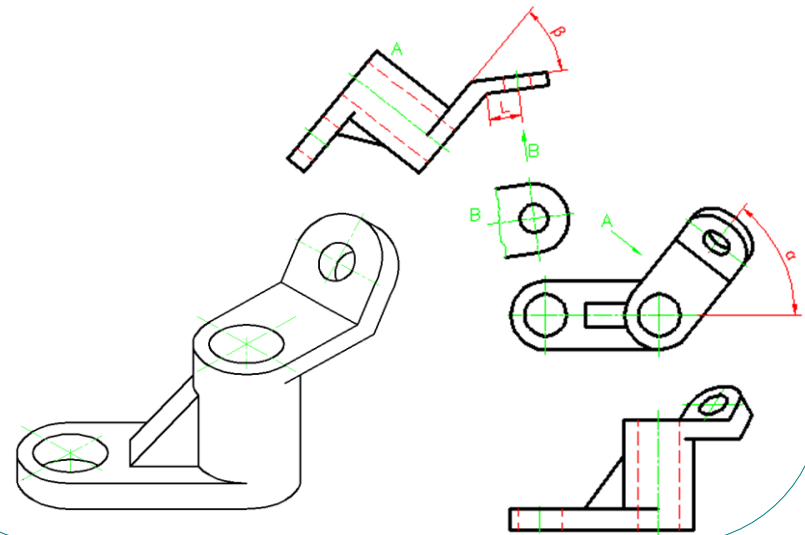
✓ Los datos de partida pueden ser incompletos, o pueden contener información implícita

✓ Algunas cotas cambian descuidadamente

✓ Las unidades están cambiadas

Por ejemplo, si la única información disponible del casquillo con aletas de la figura es la vista pictórica...

...antes de modelar deben dibujarse algunas vistas ortográficas para extraer la información implícita en la vista pictórica (ángulos  $\alpha$  y  $\beta$ , y longitud  $L$ )



**Recomendación:**

✓ Trabaje para extraer la información disponible en los datos de partida antes de empezar a modelar

Introducción

Primitivas

Op. Booleanas

Barrido

Características

Árbol del modelo

**Completo**

Consistente

Conciso

Rúbrica

# Modelo completo

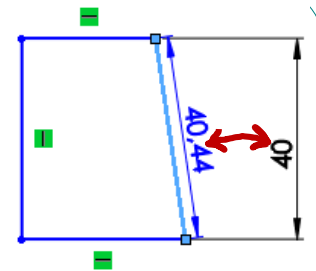
Las típicas equivocaciones que producen **tamaños equivocados** en los modelos CAD son:

✓ Los datos de partida pueden ser incompletos, o pueden contener información implícita

✓ Algunas cotas cambian descuidadamente

✓ Las unidades están cambiadas

✓ El editor “inteligente” de cotas puede conmutar inadvertidamente entre dos cotas diferentes cuando lo usa un usuario novato



✓ Transferir cotas fomenta los errores

## Recomendaciones:

- ✓ Evite los cambios indeseados entre cotas oblicuas y cotas horizontales y verticales
- ✓ No haga transferencias de cotas innecesarias



No cambie diámetros por radios o viceversa

Introducción

Primitivas

Op. Booleanas

Barrido

Características

Árbol del modelo

**Completo**

Consistente

Conciso

Rúbrica



# Modelo completo

Las típicas equivocaciones que producen **tamaños equivocados** en los modelos CAD son:

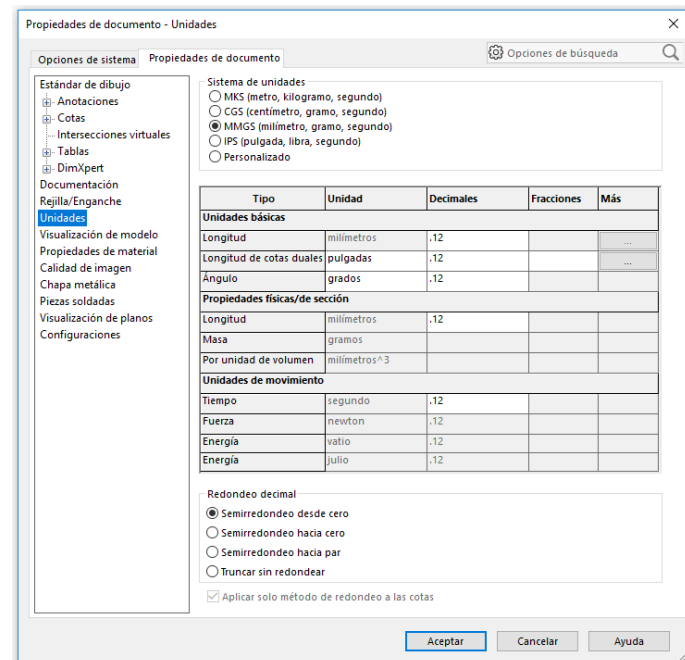
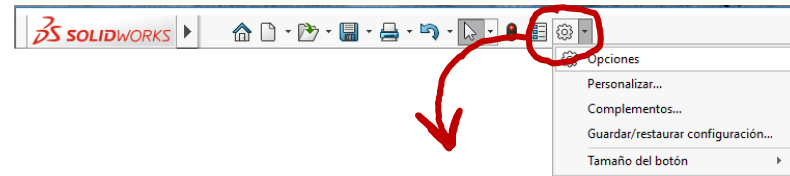
✓ Los datos de partida pueden ser incompletos, o pueden contener información implícita

✓ Algunas cotas cambian descuidadamente

✓ Las unidades están cambiadas

Recomendación:

✓ Compruebe las unidades



# Modelo consistente

Los modelos son reusables si son tolerantes a los cambios, para lo que deben ser **consistentes**



El modelo es consistente si:

- 1 Está bien **vinculado** al sistema de referencia
- 2 Todas las operaciones de modelado están correctamente **fusionadas**

Introducción

Primitivas

Op. Booleanas

Barrido

Características

Árbol del modelo

Completo

**Consistente**

Conciso

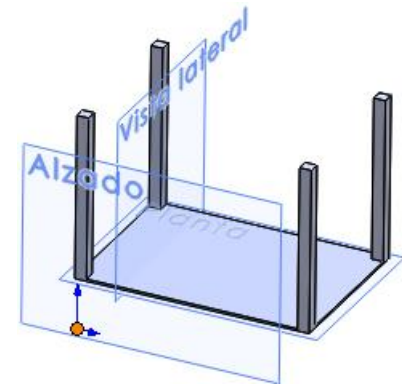
Rúbrica

# Modelo consistente

El modelo está bien vinculado al sistema de referencia si:

1 El modelo está claramente referido al sistema global

✓ La orientación del modelo es consistente con la orientación de la pieza en el mundo real



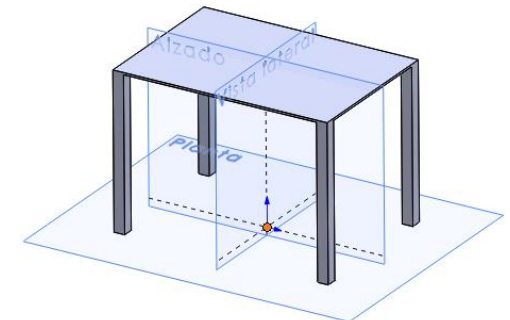
Recomendación:

✓ No modele la pieza cabeza abajo

Evite que otra gente haga suposiciones equivocadas sobre el modelo

2 La estructura, esqueleto o andamio de la pieza está hecha de datums apropiados

✓ Se hacen coincidir los planos de simetría con los planos de referencia



Recomendación:

✓ No coloque la pieza desplazada o rotada arbitrariamente

Evita dificultades posteriores al colocar elementos relacionados

¡Simplifica algunas tareas de edición!

¡Simplifica el cálculo de algunas propiedades!



¡Se explica en la lección siguiente!

Introducción

Primitivas

Op. Booleanas

Barrido

Características

Árbol del modelo

Completo

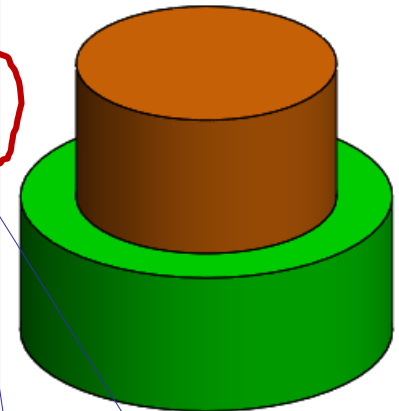
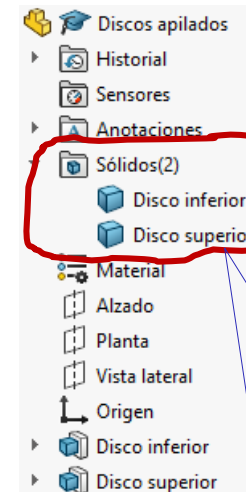
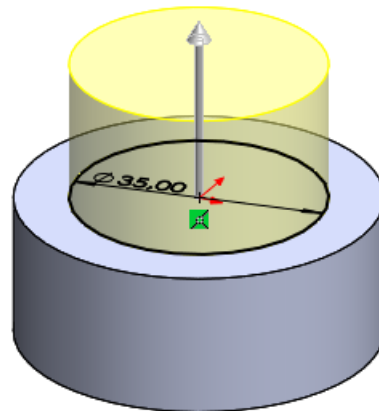
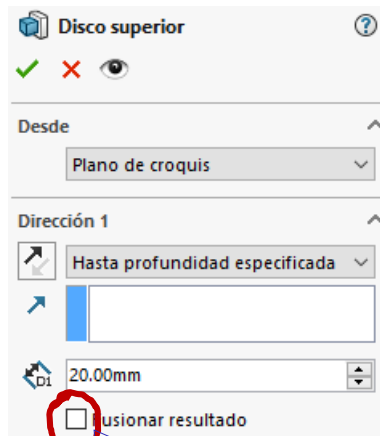
**Consistente**

Conciso

Rúbrica

# Modelo consistente

Usar incorrectamente las opciones de fusonado de las operaciones de modelado puede producir modelos multicuerpo indeseados:



## Recomendación:

- ✓ Compruebe que las opciones por defecto para fusionar operaciones funcionan correctamente

## Recomendación:

- ✓ Compruebe que el modelo final no incluye un número de sólidos distinto del esperado

Introducción

Primitivas

Op. Booleanas

Barrido

Características

Árbol del modelo

**Completo**

Consistente

Conciso

Rúbrica

# Modelo consistente

Introducción

Primitivas

Op. Booleanas

Barrido

Características

Árbol del modelo

**Completo**

Consistente

Conciso

Rúbrica

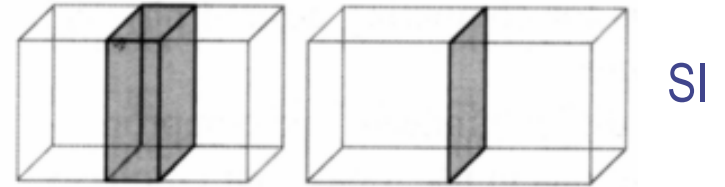


Algunas operaciones booleanas pueden producir:

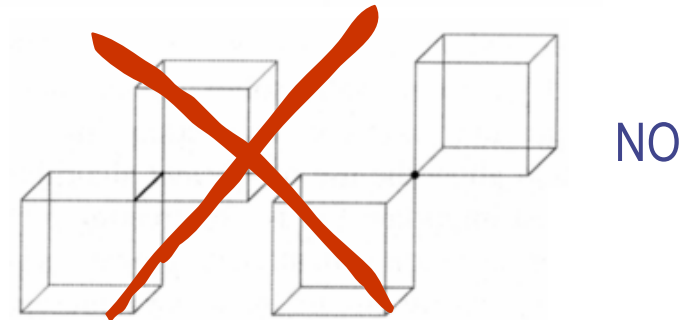
- ✗ Modelos no válidos
- ✗ Modelos con una forma diferente a la esperada

Se usan diferentes criterios para evitar estos fallos:

- ✓ Dos sólidos deben combinarse compartiendo un volumen, o, al menos, una cara



- ✗ Compartir una arista o un vértice genera sólidos no válidos



Información detallada sobre modelos válidos se puede encontrar en:

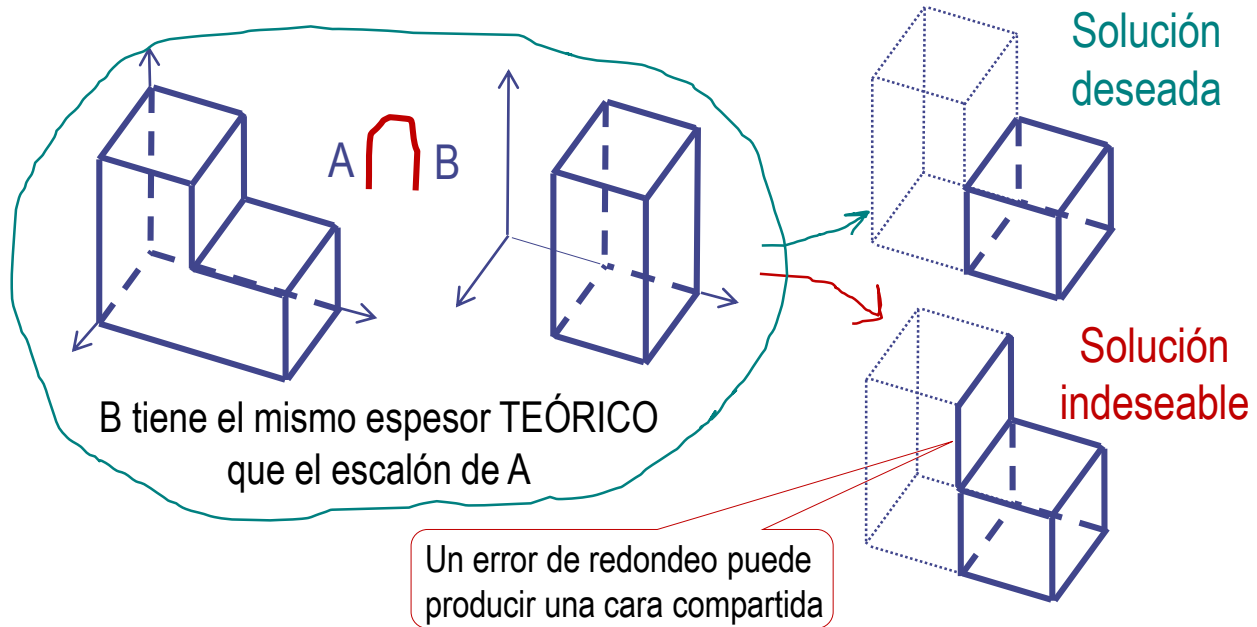
*Spatial Docs. Manifold and Non-manifold Objects*

[http://doc.spatial.com/index.php/Manifold\\_and\\_Non-manifold\\_Objects](http://doc.spatial.com/index.php/Manifold_and_Non-manifold_Objects)

# Modelo consistente



Pueden producirse errores debidos a redondeos en los cálculos numéricos...



...y pueden reducirse, o eliminarse, mediante buenas prácticas de modelado

¡Ajuste la anchura de B para que coincida con el escalón de A, evitando así el error de redondeo!

Introducción

Primitivas

Op. Booleanas

Barrido

Características

Árbol del modelo

**Completo**

Consistente

Conciso

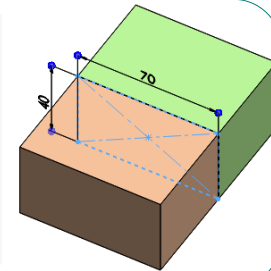
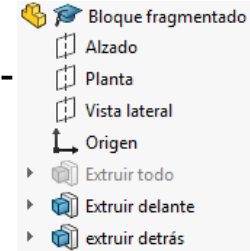
Rúbrica

# Modelo conciso

Los modelos CAD son más fáciles de entender y editar si son **concisos**, es decir:

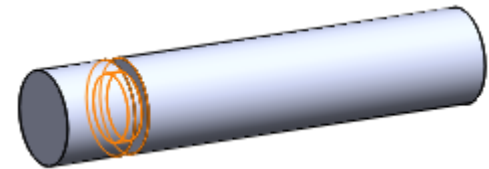
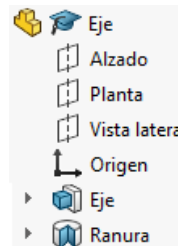
✓ No contienen información **fragmentada**

Descomponer una extrusión en dos semi-extrusiones produce un árbol del modelo fragmentado

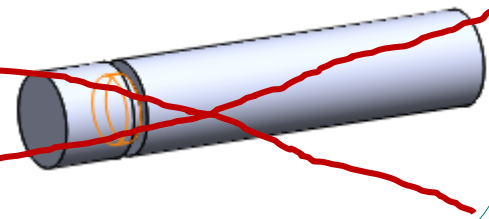
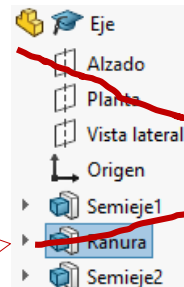


✓ No contienen información repetitiva

Un eje dividido en dos semi-ejes unidos a través de una ranura para arandela no es solo ineficiente...



...su árbol del modelo puede confundir



¡Una ranura no añade material!

Introducción

Primitivas

Op. Booleanas

Barrido

Características

Árbol del modelo

Completo

Consistente

**Conciso**

Rúbrica

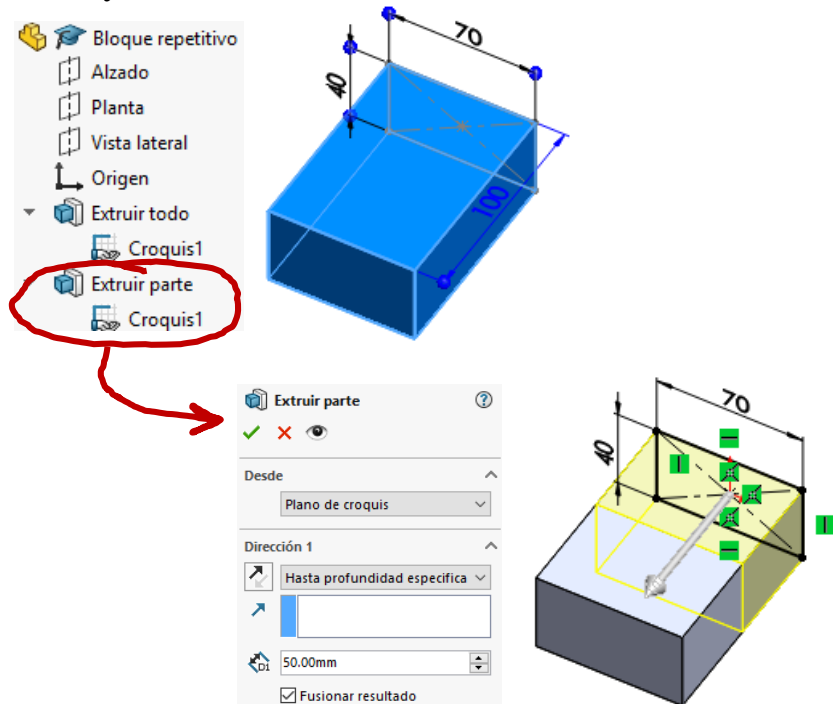
# Modelo conciso

Los modelos CAD son más fáciles de entender y editar si son **concisos**, es decir:

✓ No contienen información fragmentada

✓ No contienen información repetitiva

Una operación que añada material donde ya está relleno es repetitiva...



...tanto como una operación que remueve material donde ya estaba vacío

Introducción

Primitivas

Op. Booleanas

Barrido

Características

Árbol del modelo

Completo

Consistente

**Conciso**

Rúbrica

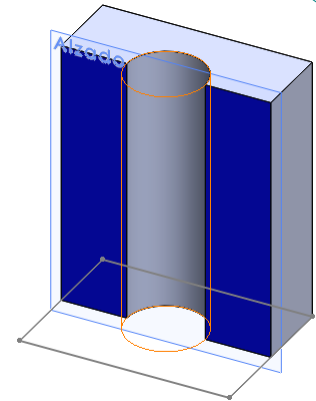
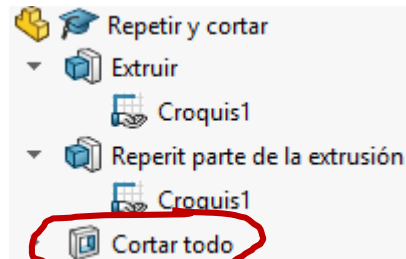


# Modelo conciso

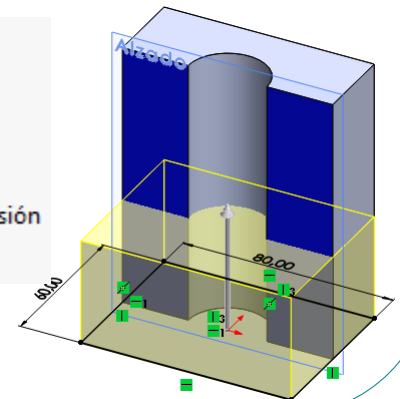
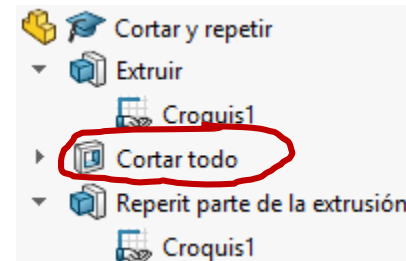


Las operaciones repetitivas pueden producir resultados inesperados cuando están intercaladas con otras operaciones

Un agujero pasante...



...se convierte en ciego al cambiar la secuencia de las operaciones en el árbol del modelo



Introducción

Primitivas

Op. Booleanas

Barrido

Características

Árbol del modelo

Completo

Consistente

**Conciso**

Rúbrica

# Rúbrica

Puede comprobar mediante los siguientes criterios de una rúbrica de evaluación si el modelo está **completo**:

Aunque el desempeño contempla cinco niveles, intente auto-evaluar siempre limitándose a las opciones Si/No

#	Criterio	No / Nunca	Casi nunca	Algunas veces	Casi siempre	Si / siempre
M2	<b>El modelo está completo</b>					
M2.1	El modelo replica la forma de la pieza					
M2.1a	El modelo tiene la misma topología (sólido, lámina, cáscara) que la pieza					
M2.1b	El modelo replica la geometría de la pieza					
M2.2	El modelo replica el tamaño de la pieza					
M2.2a	El modelo utiliza las unidades apropiadas					
M2.2b	El modelo replica las medidas de la pieza					

Utilice los sub-criterios si quiere obtener una evaluación más detallada

Introducción

Primitivas

Op. Booleanas

Barrido

Características

Árbol del modelo

Completo

Consistente

Conciso

**Rúbrica**

# Rúbrica

El criterio visto en la lección anterior para evaluar si el modelo es **consistente** se amplía para determinar si el modelo es consistente con el sistema de referencia, y si las distintas operaciones de modelado están consistentemente relacionadas:

#	Criterio	No / Nunca	Casi nunca	Algunas veces	Casi siempre	Si / Siempre
M3.1	Los perfiles están libres de líneas duplicadas o segmentadas, y están completamente restringidos					
M3.1a	Los perfiles están libres de líneas duplicadas o segmentadas					
M3.1b	Los perfiles están completamente restringidos					
M3.2a	El modelo está alineado y orientado respecto al sistema global de referencia					
M3.3	Todas las partes del modelo están correctamente fusionadas					

Introducción

Primitivas

Op. Booleanas

Barrido

Características

Árbol del modelo

Completo

Consistente

Conciso

**Rúbrica**

# Rúbrica

El criterio visto en la lección anterior para evaluar si los perfiles del modelo son **concisos** se amplía a las operaciones de modelado:

#	Criterio	No / Nunca	Casi nunca	Algunas veces	Casi siempre	Si / Siempre
M4.1a	Los perfiles están libres de restricciones repetitivas o fragmentadas					
M4.1b	El modelo está libre de operaciones de modelado repetitivas o fragmentadas					

Introducción

Primitivas

Op. Booleanas

Barrido

Características

Árbol del modelo

Completo

Consistente

Conciso

**Rúbrica**

# Para repasar

¡Cada aplicación CAD tiene sus propias peculiaridades para el proceso de modelado!

¡Hay que estudiar el manual de la aplicación que se quiere utilizar!

Ayuda de HTML

Mostrar Atrás Imprimir

## Tutoriales de SOLIDWORKS: Getting Started

Empezar a trabajar	Técnicas básicas	Técnicas avanzadas
Herramientas de productividad	Evaluación de diseño	Preparación para la obtención de las
Ejemplos de Novedades	Todos los Tutoriales de SOLIDWORKS	Vaya a Tutoriales de SOLIDWORKS Simulation

Estos tutoriales explican la funcionalidad del software SOLIDWORKS en un formato de aprendizaje basado en ejemplos. Para ver detalles sobre convenciones tipográficas y cómo utilizar estos tutoriales, consulte [Convenciones](#).

Si todavía no está familiarizado con el software SOLIDWORKS, lea primero la lección **Empezar trabajar**. Para ver ejemplos de Novedades de SOLIDWORKS para esta versión, consulte **Ejemplos de Novedades**. Los tutoriales restantes se pueden completar en cualquier orden.

**Introducción a SOLIDWORKS**

**AutoCAD y SOLIDWORKS**

**Lección 1: Piezas**

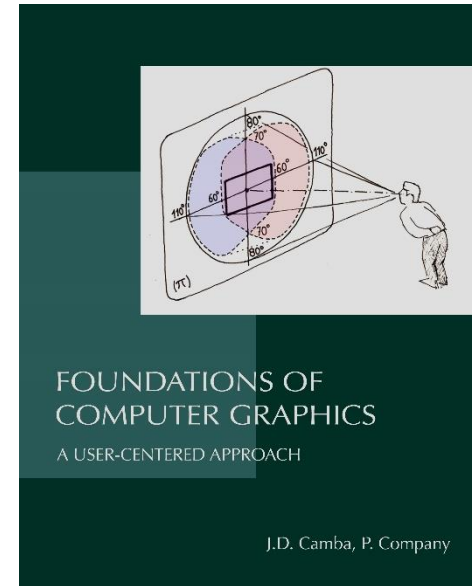
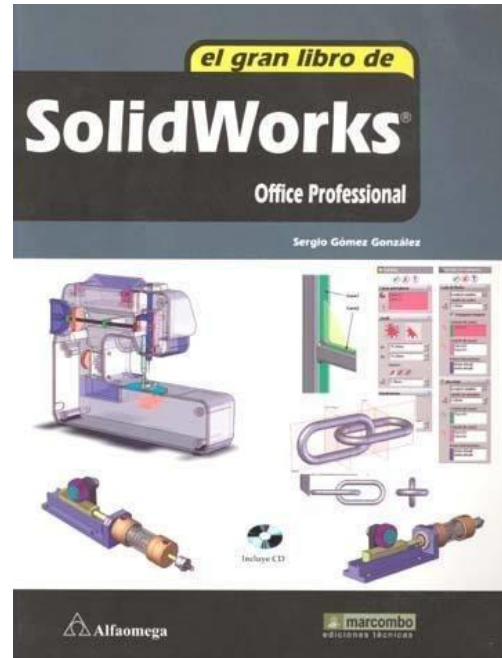
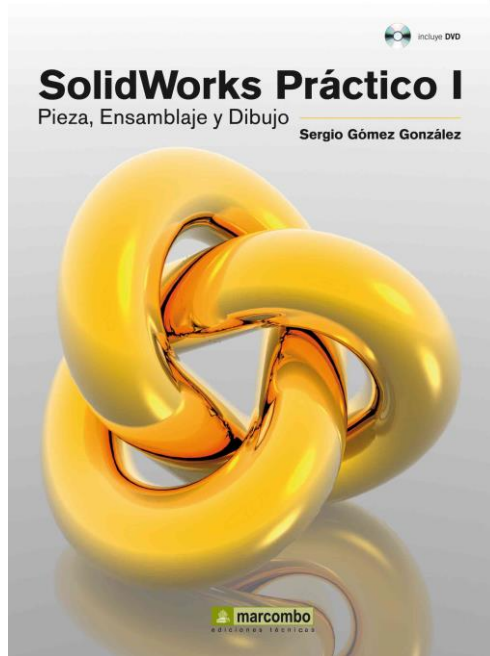
**Tiempo: 30 minutos**

Cree su primer modelo de SOLIDWORKS.

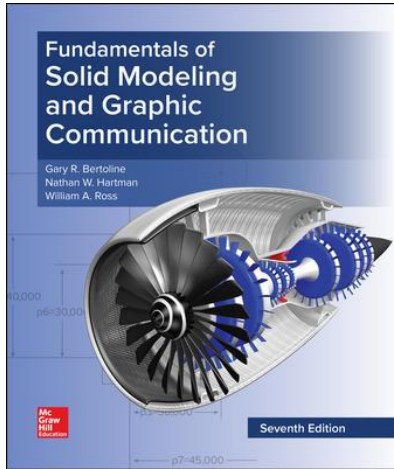
**Lección 2: Ensamblajes**

**Lección 3: Dibujos**

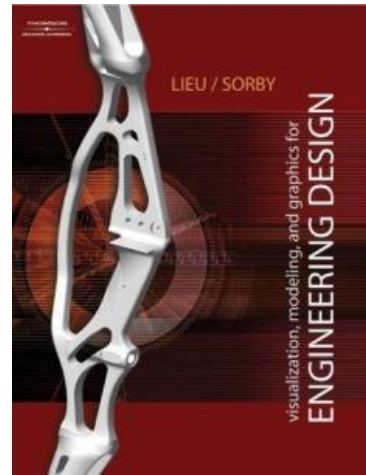
# Para repasar



# Para repasar



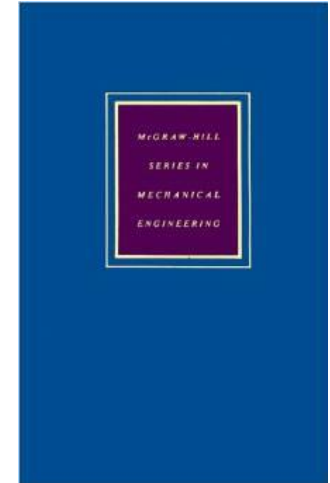
Chapter 4: Feature-Based Modeling



Chapter 6: Solid Modeling



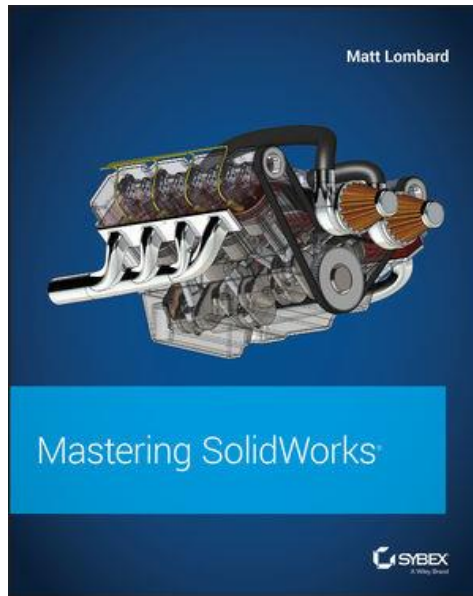
2. La modellazione di parti in SolidWorks



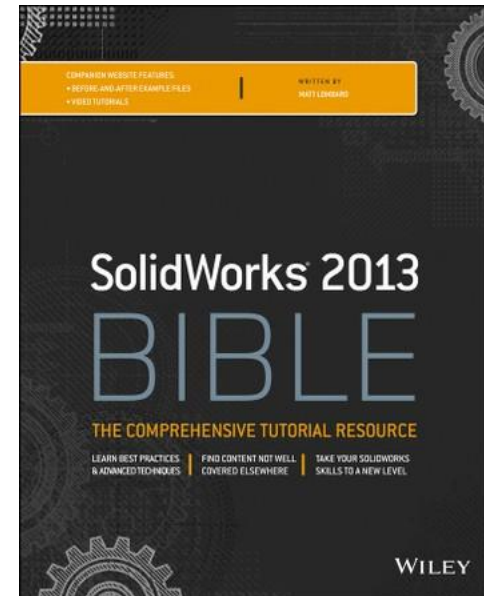
Ibrahim Zeid  
CAD/CAM Theory and Practice  
McGraw-Hill, 1991

Chapter 7. Types and Mathematical Representations of Solids

# Para aprender más



Chapter 4: Creating  
Simple Parts and  
Drawings



Chapter 4: Creating  
Simple Parts and  
Drawings