



**UNIVERSITAT
JAUME I**

Departament
d'Enginyeria
Mecànica i
Construcció

ANEXO II CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Pedro Company

A fin de ayudar a aquellos lectores que utilicen este libro para auto-aprender CAD 3D, proponemos una rúbrica genérica que se puede aplicar para evaluar cada ejercicio resuelto. La rúbrica consta de seis criterios que se pueden evaluar contestando a las siguientes preguntas:

1. ¿El resultado es válido?
2. ¿El resultado es completo?
3. ¿El resultado es consistente?
4. ¿El resultado es conciso?
5. ¿El resultado es claro y comprensible?
6. ¿El resultado transmite la intención de diseño?

En una evaluación inclusiva, apropiada para medir el progreso en el proceso de aprendizaje, cada uno de los criterios se debe medir por separado, y la calificación final se debe obtener por acumulación de todas las calificaciones parciales.

Por el contrario, en una evaluación excluyente, apropiada para medir las competencias adquiridas, no obtener buenos resultados en un criterio se debe tomar como un síntoma de que persisten deficiencias que se deben corregir para progresar. Dado que las competencias están relacionadas, no progresar en una de ellas significa que los progresos en las siguientes no son útiles. En consecuencia, para una evaluación excluyente, las preguntas se deben contestar exactamente en el orden en el que están planteadas arriba, y se debe considerar como no superada la evaluación si la contestación a cualquiera de ellas es "En desacuerdo" o "Totalmente en desacuerdo".

Para ilustrar el significado de cada uno de los criterios, y para suministrar criterios detallados que permitan una evaluación más ajustada a cada ejercicio, se incluyen también cuestionarios detallados.

Cuestionario general de evaluación

Para medir el grado de cumplimiento de los seis criterios, se proponen cinco declaraciones que se deben contestar siguiendo una escala Lickert. Las declaraciones se deben adaptar en función de que el resultado sea un modelo, un ensamblaje o un plano. Para el caso de un modelo, el cuestionario sería:

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
El modelo es válido					
El modelo es completo					
El modelo es consistente					
El modelo es conciso					
El modelo es claro y comprensible					
El modelo transmite la intención de diseño					

La tabla se puede utilizar como una lista cualitativa de comprobación. En tal caso, se considera que un ejercicio está bien resuelto si las valoraciones de los seis criterios son "De acuerdo" o "Totalmente de acuerdo".

Pero la tabla también se puede usar para obtener una calificación numérica. Para ello basta asignar valores a las diferentes respuestas y ponderar las puntuaciones numéricas de todas ellas.

para obtener la calificación global. La escala numérica para valorar cada dimensión puede ser:

- | | |
|----------------------------------|------|
| • Totalmente en desacuerdo | 0 |
| • En desacuerdo | 0,25 |
| • Ni de acuerdo ni en desacuerdo | 0,5 |
| • De acuerdo | 0,75 |
| • Totalmente de acuerdo | 1 |

Los criterios de ponderación deberían ajustarse para las diferentes etapas del proceso de aprendizaje. Para una etapa inicial, los tres primeros criterios deberían tener un peso mayor (quizá un 60 o 70%), mientras que al final del proceso de aprendizaje, los tres primeros criterios deberían reducir su peso (30%), o incluso utilizarse como filtros pasa/no-pasa, y los otros tres criterios servirían para medir el nivel de excelencia alcanzado.

Cuestionario detallado para evaluar el criterio de validez

Un modelo sólido, un ensamblaje o un plano son todos ellos documentos electrónicos, que deben guardarse de forma correcta para poder ser utilizados posteriormente.

Al comenzar a utilizar una aplicación CAD es frecuente olvidar que no se debe manipular desde el gestor de archivos del sistema operativo un fichero que está siendo utilizado por la aplicación CAD. Pretender salvar o guardar ficheros en uso produce documentos inválidos.

Por otra parte, en los árboles de modelo, de ensamblaje o de plano, pueden quedar registrados errores que se hayan cometido durante el proceso de modelado, ensamblaje o extracción de planos, y que

no hayan sido correctamente resueltos. Dichos errores también producen ficheros no utilizables.

Por último, los ensamblajes y los planos se construyen a partir de otros ficheros, con los que establecen vínculos. Guardar un ensamblaje o un plano sin guardar sus ficheros vinculados produce ficheros que no son utilizables por terceros.

Todos estos aspectos se pueden comprobar valorando el siguiente tipo de aseveraciones:

- No faltan documentos, ni hay errores al abrirlos
- No faltan ficheros vinculados, ni están mal vinculados
- Los árboles de modelos/ensamblajes/planos no contienen mensajes de error

Cuestionario detallado para evaluar el criterio de completitud

Un modelo sólido, un ensamblaje o un plano se deben considerar *completos* si incluyen toda la información que se pretende valorar o transmitir.

Algunos aspectos son generales y se pueden tener en cuenta al evaluar todos los ejercicios. Por ejemplo, si nos fijamos en la geometría de un objeto, su modelo será completo si incluye tanto su forma como sus dimensiones. Las aseveraciones a plantear en el cuestionario serían:

- Los modelos replican la geometría de las piezas
- Los modelos replican el tamaño de las piezas

El ejercicio 02.03 contiene un ejemplo de proceso de modelado que produce un modelo no completo. El nervio con grietas del ejercicio 06.02 es otro ejemplo de modelo que no respeta la forma del objeto.

Para un ensamblaje, las aseveraciones más típicas serían:

- No sobran ni faltan piezas
- Las piezas están correctamente colocadas
- No sobran ni faltan condiciones de emparejamiento

Otros aspectos son más particulares. Por ejemplo, dado que el modelado de roscas se introduce en el tema 4, al evaluar un ejercicio de dicho tema habría que considerar un fallo grave de completitud si faltaran las roscas. Así, ejemplos de aseveraciones específicas para algunos ejercicios serían:

- El modelo incluye las roscas
- El modelo incluye los redondeos

Un aspecto más específico para determinar si un ensamblaje es completo es si incluye las piezas estándar. Para medirlo se deberían valorar aseveraciones como:

- El ensamblaje incluye las piezas estándar apropiadas
- Las piezas estándar de la librería están correctamente “instanciadas” y ensambladas

Por último, un plano de ingeniería se debe considerar completo si incluye toda la información de la forma y las dimensiones del objeto. No será completo si faltan vistas, cortes o cotas. En consecuencia, las aseveraciones típicas para valorar si un plano es completo serían:

- No faltan vistas apropiadas para mostrar la pieza o el ensamblaje
- No faltan cortes apropiados para mostrar la pieza o el ensamblaje
- No faltan cotas apropiadas para mostrar la pieza o el ensamblaje

En planos más específicos, los criterios deberían ampliarse para incluir otros símbolos. Por ejemplo, en un plano de ensamblaje, las aseveraciones críticas serían:

- No faltan marcas
- La lista de piezas está completa

Cuestionario detallado para evaluar el criterio de consistencia

Un modelo sólido, *esconsistente* si los cambios locales de forma o tamaño no se propagan, o lo hacen de un modo coherente y previsible.

Por ejemplo, si los perfiles no están completamente restringidos, al cambiar una cota o una restricción, el modelo resultante puede ser diferente del esperado. La segmentación de líneas también es una inconsistencia. Si una línea que se ha quedado corta no se extiende, sino que se complementa con una segunda línea colineal, se obtiene una línea poligonal o “línea segmentada”, que no se percibe como tal a simple vista, pero que tiene propiedades distintas a las deseadas. Por ejemplo, tiene dos puntos medios mal emplazados, en lugar de un único punto medio en la posición correcta. Lo mismo ocurre con líneas superpuestas que se dejan “olvidadas” porque no se ven. Ejemplos de aseveraciones específicas para detectar la consistencia serían:

- Los perfiles de todas las operaciones de modelado no contienen líneas duplicadas
- Los perfiles de todas las operaciones de modelado no contienen líneas segmentadas
- Los perfiles de todas las operaciones de modelado están siempre completamente restringidos

Un criterio semejante se aplica a las operaciones. Por ejemplo un barrido que se hace en dos tramos porque el datum utilizado está en una posición intermedia y no se aplica un único barrido en dos direcciones. Ejemplos de aseveraciones específicas para detectar la consistencia de las operaciones de barrido serían:

- Las operaciones de barrido no están fragmentadas en barridos parciales encadenados
- Las operaciones de barrido no están solapadas, volviendo a crear sólido donde ya existía o vaciando donde ya estaba vacío

Los ensamblajes se pueden analizar buscando interferencias o movimientos válidos. Por tanto, una forma sencilla de comprobar que el ensamblaje es consistente es realizando dichos análisis. Si las piezas están mal emparejadas, dichos análisis revelarán que el número o el tipo de condiciones de emparejamiento no son apropiados, porque producen interferencias o permiten movimientos no deseados.

La consistencia de los planos es más sencilla, basta con que reflejen correctamente la información del modelo o ensamblaje. Para ello, deben respetarse las reglas de que no se deben mezclar planos extraídos de diferentes versiones de un mismo modelo o ensamblaje, ni se debe modificar la información extraída “adornándola” o “maquillándola” con cambios no vinculados.

Ejemplos de aseveraciones específicas para detectar la consistencia serían:

- Las condiciones de emparejamiento de los ensamblajes permiten movimientos válidos e impiden los no válidos
- Las vistas, cortes y cotas respetan las normas que garantizan que su interpretación sea unívoca
- Los cambios se propagan correctamente entre modelos, ensamblajes y planos (es decir, están correctamente vinculados)

Cuestionario detallado para evaluar el criterio de concisión

Un modelo sólido *esconcisosi* se ha obtenido con un número mínimo de operaciones de modelado. La concisión de un modelo se puede medir con las siguientes aseveraciones:

- No se puede obtener el mismo modelo con menos operaciones
- Se han utilizado operaciones de modelado por patrones (tales como simetrías y matrices)

Modelar media pieza y obtener la otra media por simetría es una estrategia que permite obtener un modelo más conciso en el ejercicio 03.04.

Un ensamblaje virtual es conciso si la relación entre las piezas se consigue con el mínimo número de restricciones. Se puede medir con las siguientes aseveraciones:

- No se puede obtener el mismo ensamblaje con menos relaciones de emparejamiento

- Se han utilizado operaciones de ensamblaje por patrones (tales como simetrías y matrices) para piezas iguales

Un plano de ingeniería es conciso si no contiene vistas, cortes o cotas redundantes o innecesarias. Es decir, vistas, cortes o cotas que repitan información contenida directa o indirectamente en otras vistas, cortes o cotas, o que aporten información no relevante sobre el objeto. Se puede medir modificando las siguientes aseveraciones ya utilizadas para medir la completitud:

- No sobran ni faltan vistas
- No sobran ni faltan cortes
- No sobran ni faltan cotas

Conviene recordar aquí que los criterios de número mínimo de operaciones, restricciones, vistas, cortes o cotas son cualitativos, y no debe considerarse óptima una solución sólo porque los minimice en sentido literal, ya que la concisión debe equilibrarse con la claridad y comprensibilidad, y con la transmisión de la intención de diseño.

Cuestionario detallado para evaluar el criterio de claridad y comprensibilidad

Tanto los modelos sólidos como los ensamblajes virtuales y los planos de ingeniería son documentos, que deben ser comprendidos y utilizados por otras personas. Por lo tanto, se debe cuidar que sean claros y comprensibles. El objetivo es que los modelos, ensamblajes o planos se entiendan con el mínimo esfuerzo, sin malentendidos, sin indefiniciones, ni necesidad de documentación adicional. Las aseveraciones que se pueden plantear para medir tales características son:

- El modelo/ensamblaje/dibujo se entiende "a la primera"
- El modelo/ensamblaje/dibujo no es confuso
- El modelo/ensamblaje/dibujo es "autocontenido"

Estos criterios se pueden concretar en otros más detallados y fáciles de medir. Por ejemplo:

- Las operaciones de modelado están bien etiquetadas en el árbol del modelo
- Las operaciones de emparejamiento están bien etiquetadas en el árbol de ensamblaje
- Los planos están bien presentados (formatos, escalas, identificación, etc.)
- Los planos cumplen las normas que garantizan que su contenido se entienda con facilidad.

En la última página del ejercicio 03.04 se muestra un árbol bastante complejo que se ha hecho más asequible gracias al correcto etiquetado de todas las operaciones.

Ejemplos de aseveraciones aún más detalladas serían:

- La orientación del modelo respecto al sistema de referencia es clara
- La secuencia de modelado es intuitiva

Para medir la claridad de un ensamblaje también se puede determinar:

- Las piezas del ensamblaje se han coloreado para que sea fácil distinguir las y asociarlas
- Se han utilizado las vistas en explosión para clarificar el proceso de ensamblaje

Ejemplos de requisitos más detallados para un plano de diseño de detalle de una pieza serían:

- La escala del plano se respeta en todas las vistas
- La escala es normalizada

Ejemplos de aseveraciones detalladas para un plano de ensamblaje serían:

- Las marcas están colocadas ordenadamente

Por último, cuando el ejercicio requiere trabajar con diferentes documentos, y dado que los documentos de diseño forman parte de un proyecto, se debe garantizar que su organización sea clara y comprensible:

- Los nombres de los documentos son claros y descriptivos
- La estructura de pestañas es apropiada
- La estructura de carpetas es apropiada

Cuestionario detallado para evaluar el criterio de intención de diseño

Tanto los modelos sólidos como los ensamblajes virtuales y los planos de ingeniería forman parte del proceso de diseño. Dicho proceso es iterativo, por lo que los modelos, los ensamblajes y los planos deben adaptarse a los cambios con el mínimo esfuerzo. Las aseveraciones genéricas para medir tal condición serían:

- Permite explorar alternativas de diseño
- La secuencia de modelado es flexible

No obstante, esos cambios deben respetar la intención inicial. Pero durante el proceso de diseño se utiliza mucha información implícita que es importante para mantener la coherencia del proceso y la utilidad del diseño resultante. Los documentos generados mediante CAD 3D deben intentar transmitir la "intención de diseño", entendida como aquellas ideas del diseñador que han guiado su elección de la solución de diseño. Para ello, los documentos deben elaborarse incorporando y resaltando cualquier información que ayude a transmitir dicha intención de diseño.

Un modelo ayuda a transmitir la intención de diseño si las vistas, cortes y cotas ayudan a resaltar la intención de diseño (orientación, simetría, etc). Para fomentar la percepción de la intención de diseño, los datums deben actuar como "esqueletos" que ayudan a explicar la topología del modelo, y ayudan a mantener dicha topología estable frente a cambios locales. Por su parte, un elemento característico tal como un "taladro" transmite más información sobre la intención de diseño que un simple agujero o vaciado cilíndrico. Además, al estar tabulados los valores usuales, impide que se seleccione un valor inusual. En suma:

- Siempre que es posible, se utilizan restricciones de croquis que resaltan la geometría del diseño (por ejemplo, la simetría)
- El modelo sólo utiliza elementos de referencia (datums) que resaltan su estructura y funcionalidad
- El modelo utiliza elementos característicos de diseño

En el caso de los ensamblajes la intención de diseño se puede medir mediante las aseveraciones:

- El ensamblaje está estructurado en sub-ensamblajes que transmiten funcionalidad

- El orden de ensamblaje ayuda a transmitir la intención de diseño
- La información de la lista de piezas ayuda a transmitir la intención de diseño
- Las propiedades del ensamblaje (materiales, etc.) están vinculadas a las de los modelos
- El ensamblaje utiliza relaciones de emparejamiento que destacan la funcionalidad (tales como las relaciones cinemáticas)
- Permite simulaciones

Los sub-ensamblajes destacan que el chasis del patín del ejercicio 10.3 contiene cuatro ruedas y dos bastidores.

La pinza del ejercicio 10.02 permite simular el movimiento gracias a que los grados de libertad del muelle se han hecho compatibles con las restricciones de emparejamiento entre piezas.

Por último, la transmisión de intención de diseño en los planos está principalmente supeditada al cumplimiento de las normas. Pero caben acciones de refuerzo, tales como utilizar las cotas perdidas y los ejes para resaltar la existencia de simetrías bilaterales o de revolución, o simplificar las representaciones para ocultar detalles innecesarios:

- Se utilizan ejes y cotas apropiados para enfatizar la simetría
- Se utilizan vistas complementarias y/o líneas auxiliares para resaltar la funcionalidad
- El plano oculta detalles superfluos y simplifica