

BES472083

# Diseño Generativo para todos los públicos

Raquel Bascones Recio  
Senior Implementation Consultant, Autodesk

Paolo Emilio Serra  
Principal Implementation Consultant, Autodesk

## Objetivos de aprendizaje

- Entender el concepto de diseño generativo
- Crear rutinas de Dynamo listas para su uso en Generative Design
- Definir reglas, requisitos y criterios para la optimización de flujos de trabajo
- Adaptar los ejemplos aportados en la sesión a las condiciones particulares

## Descripción

Diseño Generativo, Algoritmo, Blockchain, Machine Learning... en la actualidad son numerosos los términos tecnológicos y es fácil sentirse perdido. En esta sesión veremos como el Diseño Generativo está al alcance de cualquier usuario sin necesidad de tener conocimientos de programación. Se presentarán ejemplos de flujos de trabajo comunes a diseñadores y modeladores BIM que pueden ser optimizados usando Dynamo y Generative Design para Revit. Asiste a la democratización de la automatización.

## Ponente

### Raquel Bascones Recio

Raquel es arquitecta por la ETSAM (2010). Trabajó como arquitecta en un pequeño estudio en Madrid, especializado en arquitectura residencial y conservación del patrimonio. En 2011, Raquel ganó el segundo premio en el concurso "Europan 11" para jóvenes arquitectos. Raquel estudió un master de paisajismo y jardinería en la Universidad Politécnica de Valencia (2012).

En 2013 Raquel se mudó a Londres donde trabajó especialmente en urbanismo, masterplans y paisajismo incluyendo proyectos como el estadio Al Wakrah en Catar, el hotel Four Seasons en Montenegro y el estadio Tottenham Hotspurs en Londres. Raquel compatibilizó el diseño como las tareas de BIM management y estableció protocolos para su aplicación al paisajismo y los trabajo exteriores.

Desde 2017 Raquel trabaja en Autodesk donde actualmente forma parte del equipo de Autodesk Consulting, especializada en la implementación de automatización con Dynamo y

Generative Design.

## **Agradecimientos**

Especial mención a la colaboración de mi compañero Paolo Serra en la creación de contenido y revisión de esta clase.

# Contenidos

Introducción.....	5
Conceptos clave.....	5
Algoritmo.....	5
Generative Design (Diseño Generativo).....	5
Machine Learning .....	5
Metodología del Diseño Generativo.....	5
Modelo sustituto o simplicado .....	6
Generative Design en Revit .....	7
Preparar graphs de Dynamo para Generative Design en Revit.....	8
Ejemplo 1: Rampa.....	10
Definición del problema.....	10
Proceso .....	10
Casos similares.....	11
Ejemplo 2: Aparca tu coche.....	11
Definición del problema.....	11
Proceso .....	12
Casos similares.....	13
Ejemplo 3: Colocación de formas .....	13
Definición del problema.....	13
Proceso .....	13
Casos similares.....	16
Ejemplo 4: Diseño de Pavimentos .....	16
Definición del problema.....	16
Proceso .....	16
Casos similares.....	18
Ejemplo 5: Diseño de Baños .....	18
Definición del problema.....	18
Proceso .....	18
Casos similares.....	20
Ejemplo 6: Cajas de Referencia para Masterplan .....	20
Definición del problema.....	20
Proceso .....	21

Casos similares.....	22
Consejos y Trucos.....	22
Inputs.....	22
Variables.....	22
Mediciones y Objetivos .....	22
Ajustes del estudio.....	23
Graph.....	23
Documentación y colaboración .....	23
Recursos para seguir aprendiendo.....	23

## Introducción

En esta clase revisaremos los conceptos claves necesarios para incluir el Diseño Generativo en tu trabajo diario. Presentaremos ejemplos reales listos para usar en tus proyectos o para adaptar a tus necesidades.

Esta clase esta diseñada para todos los públicos ya que no son necesarios conocimientos de programación para seguir su contenido. En los ejemplos no se usa Python ni es necesario instalar ningún paquete adicional en Dynamo. En los scripts se usa código en nodos de DesignScript, pero simplemente para simplificar y hacer más sencillo y legible el gráfico, no porque no pueda realizarse con nodos. Todos los ejemplos siguen la misma plantilla y estructura, por lo que es fácil seguir su funcionamiento.

## Conceptos clave

### Algoritmo

Algoritmo es un conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema. Los algoritmos son la base fundamental para la creación de programas informáticos.

### Generative Design (Diseño Generativo)

Generative Design es proceso que usa iteración para mejorar las posibles soluciones a un problema en relación a unos objetivos y límites.

El Diseño Generativo es una metodología de diseño colaborativo donde los diseñadores y los ordenadores trabajan juntos para encontrar soluciones óptimas a un problema concreto.

### Machine Learning

Machine Learning son algoritmos informáticos que mejoran automáticamente con la experiencia.

En Machine Learning, el programador no establece las reglas y los criterios, sino que el propio algoritmo los destila de los datos previos y de su propia experiencia. Es una parte de la Inteligencia Artificial.

### Metodología del Diseño Generativo

El proceso de diseño generativo comienza con la recogida de datos sobre el problema a resolver. Es necesario que el resultado de esta investigación contenga los datos esenciales para definir un modelo simplificado del problema para poder explorar el campo de diseño.

En la fase de generación se define la “receta” para crear las diferentes posibles soluciones; en otras palabras, un algoritmo que transforma inputs y variables en una solución candidata. Al principio se genera un set de opciones aleatorias que son evaluadas según los criterios identificados en la primera fase. Los resultados se comparan entre ellos para escoger los mejores.

Después, el proceso entra en la fase de evolución que, usando algoritmos genéticos, selecciona las mejores soluciones de la generación anterior para refinar la generación de soluciones en la siguiente generación.

Al final del estudio es posible explorar los resultados para conseguir mayor conocimiento del problema, descubriendo la relación entre los inputs y los resultados para seleccionar las combinaciones que crearon resultados más interesantes.

El modelo sustituto o simplificado puede ser usado como un punto de partida para continuar detallando la opción seleccionada.

## Metodología del Diseño Generativo

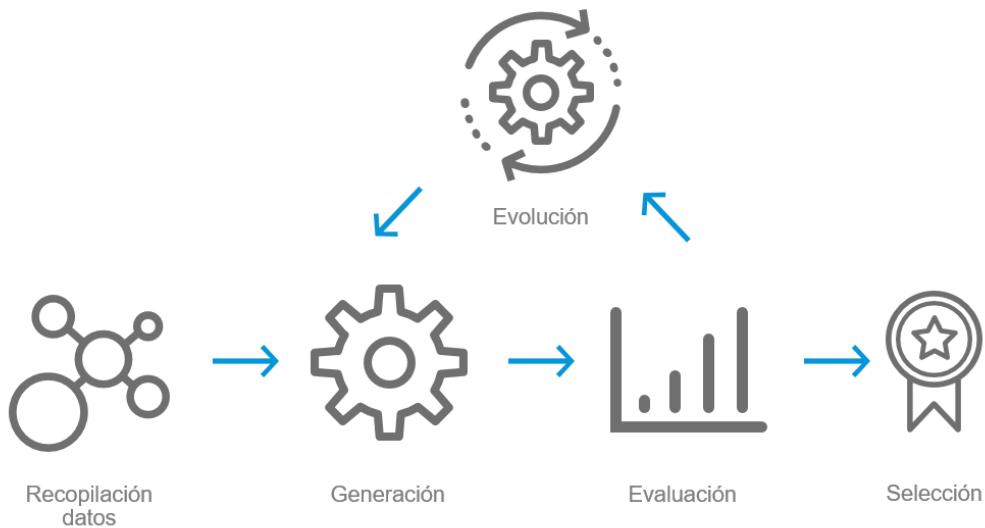


FIGURE 1 - METODOLOGÍA DEL DISEÑO GENERATIVO

### Modelo sustituto o simplificado

El modelo sustituto es una parte importante de la metodología del Diseño Generativo. Puede definirse como una representación abstracta de un problema real, una simplificación que permite centrarse en las características principales.

Esta simplificación permite reducir “el ruido de fondo” de otras características del problema, a la vez que ayuda a clarificar las relaciones entre las diferentes partes y las jerarquías internas de los componentes que de otra forma podrían no ser perceptibles a primera vista.

El modelo sustituto es además un gran apoyo para la visualización del problema y la comunicación de los resultados de los estudios de Diseño Generativo.

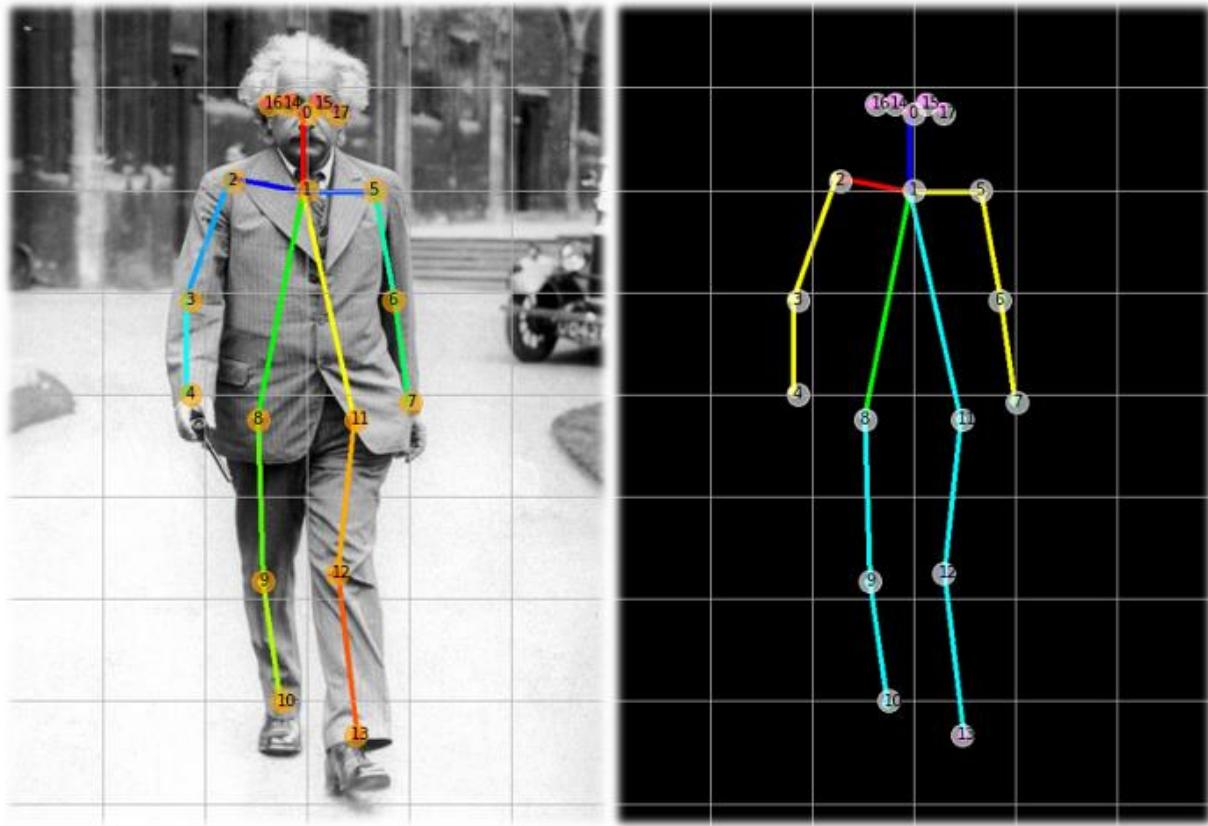


FIGURE 2: EXAMPLE OF SURROGATE MODEL, SOURCE TOWARDSDATASCIENCE.COM

## Generative Design en Revit

Para usar Generative Design en Revit, primero tenemos que crear la lógica en un graph de Dynamo y luego exportarlo junto al resto de archivos necesarios para que funcione (*dependencies*). Si hay algún error en la exportación, la aplicación alerta y propone las soluciones para repararlo. Durante la exportación es posible añadir una descripción y una imagen para identificar claramente el estudio y proporcionar una documentación inicial.

Desde el menu de Gestionar (*Manage*), se inicia Generative Design para crear un nuevo estudio. La lista de estudios disponibles aparecerá en una nueva ventana, seleccionar uno de ellos llevará a una ventana de ajustes previos para comenzar el estudio.

Desde Revit también pueden explorarse estudios ya realizados para inspeccionar las soluciones disponibles e incluso incorporarlas al modelo de Revit creando o modificando elementos.



FIGURE 3 - ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO DE GENERATIVE DESIGN EN REVIT

### Preparar graphs de Dynamo para Generative Design en Revit

Hay ciertos requisitos para que un graph de Dynamo sea adecuado para su uso en Generative Design.

Los inputs y variables sólo pueden asignarse a los siguientes tipos de nodos:

- Number/Integer slider
- Selección de elementos de Revit
- Boolean

Todos los inputs tienen que tener la propiedad “*is input*” activada para que sean reconocidos como tal en la generación de opciones. Además, los nodos deben ser renombrados con una denominación única.

Por otro lado, solo los nodos de visualización, o *watch*, contenidos valores numéricos pueden ser asignados como *outputs* o resultados. El valor debe ser único, no es posible introducir listas como *output*. Todos los nodos resultado tienen que tener la propiedad “*is output*” y un nombre único. Es recomendable que indiquen en el nombre si el valor debe maximizarse o minimizarse en la optimización.

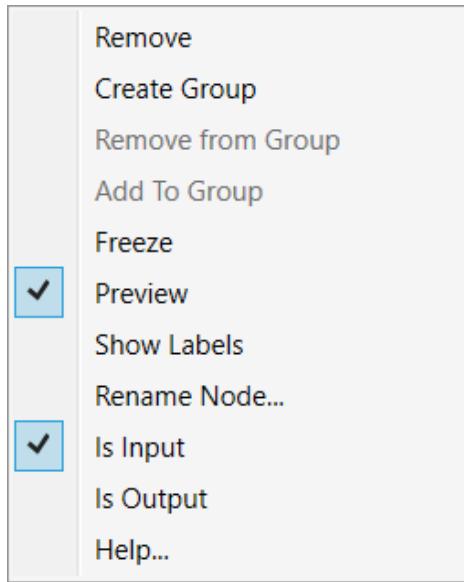


FIGURE 4 - PROPIEDAD "IS INPUT" DE UN NODO

La generación de opciones se ejecuta exclusivamente con código de Dynamo, por lo que no se ejecutará ningún comando de Revit. Por eso, para trabajar con datos del modelo de Revit, tenemos que serializar la información, lo que significa almacenar, usando el nodo *Data.Remember*.

The generation of options is executed only with Dynamo code, so no Revit commands would execute. So that, to work with information from the Revit model, we need to serialize the data, meaning store, using the *Data.Remember* node.

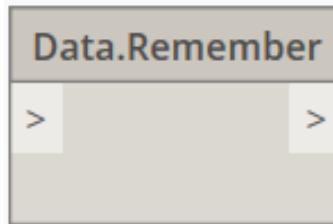


FIGURE 5 – NODO DATA.REMEMBER

La creación o modificación de elementos de Revit una vez que una opción es seleccionada, debe integrarse también en el mismo graph de Dynamo. Cuando el botón de "Create in Revit" se pulsa, el nodo *Data.Gate* cambiará a abierto y los siguientes nodos se ejecutarán.

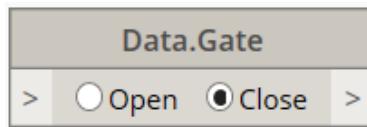


FIGURE 6 – NODO DATA.GATE

Para mostrar geometría en la ventana de Generative Design en Revit, es necesario que sea creada con el mismo graph de Dynamo. Es recomendable colorear dicha geometría con códigos de colores que permitan comparar visualmente las alternativas presentadas.

## Ejemplos

En esta sección presentamos una lista de escenarios comunes en los que es posible aplicar la metodología de diseño generativo para encontrar soluciones óptimas.

Para crear esquemas abstractos de los procesos, hemos adoptado la Business Process Modeling Notation (BPMN 2.0) con la plataforma online gratuita [Cawemo.com](http://Cawemo.com). En la presentación puedes encontrar links a todos los esquemas.

## Ejemplo 1: Rampa

### Definición del problema

El objetivo es optimizar la posición de rampas y mesetas para salvar un desnivel entre suelos respetando los estándares; por ejemplo, el Código Técnico de la Edificación en España). Las reglas de diseño son claras (pendiente y longitud máxima, mínima distancia de mesetas), pero no determinan una sola solución por sí mismas.

### Proceso

En esta optimización se parte de dos inputs principales: los suelos a conectar con la rampa y los estándares a cumplir (pendiente y longitud máxima). Para generar opciones, se varía el número de mesetas, su longitud y la posición de la primera meseta.

Todas las opciones se evalúan según los siguientes criterios:

- Número de mesetas, a minimizar
- Pendiente media, a minimizar
- Porcentaje de rampas que no cumplen la normativa, valor a minimizar

El siguiente diagrama de proceso explica los pasos que sigue la optimización ([link](#)):

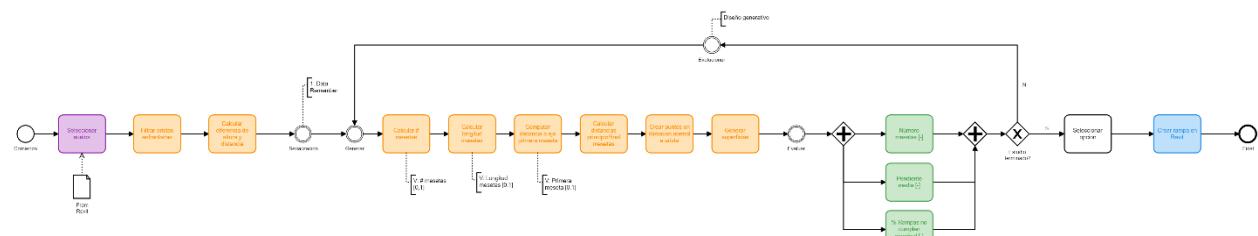


FIGURE 7 – EJEMPLO 1 DIAGRAMA DE PROCESO

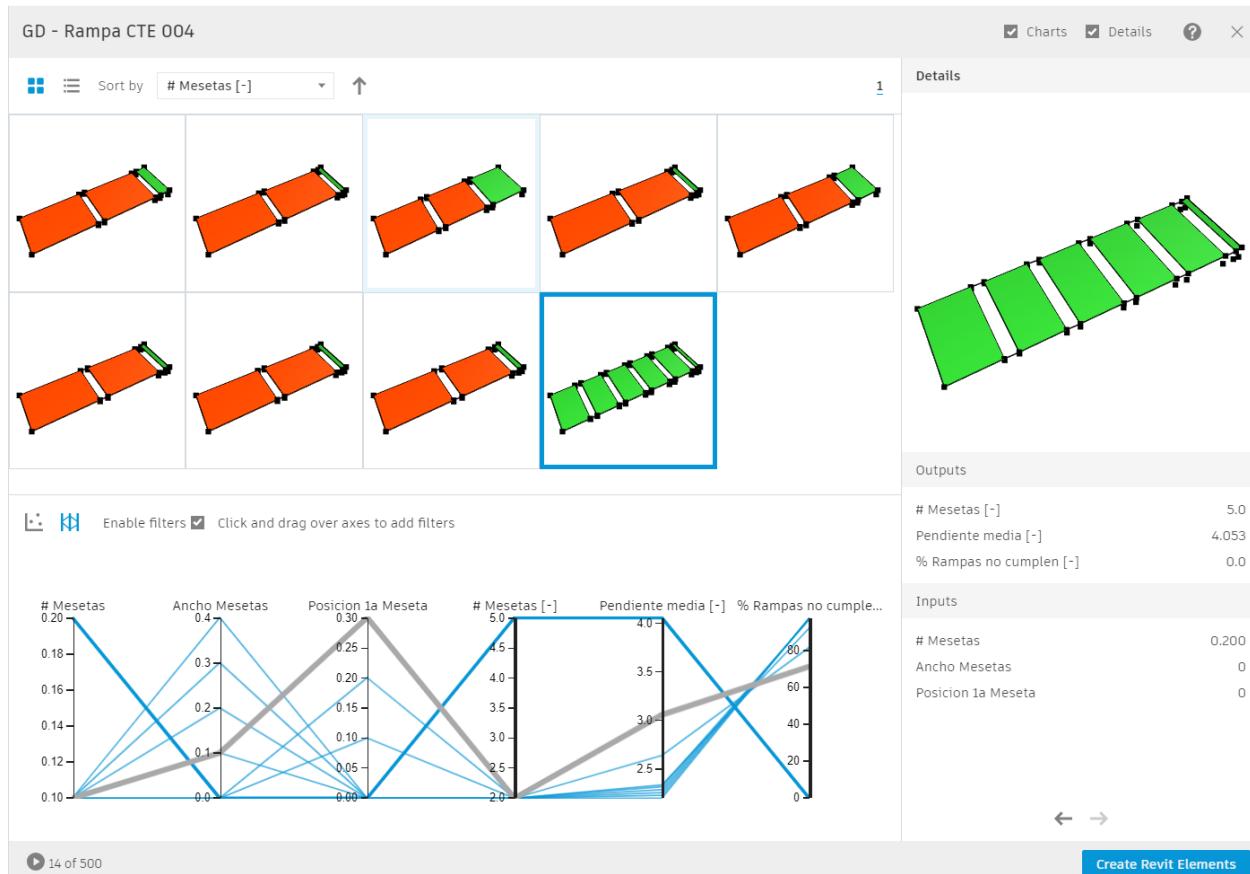


FIGURE 8—EJEMPLO 1 RESULTADOS EN GENERATIVE DESIGN

## Casos similares

Es posible usar una solución similar a la presentada cuando el diseño requiere alternar entre dos opciones o materiales, como por ejemplo:

- Diseño de fachadas (disposición de macizos y vanos)
- Desmonte de terrenos

## Ejemplo 2: Aparca tu coche

### Definición del problema

En este caso tratamos de solucionar un problema de contenedor-contenido. El objetivo es optimizar la posición de un coche dentro de una plaza de aparcamiento tal que la puerta del conductor pueda abrir, el vehículo este dentro de la plaza y no hay colisiones con obstáculos.

Para generar opciones, los datos de entrada son las dimensiones del vehículo, la forma y tamaño de la plaza de aparcamiento seleccionada en el modelo y los límites físicos: obstáculos (muros, columnas, etc.) y las plazas vecinas, si hubiera. También hay un input que introduce una distancia

de seguridad para aumentar la zona de no invasión cerca de los obstáculos, ya que no es realista pensar que el coche pueda ser aparcado justo tocando a los muros o columnas.

En el proceso de generación, se varía el ángulo de apertura de la puerta desde un mínimo de  $30^\circ$  a un máximo de  $90^\circ$ . También es variable el punto de emplazamiento de la geometría del coche, dependiendo de un punto de origen que será elegido de una malla de puntos creada dentro de la superficie de aparcamiento. Esta malla también es variable con diferentes densidades posibles en cada solución. La última variable es la rotación del coche con respecto a las direcciones principales de la plaza.

Todas las opciones se evalúan en los siguientes criterios:

- Intersección con las plazas vecinas, a minimizar
- Choques con obstáculos, a minimizar
- Área dentro de la plaza, a maximizar

## Proceso

El siguiente diagrama ([link](#)) resume todos los pasos en la optimización:

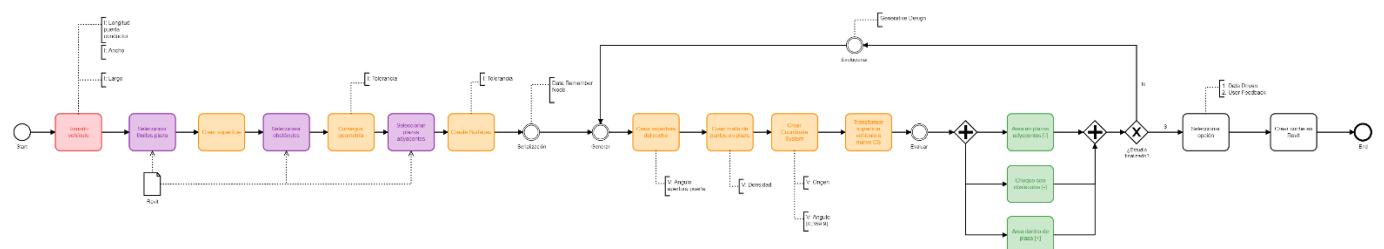


FIGURE 9 - DIAGRAMA DE PROCESO EJEMPLO 2

Con los inputs del tamaño y forma del coche, una superficie es creada en Dynamo. Tras seleccionar las líneas de la plaza de aparcamiento, los obstáculos y las plazas adyacentes del modelo de Revit, se crean superficies para todos estos elementos teniendo en cuenta el offset establecido. Todos los datos extraídos de Revit se almacenan en un nodo Data.Remember.

La generación de opciones comienza creando una malla de puntos en las direcciones principales de la superficie de la plaza de aparcamiento, con una densidad variable. Entonces, la geometría del coche es transformada usando un sistema de coordenadas con origen en uno de los puntos de la malla (también una variable) y rotado un ángulo en relación con las direcciones principales de la plaza.

Las opciones se evalúan entonces según los tres objetivos y se colorea la geometría según estas reglas: verde, para la superficie de vehículo dentro de la plaza; rojo, para la superficie de vehículo colisionando con obstáculos; y, naranja, para el área de coche encima de las plazas vecinas.

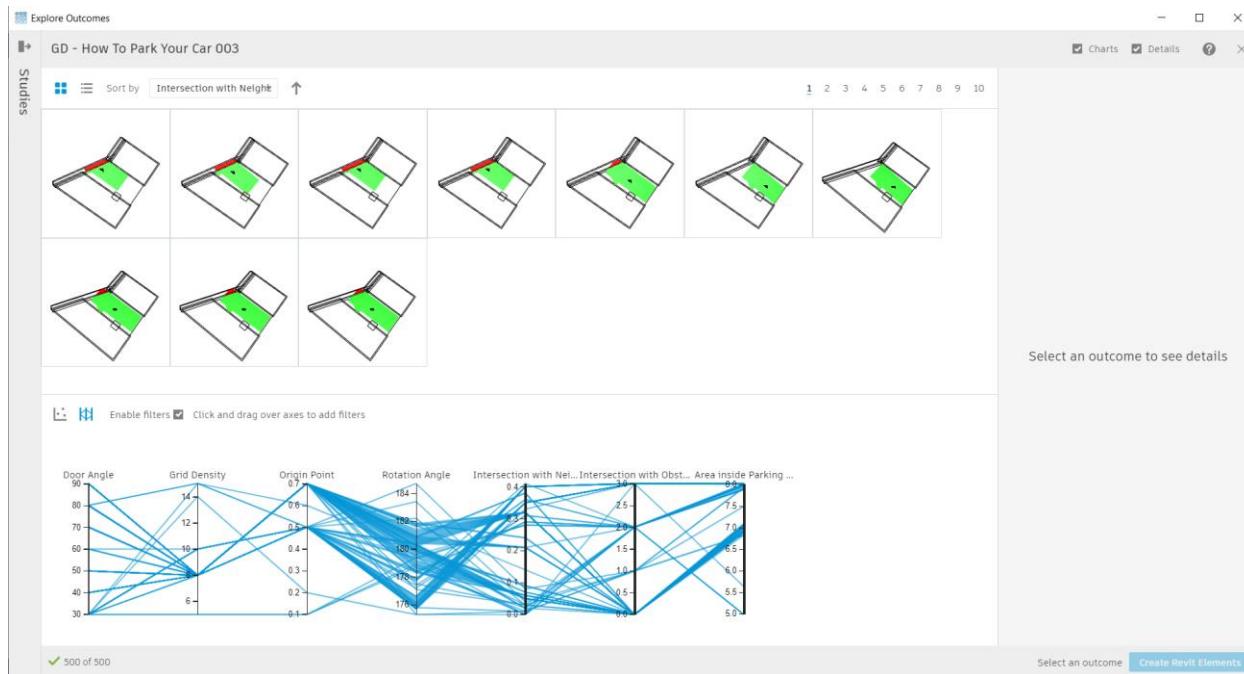


FIGURE 10 – RESULTADOS EN GENERATIVE DESIGN DEL EJEMPLO 2

## Casos similares

El problema en este ejemplo puede resumirse como encajar un elemento dentro de un espacio con ciertos límites. Casos similares son:

- Situar edificio en una parcela
- Plantación de árboles en entornos urbanos

## Ejemplo 3: Colocación de formas

Este ejemplo es un ejercicio para entender que es la creatividad realmente y para subrayar que Generative Design no reemplaza al diseñador, sino totalmente lo contrario: es un asistente que mejora el proceso de búsqueda siguiendo nuestras instrucciones y preferencias.

### Definición del problema

Investigar el uso de Generative Design para encontrar una colocación de cualquier número de formas con cualquier número de lados de tal forma que no hay solape entre ellas y que el resultado es estéticamente bonito mientras que compacto.

### Proceso

Se comienza con algunas familias de Revit y sus geometrías se almacenan en el graph de Dynamo. Para generar una posible solución, cada forma es procesa en secuencia, en un orden que varía para explorar las posibilidades del espacio de diseño.

Para cada forma, un índice variable y un parámetro determinan que lado y punto se usan para orientar la forma y, un segundo parámetro independiente determina donde anclar la siguiente forma en la secuencia.

Para evaluar si una opción es una buena candidata, es posible minimizar los solapamientos. Al principio es esperable encontrar soluciones con multitud de solapes, pero los resultados deben mejorar a lo largo del estudio.

Para obtener un diseño compacto, es posible minimizar el tamaño de la caja delimitadora o bounding box, el perímetro y la ratio entre el perímetro y el área de la configuración.

El proceso de selección se apoya en el uso de la información de los resultados, pero es obvio que el humano tiene la decisión final en relación a cual de las opciones es más bella.

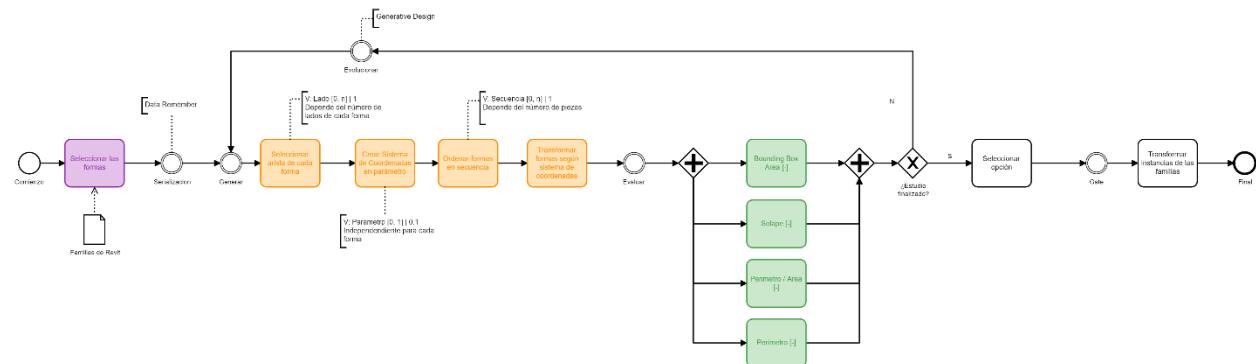


FIGURE 11 – DIAGRAMA DE PROCESO EJEMPLO 3

El diagrama ([link](#)) resume la lógica definida en los párrafos anteriores. Hay una selección de elementos de Revit que se almacenan en dynamo. En la generación, el límite superior de algunas de las variables depende del número de inputs y del número de lados, esto puede requerir cierto nivel de ajuste en la implementación para asegurarse de que es aplicable a cualquier número de inputs y formas. Para rotar las formas, es suficiente con transformar sus geometrías usando sistemas de coordenadas.

Para calcular los valores de los criterios de evaluación más rápidamente, parece buena idea unir todas las figuras transformadas en un único sólido y extraer todas las propiedades para calcular al aptitud de la solución potencial.

Finalmente, la visualización de los componentes durante el estudio es crítica para determinar la opinión del usuario.

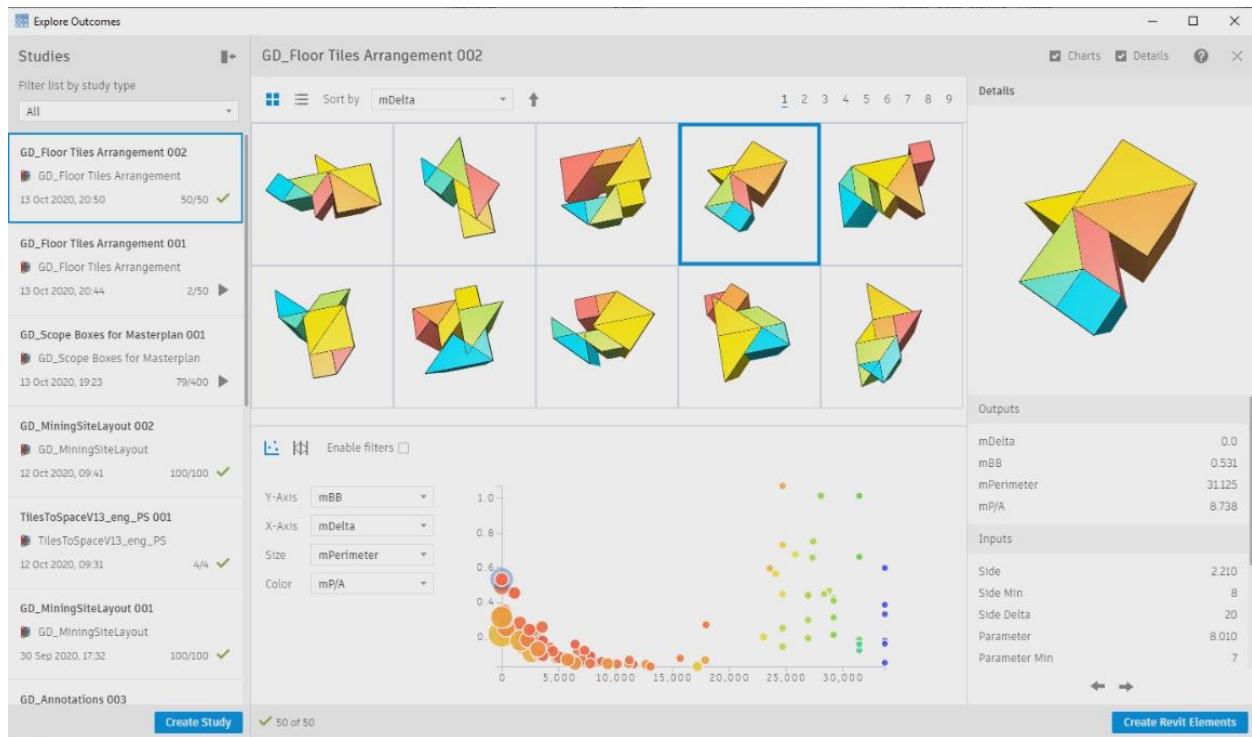


FIGURE 12 – EJEMPLO 3 RESULTADOS EN GENERATIVE DESIGN

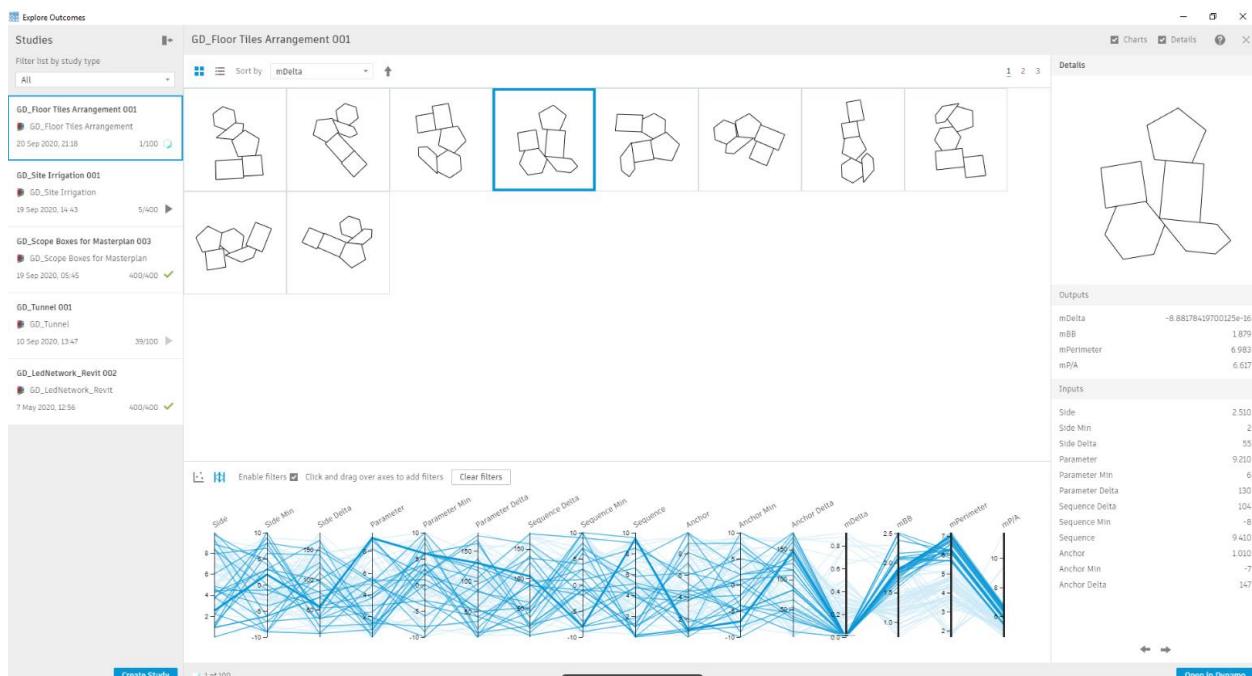


FIGURE 13 – EJEMPLO 3 RESULTADOS EN GENERATIVE DESIGN CON DISTINTAS FORMAS

## Casos similares

El mismo planteamiento que dispone formas unas junta a otras, puede ser aplicado en diferentes escalas de diseño para crear:

- Patrones decorativos
- Planeamiento espacial
- Diseño de obra

## Ejemplo 4: Diseño de Pavimentos

### Definición del problema

La reducción de residuos en obra es una de las prioridades para conseguir una construcción más sostenible. La optimización de pavimentos (su diseño y su disposición) resulta en menor tiempo de colocación y menor material empleado. Incluir la optimización del material en las primeras etapas del diseño incrementa la precisión de los presupuestos.

Los inputs para esta optimización son las dimensiones de la baldosa y los límites para el diseño: tamaño de junta o distancia entre baldosas, el solape entre filas y el tamaño de corte mínimo permitido. También son necesarias la forma y dimensiones del suelo a pavimentar.

La generación de opciones varía el ángulo de las baldosas en relación con las direcciones principales del suelo y también cambia el punto de origen de la primera baldosa. Este origen se refiere al punto a lo largo de la arista que estará en la esquina del suelo.

Todas las opciones se evalúan según los siguientes criterios:

All the options will be evaluated against three objectives:

- Número total de azulejos, valor a minimizar
- Porcentaje de azulejos completos en relación al total, valor a maximizar
- Porcentaje de azulejos cortados a distancia menor de la mínima, valor a minimizar

## Proceso

El diagrama siguiente ([link](#)) muestra todos los pasos de la optimización:

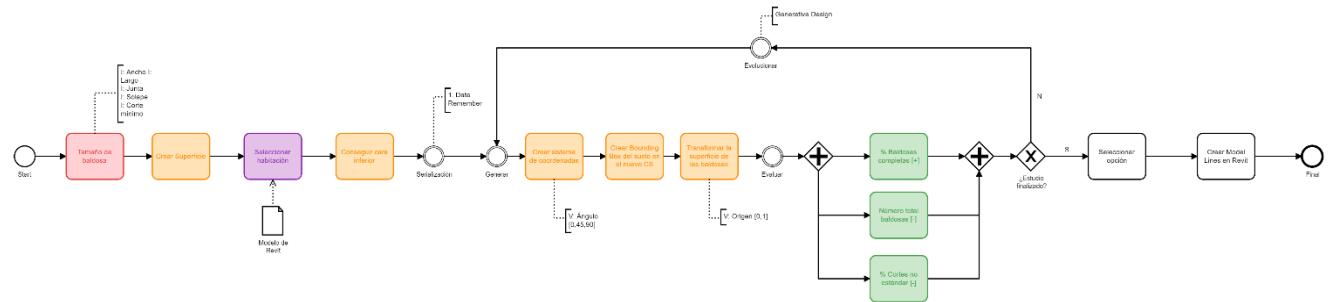


FIGURE 14 – EJEMPLO 4 DIAGRAMA DE PROCESO

Dadas las dimensiones y forma de la baldosa, una superficie es generada en Dynamo. Desde Revit, se selecciona la habitación y sus caras son extraídas en Dynamo para encontrar la superficie de suelo. Toda la información de Revit se almacena en un nodo Data.Remember.

La generación de opciones comienza creando un Sistema de Coordenadas en el origen del suelo con un ángulo variable. Este ángulo solo puede tomar valores entre 0 y 90 grados en incrementos de 15º ya que no es realista solar un pavimento con otros ángulos.

En el siguiente paso, se calcula la bounding box para la superficie de suelo en el nuevo sistema de coordenadas. De esta manera nos aseguramos que toda la superficie se rellene con azulejos sea cual sea su forma.

Después, se crea un nuevo sistema de coordenadas paralelo al creado anteriormente pero con origen en el punto mínimo de la bounding box (valores mínimos de X e Y. Luego la superficie del azulejo es transformada usando este sistema de coordenadas.

Finalmente, la lógica de Dynamo crea la malla de pavimento teniendo en cuenta el tamaño de junta, el solape y el punto de origen de la primera baldosa.

Las opciones se evalúan según los tres criterios y se visualizan con un código de color: verde para los azulejos completos, naranja para los cortados y rojos para aquellos con cortes inferiores al mínimo corte viable.

Cuando se selecciona una opción y se crean elementos en Revit, líneas de modelo se crearán siguiente el patrón del pavimento.

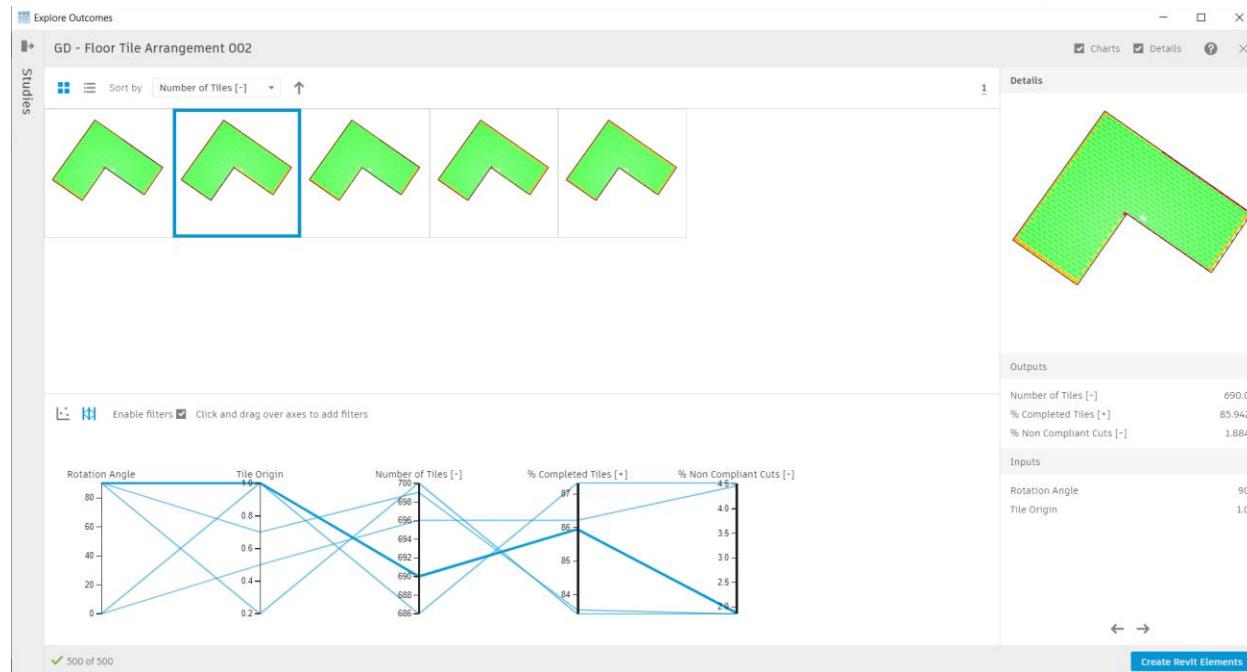


FIGURE 15 - EJEMPLO 4 RESULTADOS EN GENERATIVE DESIGN EN REVIT

## Casos similares

Este ejemplo puede ser resumido como un problema de empaquetamiento: llenar una superficie con elementos dadas ciertas condiciones entre ellos.

Aplicaciones similares son:

- Paneles de fachada
- Diseño de almacenes y archivos
- Planeamiento de oficinas abiertas y clases
- Disposición de instalaciones

En los dos últimos casos similares, el número de elementos será un objetivo a maximizar en vez de minimizar como en el ejemplo explicado.

## Ejemplo 5: Diseño de Baños

### Definición del problema

Los elementos de baños y aseos tienen requisitos claros de espacio y área de uso, así como reglas de colocación en relación con otros elementos de fontanería. Sin embargo, no hay una solución única así que ordenador y diseñador deben colaborar para encontrar la mejor solución para cada situación

Los inputs para esta optimización son el tipo y tamaño de los elementos del cuarto de baño y el área de uso necesaria alrededor de ellos que, idealmente, debería estar libre de obstáculos. También, son necesarias la geometría de la habitación y otras condiciones como ventanas, puertas o radiadores.

Para generar opciones el algoritmo varía el valor de la permutación de los elementos, o lo que es igual, el orden de los mismo a lo largo de las paredes. Las otras variables son el punto de origen o insercción del WC y un set de coeficientes que controlan la distancia entre los elementos.

Las opciones se evalúan según los siguientes criterios:

- Porcentaje de área de elementos fuera del espacio [-]
- Colisión de elementos [-]
- Porcentaje área de uso libre [+]
- Porcentaje área de uso fuera del espacio [-]
- Distancia del WC a la bajante [-]
- Líneas perimetrales <200mm [-]

### Proceso

Este ejemplo sigue el siguiente diagrama de procesos ([link](#)):

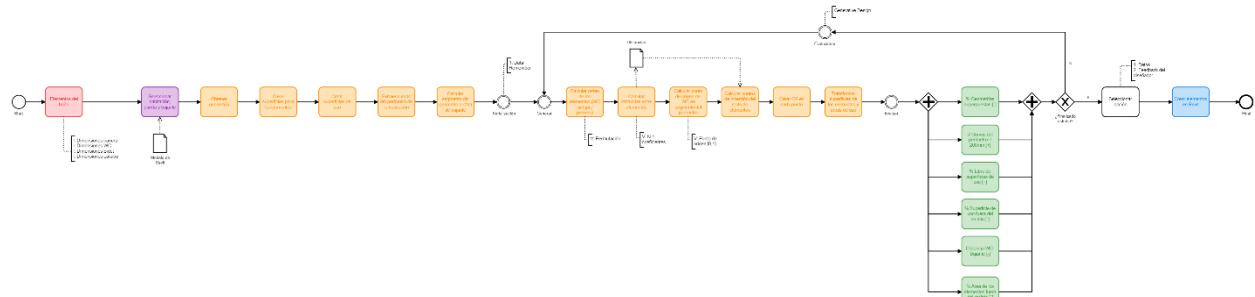


FIGURE 16 – EJEMPLO 6 DIAGRAMA DE PROCESO

Tras introducir los tamaños de los elementos, sus áreas de uso y sus nombre en un diccionario, se crean superficies representando cada uno de los elementos y su área de uso. Del modelo de Revit, se selecciona la habitación, puerta y bajante, y su geometría se almacena en un nodo Data.Remeber. Las curvas perimetrales de la habitación, restando el hueco de la puerta, se calculan y se localiza el segmento de estas curvas que esta a distancia menor de un metro de la bajante.

En el siguiente paso, los puntos de inserción de los demás elementos se calculan y se crean sistemas de coordenadas en cada uno de los puntos. En el ultimo paso de la creación de opciones, se transforman los elementos y sus áreas de uso asociadas usando los sistemas de coordenadas creados en el punto anterior.

Los resultados se muestran con un código de colores para facilitar su comparación:

- Rojo para los elementos que colisionan con otros elementos
  - Amarillo para las zonas de las áreas de uso que están ocupadas por elementos
  - Naranja para el área de elementos fuera del perímetro de la habitación

Después de seleccionar la mejor opción dados los datos y la experiencia del diseñador, se puede programar la creación de los elementos en Revit.

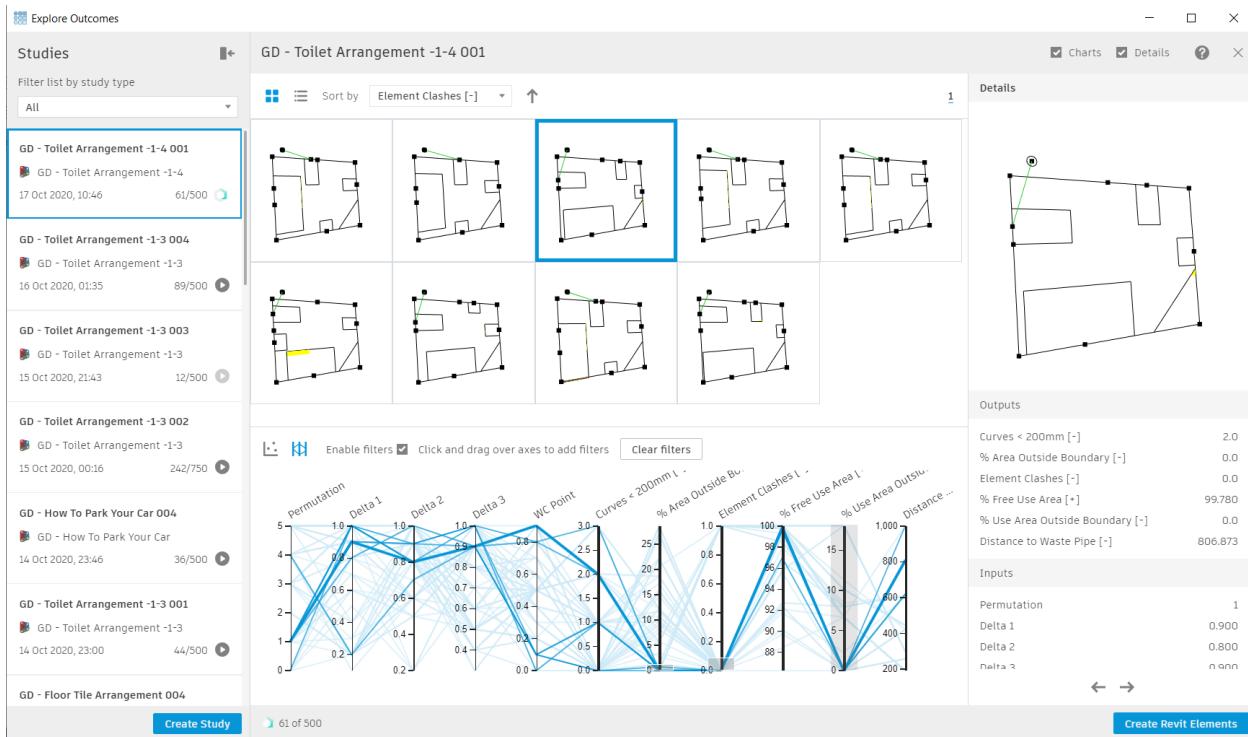


FIGURE 17 - EJEMPLO 5 RESULTADOS EN GENERATIVE DESIGN

## Casos similares

Aplicaciones similares son aquellas en las que se requiere disponer elementos en un espacio dadas ciertas reglas de colocación y relación entre los mismos:

- Diseño de interiores
- Planificación de almacenes
- Planos de plantación
- Planificación de obra
- Diseño de factorías y fábricas

## Ejemplo 6: Cajas de Referencia para Masterplan

Esta es una tarea bastante común para cualquier proyecto de cierto tamaño que requiere la subdivisión del área de proyecto en regiones con propósito de creación de la documentación. En Revit esto se realiza mediante el uso de Scope Boxes o Cajas de Referencia.

### Definición del problema

El problema es el siguiente: Encontrar la orientación y distribución de Scope Boxes que cubren un área de proyecto con las dimensiones máximas compatibles con el cajetín y la escala, minimizando las áreas fuera de la zona de proyecto y el número total de planos.

El objetivo es encontrar una opción equilibrada que puede beneficiar a la organización del proyecto durante toda su vida útil. Generative design provee las herramientas de análisis que pueden mejorar nuestra confianza en el proceso de toma de decisiones, ya que la solución tomada no solo será la correcta pero que también será la mejor dentro de las posibles.

## Proceso

Los inputs para este ejercicio son el límite o perímetro del proyecto, la escala de los planos y el área disponible para impresión del cajetín de los planos. Se asume que es preferible tener planos todos iguales y el uso de tamaños estándar. También se ha considerado la posibilidad de añadir un solape entre los planos para dar espacio para líneas de referencia y anotaciones en las vistas. Las variables son el ángulo de rotación para distribuir las cajas de referencia y un par de parámetros si/no que sirven para comprar si, relajando las restricciones de alto y ancho, las cajas están aún dentro de los límites de impresión del cajetín.

Los objetivos son cubrir el área de proyecto completamente mientras que se minimiza el número de planos o cajas de referencia requeridas, minimizando el área externa al proyecto incluída en los planos y tratando de que las dimensiones de las cajas de referencia se mantengan dentro de los máximos.

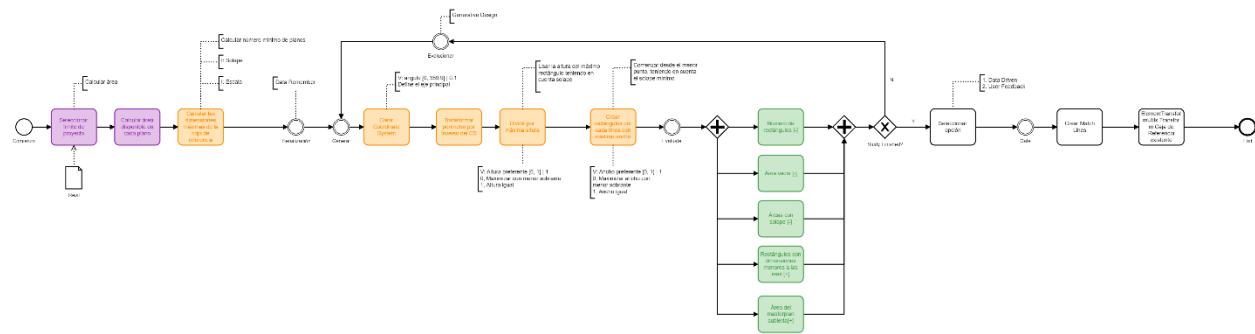


FIGURE 18 – EJEMPLO 6 DIAGRAMA DE PROCESO

El diagrama ([link](#)) explica los inputs que derivan del modelo de Revit: el límite de proyecto así como las dimensiones máximas permitidas por el cajetín. El diseñador puede especificar las preferencias para la escala y el solape como inputs fijos: estos afectan al cálculo del mínimo número teórico de planos requeridos para cubrir todo el área de proyecto.

Estos datos se almacenan en el archivo de Dynamo ya que no cambian durante el estudio de Generative Design. La primera variable es el ángulo que determina la orientación de un sistema de coordenadas usado para transformar todas las geometrías y simplificar los cálculos. Las variables si/no para altura y ancho puede simularse con dos “sliders” con valores entre cero y uno. Estos valores repercutirán directamente en el número de cajas de referencia así como a sus dimensiones.

Para evaluar la subdivisión se cuenta el número de rectángulos, maximizando el área cubierta de proyecto y minimizando el área fuera de él que hay en cada rectángulo. Para la visualización, los rectángulos que superan las dimensiones máximas se mostrarán en rojo, en verde en el resto de situaciones.

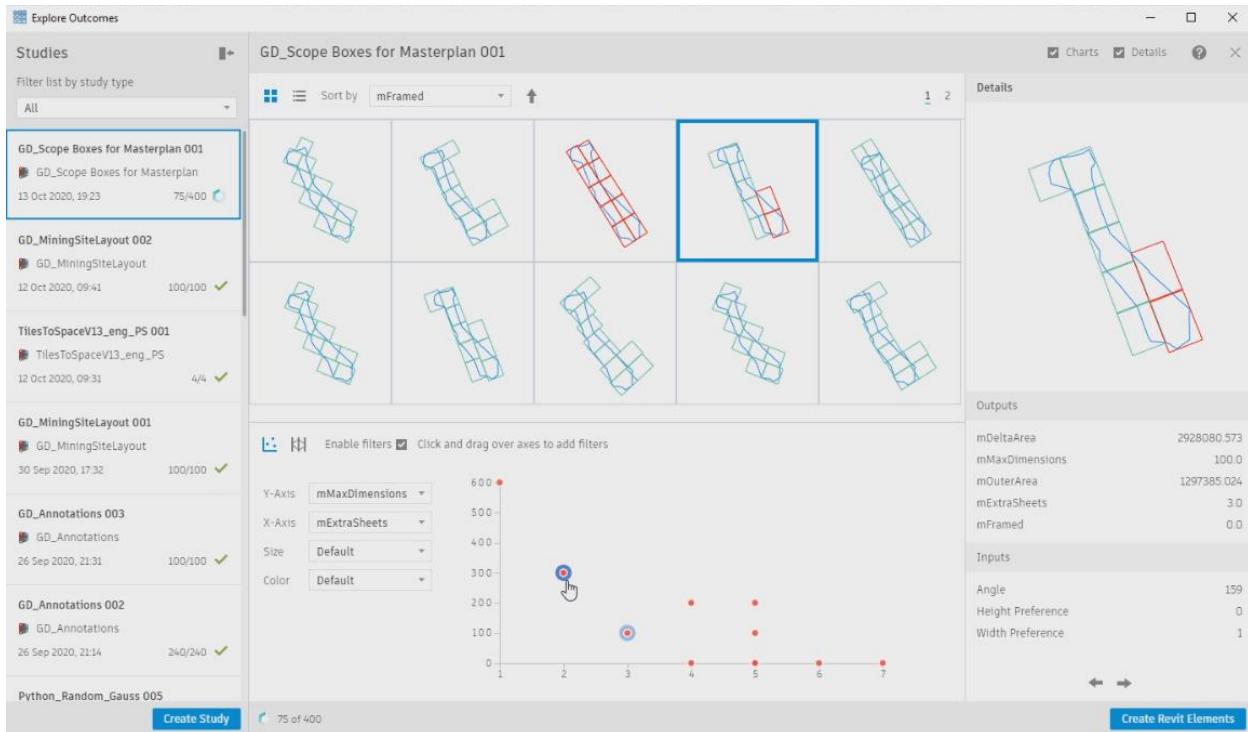


FIGURE 19 – EJEMPLO 6 RESULTADOS EN GENERATIVE DESIGN

## Casos similares

Ejemplos similares:

- Parcelación de terrenos
- Diseño de fachadas

## Consejos y Trucos

En esta última sección presentamos trucos y consejos aprendidos trabajando con Generative Design en Revit.

### Inputs

- Sólo inputs que seleccionen elementos del modelo pueden ser cambiados cuando se crea un estudio con GD

### Variables

- Limita los valores posibles para obtener resultados significativos (repite los estudios cuando sea necesario)
- Usa valores normalizados (ej. 0-1)

### Mediciones y Objetivos

- Incluye en el nombre del nodo si debe ser maximizado/minimizado
- Usa valores normales (% o 0-1) para que el estudio sea válido para diferentes problemas y que los resultados sean fáciles de comparar
- Algunos usuarios combinan todos los objetivos en un único valor

## Ajustes del estudio

- Equilibra el tamaño de población y el número de generaciones
- El valor de *Seed* sólo se utiliza para generar los valores de la primera generación, se puede dejar el valor por defecto

## Graph

- Agrupa y colorea nodos para explicar el proceso
- Identifica claramente las partes usadas para Inputs, Variables, Objetivos y Visualización

## Documentación y colaboración

- Para colaborar en un estudio, comparte el archivo DYN y la carpeta “Dependencies” creadas en la carpeta AEC Generative Design en tus Documentos
- Es muy recomendable incluir un vídeo, diagrama de proceso e instrucciones

## Recursos para seguir aprendiendo

- [Generative Design Primer](#)
- Autodesk University classes
- [Dynamo Forum](#)
- [Dynamo Blog](#)
- [Revit 2021 Product Help](#)
- [Revit Release Notes](#)