

# MÁS LIBERTAD PARA LOS INGENIEROS CON EL DISEÑO GENERATIVO Y EL MODELADO POR FACETAS



LIFECYCLE

INSIGHTS

# INTRODUCCIÓN

Diseñar productos hoy en día es una tarea difícil. La complejidad está creciendo a medida que se integran más tecnologías en los productos. La demanda de colaboración está aumentando cada vez más, pues los proveedores se implican en el proceso de desarrollo. Los plazos se acortan en la carrera hacia una comercialización tan rápida como sea posible. Los ingenieros, con una carga significativa de responsabilidades, apenas tienen tiempo de encontrar un diseño viable, mucho menos uno que sea mejor.

En este contexto, los ingenieros se ven con la necesidad de más libertad. Con suerte, existe una nueva tecnología, llamada diseño generativo, que ofrece cierta esperanza en este campo. Considerando el conjunto de restricciones que define el ingeniero, esta tecnología produce de manera autónoma varios diseños alternativos como la optimización de topología o los generados por naturaleza. Básicamente, el diseño generativo actúa como un empleado de software que presenta sus opciones a los ingenieros. Como resultado, pueden tener en cuenta muchas más alternativas que aquellas que tenían en un primer momento. Tiene numerosas aplicaciones en el diseño de concepto y en el de detalle.

Con todo, incorporar el diseño generativo requiere unas funcionalidades especializadas de geometría denominadas modelado por facetas. Las aplicaciones de diseño asistido por ordenador (CAD) están empezando a integrar esta funcionalidad junto a las ya tradicionales de modelado paramétrico y directo. Se trata de una serie de herramientas imprescindibles que deben trabajar de manera conjunta.

El propósito de este e-book es el de ofrecer información sobre todos estos temas. Comienza con las restricciones que sufren los ingenieros actualmente y con el efecto que las mismas tienen sobre la calidad del diseño. A continuación, aborda el diseño generativo, proporcionando detalles sobre su uso y consideraciones técnicas, así como la aplicación de esta tecnología en el diseño de concepto y de detalle. Termina examinando las soluciones de dos aplicaciones y de una aplicación que ahora están disponibles. A lo largo de este documento, se incluyen referencias a las conclusiones y resultados de los estudios de Lifecycle Insights.

No hay ninguna duda de que el diseño de productos es, actualmente, una tarea compleja. Sin embargo, nuevas funcionalidades como el diseño generativo ofrecen una manera de ampliar la libertad del diseñador sin mucho esfuerzo. Los beneficios que aporta son útiles tanto para el ingeniero como para la empresa.

## RESTRICCIONES DE LA INGENIERÍA Y LA CALIDAD DEL DISEÑO

Cada proyecto de diseño supone un juego de equilibrio. Por un lado, su desarrollo está limitado por unos plazos, un presupuesto, objetivos de coste de materiales y requisitos funcionales. Por otro, existe la necesidad no solo de cumplir con esos requisitos, sino de superarlos para crear productos mucho más innovadores y competitivos. En los últimos años, se han observado ciertas tendencias que han inclinado ese equilibrio hacia unos diseños más conservadores. Esto supone obstáculos para los esfuerzos de las empresas.

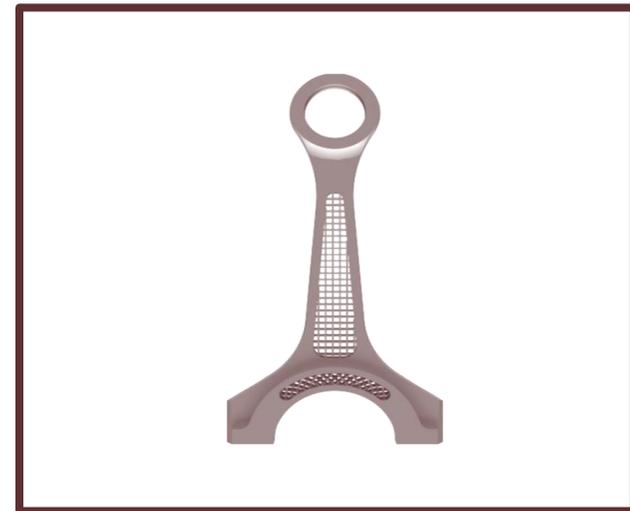
### EL TRABAJO DE INGENIERÍA ES, EN ESENCIA, VOLÁTIL

Un factor que impulsa a los diseñadores a ser más conservadores es el hecho de que un nuevo desarrollo implica muchos riesgos, algo que es una realidad. Los errores de diseño que superan la fase de lanzamiento pueden provocar consecuencias directas para todos en la fase de desarrollo, sobre todo para los diseñadores. Las peticiones de cambio que les llegan crean verdaderas emergencias, causando estragos en forma de descartes, repeticiones de trabajo y prototipos fallidos. Asimismo, los errores de diseño alejan el tiempo, la energía y los recursos de los esfuerzos de diseño, generando retrasos en los proyectos de desarrollo en proceso. De hecho, el 60 % de los encuestados del [estudio «El diseño basado en la simulación»](#) no han cumplido con los plazos de entrega de proyectos debido a los prototipos fallidos.

### LA CRECIENTE COMPLEJIDAD DE LA TECNOLOGÍA

Otro factor que lleva a un diseño más conservador es la elevada dificultad que incorporan las tecnologías en los productos. Las

tendencias en electrónica, incluyendo la miniaturización continua, los requisitos de baja potencia y la necesidad de una mayor disipación térmica, dificultan la posibilidad de acomodar esa creciente demanda de potencia informática en los productos. El auge del software en los productos incrementa los problemas de integración, pues esas aplicaciones deben trabajar a la perfección con el hardware electrónico y otros sistemas en los mismos productos. Con el nacimiento del Internet de las Cosas (IoT), el desarrollo se ha vuelto aún más complejo, ya que las empresas deben descubrir cómo equipar sus productos con los sensores adecuados, cómo capturar los datos correctos y cómo llevar los datos a su lugar de almacenamiento para después actuar fundamentándose en ellos. Todo esto converge en el diseño mecánico para reforzar la complejidad y aumentar la dificultad en la integración del sistema.



## COLABORACIÓN CON MÁS INTERESADOS

Otro de los factores que deben tenerse en cuenta es la demanda de una mayor colaboración con todos los implicados por parte de los ingenieros. Para seguir el ritmo de sus competidores, los fabricantes tienen que integrar cada una de las nuevas tecnologías. De lo contrario, se quedarían atrás. Por consiguiente, los ingenieros deben colaborar con los expertos en la materia. Asimismo, no es suficiente con encontrar un diseño que cumpla con los requisitos de forma, ajuste y función. Los ingenieros tienen que tener en cuenta muchos más aspectos. Los productos actuales tienen limitaciones operativas y empresariales que afectan a la solución de diseño. Dada esta situación, necesitan feedback de todas las personas implicadas, incluidas aquellas de suministro, proveedores, fabricación, clientes, servicios, etc.

## EL EQUILIBRIO DE RESPONSABILIDADES

Un factor que agudiza estos problemas es el hecho de que los ingenieros de hoy en día están muy ocupados. El estudio [«Ingeniero de diseño de hardware»](#) de Lifecycle Insights cuantifica este reto. De las 13 responsabilidades de diseño, el estudio pidió a los encuestados que seleccionaran las que cumplían. De media, los ingenieros suman un total de 4,4 responsabilidades básicas de diseño. Esto incluye la gestión de requisitos y la predicción del rendimiento del producto, entre otras. Además, de media, los ingenieros añaden 2,9 responsabilidades secundarias de diseño, incluyendo la gestión de proyectos, la colaboración con proveedores, etc. En total, hablaríamos de 7,3 responsabilidades de media por cada ingeniero. Tomar decisiones de diseño es *solo una* de esas responsabilidades.

## PLAZOS MÁS CORTOS, DISEÑOS VIABLES A LA PRIMERA

El factor final que debemos tener en cuenta es el plazo reducido del desarrollo de productos. Ello obliga a los ingenieros a aceptar el primer diseño viable que encuentran. En el peor de los casos, estos diseños solo cumplen con los objetivos de diseño de forma mínima. Por lo tanto, la empresa está dejando «oportunidades sobre la mesa» para reducir el coste de productos, crear productos de mayor rendimiento o cumplir con los requisitos de los clientes.

## APORTACIONES

Debido a una amplia variedad de factores, los ingenieros tienen menos tiempo para diseñar productos cada vez más complejos. Además, los errores de diseño tienen múltiples vertientes, tanto para la compañía como para el propio diseñador. No sorprende, por tanto, que estén desarrollando diseños muy conservadores.



# DISEÑO GENERATIVO EN EL PROCESO DE DESARROLLO

Actualmente, los ingenieros trabajan bajo presión, lo que los lleva a ser más conservadores a la hora de diseñar. Para contrarrestar esas presiones, necesitan más libertad para hacer más cosas. Sin embargo, se les pide que hagan más con menos. Es aquí donde se puede aplicar esta nueva tecnología denominada diseño generativo.

## DISEÑO GENERATIVO: ¿QUÉ ES?

En líneas generales, el diseño generativo es relativamente sencillo. Es una funcionalidad de las aplicaciones CAD que genera de forma autónoma varias alternativas de diseño teniendo en cuenta las restricciones. Esto se puede llevar a cabo sin la interacción de un ingeniero, lo que supone la posibilidad de dedicar más tiempo a otras tareas. Una vez que se ha completado, los ingenieros pueden elegir qué diseños quieren explorar de manera más completa. En definitiva, acelera el proceso de diseño sin la atención detallada del diseñador.

El diseño generativo aprovecha funcionalidades como la optimización topológica, que ejecuta simulaciones estructurales y elimina el material sin cargas. Sin embargo, este es solo uno de los enfoques que utiliza. También imita el comportamiento de la naturaleza: reproduce la conducta propia del desarrollo de las colonias de bacterias o la evolución de las estructuras de los huesos para optimizar la relación entre peso y resistencia. Estos enfoques se utilizan para explorar el espacio de diseño de un nuevo producto. Es interesante señalar que el diseño generativo puede crear diseños que un ingeniero nunca habría considerado, lo que abre nuevas oportunidades en diseño.

## CONSIDERACIONES TÉCNICAS

El diseño generativo comienza de manera muy sencilla. El punto de partida es un modelo en 2D o 3D de diseño de concepto o de detalle. Desde aquí, el diseñador especifica las restricciones a partir de las cuales puede funcionar. Estas podrían ser condiciones de contorno, como la geometría fija. Sin embargo, también pueden incluir restricciones geométricas, como no permitir las contrasalidas o mantener una forma geométrica en concreto, como un sólido cilíndrico en una ubicación determinada. Teniendo en cuenta que el diseño generativo se beneficia de las funcionalidades de optimización topológica, que se basan en el análisis de elementos finitos (FEA), otros elementos de la simulación deben definirse como propiedades y cargas de material.

A medida que el diseño generativo trabaja y se elimina el material, el software va descartando algunos de los elementos con niveles bajos de tensión o deformación. Desde la perspectiva del modelado, el resultado de este proceso es la geometría de la malla que se genera a partir de los elementos tetraédricos del análisis. Puesto que el modelo está compuesto en su totalidad por estos elementos, que tienen caras planas, el exterior también está formado por superficies de las mismas características. El resultado se denomina geometría de malla y solo se puede modificar con el modelado por facetas, no con el paramétrico y directo.

## EL DISEÑO GENERATIVO EN EL DISEÑO DE CONCEPTO

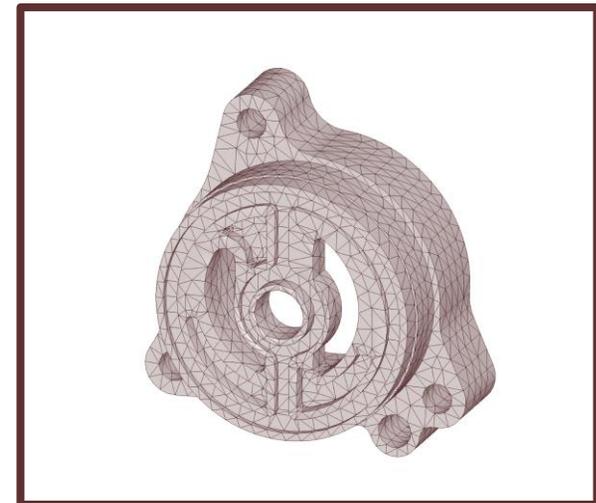
En el diseño de concepto, los ingenieros desarrollan una serie de ideas que podrían cumplir con los requisitos de forma, ajuste y función. Al principio, buscan diseños que puedan reunir esos requisitos en la medida de lo posible. Una vez que lo han encontrado, muchos ingenieros pasan al siguiente aspecto del diseño debido a la necesidad de cumplir con los plazos de entrega en un menor periodo de desarrollo. El problema que supone este enfoque es que los ingenieros pueden perder la oportunidad de descubrir otros diseños que podrían cumplir mejor esos requisitos. Ir más allá de ese primer diseño viable requiere más exploración, experimentación y repetición.

Las representaciones geométricas digitales de estos diseños pueden variar mucho. Algunos usan técnicas de diseño ascendentes y descendentes para restringir los volúmenes y espacios para componentes determinados. Otros completan estas ideas con bocetos en 2D o 3D desarrollados a partir de curvas, líneas, superficies y otros elementos geométricos sencillos. Sin embargo, llegados a este punto, estas representaciones no suelen ser modelos 3D detallados. Estos últimos se crean durante el diseño de detalle.

Desde el punto de vista del desarrollo, el diseño generativo es muy aplicable al diseño de concepto. Es en este momento cuando los ingenieros tienen más flexibilidad para poder explorar alternativas a los productos. Pueden definir algunas restricciones con el diseño generativo y generar una amplia variedad de opciones con muy poco esfuerzo. En cambio, los ingenieros podrían actuar como el mánager que revisa el trabajo del software de diseño generativo. Podrían, incluso, realizar estudios comparativos para confrontar el rendimiento de las distintas alternativas de diseño. Esto, a su vez, proporciona más

información sobre la interacción entre las variables clave y el rendimiento deseado. Estas técnicas se pueden aplicar a los bocetos en 2D, modelos 3D simplificados o diseños totalmente detallados.

Un punto clave es que el resultado del esfuerzo de diseño generativo será la geometría de malla. Se justifican las repeticiones en este boceto para explorar su viabilidad. En este escenario, el uso de modelado por facetas para manipular la geometría de mallado directamente es muy útil, ya que permite a los diseñadores evitar el esfuerzo requerido para convertir el diseño en la geometría de representación de contornos (brep) que necesita el modelado paramétrico y directo. Puesto que el diseño de concepto resultante debe actuar como punto de partida para el resto del desarrollo, es imprescindible poder transformar esta representación facetada en una geometría brep. También se pueden aplicar aquí las funcionalidades del modelado por facetas, pues facilitan la transición en gran medida.



## DISEÑO GENERATIVO EN DISEÑO DE DETALLE

En esta fase del desarrollo, los ingenieros utilizan un concepto de diseño examinado y lo detallan completamente para el lanzamiento, verificando que cumpla con los requisitos de forma, ajuste y función. Esto requiere que ellos exploren las opciones para los distintos aspectos del diseño en un intento por mejorar el rendimiento. Este les sucede a aquellos diseñadores que buscan el equilibrio adecuado entre los requisitos como el peso o la carga estructural, el coste y las frecuencias naturales.

La representación geométrica digital de este diseño en esta fase es un modelo 3D completamente detallado. Se crean normalmente con las funcionalidades de modelado paramétrico y directo, que dan como resultado una geometría ligeramente redondeada.

Esta oportunidad de superar ese primer diseño es excelente. Experimentar más con geometría detallada y distintas configuraciones en parámetros de dimensionamiento puede afectar de manera drástica el rendimiento del producto, así como el coste y la viabilidad de fabricación. Como sucedía con el diseño de concepto, una mayor inversión de tiempo en experimentación con estas variables y de acuerdo a la satisfacción de los requisitos revela información sobre la relación existente entre ambos. Esto permite a los ingenieros ajustar los diseños de detalle de manera que puedan cumplir mejor con los requisitos.

Desde la perspectiva del desarrollo, se puede aplicar el diseño generativo al diseño de detalle. Los ingenieros pueden aplicar la tecnología de manera creativa y amplia para valorar los enfoques alternativos con el fin de crear los detalles del diseño. De hecho, el diseño generativo puede proporcionar algunas opciones que el ingeniero no habría considerado nunca. Se trata de una herramienta de valor incalculable para perfeccionar el diseño, de

manera que se encuentre el equilibrio adecuado entre los requisitos.

Es totalmente necesario integrar el resultado del diseño generativo en los modelos de diseño de detalle. Por último, los ingenieros tienen que transferir estos diseños de detalle a los departamentos de suministro o fabricación para comprar o producir componentes. Es aquí donde el modelado por facetas puede influir de manera significativa en la productividad, facilitando la transición de geometría de malla a geometría brep.

Mientras que algunos tendrán que transformar la geometría de malla en modelos de representación de contornos, no hay necesidad de hacerlo en todos los casos. Puede que tengan que hacer algunas modificaciones en la geometría de malla, pero en la mayoría de los casos podrán darlo por finalizado. Esto es lo que les sucede a las empresas que están produciendo componentes con la fabricación aditiva, que también se basa en la geometría de malla. En estos casos, los ingenieros pueden ir directamente a la impresora 3D.



## LA SOLUCIÓN DE LAS DOS APLICACIONES

En el diseño de concepto y de detalle, el diseño generativo es una herramienta muy útil dentro del proceso de desarrollo. Sin embargo, las tecnologías tradicionales que se utilizaban para dar soporte al diseño generativo, un par de aplicaciones de software sin integración, tienen un alto nivel de fricción en el flujo de trabajo digital.

### DOS TIPOS DE GEOMETRÍA, TRES MODELADOS

Por lo general, el modelado tradicional de la geometría tiene dos formas: paramétrico o directo. El primero se puede utilizar para crear un modelo función por función mediante controles dimensionales paramétricos. El modelado directo, por otro lado, les permite modificar una geometría ya existente empujándola, estirándola o arrastrándola. Ambas estrategias de modelado trabajan con "representaciones de contornos" en las que la geometría se representa mediante superficies planas o ligeramente curvadas.

Por el contrario, la geometría de malla contiene una nube de puntos que representa la superficie externa de un diseño. Algunas aplicaciones CAD lo convierten en geometría sólida creando triángulos o trapecios planos y uniéndolos en un sólido "estanco". El modelado por facetas permite a los ingenieros modificar la calidad de la malla resultante, así como modificar la geometría añadiendo o eliminando material.

Como ya se ha señalado, hay casos en los que los diseñadores necesitan desarrollar una geometría redondeada, así como la geometría de malla. En el diseño de concepto, los ingenieros deben trabajar con bocetos y espacios indicados junto a la geometría de malla de los componentes escaneados. En el diseño

de detalle, necesitan crear modelos detallados en 3D teniendo en cuenta la geometría de malla.

### LA SOLUCIÓN DE LAS DOS APLICACIONES

Las aplicaciones CAD tradicionales utilizadas para crear modelos 3D y otros dispositivos a menudo utilizan algunas combinaciones de modelado directo y paramétrico, y ambos dan como resultado representaciones de contornos. Esta potente combinación de herramientas de modelado se puede usar de manera rápida y sencilla para desarrollar conceptos de diseño y diseños detallados y para crear componentes físicos. Lamentablemente, muy pocos ofrecen el modelado por facetas junto a estas funcionalidades convencionales.

Dado que la mayoría de las aplicaciones CAD no son capaces de trabajar con geometría de malla, los ingenieros deben buscar otras soluciones. Algunas aplicaciones independientes, normalmente aquellas que ofrecen hardware de escaneo láser, proporcionan una aplicación similar a CAD que incluye modelado por facetas. En teoría, los ingenieros pueden utilizar a la vez las aplicaciones CAD tradicionales y estas otras específicas. Sin embargo, existen numerosos inconvenientes vinculados a esta opción.

## FALTA DE UN ÚNICO ENTORNO

---

Hay muchos casos en el diseño de concepto y de detalle en el que los ingenieros tienen que combinar el modelado paramétrico, directo y facetado **indistintamente**. Por ejemplo, el usuario puede trabajar en datos de facetas, luego construir una operación paramétrica, y más tarde modificar algo con modelado directo antes de volver a usar otra vez el modelado por facetas. Si estas tres funcionalidades no existieran en una única aplicación de software, los diseñadores e ingenieros no podrían completar este tipo de flujo de trabajo. En su lugar, deben encontrar una manera de transferir los datos de diseño entre la aplicación tradicional CAD y la otra específica.

## INTERCAMBIO DE DATOS DE DISEÑO

---

Si está familiarizado con el intercambio de geometría entre aplicaciones CAD, entonces lo estará mucho más con los problemas aquí comentados. Traspasar un modelo de una aplicación de software a otra a menudo comporta la desalineación o pérdida de superficies, líneas o puntos. Esto «rompe» el modelo, pues ya no representa el diseño. Los ingenieros tienen que resolver este tipo de problemas cada vez que la geometría pasa de un software a otro.

Al mover la geometría de aplicaciones CAD tradicionales a aplicaciones específicas ocurre exactamente lo mismo. Esta transferencia está sujeta a los mismos inconvenientes. El resultado es más tiempo perdido para el ingeniero y un posible retraso en el proyecto de desarrollo.

## APORTACIONES

---

Los ingenieros pueden utilizar estas aplicaciones tradicionales de CAD junto a aquellas específicas para permitir el diseño generativo, pero no sin cierta fricción en el flujo de trabajo digital. Esto no les permite utilizar el modelado paramétrico, directo y por facetas de forma indistinta, lo que les limita su libertad a la hora de diseñar. También implica una inversión significativa de tiempo en arreglar los datos de diseño que han intercambiado las aplicaciones. Mientras que el diseño generativo puede ofrecer beneficios importantes en el desarrollo, su aplicabilidad puede verse perjudicada con la inversión de tiempo que supone el trabajo de dos aplicaciones distintas de software.

## LA SOLUCIÓN DE UNA ÚNICA APLICACIÓN

En el último año, algunas aplicaciones CAD han ampliado sus funcionalidades para incluir modelado paramétrico, directo y facetado. Las implicaciones para el diseño generativo son clave.

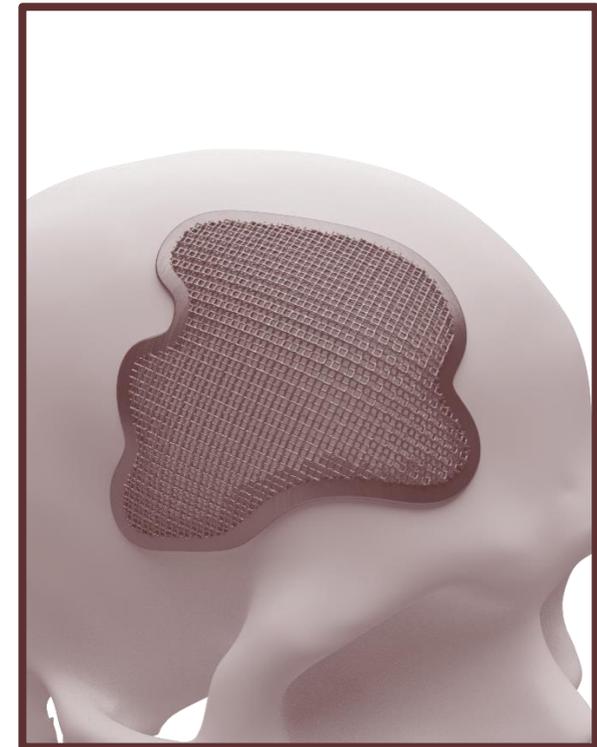
Cuando los ingenieros deben crear una geometría de representación de contornos a partir de los resultados del diseño generativo, el flujo de trabajo se vuelve más sencillo. Todas las funcionalidades de modelado se encuentran en un único entorno, por lo que los ingenieros siempre tienen acceso a la herramienta adecuada a cada situación.

También es interesante señalar que los ingenieros no necesitan transformar los diseños producidos por el diseño generativo en una geometría de representación de contornos. El modelado por facetas ofrece las herramientas para cambiarlo sin esos pasos que requieren tanto tiempo. Esto sucede con los componentes que se producirán a través de la impresión 3D, muy dependiente de la geometría de malla.

Un punto importante en todos estos escenarios es que esta serie de aplicaciones CAD permite a los ingenieros evitar: *el intercambio de datos de diseño*. Puesto que todas esas funcionalidades ya existen en un único entorno, no hay necesidad de mover los datos 3D, la geometría de malla o la representación de contornos entre las distintas aplicaciones de software. Se puede trabajar en un solo entorno. Los diseñadores no necesitan perder el tiempo arreglando la geometría. En su lugar, pueden poner toda su atención en el diseño.

En general, incorporar el modelado por facetas junto al paramétrico y el directo es una ayuda importante para los ingenieros que buscan aprovechar el diseño generativo en sus

procesos de desarrollo. Elimina la mayor parte de la fricción digital en el flujo de trabajo, permitiéndoles centrarse en el diseño.



## RESUMEN Y CONCLUSIÓN

Actualmente, los ingenieros se encuentran bajo una gran presión en el desarrollo. El trabajo de diseño es, por norma general, muy volátil, pues los errores pueden causar retrasos en los proyectos. Los productos están integrando tecnología cada vez más compleja. Los ingenieros deben colaborar con los proveedores ahora más que nunca. Los plazos se están acortando cada vez más. Con todas estas responsabilidades, los ingenieros solo tienen tiempo para encontrar un diseño viable en vez de el mejor de todos.

### DISEÑO GENERATIVO EN EL DESARROLLO

El diseño generativo es una funcionalidad de las aplicaciones CAD que genera de forma autónoma varias alternativas de diseño teniendo en cuenta las restricciones. Una vez que se ha completado, los ingenieros pueden elegir qué diseños quieren explorar de manera más completa. Ello acelera el diseño sin la atención detallada del ingeniero. Tenga en cuenta que el resultado del diseño generativo es la geometría de malla, que puede manipularse únicamente con las funcionalidades de modelado por facetas. Esto es muy importante teniendo en cuenta que el diseño resultante debe utilizarse durante el resto del proceso de desarrollo.

En el diseño de concepto, el diseño generativo puede utilizarse para obtener grandes objetivos. Los ingenieros exploran una amplia selección de alternativas de diseño en las fases iniciales cuando los requisitos son más flexibles. En el diseño de detalle, el diseño generativo puede utilizarse para ajustar el diseño de manera que encuentre el equilibrio adecuado entre los requisitos como el peso o la carga estructural, el coste y las frecuencias naturales.

### SOLUCIONES TECNOLÓGICAS

Las aplicaciones CAD tradicionales utilizadas para crear modelos 3D y otros elementos a menudo utilizan algunas combinaciones de modelado directo y paramétrico, pero les falta el facetado. Dado que la mayoría de las aplicaciones CAD no son capaces de trabajar con geometría de malla, los ingenieros deben buscar otras soluciones independientes que incluyan el modelado por facetas. Los ingenieros pueden utilizar estas dos aplicaciones juntas, pero no pueden usar esas funcionalidades de manera indistinta y deben trabajar con los problemas de traducción de datos.

De manera alternativa, algunas aplicaciones CAD han ampliado sus funcionalidades para incluir modelado paramétrico, directo y por facetas en un único entorno. Estas soluciones permiten a los ingenieros evitar los problemas asociados al enfoque de dos aplicaciones.

### APORTACIONES FINALES

El diseño generativo ofrece una manera de ampliar la libertad de los diseñadores. Con todo, esta oportunidad puede verse perjudicada con los problemas derivados del trabajo con dos aplicaciones para modelado. Las aplicaciones CAD que ofrecen modelado paramétrico, directo y facetado posibilitan a los ingenieros la utilización completa de todo el potencial del diseño generativo.

© 2017 LC-Insights LLC

**Chad Jackson** trabaja como analista e investigador en [Lifecycle Insights](#), ofreciendo información sobre tecnologías que permiten la ingeniería, incluidas CAD, CAE, PDM y PLM.  
[chad.jackson@lifecycleinsights.com](mailto:chad.jackson@lifecycleinsights.com).

