



30 DE JUNIO DEL 2016

TRABAJO DE FIN DE GRADO

DISEÑO DE UNA BICICLETA POLIVALENTE MEDIANTE DISEÑO GENERATIVO

JOSE NAVARRO PASCUAL



ÍNDICE

1 Objeto	3
2 Diseño de bicicletas	4
2.1 Definición	4
2.2 Antecedentes e historia	4
2.3 Estudio de mercado	8
2.3.1 Bicicletas de carretera	10
2.3.2 Bicicletas de montaña	11
2.3.3 Bicicletas <i>Gravel</i>	13
3 Diseño generativo	15
3.1 Concepto de diseño generativo	15
3.2 Aplicaciones del diseño generativo en el sector del ciclismo	18
3.3 Aplicaciones del diseño generativo en otros sectores	18
3.3.1 Arquitectura	18
3.3.2 Arte	20
3.3.3 Diseño gráfico	20
3.3.4 Joyería	21
3.3.5 Literatura	22
3.4 <i>Grasshopper</i>	22
4 Metodología	23
5 Estudio de casos y resultados	24
5.1 Variaciones en la geometría	25
5.2 Variaciones en la forma	27
5.2 Variaciones en los ejes	30
5.3 Variaciones en el paso de rueda	32
5.4 Variación del sistema de frenado	34
6 Conclusiones	35
7 Anexos	37
7.1 Bibliografía	37

1 OBJETO

En el siguiente texto se proyectará la idea de una bicicleta híbrida y/o polivalente, es decir, una bicicleta que sirva para circular tanto por asfalto como en terreno arenoso, incluso con gravilla, y pueda ser igual de eficiente en ambos terrenos.

Para ello estudiaremos los diferentes tipos de bicicleta existentes en la actualidad, o los modelos más comunes del mercado, así como su historia y evolución. Dentro de cada tipo de bicicleta estudiaremos sus características principales y las diferentes geometrías específicas de cada modalidad. También deberemos respetar los estándares del mercado para poder complementar nuestro producto con sus debidos componentes, como pueden ser el manillar o las ruedas. Por otra parte estudiaremos al posible público a la que irá dirigida e intentaremos adecuar el producto al usuario en la medida que sea posible.

Inicialmente, la idea se basa en la combinación de dos disciplinas muy marcadas dentro del ciclismo como son el ciclismo de carretera en línea y el ciclismo de montaña. Se podría decir que pretendemos *“ver más allá del asfalto”* y llegar donde no lo hay, para así poder pedalear libremente sin depender del terreno. Un segundo objetivo del proyecto es la comodidad del usuario.

La ejecución del proyecto está basada en el diseño generativo. Que aplicaremos en el sector del ciclismo para comprobar las opciones que nos ofrece para el desarrollo de futuros proyectos en el sector, así como, los límites de la herramienta.

Para ello diseñaremos una bicicleta utilizando este método y analizaremos las posibles soluciones formales que el método nos genera de forma simultánea.

Cabe destacar que anteriormente cuando hemos hablado de bicicleta nos hemos referido al cuadro o marco.

2 DISEÑO DE BICICLETAS

2.1 DEFINICIÓN

Según la RAE la bicicleta se describe como un “vehículo de dos ruedas, normalmente de igual tamaño, cuyos pedales transmiten el movimiento a la rueda trasera por medio de un plato, un piñón y una cadena”. En otras fuentes se describe como “un tipo de transporte particular cuyas características principales son que posee dos ruedas y que funciona a través de la fuerza que ejercen las piernas del usuario”. Por lo tanto podemos deducir que se trata de un vehículo de tracción humana cuyo usuario transmite el movimiento de sus piernas a las ruedas mediante un sistema de transmisión.

2.2 HISTORIA

Sus orígenes provienen de las antiguas civilizaciones egipcias, chinas e indias de donde se tiene constancia del desarrollo de varios artilugios rudimentarios de dos ruedas unidas por una barra. Pero no se vuelven a tener noticias sobre dicho artilugio hasta aproximadamente el año 1490 en el *Codex Atlanticus* de *Leonardo da Vinci* en el cual se describe un artilugio de dos ruedas propulsado mediante pedales junto con una transmisión con cadena. Dicha descripción aproxima el objeto de *da Vinci* a lo que hoy en día conocemos como bicicleta.

En cambio tenemos que esperar hasta finales de siglo XVII para tener noticias del primer antecedente físico de la bicicleta. Se trata de del *celiferio* o *caballo de dos ruedas* que consistía en la unión de dos ruedas mediante un listón de madera sin articulación ninguna y cuya invención se le atribuye al conde francés Mede de Sivrac.

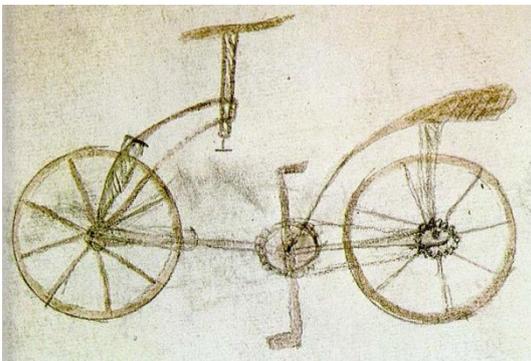
Más adelante, en 1817, el barón alemán Karl Drais introdujo *la Draisiana*, también conocida como *máquina andante*. Se trata de la precursora de la bicicleta. Y consistía en un listón de madera que unía las dos ruedas del vehículo además de soportar un manillar que servía para apoyar las manos y dirigir el artilugio, aunque no estaba articulado. La máquina también contenía una pequeña montura donde se sentaba el usuario. La propulsión de la *Draisiana* consiste en aprovechar las zancadas de usuario al andar y transmitir el movimiento a las ruedas para así poder avanzar unos cuantos metros sin volver a dar otra zancada.

El herrero escocés *Kirkpatrick Macmillan*, en el año 1839, construye la primera bicicleta con pedales, innovación que nunca patentó y que más adelante fue copiado y difundido por *Gavin Dalzell*, en 1846. Fue conocida como *Macmillan* y básicamente consistía en una *Draisiana* con pedales, situados directamente en la rueda delantera. Más adelante, en 1866, *Pierre Michaux* presenta en Francia su *velocípedo* cuya distinción principal de la *Macmillan* consiste en el diámetro de sus ruedas, la rueda delantera es de mayor diámetro que la trasera. Dicha innovación se produce con motivo de aprovechar la

inercia de la rueda para así poder aumentar la velocidad del artilugio. El *velocípedo* acabará cayendo en desuso debido al gran diámetro de rueda que llegan a alcanzar, cosa que penaliza la estabilidad y manejo de dicho artilugio.

Durante los años siguientes al *velocípedo* se producen varios inventos cruciales para la posterior llegada de la *bicicleta de seguridad* como el buje de rodamientos, las ruedas con radios metálicos, la rueda libre y la transmisión, entre otros.

En 1885 aparece la *bicicleta de seguridad* de John Kempt Starley donde la rueda de propulsión pasa a ser la trasera gracias a una transmisión que utiliza una cadena que trasmite la fuerza de los pedales a la rueda trasera. El modelo también incorpora el uso de rodamientos en las ruedas. Además, la máquina está dotada de frenos, para mejorar la seguridad del usuario. Más adelante, *John Boyd Dunlop* desarrolla los neumáticos, de los cuales el tubo interior se rellena de aire para amortiguar parte de las vibraciones producidas por la rugosidad de las calzadas.



Inicialmente la *bicicleta de seguridad* solo forma parte de las clases elitistas de la época. Aunque poco a poco se extiende por el mundo industrializado sin importar su clase social, en parte gracias a la reducción de los costes y a los diferentes avances tecnológicos que se dan con el paso de los años.

Cabe destacar que desde la invención del *velocípedo* fueron apareciendo diferentes asociaciones de aficionados ciclistas así como competiciones las cuales se utilizaban tanto para demostrar la fiabilidad de estos artilugios en sus desplazamientos como para la difusión de estos artilugios. Así pues en 1889, con la entrada de la *bicicleta de seguridad*, nace oficialmente el ciclismo de competición. Pero no es hasta 1903 cuando nace la prueba más importante de ciclismo, el *Tour de Francia*, que sigue celebrándose en la actualidad. Estas pruebas fomentan la afición por el ciclismo además de la evolución de esta. Además empiezan a surgir las primeras empresas especializadas en ciclismo, como puede ser *Colnago*, y que utilizan estas pruebas para ganar prestigio.

Con el paso del tiempo evolucionan los materiales y las técnicas de construcción y se llega a la forma de bicicleta que conocemos actualmente. Estas modificaciones se producen con intención de aumentar la eficiencia de las bicicletas así como la comodidad de los usuarios.

Por otra parte, ya en los años 70, en EEUU, a partir de distintas modificaciones para adaptar las bicicletas a todos los terrenos nacen las *bicicletas de montaña*. Se trataba de bicicletas de fabricación artesanal hasta que en 1982 *Specialized* saca al mercado su *Stumpjumper*, fabricada en serie.

En 1984, *Francesco Moser*, gracias a la incorporación de diferentes tecnologías, bate el récord de la hora en un velódromo mejicano. Dichas tecnologías se basaban en los ángulos de la bicicleta, que la hacían más eficiente en cuanto al pedaleo y aerodinámica, y en las ruedas. Este hecho produce una revolución en las bicicletas y se vuelve a hablar de evolución. Se empiezan a estudiar las geometrías de los cuadros así como los materiales utilizados para su construcción, pasan del hierro al aluminio y de ahí al carbono, siempre buscando la ligereza y rigidez de estos. Por otra parte los componentes también evolucionan para buscar la eficiencia en las funciones que estos desarrollan, no solo se trata de evoluciones en materiales también se evoluciona en cuanto a tecnologías y nuevas funciones de los distintos elementos. Con estos avances se podía contar con diferentes bicicletas para diferentes terrenos, dentro de una misma modalidad.

Desde entonces y hasta el momento han surgido distintas modalidades de ciclismo que conllevan una adaptación de la bicicleta para cada modalidad. Hecho que junto al desarrollo tecnológico ha especificado el ciclismo, es decir, una bicicleta para cada modalidad. Con esto se ha conseguido que, por ejemplo, con una bicicleta de carretera resulta difícil rodar por un terreno no asfaltado.

Cabe destacar que todos estos avances se producen junto a los producidos en el sector industrial que desarrolla nuevas técnicas de fabricación y nuevas tecnologías que más tarde son aplicadas en el ciclismo.

2.3 ESTUDIO DE MERCADO

Una vez llegados a este punto para continuar con la historia de la bicicleta y comprender sus evoluciones debemos fijarnos en el ciclismo tal y como está en la actualidad. Para ello desarrollaremos un estudio de mercado. En dicho estudio trataremos de explicar las diferencias entre cada modalidad y explicar las especificaciones o adaptaciones que han sufrido las bicicletas en cada modalidad.

En primer lugar debemos hacer una distinción básica entre los terrenos por los cuales circulan las bicicletas, es decir, carretera o montaña. Teniendo en cuenta que el suelo montañoso es más rugoso y se pueden encontrar obstáculos, como por ejemplo piedras o baches. Por otra parte, dicho terreno no se encuentra siempre compacto ya que podemos encontrar tramos de arena suelta o grava. En cambio el firme de la carretera suele estar asfaltado y por tanto se rueda más fino sobre un terreno más compacto. La modalidad de pista cubierta, aunque el suelo suele ser de madera tratada, comparte multitud de similitudes con la carretera así que la incluiremos dentro de esta. Dependiendo del terreno podemos encontrar diferencias entre los componentes de las bicicletas utilizadas.

Por lo general para circular por la montaña se utilizan cubiertas con tacos, que son generalmente más anchas. Además, de los diferentes tamaños de rueda, en los que profundizaremos más adelante. Al tratarse de un terreno más exigente y con pendientes más pronunciadas se utilizan desarrollos menores que en carretera, aunque la transmisión y su funcionamiento son iguales. Por el mismo motivo, así como para mejorar la seguridad del usuario, se busca potenciar la frenada y actualmente se ha impuesto el freno hidráulico de disco, aunque no en todas las modalidades. Otro componente característico en las bicis de montaña son los amortiguadores, siendo más común el delantero que el trasero, pero tampoco están impuestos en todas las modalidades.

Por otra parte, en la carretera se busca la velocidad y la rigidez por lo que se pueden utilizar ruedas de perfil o lenticulares, aunque esto depende de las exigencias del usuario. En cuanto a las cubiertas suelen ser lisas, las cuales se soportan grandes presiones de aire. Otra particularidad de estas bicicletas son los frenos que normalmente utilizan el mismo mecanismo que el sistema de cambio de la transmisión. Dependiendo de la modalidad se utilizan frenos de herradura o de piñón fijo, utilizadas en pista.

Cabe destacar que la bicicleta de montaña proviene de los EEUU así que sus medidas suelen venir dadas por pulgadas. Por el contrario las bicicletas de carretera, como hemos visto anteriormente, proceden de Europa y utilizan el sistema internacional para sus mediciones.

En cuanto a geometrías no podemos hacer únicamente distinciones entre carretera o montaña sino que debemos incluir las diferentes modalidades.

Principalmente, antes de estudiar las diferentes modalidades ciclistas debemos tener en cuenta los objetivos del usuario. Es decir, si el usuario va a realizar un uso lúdico o un uso competitivo de la bicicleta. La principal diferencia se encuentra en que para un uso lúdico los ángulos de la bicicleta dejan de ser tan verticales para premiar así la comodidad del usuario, sin tener tanto en cuenta la aerodinámica.



A continuación se clasifican las diferentes modalidades de ciclismo. La principal diferencia entre estar reconocida por la UCI o no se encuentra en el reglamento de las pruebas. Es decir, al estar reconocido por la UCI se adquiere una reglamentación que influye tanto en las características de las bicicletas como en el desarrollo de competiciones, aunque solo afecta a los usuarios que quieran presentarse a alguna competición. De las otras modalidades también se celebran competiciones, aunque no están reguladas por un reglamento oficial sino que se aplica un reglamento desarrollado por el organizador.

Modalidades reguladas por la UCI:

- Ciclismo de carretera: ciclismo en línea, Contrarreloj y Pista.
- Ciclismo de montaña: CX (Ciclo Cross), XC (Cross Country), Marathon, DH y 4x.

Otras modalidades de ciclismo, no reguladas por la UCI:

- Ciclismo carretera o urbano: Paseo, Piñon Fijo y bicicletas eléctricas
- Ciclismo de montaña: Trail, Enduro y Freeride

2.3.1 CICLISMO DE CARRETERA

En la modalidad de carretera la bicicleta más utilizada es la bicicleta de ruta, la que se utiliza en el ciclismo en línea. En la actualidad se están introduciendo modelos de bicicleta más aerodinámicas. Son utilizadas por cualquier tipo de públicos, desde los que practican el cicloturismo de forma lúdica hasta los que participan en competiciones.



Specialized Tarmac



Specialized Venge Vias

En el ciclismo en ruta se premia la ligereza y rigidez del cuadro. Los componentes pueden ser mecánicos, mediante cables de acero, o electrónicos. Los desarrollos varían según el tipo de terreno por el que se va rodar, en llano o en desnivel. De todos modos se utilizan desarrollos que permiten alcanzar grandes velocidades.

La aerodinámica también es importante en la carretera, en todas sus modalidades, aunque a veces las posiciones aerodinámicas resultan incómodas para los usuarios. La tendencia, en los modelos superiores de las gamas, es esconder los cables de los componentes o bien en el cuadro o bien mediante componentes electrónicos con los que se pretende reducir la fricción con el viento y mejorar la aerodinámica. Otro factor que influye en la aerodinámica es el de las ruedas de perfil ya que con un perfil adecuado podemos conseguir más inercia que en unas ruedas sin perfil.

Como podemos comprobar en el ciclismo en carretera se busca reducir la fricción aerodinámica así como el peso del conjunto de la bicicleta. Se trata de bicicletas cuyo objetivo es aumentar la eficiencia en el pedaleo para conseguir mayores velocidades.

Otros modelos utilizados para la carretera son los de bicicletas de contrarreloj y pista, mucho más específicas y por lo tanto su influencia en el mercado es mucho menor. Ambos modelos están basados en la aerodinámica pero se diferencian en sus formas.

La bicicleta de contrarreloj lleva un manillar con acoples aerodinámicos, donde se alojan los mandos de cambio y frenos. En estas bicicletas el peso no importa tanto. Suelen utilizar ruedas de bastones y lenticulares para mejorar las inercias de estas.

Por su parte las bicicletas de pista no tienen sistema de cambio de transmisión ni sistema de frenado, utilizan el llamado piñón fijo, su manillar es similar al manillar de los modelos de ciclismo en línea. En el ejemplo se aprecia una bicicleta de pista aleatoria ya que dentro de la misma disciplina de pista existen diferentes modalidades y con ellas las bicicletas sufren pequeñas modificaciones, como puede ser el manillar.



Pinarello Bolide TT



Bianchi Pista

2.3.2 CICLISMO DE MONTAÑA

Dentro del ciclismo de montaña encontramos una gran variedad de modalidades y vemos como las bicicletas se adaptan según a las exigencias del terreno, desde los modelos de *descenso* a los modelos de *rally* o *xc marathon*. Aunque en todas las modalidades es común el uso de neumáticos adaptados al terreno de la montaña y una amortiguación, sobretodo en la rueda delantera. Los desarrollos utilizados son menores que los de carretera ya que el terreno no permite alcanzar grandes velocidades y se tiene en cuenta las dificultades del terreno, como las pendientes.

La modalidad más practicada, o la que más mercado tiene, es el *xc* que combina los caminos de pista con tramos de sendas. Estas bicicletas tienen unas geometrías bastante similares a las bicicletas de ciclismo en ruta, con la que se pretende sacar el máximo rendimiento y eficiencia al pedaleo del usuario. Las hay con una sola amortiguación, en la rueda delantera, o de doble suspensión, pensadas para recorridos más largos y técnicos. Los recorridos de los amortiguadores no suelen ser muy largos y en la actualidad existen sistemas de bloqueo de los recorridos que permiten aumentar la eficiencia el pedaleo, sobre todo a la hora de subir en pendientes.



Specialized Stumpjumper 29"



Specialized Epic 29

Dentro de esta disciplina podemos encontrarnos con diferentes tamaños de rueda, que pretenden adaptarse a los diferentes terrenos. Los tamaños de ruedas son 26", 27.5" y 29".

Mientras los modelos de 26" parecen estar ya obsoletos en el debate entre 27.5" y 29" aún no está resuelto. Se piensa que los modelos de 27.5" son mejores para terrenos con grandes desniveles y con sendas rápidas por su ligereza respecto a las de 29". Mientras que las 29" destacan por su forma de rodar en los llanos en pista debido a la inercia que pueden llegar a desarrollar sus ruedas, mayor radio mayor inercia. Este tamaño de ruedas también resulta ventajoso en terrenos rotos, con piedras, raíces, etc, ya que permite superar los diferentes obstáculos con gran facilidad.



Cannondale Flash 26"



Scott Spark 27.5"



Canyon Exceed 29"

Cabe hacer mención a los nuevos modelos que se están introduciendo en el mercado como podrían ser las *fat bikes* o las 27.5"+. Ambos modelos utilizan neumáticos más anchos de lo habitual, que en el caso de las *fat bikes* superan las 4" de ancho, y de entre 2.8" y 3" en el caso de las 27.5"+. Están pensadas para rodar por superficies especiales como puede ser la nieve o las dunas del desierto destacan por estar dotadas de una gran estabilidad al rodar.



Berria Bravo Fatty 27.5"+



Trek Farley Fat Bike

En el lado opuesto se encuentran las bicicletas utilizadas en la modalidad de *descenso* o *DH* están pensadas para bajar por largos senderos con grandes irregularidades en el terreno, o bien saltos o bien raíces u otros obstáculos. Se trata de bicicletas con doble suspensión, pensadas para reducir la transmisión de impactos que recibe la bicicleta al usuario. Para ello utilizan recorrido más largos en los amortiguadores y ángulos más abiertos para conseguir superar estos obstáculos con la mayor facilidad posible.



Santa Cruz V10

2.3.3 BICICLETAS GRAVEL

Se trata de una modalidad que no sabríamos si clasificar dentro del ciclismo de carretera o de montaña ya que combina características de ambas modalidades.

Esta modalidad surge en países como Estados Unidos o Australia con intención de combinar la carretera con los caminos de montaña.

Inicialmente, antes de que las marcas de ciclismo empezaran a desarrollar sus propios diseños, las bicicletas se construían de forma artesanal por los usuarios o pequeños estudios que desarrollaron sus propias bicicletas. Los primeros modelos surgen de bicicletas de carretera hechas aluminio, normalmente bicicletas antiguas, con un paso de rueda que permite montar una cubierta más ancha de lo normal en carretera a las

cuales se les acoplan los frenos de disco. Esto permite montar una rueda más ancha y con tacos para mejorar el agarre en superficies arenosas. Por su parte los discos multiplican la eficiencia en la frenada, además de permitir montar un neumático más ancho, ya que las pinzas no influyen en su montaje.

En la actualidad las marcas más importantes en el sector del ciclismo ya están desarrollando sus propias bicicletas *gravel* así como materiales y componentes específicos para ellas.



Ejemplos de bicicletas *Gravel*

3 DISEÑO GENERATIVO

3.1 CONCEPTO DE DISEÑO GENERATIVO

El diseño generativo es un método de diseño cuyo resultado se obtiene a partir de una serie de normas y/o algoritmos, variables o no. Está basado en el diseño parametrizado, sobre todo en cuanto a modelado. Se trata de un método que permite explorar una gran multitud de posibles resultados con todas sus variables. Este método puede aplicarse gracias a las aplicaciones de diseño asistido por ordenador.

El diseño generativo elabora, total o parcialmente, diseños mediante el uso de sistemas definidos por algoritmos, es decir, por un conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema.

El diseño generativo está inspirado en los procesos naturales de crecimiento, donde partiendo de la misma base y siguiendo el mismo proceso de desarrollo los resultados ofrecen pequeñas variables entre sí, ya sean variables genéticas o pequeñas mutaciones. Esta técnica pretende aplicar una metodología similar en los campos de la arquitectura, el diseño y el desarrollo de productos, aunque actualmente se está empezando a aplicar en otros campos como la comunicación o la programación.

El método ha sido definido por diferentes diseñadores y arquitectos, cada uno desde su propio punto de vista. Algunas de esas definiciones son:

LARS HESELLGREN: *“Generative design is not about designing the building – Its’ about designing the system that builds a building”* [El diseño generativo no es diseñar un edificio, es diseñar el sistema que construya el edificio].

PAOLA FONTANA: *“Generative Design Processes is about the modeling of initial conditions of an object (its “genetics”) instead of modeling the final form”* [El proceso de diseño generativo trata sobre el modelado de las condiciones iniciales de un objeto (su genética) en lugar del modelado de la forma final].

CELESTIN SODDU: *“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].

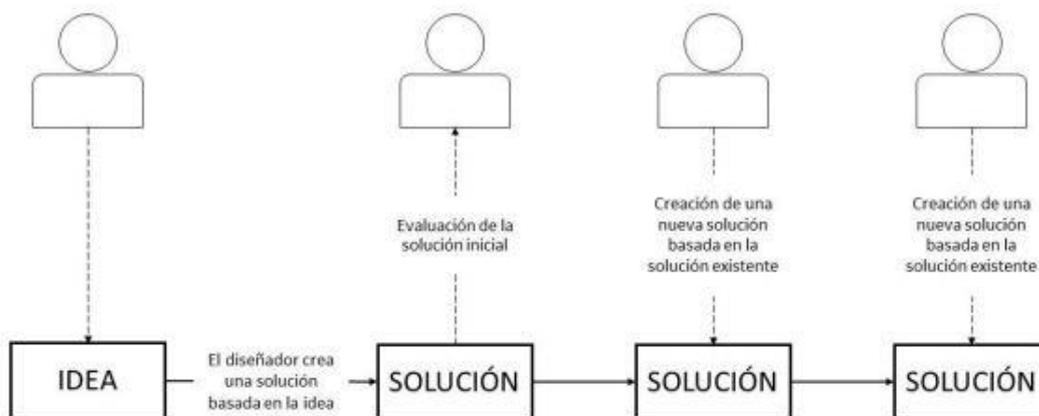
FRANK PILLER: *“A basic form, pattern, or object is automatically modified by an algorithm. The result: infinite random modifications of the starting solution (within a solution space set by the designer)”* [Una forma básica, figura u objeto es automáticamente modificado por un algoritmo. El resultado: infinitas modificaciones aleatorias de la solución inicial (dentro de un espacio de soluciones definido por el diseñador)].

KRISTINA SHEA: *“Generative design systems are aimed at creating new design processes that produce spatially novel yet efficient and buildable designs through exploitation of current computing and manufacturing capabilities”* [Los sistemas de diseño generativo están encaminados a crear nuevos procesos de diseño que producen diseños espacialmente novedosos pero eficientes y construibles a través de la explotación de la informática actual y las capacidades de fabricación].

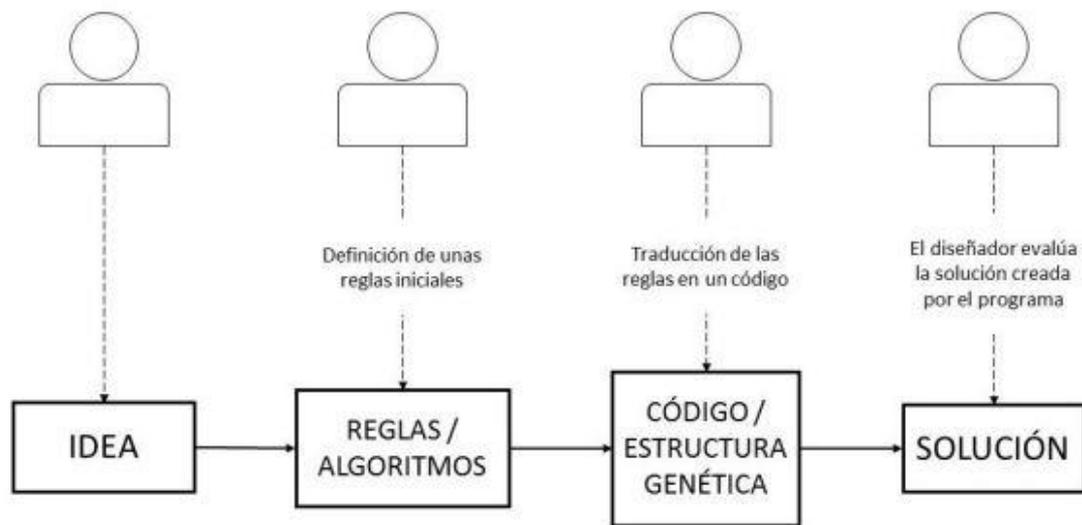
Mediante las definiciones anteriores se puede extraer que el diseño generativo se basa en establecer una serie de parámetros, fácilmente modificables, y sus relaciones, de forma que la alteración de uno de estos parámetros produzca un cambio instantáneo en el diseño.

En la Campus Party de Berlín 2012 el estudio de diseño generativo Onformative define el proceso clásico de diseño y lo divide en los siguientes pasos:

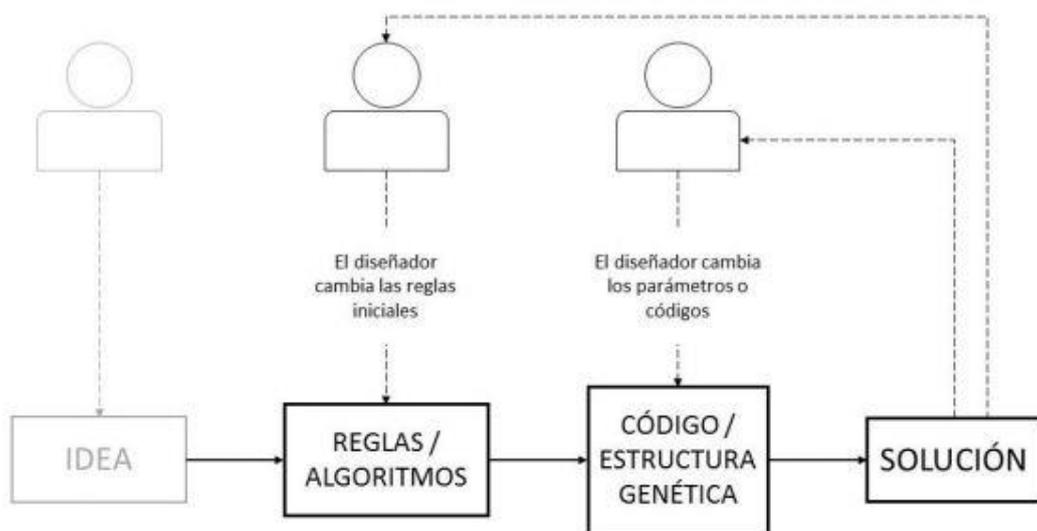
El diseñador genera una idea, con la que pretende llegar a una solución. Una vez desarrollada la idea inicial y obtenida la solución el diseñador la evalúa y comprueba si cumple o no las premisas iniciales. En el caso de una solución no satisfactoria con las premisas iniciales el diseñador debe cambiar aquellas partes del diseño que no cumplen su función y por lo tanto debe generar otra solución, partiendo desde el inicio. Este proceso se repetirá hasta alcanzar una solución satisfactoria.



Por otra parte, el diseño generativo varía en algunos aspectos al proceso clásico de diseño. El diseñador genera una idea, la esquematiza y desarrolla una serie de normas y algoritmos, a partir de las cuales genera un código para darle forma a la idea y así llegar a una solución final.



En la mayoría de los casos, los resultados se obtienen a partir de un esquema inicial, que define la parte fija del resultado, y una serie de variables, que permiten generar soluciones diferentes entre sí. La parte variable puede construirse a partir de números o valores los cuales el usuario puede cambiar o modificar con facilidad o a partir de cambios de algoritmos dentro del mismo esquema.



Al contrario de lo establecido por la metodología tradicional de diseño en el diseño generativo no se focaliza en obtener un único resultado ya preestablecido des del inicio del proyecto sino que pretende crear un esquema mediante el cual generar una gran variedad de resultados. Esto nos permite estudiar y optimizar los posibles resultados sin tener que volver al inicio del proyecto.

3.2 APLICACIONES DEL DISEÑO GENERATIVO EN EL SECTOR DEL CICLISMO

Por el momento no se conocen casos concretos del uso de las técnicas y/o aplicaciones de diseño generativo en el sector ciclista, ya sea en las propias bicicletas o en los diferentes componentes que las componen.

Por ello queremos hacer un análisis del programa y observar las opciones que nos ofrece para una posible aplicación dentro del sector.

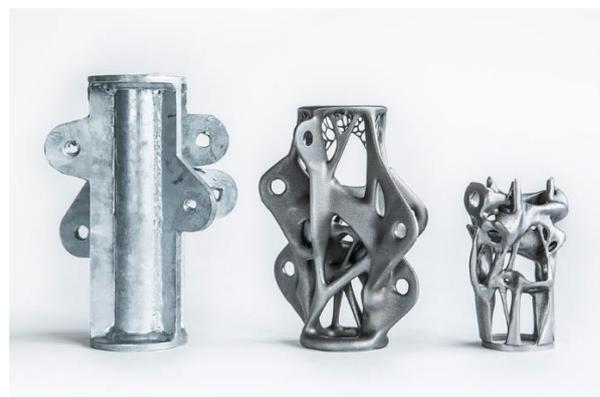
3.3 APLICACIONES DEL DISEÑO GENERATIVO EN OTROS SECTORES

Pese a tratarse de una técnica reciente, el diseño generativo es utilizado en multitud de campos. Los más comunes están relacionados con el diseño formal, de donde se obtiene un resultado visual, aunque no son los únicos que utilizan esta técnica para el desarrollo de sus proyectos.

3.3.1 Arquitectura

Cada vez son más los estudios arquitectónicos que utilizan el diseño generativo para desarrollar sus diseños, tanto para espacios interiores como exteriores o cubiertas. Este método en su aplicación arquitectónica es también conocido como *arquitectura generativa*.

Uno de estos estudios es ARUP, un grupo multidisciplinar de ingenieros, arquitectos y científicos que trabajan conjuntamente en la construcción de edificios, estructuras y ambientes.



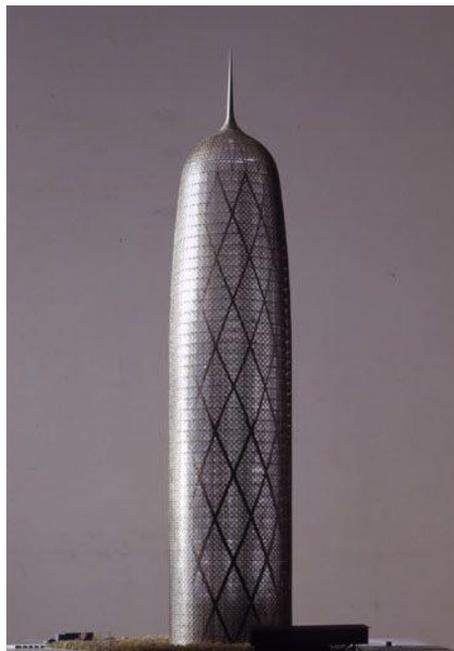
Proyectos de ARUP

Jürgen Mayer, es un arquitecto alemán conocido por su proyecto *Metropol Parasol de la Encarnación* de Sevilla, entre otros proyectos. Su trabajo se caracteriza por utilizar la tecnología para crear nuevas formas, en su mayoría orgánicas.



Proyectos de Jürgen Meyer

Otros arquitectos como Rem Koolhaas, Thomas Heatherwick, Toyo Ito o Zaha Hadid, entre otros muchos, utilizan esta técnica para el desarrollo de sus conceptos o proyectos.

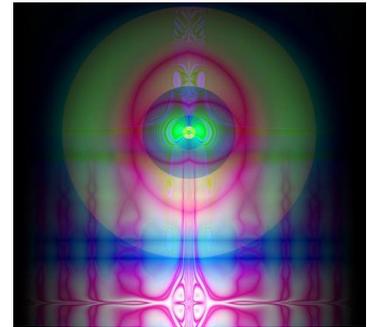
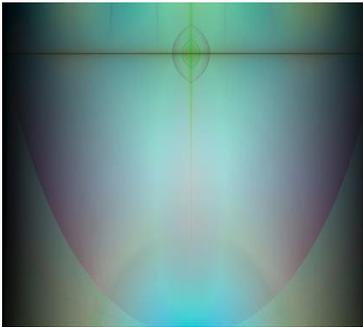


Proyectos de Arquitectura Generativa

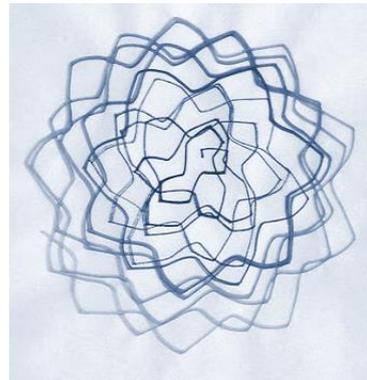
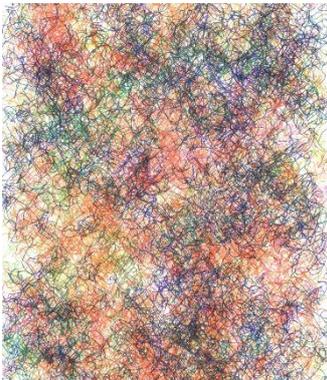
3.3.2 Arte

Esta vez se trata de obtener obras de arte a partir de algoritmos informáticos ordenados, o no, y diferentes secuencias basadas en la alteridad y sincronía de las formas computadas. Este método también es conocido como *arte generativo* y permite la obtención de obras totalmente diferentes pero que comparten concepto.

El arte generativo es utilizado por artistas como Jean-Pierre Hébert y Roman Verostko fundadores del estudio *Algorists* o Philip Galanter, entre otros artistas.



PHILIP GALANTER, *Generative Bodies*



ALGORISTS, *works*

3.3.3 Diseño gráfico

El diseño generativo es utilizado en el ámbito del diseño gráfico sobretodo en cuanto a logotipos se refiere. Mediante controladores los estudios modifican los logotipos dependiendo de las condiciones en las que se encuentran los parámetros marcados como variables. Los logos cambian su resultado final, como puede ser su forma o color, pero sin perder su identidad.



Logotipo generativo

3.3.4 Joyería

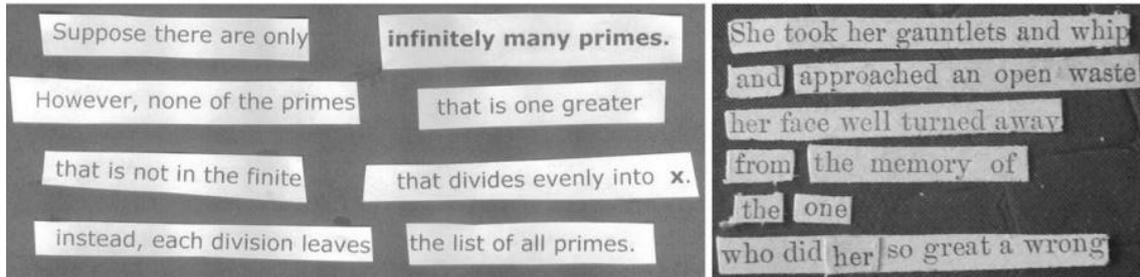
Nervous System es un estudio de diseño fundado en 2007 dedicado al diseño generativo. Sus productos son obtenidos a partir de este método y mediante diferentes aplicaciones o softwares. No solo se dedican al mundo de la joyería, también han diseñado una gran variedad de complementos para el hogar, como lámparas. Para el desarrollo de sus productos se basan en las formas de la naturaleza, así pues, se trata de productos con ausencia de aristas, cuya forma podría considerarse orgánica.



Nervous System, joyas

3.3.5 Literatura

En literatura es conocida la técnica cut-up que consiste en crear un texto a partir de fragmentos cuyo el significado varía según el orden de los fragmentos. Esta técnica podemos compararla al diseño generativo ya que ofrece diferentes resultados o significados a partir de unas premisas iniciales, o fragmentos.



Método cut-up

3.4 GRASSHOPPER

Grasshopper es la herramienta a utilizar para el desarrollo de nuestro trabajo ya que permite crear un código de reglas y algoritmos modificables mediante los cuales obtener varios resultados o soluciones.

Para entender el *Grasshopper* primero debemos conocer el software *Rhinoceros 3D* ya que se trata de un *plug in* de este.

Rhinoceros 3D es una herramienta de software desarrollada por *Robert McNeel & Associates* cuyos orígenes se encuentran fuertemente ligados al AutoCAD de Autodesk. Aunque en la actualidad están totalmente desvinculados.

Se trata de una herramienta basada en NURBS que permite el modelado tridimensional. Además, *Rhinoceros 3D* permite el renderizado fotorrealístico de las formas previamente moldeadas. Los *NURBS* permiten generar superficies tridimensionales de formas orgánicas complejas ya que están compuestos por *splines* definidas mediante sus puntos de control y los vectores entre nodos.

Esta aplicación va dirigida a las disciplinas relacionadas con el diseño aunque también se utiliza en algunas ramas de la ingeniería.

En cuanto a *Grasshopper* se trata de un *plug in* para software *Rhinoceros 3D* también desarrollado por *Robert McNeel & Associates*. La aplicación permite la creación de modelos a través de diferentes componentes y/o algoritmos que contienen sus propias entradas y salidas de datos. Los resultados se obtienen mediante la unión de estos componentes. Dichos componentes contienen sus propios algoritmos para generar

formas que pueden ser modificadas mediante la unión con otros tipos de algoritmos como los numéricos o textuales.

La interfaz del Grasshopper está orientada a la edición de algoritmos mediante nodos. La información puede enviarse entre componentes mediante cables que conectan las salidas de información con las entradas de esta. La información de los componentes también puede extraerse de ficheros externos o desde un documento de Rhinoceros 3D, en cuyos casos será considerada como constante.

En la pantalla del plug in no se puede visualizar el resultado generado mediante la unión de componentes y sus variaciones. Para ello utiliza las vistas del Rhinoceros 3D, donde se proyectan los resultados y sus variaciones de forma conceptual. Finalmente, el plug in permite la exportación de modelos a Rhinoceros 3D, cosa que permite la formalización del diseño así como la obtención de renders fotorrealísticos.

Esta aplicación es utilizada en el diseño generativo por su forma esquemática que fija la distribución de los componentes, cuyos parámetros pueden variar y permite la obtención de una gran variedad de resultados.

4 METODOLOGÍA

Una vez conocido el método de diseño generativo y las características del producto procedemos a aplicarlo en el producto elegido para así comprobar las posibles soluciones o alternativas que nos ofrece este método.

Para empezar a diseñar el producto se proyectará la geometría de éste, de forma esquematizada, en el plano de perfil. Para ello utilizaremos un sistema de coordenadas de los puntos más destacados de la geometría unidos por líneas, donde el único punto fijo será el (0, 0, 0) que pertenecerá al centro del eje de pedalier. Este punto será utilizado como referencia para controlar los otros puntos, que podrán variar, dentro de unos parámetros controlados, para controlar la forma y el tallaje del producto. Estos puntos se utilizarán de referencia para el resto de operaciones, es decir, al realizar variaciones en su ubicación cambiaremos también la ubicación de las superficies que se apoyan en ellos.

Cabe destacar que los principales ángulos de la geometría del producto los vamos a introducir como constantes, ya que son los que se utilizan en el tipo de bicicletas que vamos a utilizar. Por otra parte la herramienta también permite la posibilidad de modificarlos con facilidad, aunque no se dé el caso.

Una vez definidos los puntos clave de la geometría se desarrollarán, también en el plano de perfil, las guías que servirán para definir la forma, en dicho plano, de nuestro modelado final. La forma de las guías dependerá de los puntos de la geometría. También podremos controlar su forma mediante los controladores de las *splines*, que nos permitirán controlar la curvatura de las guías.

Sobre las guías se definirán diferentes secciones, en diferentes planos perpendiculares a las guías, mediante las cuales moldearemos la forma tridimensional del producto. Las secciones también deben de ser moldeables para así modificar la forma del producto. A partir de la modificación de las secciones debemos poder obtener diferencias en los resultados, como podría ser la variación en las aristas del producto.

La aplicación de esta técnica debe tener como solución diferentes diseños del producto. Para ello únicamente deberemos modificar los parámetros deseados dentro del esquema diseñado en el *grasshopper*, no el esquema.

Nuestro objetivo con la aplicación de esta técnica es demostrar de qué se trata de una herramienta realmente útil ya que permite hacer modificaciones instantáneas en el diseño y sin tener que volver a empezar desde cero.

Para ello estudiaremos diferentes las formas que nos ofrece el modelado mediante renders fotorrealísticos. También resulta interesante ver cómo afecta el cambio de la geometría base, ya que sería de gran utilidad para cambiar de talla el modelo.

Por otra parte nos interesa analizar los cambios en cuanto a los pasos de rueda. Esta característica nos permitiría obtener tres modelos de bicicleta dentro de un mismo diseño. Con pequeñas modificaciones de geometría y los pasos de rueda adecuados podemos conseguir una bicicleta de carretera, una *gravel* y una bicicleta de xc en el mismo diseño.

Además probaremos a cambiar el tipo de frenos mediante un pequeño cambio en el esquema del *grasshopper*, es decir, intentaremos obtener el mismo modelo pero con o sin acoples para los frenos de disco.

5 ESTUDIO DE CASOS Y RESULTADOS

En los siguientes puntos del proyecto vamos a analizar los posibles casos y variables que nos ofrece la aplicación del diseño generativo mediante el uso de la herramienta de *grasshopper*.

Ante las diferentes soluciones extraídas mediante la aplicación del diseño generativo se ha optado por dividir las en diferentes apartados dependiendo del tipo de cambio.

Para lograr un mayor entendimiento en las diferentes soluciones que nos ofrece vamos a utilizar diferentes imágenes del producto que nos ofrece la herramienta, ya sean imágenes extraídas directamente de las visualizaciones del programa o renders fotorrealistas.

Para comprender las variables también se mostrarán los algoritmos programados con el *grasshopper* cuando sea necesario.

La información visual del programa pretende mostrar los cambios que pueden realizarse mediante la aplicación de este. Por lo tanto se mostrarán los casos extremos en cada uno de los posibles cambios. Esto no quiere decir que existe un número concreto de soluciones ya que estas son infinitas debido a la multitud de combinaciones posibles.

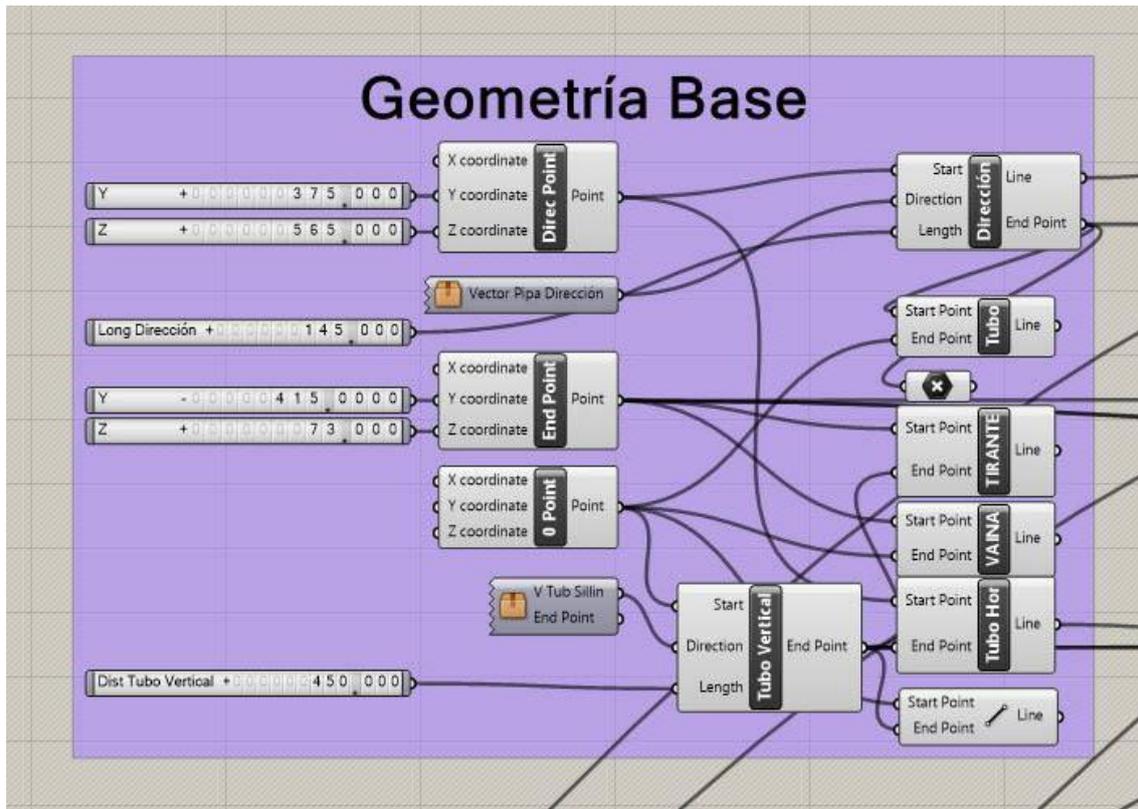


Render fotorrealista de uno de los posibles resultados

5.1 VARIANTES EN LA GEOMETRÍA

En la primera fase del diseño de una bicicleta se establecen los parámetros que definirán la geometría de la bicicleta, es decir, las medidas que definen la forma y talla final.

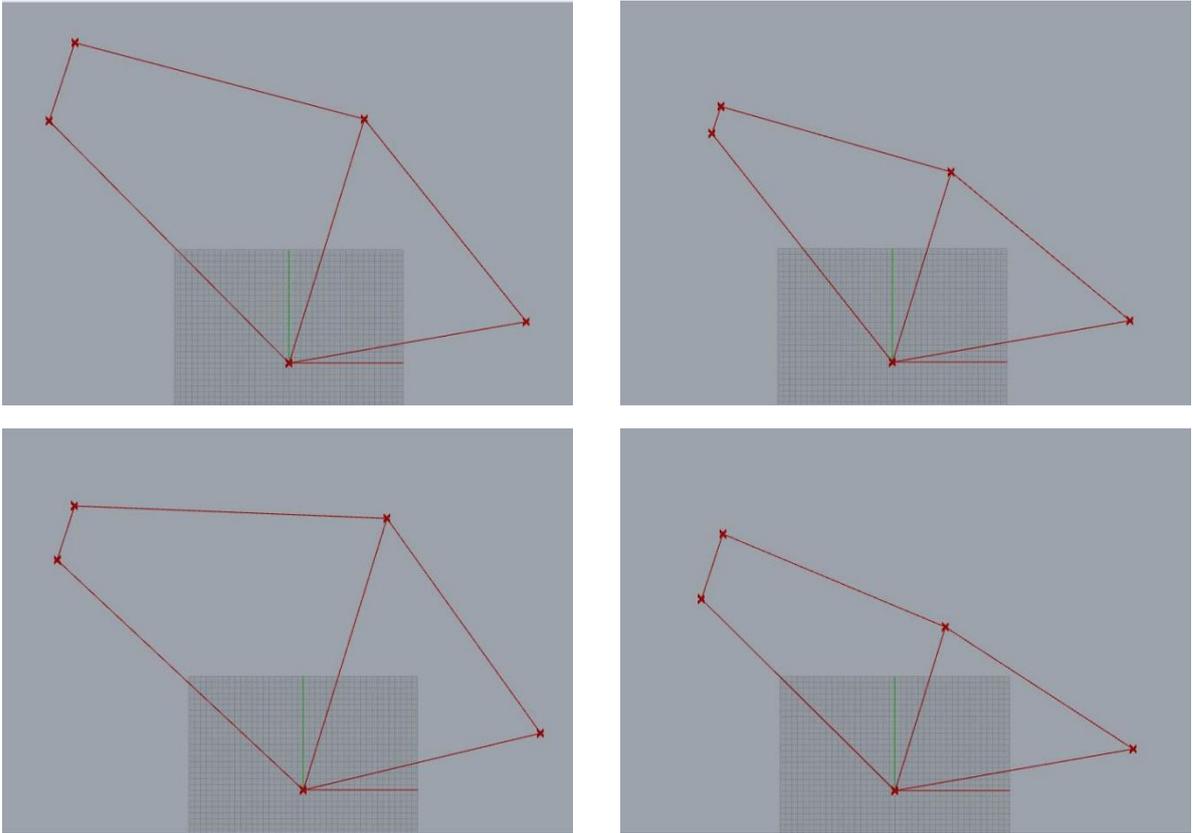
Como se ha mencionado antes, la geometría está definida mediante unos puntos y ángulos estratégicos. Para ello hemos definido los ángulos como constantes, para mantener cierto orden en la forma del producto. Por otra parte, los puntos están introducidos como variables, lo que permite hacer variaciones en la forma y geometría del producto.



Grasshopper, algoritmos de la geometría base del producto

Como se puede apreciar en la imagen anterior, los puntos principales están controlados mediante coordenadas en los ejes y y z, que definen el plano de perfil. Otros puntos están controlados mediante un ángulo constante, un punto inicial y la distancia entre el punto inicial y este nuevo punto. Con la unión de los puntos podemos crear un esquema de líneas para visualizar la geometría que seguirá la bicicleta. Es decir, estos puntos son los que van a condicionar el diseño final del producto.

La variación de estos parámetros no solo cambia la forma inicial de la que será la geometría de la bicicleta sino que nos permite realizar variaciones en el tallaje. Realizando variaciones proporcionales a las medidas elegidas para el diseño definitivo podemos obtener diferentes tallas de una misma bicicleta. Este último punto resulta muy útil ya que no es necesario volver al diseño inicial para adaptar el producto al usuario. Además, la aplicación de esta técnica permite mantener el mismo acabado del modelado formal en las diferentes variaciones geométricas o estructurales.

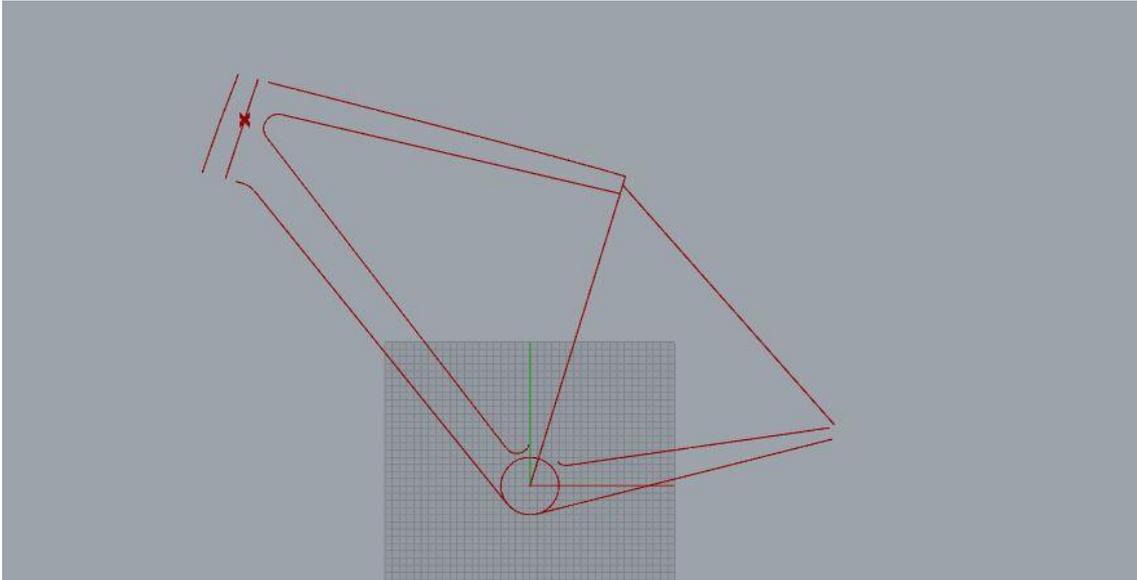


Vista de *Grasshopper*, ejemplos de la geometría base del producto

5.2 VARIANTES EN LA FORMA

Para modelar el producto lo dividimos en “*tubos*” definidos por las líneas de la geometría.

En primer lugar, modelamos el plano de perfil mediante curvas modificables a partir de controladores numéricos. Con esto conseguimos un diseño bidimensional del producto, en dicha vista.

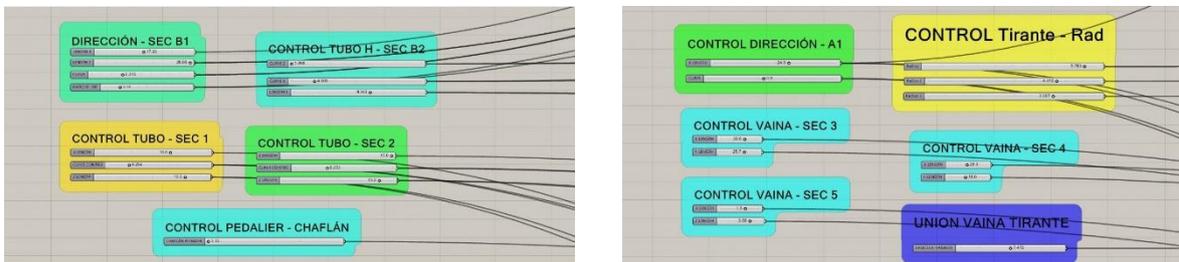


Vista de *Grasshopper*, guías en el plano de perfil

Este mismo diseño bidimensional nos servirá de guía para las posteriores secciones y la creación de superficies.

Una vez diseñadas las guías, se procede a construir secciones en planos perpendiculares al perfil que nos permiten obtener un modelado tridimensional del producto. Para ello las secciones tienen como puntos de inicio y fin las guías mencionadas anteriormente. Las secciones han de ser perpendiculares, contenidas en planos perpendiculares al perfil, a estas ya que la última operación consta de una simetría con el plano de perfil como eje.

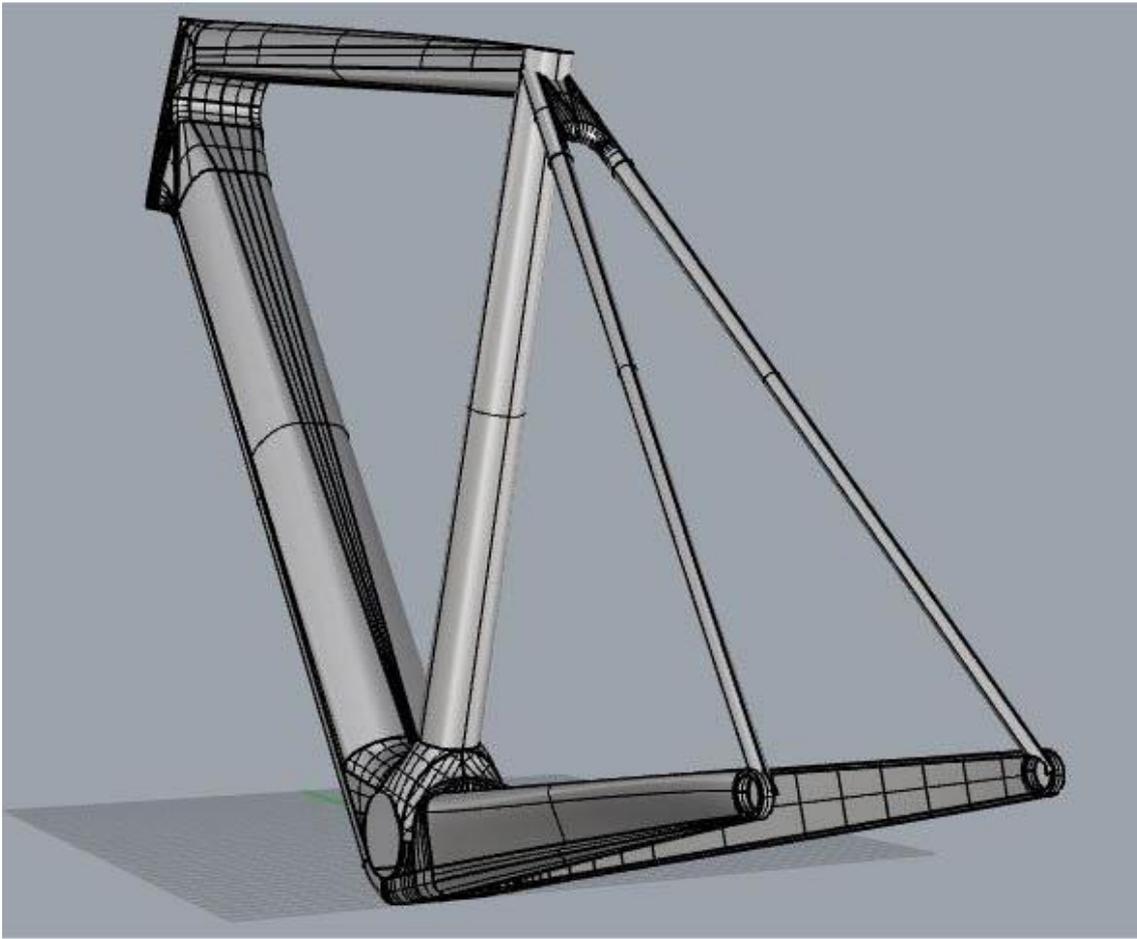
Las secciones nos definirán el modelado final y para poder modificarlas utilizamos controladores numéricos. La aplicación de esta técnica nos permite cambiar las aristas del modelado final. Es decir, podremos cambiar el resultado del modelado, de aristas vivas casi tangentes a aristas suaves que dotan del tubo de cierta circularidad.



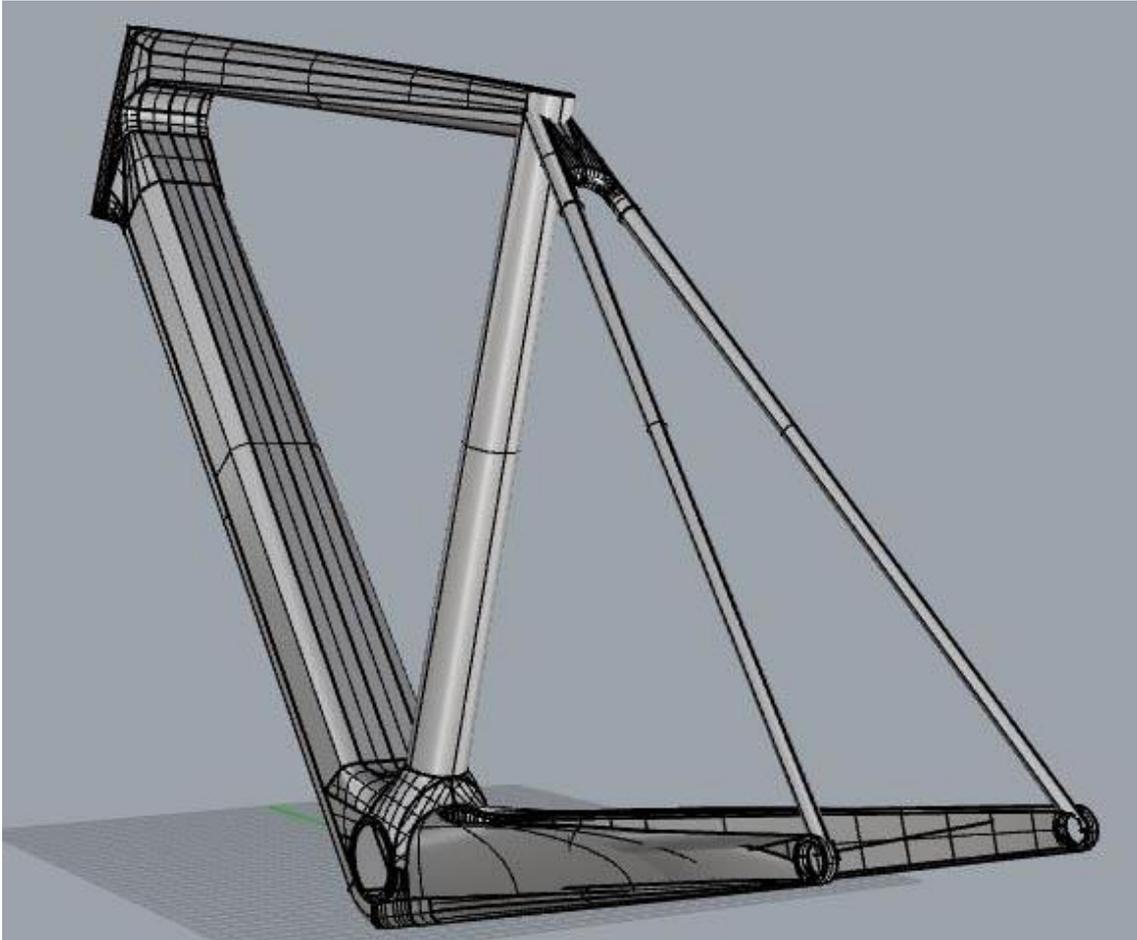
Grasshopper, controladores de las diferentes secciones

Las uniones de entre los “*tubos*” vienen determinados por las mismas secciones que los “*tubos*”. Por lo que la modificación de las diferentes secciones también afecta a las uniones de las diferentes superficies.

Con la aplicación de este método podemos obtener infinidad de resultados en cuanto a modelado se refiere. A continuación se muestran ejemplos con las diferentes soluciones que nos ofrece la herramienta. Utilizamos el ejemplo “*tubo cruzado*” en la vista *shaded* del *Rhinoceros 3D* porque en ella se aprecian los cambios en las secciones de dicho tubo.



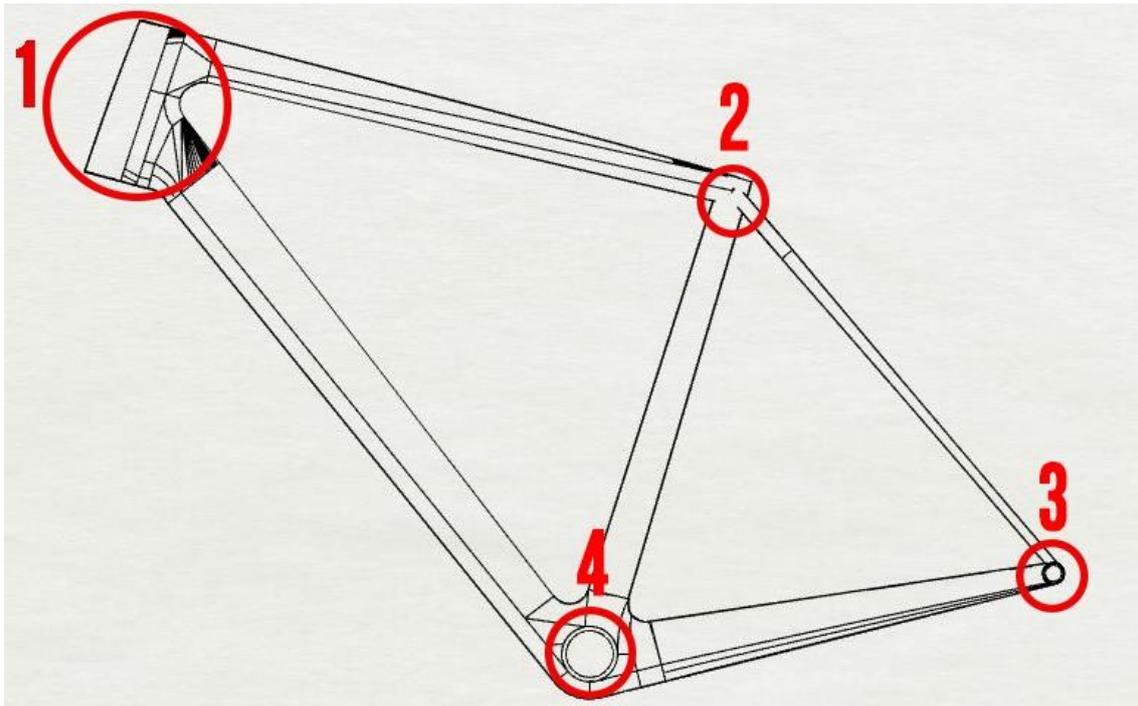
Tubo con una sección más suave y cilíndrica



Tubo con una sección más cuadrada

5.3 VARIANTES EN LOS EJES

La utilización de esta herramienta también nos permite modificar parámetros como pueden ser los ejes del producto. Simplemente dejando los posibles ejes como variables. Esta técnica nos permite la adaptación del producto a los componentes necesarios para el ensamblaje final.



Dirección (1), tija (2), eje de rueda (3), caja de pedalier (4)

Vista de perfil del producto

Una de las variables a modificar podría ser el diámetro de la dirección para así permitir que nuestro cuadro sea compatible con cualquier tipo de horquilla, ya sea de 1"1/8 o de 1"1/8 – 1,5", esta última también es conocida como cónica.

Otra variable a tener en cuenta se encontraría en el tubo vertical a partir del cual podríamos cambiar el diámetro de la tija que se utilizará en el montaje. En cuanto a tijas los diámetros más comunes, y no siendo los únicos diámetros existentes, son el 27,2mm y el de 31,8mm.

Existen varios tipos de ejes de paso de rueda, ejes de cierre rápido o ejes pasantes, aunque poco a poco la tendencia es utilizar los ejes pasantes. Como los ejes pasantes pueden tener diferentes diámetros el cuadro está preparado para montarlos, aunque el diámetro sigue siendo variable. De este modo el diseño nos permite cambiar de eje en cualquier momento.

Otra diferencia entre los distintos tipos de ejes existentes es la longitud de estos, también variable en nuestro diseño.

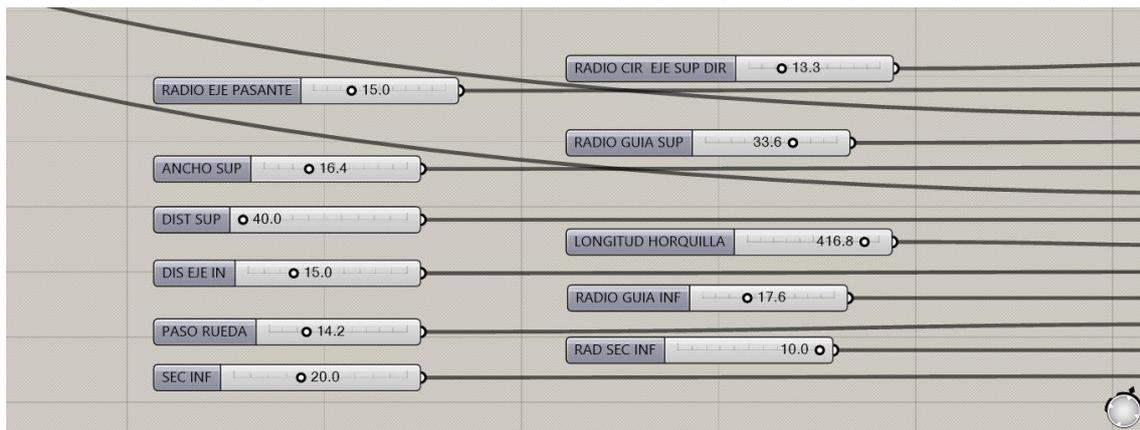
Por otra parte, en el eje de pedalier nos encontramos con una gran variedad de fabricantes de bielas, con sus ejes, cada cual quiere imponer su tecnología, con sus medidas correspondientes. La aplicación del diseño generativo nos permite realizar variaciones tanto en el ancho de la caja de pedalier como en el diámetro del eje donde se apoyarían las bielas. Es decir, con un solo diseño podemos adaptarnos a cualquier fabricante de componentes.

Cabe destacar que la aplicación del diseño generativo permite adaptar el producto a los componentes del ensamblaje final en la fase final del diseño. Es decir, no se diseña pensando en los componentes se adapta a ellos una vez está el diseño definido. Por consecuencia podemos afirmar que los componentes no condicionan el diseño final del producto.

5.3 VARIACIÓN EN EL PASO DE RUEDA

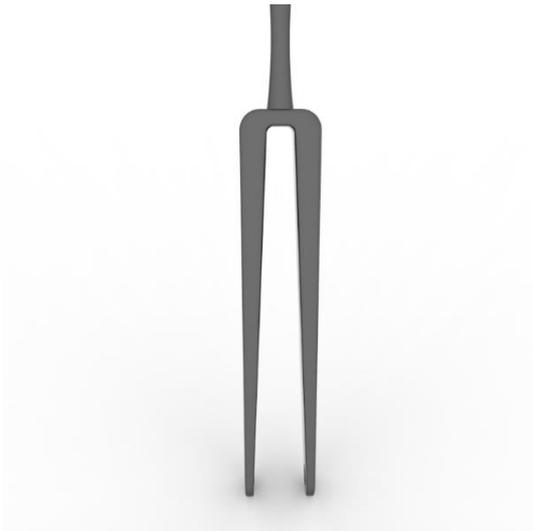
Otro de los factores a tener en cuenta en el diseño de una bicicleta es el paso de rueda. Las bicicletas de carretera tienden a tener un paso de ruedas más ajustado y estrecho. Por lo contrario las bicicletas diseñadas para circular por la montaña utilizan paso de ruedas más anchos para poder utilizar ruedas más anchas y que estas no se bloque en caso de circular por terrenos con barro.

Por ello hemos programado como variable el paso de rueda. Esto nos permitirá adaptar nuestro diseño a los diferentes tipos de rueda, ya sea en cuanto a diámetro de rueda o al ancho de la cubierta.



Grasshopper, controladores diseño de la horquilla

Para visualizar estos cambios se va a utilizar la horquilla como referencia, ya que al tratarse de un solo elemento aislado, y no al conjunto de la bicicleta, permite apreciar mejor los cambios realizados en el diseño.



En las imágenes anteriores vemos la horquilla con variaciones tanto en su longitud como en su paso de rueda.

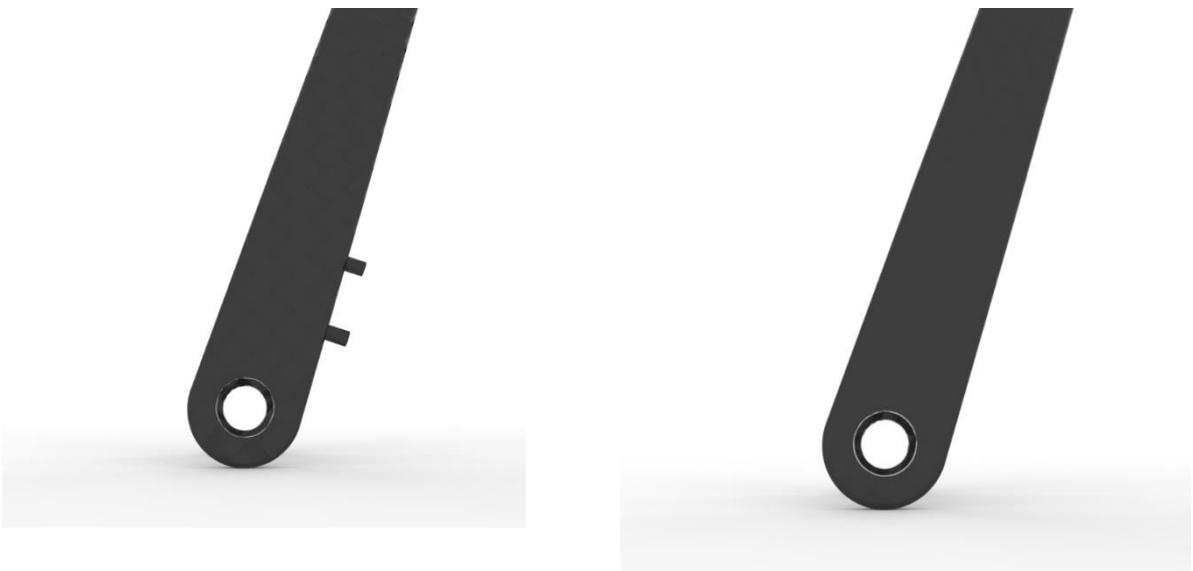
Otras variaciones interesantes pueden ser la longitud del espacio para el eje de la rueda y el diámetro del eje de la rueda.

En cuanto al modelado las aristas también pueden variar su radio. El diseño también nos permite hacer distintas variaciones en la vista frontal, desde donde se modela la forma final de la horquilla.

5.4 VARIACIÓN DEL SISTEMA DE FRENADO

Esta opción nos permite cambiar el sistema de frenado. Es decir, nos da la opción a que en nuestro diseño final aparezcan, o no, los acoples para la adaptación de las pinzas de freno utilizadas en los sistemas de frenado con discos de freno.

Para la visualización de los cambios utilizaremos la horquilla, otra vez, como referencia.



Horquilla con y sin acople para discos

Por otra parte, la herramienta nos permite modificar parámetros como el diámetro de los ejes donde se aloja la pinza de freno así como la distancia entre dichos ejes.

6. CONCLUSIONES

En el proyecto se ha utilizado el diseño generativo, mediante el *Grasshopper* de *Rhinoceros 3D*, para demostrar que se trata de una herramienta que nos permite generar varias soluciones a partir de un mismo diseño base.

Aplicando esta técnica a nuestro producto hemos comprobado que es posible obtener diferentes soluciones y que además estas pueden adaptarse a las necesidades de un futuro usuario.

Para ello se han diseñado los algoritmos de modo que permiten realizar cambios para así aumentar la compatibilidad del cuadro con los futuros componentes con los que será ensamblado.

Cabe destacar que a partir de la modificación de las diferentes variables el producto puede adaptarse a las características de cualquier componente del mercado.



Render fotorrealista de uno de los posibles resultados

El diseño también nos permite realizar cambios en la geometría del producto y en su modelado final.

El conjunto de variables abiertas nos permite pasar poder realizar cambios que pasan a convertir un cuadro de bicicleta de carretera a un cuadro de bicicleta de montaña.

En cuanto a nuestro objetivo, diseñar una bicicleta híbrida, es fácilmente alcanzable mediante la aplicación de esta técnica ya que se trata en modificar las variables para que el resultado sea una bicicleta con geometría de carretera, que aparece en las soluciones mostradas, con un paso de rueda más ancho y utilizando discos como sistema de frenado, como utilizan las bicicletas de montaña.

El diseño generativo y el *Grasshopper* nos permiten realizar todas las modificaciones citadas anteriormente sin necesidad de un rediseño. Por lo tanto podemos calificar su aplicación dentro del sector del ciclismo como satisfactoria y útil.

7 ANEXOS

7.1 BIBLIOGRAFÍA

<https://es.wikipedia.org/wiki/Bicicleta>

<http://dle.rae.es/?id=5T5im1x>

<http://www.definicionabc.com/tecnologia/bicicleta.php>

<http://www.pedrodelgado.com/perico/consejos/bicicleta.html>

https://en.wikipedia.org/wiki/Generative_Design

<http://www.digitalwiki.de/generative-design/>

https://es.wikipedia.org/wiki/Grasshopper_3D

https://es.wikipedia.org/wiki/Rhinoceros_3D

<http://www.joyeriaگرانcanaria.com/2013/04/el-modelado-parametrico-y-el-diseno.html>

<http://n-e-r-v-o-u-s.com/index.php>

<http://www.domestika.org/es/courses/39-motion-graphics-y-diseno-generativo>

<http://www.brandemia.org/una-escuela-politecnica-suiza-recurre-al-diseno-generativo-para-crear-una-nueva-identidad-visual>

<http://philipgalanter.com/>

https://es.wikipedia.org/wiki/Arte_digital

https://es.wikipedia.org/wiki/J%C3%BCrgen_Mayer

https://es.wikipedia.org/wiki/T%C3%A9cnica_cut-up_o_de_recortes

<https://www.youtube.com/watch?v=9YbUI55jIkE>

<https://www.youtube.com/watch?v=l4nZCWCUDBk>

<https://www.youtube.com/watch?v=d2ct1E0qboc>

<https://www.youtube.com/watch?v=2bEr1Z76WQo>