



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



TRABAJO FIN DE GRADO

INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE  
PRODUCTOS

---

**ANÁLISIS DEL DISEÑO ESTÉTICO DESDE  
UN ENFOQUE GENERATIVO.  
APLICACIÓN AL DISEÑO CONCEPTUAL  
DE UNA CAFETERA.**

---

AUTORA: MILAGROS DÍAZ FERNÁNDEZ  
TUTOR: JORGE ALCAIDE MARZAL  
COTUTOR: JOSÉ ANTONIO DIEGO-MAS

Curso académico 2017-18



## **Agradecimientos**

Qué mejor manera de comenzar este trabajo que mencionando a esas personas que han hecho posible que pueda realizarlo y que esté en este punto de mi vida finalizando esta gran etapa que culmina cuatro años después.

Comenzar por mi tutor, Jorge Alcaide, que me ha ofrecido la oportunidad de adentrarme en el mundo del diseño generativo, pequeño pero lleno de grandes posibilidades en el sector del diseño industrial.

Mis padres, la pareja que ha realizado todo esfuerzo para que ahora pueda decir que soy ingeniera. Gracias por estar día sí y día también para apoyarme en toda decisión, educándome de la mejor manera, ayudándome en todos los aspectos. Gracias por haberme hecho crecer de esta manera.

Gracias a mi hermano Fran, mi mayor ejemplo a seguir, por todo, pero en especial por enseñarme a vivir, llenarme de alegría y saber hacerme reír.

Ellas, mis amigas, ese apoyo diario, por la sororidad, las tardes de biblioteca para ayudarnos y motivarnos.

Sergio, gracias por tu paciencia, aguantarme tantos llantos y agobios este último año, consigues que todo sea más fácil.

No olvidarme de las escuelas por las que he pasado. Primero la EPSA (Alcoy), donde pasé los dos primeros años de carrera y pude conocer a muchísima gente a la que, a día de hoy, le debo mucho, gracias por seguir conmigo. Y gracias a la UPV por acogerme y enseñarme la profesión de diseñadora en la que espero poder ser una experta algún día.

## **Resumen**

El presente proyecto consiste en desarrollar un sistema que genere diferentes diseños de una cafetera utilizando como herramienta el diseño generativo. Se explica en qué consiste este tipo de diseño así como algunas de sus áreas de aplicación. Tras un estudio de mercado de las cafeteras y una división en diferentes grupos según sus geometrías, se analizarán las formas de cuatro partes principales en que se dividen las cafeteras. Para la realización del sistema o programa se utilizará Grasshopper y existirá un generador para cada una de las partes, de este modo cada una producirá diferentes formas y geometrías. Las cuatro se complementarán, obteniendo así una multitud de conceptos distintos y un sistema que permitirá en un futuro crear de una forma más rápida nuevos diseños de cafeteras.

**Palabras clave:** diseño, generativo, conceptual, cafetera, Grasshopper.

## **Resum**

El present projecte consisteix a desenvolupar un sistema que genere diferents dissenys d'una cafetera utilitzant com a ferramenta el disseny generatiu. S'explica tant de què es tracta aquest tipus de disseny com algunes de les seues àrees d'aplicació. Després d'un estudi de mercat de les cafeteres i de dividir aquestes en diferents grups segons les seues geometries, s'analitzen les formes de les quatre parts principals en què es divideixen les cafeteres. Per realitzar el sistema o programa s'empra Grasshopper i existirà un generador per a cadascuna de les parts, d'aquesta manera, cadascun produirà diferents formes i geometries. Les quatre es complementaran entre elles, obtenint així una multitud de conceptes diferents i un sistema que permetrà en el futur crear d'una manera ràpida nous dissenys de cafeteres.

**Paraules clau:** disseny, generatiu, conceptual, cafetera, Grasshopper.

## **Abstract**

The present project consists in the development of a system that generates different designs of a coffee machine using generative design as a tool. It explains what this specific type of design consists of as well as some of its areas of utilization. After a market study of coffee makers and a division into different groups according to their geometries, the four main parts in which the coffee makers are divided will be analyzed. For the execution of the system or program Grasshopper will be used and there will be a generator for each of the parts, in this way each one will produce different shapes and geometries. All four will be complemented, thus obtaining a multitude of different concepts and a system that will allow in a future to create new coffee machine designs in a faster.

**Keywords:** design, generative, conceptual, coffee machine, Grasshopper.

## Índice

<b>Agradecimientos</b> .....	3
<b>Resumen</b> .....	4
<b>Índice de gráficos</b> .....	6
<b>Índice de ilustraciones</b> .....	6
<b>Índice de tablas</b> .....	7
<b>1. OBJETO DEL PROYECTO</b> .....	9
<b>2. DISEÑO GENERATIVO</b> .....	10
2.1. Aplicaciones del diseño generativo en diferentes sectores .....	13
2.1.1. Arte .....	13
2.1.2. Arquitectura .....	14
2.1.3. Diseño gráfico .....	14
2.1.4. Literatura .....	15
2.1.5. Moda .....	15
2.1.6. Producto .....	16
2.2. Software utilizado .....	18
<b>3. ESTUDIO DE MERCADO: ANÁLISIS DE FORMAS</b> .....	19
<b>4. GENERADOR DE CONCEPTOS</b> .....	25
4.1. Programa y componentes.....	27
4.1.1. Cuerpo .....	27
4.1.2. Depósito de agua.....	29
4.1.3. Surtidor de café .....	31
4.2.4. Base de goteo .....	33

4.1.5. Unión cuerpo y depósito .....	35
4.2. Puesta en práctica de los generadores.....	36
5. OBSERVACIONES Y FUTURAS MEJORAS.....	41
6. BIBLIOGRAFÍA.....	42
7. ANEXOS.....	44

## **Índice de gráficos**

Gráfico 1 Proceso clásico de diseño .....	11
Gráfico 2 Proceso de diseño generativo 1 .....	11
Gráfico 3 Proceso de diseño generativo 2 .....	12

## **Índice de ilustraciones**

Ilustración 1. Obras de Jean-Pierre Hébert .....	13
Ilustración 2. Obras de Philip Galanter.....	13
Ilustración 3. Metropol Parasol y Rest Stops Gori de Jürgen Mayer .....	14
Ilustración 4. Identidad visual de la Escuela Politécnica Federal de Lausana.....	14
Ilustración 5. Identidad visual de la Metrópoli de Burdeos .....	14
Ilustración 6. Ejemplo de técnica cut-up.....	15
Ilustración 7. Proyecto Neuroknitting de Knitic .....	15
Ilustración 8. Zapatilas de Under Armour Architech .....	16
Ilustración 9. The Elbo Chair de Arthur Harsvanakit y Brittany Prestn .....	16
Ilustración 10. Joyería “Sistema nervioso” .....	17
Ilustración 11. Logos Rhinoceros y Grasshopper .....	18

Ilustración 12. Estudio de mercado y formas.....	19
Ilustración 13 Ejemplo adaptación Box Morph .....	25
Ilustración 14 Generador geometrías .....	25
Ilustración 15 <i>Remote receivers</i> .....	25
Ilustración 16 Distintas <i>Box Morph</i> de la cafetera .....	26
Ilustración 17 Box Morph añadido .....	26
Ilustración 18 Coordenadas de puntos .....	36
Ilustración 19 Visualización de las cafeteras de Grasshopper .....	37
Ilustración 20 Conceptos 1-3.....	37
Ilustración 21 Conceptos 4-6.....	38
Ilustración 22 Conceptos 7-9.....	38
Ilustración 23 Conceptos 10-12.....	38
Ilustración 24 Conceptos 13-15.....	39
Ilustración 25 Conceptos 16-18.....	39
Ilustración 26 Conceptos 19-21.....	39
Ilustración 27 Conceptos 22-30 en artística y tinta.....	40

## **Índice de tablas**

Tabla 1 Análisis de formas.....	21
---------------------------------	----





## **1. OBJETO DEL PROYECTO**

El presente trabajo final de grado trata sobre la investigación del diseño estético desde un enfoque generativo como instrumento de ayuda en la fase del diseño conceptual de una cafetera eléctrica.

Se estudiarán las cafeteras que hay actualmente en el mercado y las diferentes partes que las componen, así como las geometrías de las mismas para después aplicarlas a dicha investigación.

De este modo se crean unas restricciones de las que se generarán distintas soluciones y conceptos mediante la utilización de algoritmos generativos.

## 2. DISEÑO GENERATIVO

El diseño generativo es un proceso de búsqueda de formas que puede imitar el enfoque evolutivo de la naturaleza para el diseño. Comienza con objetivos de diseño y más tarde explora múltiples posibles permutaciones de una solución para encontrar cantidad de opciones e incluso la mejor.

El software de diseño generativo puede analizar un inmenso abanico de opciones de diseño, probar configuraciones y aprender de cada iteración qué funciona y qué no. El proceso permitirá producir nuevas opciones para llegar a un diseño eficaz de la cafetera.

La mayoría del diseño generativo se basa en el modelado algorítmico y paramétrico. Es un método rápido de explorar las posibilidades de diseño que se utilizará, en este caso, para el diseño conceptual de una cafetera.

Muchos arquitectos, diseñadores e ingenieros, han definido el diseño generativo de diversas maneras:

Sivam Krish, desarrollador de métodos de aprendizaje con experiencias globales en investigación en diversas disciplinas de diseño, ingeniería y tecnología, lo definió en 2013 como *“the transformation of computational energy into creative exploration energy empowering human designers to explore greater number of design possibilities within modifiable constraints”* [la transformación de la energía computacional en energía de exploración creativa, capacitando a diseñadores humanos para explorar un mayor número de posibilidades de diseño dentro de restricciones modificables].

La definición de Celestino Soddu, arquitecto y profesor de diseño generativo en la Universidad Politécnica de Milán (Italia), fue *“generative design approach works in imitation of Nature, performing ideas as codes, able to generate endless variations”* [el enfoque del diseño generativo trabaja en la imitación de la naturaleza, llevando a cabo ideas como códigos, capaces de generar infinitas variaciones].

Lars Hesselgren, director de investigación en PLP Architecture, investigador y académico líder en arquitectura y urbanismos, define el término de otro modo: *“Generative design is not about designing the building – it’s about designing the system that builds a building”* [Diseño generativo no es diseñar un edificio, es diseñar el sistema que diseñe un edificio].

Esta última cita podría ser aplicable al siguiente trabajo y se transcribiría como “Diseño generativo no es diseñar una cafetera, es diseñar el sistema que diseñe una cafetera”.

Los métodos generativos tienen sus raíces profundas en el modelado dinámico del sistema y son, por naturaleza, procesos repetitivos donde la solución se desarrolla durante varias iteraciones de operaciones de diseño.

En la Campus Party de Berlín 2012, el estudio de diseño generativo Onformative afirma que el diseño generativo es un método, y comienza una de sus ponencias definiendo el proceso clásico de diseño y dividiéndolo en varios pasos:

El diseñador tiene una idea y, con ella, pretende llegar a una solución, cuando la obtiene, la valora y decide si es lo que esperaba o no. Si no se está conforme con la solución, el diseñador cambia aquello de la solución existente que no se ajusta a la idea y crea una nueva solución. Este proceso se repite hasta alcanzar el resultado deseado.

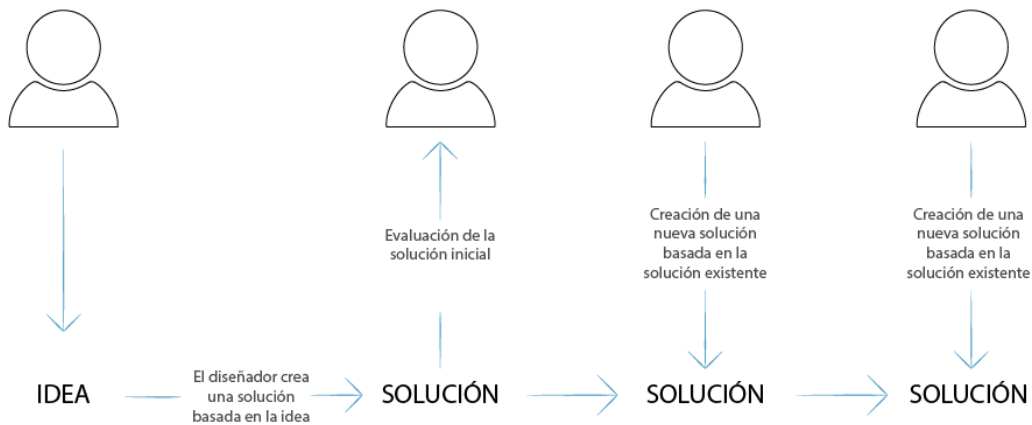


Gráfico 1 Proceso clásico de diseño

El proceso del diseño generativo varía en algunos aspectos con respecto al proceso clásico de diseño. El diseñador tiene una idea y piensa cómo puede traducirla en un conjunto de reglas o algoritmos. A continuación, y a partir de ese conjunto de reglas, crea un código que dará forma a la idea, obteniendo una solución.



Gráfico 2 Proceso de diseño generativo 1

Lo que diferencia este proceso del anterior es que se obtiene una solución modificable que evita que el diseñador tenga que volver a la idea inicial para generar de nuevo una solución. De este modo basta con modificar algoritmos, o bien volver al código y cambiar diferentes parámetros para poder generar nuevas soluciones.

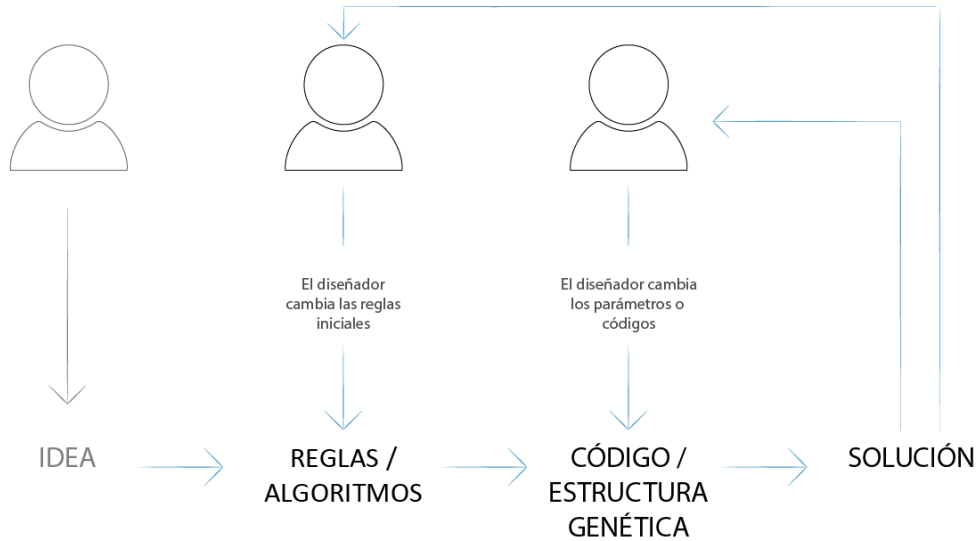


Gráfico 3 Proceso de diseño generativo 2

Como conclusión, se podría decir que, en muchas ocasiones, en muchos proyectos de producto se muestra el resultado final del proceso de diseño, pero no el proceso realizado hasta llegar al modelado final, lo que impide su automatización. Como consecuencia de este proceso lineal, cada modificación conlleva una reconstrucción de la representación.

Sin embargo, esta representación paramétrica incluye una descripción del proceso de modelado, por lo que no es necesaria una reconstrucción de la representación con cada modificación. Gracias a esta característica, la representación paramétrica permite la creación de diversos diseños adaptables a diferentes situaciones y demandas.

El diseño paramétrico permite integrar la fabricación digital directamente al diseño. Nace a partir de aplicaciones y modelos digitales, en las cuales se incluyen simulaciones físicas y visualizaciones 3D, con la finalidad de pasar un modelo digital a un modelo físico, mejorando sus procesos de construcción, fabricación y experimentación de materiales, integrando todo lo necesario para su correcta ejecución.

El diseño paramétrico se puede definir como una herramienta para optimizar procesos. Las áreas en las que se aplica esta herramienta suelen ser: urbanismo, arquitectura, diseño de interiores, **diseño industrial**, fabricación digital y optimización de recursos, aunque también se aplican en otros sectores que se ven a continuación.

## 2.1. Aplicaciones del diseño generativo en diferentes sectores

Ya que se trata de una herramienta para optimizar procesos, se puede utilizar en diferentes áreas, algunas de ellas son las siguientes:

### 2.1.1. Arte

Este tipo de arte es utilizado por artistas como Jean-Pierre Hébert, Philip Galanter y Roman Verostko. En este caso se busca obtener obras de arte, conocido también como arte generativo, y permite conseguir imágenes que se obtienen a partir de algoritmos. Por lo general, el programa generado solo se ejecuta una vez para crear cada obra.

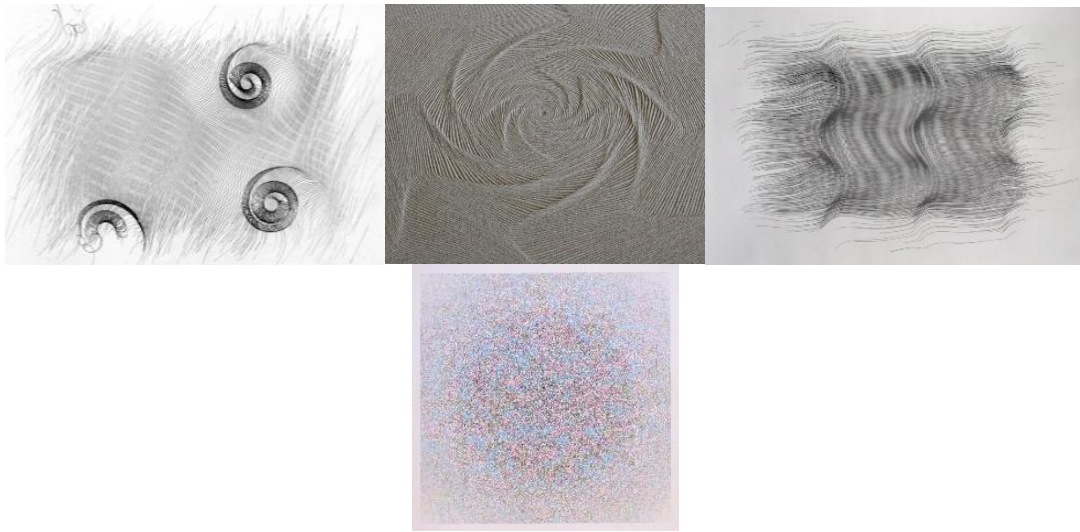


Ilustración 1. Obras de Jean-Pierre Hébert

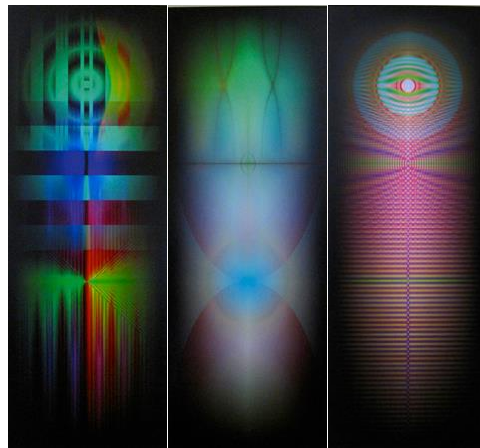


Ilustración 2. Obras de Philip Galanter

### 2.1.2. Arquitectura

Dentro de este campo se utiliza para el diseño de espacios exteriores, interiores y cubiertas. Actualmente hay muchos arquitectos que utilizan el diseño generativo, algunos de ellos son Thomas Heatherwick, Zaha Hadid, Jürgen Mayer y Massimiliano Fuksas.



Ilustración 3. Metropol Parasol y Rest Stops Gori de Jürgen Mayer

### 2.1.3. Diseño gráfico

En esta actividad creativa se utiliza el diseño generativo sobretodo en la composición de logotipos.

Una escuela politécnica suiza crea una nueva identidad visual mediante el diseño generativo. Se toman como referencia las interconexiones que se dan entre las facultades del campus y reflejo del dinamismo.



Ilustración 4. Identidad visual de la Escuela Politécnica Federal de Lausana

En el siguiente caso se ha representado cada ciudad que forma la Metrópoli de Burdeos mediante puntos negros y situados donde realmente est n en el mapa. Los puntos se unen por rectas de diferentes colores originando una estrella cuyo centro varía según el municipio presentado. De este modo existe un logotipo "vivo" que permite a cada ciudadano ubicar su lugar de vida.



Ilustración 5. Identidad visual de la Metrópoli de Burdeos

#### 2.1.4. Literatura

En esta área no se trabaja con ningún tipo de software ni ordenador, pero se puede reconocer como diseño generativo ya que aporta diferentes significados a partir de fragmentos, creando diversos textos, con la técnica “cut-up”.



Ilustración 6. Ejemplo de técnica cut-up

#### 2.1.5. Moda

Knitic es un colectivo con un proyecto en marcha de código abierto que controla máquinas de coser eléctricas a través de Arduino. Knitic es como una especie de cerebro de las máquinas de coser Brother que permite a los usuarios crear cualquier patrón y modificarlo sobre la marcha.

Su proyecto más importante, Neuroknitting, en el que se crea un diseño mediante el registro de las emociones y actividades cerebrales mientras se escucha música creando bufandas totalmente diferentes en color y patrón.



Ilustración 7. Proyecto Neuroknitting de Knitic



En este sector hay otro proyecto que comenzó con la raíz de un árbol y una arquitectura que desencadenó un proceso creativo y la necesidad de resolver un problema.

Estas estructuras fueron la inspiración para Under Armour Architech que recientemente lanzaron el primer zapato de entrenamiento que usa una entresuela de celosía impresa en 3D. Usan un software de diseño generativo para conseguir que este zapato destaque.



Ilustración 8. Zapatillas de Under Armour Architech

#### 2.1.6. Producto

ELBO CHAIR es un mueble inusual, no por su aspecto, aunque las patas, el respaldo y los reposabrazos tienen un extraño parecido con los huesos, sino por cómo llegó a ser. Arthur Harsvanakit y Brittany Prestn, del laboratorio de diseño generativo de Autodesk, crearon la silla, pero no la diseñaron. Quisieron que la silla tuviese diversos factores que el programa más tarde tendría en cuenta a la hora de crear los cientos de diseños.

Harsvanakit llama al Elbo una colaboración entre humanos y máquinas.



Ilustración 9. The Elbo Chair de Arthur Harsvanakit y Brittany Prestn



El diseño generativo también se está aplicando en el sector joyero. De este modo se obtienen diversos diseños así como la posibilidad de variar la talla, por ejemplo, de los anillos.



Ilustración 10. Joyería “Sistema nervioso”

## 2.2. Software utilizado

Para la realización del programa que finalmente diseñe de forma generativa las cafeteras, se utilizará un plug-in, Grasshopper 3D, que corre dentro del software CAD Rhinoceros 3D.



Ilustración 11. Logos Rhinoceros y Grasshopper

Rhinoceros es una herramienta de software de diseño asistido por ordenador para modelado en 3D basado en curvas NURBS. Se decide usar este programa debido a varias ventajas, es de código abierto, tiene compatibilidad con diversos programas, formas orgánicas, producción digital, es versátil y fácil de usar, así como la posibilidad de usar el plug-in Grasshopper.

Grasshopper es un lenguaje de programación visual desarrollado por David Rutten que permite crear algoritmos para obtener geometrías paramétricas que, en algunos casos, son imposibles de crear con otras aplicaciones CAD. Permite diseñar de forma paramétrica a partir de la combinación de geometrías y parámetros. Los programas son creados arrastrando componentes en el área de trabajo, los cuales tienen entradas y salidas. Es utilizado principalmente para programar algoritmos generativos.

La principal interfaz para el diseño de algoritmos es el editor basado en nudos. La información va de componente en componente por medio de cables que conectan salidas con entradas. La información es almacenada en parámetros, pueden estar conectados o no a otros componentes.

### 3. ESTUDIO DE MERCADO: ANÁLISIS DE FORMAS

Ya que el proyecto trata sobre el diseño conceptual de una cafetera eléctrica, se ha realizado un previo estudio de este mercado.

Las principales marcas que se encuentran en el mercado son Tassimo, cuyo fabricante es Bosch, y Nescafé y Nespresso, siendo sus fabricantes, De'longhi y Krups.

Para hacer un mejor análisis de los productos y sus distintas formas, se han distinguido en diferentes grupos, de modo que en cada uno de ellos habrá cafeteras con similitudes en cuanto a sus geometrías.

La división consiste en dos grupos principales: grupo 1, cafeteras cercadas por el color azul, y grupo 2, por el color lila. La casualidad, que cada uno de los subgrupos está compuesto por las cafeteras de cada una de las marcas, salvo el grupo 2 que es completamente una agrupación de una de las tres marcas seleccionadas.



Ilustración 12. Estudio de mercado y formas

-Grupo 1: en este primer grupo se encuentran las cafeteras cuyo volumen general es un prisma rectangular y tienen formas más definidas.

·Subgrupo 1: cafeteras Tassimo, cuya altura suele ser muy similar a la anchura, hay más diferencia que en el subgrupo 2 en este aspecto, y la base de goteo está más recogida por el cuerpo.

·Subgrupo 2: cafeteras Nespresso, la altura está más diferenciada respecto a la anchura, la base de goteo parece un elemento distinto de la cafetera y el surtidor de café sobresale más del cuerpo.

-Grupo 2: aquí se hallan las cafeteras con formas más orgánicas y cuerpos que son más altos que anchos. La parte superior es esférica. Todas son marca Nescafé.

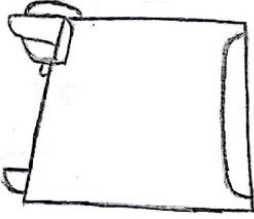




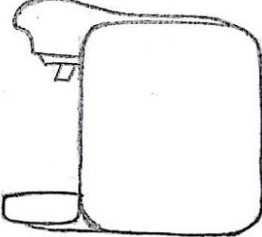




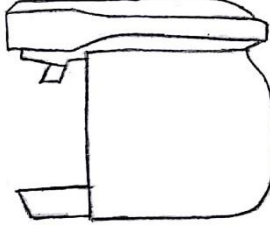




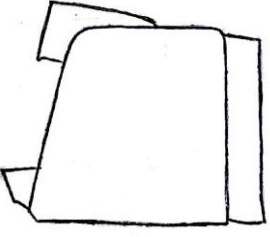




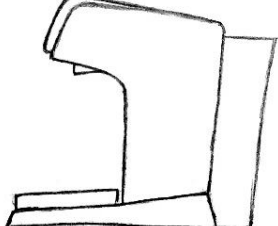




·Subgrupo 3: estas cafeteras se distinguen por tener un depósito de agua cuya forma no continúa o complementa a la del cuerpo hacia arriba, sino que se encuentra en la parte inferior.

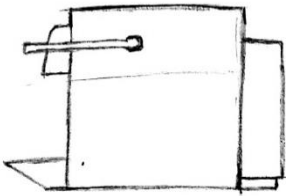




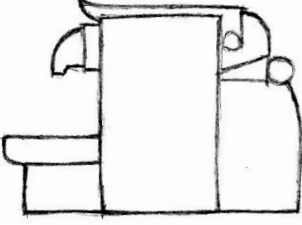




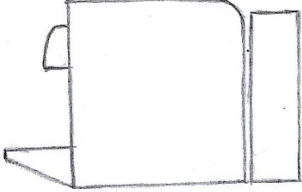




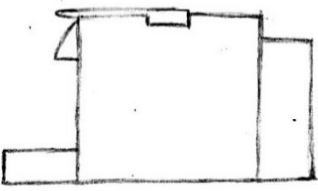




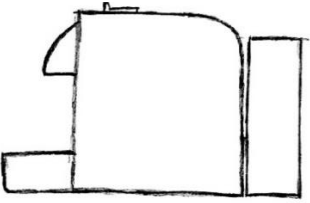




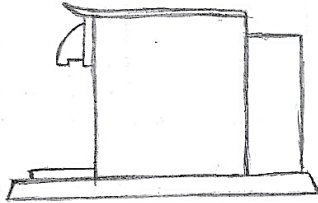




·Subgrupo 4: al contrario que en el subgrupo 3, aquí las cafeteras tienen depósitos que siguen la forma del cuerpo a lo largo del eje Z.

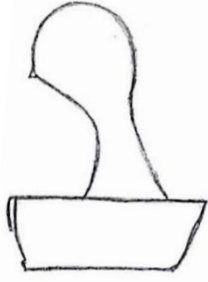



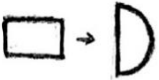
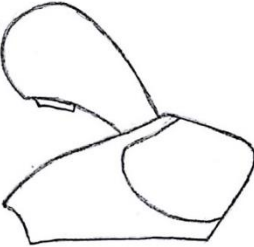
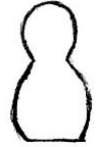



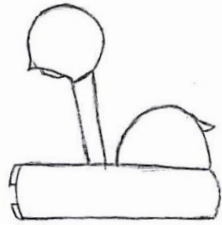




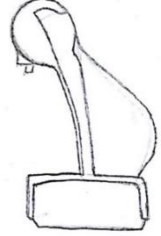









Tras esta selección, se realizará una tabla con las diferentes formas de cada una de las cafeteras. En todas ellas se pueden encontrar cuatro partes principales: el cuerpo, la base de goteo, el depósito de agua y el surtidor de café.

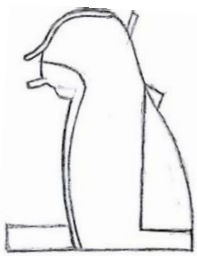




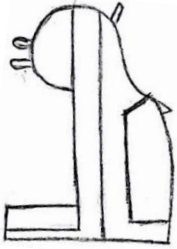
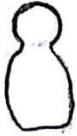



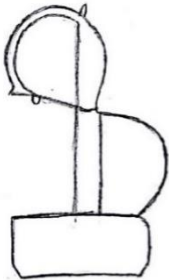




De este modo se realiza un análisis más a fondo de las formas de estas cuatro partes observadas.

Tabla 1 Análisis de formas

		Cafetera (vista lateral)	Cuerpo (vista frontal)	Base goteo (vista superior)	Surtidor café (vista frontal)	Depósito de agua (vista frontal)
G R U P O 1	Sub gru po 1	Suny 				
		Vivy 				
		Caddy 				
		Joy 				
		My Way 				

Sub gru po 2	Inissia					
	Essenza					
	Prodigio					
	Essenza Mini					
	U					
	Citiz					

G R U P O 2	Sub gru po 3	Drop					
		Movenza					
		Stelia					
	Sub gru po 4	Colors					
		Jovia					

		<p>Piccolo</p> 				
		<p>Mini me</p> 				
		<p>Lumio</p> 				



## 4. GENERADOR DE CONCEPTOS

Para desarrollar el programa que posteriormente diseñe las cafeteras con los algoritmos generativos y las restricciones deseadas, se ha creado un generador en Grasshopper.

Dicho generador ayuda a controlar ciertos volúmenes, llamados *Box Morph* en el plug-in, para manejar sus proporciones y formas. Estas *Box Morph*, o cajas, asumen una deformación lineal entre las esquinas, adaptando así cualquier geometría de la que se alimente a su forma.



Ilustración 13 Ejemplo adaptación Box Morph

Las cajas se nutren con los diferentes elementos y estructuras que han sido previamente creados (se mostrarán más adelante). Estas cajas forman parte del propio generador que las controla.

El generador se muestra en la siguiente imagen, y en él se encuentran parte de las restricciones que se desea que tengan los diseños finales de la cafetera:

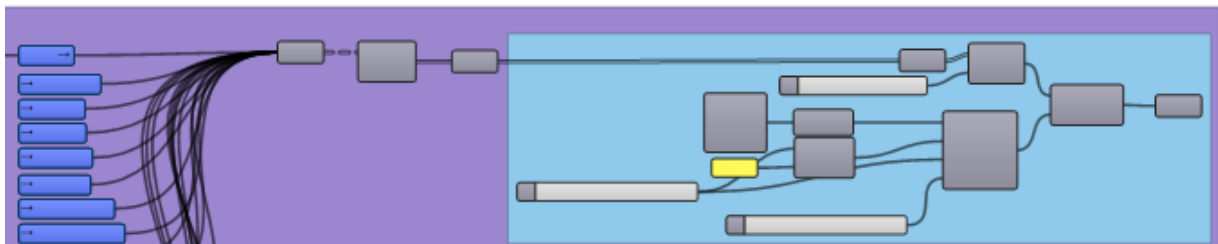


Ilustración 14 Generador geometrías

Los componentes azules, *Remote receiver* en Grasshopper, receptores a partir de ahora, contienen una colección de datos genéricos, y tras recoger todos los componentes y estructuras, acabarán formando parte del generador.



Ilustración 15 Remote receivers

En el caso de las cafeteras, como se ha investigado y dividido previamente, se pueden encontrar cuatro partes principales en el producto: el cuerpo, el depósito de agua, el surtidor de café y la base de goteo. Cada una de estas partes tendrá su generador con su respectiva *Box Morph* y múltiples perfiles y estructuras alimentarán a los receptores que van conectados al generador, como se observa en la ilustración 14.

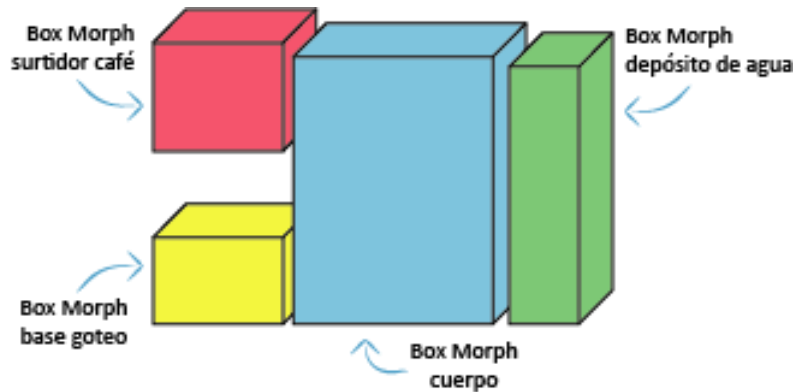


Ilustración 16 Distintas *Box Morph* de la cafetera

Los distintos elementos, geometrías y formas que se conectarán y que contendrán los receptores, se consiguen mediante la combinación de parámetros y algoritmos. Se podrán obtener controlando perfiles y formas, algunas analizadas anteriormente. En esta parte del proyecto es donde se le asignan la mayoría de restricciones deseadas para los diseños finales de la cafetera.

Además, para conseguir más modelos y conceptos, habrá un generador más que se podrá añadir o retirar a la hora de generar los diseños. Esta caja dará forma a una posible pieza de unión entre el cuerpo y el depósito de agua, generando así más variedades estéticas.

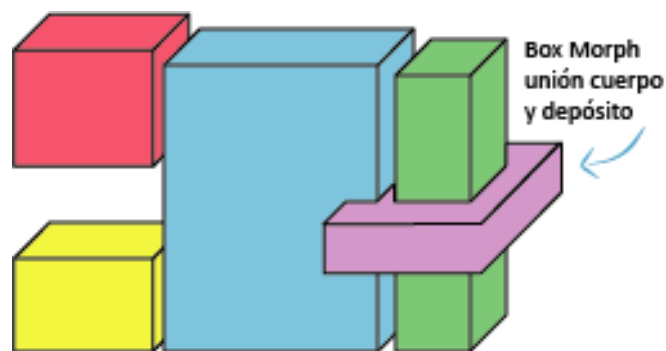


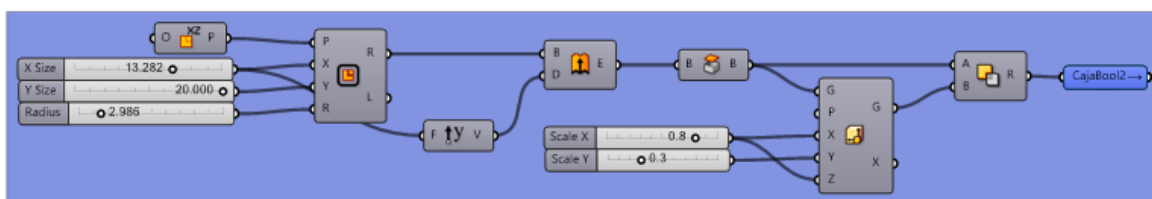
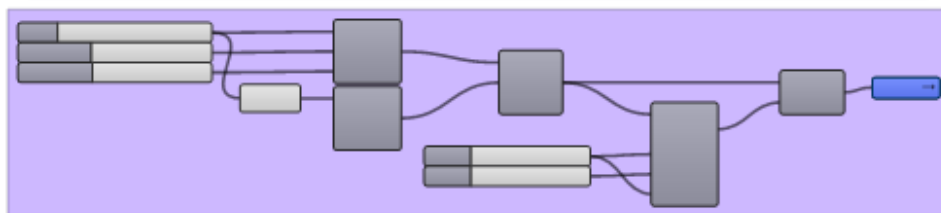
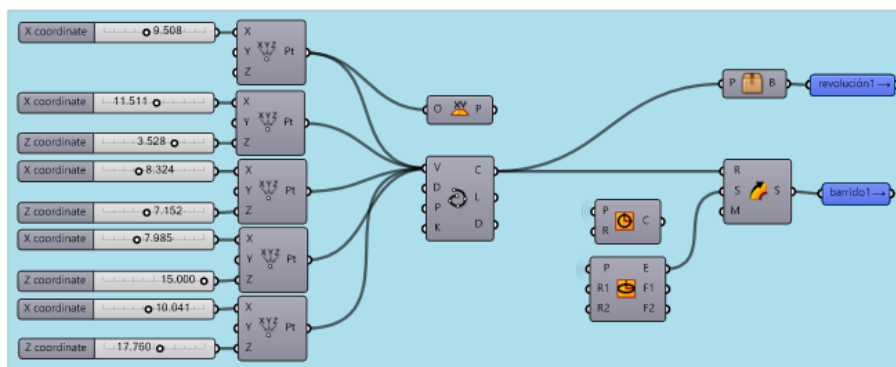
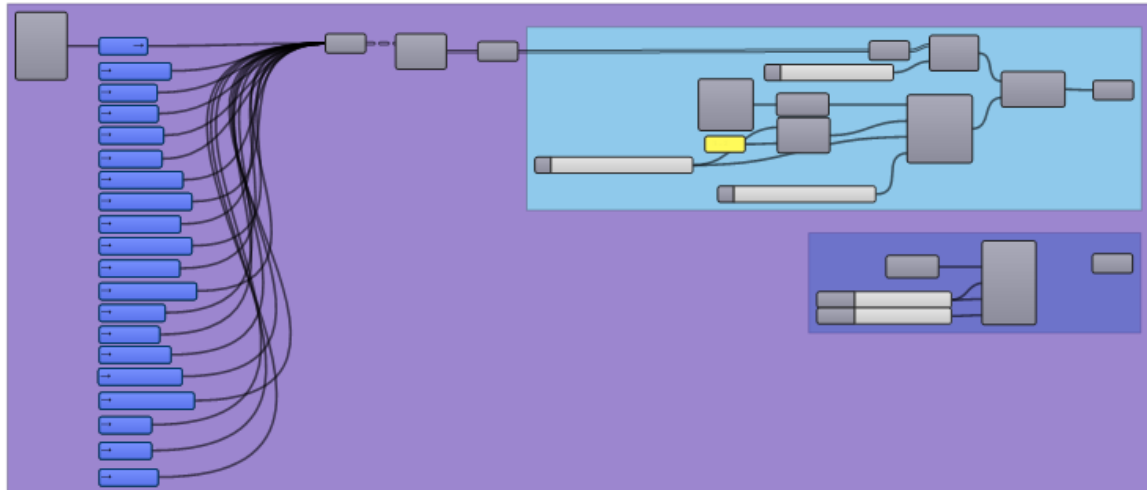
Ilustración 17 *Box Morph* añadido

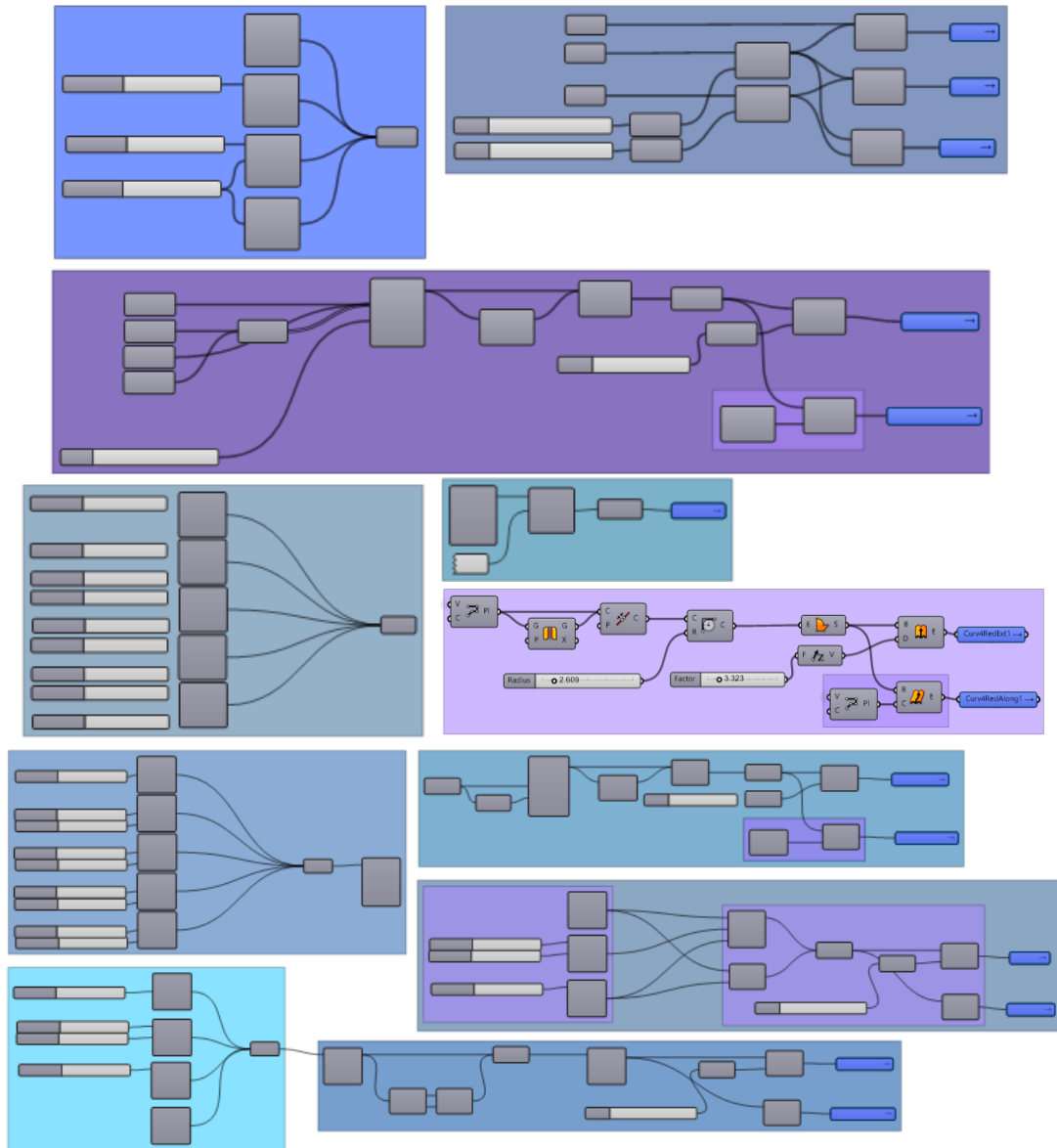
A continuación se muestra el programa generado en Grasshopper que hará posible el diseño de diversas cafeteras.

## 4.1. Programa y componentes

### 4.1.1. Cuerpo

Este es el programa realizado en Grasshopper con el que se producirán formas para el diseño conceptual del cuerpo.

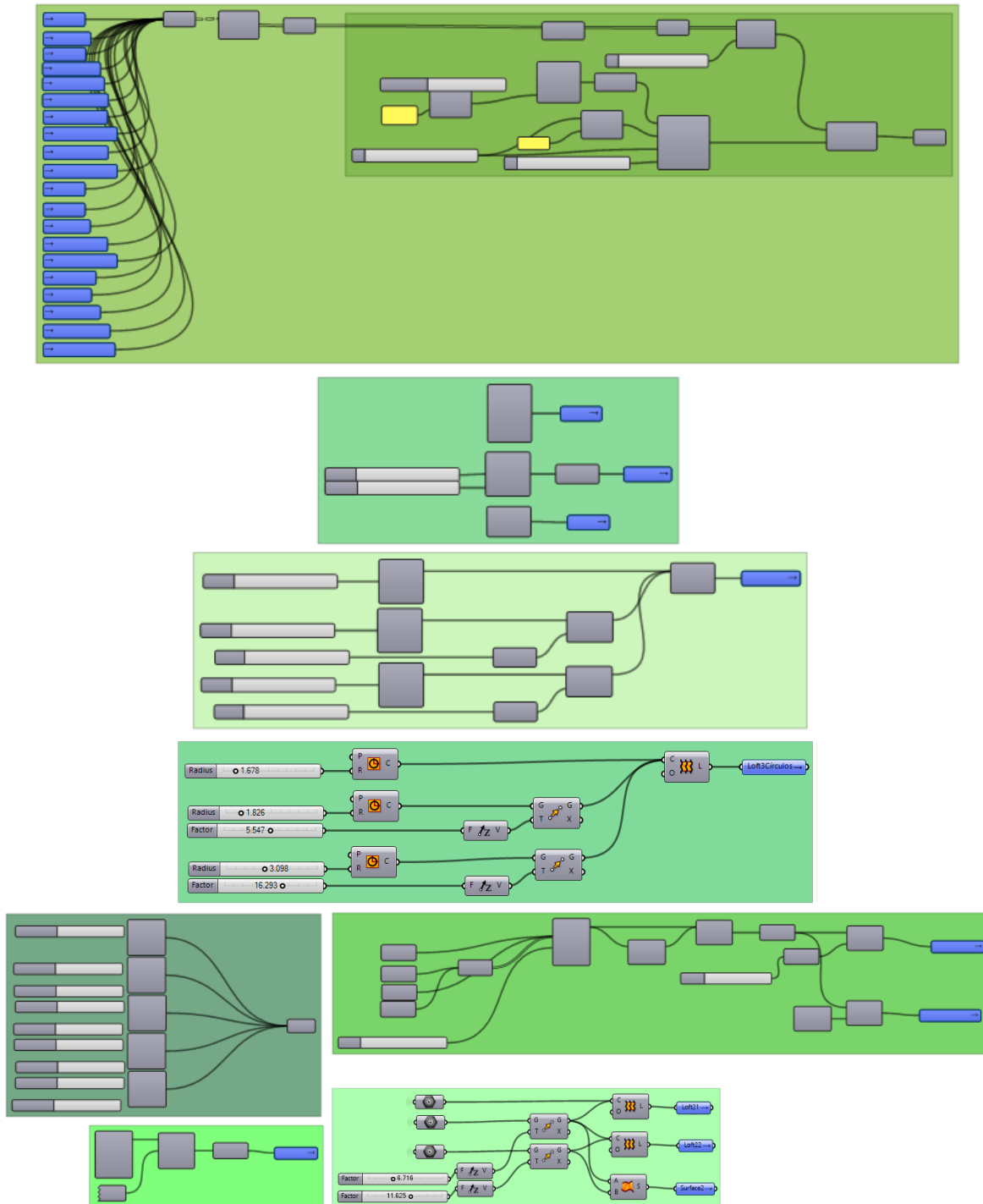


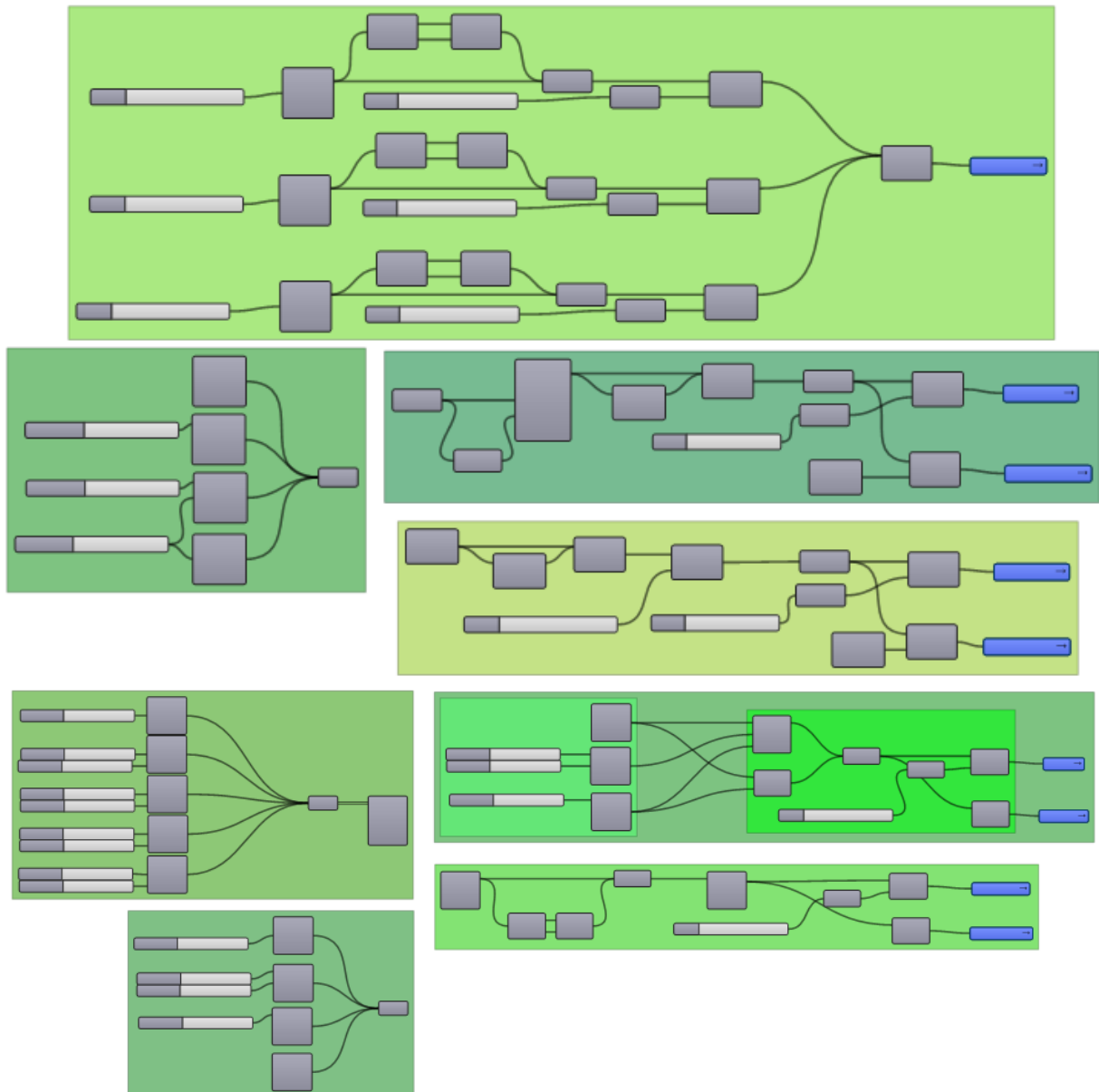


La unión y mezcla entre diferentes grupos y algoritmos, hacen posible que exista una amplia variedad de formas y geometrías, así como entre las distintas partes de la cafetera. De este modo, se alimentan unos componentes de otros, creando similitudes, referencias y nuevas restricciones.

#### 4.1.2. Depósito de agua

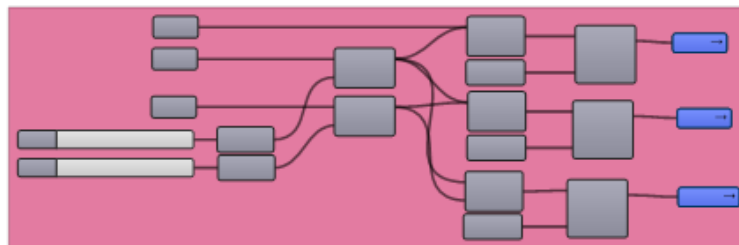
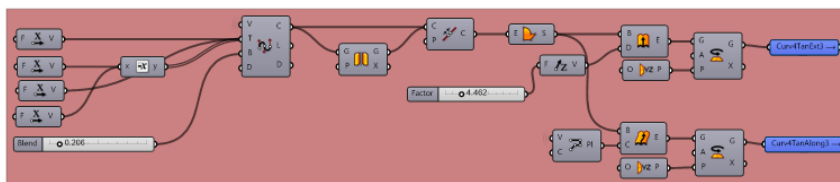
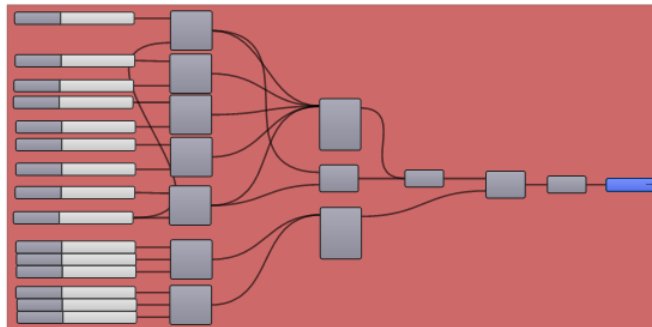
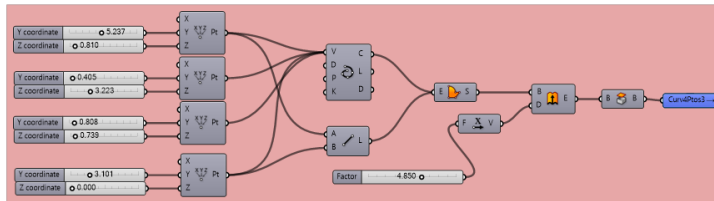
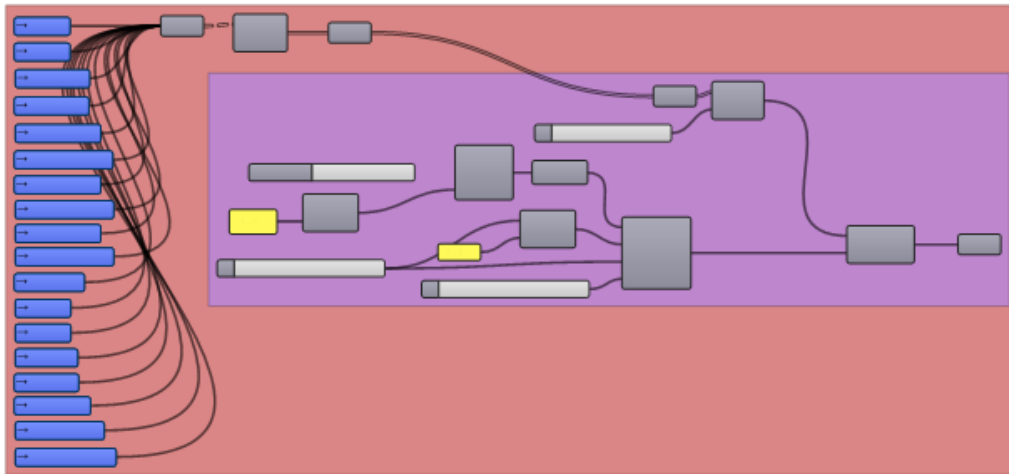
Este es el programa realizado en Grasshopper con el que se generarán formas para el diseño conceptual del depósito de agua.



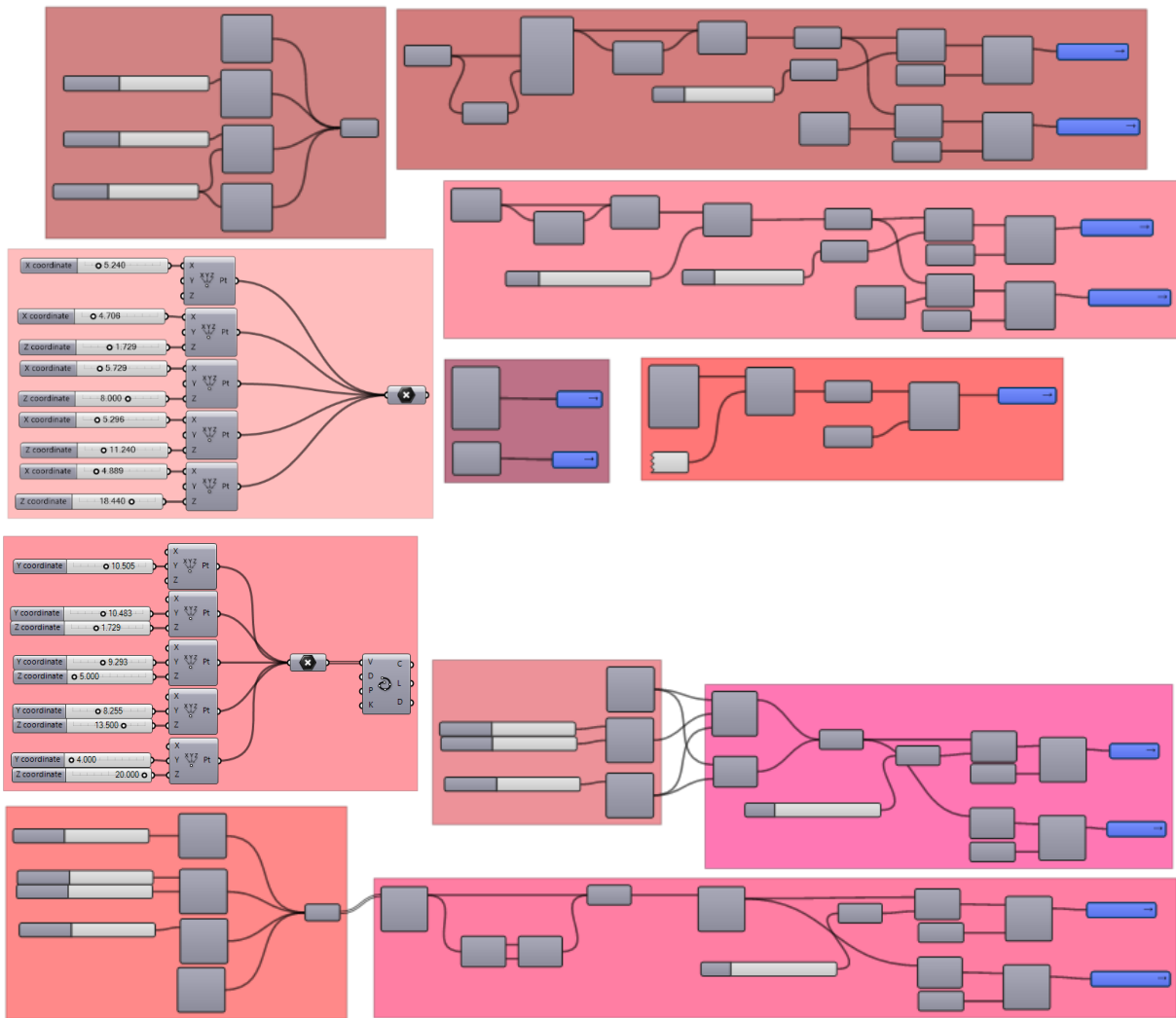


### 4.1.3. Surtidor de café

Este es el programa realizado en Grasshopper con el que se generarán formas para el diseño conceptual del surtidor de café.



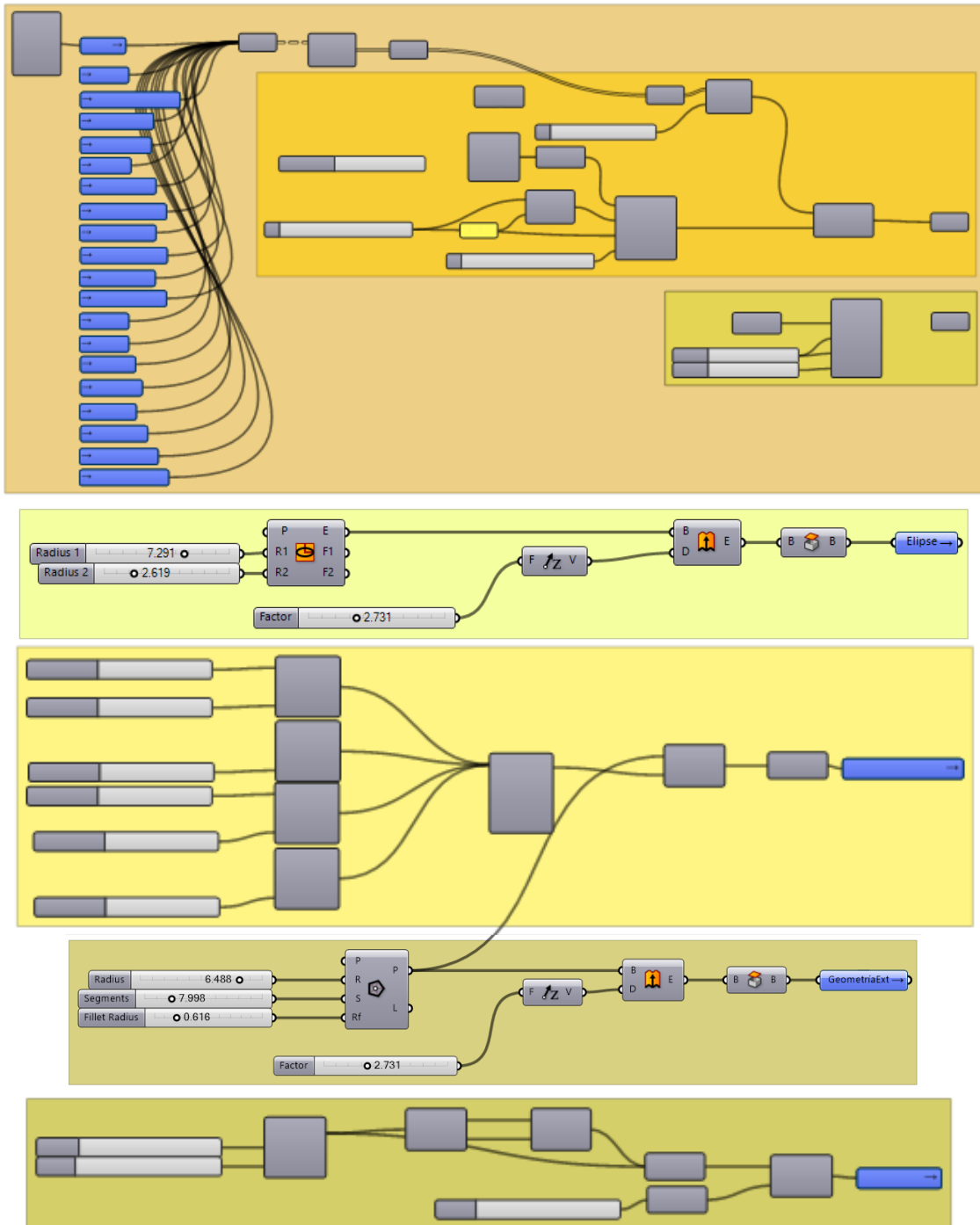
Análisis del diseño estético desde un enfoque generativo. Aplicación al diseño conceptual de una cafetera.



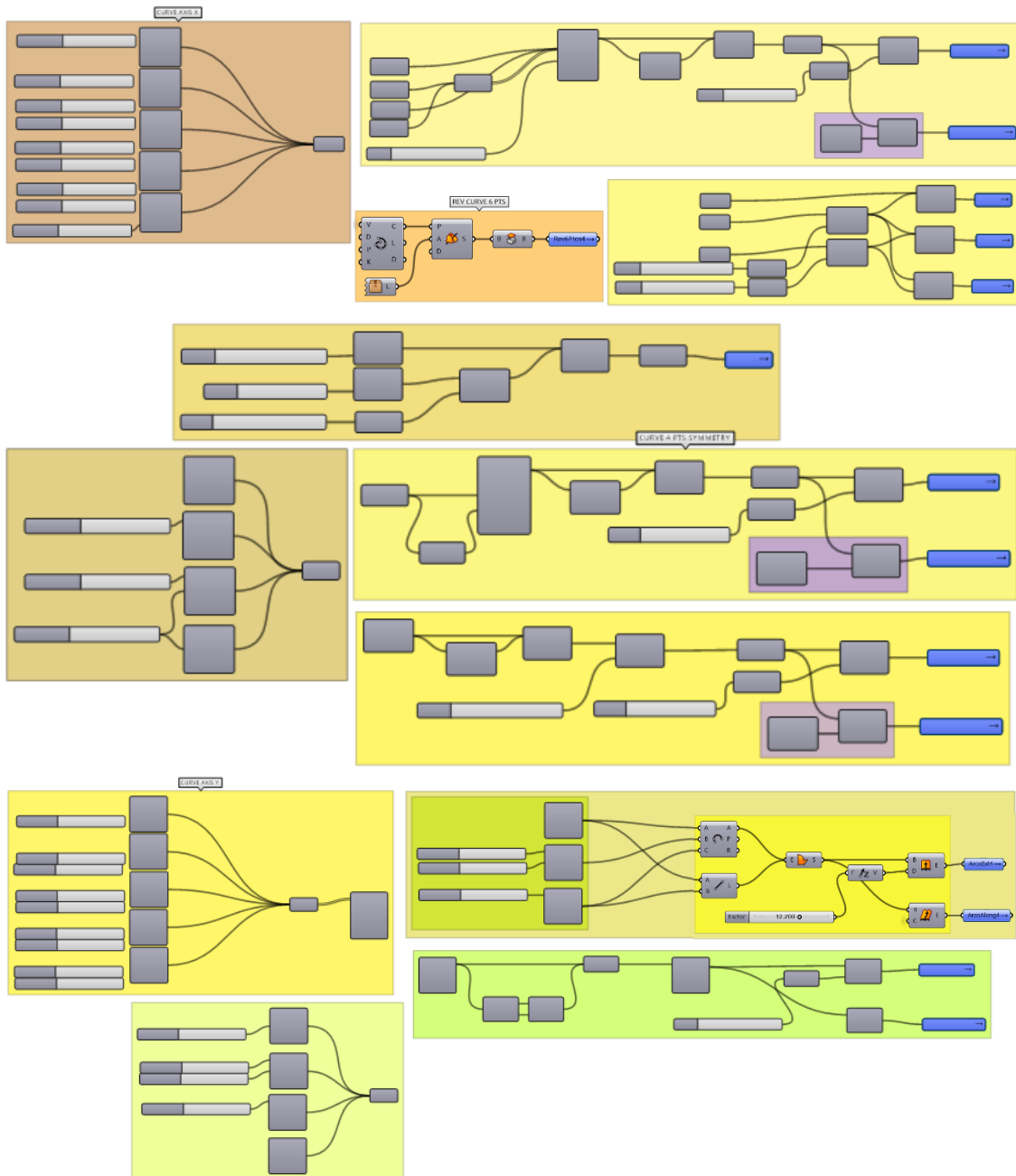


#### 4.2.4. Base de goteo

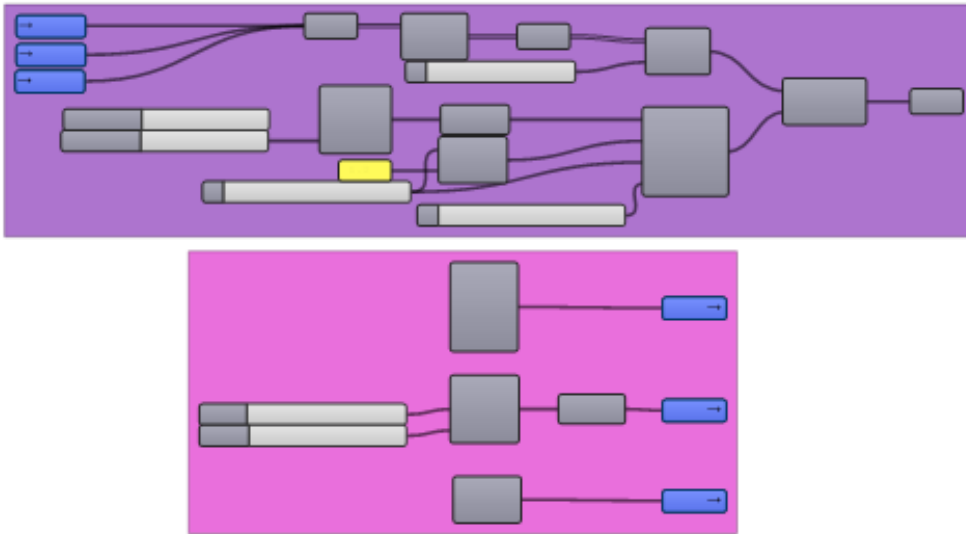
Este es el programa realizado en Grasshopper con el que se generarán formas para el diseño conceptual de la base de goteo.



Análisis del diseño estético desde un enfoque generativo. Aplicación al diseño conceptual de una cafetera.



#### 4.1.5. Unión cuerpo y depósito



Aunque a esta pieza se le haya nombrado como 'unión cuerpo y depósito' y esté colocada para que su función principal sea esa, en realidad no está sujeta a ninguno de los cuerpos y su generador no depende de ninguno, actúa como sistema en solitario, lo que implica que se pueda colocar de cualquier forma que se crea conveniente para encontrar más posibilidades estéticas.

## 4.2. Puesta en práctica de los generadores

Ahora que existen los cuatro generadores, cinco si se cuenta con la unión de cuerpo y depósito, juntos se podrán obtener diversos conceptos del conjunto de la cafetera. A veces se generarán algunas opciones que no son topológicamente válidas y serán descartadas. Todas las soluciones son desarrollables con más detalle después, esto es solo un previo estudio para validar la sintonía entre los generadores.

En este apartado se muestran algunos primeros ejemplos que podrían ser perfectamente válidos para dar una solución más en detalle, cada uno de ellos se obtiene configurando los parámetros de distintas maneras, como es modificando las coordenadas de diferentes puntos:

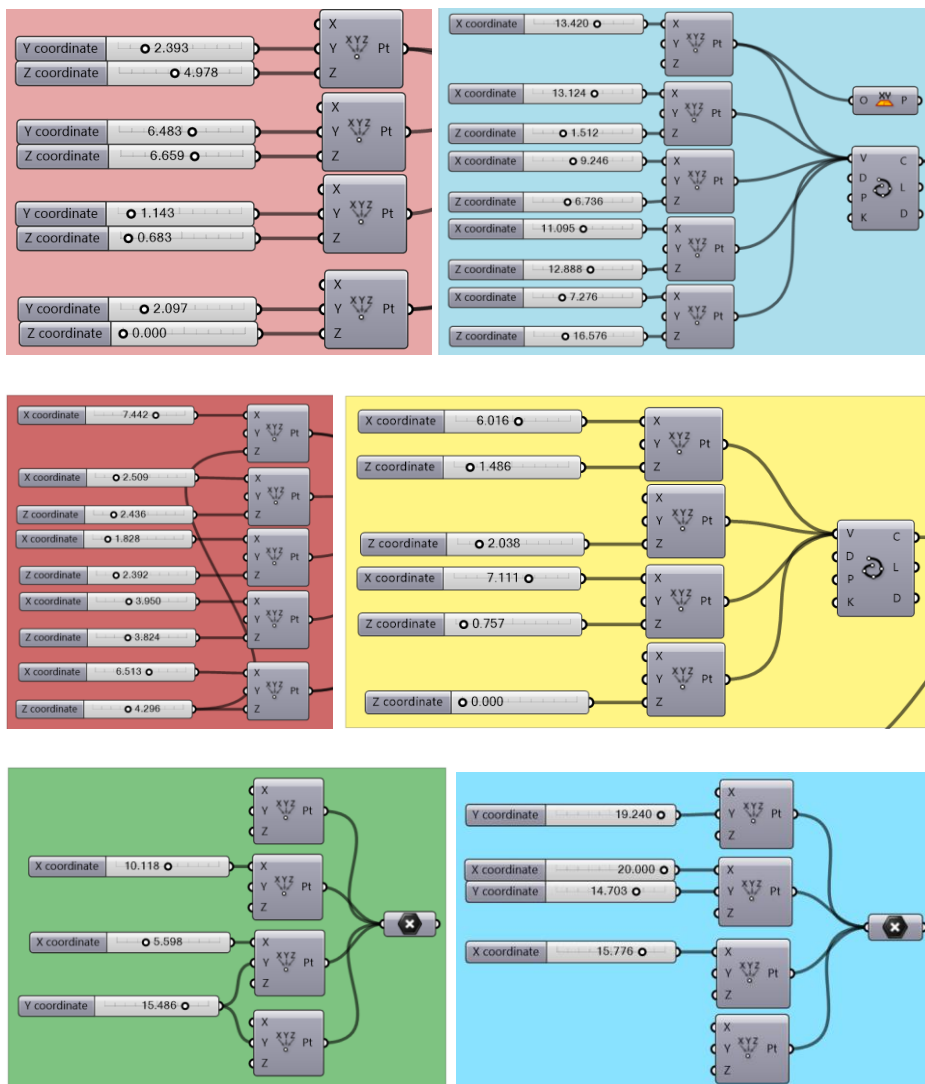


Ilustración 18 Coordenadas de puntos

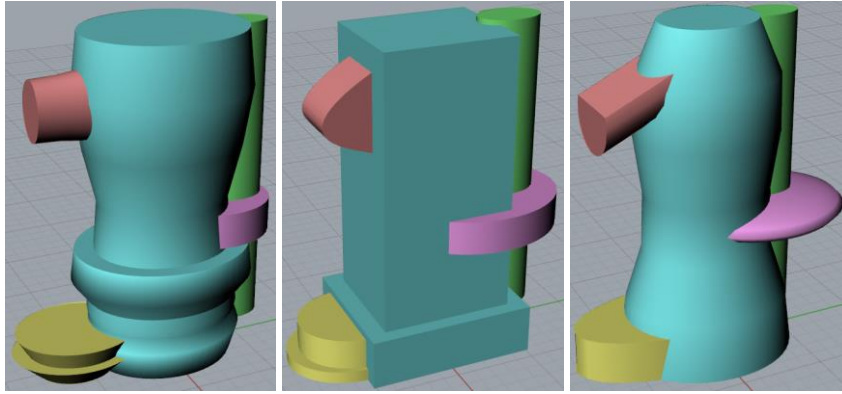


Ilustración 19 Visualización de las cafeteras de Grasshopper

Estas tres soluciones dan una primera impresión de cómo se colocan las distintas partes, unas respecto a otras, y se le ha asignado a cada parte el color acorde con las estructuras para tener una mejor visibilidad de todo el programa en conjunto.

El fondo de estas imágenes corresponde con la interfaz de Rhinoceros, ya que como se comentó anteriormente, Grasshopper es un plug-in del mismo, lo que significa que están conectados y todo lo que se realice en Grasshopper aparece en *Rhino*, pero solo de forma visual y no editable.

Para hacer editables estos diseños desde *Rhino*, será necesario hacer un “*bake*” desde Grasshopper. Este “*bake*” consiste en la obtención del mallado del diseño que podrá ser editable desde Rhinoceros.

Los siguientes diseños se han conseguido en una hora, modificando algunos parámetros del programa, mostrando así la capacidad que tiene el programa y la rapidez que existe a la hora de generar nuevos y diferentes diseños.

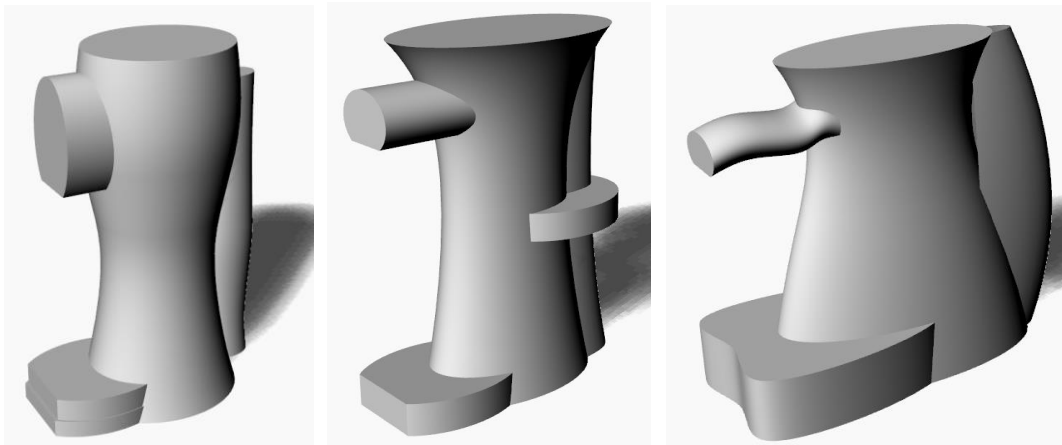


Ilustración 20 Conceptos 1-3

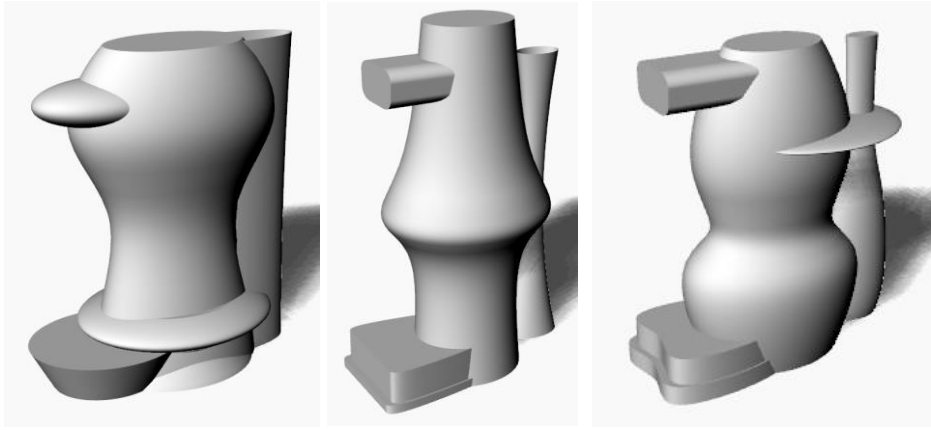


Ilustración 21 Conceptos 4-6

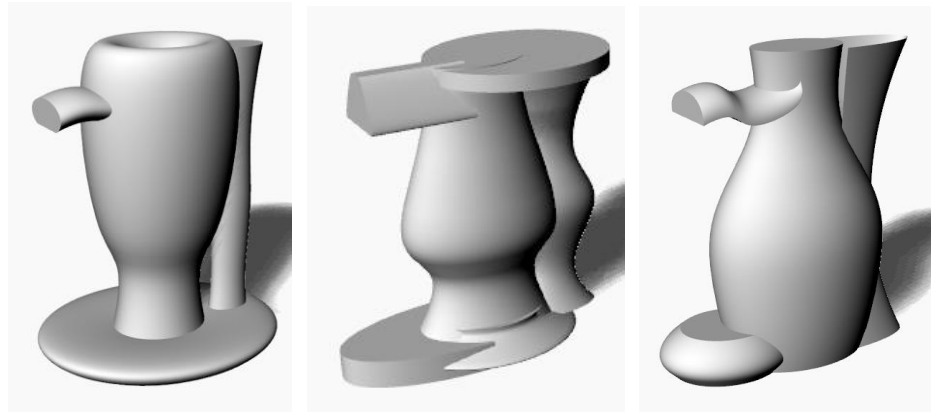


Ilustración 22 Conceptos 7-9

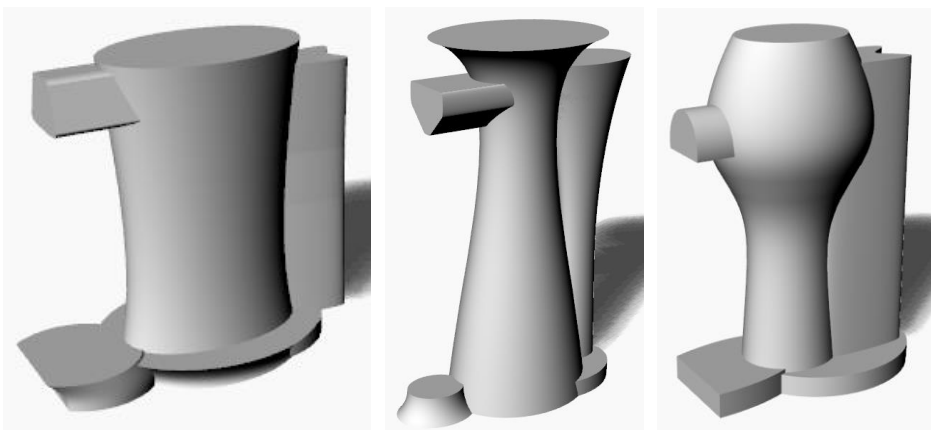


Ilustración 23 Conceptos 10-12

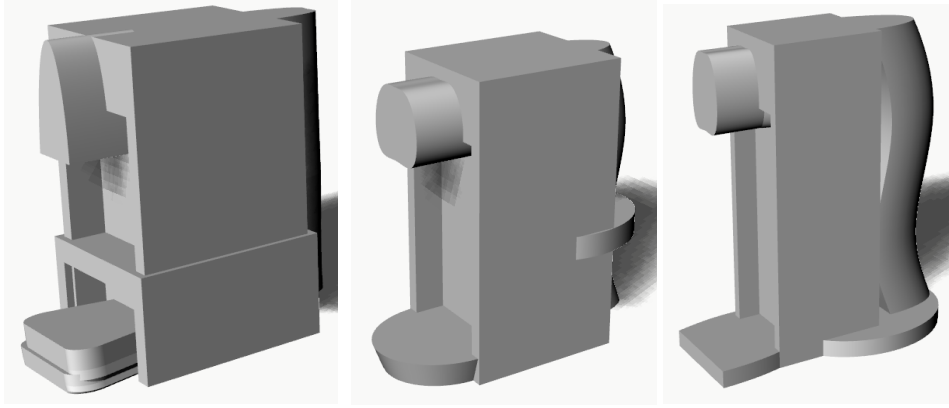


Ilustración 24 Conceptos 13-15

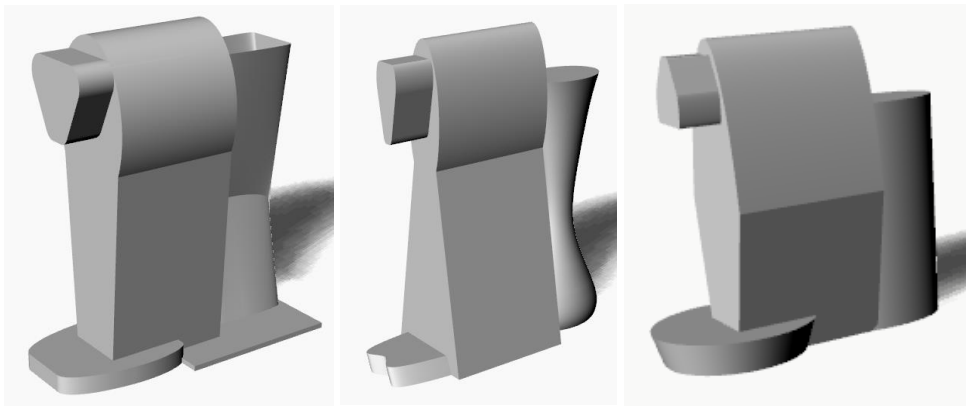


Ilustración 25 Conceptos 16-18

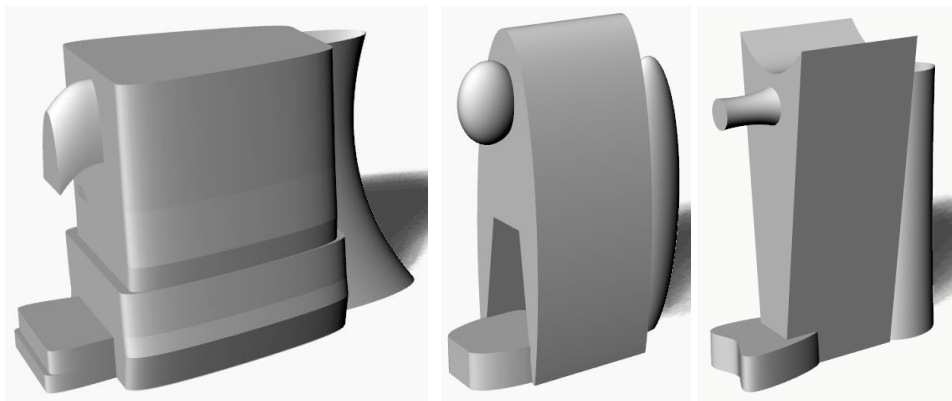


Ilustración 26 Conceptos 19-21

Análisis del diseño estético desde un enfoque generativo. Aplicación al diseño conceptual de una cafetera.

Las siguientes imágenes se han realizado con el modo artístico y tinta de Rhino para tener una visión diferente de las mismas. Así pues, la visualización con distintos estilos puede hacer apreciar la estética de otro modo.

Esta siguiente tanda de conceptos ha llevado alrededor de unos 30 minutos conseguirla.

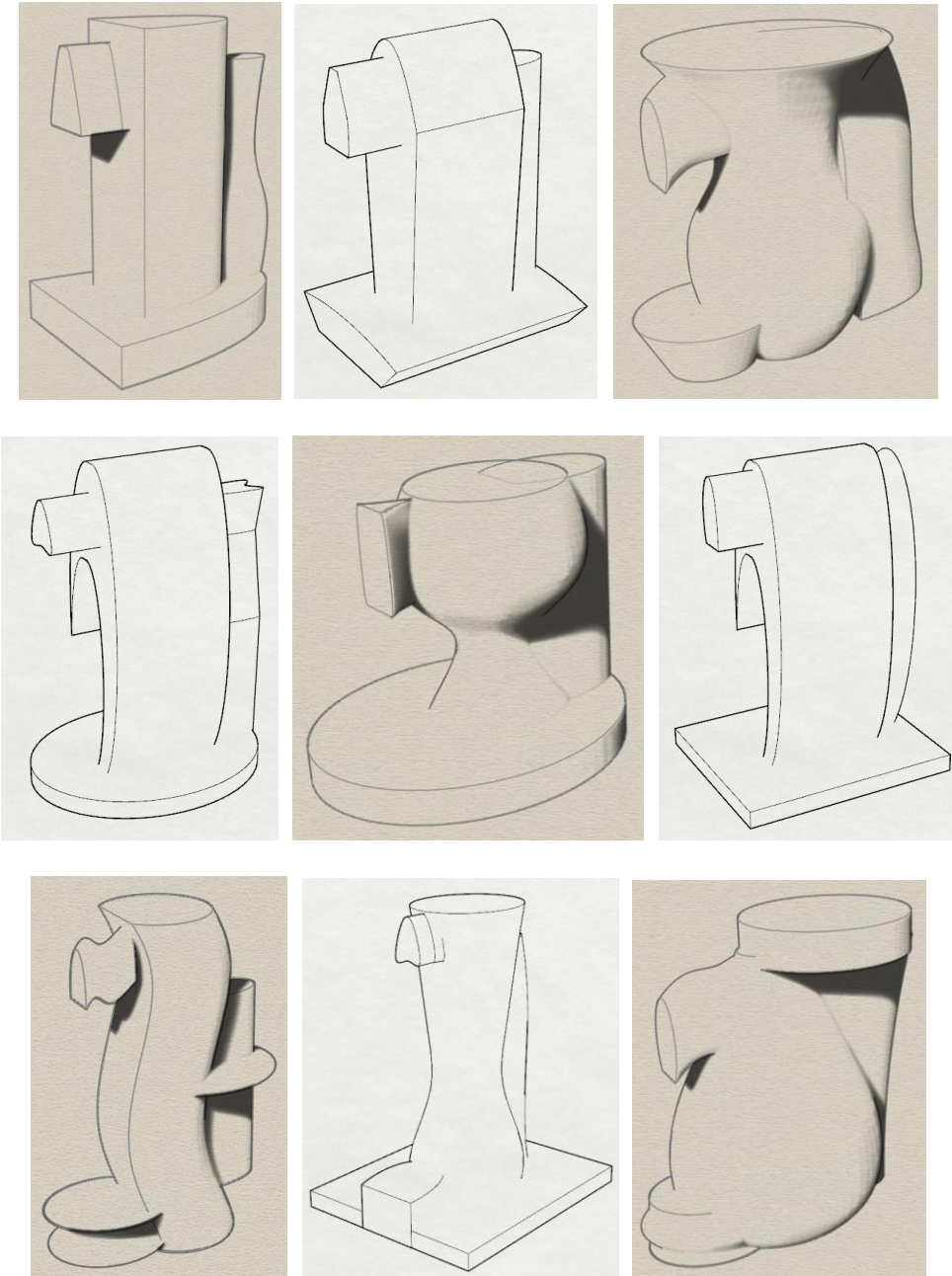


Ilustración 27 Conceptos 22-30 en artística y tinta



## **5. OBSERVACIONES Y FUTURAS MEJORAS**

Lo primero que se puede decir tras la prueba del programa es que es un método más rápido para obtener unos primeros conceptos. Esto quiere decir que no tienen por qué ser diseños definitivos, a partir de los obtenidos se podrían añadir mejoras, cambios en distintos aspectos como alturas, redondeo de aristas, incluso mezcla de varios diseños de los que, por ejemplo, de uno guste más la forma del cuerpo y de otro el resto de partes.

Respecto al estudio de mercado realizado, cabe destacar que muchos diseños que ya hay en el mercado son muy similares, incluso entre diferentes marcas. Por eso, con este programa se pretende marcar la diferencia y obtener formas y geometrías completamente diferentes a las ya existentes.

Si se quiere destacar el programa en este apartado, habría que hablar de los primeros avances que se tendrían que realizar para mejorarlo y poder continuar en un futuro próximo con este proyecto. Durante su realización y tras su ejecución para conseguir los conceptos, se han encontrado algunas dificultades y aspectos a mejorar.

-Se espera que en próximas revisiones se le añadan unos componentes para agilizar el proceso de creación de los conceptos, con los cuales se pueda evitar cambiar parámetros a mano y se permuten automáticamente pulsando un único botón.

-Formas más variadas. Para tener un abanico mayor de conceptos, convendría añadir más parámetros y algoritmos que proporcionen así más geometrías.

-Mejoras en las cajas (Box Morph) a la hora de modificar sus alturas y anchuras.

-Algunos de los sistemas no acaban de cerrarse bien y a la hora de crear un *bake* no realiza bien las mallas en Rhino.

-Posibilidad de añadir rejilla en la base de goteo. Para tener conceptos con más detalle, se podría incorporar otro generador que produjese diferentes modelos de rejilla en la parte donde irían colocados los vasos y tazas.

-Al igual que con la rejilla, se podría tener la oportunidad de incorporarle, por ejemplo, botones de encendido.

Algunos de los problemas se podrían realizar directamente desde Rhino, como son los dos últimos casos ya que se podrían hacer predeterminados, pero lo ideal sería solucionarlos en Grasshopper para evitar complicaciones en un futuro, dejando así el programa con una mejor calidad.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

ALATORRE, R. (2014). "Diseño generativo en indumentaria" en *Tenden-C*, 2 de noviembre. <<http://tendencblog.wixsite.com/tenden-c/single-post/2014/11/01/Dise%C3%B1o-Generativo-en-Indumentaria>> [Consulta: 10 junio 2018]

AUTODESK INC. *Reimagining the future of air travel*. <<https://www.autodesk.com/customer-stories/airbus>> [Consulta: 09 junio 2018]

BARTOLOMÉ, M. (2018) "Diseño generativo cerámico con serigrafía en EASD Castellón" en *Cerámica a mano alzada*, 12 de marzo. <<http://ceramicaamanoalzada.com/diseño-generativo-cerámico-con-serigrafía-en-easd-castellón/>> [Consulta: 10 junio 2018]

BROWN, PJ. (2016). "Under armour changes the footwear game with generative design and 3D-Printed shoes" en *Redshift by AUTODESK*, 8 de junio. <<https://www.autodesk.com/redshift/3d-printed-shoes/>> [Consulta: 12 junio 2018]

BSH ELECTRODOMÉSTICOS. *Bosch*. <<https://www.bosch-home.es/electrodomesticos/cafeteras-multibebidas-tassimo>> [Consulta: 18 abril 2018]

DE'LONGHI APPLIANCES S.R.L. *De'Longhi*. <<http://www.delonghi.com/es/productos/cafe/cafeteras/sistema-nescafe-dolce-gusto>> [Consulta: 18 abril 2018]

GÓMEZ GONZÁLEZ, S. y TORNER RIBÉ, J. (2016). *Grasshopper para Rhinoceros e impresión 3D*. España: Marcombo.

ISSUU INC. *Diseño paramétrico*. <[https://issuu.com/chidostudiodiseño/docs/ch\\_dp](https://issuu.com/chidostudiodiseño/docs/ch_dp)> [Consulta: 10 junio 2018]

ISSUU INC. *Introducción al diseño generativo con grasshopper*. <[https://issuu.com/frikearg/docs/introduccion\\_al\\_dise\\_o\\_generativo\\_imprimir](https://issuu.com/frikearg/docs/introduccion_al_dise_o_generativo_imprimir)> [Consulta: 10 junio 2018]

JACOBS DOUWE EGBERTS S.L.U. *Tassimo*. <<https://www.tassimo.es/maquinas/c-91/>> [Consulta: 18 abril 2018]

KRISH, S. "Why is Generative Design?" en *Medium*. <<https://medium.com/@sivamkrish/what-is-generative-design-1ca77ebffd69>> [Consulta: 11 junio 2018]

NAVARRO PASCUAL, J. (2016). *Diseño de una bicicleta polivalente mediante diseño generativo*. Grado. Universidad Politécnica de Valencia. <<https://riunet.upv.es/handle/10251/75454>> [Consulta: 09 junio 2018]

NESCAFÉ. *Nescafé* *DolceGusto.* <[https://www.dolce-gusto.es/cafeteras?gclid=CjwKCAjwgYPZBRBoEiwA2Xeuper-GFGk3StxTD9okSWoFwzdjLlL4yOAY8qx-LOLPY2Zvx2qKdtGhhoC\\_L8QAvD\\_BwE](https://www.dolce-gusto.es/cafeteras?gclid=CjwKCAjwgYPZBRBoEiwA2Xeuper-GFGk3StxTD9okSWoFwzdjLlL4yOAY8qx-LOLPY2Zvx2qKdtGhhoC_L8QAvD_BwE)> [Consulta: 18 abril 2018]

NESPRESSO S.A. *Nespresso.* <<https://www.nespresso.com/es/es/maquinas-de-cafe-nespresso>> [Consulta: 18 abril 2018]

ODAM LVIRAN. *Diseño generativo.* <<https://johanvalenzuela2.wixsite.com/disenogenerativo/diseño-generativo-aplicado>> [Consulta: 10 junio 2018]

ONFORMATIVE, “Generative design – CampusParty2012” en *Vimeo.* <<https://vimeo.com/48858267>> [Consulta: 13 junio 2018]

PEPIOL PABLO, Á. (2017). *Desarrollo de un sistema generador de conceptos de automóvil deportivo mediante diseño generativo.* Tesis. Universidad Politécnica de Valencia. <<https://riunet.upv.es/handle/10251/88189>> [Consulta: 09 junio 2018]

PHILIP GALANTER. <<http://philipgalanter.com/art/generativebodies/a/>> [Consulta: 10 junio 2018]

RODES, M. “Algorithms are designing chairs now” en *Wired.* <<https://www.wired.com/2016/10/elbo-chair-autodesk-algorithm/>> [Consulta: 12 junio 2018]

SCOTT DAVIDSON. *Grasshopper. Algorithmic modeling for Rhino.* <<http://www.grasshopper3d.com/>> [Consulta: desde 14 junio 2018]

VELASCO PÉREZ, R. (2015). *Estudio de la aplicación del diseño generativo al diseño conceptual arquitectónico.* Grado. Universidad Politécnica de Valencia. <<https://riunet.upv.es/handle/10251/54972>> [Consulta: 09 junio 2018]

WIKIPEDIA. *Diseño generativo.* <[https://es.wikipedia.org/wiki/Dise%C3%B1o\\_generativo](https://es.wikipedia.org/wiki/Dise%C3%B1o_generativo)> [Consulta: 09 junio 2018]

WIKIPEDIA. *Rhinoceros 3D.* <[https://es.wikipedia.org/wiki/Rhinoceros\\_3D](https://es.wikipedia.org/wiki/Rhinoceros_3D)> [Consulta: 09 junio 2018]

WIKIPEDIA. *Grasshopper 3D.* <[https://es.wikipedia.org/wiki/Grasshopper\\_3D](https://es.wikipedia.org/wiki/Grasshopper_3D)> [Consulta: 09 junio 2018]

## 7. ANEXOS

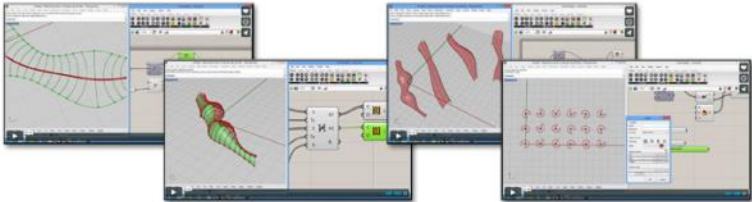
·Página oficial Grasshopper. Tutoriales.

# Grasshopper

ALGORITHMIC MODELING FOR RHINO

Home View Download Forums/Support **Learn** Attend My Page

## Tutorials



**Introduction to Grasshopper Videos** by David Rutten.

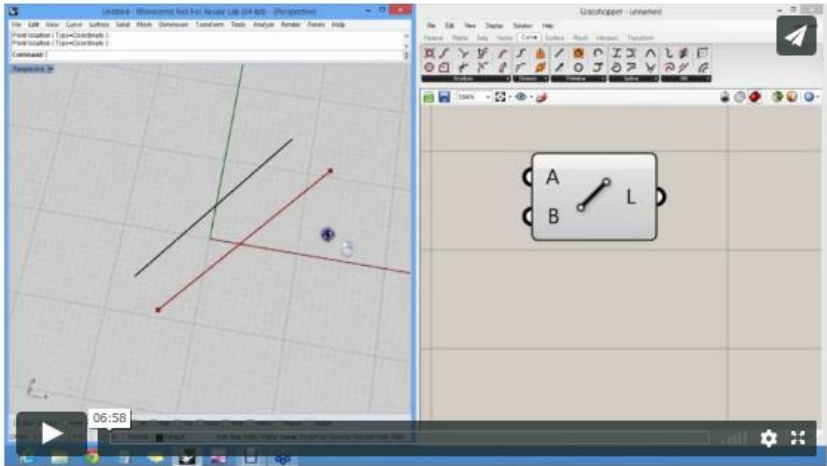
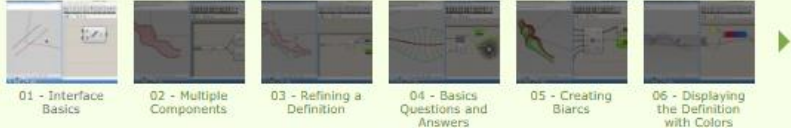
Wondering how to get started with Grasshopper? Look no further. Spend an some time with the creator of Grasshopper, David Rutten, to learn the fundamental of Grasshopper. No experience necessary. This 13 part series covers topics that will help you build a fundational understanding of Grasshopper.

# Grasshopper

ALGORITHMIC MODELING FOR RHINO

## Grasshopper Getting Started By David Rutten

Wondering how to get started with Grasshopper. Look no further. Spend an some time with the creator of Grasshopper, David Rutten, to learn the fundamental of Grasshopper. No experience necessary. This 13 part series covers topics that will help you build a fundational understanding of Grasshopper.



·Libro *Grasshopper para Rhinoceros e impresión 3D* de Sergio Gómez y Jordi Torner.

33

### Práctica 7. Definición de colores

**Objetivo:** estudiar la vista previa y creación de colores mediante la función RGB.

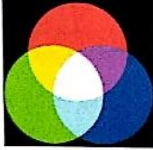
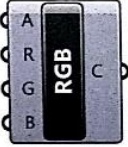

**Temas:** Brep, Number Slíder, RGB, Preview y Blend Colours.

#### Introducción

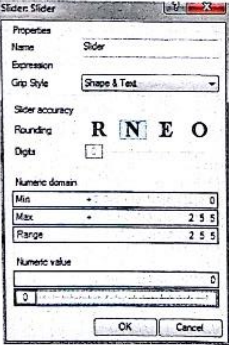
En esta práctica se introduce el procedimiento de creación de colores y su asignación a modelos 3D, además de explicar el procedimiento para crear vistas previas.

#### Descripción

1. Entre en Rhinoceros 3D y escriba Grasshopper sobre la barra de comandos. Para esta práctica también se utilizará el entorno de Rhinoceros, por lo que es recomendable compartir la pantalla con Grasshopper.
2. Dibuje una caja (Solid/Box) de 10 x 10 x 10 mm en Rhinoceros.
3. Desde Grasshopper seleccione la operación **Brep** (Params/Geometry/Brep) e insértela en el lienzo. La operación **Brep** permite reconocer modelos de sólidos y de superficies dibujados en Rhinoceros. Para ello, pulse sobre la función **Brep** con el botón derecho del ratón y seleccione la opción **Set one brep**. Seleccione el cubo desde la zona de gráficos de Rhinoceros.

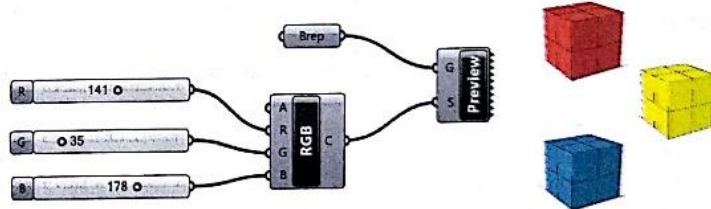


4. Para crear el color seleccione la función **RGB** (Vector/Colour/RGB). RGB define el color a partir de la síntesis aditiva o mezcla por adición de los tres colores primarios (Red, Green y Blue). La función tiene cuatro entradas (A, R, G, B). Las tres últimas se corresponden con los colores rojo, verde y azul, que adoptan valores comprendidos entre 0 y 255. La salida C define el color resultante de la mezcla aditiva.
5. Inserte un deslizador numérico (Params/Input/Number Slíder). Pulse sobre el deslizador con el botón derecho del ratón y seleccione la opción **Value** para introducir el valor mínimo (0) y el máximo (255). Pulse OK.

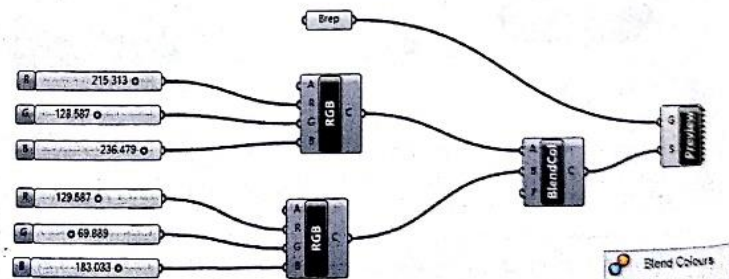




6. Para copiar dos veces más el deslizador numérico definido emplee la combinación copiar-pegar (Ctrl+C y Ctrl+V). Es recomendable editar las etiquetas de los deslizadores cambiando su nombre de Slider a R, G y B, respectivamente (rojo, verde y azul).
7. Conecte las salidas de los deslizadores numéricos a las entradas R, G y B de la forma en la que se indica en la figura.
8. Inserte la función de vista previa o Custom Preview (Vector/Colour). Conecte la salida C de la función RGB con la entrada S de la función de vista previa (Preview) y Brep con la entrada G de la función de vista previa (Preview) y Brep con la entrada S de la función de vista previa (Preview) y Brep con la entrada S de la función de vista previa (Preview) y Brep con la entrada S de la función de vista previa (Preview).



9. También puede utilizar la función Blend Colours (Vector/Colour/BlendCol) para obtener un color a partir de la interpolación de dos colores previos. En el ejemplo de la figura se ha definido un color mediante dos funciones RGB conectando las entradas A y B de la función Blendcol con las salidas C de las funciones RGB. La entrada F permite definir el coeficiente de interpolación entre las entradas A y B.



Puede emplear otras herramientas para definir el color a asignar a los modelos creados en Grasshopper. Observe las funciones contenidas en Vector/Colour.

- Blend Colours
- Colour CMYK
- Colour HSL
- Colour Lab
- Colour LCH
- Colour RGB
- Colour RGB (F)
- Colour XYZ
- Split HSV
- Split ARGB
- Create Material
- Custom Preview

### Práctica 31. Copia de contornos por planos paralelos

**Objetivo:** creación de contornos 3D mediante el copiado por planos paralelos de sus perfiles.

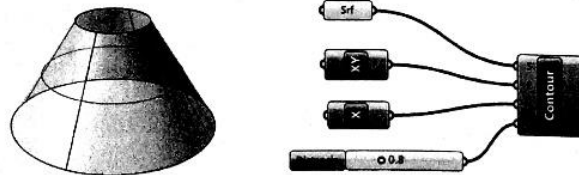
**Temas:** Surface (Sfr), Contour y Pipe.

#### Introducción

La función de contorno (**Contour**) permite copiar el contorno de un modelo 3D a partir de la definición previa de planos de corte y de un vector dirección.

#### Descripción

1. Entre en Rhinoceros 3D y escriba Grasshopper sobre la barra de comandos. Abra el fichero de la práctica desde el DVD que acompaña el libro o dibuje un cono como el que se indica en la figura.
2. Inserte la función **Surface** (**Params/Geometry/Surface**). Haga clic en ella con el botón derecho y seleccione la opción **Set one Surface**. Desde Rhinoceros haga clic con el botón izquierdo sobre el cono creado.
3. Para crear líneas paralelas que copien la geometría del cono, inserte la función **Contour** (**Intersect/Mathematical/Contour**) y conecte la entrada **S (Shape)** con la superficie anterior.
4. Inserte una función **PlanoXY** (**Vector/Plane/XYPlane**) y otra para definir la dirección normal de las curvas con **Unit X** (**Vector/Vector/UnitX**). Con la primera función se define el plano de corte y con la segunda la dirección del vector de las curvas creadas. Conecte las dos funciones creadas con las entradas **P** y **N** de la función de contorno. Para finalizar, inserte un deslizador numérico (**Params/Input/Number Slider**) con un rango de -0 a 3 y conéctelo con la entrada **D** para definir la equidistancia de los planos XY.



5. La salida **C** contiene todas las curvas en el plano XY que copian el contorno de la superficie y que están a una distancia equidistante de 0,8 mm (según la figura).
6. Para crear tubos que sigan los caminos definidos por los contornos inserte una función **Pipe** (**Surface/Freeform/Pipe**). Para definir el radio de los cilindros inserte un nuevo deslizador numérico (**Params/Input/Number Slider**) con un rango de 0 a 1 y conéctelo con la entrada **R** de la función **Pipe**. Para finalizar, conecte la salida **C** de la función **Contour** con la entrada **C** de la función **Pipe**.

**Práctica 34. Superficie de barrido y equidistancia**

**Objetivo:** conexión entre superficies.

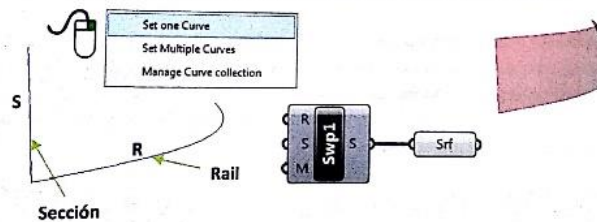
**Temas:** Sweep1, Number Slider, Line, Pipe, Srf, Offset, Divide Surface y Sphere.

**Introducción**

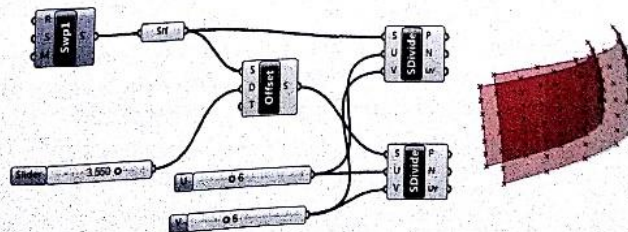
La práctica propone la creación de una superficie barrida con una curva carril y una sección, y la creación posterior de otra superficie equidistante sobre la que, después de subdividirla, se establecen uniones entre ellas a modo de estructura.

**Descripción**

1. Entre en Rhinoceros 3D y escriba Grasshopper sobre la barra de comandos. Abra el fichero que acompaña la práctica o cree dos curvas como las que se indican en la figura.
2. Inserte la función **Sweep1 (Surface/Freeform/Sweep1)** para crear una superficie de barrido con una curva de carril (**R**) y una de sección (**S**). Para seleccionar cada una de ellas recuerde hacer clic sobre la etiqueta con el botón derecho del ratón y seleccionar la opción **Set one Curve**. Desde Rhinoceros seleccione las curvas para cada uno de los casos.



3. Para crear la superficie equidistante inserte la función **Offset (Surface/Freeform/Offset)**. Para definir la distancia entre las superficies inserte un deslizador numérico (**Params/Input/Number Slider**) de 0 a 5. Conéctelo con la entrada **D** de la función **Offset**.
4. Inserte una función **Divide Surface (Surface/Util/Divide Surface)** con el objeto de dividir las dos superficies en un mallado de puntos en las direcciones **U** y **V**. Inserte dos nuevos deslizadores numéricos (**Params/Input/Number Slider**) de 0 a 20 y renómbralos con las etiquetas **U** y **V**. Conecte los deslizadores con las entradas **U** y **V**, y la entrada **S** (superficie a dividir) con la salida **Srf**. Copie la función **SDivide** y conecte el resto de entradas según la figura. De esta forma se pueden dividir dos superficies en segmentos **U** y **V** de la misma forma.





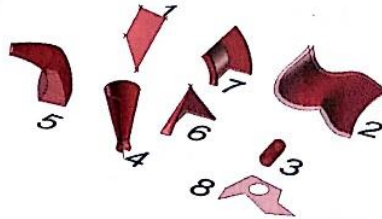
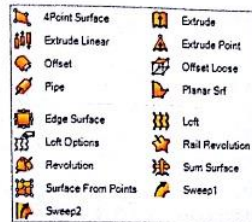
### Práctica 36. Creación de superficies

Objetivo: crear superficies con Grasshopper.

Temas: 4Point Surface, Edge Surface, Offset Surface, Pipe, Revolution, Planar, Extrude, Loft y Sweep1.

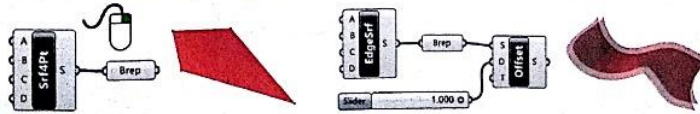
#### Introducción

Se describen las funciones que definen la creación de superficies.



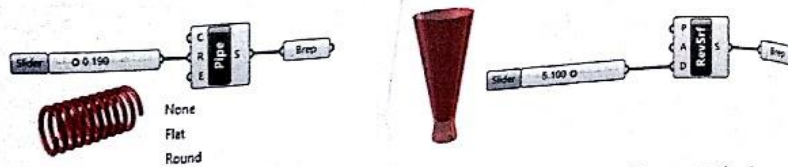
#### Descripción

1. Entre en Rhinoceros 3D y escriba Grasshopper sobre la barra de comandos. Abra el fichero adjunto en el DVD que acompaña el libro.
2. Arrastre la función **4Pointsurface** (**Surface/Freeform/Srf4Pt**) para crear una superficie a partir de cuatro puntos previamente dibujados en Rhinoceros o definidos en Grasshopper. En las entradas **A, B, C y D** seleccione los cuatro puntos desde la zona de gráficos de Rhinoceros. Para su selección recuerde pulsar previamente sobre las etiquetas de entrada con el botón derecho del ratón y seleccionar **Set one Point**. Arrastre la función de creación de polisuperficies **Brep** (**Params/Geometry/Brep**). La modificación de las coordenadas de cualquiera de los cuatro puntos modifica de forma paramétrica la superficie definida.

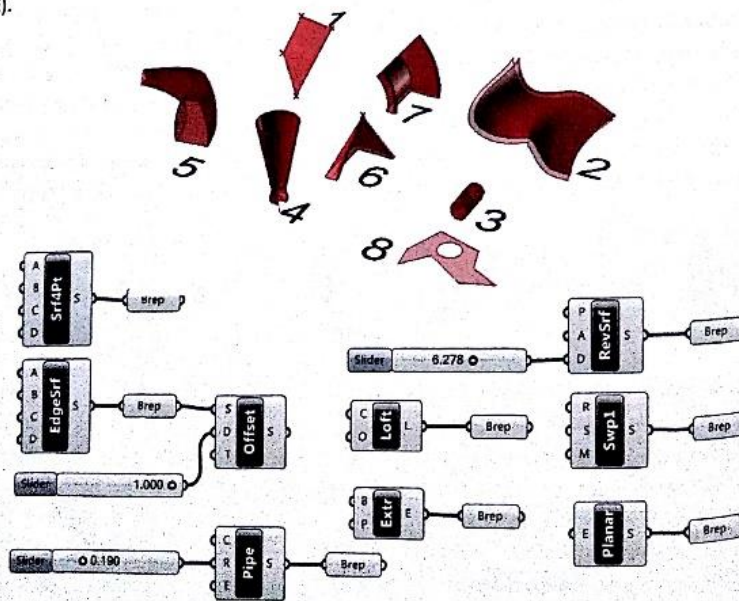


3. Para crear la superficie a partir de tres o cuatro curvas (**Spline**) seleccione la operación **Edge Surface** (**Surface/Freeform/EdgeSrf**). En las entradas **A, B, C y D** seleccione las cuatro curvas. Para su selección recuerde pulsar previamente sobre las etiquetas de entrada con el botón derecho del ratón y seleccionar **Set one Curve**. Puede insertar la función **Brep** como en el caso anterior y crear una superficie equidistante con la función **Offset Surface** (**Surface/Freeform/Offset**). En la entrada **D** inserte un deslizador numérico (**Params/Input/Number Slider**) con un rango entre 0 y 1.
4. La siguiente superficie a crear es el muelle que requiere la selección de la hélice y el radio. Seleccione la operación **Pipe** (**Surface/Freeform/Pipe**).

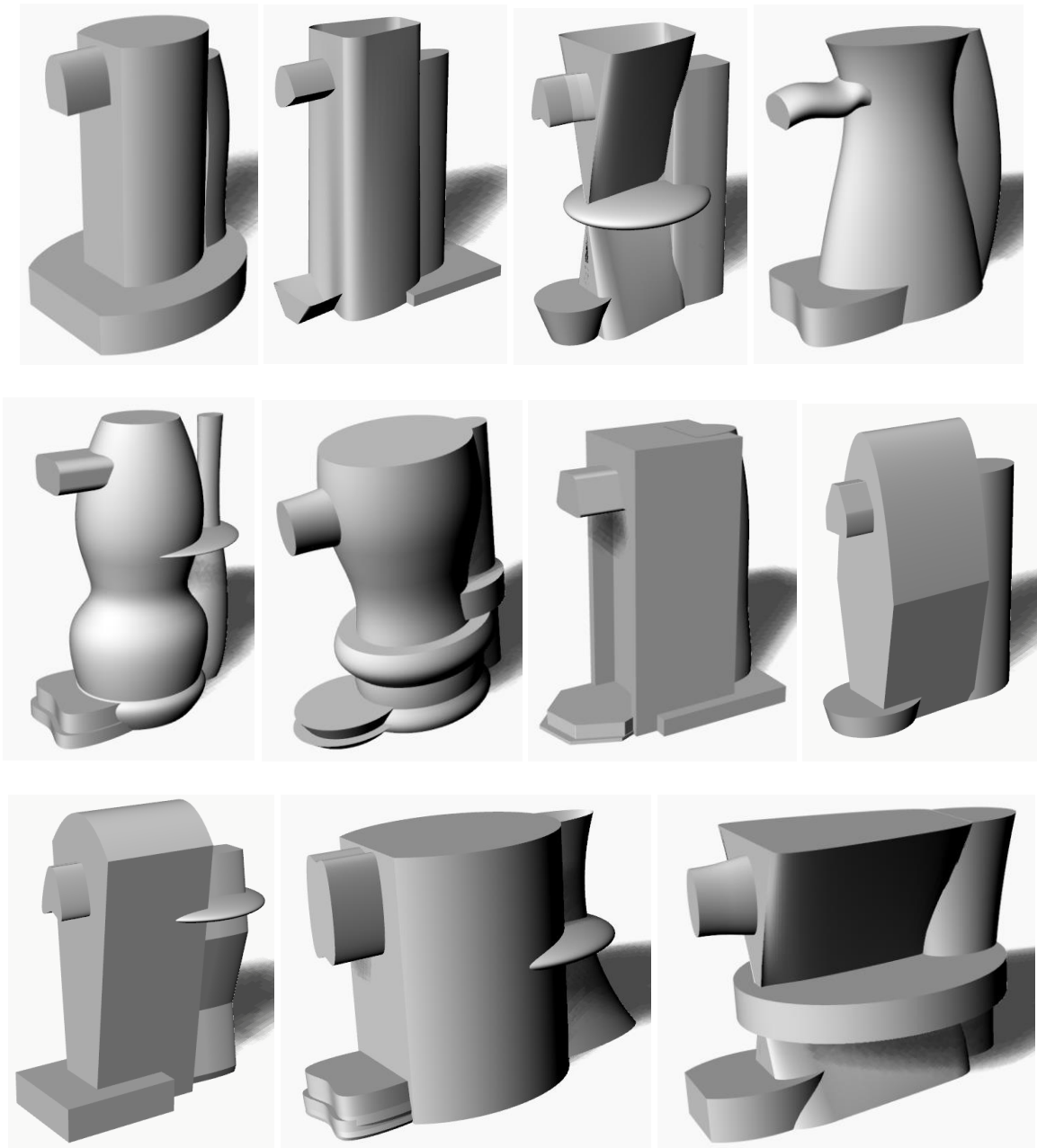
5. Cree un deslizador numérico (**Params/Input/Number Slider**) con un rango entre 0 y 1. Haga clic con el botón derecho sobre la entrada **C** y seleccione la hélice desde la zona de gráficos de Rhinoceros. Conecte el deslizador numérico a la entrada **R** para definir su radio. Para finalizar, inserte la función **Brep** y conéctela a la salida **S**. Para definir la terminación del muelle haga clic con el botón derecho sobre la entrada **E** (**None**, **Flat**, **Round**) donde puede escoger entre una forma redondeada y otra recta.



6. **Revolution (Surface/Freeform/RevSrf)** crea una superficie de revolución a partir de un perfil (**B**) y un eje de revolución definido por dos puntos o una recta (**A**). La entrada **D** define el ángulo en radianes de la revolución a realizar. En este caso se ha introducido un deslizador numérico (**Params/Input/Number Slider**) para su definición.
7. El resto de funciones de la práctica pueden realizarse de forma semejante a las ya descritas. En el caso del **Loft** seleccione en la entrada **C** los diferentes perfiles o curvas a recubrir. Para la realización de la extrusión hasta un punto (**Extr**) seleccione la sección a extruir (**B**) y el punto (**P**). La creación de un barrido a partir de una curva guía (**Sweep1**) requiere la selección de la curva guía (**R**) y la selección de las curvas que definen la sección (**S**). Finalmente, la operación **Planar** crea una superficie plana a partir de la selección de aristas (**E**).



·Conceptos adicionales.



Análisis del diseño estético desde un enfoque generativo. Aplicación al diseño conceptual de una cafetera.

