

Prácticas recomendadas en el desarrollo de productos: estudios de diseño y análisis de ventajas y desventajas

Introducción

En este documento se examina el uso de los estudios de diseño y análisis de ventajas y desventajas como práctica recomendada para optimizar las decisiones de diseño al principio del ciclo de vida del desarrollo de productos.

Mediante este documento, conocerá mejor los beneficios que ofrecen los estudios de diseño y los análisis de ventajas y desventajas para solucionar problemas concretos en el ámbito eléctrico, mecánico y de ingeniería civil. Se presenta un escenario diferente para cada una de estas disciplinas de ingeniería, en las que las prestaciones de Mathcad® agilizan el rendimiento de los estudios de diseño y los análisis de ventajas y desventajas.

Al seguir esta práctica recomendada, el departamento de ingeniería puede tomar decisiones de diseño más rápidamente con la seguridad de saber que se han evaluado las mejores opciones. La toma de mejores decisiones de diseño al principio del ciclo de vida del desarrollo de productos:

- Reduce el plazo de lanzamiento comercial con menos riesgo;
- Aumenta la creatividad de ingeniería mediante la exploración de más diseños de productos con más rapidez;
- Logra el rendimiento real deseado mediante la optimización de los diseños de productos;
- Y, en último término, rebaja los costes del producto, garantía y desarrollo.

Estudios de diseño y análisis de ventajas y desventajas: práctica recomendada para mejorar las decisiones de diseño iniciales

Los estudios de diseño y análisis de ventajas y desventajas son una práctica recomendada que mejora las decisiones de diseño iniciales que, a su vez, ayudan a reducir los costes más adelante en el proceso de desarrollo de productos. Los ingenieros establecen envoltentes de rendimiento y curvas de ventajas y desventajas mediante modelos matemáticos para identificar rápidamente la solución de diseño que cubre los requisitos del producto con más eficacia. Un estudio o análisis bien documentado debe aclarar por qué el diseño propuesto ofrece el mejor equilibrio entre rendimiento y coste, y debe dar a los revisores un alto grado de confianza en que no se ha pasado por alto una solución mejor.

Sin embargo, existen retos considerables para lograr todas las ventajas de utilizar esta práctica recomendada.

Muchos nuevos productos son, de hecho, variantes de diseños existentes pero, dado que el análisis original vinculado a estos productos no está capturado ni organizado

para que otros lo encuentren, con frecuencia suele producirse mucho retrabajo. Esto alarga los plazos de desarrollo, ocupa recursos valiosos y limita el número de diseños conceptuales que se pueden evaluar de forma efectiva. Este proceso consume mucho tiempo especialmente para el personal nuevo o nuevos miembros del equipo que carecen de información heredada que consultar.

Si un análisis no está documentado y vinculado al diseño concreto, los ingenieros del grupo de modelado, por ejemplo, deben realizar suposiciones sobre la razón por la que se tomaron determinadas decisiones de diseño. Si el análisis estuviera mejor anotado con las suposiciones, los ingenieros podrían pasar con más rapidez y confianza a la fase de solución. La mejora en la anotación y organización del diseño permite una comunicación más eficaz con la dirección para obtener una pronta aprobación y compartir el trabajo con otras disciplinas o en la empresa global.

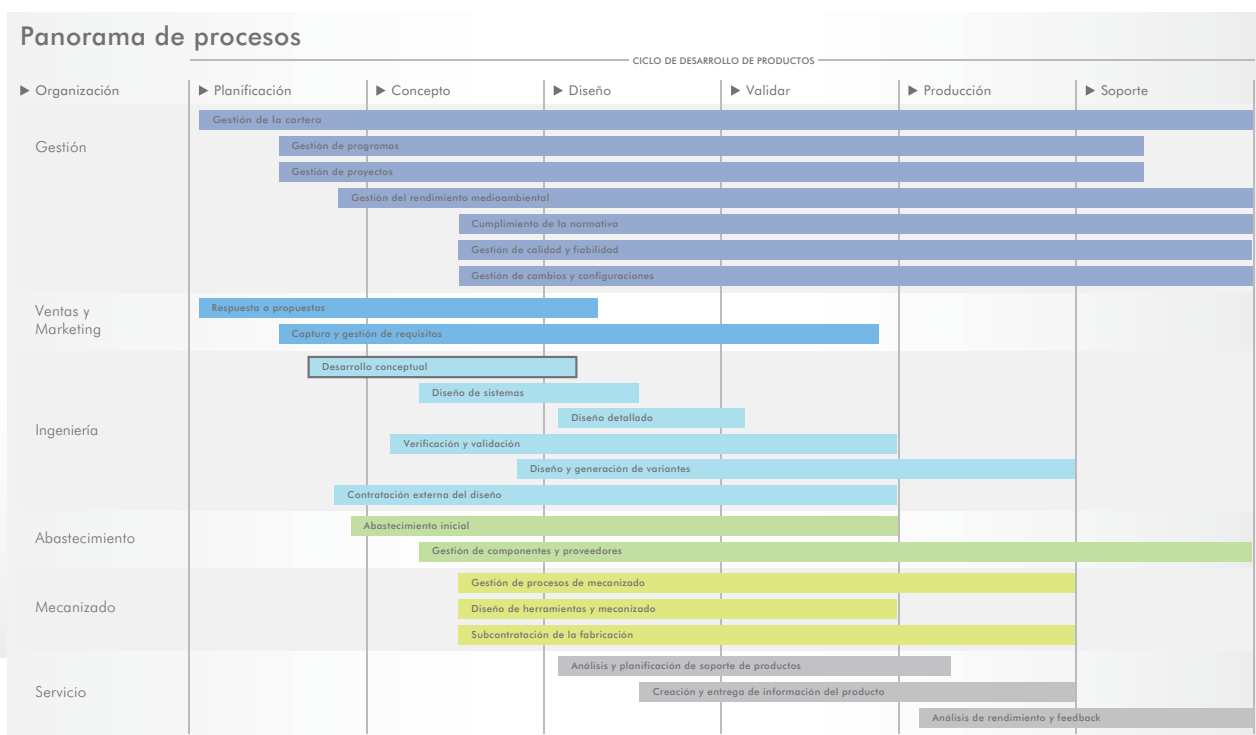


Figura A: Mathcad proporciona prácticas recomendadas en todas las fases de ingeniería del cuadro de desarrollo de productos.

Para superar estos retos y obtener todos los beneficios de realizar estudios de diseño y análisis de ventajas y desventajas, los ingenieros necesitan prestaciones esenciales que les permitan:

- Generar rápidamente estudios de diseño que abarquen múltiples áreas funcionales, así como analizarlos y documentarlos;
- Ser exhaustivos en la consideración de todos los requisitos de diseño para producir opciones de diseño óptimas;
- Evaluar de forma eficaz y con confianza la sensibilidad de diferentes modelos para entender y cuantificar los efectos de los cambios en los objetivos de diseño (iteración rápida entre alternativas);
- Integrar los resultados con aplicaciones externas y comunicarlos con claridad en toda la organización así como a distintos grupos.

Estudios de diseño y análisis de ventajas y desventajas entre disciplinas de ingeniería

Las disciplinas eléctrica, mecánica y de ingeniería civil se benefician del uso de estudios de diseño y análisis de ventajas y desventajas. Sin embargo, cada disciplina afronta unos retos únicos, como se ilustra en los tres escenarios presentados a continuación.

En el primer escenario, un ingeniero eléctrico tiene la tarea de rediseñar un circuito con rendimiento deficiente de una controladora de videojuego y satisfacer requisitos específicos para mejorar la fiabilidad, reducir el consumo de energía y aumentar la compatibilidad con los dispositivos existentes. En el segundo escenario, un equipo de ingeniería mecánica intenta determinar qué material ofrece la máxima fuerza de sujeción de un componente de brazo robótico manteniendo parámetros de diseño como espesor y peso así como las restricciones de costes. Por último, una empresa de ingeniería civil con mucha experiencia recibe el encargo de presentar las ventajas y desventajas de coste-beneficio para tres tipos diferentes de diseños de puente previendo futuras normativas de seguridad del Departamento de Transporte.

En cada escenario, las prestaciones necesarias para seleccionar rápidamente el mejor diseño conceptual las proporciona Mathcad de PTC. Mathcad soporta los requisitos únicos de las disciplinas eléctrica, mecánica y de ingeniería civil a la vez que permite a cada equipo:

- Crear de forma fácil e intuitiva opciones de diseño de modelos matemáticos;
- Utilizar este modelo para iterar eficazmente las opciones de diseño;
- Compartir y revisar con claridad las opciones de diseño con la dirección de la empresa y los miembros del equipo global.

Escenario 1: rediseño de circuitos para mejorar el rendimiento de juego

Una compañía de fabricación encarga a un ingeniero el rediseño de los circuitos de la controladora de videojuego de un cliente. El nuevo diseño debe cumplir requisitos específicos de mejora de la fiabilidad, reducción del consumo de energía y aumento de la compatibilidad con los dispositivos existentes. Las restricciones de costes sugieren el uso de componentes comunes más baratos siempre que sea posible.

Mediante Mathcad, el ingeniero crea rápidamente modelos de componentes de diseño en hojas de trabajo de Mathcad. Un modelo de componentes se centra en el análisis de ventajas y desventajas de impedancia teniendo en cuenta diferentes resistencias y condensadores comunes. La interfaz de pizarra intuitiva de Mathcad y el editor de ecuaciones integrado permiten al ingeniero expresar soluciones de componentes y restricciones en notación matemática natural conocida (figura B). Puede dirigir su atención a los experimentos de diseño y el análisis en sí, en lugar de esforzarse por "programar" fórmulas complicadísimas.

De hecho, tiene acceso a más de 600 funciones matemáticas y bibliotecas de ecuaciones eléctricas estándar que le permiten crear modelos de componentes de forma rápida y sencilla antes de confirmarlos en un diseño.

| | |
|--------------------------|--|
| Frequency | $f := 3000 \text{ Hz}$ |
| Resistance | $R := 8 \ \Omega$ |
| Capacitance | $C := 6.63 \ \mu\text{F}$ |
| Inductance | $L := 0.424 \ \text{mH}$ |
| Angular frequency | $\omega := 2 \pi \cdot f$ |
| Reactance XL | $X_L := \omega \cdot L = 7.992 \ \Omega$ |
| Reactance XC | $X_C := \frac{1}{\omega \cdot C} = 8.002 \ \Omega$ |
| LF Impedance | $Z_{LF} := R + 1i \cdot X_L = (8 + 7.992i) \ \Omega$ |
| HF Impedance | $Z_{HF} := R - 1i \cdot X_C = (8 - 8.002i) \ \Omega$ |
| Total Impedance | $Z_T := \frac{Z_{LF} \cdot Z_{HF}}{Z_{LF} + Z_{HF}} = (7.997 - 1.8i \cdot 10^{-6}) \ \Omega$ |

Figura B: hoja de trabajo de Mathcad en la que se muestran los cálculos de impedancias totales para un circuito RLC de primer orden.

Para evaluar el impacto de un cambio de componente, el ingeniero puede intercambiar fácilmente el valor de resistencia, por ejemplo, de "8" a "30". Estos valores de componentes probablemente ya estén disponibles en una biblioteca de componentes comunes. Puesto que la notación matemática natural de Mathcad es de actualización instantánea, y cambia en tiempo real, el cambio de los valores de baja frecuencia, alta frecuencia e impedancia total se refleja inmediatamente en todo el modelo. Mientras el ingeniero trabaja, la verificación dinámica de unidades de Mathcad reduce los errores y aumenta la precisión de los resultados. La notación matemática natural, la precisión de la verificación de unidades y las ecuaciones de actualización instantánea permiten una comunicación más precisa entre los ingenieros, lo que aumenta la eficacia del proceso y reduce la probabilidad de cometer errores costosos.

Mathcad utiliza automáticamente los cálculos de impedancia definidos previamente y una tabla de frecuencias para generar un gráfico de ventajas y desventajas de impedancia de cruce de primer orden (figura D). Los cambios realizados en la pizarra o en las tablas justificativas se actualizan dinámicamente en el gráfico. Igual que con el cambio del componente de resistencia anterior, si se revisa la capacidad, las líneas del gráfico para impedancia de mayor frecuencia e impedancia total se actualizarán automáticamente. De esta forma, Mathcad permite al ingeniero evaluar rápidamente y comunicar fácilmente las selecciones de componentes.

Cualquiera que vea en cualquier lugar los resultados de este análisis de ventajas y desventajas puede entender con claridad las fórmulas, con una presentación clara del conjunto completo de suposiciones y cálculos, tanto si es para una revisión del estudio de diseño con los directivos como para la auditoría de un organismo normativo o la comunicación con los miembros del equipo en todo el mundo.

Escenario 2: evaluación del límite elástico en posibles materiales para armadura robótica

El equipo de ingeniería de un fabricante de equipamiento industrial debe evaluar el límite elástico y las ventajas/desventajas de costes de materiales de "dedos" robóticos con distintas fuerzas de sujeción. Los materiales evaluados incluyen aceros como ASTM A36, ASTM 514, acero inoxidable ANSI 302 y polietileno de alta densidad (HDPE). El material debe mantener los requisitos de límite elástico y resistencia a la tracción para satisfacer con seguridad la fuerza de sujeción máxima, además de adecuarse a los parámetros de diseño existentes como espesor y peso, así como a las restricciones de costes.

Mediante la interfaz de pizarra intuitiva de Mathcad, los ingenieros formulan rápidamente una serie de ecuaciones y gráficos de ventajas y desventajas visuales para calcular el momento de inercia de área de doblado sobre el eje X del modelo de armadura. El editor de ecuaciones integrado permite al equipo expresar soluciones de componentes en notación matemática natural conocida con verificación automática de unidades para precisión. El equipo puede centrarse en los experimentos de diseño y el análisis en sí, en lugar de esforzarse por "programar" fórmulas que resultan complicadas de leer y difíciles de comunicar.

La evaluación de la tensión máxima como una función de espesor de material recibe un impulso con la arquitectura abierta de Mathcad. Obtenidos en un proyecto anterior, los valores de límite elástico, límite de rotura y densidad de los materiales evaluados se importaron de una hoja de cálculo de Excel® a una biblioteca de hojas de trabajo de Mathcad.

```

ImpedanceVals :=
a ← 0
for i ∈ 0..12
    ωi ← 2 π · freqi
    XLi ← ωi · L
    XCi ← 1 / (ωi · C)
    ZLFi ← |R + 1i · XLi|
    ZHFi ← |R - 1i · XCi|
    ZTi ← |ZLFi · ZHFi| / |ZLFi + ZHFi|
return [ZLF ZHF ZT]

ZLow := ImpedanceVals0,0
ZHigh := ImpedanceVals0,1
ZTotal := ImpedanceVals0,2
    
```

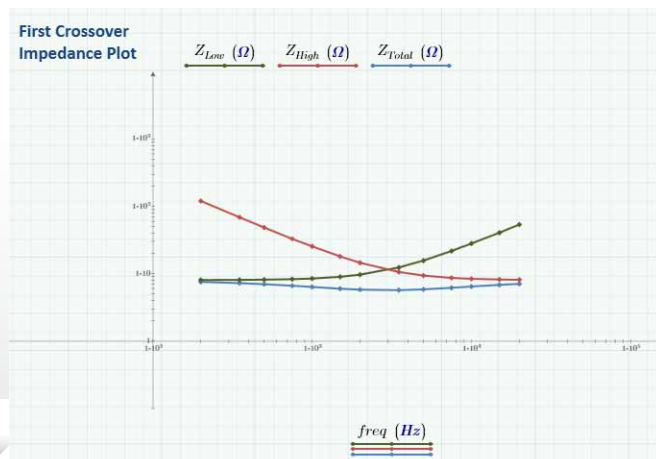


Figura C: recorrido de impedancias en Mathcad.

Figura D: gráfico de Mathcad en el que se muestran las ventajas y desventajas de impedancia de cruce de primer orden.

Ahora, el equipo de ingeniería puede incorporar fácilmente esta información en el modelo de armadura de la hoja de trabajo de Mathcad que está utilizando para llevar a cabo el análisis de ventajas y desventajas (figura E).

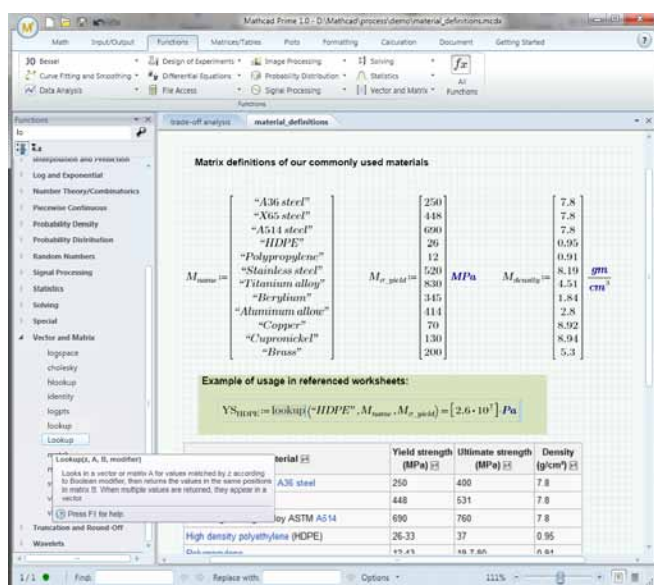


Figura E: tabla de Mathcad en la que se muestra el límite elástico, el límite de rotura y la densidad de diferentes materiales.

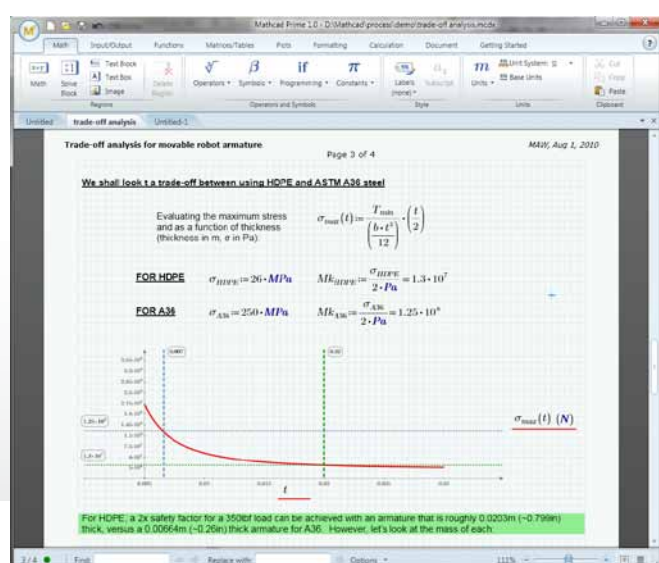


Figura F: gráfico en el que se muestra el análisis de ventajas y desventajas entre HDPE y acero ASTM A36.

El equipo minimiza el espesor de cada material con un factor de seguridad de límite elástico y, después, Mathcad genera un gráfico en el que se muestra visualmente la diferencia entre utilizar HDPE y acero ASTM A36 (figura F).

El equipo concluye que, considerando todas las restricciones y objetivos planteados, el material óptimo es HDPE. Hay espacio suficiente en la envolvente de diseño para admitir la armadura más gruesa, que también cumple los requisitos de resistencia a la tracción y límite elástico. La masa resultante es un 37,5 % de la estructura equivalente de acero A36 y el coste de HDPE es inferior al del acero. El proceso de análisis que conduce a la elección de HDPE se documenta automáticamente, paso a paso, en la hoja de trabajo de Mathcad y la pueden revisar y reutilizar fácilmente otros equipos en diferentes proyectos.

Asimismo, el equipo podría importar las cotas y la geometría de sujeción de la armadura directamente de un modelo CAD (por ejemplo, de la aplicación Creo™ Parametric) en las hojas de trabajo de Mathcad junto con una "instantánea" del modelo CAD (figura G). Los cambios en el modelo de Mathcad pueden modificar dinámicamente el modelo CAD.

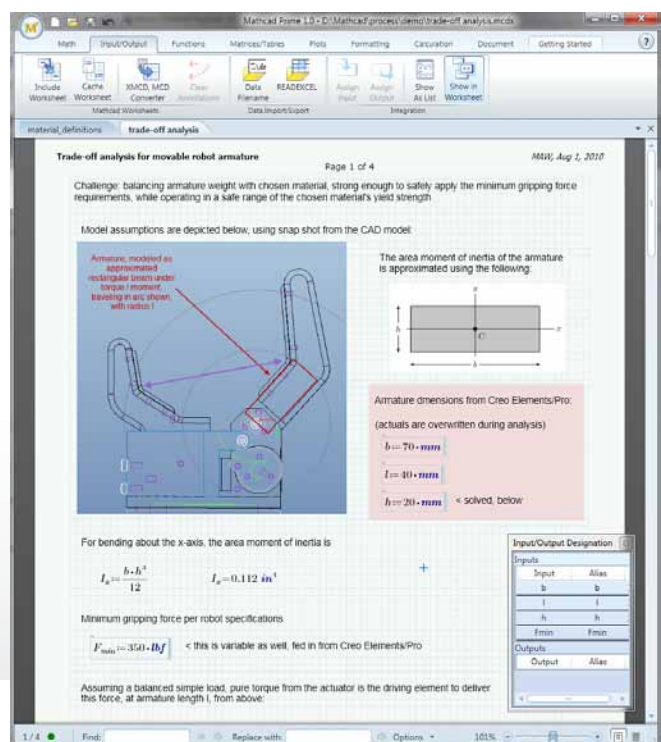


Figura G: instantánea de un modelo CAD de armadura de robot móvil.

Escenario 3: comparación de las ventajas y desventajas de coste-beneficio en el diseño de un puente

Una compañía de ingeniería con décadas de experiencia en la construcción de puentes tiene el encargo de determinar cuál de tres diseños ofrece la mejor relación coste-beneficio: voladizo, suspensión o flotante.

Existe un gran número de variables implicadas en este estudio de diseño, incluido el volumen de tráfico, vanos de diferente longitud, coste de mantenimiento, etc. La experiencia ha demostrado que los ingenieros encargados del proyecto deben mostrar diligencia en la anticipación de requisitos de seguridad para la aprobación del Departamento de Transporte.

Por suerte, los ingenieros no tienen que realizar los estudios de diseño y análisis de ventajas y desventajas de puentes desde el principio. Pueden acceder a la biblioteca de hojas de trabajo archivadas de Mathcad derivadas de proyectos anteriores. Además de permitir a los ingenieros buscar el mejor concepto de diseño con más rapidez, Mathcad también les permite ejecutar un enfoque propuesto de la dirección para su aprobación o corrección mucho antes en el proceso de diseño.

El equipo comienza por seleccionar el estudio de diseño anterior más similar al reto actual. La selección de la hoja de trabajo más aplicable se facilita por el hecho de que los cálculos están expresados en notación matemática natural de actualización instantánea. Las suposiciones fundamentales efectuadas en el estudio anterior también están documentadas en la misma hoja de trabajo, junto con gráficos y otras representaciones de parámetros visuales.

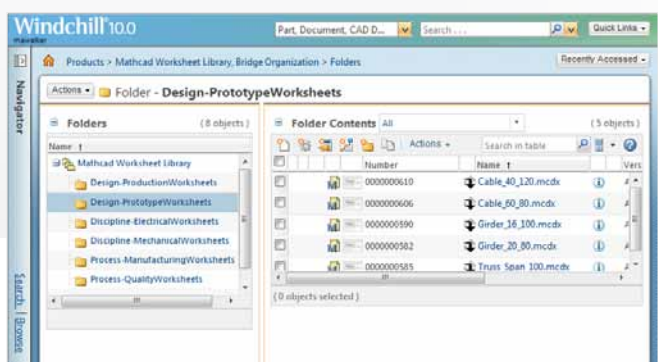


Figura H: directorio de hojas de trabajo archivadas de Mathcad utilizadas en estudios de diseño y análisis de ventajas y desventajas.

La interfaz de pizarra intuitiva y el editor de ecuaciones integrado de Mathcad permiten que el equipo modifique rápidamente la hoja de trabajo para ajustarla al proyecto en curso. Aprovechando el acceso a más de 600 funciones matemáticas y bibliotecas de ecuaciones estándar, el equipo puede iterar rápidamente opciones de componentes detalladas. Los resultados de las modificaciones en la hoja de trabajo se actualizan en tiempo real, incluidos los elementos visuales. Además, los cambios realizados se validan mediante la verificación dinámica de unidades de Mathcad para reducir los errores. Se añaden fácilmente anotaciones con cálculos para documentar cuestiones clave y suposiciones con el fin de demostrar cómo se han derivado los resultados y con qué parámetros y lógica.

Dado que el uso de Mathcad es "autodocumentado", no hay necesidad de que los ingenieros creen un informe independiente para la dirección que repita los detalles de la hoja de trabajo original y sus modificaciones. Los directivos pueden estar seguros de que se ha obrado con diligencia.

Resumen

Si se aplica como una práctica recomendada al principio del proceso de desarrollo de productos, los estudios de diseño y análisis de ventajas y desventajas permiten a los ingenieros conciliar más estrechamente las decisiones de productos con los requisitos definidos. Mathcad proporciona las prestaciones clave necesarias para obtener con eficacia y seguridad todos los beneficios de esta práctica recomendada.

| Práctica recomendada en la fase de estudios de diseño y análisis de ventajas y desventajas | Prestaciones de Mathcad que soportan los estudios de diseño y análisis de ventajas y desventajas |
|--|--|
| Implementar rápidamente un modelo matemático del diseño | <ul style="list-style-type: none"> • La interfaz intuitiva de pizarra basada en tareas mejora la capacidad de uso y también permite a los usuarios aprender funciones no conocidas de forma rápida y sencilla. • El editor de ecuaciones WYSIWYG (What You See Is What You Get, Lo que se ve es lo que se obtiene) permite a los usuarios expresar restricciones y soluciones de problemas en notación matemática natural, sin necesidad de saber programación. • Caja de herramientas con más de 600 funciones listas para usar que permiten a los usuarios abordar cualquier problema de cálculo. • Soporte completo de unidades en todos los cálculos para reducir los errores, aumentar la precisión de los resultados y lograr una comunicación más precisa entre los ingenieros y los equipos. |
| Utilizar este modelo para probar varias opciones de forma rápida y eficaz | <ul style="list-style-type: none"> • El entorno de cálculo de actualización instantánea permite la creación rápida y sencilla de cálculos para comprobación antes de su confirmación en el diseño. • Las funciones DoE (Diseño de experimentos) ayudan a los usuarios a comprender las interacciones variables que influyen en un experimento cuando existen múltiples variables y niveles, y se proporcionan plantillas para un número menor de experimentos más inteligentes. • La integración con otros productos como las aplicaciones CAD genera aumento de productividad, mayor eficacia de los procesos y mejor colaboración entre las personas y los grupos. |
| Revisar y evaluar varios escenarios hipotéticos con el equipo global y pasarlo a la dirección para su aprobación | <ul style="list-style-type: none"> • El uso en Mathcad de la notación matemática estándar, texto integrado y visualizaciones gráficas genera automáticamente documentos legibles de fácil comprensión en toda la cadena de gestión y en equipos diversos y multiculturales. • Los cálculos de actualización instantánea facilitan los escenarios hipotéticos en todos los equipos, con el apoyo de anotaciones de texto y visualizaciones gráficas. • Las hojas de trabajo compartidas archivadas facilitan la captura de conocimientos y la reutilización entre equipos para mejorar el control de errores y fomentar las prácticas recomendadas de cálculos de ingeniería. |

Al habilitar la práctica recomendada de estudios de diseño y análisis de ventajas y desventajas, Mathcad ayuda al personal de ingeniería a contribuir a lograr los objetivos empresariales de mayor nivel:

- Reducción del plazo de lanzamiento comercial con menos riesgo;
- Aumento de la creatividad de ingeniería mediante la exploración de más diseños de productos con más rapidez;
- Logro del rendimiento real deseado mediante la optimización de los diseños de productos;
- Y, en último término, disminución de los costes del producto, garantía y desarrollo.

Obtenga más información sobre Mathcad en la dirección [PTC.com/products/mathcad](https://www.ptc.com/products/mathcad).

© 2011, Parametric Technology Corporation (PTC). Todos los derechos reservados. La información aquí descrita se suministra únicamente con fines informativos y está sujeta a cambios sin previo aviso. Las únicas garantías existentes para los productos y servicios de PTC son las expuestas en las declaraciones de garantía expresa que acompañan a dichos productos y servicios. Ninguna parte de este documento debe interpretarse como constituyente de garantía adicional alguna. Las referencias a éxitos de clientes se basan en la experiencia de los usuarios y el testimonio de dicho cliente. Las afirmaciones de analistas y predictivas sobre los productos y servicios de PTC o los mercados en los que PTC participa corresponden a los propios analistas y PTC no se manifiesta sobre la fundamentación o precisión de las mismas. PTC, el logotipo de PTC, Mathcad, Creo, Elements/Pro y todos los nombres y logotipos de productos de PTC son marcas comerciales o marcas registradas de PTC o sus filiales en los Estados Unidos y en otros países. Los demás nombres de productos y empresas pertenecen a sus respectivos propietarios. El momento del lanzamiento de un producto, incluidas las funciones, puede variar a criterio de PTC.

6510-Mathcad: Best Practices-WP-0411-es