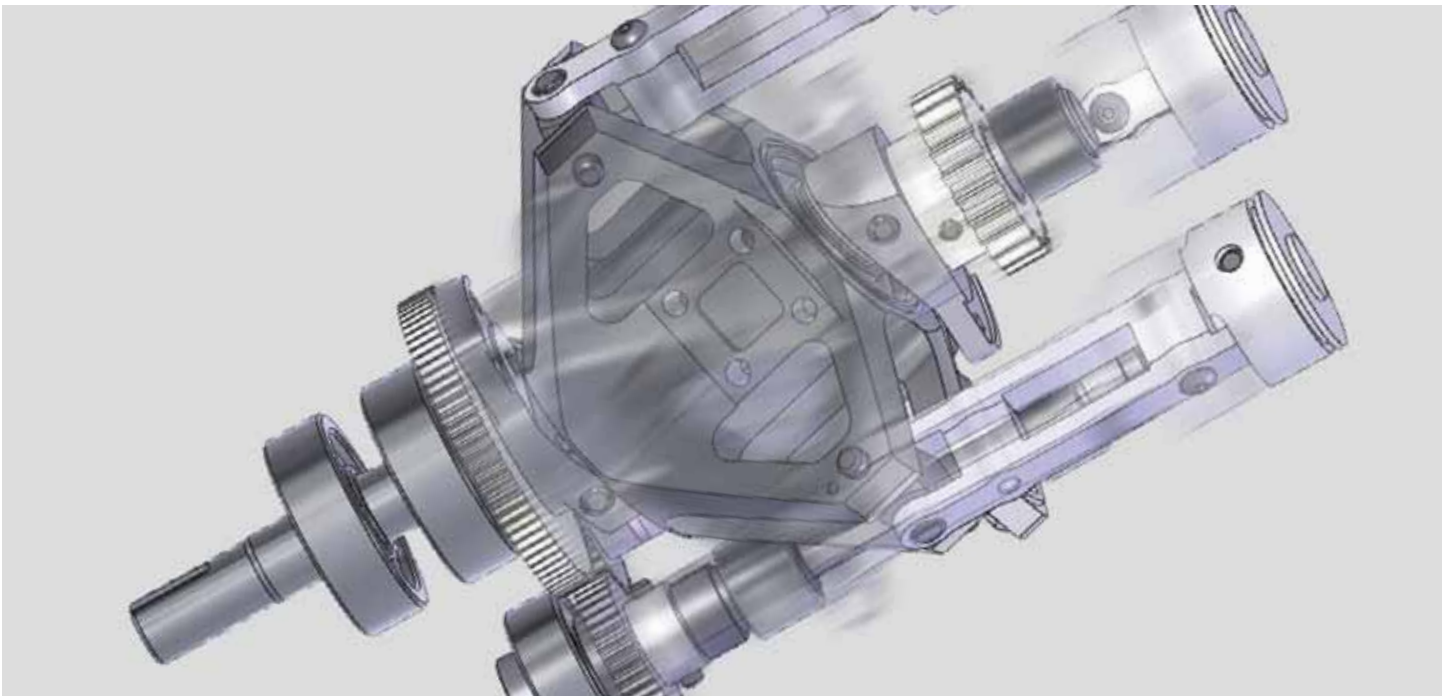

COMPRENSIÓN DE LA SIMULACIÓN DEL MOVIMIENTO

Resumen

¿Qué es la simulación del movimiento? ¿Qué problemas puede solucionar? ¿De qué manera se puede beneficiar el proceso de diseño de los productos? Este informe trata algunos de estos temas y ofrece ejemplos de problemas que la simulación del movimiento puede solucionar. Asimismo, presenta aplicaciones reales de cómo la simulación ha sido utilizada como una herramienta del diseño de CAE.



Introducción

Desde la década de los ochenta, cuando los métodos de ingeniería asistida por computadora (CAE) estuvieron por primera vez a disposición de la ingeniería de diseño, el análisis por elementos finitos (FEA) se convirtió en la primera herramienta de simulación ampliamente adoptada. Con los años, ha ayudado a los ingenieros de diseño a estudiar el funcionamiento estructural de los productos nuevos, y a reemplazar muchos prototipos costosos y que requieren de mucho tiempo por económicas simulaciones informáticas ejecutadas en modelos de CAD.

En la actualidad, a causa de la creciente complejidad de los productos mecánicos y la cada vez mayor e intensa competencia por lanzar nuevos diseños al mercado en menos tiempo, los ingenieros sienten presión para ampliar el alcance de la simulación más allá del FEA. Además de simular el rendimiento estructural con el FEA, los ingenieros también deben determinar la cinemática y dinámica de los nuevos productos antes de la construcción de prototipos físicos.

La simulación del movimiento, también conocida como dinámica de cuerpos rígidos, ofrece un método de simulación para solucionar estos problemas. Su utilización aumenta rápidamente y, al mismo tiempo, los ingenieros de diseño desean saber más acerca de esto, formulándose preguntas como: ¿Qué es? ¿Qué problemas puede solucionar? ¿De qué manera se puede beneficiar el proceso de diseño de los productos?

Simulación del movimiento para el análisis y la síntesis de mecanismos

Supongamos que un ingeniero está diseñando un compás de corte elíptico para trazar diferentes elipses. Cuando haya definido las relaciones de posición en el ensamblaje de CAD, podrá animar el modelo para revisar el movimiento de los componentes del mecanismo (Figura 1). Aunque la animación del ensamblaje pueda mostrar el movimiento relativo de los componentes del mismo, la velocidad de movimiento no es importante y el tiempo es arbitrario. Para saber cuáles son las velocidades, aceleraciones, reacciones en los vínculos, requisitos de alimentación, etc., el diseñador necesita una herramienta más potente. En este punto es donde aparece la simulación del movimiento.

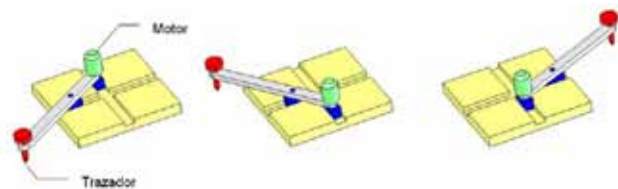


Figura 1: Varias posiciones del compás de corte elíptico simulado mediante el uso del animador del CAD.

La simulación del movimiento proporciona información completa y cuantitativa acerca de la cinemática (incluida la posición, velocidad y aceleración) y la dinámica (incluidas las reacciones en los vínculos, las fuerzas de inercia y los requisitos de alimentación) de todos los componentes de un mecanismo en movimiento. Los resultados de la simulación del movimiento, frecuentemente de gran importancia adicional, se pueden obtener virtualmente sin tener que dedicar más tiempo, puesto que todo lo necesario para realizar la simulación ya se ha definido en el modelo de ensamblaje de CAD, y sólo tiene que transferirse al programa de simulación del movimiento.

La simulación del movimiento proporciona información completa y cuantitativa acerca de la cinemática (incluida la posición, velocidad y aceleración) y la dinámica (incluidas las reacciones en los vínculos, las fuerzas de inercia y los requisitos de alimentación) de todos los componentes de un mecanismo en movimiento.

En el caso del compás de corte elíptico descrito anteriormente, el diseñador sólo tendrá que decidir la velocidad del motor, los puntos en los que se tenga que encontrar y los resultados de movimiento que desee ver. El programa lo hace todo automáticamente, sin la participación del usuario. El programa de simulación del movimiento utiliza las propiedades del material de las piezas de CAD para definir las propiedades de inercia de los componentes del mecanismo y traslada las condiciones de relaciones de posición de los ensambles de CAD a los vínculos cinemáticos. A continuación, formula ecuaciones automáticamente que describen el movimiento del mecanismo.

A diferencia de las estructuras flexibles estudiadas con el FEA, los mecanismos se representan como ensambles que contienen componentes rígidos con pocos grados de libertad. Un solucionador numérico resuelve las ecuaciones de movimiento muy rápidamente, y los resultados incluyen información completa acerca de los desplazamientos, velocidades, aceleraciones, reacciones en los vínculos y cargas de inercia de todos los componentes del mecanismo, así como la alimentación necesaria para mantener el movimiento (Figura 2).

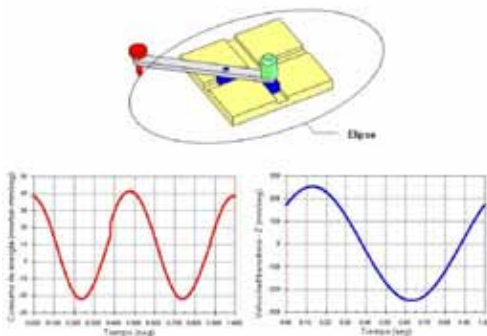


Figura 2: Requisitos de alimentación del motor y velocidad lineal calculados por el simulador de movimiento.

Una simulación del movimiento del mecanismo deslizante invertido que se muestra en la Figura 3 presenta un ejercicio que se encuentra habitualmente en los libros de texto sobre la cinemática de las máquinas. En este informe, el objetivo es encontrar la velocidad angular y la aceleración del brazo oscilante, mientras la manivela gira a una velocidad constante. Varios métodos analíticos pueden solucionar el problema, y el método de números complejos es, quizá, el que más utilizan los estudiantes. No obstante, la solución de un problema como éste “a mano” requiere cálculos intensivos, e incluso con la ayuda de hojas de cálculo computarizadas, se pueden tardar unas horas en crear trazados de velocidad y aceleración. A continuación, si la geometría del mecanismo deslizante cambia, se debe repetir toda la operación, convirtiéndola en una tarea interesante para los estudiantes universitarios, pero nada práctica en el desarrollo real de productos. El software de simulación del movimiento hace posible la estimulación del mecanismo deslizante invertido prácticamente de forma instantánea, utilizando datos ya presentes en el modelo de ensamble de CAD.

El programa de simulación del movimiento utiliza las propiedades del material de las piezas de CAD para definir las propiedades de inercia de los componentes del mecanismo y traslada las condiciones de relaciones de posición de los ensambles de CAD a los vínculos cinemáticos.

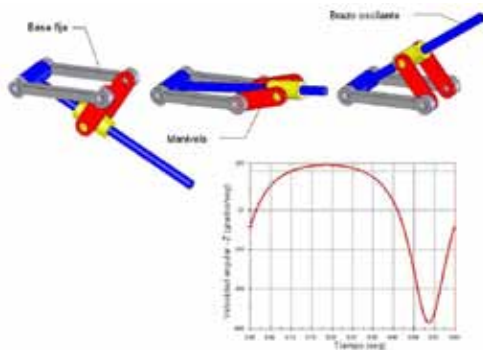


Figura 3: Simulación de un mecanismo deslizando invertido para calcular la velocidad angular del brazo oscilante.

La simulación del movimiento también comprueba si hay interferencias, y éste es un proceso muy distinto al de la comprobación de interferencias con la animación del ensamblaje de CAD. La simulación del movimiento realiza comprobaciones de interferencias en tiempo real, y proporciona las posiciones exactas de espacio y tiempo de todos los componentes del mecanismo, así como los volúmenes exactos de las interferencias. Incluso, cuando la geometría cambia, el software actualiza todos los resultados en segundos, tal como se muestra en el mecanismo de devolución rápida (Figura 4). Cada uno de los resultados pertenecientes al movimiento se puede representar gráficamente o tabular en el formato deseado.

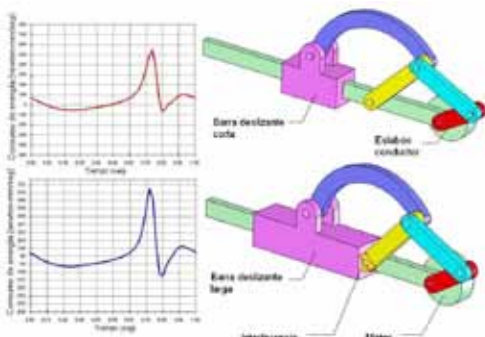


Figura 4: Los usuarios pueden detectar y corregir fácilmente las interferencias entre el mecanismo deslizando y el eslabón conductor.

Los ingenieros pueden representar mecanismos simples como el compás de corte elíptico o el mecanismo deslizando invertido descritos anteriormente como mecanismos en 2D. Aunque estos mecanismos son difíciles de analizar manualmente y requieren de mucho tiempo, poseen métodos de solución analítica. Sin embargo, los mecanismos en 3D, incluso los mecanismos sencillos como los que se muestran en la Figura 5, no tienen ningún método establecido de solución analítica. No obstante, la simulación del movimiento puede solucionar el problema fácilmente en segundos, puesto que está diseñado para tratar mecanismos de cualquier complejidad, tanto en 2D como en 3D. El mecanismo puede contener gran cantidad de eslabones rígidos, resortes, amortiguadores y pares de contacto que prácticamente no tienen ninguna penalización por el tiempo de solución. Por ejemplo, los movimientos de la suspensión frontal de la motonieve de la Figura 6, la máquina de ejercicios de la Figura 7 o la unidad de CD de la Figura 8 se pueden simular con la misma facilidad que los del mecanismo deslizando invertido.

La simulación del movimiento realiza comprobaciones de interferencias en tiempo real, y proporciona las posiciones exactas de espacio y tiempo de todos los componentes del mecanismo, así como los volúmenes exactos de las interferencias.



Figura 5: Un mecanismo en 3D simple es muy difícil de analizar “a mano”, pero no presenta ningún problema para la simulación del movimiento.



Figura 6: La suspensión frontal de una motonieve consta de muchos eslabones, como los resortes y los amortiguadores.



Figura 7: En el diseño de una máquina de ejercicios se aprovecha la simulación del movimiento para optimizar las trayectorias del movimiento de los “pasos” y calcular la energía que genera el usuario.



Figura 8: Una unidad de CD es un mecanismo complejo, pero fácil de analizar mediante la simulación del movimiento.

Además del análisis de mecanismos, los desarrolladores de productos también pueden utilizar la simulación del movimiento para desarrollar la síntesis de mecanismos, convirtiendo las trayectorias del movimiento en geometría de CAD, y utilizándola para crear la geometría de una nueva pieza. En la Figura 9, se muestra un problema de ejemplo. Este diseño contiene una leva que debería mover un mecanismo deslizante a lo largo de un riel, y se utiliza la simulación del movimiento para generar un perfil de dicha leva. El usuario expresa la posición deseada del dispositivo deslizante como una función de tiempo y traza el movimiento de dicho dispositivo en la leva en blanco que está girando (la placa redonda). A continuación, el usuario convierte la trayectoria en geometría de CAD para crear el perfil de la leva que se muestra en la Figura 10.

Además del análisis de mecanismos, los desarrolladores de productos también pueden utilizar la simulación del movimiento para desarrollar la síntesis de mecanismos, convirtiendo las trayectorias del movimiento en geometría de CAD.

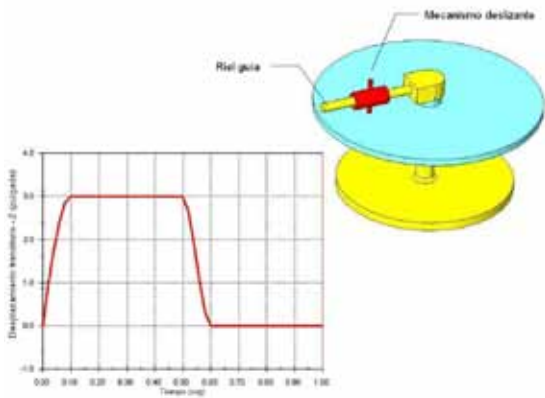


Figura 9: Una función de desplazamiento se aplica para que EL mecanismo deslizante se mueva por el riel.



Figura 10: La trayectoria del mecanismo deslizante se traza en la placa redonda que gira para crear un perfil de leva, ilustrado con una muesca en la placa.

Los diseñadores también pueden utilizar las trayectorias del movimiento, por ejemplo, para verificar el movimiento de un robot industrial, como el que se muestra en la Figura 11, y probar la trayectoria de la herramienta con el fin de obtener información necesaria al seleccionar el tamaño del robot, y establecer los requisitos de alimentación (sin necesidad de realizar pruebas físicas).

Los diseñadores también pueden utilizar trayectorias de movimiento para verificar el movimiento de un robot industrial.

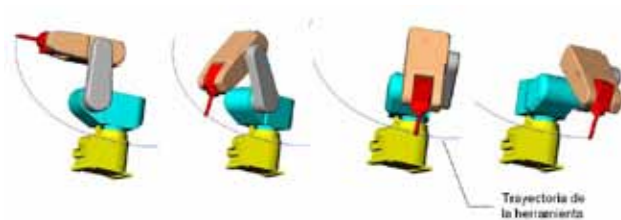


Figura 11: El movimiento simulado de un robot industrial en varias posiciones diferentes hace posible crear una trayectoria de la herramienta sin tener que realizar pruebas físicas.

Otra aplicación importante para la simulación del movimiento guarda relación con el movimiento inducido mediante colisiones entre cuerpos en movimiento. Aunque se deben realizar determinadas suposiciones acerca de la elasticidad de los cuerpos que impactan con otros cuerpos, la simulación del movimiento produce resultados precisos para los mecanismos con componentes que pueden experimentar sólo un contacto temporal, tal como se muestra en la Figura 12.

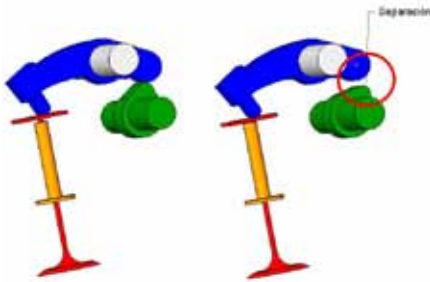


Figura 12: El impacto y el contacto se pueden simular, por ejemplo, para estudiar una separación que se pueda formar entre una leva y el engrane oscilante en un mecanismo de elevación de válvulas.

Utilización de la simulación del movimiento y del FEA

Para entender cómo la simulación del movimiento y el FEA funcionan juntos en la simulación de mecanismos, es útil la comprensión de los supuestos fundamentales en los que se basa cada herramienta.

El FEA es una técnica numérica para el análisis estructural que se ha convertido en el método de CAE dominante para estudiar estructuras. Esta técnica puede analizar el comportamiento de cualquier objeto elástico bien apoyado, como los soportes que se muestran en la Figura 13. Por "elástico" se entiende cualquier objeto que se puede deformar. Si se aplica una carga estática, el soporte se deforma y, entonces, pierde la movilidad. La aplicación de una carga dinámica hace que el soporte vibre respecto a la posición de equilibrio. El FEA puede estudiar los desplazamientos, deformaciones unitarias, esfuerzos y vibración del soporte bajo una carga estática o dinámica.

Para entender cómo la simulación del movimiento y el FEA funcionan juntos en la simulación de mecanismos, es útil la comprensión de los supuestos fundamentales en los que se basa cada herramienta.

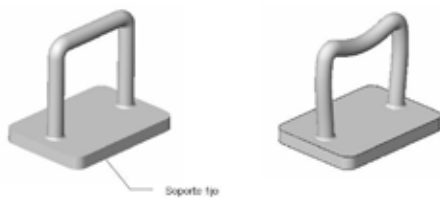


Figura 13: Un soporte bien apoyado no se puede mover sin deformarse.

Por el contrario, un objeto apoyado parcialmente, como el volante que gira sobre el soporte (Figura 14) puede rotar sin deformarse. El volante como un cuerpo rígido se puede mover, lo que clasifica al dispositivo como un mecanismo y no como una estructura. Para estudiar el movimiento del volante, utilizamos la simulación del movimiento. Las deformaciones unitarias y los esfuerzos no se pueden calcular cuando se trata el volante como un cuerpo rígido. (Para obtener más información, consulte el Apéndice 1.)



Figura 14: Un volante gira como un cuerpo rígido sobre la bisagra que lo une a la base (arriba). La presencia de movimiento de un cuerpo rígido (abajo) clasifica este dispositivo como un mecanismo.

La diferencia entre una estructura y un mecanismo puede no ser obvia a primera vista, como lo ilustran los dos dispositivos de la Figura 15. Ambos tienen brazos oscilantes conectados a una base fija mediante una bisagra. El de la derecha tiene un resorte que conecta el brazo a la base. El dispositivo que no tiene el resorte es el mecanismo, ya que el brazo oscilante puede girar libremente. Tanto si gira sobre la bisagra como si oscila sobre la posición de equilibrio, ninguna pieza del dispositivo se deformará durante el movimiento del brazo. El brazo muestra un movimiento del cuerpo rígido, clasificando el dispositivo de la izquierda como un mecanismo. Los diseñadores pueden estudiar su movimiento con la simulación del mecanismo.

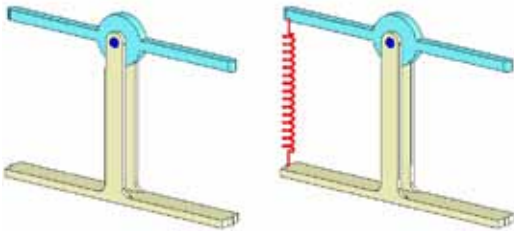


Figura 15: El brazo oscilante de la izquierda se puede mover sin deformarse; así pues, se trata de un mecanismo. Cualquier movimiento del brazo de la derecha conlleva una deformación del resorte; esto quiere decir que es una estructura.

La incorporación de un resorte cambia la naturaleza del dispositivo, porque ahora el brazo no se puede mover sin deformar el resorte. La única forma posible de que el brazo tenga un movimiento continuo es que vibre con respecto a la posición de equilibrio. La deformación del resorte conlleva el movimiento del brazo y eso otorga al dispositivo de la derecha la clasificación de estructura. El FEA puede analizar la vibración del brazo y, si lo desea, puede continuar calculando las deformaciones unitarias y los esfuerzos en el resorte y en otros componentes que se tratan como cuerpos elásticos (consulte el Apéndice 2 para obtener más información sobre las diferencias entre la simulación del movimiento y el FEA).

Si, una vez completados los estudios sobre la simulación del movimiento, el ingeniero de diseño desea realizar un análisis de la deformación o de los esfuerzos en cualquier componente del mecanismo, el componente elegido se tendrá que analizar estructuralmente por elementos finitos (FEA).

Es posible que la diferencia entre una estructura y un mecanismo no sea obvia a primera vista.

La simulación "acoplada" ofrece la ventaja de definir las cargas del FEA automáticamente, eliminando las conjeturas y los posibles errores habituales en la configuración manual.

Los resultados de la simulación del movimiento entregan los datos de entrada, que consisten en reacciones en los vínculos y fuerzas de inercia que actúan sobre cada eslabón del mecanismo, necesarios para el análisis estructural que se realiza con el FEA. La simulación del movimiento calcula siempre estos factores, ya sea que se realice o no el posterior FEA. Las reacciones en los vínculos y las fuerzas de inercia están, por definición, en equilibrio, y los componentes del mecanismo que están sujetos a un conjunto equilibrado de cargas se pueden enviar a un FEA y tratar, mediante los programas de análisis, como si fueran estructuras.

Aunque el ingeniero puede transferir los datos de la simulación del movimiento al FEA manualmente, puede estar seguro de que obtendrá los mejores resultados si el software de simulación del movimiento puede exportar los resultados al FEA automáticamente. Cuando se utiliza de este modo, la simulación del movimiento y el FEA realizan lo que se denomina simulación “acoplada”. Esta simulación ofrece la ventaja de definir las cargas del FEA automáticamente, eliminando las conjeturas y los posibles errores habituales en la configuración manual.

El ejemplo del problema de un mecanismo de manivela que se observa en la Figura 16 muestra una simulación acoplada. En este caso, el ingeniero de diseño desea encontrar los esfuerzos máximos de la barra de conexión.

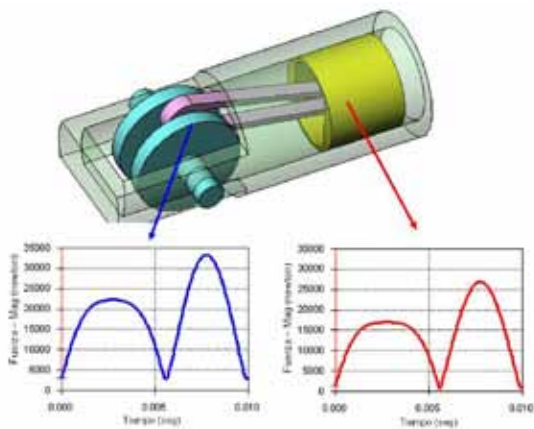


Figura 16: La simulación del movimiento encuentra las reacciones en ambos extremos de la barra de conexión. Las fuerzas de inercia que actúan sobre la barra también se calculan.

El procedimiento para combinar el uso de la simulación del movimiento y el FEA es el siguiente:

1. Utilice la simulación del movimiento para encontrar los desplazamientos, velocidades, aceleraciones, reacciones en los vínculos y fuerzas de inercia que actúen en todos los componentes que se encuentren dentro del rango de movimiento seleccionado que se vaya a estudiar. En este paso, todos los eslabones del mecanismo se tratan como cuerpos rígidos. Las gráficas de la Figura 16 muestran las reacciones en los vínculos de la barra de conexión durante el giro completo de una manivela.

Los analistas buscan, en la mayoría de los casos, las reacciones más elevadas porque el análisis en las cargas máximas muestra los esfuerzos máximos experimentados.

- Encuentre la posición del mecanismo que corresponda a las cargas de reacción más elevadas en los vínculos de la barra de conexión. Los analistas buscan en la mayoría de los casos las reacciones más elevadas porque el análisis en las cargas máximas muestra los esfuerzos máximos experimentados por la barra de conexión. Sin embargo, si lo desea, cualquier número de posiciones (consulte la Figura 17) se puede seleccionar para un análisis.

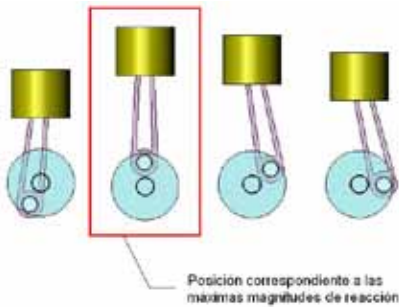


Figura 17: Las fuerzas (reacciones en ambos extremos y fuerzas de inercia) que actúan sobre la barra de conexión se pueden determinar para cualquier número de posiciones del mecanismo de la barra impulsora.

- Transfiera estas cargas de reacción, junto con la carga de inercia del ensamble de CAD, al modelo de la pieza de CAD de la barra de conexión.
- Las cargas que actúan sobre la barra de conexión aislada del ensamble consisten en reacciones en los vínculos y fuerzas de inercia, tal como se muestra en la Figura 18. De acuerdo con el principio de d’Alambert, estas cargas están en equilibrio, lo que posibilita el tratamiento de la barra de conexión como una estructura bajo una carga estática.



Figura 18: De acuerdo con el principio de d’Alambert, las reacciones en los vínculos están en equilibrio con las fuerzas de inercia.

- Una barra de conexión sujeta a un conjunto equilibrado de cargas estáticas recibe propiedades de los materiales elásticos y se envía al FEA para un análisis estructural estático. El FEA realiza este análisis para detectar deformaciones, deformaciones unitarias y esfuerzos (Figura 19).

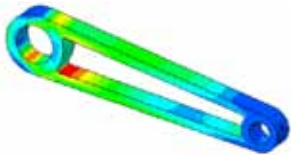


Figura 19: La barra de conexión se presenta al FEA como una estructura, de modo que los esfuerzos se pueden calcular.

Simulación del movimiento y prueba

La simulación del movimiento es capaz de importar datos de historia-tiempo de una prueba. De esta forma, el movimiento de un mecanismo existente se puede reproducir fácilmente y analizar totalmente, incluidos todas las reacciones en los vínculos, los efectos de inercia, el consumo de energía y otros, utilizando modelos informáticos económicos en lugar de pruebas costosas y que requieren de mucho tiempo. De forma parecida, un mecanismo se puede analizar bajo la entrada definida por una función analítica.

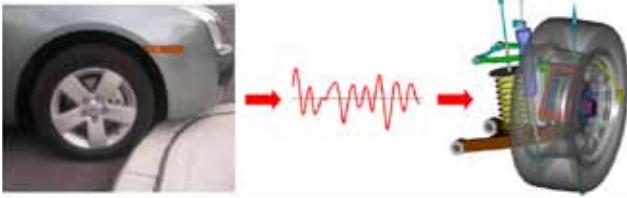


Figura 20: Los datos de prueba para el movimiento del brazo de control se utilizan como datos de entrada para mover el modelo de suspensión en la simulación del movimiento.

Por ejemplo, en el caso de la suspensión de un coche, ilustrado en la Figura 20, la simulación del movimiento responde preguntas tan comunes como las siguientes: ¿Cuánto tiempo pasará desde que una rueda choque contra un bordillo hasta que cese la oscilación causada en la suspensión? ¿Cuál es la amortiguación necesaria en la barra transversal? ¿Qué esfuerzos se producen en los brazos de control y sus rodamientos?

Integración del CAD, la simulación del movimiento y el FEA

Tanto la simulación del movimiento como el FEA utilizan un modelo de ensamble de CAD como requisito previo. Un entorno integrado y común para las tres herramientas facilita el intercambio de datos entre el CAD, la simulación del movimiento y el FEA. La integración evita la difícil transferencia de datos mediante formatos de archivos neutros, típicos de aplicaciones independiente. Además, la utilización de la simulación del movimiento integrada con el CAD, y no acoplada a éste, reduce enormemente el esfuerzo necesario para establecer los modelos de simulación.

Tal como se ha mencionado anteriormente, las propiedades del material y las relaciones de posición del ensamble de CAD se pueden “reutilizar” al crear un modelo de simulación del movimiento. Las trayectorias de movimiento, que son resultado de la simulación, se pueden devolver a la geometría del CAD. Esto, sin embargo, sólo es posible en un entorno de software integrados. Además, la integración con el CAD elimina la necesidad de mantener una base de datos para los modelos de simulación del movimiento, almacenando los datos del modelo de simulación y los resultados de las simulaciones, junto con el modelo de ensamble de CAD. Por último, pero no por ello menos importante, cualquier cambio en el CAD se asocia totalmente a las simulaciones de movimiento, así como al FEA.

El software CAD de SolidWorks® junto con SolidWorks® Simulation (FEA) y SolidWorks® Motion (simulación del movimiento) representan lo último en herramientas integradas de simulación. La integración completa ha sido posible gracias a que el software CAD de Solidworks®, SolidWorks® Simulation y SolidWorks® Motion son aplicaciones nativas de Windows®. Todas se han desarrollado específicamente para el sistema operativo Windows y no se han transferido de otros sistemas operativos. La compatibilidad total con Windows también garantiza la compatibilidad con otras aplicaciones que se ejecutan en Windows.

Tanto la simulación del movimiento como el FEA utilizan un modelo de ensamble de CAD como requisito previo.

El software CAD de SolidWorks® junto con SolidWorks® Simulation (FEA) y SolidWorks® Motion (simulación del movimiento) representan lo último en herramientas integradas de simulación.

SolidWorks® Simulation, un destacado programa de FEA, ha demostrado durante mucho tiempo ser muy valioso como herramienta de diseño de productos que funciona estrechamente con el CAD, tal como se indica en la Figura 21. La incorporación de SolidWorks® Motion permite ahora una simulación más completa de los productos nuevos, y ayuda a reducir el número de prototipos físicos necesarios en el desarrollo de productos (Figura 22).

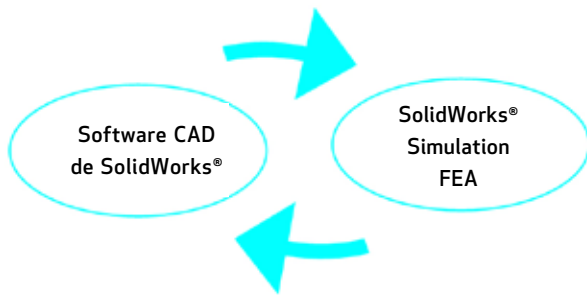


Figura 21: Este proceso de diseño utiliza el CAD y el FEA como herramientas de diseño.

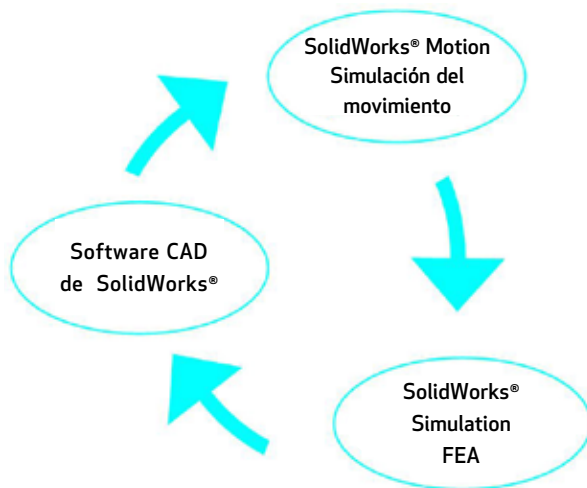


Figura 22: El proceso de diseño se beneficia del uso de la simulación del movimiento junto con el CAD y el FEA.

Ejemplos reales

Tigercat

Tigercat (www.tigercat.com), un fabricante líder en equipos de silvicultura como los peones de arrastre, las máquinas recogedoras de troncos y las máquinas taladoras, utilizó el software CAD de SolidWorks® para diseñar la cabina de la taladora que se muestra en la Figura 23. Tras el diseño, los ingenieros de la empresa simularon las funciones de la cabina con SolidWorks® Motion y SolidWorks® Simulation. Tigercat afirma que la simulación del movimiento, la dinámica y los esfuerzos de este mecanismo complejo redujo los requisitos de las pruebas empíricas a un único prototipo. Las pruebas con el prototipo acabaron de confirmar los descubrimientos de la simulación.



Figura 23: La cabina taladora de una máquina taladora de Tigercat, de Brandford (Ontario) se diseñó con el software CAD de SolidWorks® y se simuló con SolidWorks® Motion y SolidWorks® Simulation.

FANUC Robotics America Inc.

FANUC Robotics (www.fanucrobotics.com) fabrica una línea de productos robóticos ampliamente utilizados que ayuda a los clientes de muchos sectores a optimizar la actividad que realizan, reducir los costos, mejorar la calidad y minimizar los desechos de las operaciones de fabricación. Para que los clientes disfruten de esas ventajas, FANUC ofrece herramientas robóticas de varios tamaños diferentes, tal como se indica en la Figura 24, de modo que los clientes tienen que seleccionar el tamaño adecuado para las aplicaciones específicas que van a utilizar. Esta selección se realiza tras analizar el rendimiento del robot junto con las trayectorias de las herramientas especificadas; la simulación con SolidWorks® Motion facilita dicho análisis y selección.

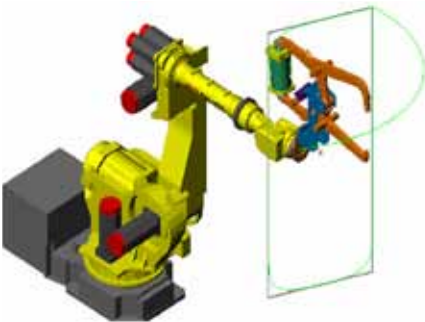


Figura 24: FANUC Robotics America, de Rochester Hills, (Michigan) creó este robot industrial.

La simulación del movimiento, la dinámica y los esfuerzos de este mecanismo complejo han reducido los requisitos de las pruebas empíricas a un único prototipo.

Ward Machine Tool

Ward Machine Tool (www.wardcnc.com) diseña y fabrica sujetadores a la medida del torno para ruedas de aluminio, accionadores giratorios y utillajes especializados para el mecanizado. Los ingenieros de Ward diseñan productos personalizados que no se han construido nunca anteriormente, y consideran la simulación indispensable para verificar si un diseño nuevo funcionará o no antes de enviarlo a fábrica. Por ejemplo, la empresa desarrolló y probó el sujetador a la medida de tornos para ruedas de aluminio de accionamiento dual y de varios campos de acción que se muestra en la Figura 25 sin probar ningún prototipo físico. Ward asegura que gracias al uso del software CAD de SolidWorks® y SolidWorks® Motion, consiguieron ahorrar unos 45.000 dólares y redujeron el tiempo de pruebas a sólo un 10 por ciento del anterior proceso de construcción y pruebas.



Figura 25: Ward Machine Tool de Fowlerville (Michigan) diseñó y simuló el sujetador de tornos.

Syncroness

Syncroness (www.syncroness.com) es una empresa que colabora estrechamente con los clientes para desarrollar productos que van desde equipos de ejercicios a sistemas láser. Syncroness utilizó tanto SolidWorks® Motion como SolidWorks® Simulation para optimizar el sistema de eslabonamiento de cuatro barras para un elevador de tijera que se muestra en la Figura 26. Según Syncroness, el equipo de ingeniería realizó la simulación del movimiento con poca formación y sin desaprovechar tiempo. Syncroness afirma que la simulación permitió realizar iteraciones de diseños de forma rápida, y proporcionó una magnífica herramienta de visualización para el cliente, de modo que, en general, fue vital para que el diseño fuera satisfactorio.

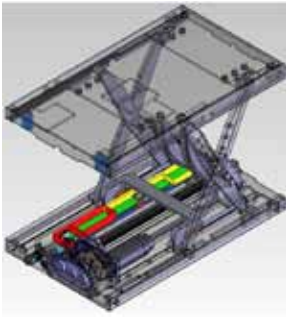


Figura 26: Syncroness, de Westminster (Colorado) diseñó esta plataforma de elevación utilizando las herramientas de diseño del software CAD de SolidWorks®, SolidWorks® Motion y SolidWorks® Simulation.

Gracias al uso del software CAD de SolidWorks® y SolidWorks® Motion, la empresa consiguió ahorrar unos 45.000 dólares y redujeron el tiempo de pruebas a sólo un 10 por ciento del anterior proceso de construcción y pruebas.

APÉNDICE 1: Movimiento de cuerpos rígidos

Si un objeto se puede mover sin deformarse, decimos que su movimiento de cuerpo rígido o que modo de cuerpo rígido. La presencia de movimiento de cuerpos rígidos clasifica a ese objeto como un mecanismo.

En la Figura 27 se muestra una articulación de rótula. La base está fija. Este tipo de articulación tiene tres movimientos de cuerpo rígido porque se puede mover en tres direcciones independientes o tres rotaciones sin deformarse. Tres variables independientes, también denominadas grados de libertad, describen la posición de este mecanismo.

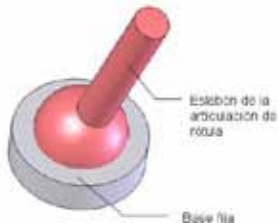


Figura 27: El mecanismo de la articulación de rótula que se muestra es un par cinemático con tres movimientos de cuerpo rígido.

En la Figura 28 se ilustra una placa que se desliza sobre una base fija. Este mecanismo también tiene tres movimientos de cuerpo rígido porque la plancha que se desliza puede moverse en dos direcciones y rotar en una dirección sin deformarse. De nuevo, tres grados de libertad describen la posición del mecanismo.

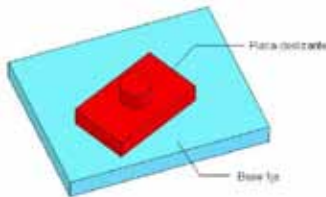


Figura 28: El mecanismo de la placa deslizante tiene tres movimientos de cuerpo rígido.

El eslabonamiento de cuatro barras que se muestra en la Figura 29 tiene un movimiento de cuerpo rígido. Una variable independiente, por ejemplo, la posición angular de cualquier eslabón, describe la posición de todo el mecanismo. Tenga en cuenta que en función del diseño detallado de la bisagra, los pernos giratorios pueden tener movimiento de cuerpo rígido local, es decir, pueden rotar con respecto al eje del perno o deslizarse a lo largo dicho eje.

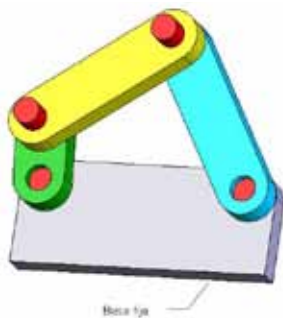


Figura 29: La posición angular de cualquier eslabón en el mecanismo define la posición de todo el mecanismo. Este mecanismo tiene un movimiento de cuerpo rígido.

La presencia de movimiento de cuerpos rígidos clasifica a ese objeto como un mecanismo.

Los modos de vibración requieren un análisis con el FEA y no la simulación del movimiento.

Los tres mecanismos ilustrados también pueden tener grados de libertad debido al movimiento que se deriva de la deformación. Estos casos reciben el nombre de “modos elásticos”. En el eslabonamiento de cuatro barras, por ejemplo, cada uno de los eslabones puede realizar un movimiento a la vez que experimenta una vibración. Los modos de vibración requieren un análisis con el FEA y no la simulación del movimiento.

APÉNDICE 2: Comparación entre la simulación del movimiento y el FEA

La simulación del movimiento y el FEA se complementan y sus campos de acción se pueden superponer, como se puede observar en la tabla siguiente:

TIPO DE PROBLEMA	FEA	SIMULACIÓN DEL MOVIMIENTO
Análisis de estructuras (objetos deformables)	Sí	No*
Análisis de los mecanismos	No	Sí
Análisis de las deformaciones y esfuerzos	Sí	No
Análisis de la vibración	Sí	No**
Análisis de modelos con movimientos de cuerpos rígidos	No***	Sí
El modelo analizado se debe mallar	Sí	No
El modelo analizado se prepara en CAD	Sí	Sí

* La simulación del movimiento acepta algunos componentes deformables, como los resortes y las juntas flexibles. Si el análisis estudia el movimiento que implica el impacto, el usuario define la elasticidad de los cuerpos que colisionan.

** El software de simulación del movimiento puede analizar la vibración si el modelo incluye componentes elásticos como los resortes. Este tipo de análisis de vibración está limitado a la oscilación debido a la deformación de dichos componentes elásticos, mientras que otros componentes del mecanismo (eslabones) permanecen rígidos.

*** Gracias a técnicas de modelado especiales, como la incorporación de resortes blandos o el desahogo de inercia en el modelo del FEA, los movimientos de cuerpos rígidos se pueden eliminar artificialmente, de manera que el FEA pueda analizar estructuras con movimientos de cuerpos rígidos.

Conclusión

Además de simular el rendimiento estructural con el FEA, los ingenieros deben determinar la cinemática y dinámica de los nuevos productos antes de la construcción de prototipos físicos. También enfrentan la presión para ampliar el alcance de la simulación más allá del FEA. La simulación del movimiento ofrece un método de simulación para solucionar estos problemas. Los resultados de la simulación del movimiento se pueden obtener virtualmente sin tener que dedicar más tiempo, puesto que todo lo necesario para realizar la simulación ya se ha definido en el modelo de ensamble de CAD.

Además del análisis de mecanismos, los desarrolladores de productos también pueden utilizar la simulación del movimiento para desarrollar la síntesis de mecanismos, convirtiendo las trayectorias del movimiento en geometría de CAD, y utilizándola para crear la geometría de una nueva pieza. Si, una vez completados los estudios sobre la simulación del movimiento, el ingeniero de diseño desea realizar un análisis de la deformación o de los esfuerzos en cualquier componente del mecanismo, el componente elegido se tendrá que analizar estructuralmente por elementos finitos (FEA). Los resultados de la simulación del movimiento entregan los datos de entrada necesarios para el análisis estructural que se realiza con el FEA.

Aunque el ingeniero puede transferir los datos de la simulación del movimiento al FEA manualmente, puede estar seguro de que obtendrá los mejores resultados si el software de simulación del movimiento puede exportar los resultados al FEA automáticamente. El software CAD de SolidWorks® ofrece dicha función con los software completamente integrados SolidWorks® Simulation y SolidWorks® Motion. En conjunto, estas soluciones de software CAD de SolidWorks® permiten una simulación aún más completa de los nuevos productos y ayudan a reducir la cantidad de prototipos que se requieren.

Oficina Corporativa
Dassault Systèmes
SolidWorks Corp.
300 Baker Avenue
Concord, MA 01742 USA
Tel.: +1-978-371-5011
info@solidworks.com

Oficinas en Latinoamérica
Oficina Central en Brasil: +55 11 3186 4150
Oficina en México: +52 (55) 5211 8844
Oficina en Argentina: +54 911 3621 2379
Email: infola@solidworks.com

