



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



TRABAJO DE FIN DE GRADO

MODELADO POR SUPERFICIES

CREACIÓN DE UNA BIBLIOTECA DE PRODUCTOS COMPLEJOS

GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTOS

DEPARTAMENTO DE PROYECTOS DE INGENIERÍA

AUTOR: Guerini, Leila Catarina

TUTOR: Alcaide Marzal, Jorge

Valencia, Septiembre 2016

Agradecimientos

En primer lugar quiero agradecer a mi madre su apoyo y ánimo incondicional.
Porque a ella se lo debo todo.

Agradezco a mi tutor de proyecto, Jorge Alcaide Marzal, por la ayuda y dedicación
ofrecidos.

A mi familia, que siempre me ha brindado su confianza, sin dudar ni un solo momento
que iba a dar lo mejor de mí.

Y a mis compañeros y amigos: Marco, Carla, Alberto, Marta, María, Javier, Ania,
Nestor, David, Carlos, Fabián, Paula, Jana, Isabelle y Sarah, por ayudarme y estar a mi
lado siempre que lo necesitaba.

No habría llegado donde he llegado sin ninguno de vosotros, GRACIAS.

Resumen

A lo largo de este proyecto se va a realizar el estudio, organización y creación de una serie de material didáctico. Para ello, se van a plantear diversos ejercicios a través de los cuales se pretende conseguir entender cómo afrontar distintos problemas o situaciones complejas que pueden surgirnos a la hora de modelar a través de superficies.

Estos ejercicios se van a llevar a cabo a través de dos diferentes softwares de diseño: *Solidworks* para el trabajo de superficies a través del modelado paramétrico (NURBS) y *Fusion 360* para el estudio y realización de ejercicios de superficies por subdivisión. Todo ello utilizando las funciones básicas que los programas ofrecen para trabajar las superficies, empleando diversos métodos y abordando los ejercicios elegidos y desarrollados de la forma más adecuada para poder detectar fácilmente la situación compleja y aplicar el procedimiento empleado en un futuro modelado de otra pieza.

Para ello se ha aunado el uso de material documental y multimedia de diversas fuentes, organizando toda esta información de la forma más conveniente y así utilizándola para crear una serie de objetos complejos que se utilizarán para explicar el contenido necesario en los ejercicios planteados.

Abstract

Throughout this project we are going to carry out the study, organization and creation of a series of didactic material. Various exercises are going to be proposed, in which we pretend to get to understand how to face the different problems or complex situations that can arise when modeling through surfaces.

These exercises are going to be carried out with two different design softwares: *Solidworks* to work on surfaces through parametric modeling (NURBS) and *Fusion 360* for the study and realization of surface exercises by subdivision. All of it with the use of the basic functions that the programs offer to work the surfaces, applying various methods and approaching the chosen exercises, developed in the most appropriate form in order to easily detect the complex situation and apply the solution learned in the future modelings.

To do this we have pooled the use of documentary and multimedia material of diverse sources, organizing all this information in the most convenient way and like this using it to create a series of complex objects that will be utilized to explain the necessary content in the proposed exercises.

Índice

Agradecimientos	2
Resumen	3
Abstract	4
Índice	5
Índice de figuras	8
Índice de tablas	11

MEMÓRIA

1. Capítulo I: Introducción	13
1.1. Motivación.....	14
1.2. Objetivos y alcance del proyecto.....	14
1.3. Estructura del proyecto.....	16
2. Capítulo II: Consideraciones previas	18
2.1. ¿Qué es una superficie?.....	19
2.2. Visión general de diseño de superficies avanzadas.....	20
2.3. ¿Cuándo trabajar con sólidos y cuando con superficies?.....	20
3. Capítulo III: Herramientas básicas para trabajar superficies	22
3.1. Conjunto de superficies.....	24
3.2. Operaciones de superficies.....	24
3.2.1. Superficie limitante.....	24
3.2.2. Superficie plana.....	25
3.2.3. Extruir superficie.....	26
3.2.4. Revolución de superficie.....	27
3.2.5. Superficie barrida.....	27
3.2.6. Recubrir superficie.....	28
3.2.7. Equidistanciar superficie.....	28
3.2.8. Radiar superficie.....	29
3.2.9. Cortar con superficie.....	29
3.3. Controles de superficies.....	30
3.3.1. Extender superficie.....	30
3.3.2. Redondear superficie.....	30
3.3.3. Coser superficie.....	31
3.3.4. Superficie media.....	32
3.3.5. Rellenar superficie.....	32
3.3.6. Recortar superficie.....	33
3.3.7. Eliminar cara.....	33
3.3.8. Reemplazar cara.....	34

4. Capítulo IV: Búsqueda y análisis de información.....	35
4.1. Organización y orden de trabajo de superficies complejas.....	36
4.2. Análisis de ejercicios realizados.....	36
4.2.1. Modelización ratón de ordenador.....	37
4.2.2. Modelización cuchara.....	39
4.2.3. Modelización botella plástico reutilizable.....	40
4.2.4. Modelización botella detergente.....	41
4.2.5. Modelización maquinilla de afeitar.....	42
4.2.6. Modelización Lamborghini Aventador.....	44
4.3. Conclusiones obtenidas al trabajar con superficies.....	47
4.4. Selección de productos a modelar.....	48
5. Capítulo V: Diseño de los objetos complejos	49
5.1. Uniones entre superficies.....	50
5.1.1. Modelado de un auricular.....	50
5.1.2. Modelado de una raqueta de tenis.....	55
5.2. Objetos cóncavos.....	62
5.2.1. Modelado de una canoa.....	62
5.3. Relieves y hendiduras.....	65
5.3.1. Modelado de una botella de detergente	65
6. Capítulo VI: Modelado por subdivisión.....	72
6.1. Introducción.....	73
6.2. ¿Qué es el modelado por subdivisión?.....	73
6.3. Ejemplos de modelado por subdivisión con <i>Fusion 360</i>	75
6.3.1. Modelado de una raqueta de tenis.....	75
6.3.2. Modelado de un auricular.....	77
6.4. Conclusiones.....	81
7. Capítulo VII: Desarrollo del material didáctico.....	82
7.1. Programa utilizado.....	83
7.2. Presentación de la página.....	83
8. Capítulo X: Conclusiones y consideraciones futuras.....	86
8.1. Conclusiones.....	87
8.2. Consideraciones futuras.....	87
PLIEGO DE CONDICIONES	
1. Definición y alcance.....	89
2. Disposiciones generales.....	89
2.1. Especificaciones facultativas.....	89
2.1.1. Facultades de la dirección técnica.....	89
2.1.2. Programa de trabajo.....	89
2.1.3. Trabajos sujetos a modificaciones.....	90



2.2. Especificaciones económicas.....	90
2.2.1. Condiciones de pago.....	90
2.2.2. Subcontratación.....	90
2.3. Especificaciones legales.....	90
2.3.1. Causas de rescisión de contrato.....	90

PRESUPUESTO

1. Presupuesto para la realización del material didáctico.....	92
1.1. Presupuesto de investigación y desarrollo del material didáctico.....	92
1.2. Presupuesto de creación de la página web.....	92
1.3. Presupuesto de amortización de equipos y software	93
1.4. Presupuesto total.....	94

Bibliografía.....	95
--------------------------	-----------

Índice de figuras

MEMÓRIA

Figura 1.1: Esquema del proceso del proyecto.....	15
Figura 2.1: Globo aerostático.....	19
Figura 3.1: Insertar herramientas superficies.....	23
Figura 3.2: Herramientas superficies.....	23
Figura 3.3: Curva única para un punto en una dirección.....	25
Figura 3.4: Tres curvas en las direcciones 1 y 2.....	25
Figura 3.5: Superficie plana croquis cerrado.....	25
Figura 3.6: Superficie plana conjunto aristas.....	25
Figura 3.7: Superficie plana por aristas.....	26
Figura 3.8: Extrusión superficie.....	26
Figura 3.9: Revolución superficie.....	27
Figura 3.10: Superficie barrida.....	27
Figura 3.11: Recubrir superficie perfiles paralelos.....	28
Figura 3.12: Recubrir superficie.....	28
Figura 3.13: Equidistancia.....	28
Figura 3.14: Radiar superficie.....	29
Figura 3.15: Cortar sólidos con superficie.....	29
Figura 3.16: Extender superficie.....	30
Figura 3.17: Redondeo superficie.....	30
Figura 3.18: Cosido de superficies.....	31
Figura 3.19: Par de caras seleccionado.....	32
Figura 3.20: Uso herramienta rellenar superficie.....	32
Figura 3.21: Ejemplos de usos de recortes.....	33
Figura 3.22: Reemplazar cara.....	34
Figura 4.1: Ratón de ordenador.....	37
Figura 4.2: Boceto 3D ratón de ordenador.....	37
Figura 4.3: Recubrimiento de Superficie lateral ratón.....	38
Figura 4.4: Parte superior ratón de ordenador.....	38
Figura 4.5: Croquis cuchara.....	39
Figura 4.6: Barrido cuchara.....	39
Figura 4.7: Botella plástico reutilizable.....	40
Figura 4.8: Botella plástico reutilizable detalle incrustación.....	40
Figura 4.9: Botella detergente.....	41
Figura 4.10: Recorte botella detergente.....	41
Figura 4.11: Recubrimiento agarre botella detergente.....	41
Figura 4.12: Parte inferior botella detergente.....	42
Figura 4.13: Maquinilla de afeitar.....	42
Figura 4.14: Obtención forma general maquinilla de afeitar.....	42
Figura 4.15: Deformación maquinilla de afeitar.....	43
Figura 4.16: Revolución botón.....	43
Figura 4.17: Intersección de planos del emplazamiento del botón.....	44

Figura 4.18: Lamborghini Aventador.....	44
Figura 4.19.: Superficie limitante capo de coche.....	45
Figura 4.20: Recubrimiento superficie faros.....	45
Figura 4.21: Corte capo coche.....	46
Figura 4.22: Rellenar superficie parabrisas coche.....	46
Figura 5.1: Auricular.....	50
Figura 5.2: Paso 1.....	51
Figura 5.3: Paso 2.....	51
Figura 5.4: Paso 3.....	52
Figura 5.5: Paso 4.....	52
Figura 5.6: Paso 5.....	53
Figura 5.7: Paso 6.....	53
Figura 5.8: Paso 7.....	54
Figura 5.9: Paso 8.....	54
Figura 5.10: Raqueta de Tenis.....	55
Figura 5.11: Paso 1.....	56
Figura 5.12: Paso 2.....	56
Figura 5.13: Paso 3.....	57
Figura 5.14: Paso 4.....	57
Figura 5.15: Paso 5.....	58
Figura 5.16: Paso 6.....	58
Figura 5.17: Paso 7.....	59
Figura 5.18: Paso 8.....	59
Figura 5.19: Paso 9.....	60
Figura 5.20: Paso 10.....	60
Figura 5.21: Paso 11.....	60
Figura 5.22: Paso 12.....	61
Figura 5.23: Canoa.....	62
Figura 5.24: Paso 1.....	62
Figura 5.25: Paso 2.....	63
Figura 5.26: Paso 3.....	63
Figura 5.27: Paso 4.....	64
Figura 5.28: Paso 5.....	64
Figura 5.29: Botella de detergente.....	65
Figura 5.30: Paso 1.....	66
Figura 5.31: Paso 2.....	66
Figura 5.32: Paso 3.....	67
Figura 5.33: Paso 4.....	67
Figura 5.34: Paso 5.....	68
Figura 5.35: Paso 6.....	68
Figura 5.36: Paso 7.....	69
Figura 5.37: Paso 8.....	69
Figura 5.38: Paso 9.....	70
Figura 5.39: Paso 10.....	70
Figura 5.40: Paso 11.....	71
Figura 5.41: Paso 12.....	71



Figura 6.1: Modelado por subdivisión.....	73
Figura 6.2: Comparación modelado por subdivisión y NURBS.....	74
Figura 6.3: Croquis raqueta.....	75
Figura 6.4: Sección raqueta.....	76
Figura 6.5: Herramienta Pipe, obtención forma general.....	76
Figura 6.6: Superficie acabada raqueta.....	77
Figura 6.7: Esfera auricular.....	77
Figura 6.8: Edición de la forma de la esfera inicial.....	78
Figura 6.9: Extrusión superficie cilíndrica.....	78
Figura 6.10: Corte del cuerpo sólido.....	79
Figura 6.11: Croquis para superficie <i>Loft</i>	79
Figura 6.12: Superficie <i>Loft</i>	80
Figura 6.13: Asignación de espesor a nuestro sólido.....	80
Figura 7.2: Aspecto página principal (entradas).....	84
Figura 7.3: Aspecto entrada página web.....	85

Índice de tablas

MEMÓRIA

Tabla 6.2: Opciones de herramienta Eliminar cara.....	32
Tabla 6.1: NURBS vs Subdivisión.....	74

PRESUPUESTO

Tabla 1.1: Costes de investigación y desarrollo del proyecto.....	93
Tabla 1.2: Creación página web.....	94
Tabla 1.3: Otros servicios página web.....	94
Tabla 1.4: Costes equipos y licencias de software.....	94
Tabla 1.5: Amortización equipos.....	95
Tabla 1.6: Amortización software.....	95
Tabla 1.7: Costes totales del proyecto.....	95



M EMÓRIA

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

- Motivación
- Objetivos y alcance del proyecto
- Estructura del proyecto

1.1. Motivación.

Los conocimientos y el dominio de softwares de diseño como herramienta de un diseñador e ingeniero son fundamentales hoy en día.

Este tipo de programas brindan un amplio abanico de posibilidades para trabajar con ellos. Desde modelar piezas desde cero y extraer de ellos planos técnicos (CAD) hasta extraer gran cantidad de información útil para la producción de una pieza (CAM). Es decir, se engloban todos los aspectos del desarrollo del producto que ayudan a maximizar la productividad del diseño y la producción.

Por lo tanto alguien que domine un programa de diseño es capaz de crear cualquier cosa que imagine haciendo su idea realidad, comprobando su viabilidad productiva y pudiendo modificar aspectos que no se han tenido en cuenta en la fase de concepción de la idea inicial del producto.

Los softwares de diseño con los cuales se va a trabajar a lo largo de este proyecto son: *Solidworks* para el trabajo de superficies a través del modelado paramétrico (NURBS) y *Fusion 360* para el estudio y realización de ejercicios de superficies por subdivisión. Estos dos programas poseen las características mencionadas anteriormente.

Personalmente me parece muy interesante la oportunidad de realizar un proyecto en el cual se deben utilizar estos dos programas de diseño, ya que esto me va a permitir profundizar y conseguir dominar más estos softwares, todo ello realizando una herramienta que podrán utilizar otras personas para aprender lo que estoy descubriendo e investigando a la vez que realizo el proyecto.

“Para enseñar a los demás, primero hay que aprender” Paulo Freire.

1.2. Objetivo y alcance del proyecto.

El objeto del presente proyecto es el estudio de las diferentes maneras o métodos con los cuales podemos trabajar las superficies en los softwares de diseño *SolidWorks* y *Fusion 360*.

Dados los diversos métodos utilizados por distintos profesionales y usuarios de los softwares, se pretende recopilar la máxima información detectando los posibles problemas o dificultades que nos podemos encontrar a lo largo del proceso de modelado, para así crear, a partir de esta, una serie de ejercicios generales, a través de un proceso coherente y organizado de trabajo con las distintas herramientas. Con ello se pretende conseguir ayudar al usuario a aprender cómo enfrentarse a los diversos obstáculos que pueden surgirle a lo largo del diseño de un producto.

Con el fin de utilizar la información encontrada con fines didácticos, se ha creado una aplicación a partir de los objetos complejos a través de la cual el usuario pueda aprender a realizar los ejercicios seleccionados y los diversos métodos que se pueden emplear para trabajar con superficies.

El objetivo principal es la creación de material didáctico a modo de tutorial para que los usuarios aprendan a utilizar y dominar las diversas herramientas de creación de superficies aprovechando todo su potencial. A continuación se enumeran los objetivos secundarios que se persiguen simultáneamente a través de este proyecto:

- Aprendizaje y manejo de las herramientas posteriormente utilizadas para crear objetos complejos a través de superficies, permitiendo profundizar y aumentar el control del software de diseño utilizado a lo largo del proyecto.
- Realización de ejercicios prácticos más sencillos con el fin de permitirnos poder comparar entre las diversas alternativas posibles para conseguir un mismo resultado. Con ello se van a conseguir soluciones adicionales a estos aspectos pudiendo encontrar el camino más efectivo.
- Análisis de la información encontrada, adoptando una posición crítica, aprovechando toda aquella que nos sirve y rechazando la demás.
- Estudio de los posibles enfoques y organización de la información encontrada para conseguir una metodología ordenada y coherente.
- Establecer una metodología de trabajo con orientación pedagógica para el trabajo de superficies.
- Aprender a trabajar con superficies tanto por el método paramétrico (NURBS), como a través de subdivisión.
- Conseguir saber diferenciar las distintas situaciones que nos podamos encontrar en el modelado y saber decidir por qué método abordarlas.
- Analizar y comparar el modelado de superficies paramétrico frente al modelado de superficies por subdivisión, detectando tanto sus ventajas como inconvenientes.

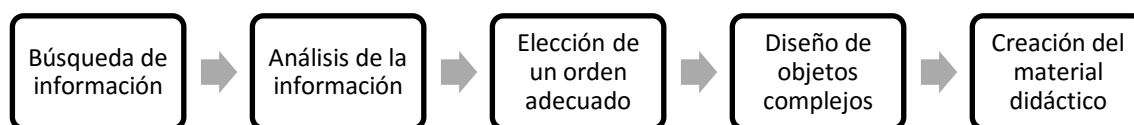


Figura 1.1.: Esquema del proceso del proyecto

El alcance del proyecto es la creación de una aplicación informática para transmitir los diversos métodos a través de los cuales se pueden trabajar las superficies en *SolidWorks*. Quedan fuera del alcance de este proyecto el estudio de chapas metálicas, las funciones básicas de del software y toda la parte de CAM que posee el programa.

A pesar de no explicar todas las herramientas básicas del software, se explican todas aquellas necesarias para poder trabajar correctamente con superficies.

1.3. Estructura del proyecto.

El presente documento se divide en 8 capítulos, cada uno de los cuales trata los siguientes aspectos:

- *Capítulo I:* Se realiza una introducción al proyecto, analizando los objetivos y las características generales del mismo.
- *Capítulo II:* Se explican ciertos conocimientos básicos de los temas que se tratan a lo largo del proyecto para dejar claro las ideas principales. El principal fin de este capítulo es el de aclarar conceptos básicos al lector.
- *Capítulo III:* Desarrollo de las herramientas básicas para trabajar con superficies. Nos vamos a centrar en las herramientas (tanto operaciones cómo controles de superficies) del software de diseño *SolidWorks*, ya que es el programa más desarrollado a lo largo del proyecto.
- *Capítulo IV:* Búsqueda de información necesaria para desarrollar el proyecto. Dada la diversidad de información encontrada, se debe realizar un análisis y selección de esta con el fin de recopilar únicamente lo que nos interesa. Al final de este capítulo se va a realizar la selección de los ejercicios que se van a desarrollar más adelante.
- *Capítulo V:* Explicación del proceso de realización de los distintos objetos complejos a través de *SolidWorks* (modelado de superficies paramétrico) que se han decidido desarrollar. Cada uno enfocado a enseñar al alumno cómo enfrentarse a diversas situaciones que hemos considerado convenientes abordar. En total se trata de un conjunto de 4 ejercicios enfocados a:

- Uniones entre superficies.
- Objetos cóncavos.
- Relieves y hendiduras.



- *Capítulo VI:* Explicación del proceso de realización de los distintos objetos complejos a través de *Fusion 360* (modelado de superficies por subdivisión) que se han decidido desarrollar. Con el fin de comparar el método de trabajo con el de modelado de superficies paramétricas, se han realizado 2 objetos ya realizados con el método anterior. El fin de este capítulo es mostrar un modo distinto de trabajo con superficies que requiere de un enfoque diferente.

- *Capítulo VII:* Para facilitar el acceso a los usuarios al material didáctico se ha creado una página web en internet donde se facilitan los ejercicios desarrollados y se explica paso a paso su desarrollo. Se trata de una página web muy sencilla con distintas entradas. Cada una de estas entradas corresponde a un ejercicio (en total 6 entradas).

- *Capítulo VIII:* Este incluye las conclusiones obtenidas durante el presente proyecto, así como una propuesta de posibles trabajos a realizar como continuación del realizado.

CAPÍTULO II

CONSIDERACIONES PREVIAS

- ¿Qué es una superficie?
- Visión general de diseño de superficies avanzadas
- ¿Cuándo trabajar con sólidos y cuando con superficies?

2.1. ¿Qué es una superficie?

Una superficie es, básicamente, una frontera que separa dos regiones en el espacio. Un ejemplo de esta definición podría ser la de la tela de un globo aerostático, en el cuál la tela separa el aire caliente del frío.



Figura 2.1.: Globo aerostático

Para algunos procesos de diseño, como los de creación de objetos con formas y curvas bastante complejas, las superficies teóricas son muy útiles. Es decir, se puede llevar a cabo la modelización de productos a través de la utilización de cuerpos de poco espesor (láminas) similares a superficies. Este tipo de geometría sin espesor se utiliza para:

- Creación de sólidos que posean superficies con periferia.
- Utilización de superficies como elemento de corte de un sólido o otra/s superficies.
- Construcción de nuevas superficies a partir de otras creadas anteriormente.

La ventaja de trabajar con superficies es que al no poseer espesor, no es necesario preocuparse por el volumen de la pieza. Esto nos facilita el trabajo ya que únicamente debemos preocuparnos por la forma externa de nuestra pieza, y no por su interior. También es interesante la utilización de estas para partir otros cuerpos y así tener distintas partes que provienen de un cuerpo principal.

Aunque las superficies no posean en un principio espesor ni volumen, se les puede dar posteriormente, convirtiéndolas así en un sólido.

2.2. Visión general de diseño de superficies avanzadas.

SolidWorks y *Fusion 360* simplifican el diseño de superficies avanzadas para hacer que la creación de partes sofisticadas con formas complejas sea más fácil. Dichos dispositivos son habituales en una variedad de sectores entre los que se incluyen productos de consumo, vehículos, moldes, dispositivos médicos, videojuegos, animación, etc. Estos dos softwares proporcionan, a modo general:

- Herramientas para: superficies extruidas, revueltas, barridas, recubiertas, equidistantes, planas.
- Herramientas para: superficie limitante de formas orgánicas y estilizadas, relleno de superficies, superficies radiadas de forma libre y superficies medias.
- Herramientas de edición: mover/copiar cara, Instant3D (hacer clic y arrastrar la geometría), copiar superficie, reemplazar cara, reparar, coser, recortar y extender.
- Herramientas de análisis de superficies: gaussiano, ángulo, corte sesgado, espesor, curvatura, radio mínimo, franjas de cebra, análisis de desviación y comprobación de simetría.
- Importación y reparación de geometría y herramientas de reparación.

2.3. ¿Cuándo trabajar con sólidos y cuando con superficies?

Es importante dejar claro que trabajar con sólidos es mucho más sencillo que hacerlo a través de superficies. Al trabajar a través de superficies se debe modelar cada una de las caras del objeto, y estas caras deben ser juntadas de forma manual. Estas acciones se llevan a cabo de manera automática en el modelado de sólidos. Debido a ello, siempre que se pueda trabajar a través de sólidos, se debe hacer ya que el trabajo se nos va a simplificar notablemente. Pero siempre nos podemos encontrar con casos de objetos que posean una determinada geometría compleja y nos fuercen a utilizar las superficies.

En algunas situaciones es difícil diferenciar las situaciones en las que se deben utilizar superficies o en las que el uso de las superficies se vuelve simplemente excesivo. Por lo tanto, es importante aprender a diferenciar las fortalezas y debilidades de trabajar a través de estas herramientas.



Uno de los puntos fuertes de los sólidos son las formas prismáticas. Estas pueden ser creadas con una simple extrusión o una revolución. Por lo tanto, muchos productos pueden ser creados a partir de formas geométricas sencillas y, por lo tanto, a través de operaciones básicas. Hay que tener en cuenta que para trabajar con sólidos se deben cumplir ciertos requerimientos:

- Las fronteras entre las caras deben estar completamente unidas, sin ningún tipo de separación.
- Un sólido se compone por un único cuerpo.
- Todas las caras normales apuntan hacia la misma dirección (el interior se distingue del exterior).

Por otro lado, la principal fortaleza de las superficies puede describirse como su principal debilidad: no contienen espesor, es decir, no es necesario preocuparse por el volumen de la pieza, permitiendo que nos centremos únicamente en la forma externa. Las formas y volúmenes pueden ser creados pieza por pieza o, si se requiere, cara por cara, concediendo un control extremo sobre el acabado del sólido. El proceso de trabajo cara a cara tiene la desventaja de ser muy lento y tedioso, pero a través de él se puede conseguir cualquier tipo de forma deseada.

Así que, ¿cómo elegir? A veces no se tiene porque elegir, simplemente se puede trabajar con ambos, sólidos y superficies. También se puede trabajar únicamente con uno o con otro, transformando el modelo de un “estado” a otro o trabajar con los dos métodos a la vez. La utilización de los dos es generalmente llamado *modelado híbrido*. Casi todos los programas de modelado que existen actualmente permiten la utilización de ambos procedimientos.

Muchos ejemplos que se han encontrado de modelado a través de superficies en realidad no deberían ser tratados como superficies complejas en absoluto, ya que se puede conseguir el mismo resultado a través de sólido, pero son utilizados a modo didáctico para mostrar ciertas técnicas concretas de modelado superficial de una forma más sencilla. Con ello se pretende decir que las superficies no sirven únicamente para el modelado de formas complejas, sino que puede utilizarse para crear simples formas geométricas a pesar de ser un procedimiento más largo.

Por lo tanto elegir un modo de trabajo u otro es algo que se aprende a través de la práctica. Una vez que se empieza a trabajar y probar distintas técnicas, se empieza a reconocer o asociar modelos que se han hecho anteriormente y que métodos utilizados pueden ayudar en el modelo que se está creando. Simplemente hay que tener en cuenta que la utilización de superficies no es para hacer parecer que las cosas son más complicadas de crear de lo que realmente lo son, sino para ahorrar trabajo y, en otros casos, para poder crear formas que de otro modo no serían posibles de crear.

CAPÍTULO III

HERRAMIENTAS BÁSICAS PARA PARA TRABAJAR SUPERFICIES

- Conjunto de superficies
- Operaciones de superficies
- Controles de superficies

La utilización de superficies para generar operaciones sólidas es un recurso que se emplea cuando pretendemos obtener formas complejas. Las herramientas que se utilizan para trabajar con superficies se encuentran en la barra de herramientas de *Solidworks*.

Las superficies pueden ser utilizadas de distintas maneras:

- Seleccionando aristas y vértices para emplearlas como curva guía y trayecto de barrido.
- Utilización en ciertas operaciones con sólidos como por ejemplo cortes.
- Creación de de sólidos a través de las distintas superficies modeladas y cosidas para constituir un volumen cerrado.
- Reemplazar caras de algún sólido con una superficie.

Para activar las herramientas de superficies en *Solidworks* y poder visualizarlas en la barra de herramientas se debe ir al menú “Ver / Barras de Herramientas / Superficies”. Los comandos de superficies también están disponibles en el menú “Insertar / Superficie”.

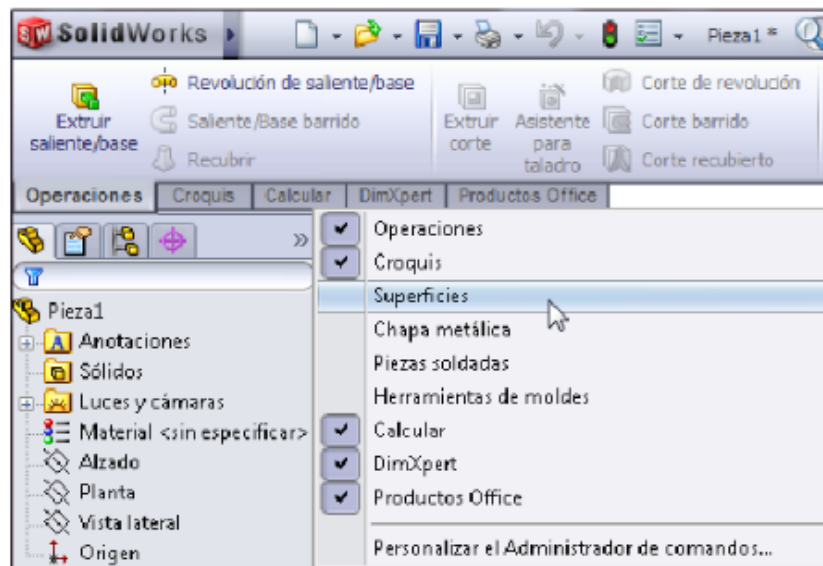


Figura 3.1.: Insertar herramientas superficies.

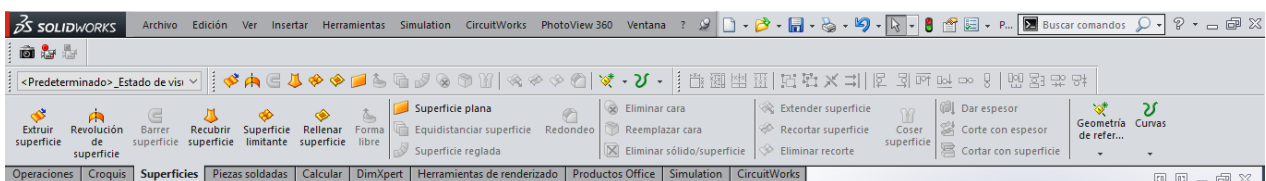





Figura 3.2.: Herramientas superficies.

3.1. Conjuntos de superficies.

Los conjuntos de superficies son geometrías que no poseen espesor (cómo ya hemos explicado anteriormente) conectadas entre sí a través de la herramienta “*coser superficies*” formando así una única pieza que puede ser convertida posteriormente en un sólido.

Para seleccionar un conjunto de superficies se debe seleccionar “*Filtrar conjuntos de superficies*”  en la barra de herramientas. Con esta herramienta es posible seleccionar cualquier tipo de conjuntos de superficies.

También es posible seleccionar una cara en concreto que se encuentre en un conjunto de superficies a través de la opción “*Filtrar caras*” .

Al situarnos encima de un conjunto de superficies, el cursor pasa a ser .

Un conjunto de superficies implica la unión de superficies y estas pueden ser de diversas formas:

- Superficies de una cara
- Superficies de caras múltiples
- Superficies cosidas
- Superficies redondeadas
- Superficies recortadas y extendidas
- Superficies importadas
- Superficies planas y superficies medias
- Superficies extruidas, revolucionadas, recubiertas o creadas a través de cualquier otro tipo de operación.

3.2. Operaciones de superficies.

Para la creación de superficies existen una serie de herramientas básicas que vamos a detallar a continuación:

3.2.1. Superficie limitante:

A través de la opción de “*Superficie Limitante*” se pueden crear superficies con cierta tangencia o curvatura continua. Con esta opción se puede conseguir un mejor resultado que si se utilizara la herramienta “*Recubrimiento*”.

Esta operación se puede encontrar en la barra de herramientas Superficies activada anteriormente. Las opciones de la herramienta se pueden establecer con el *PropertyManager*.

Algunos ejemplos de superficie limitante son:

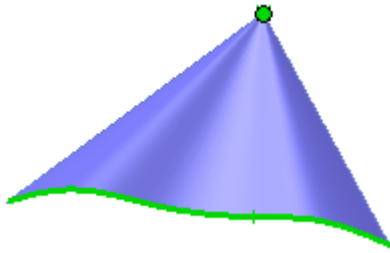


Figura 3.3.: Curva única para un punto en una dirección

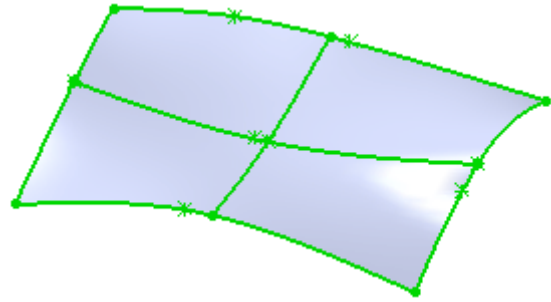



Figura 3.4.: Tres curvas en las direcciones 1 y 2

3.2.2. Superficie plana.

La herramienta de “Superficie Plana”  no es una herramienta a la que se suele recurrir aunque se puede dar la situación en que puede ser útil. Se puede conseguir una superficie plana a través de:

- Un croquis cerrado: Para este caso se requiere que todas las aristas se encuentren en un mismo plano. Simplemente basta con seleccionar el conjunto de aristas a través de la opción de *PropertyManager*.

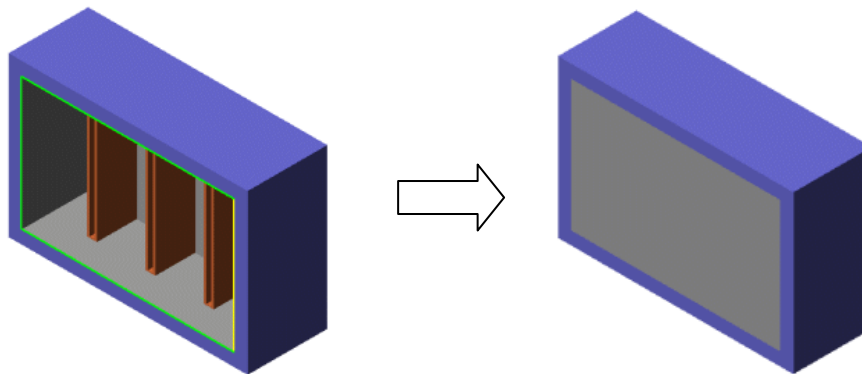


Figura 3.5.: Superficie plana croquis cerrado.

- Un conjunto de aristas cerradas (mismo procedimiento al anterior):

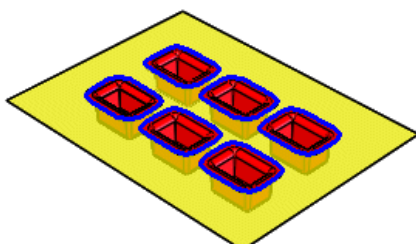


Figura 3.6.: Superficie plana conjunto aristas.

- Un par de entidades planas, como curvas o aristas que se encuentren en el mismo plano:

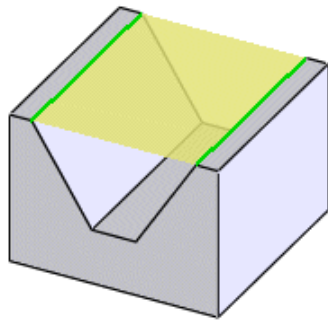


Figura 3.7.: Superficie plana por aristas.

Para crear una superficie plana limitada a partir de un croquis es importante comprobar que el croquis cerrado de contorno único no se cruce con nada. Los pasos a seguir son los mismos que en las opciones anteriores:

1. Hacer clic en “Superficie plana”
2. En la opción de PropertyManager, seleccionar el croquis compuesto por varias entidades.

3.2.3. Extruir superficie.

Las superficies extruidas pueden ser creadas a través de elementos 2D y 3D pertenecientes a otros componentes.

La opción más recurrida para extruir superficies es la de utilizar un croquis 2D y una dirección. La creación de superficies a través de esta herramienta es interesante si queremos utilizar éstas como elementos para recortar otras superficies o sólidos. La herramienta empleada para ello es la de “Extruir Superficie” .

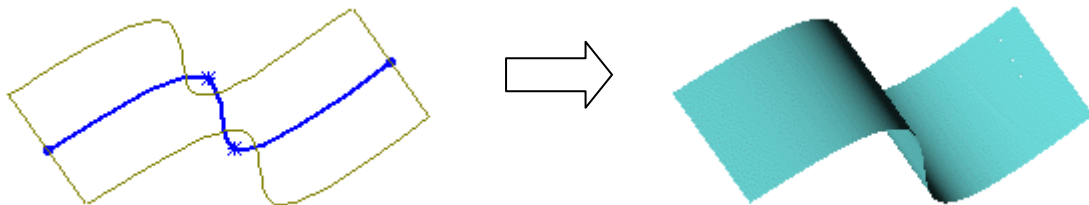



Figura 3.8.: Extrusión superficie.

3.2.4. Revolución de superficie.

Para la creación de superficies a través de la herramienta de “Revolución de superficie”  primero se debe crear un croquis o una serie de croquis y un eje de revolución. No importa si se trata de croquis cerrados o abiertos.

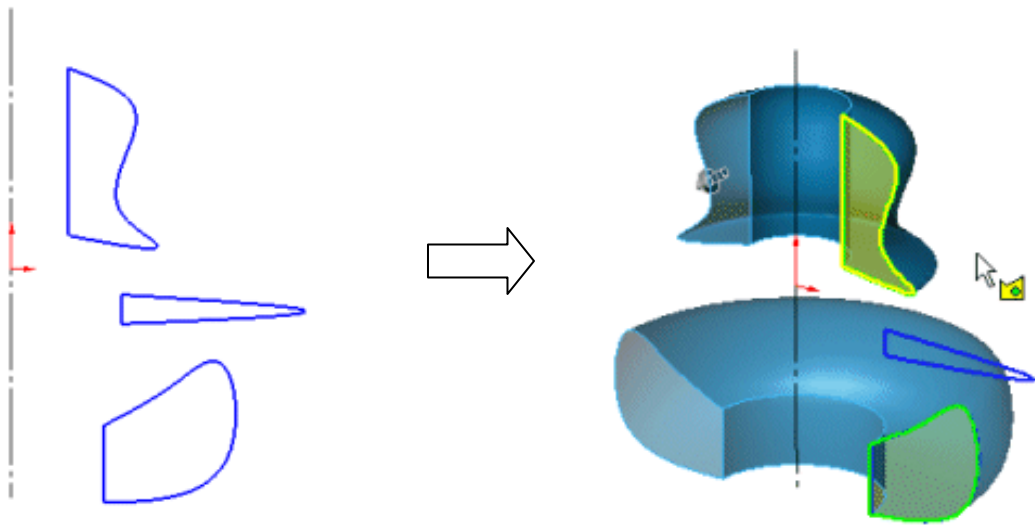



Figura 3.9.: Revolución superficie.

3.2.5. Superficie barrida.

La creación de una superficie barrida requiere de la definición del perfil que se pretende barrer y del trayecto por el que va a ser barrido. Se trata de una extrusión con la excepción de que en vez de ser un perfil extruido en línea recta, se trata de un perfil extruido a través de un recorrido definido por el usuario. La herramienta es la de “Superficie Barrida” .

Es importante que las curvas guías que utilizemos (pueden ser varias) tengan relaciones coincidentes o perforren el perfil.

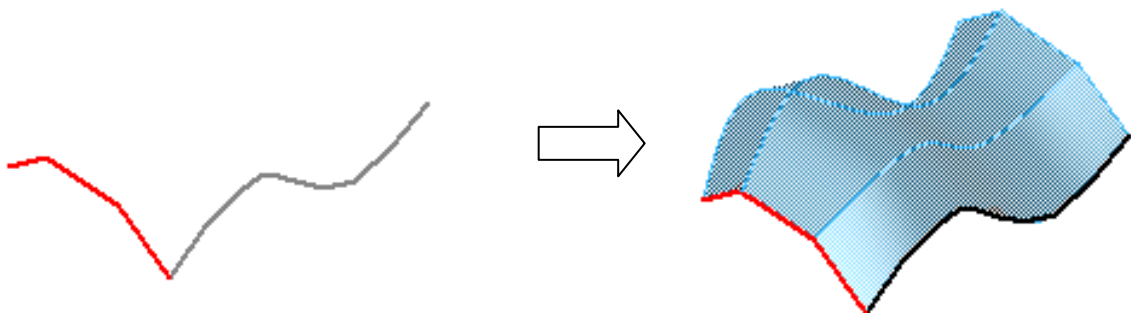



Figura 3.10.: Superficie barrida.

3.2.7. Recubrir superficie.

La utilización de la herramienta “*Recubrir Superficie*”  proporciona menor calidad que la herramienta de “*Superficie Limitante*”. Esto es debido a que para definir esta operación es necesario únicamente dos perfiles y una curva guía, es decir, 3 parámetros. A menos parámetros, menos definición en el resultado.

Pero a su vez, al ser una herramienta que nos exige menos croquis, podemos conseguir crear una superficie de una forma más sencilla si no necesitamos tanta precisión. Los croquis que se utilizan como perfiles no tienen que estar en paralelo.

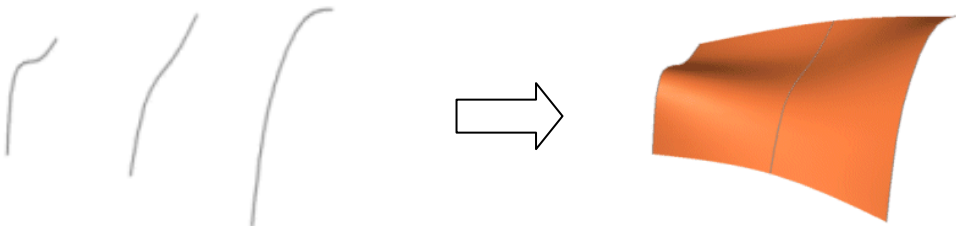


Figura 3.11.: Recubrir superficie perfiles paralelos.

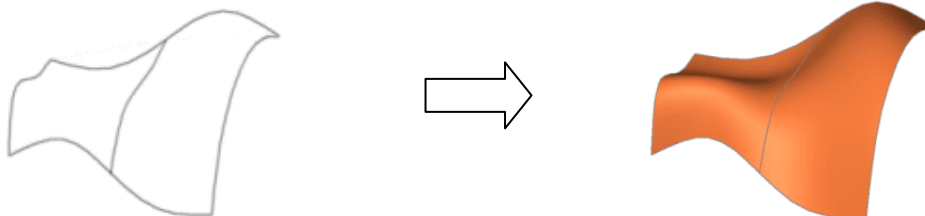



Figura 3.12.: Recubrir superficie.

3.2.7. Equidistanciar superficie.

Existe una herramienta similar a “*Equidistanciar superficie*”  aplicada a croquis, en la que puedes equidistanciar tanto croquis abiertos como cerrados. En este caso lo aplicamos a superficies, pero el principio es el mismo.

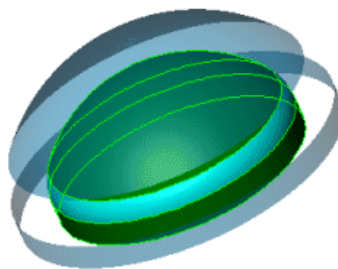




Figura 3.13.: Equidistancia

En caso necesario, seleccione Invertir dirección de equidistancia  para cambiar la dirección de la equidistancia.

3.2.8. Radiar superficie.

La herramienta “Radiar superficie”  crea una superficie radiando aristas tanto de sólidos como de superficies hacia una dirección plana previamente escogida. Para crear superficies radiada es importante primero escoger una cara o un plano paralelo a la dirección que queremos radiar nuestra superficie como referencia de dirección. A continuación se debe seleccionar el conjunto de aristas a partir de las cuáles queremos radiar y definimos la distancia deseada.

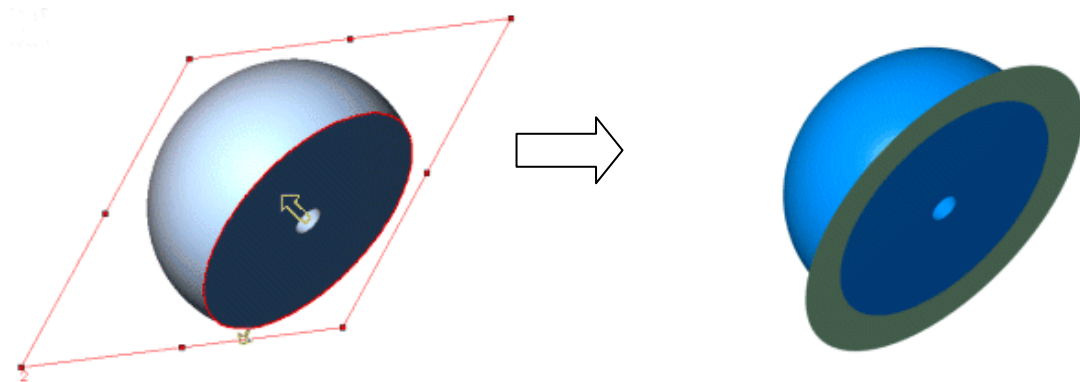



Figura 3.14.: Radiar superficie.

3.2.9. Cortar con superficie.

La herramienta de “Cortar con superficie”  brinda la posibilidad de crear una superficie y utilizarla para cortar otra superficie o sólido. Se puede realizar un corte y seleccionar que partes se quiere conservar y cuáles se quiere eliminar. Las superficies que se utilizan para llevar a cabo los cortes suelen ser obtenidas a través de una simple extrusión de un croquis (herramienta vista anteriormente).

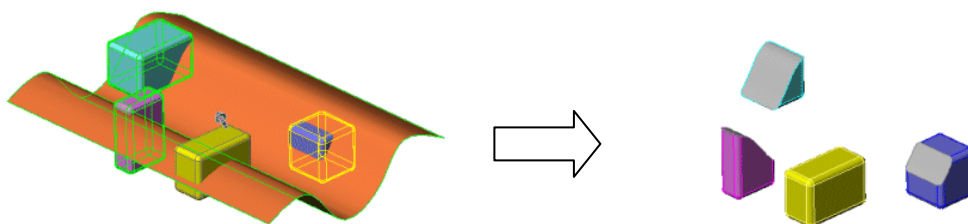


Figura 3.15.: Cortar sólidos con superficie.

3.3. Controles de superficies.

Para complementar las distintas herramientas para realizar operaciones con superficies, existen herramientas de control de superficies.

3.3.1. Extender superficie.

Se trata de una herramienta muy sencilla a través de la cuál se puede alargar una superficie a partir de su perfil. Para poder utilizarla basta con seleccionar el perfil de la superficie que queremos extender.

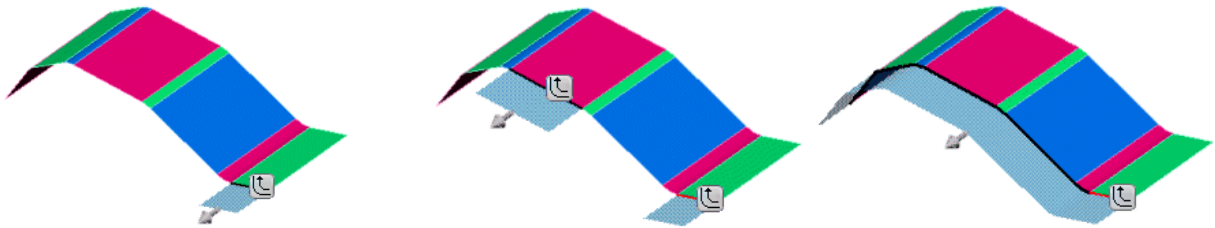



Figura 3.16.: Extender superficie.

3.3.2. Redondear superficie.

La herramienta “Redondear superficie”  es utilizada para proporcionar el redondeo entre dos caras de un conjunto de superficies que se encuentran contiguas la una a la otra.

El redondeo de superficies funciona igual que el redondeo de sólidos, con unas pocas excepciones. Se puede realizar lo siguiente:

- Redondear las aristas de un conjunto de superficies.
- Realizar redondeos de superficie con múltiples radios.
- Crear redondeos entre dos superficies, o redondeos de cara.
- Agregar parámetros de adaptados a los redondeos de superficie.
- Realizar redondeos de superficie con líneas de retención.
- Recortar o conservar las superficies redondeadas en un redondeo de cara.
- Realizar un redondeo con radio variable sobre una superficie.

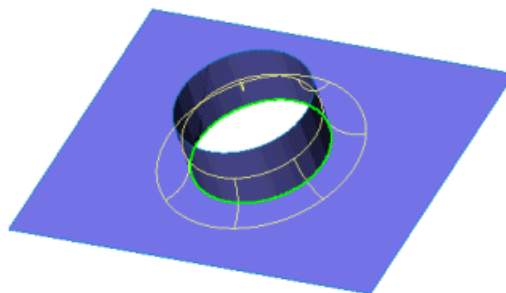



Figura 3.17.: Redondeo superficie.

3.3.3. Coser superficie.

La herramienta Coser superficie  se utiliza para combinar dos o más caras o superficies en una sola.

Hay que tener en cuenta una serie de puntos para que el cosido de las superficies se efectúe de una manera correcta y sin errores:

- Las aristas que queremos coser deben estar en contacto y ser continuas la una a la otra.
- No es necesario que las superficies se encuentren en el mismo plano, pero sus aristas no deben superponerse la una con la otra.
- Es necesario seleccionar las superficies que queremos coser, no basta con seleccionar sus aristas.
- Si las superficies cosidas forman un volumen cerrado, se puede formar un sólido.
- Cabe la posibilidad de modificar la tolerancia del cosido si nuestras superficies se encuentran continuas pero no perfectamente adyacentes.

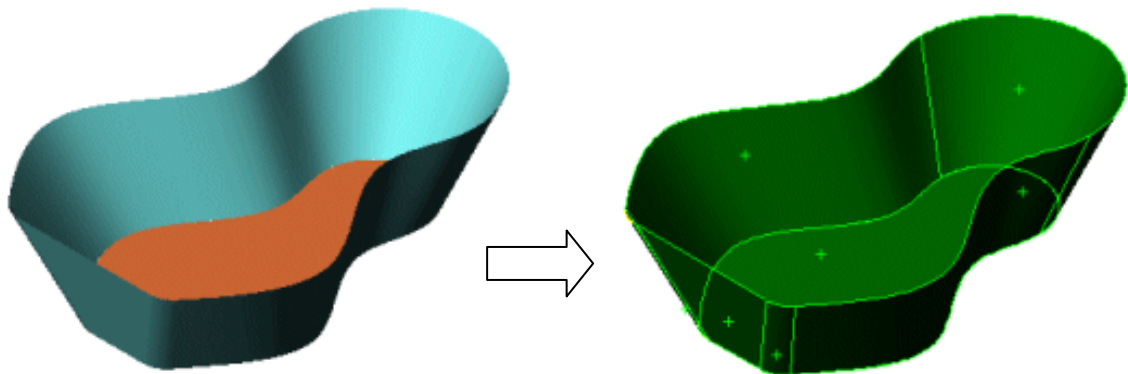



Figura 3.18.: Cosido de superficies.

Aunque no se observe ninguna diferencia entre la imagen de la izquierda y la imagen de la derecha, la primera figura está compuesta por dos superficies independientes entre ellas y en la segunda, estas dos superficies se encuentran unidas formando un único componente. Las superficies no sufren ninguna modificación.

3.3.4. Superficie media.

La herramienta “*Superficie Media*”  permite crear superficies medias entre caras seleccionadas. Para ello, las caras entre las cuáles se pretende crear una superficie media deben cumplir lo siguiente:

- Los pares de caras adecuados deben ser equidistantes entre sí.
- Las caras deben pertenecer al mismo sólido.

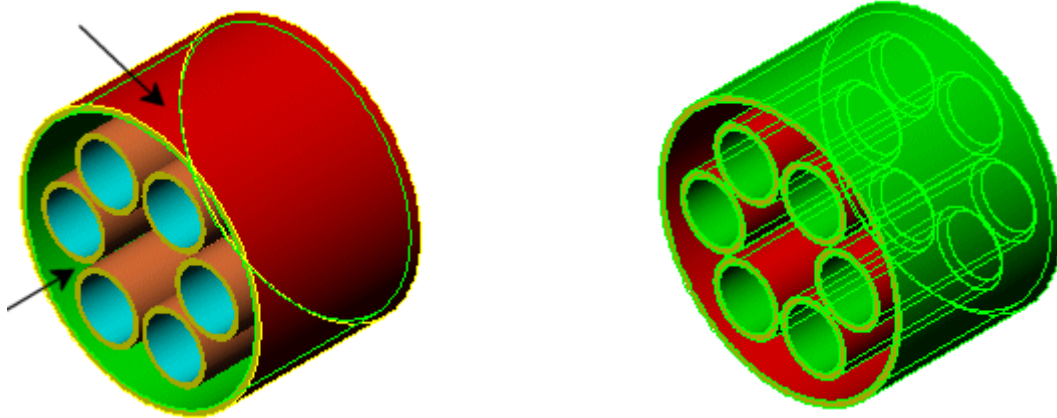



Figura 3.19.: Par de caras seleccionado

3.3.5. Rellenar superficie.

Lo que hace la herramienta “*Rellenar Superficie*”  es básicamente generar un parche de superficie al interior de un límite cerrado. Este límite puede estar constituido por un croquis, un conjunto de aristas o curvas de un componente (ya sea una superficie o un sólido).

Esta herramienta resulta interesante para corregir una pieza que se haya importado de otro programa y le falten caras, rellenar agujeros o cavidades o para generar una superficie para obtener un volumen cerrado y así crear un sólido.

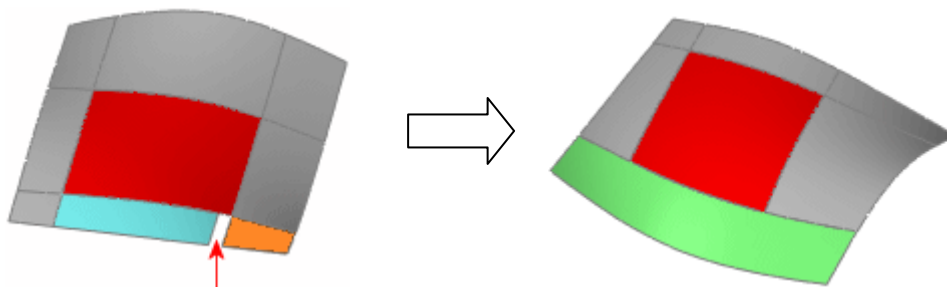


Figura 3.20.: Uso herramienta rellenar superficie.

3.3.6. Recortar superficie.

Está herramienta es muy útil ya que se puede utilizar una superficie, un plano o un croquis como herramienta de recorte para recortar superficies intersectantes.

A continuación se muestran ejemplos de los diferentes usos de esta herramienta.

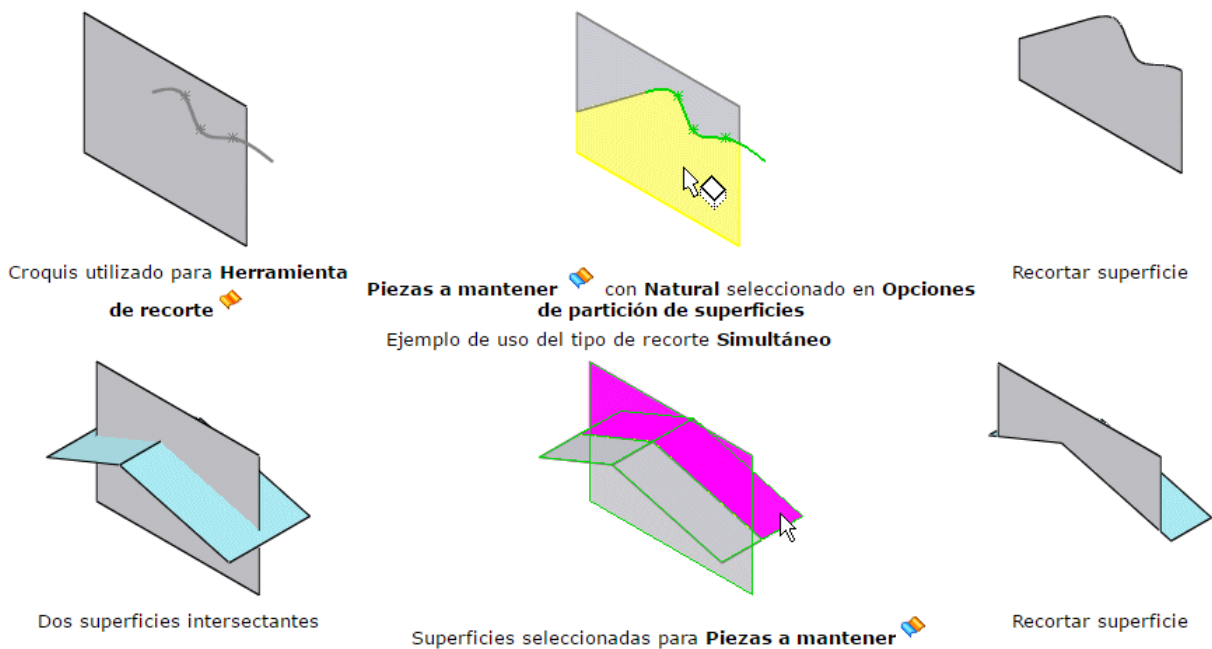


Figura 3.21.: Ejemplos de usos de recortes.


3.3.7. Eliminar cara.

Con la herramienta "Eliminar Cara" , es posible:

Eliminar	Elimina una cara de un conjunto de superficies, o elimina una o más caras de un sólido para crear superficies.
Eliminar y emparchar	Elimina una cara de un conjunto de superficies o sólido y parchea y recorta el sólido automáticamente.
Eliminar y rellenar	Elimina las caras y genera una sola cara para cerrar cualquier separación.

Tabla 6.2: Opciones herramienta Eliminar cara.

3.3.8. Reemplazar cara.

La finalidad de “*Reemplazar una cara*”  de una superficie es la de reemplazarla con un sólido o una nueva superficie. Estas no tienen por qué tener el mismo límite que las caras adyacentes ya que cuando se reemplaza una cara, las caras limítrofes se expanden automáticamente y se recortan en base a la superficie de reemplazo.

Es importante que las caras que queremos reemplazar deben estar unidas y no tienen que ser tangentes.



Figura 3.22.: Reemplazar cara.



CAPÍTULO IV

BÚSQUEDA Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

- Organización y orden de trabajo de superficies complejas
- Análisis de ejercicios realizados
- Conclusiones obtenidas al trabajar con superficies
- Selección de productos a modelar

4.1. Organización y orden de trabajo de superficies complejas.

Tras hallar información sobre cómo trabajar de forma general con las superficies se pretende hacer ejercicios de diversos tipos a fin de detectar dónde puede haber ciertos problemas a la hora de utilizar este método de trabajo.

Una vez detectados los problemas o pequeños obstáculos, se inicia la búsqueda de ejercicios a través de los cuáles poder enfocarlos de una manera más sencilla. La finalidad de estos ejercicios es mostrar una posible solución general que se pueda adoptar frente a esos contratiempos para así, si en algún momento nos vemos enfrentados a ello en el modelado de un producto distinto, saber cómo afrontar la situación.

Hay que dejar claro que los ejercicios que se van a proponer a lo largo del trabajo no van a ser ejercicios para aprender a utilizar las superficies, si no van a ser un conjunto de ejercicios determinados enfocados a instruir cómo afrontar problemas concretos que puedan surgir cuando trabajamos con las superficies en *SolidWorks*.

Por lo tanto, y a modo resumen, el orden del trabajo va a ser el siguiente:

1. Trabajo de superficies a través de una serie de diversos ejercicios en los cuales se va a intentar utilizar las distintas herramientas del programa en todas las situaciones posibles.
2. Detección de los posibles problemas que hemos tenido a lo largo de la realización de los ejercicios.
3. Selección de 3 o 4 problemas que consideremos más significativos a fin de poder aplicarlos a diversas situaciones.
4. Búsqueda de posibles productos generados a través de superficies a partir de los cuales podamos enfocar de una manera más sencilla los problemas detectados.
5. Realización del modelado de los productos encontrados o seleccionados con el fin de utilizarlos a modo de ejercicio didáctico.
6. Creación de una página web online para explicar cómo abordar los problemas a modo de tutorial, para permitir un aprendizaje sencillo y dinámico.

4.2. Análisis de ejercicios realizados.

Para poder ser capaces de detectar cuales son los problemas a los cuáles nos podemos enfrentar cuando trabajamos con superficies en *SolidWorks*, se ha llevado a cabo una serie de ejercicios encontrados en libros, webs o apuntes.

En este apartado del trabajo se va a analizar cada uno de ellos para poder ver por donde enfocar el trabajo de manera más concreta.

4.2.1. Modelización ratón de ordenador.

Uno de los ejercicios más expandidos entre los tutoriales encontrados a lo largo de la búsqueda de información acerca del modelado de superficies es el del ratón de ordenador. Se podría considerar un ejercicio “típico” para la primera toma de contacto con las herramientas de modelado a través de superficies.

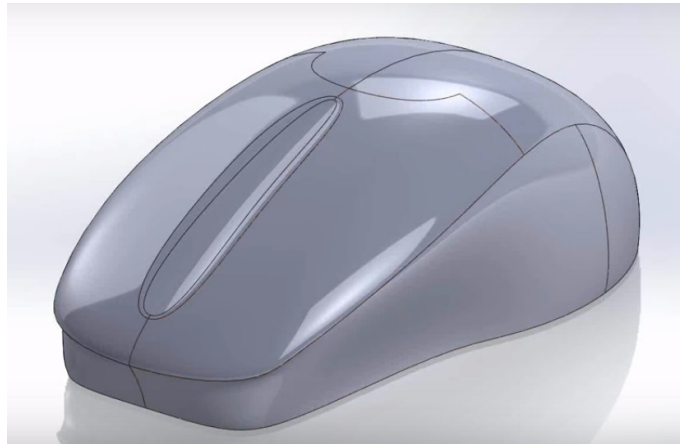


Figura 4.1.: Ratón de ordenador.

Las principales herramientas utilizadas para la realización de este ejercicio son: Recubrir Superficie, Superficie Limitante, Recortar Superficie, Coser Superficie, Rellenar Superficie y Rellenar Superficie.

El ejercicio es bastante sencillo pero a lo largo de su realización se han detectado algunos pasos que parecen interesantes:

- Realización de un boceto en 3D:

Para realizar un posterior recubrimiento de superficie se ha realizado un boceto 3D para utilizarlo como perfil.

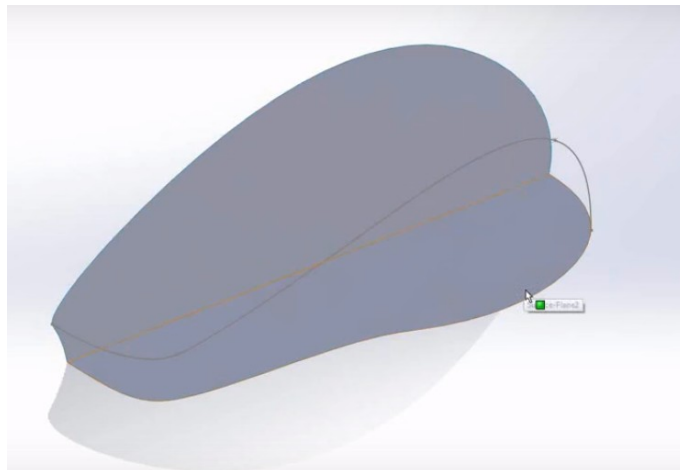


Figura 4.2.: Boceto 3D ratón de ordenador.

Los bocetos 3D siempre pueden conllevar cierta complicación si no estamos acostumbrados a trabajar con ellos, pero es una herramienta muy utilizada cuando

se trabaja con superficies. Una alternativa al bocetado en 3D es la realización de una línea en 3D a partir de la proyección de 2 croquis 2D a través de la herramienta Curva Proyectada . Es muy importante, en este caso, que los extremos de nuestra curva 3D perforen las dos caras del ratón y que sea perpendicular a ellas para asegurar una continuidad y curvatura correcta.

- Utilización del recubrimiento de superficie.

Es importante que cuando se utilice la herramienta de Recubrimiento de Superficies tener 2 perfiles y 2 curvas guía para obtener la forma que buscamos.

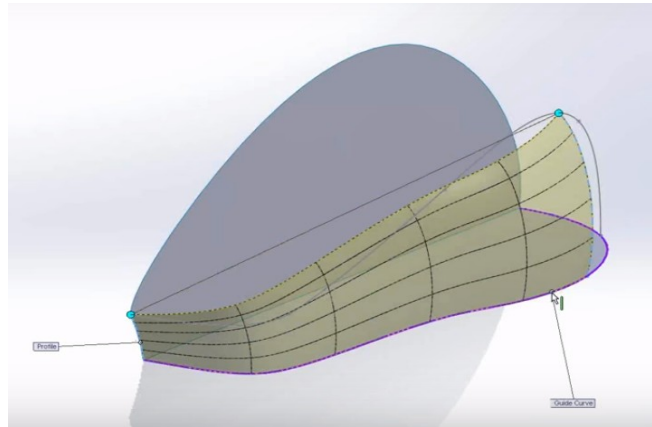


Figura 4.3.: Recubrimiento de Superficie lateral ratón.

Para ello en este caso se opta por no realizar la base toda a la vez, si no partirla en 2. La parte posterior se va a realizar más adelante utilizando la herramienta de Rellenar Superficie y configurando las aristas respecto a las superficies colindantes.

- Parte superior.

La parte superior se realiza con la herramienta de superficie limitante. Simplemente se quiere destacar las relaciones utilización de ciertas relaciones de posición de la superficie que estamos creando respecto a su entorno.

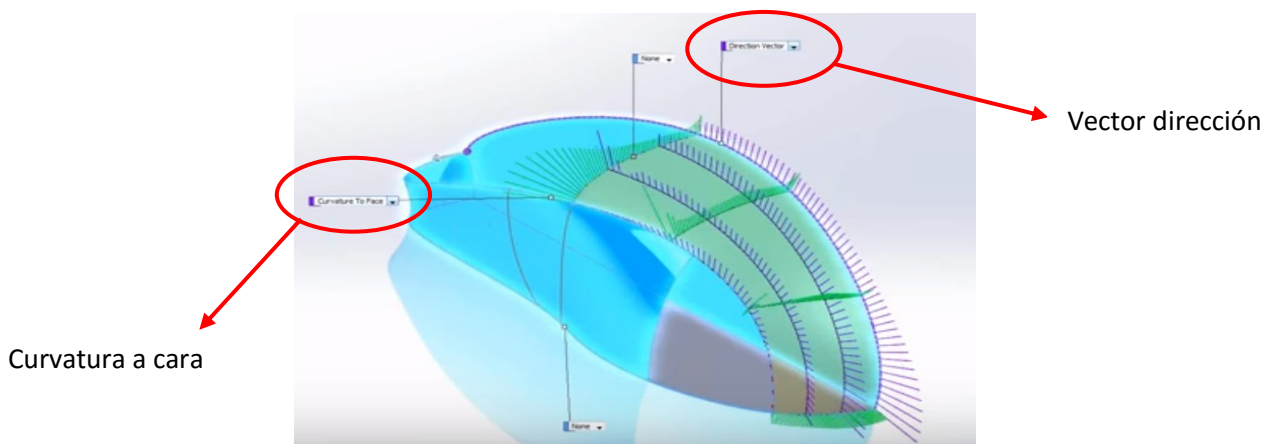


Figura 4.4.: Parte superior ratón de ordenador.

Estas relaciones son necesarias si se pretende ocultar los límites entre superficies.

Hay que destacar que para la parte superior del ratón también se realiza una partición para poder asegurar una mayor exactitud en la forma que pretendemos conseguir.

4.2.2. Modelización cuchara.

Este producto es un buen ejemplo de producto que se puede modelar únicamente a través de superficies. Si fuera modelada a través de sólidos sería imposible o muy complicado de realizar.

La única dificultad de este ejercicio encontrada ha sido la de realizar el croquis 3D. En este caso se ha llevado a cabo a través de la proyección de dos croquis 2D, por lo tanto la dificultad reside en la precisión en que se realizan estos dos croquis 2D.

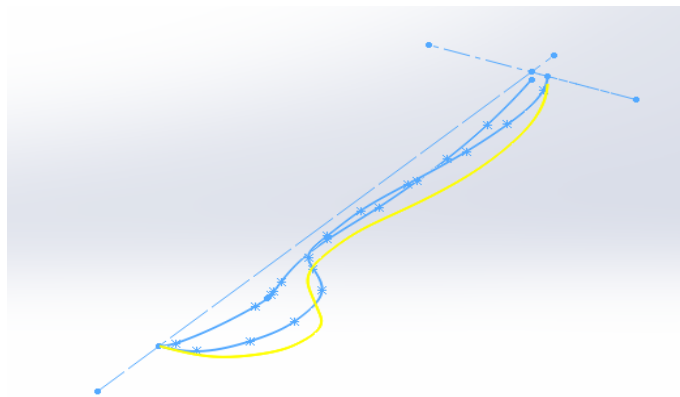


Figura 4.5.: Croquis cuchara.

La línea amarilla es la proyección obtenida de las dos líneas azules.

Una vez creado el croquis simplemente basta con hacer un Barrido de superficie, seleccionando la parte inferior del alzado de la cuchara como trayecto, el perfil del croquis como perfil del barrido y el croquis 3D como curva guía.

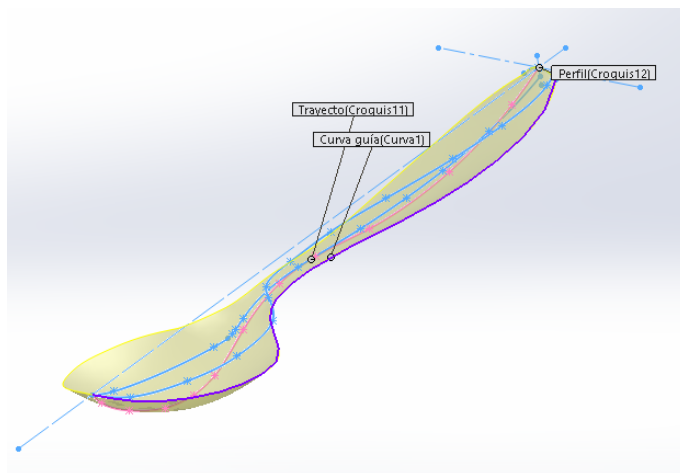


Figura 4.6.: Barrido cuchara.

4.2.3. Modelización botella plástico reutilizable.

Se pueden encontrar muchos tutoriales de botellas realizadas a través de superficies. Hay gran variedad de formas distintas y cada una de ellas puede tener detalles interesantes a trabajar. Este caso se trata de una botella bastante sencilla pero que ayuda a la realización de diseños de botellas más complejos que se verán más adelante.



Figura 4.7.: Botella plástico reutilizable.

Lo interesante de este diseño son las secciones que se meten hacia dentro de la botella. Tras realizar la forma general de la botella (un cuarto ya que después con simetrías se puede conseguir la botella entera), se dibuja un croquis con la forma de la sección que se incrusta hacia dentro. Con el croquis se parte la superficie, se selecciona esa superficie partida y se crea una nueva equidistante a ella eliminando la antigua. Finalmente se realiza la unión de la botella con la incrustación a través de una Superficie Limitante, dando curvatura a la cara.

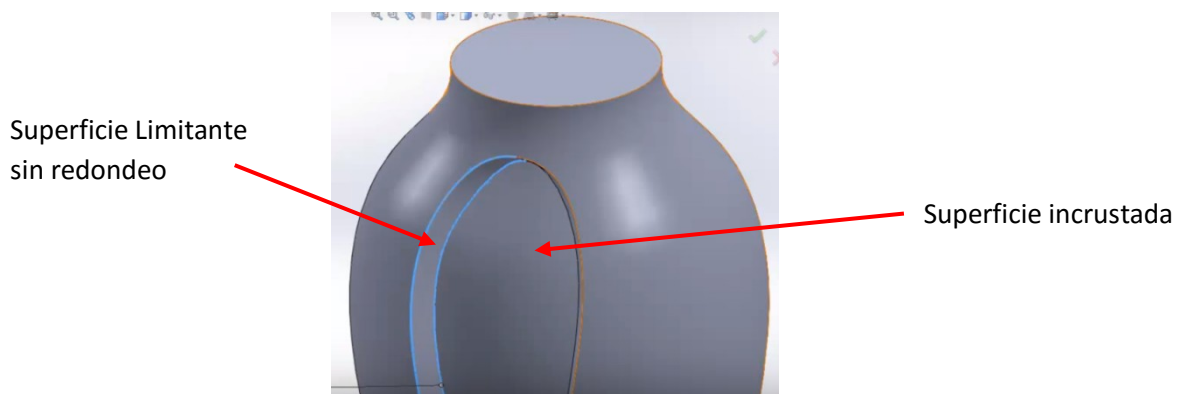


Figura 4.8.: Botella plástico reutilizable detalle incrustación.

4.2.4. Modelización botella detergente.

Este es otro ejemplo de ejercicio de superficies en la que se modela una botella, en este caso una botella de detergente.



Figura 4.9.: Botella detergente.

En este modelo hay dos aspectos interesantes a destacar:

- El agarre:

Para realizar el agarre característico de las botellas de detergentes se va a proceder por un recorte con la forma deseada de la superficie y después por el recubrimiento de la superficie recortada (seleccionando los perfiles de los dos lados) aportándole a los dos lados una tangencia a las caras.



Figura 4.10.: Recorte botella detergente.

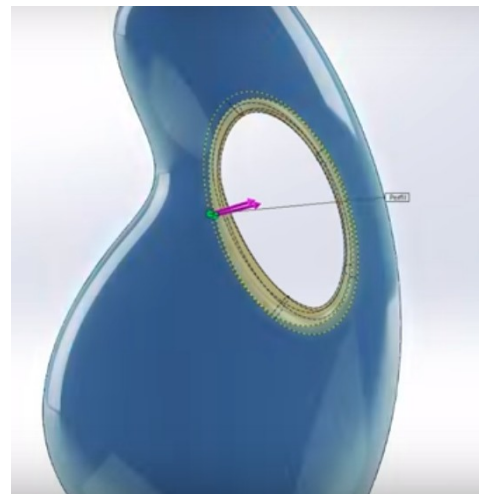


Figura 4.11.: Recubrimiento agarre botella detergente.

- Parte inferior botella:

Para la parte inferior de la botella se utiliza la herramienta de cúpula, herramienta normalmente utilizada para sólidos pero que es posible utilizarla con superficies. En este caso simplemente hay que realizar un recorte con forma ovalada y utilizar la opción de cúpula seleccionando la arista recortada.

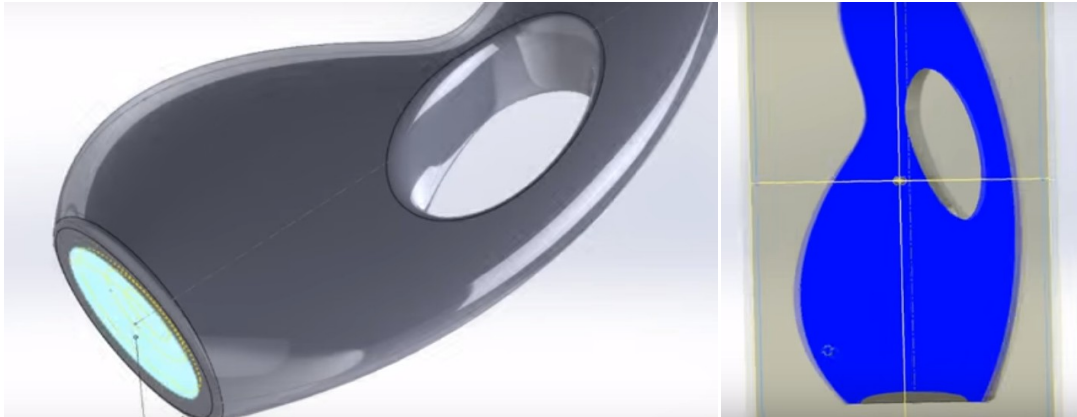


Figura 4.12.: Parte inferior botella detergente.

4.2.5. Modelización maquinilla de afeitar.

El modelado de la maquinilla de afeitar ya empieza a ser un modelado algo más complejo debido a su enrevesada forma.

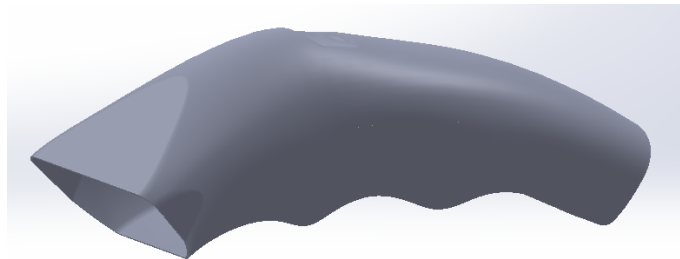


Figura 4.13.: Maquinilla de afeitar.

Lo complicado de este ejercicio no es la complejidad de las operaciones realizadas, si no la forma de abordarlo. En un primer momento se tiene ganas de abordar el diseño haciéndolo todo de golpe, pero para un resultado adecuado hay que seguir cierto orden.

- Obtención forma general del objeto:

En un primer lugar se debe obtener una forma sencilla y general del objeto y luego se van añadiendo los detalles. Por lo tanto la forma general la vamos a obtener con el recubrimiento de una superficie, compuesto por cuatro perfiles y 3 curvas guía (2 croquis y la arista de un plano).

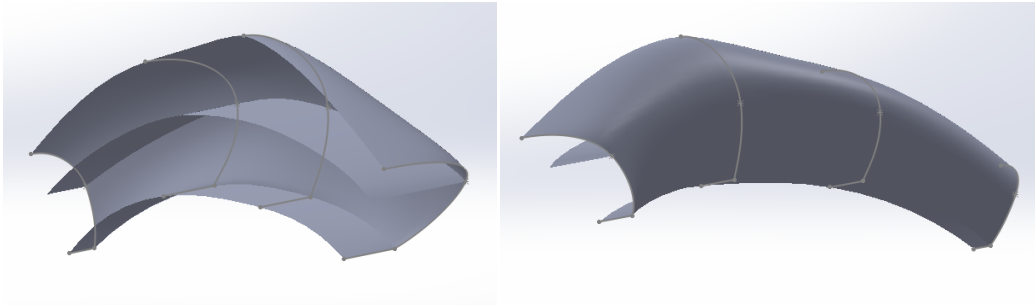



Figura 4.14.: Obtención forma general maquinilla de afeitar.

- Parte inferior de la maquinilla de afeitar (agarre).

Es interesante la manera en la que se consigue la parte inferior de la maquinilla de afeitar (el agarre). Para ello se utiliza una herramienta que aún no se ha utilizado anteriormente, la de deformación . Con esta opción se consigue simplemente a través de un croquis 2D y seleccionando la arista de la superficie a deformar la forma deseada.

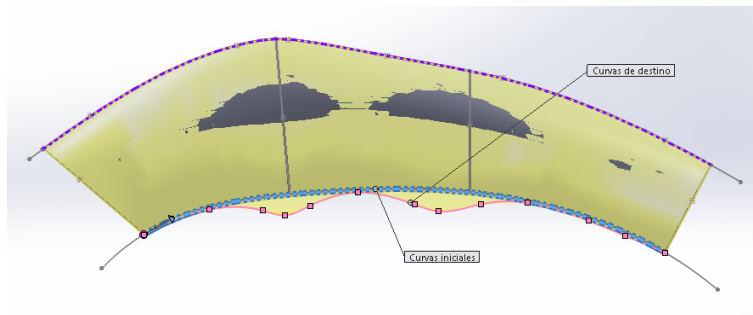


Figura 4.15.: Deformación maquinilla de afeitar.

- Emplazamiento botón superior.

Este detalle parece sencillo pero su procedimiento es algo rebuscado. Se croquiza la forma en el alzado y se revoluciona este consiguiendo el siguiente resultado:

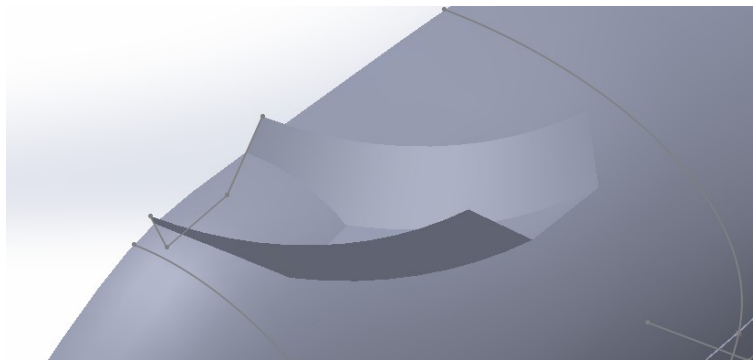


Figura 4.16.: Revolución botón.

Una vez realizado ese paso, el emplazamiento del botón se obtiene con la intersección de las dos superficies y colocando tapas planas en ellas.

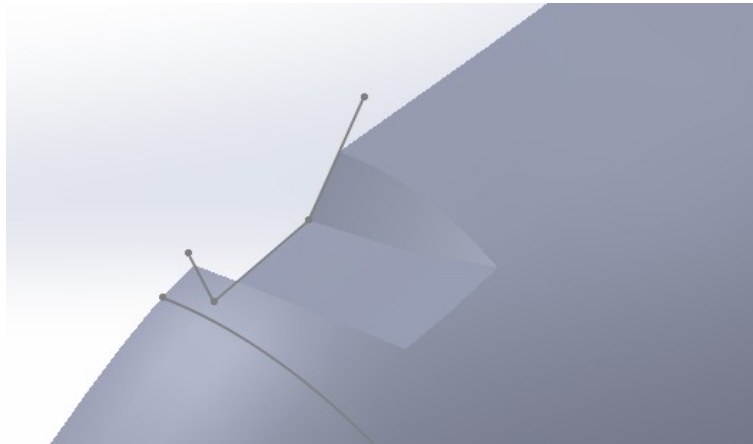


Figura 4.17. Intersección de planos del emplazamiento del botón.

El resto de la maquinilla de afeitar se consigue a través de cortes, particiones, redondeos, vaciados y simetrías.

4.2.6. Modelización coche (Lamborghini Aventador).

En este caso se ha modelizado un objeto bastante complejo para así poder comparar y detectar las mayores dificultades que supone modelar a través de superficies un proyecto de este calibre.

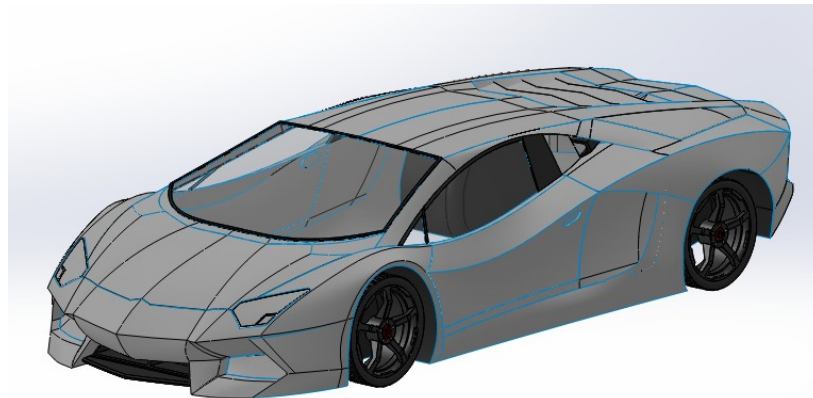


Figura 4.18. Lamborghini Aventador.

Al realizar este modelado, la sorpresa ha sido que las herramientas utilizadas son casi siempre las mismas. El proceso es relativamente sencillo, aunque muy laborioso.

Cómo se trata de un ejercicio bastante largo, se va a proceder, a diferencia de los casos anteriores, al análisis de las herramientas más utilizadas a lo largo del modelado y mostrar algunos ejemplos de dónde se han aplicado estas.

Las herramientas utilizadas a lo largo del modelado han sido:

- Superficie limitante:

Teniendo bocetos en dos direcciones o aristas de otras superficies, esta herramienta brinda la posibilidad de crear fácilmente superficies que se adaptan a las colindantes gracias a las relaciones que le podemos dar. La mayor parte del diseño del coche se ha llevado a cabo con esta herramienta. Sobre todo al principio, cuando aún no se tenía ninguna referencia, era una herramienta muy útil para crear superficies a partir d bocetos 3D.

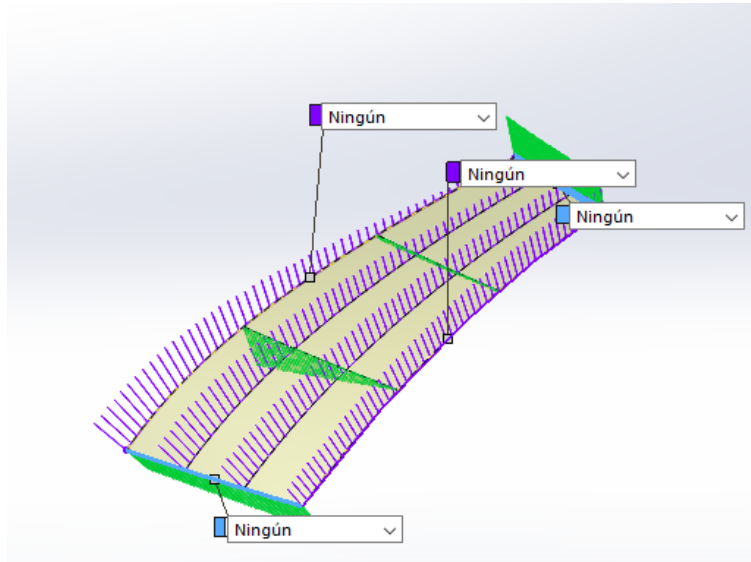


Figura 4.19: Superficie limitante capo de coche.

- Recubrir superficie:

Esta curva es utilizada muchas veces a modo de sustitución de la superficie limitante, ya que necesita 3 parámetros para definir la operación (2 perfiles y 1 curva guía), en vez de 4. Esta herramienta ofrece menos calidad pero es una herramienta que exige menos croquis y, por lo tanto, es interesante utilizarla para elementos sin necesidad de gran precisión.

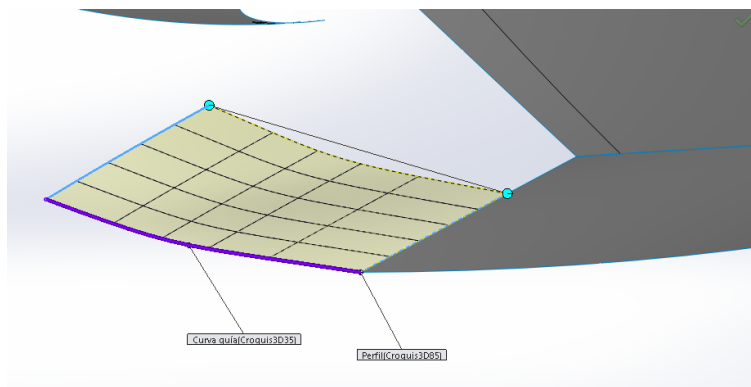


Figura 4.20: Recubrimiento superficie faros.

- Extruir superficie:

Esta herramienta se ha utilizado muy a menudo para recortar superficies. A partir de un simple croquis 2D se puede extruir una superficie intersectando la que queremos cortar.

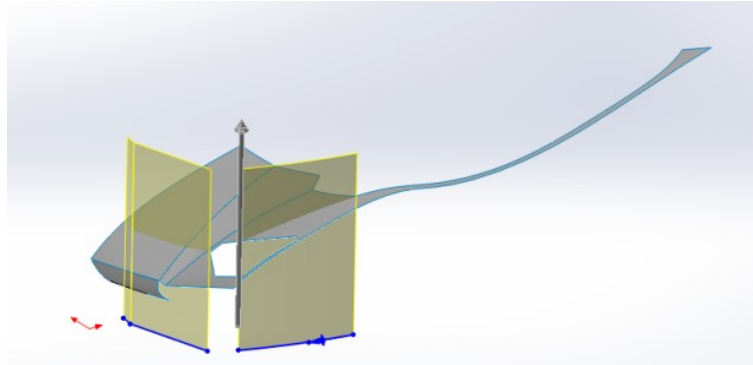


Figura 4.21.: Corte capo coche.

- Rellenar superficie:

Cuando se posee un límite cerrado y queremos emparcharlo/rellenarlo, es una herramienta muy sencilla de utilizar. A su vez, es posible definir ciertas restricciones entre la superficie que se está creando y las caras colindantes a ella.

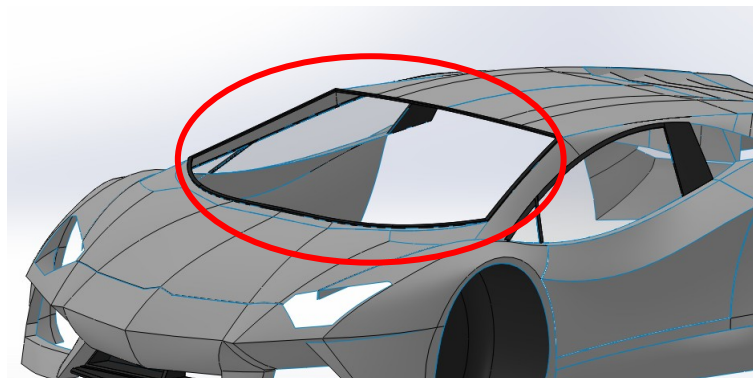


Figura 4.22.: Rellenar superficie parabrisa coche.

Otras operaciones utilizadas, aunque en menor medida que las anteriores, para el modelado de un coche han sido: Barrer superficie, Superficie reglada, Partir superficie, dar espesor, equidistancia de superficies, eliminar sólido, extender superficie, coser superficie....

Cómo es posible observar, ninguna operación realizada posee una gran complejidad ni se requiere ningún tipo de complemento o conocimientos extensos sobre superficies para conseguir una forma tan compleja cómo es la de un coche. El simple dominio de las herramientas básicas de creación de superficies es suficiente para crear cualquier tipo de producto deseado.

4.3. Conclusiones obtenidas al trabajar con superficies.

Tras la realización de los diversos ejercicios de modelado a través de superficies expuestos en el apartado anterior, se puede llegar a ciertas conclusiones para así, conseguir enfocar el trabajo hacia unas cuestiones más específicas del modelado a través de superficies en *SolidWorks*.

El modelado a través de superficies se reduce a operaciones muy básicas que, a través de su dominio, se pueden conseguir resultados adecuados. Por lo tanto no es interesante enfocar el trabajo al dominio de estas, sino más bien se va a tratar de enfocar hacia los posibles problemas que pueden ir surgiendo a medida que se trabaja con superficies.

Los problemas que se han detectado a lo largo del modelado de los anteriores objetos han sido los siguientes:

- Uniones de superficies: Pueden surgir ciertas complicaciones a la hora de unir superficies, sobretodo en la conservación de la continuidad de estas para conseguir que no se vea ningún tipo de separación o diferencia entre estas. La cosa se complica cuando se pretende unir un conjunto de más de 2 superficies.

- Enfoque de trabajo de superficies: Hay dos formas básicas para trabajar con superficies, por un lado con secciones perpendiculares, a través de 2 o 3 vistas o croquis de un objeto, o a través de una serie de secciones paralelas. Decidirse por una opción u otra muchas veces puede facilitar o complicar el trabajo.

- Objetos cóncavos/huecos: Estos son los típicos objetos que muchas veces se pueden trabajar únicamente con superficies, por lo tanto a veces su geometría se puede complicar y, por lo tanto, pueden aparecer ciertos problemas.

- Relieves y hendiduras: Los salientes y hendiduras suelen ser utilizados como elementos de decoración. Introducirlos en superficies lisas puede aportar cierto valor añadido a nuestro objeto, pero a su vez incrementa el trabajo y si no se sabe cómo abordar el problema, se puede complicar mucho.

- Asas y mangos: Cada vez más las asas y mangos de los productos que están actualmente en el mercado son más y más ergonómicos, por lo que las formas son cada vez más complejas.

- Decisión de trabajar con sólidos o superficies: Siempre que se pueda, es más fácil trabajar con sólidos, por lo tanto la elección es bastante sencilla. El problema viene cuando decidimos mal.

- Trabajo con superficies y sólidos a la vez: Esto es bastante aconsejable, ya que siempre habrá partes de un objeto que se puedan trabajar con una técnica u otra, hay que aprender a hacer uniones entre estas y conseguir una buena fusión.

4.4. Selección de productos a modelar.

Tras analizar los distintos problemas o dificultades que pueden surgir a través del modelado de superficies, se ha decidido enfocar el trabajo concretamente hacia tres cuestiones:

- Las uniones entre superficies.
- Los objetos cóncavos o huecos.
- Los relieves y hendiduras.

Para abordar estos tres problemas se necesita encontrar los objetos adecuados, para así permitir el aprendizaje de cómo afrontar estas situaciones y poder aplicarlo en un futuro a otros objetos.

Para las uniones entre superficies se ha decidido realizar 2 diferentes ejercicios. Por un lado un auricular, dónde se posee una sencilla unión entre 2 superficies (mango y cabeza) y, por otro lado, una raqueta de tenis, dónde se va a realizar la unión de 3 superficies.

El ejercicio seleccionado para trabajar los objetos cóncavos es el de una barca, ejercicio sencillo pero, a su vez, muy interesante.

Y finalmente, para el tema de relieves y hendiduras, se va a proceder a la realización de un bote de detergente con una geometría bastante interesante.

CAPÍTULO V

DISEÑO DE LOS OBJETOS COMPLEJOS

- Uniones entre superficies
- Objetos cóncavos
- Relieves y hendiduras

5.1. Uniones entre superficies.

Muchas veces nos vemos enfrentados, cuando trabajamos con superficies, a tener que unir superficies. Esta tarea que puede parecer fácil, a veces puede acabar siendo bastante complicada, sobre todo si no conseguimos los resultados deseados. La mayor dificultad es la de conservar la continuidad de las superficies implicadas obteniendo una superficie con una morfología adecuada.

Para enfocar esta cuestión se va a empezar realizando un ejercicio sencillo en el cuál se va a realizar la unión de únicamente 2 superficies. Con ello se pretende realizar un ejercicio básico y sencillo para conseguir luego relacionarlo con el segundo ejercicio algo más complejo, el cuál vamos a realizar la unión de 3 superficies.

5.1.1. Modelado de un auricular.

Ejercicio de unión de dos superficies, permitiendo hacer una unión básica y sencilla para ver el manejo de las herramientas y así, utilizar su manejo para el posterior ejercicio.

El objeto a modelar va a ser un auricular:



Figura 5.1.: Auricular.

Lo interesante de este ejercicio es la unión entre la cabeza del auricular y la base dónde pasan los cables.

Para la realización del ejercicio se han seguido los siguientes pasos:

1. Revolución de una superficie para modelar la parte de la rejilla del auricular. Para ello se ha realizado dos croquis, uno para la forma de la sección de esta parte y otro para el eje alrededor del cual se va a revolucionar la superficie.

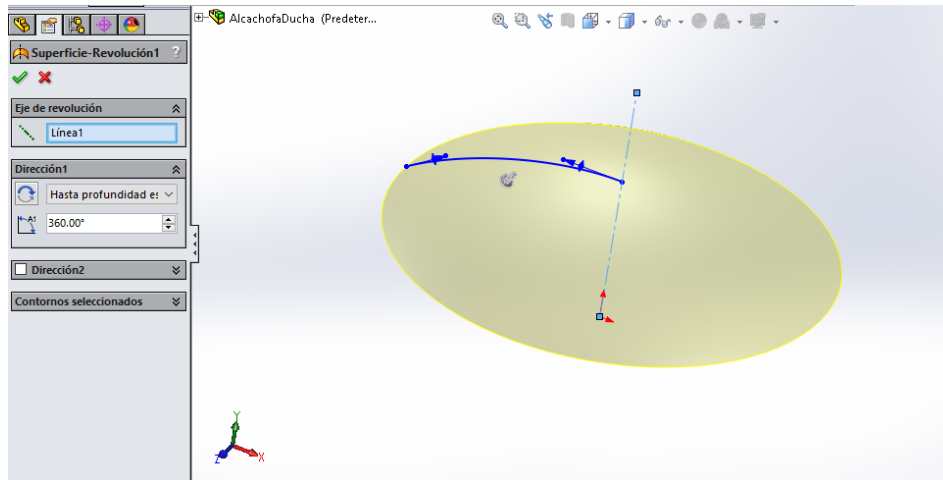


Figura 5.2.: Paso 1

2. La parte exterior de la cabeza del auricular se va a llevar a cabo del mismo modo que el paso anterior, a través de la revolución de una superficie. No hace falta en este caso rehacer un nuevo eje, ya que la superficie va a estar revolucionada alrededor del mismo centro que el anterior, y por lo tanto podemos reutilizar el mismo.

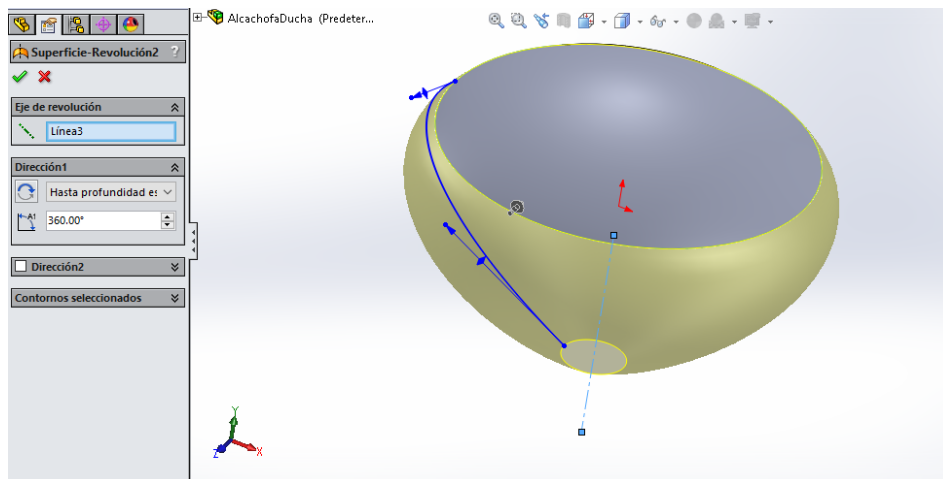


Figura 5.3.: Paso 2

3. Se va a proceder a cortar la parte inferior, parte por donde se va a continuar posteriormente con la unión con la salida de los cables. Para ello se va a deber hacer un croquis con la forma del corte que queremos hacer. Con la herramienta de *Recortar Superficie*, se selecciona el croquis de recorte y la sección que queramos cortar o conservar, según la opción marcada.

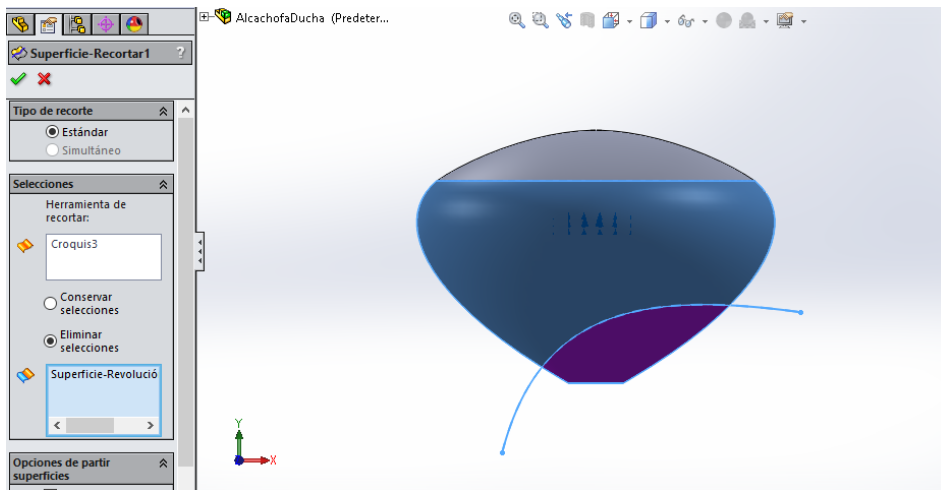


Figura 5.4.: Paso 3

4. Con un simple croquis (circunferencia), y la herramienta de extrusión de superficie, se realiza la salida de los cables, segunda parte del auricular que se va a proceder a unir con la cabeza de auricular.

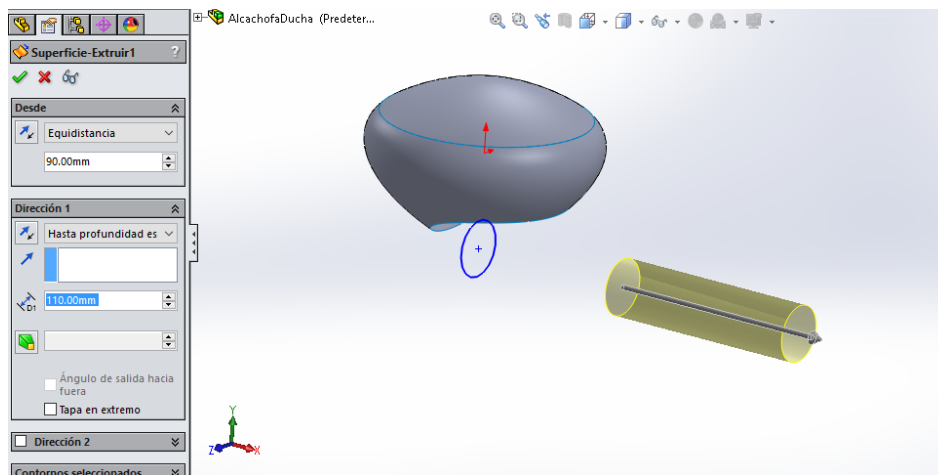


Figura 5.5.: Paso 4

5. Este paso es cuando se va a llevar a cabo la unión de la cabeza y la salida de los cables. Para ello se va a utilizar un recubrimiento de superficie, seleccionando los dos perfiles de las dos partes. Para conseguir un resultado adecuado, es importante definir las restricciones iniciales y finales. En este caso se busca que el recubrimiento realizado sea tangente a las dos caras que se pretende unir. La tangencia se va a modificar hasta que la forma de la superficie sea adecuada.

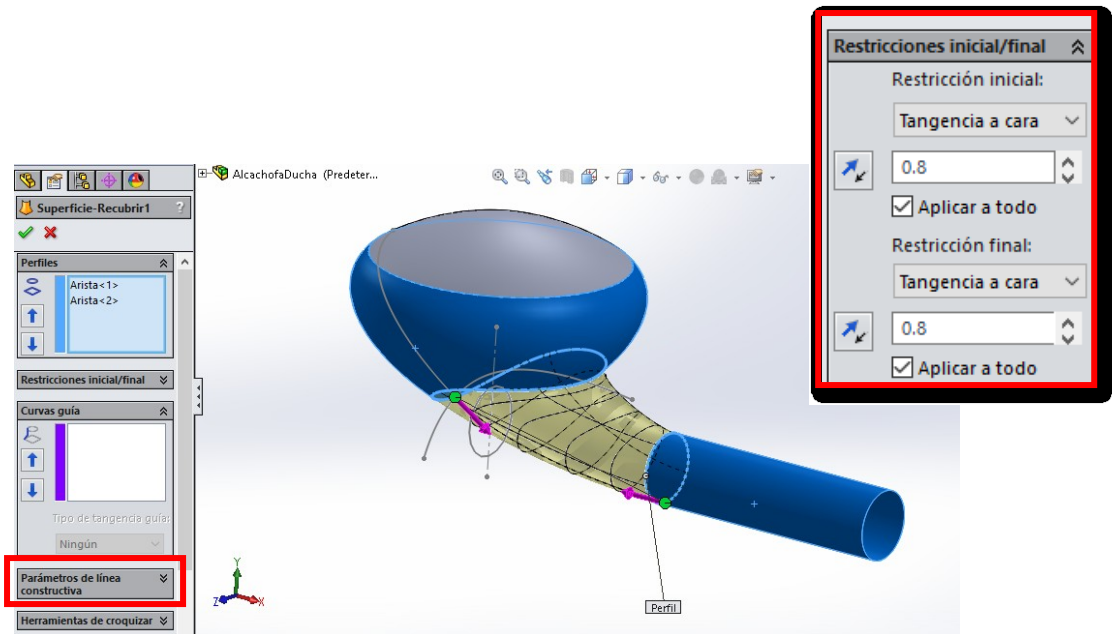


Figura 5.6.: Paso 5

6. La rejilla del auricular está algo hundida, para ello se va a seleccionar la cara y proceder a realizar la equidistancia de la superficie, marcando la distancia deseada. Una vez realizado este paso, se continua con el recorte de la rejilla tanto inferior como interior a través de un croquis, obteniendo el siguiente resultado:

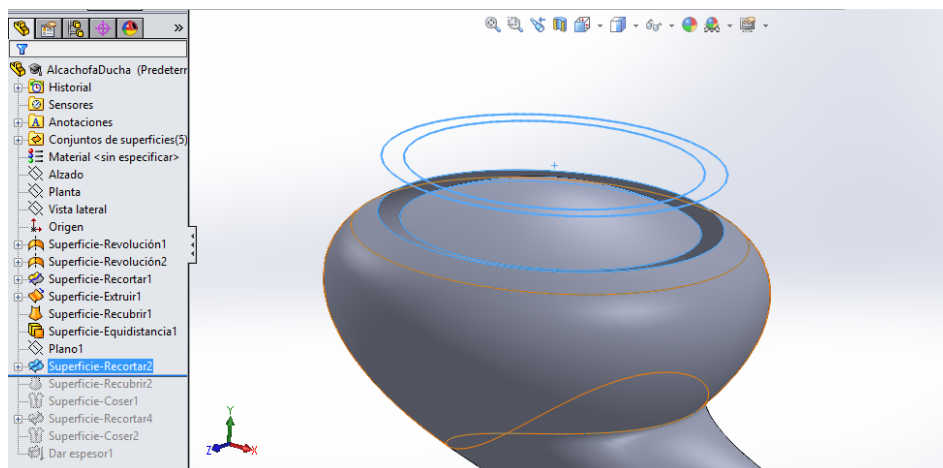


Figura 5.7.: Paso 6

7. La unión entre la rejilla y el resto del auricular se va a realizar también con un recubrimiento de superficie, seleccionando los dos perfiles. En este caso también se ha introducido en las restricciones finales e iniciales tangencia.

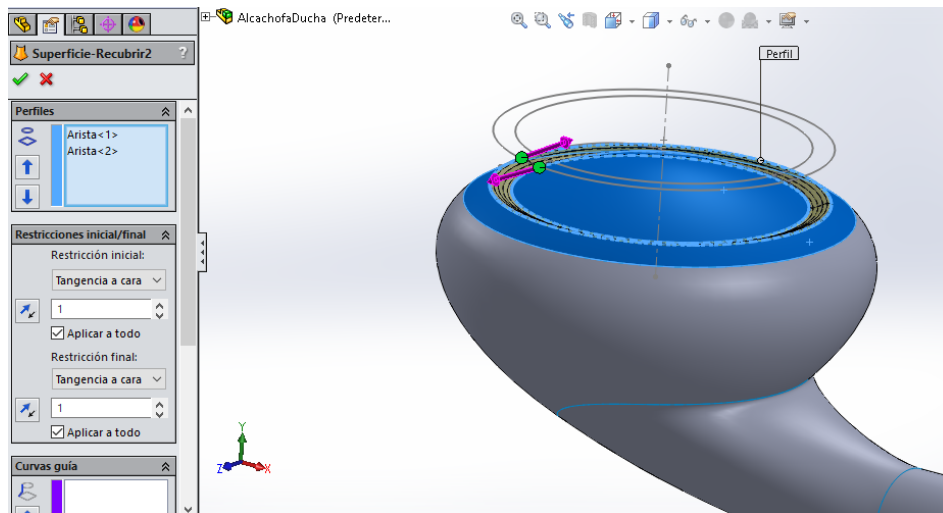


Figura 5.8.: Paso 7

8. Para la realización de la rejilla simplemente se ha creado un croquis a través de una matriz circular y se ha recortado la superficie, eliminando el interior de cada uno de los círculos que forman el croquis.

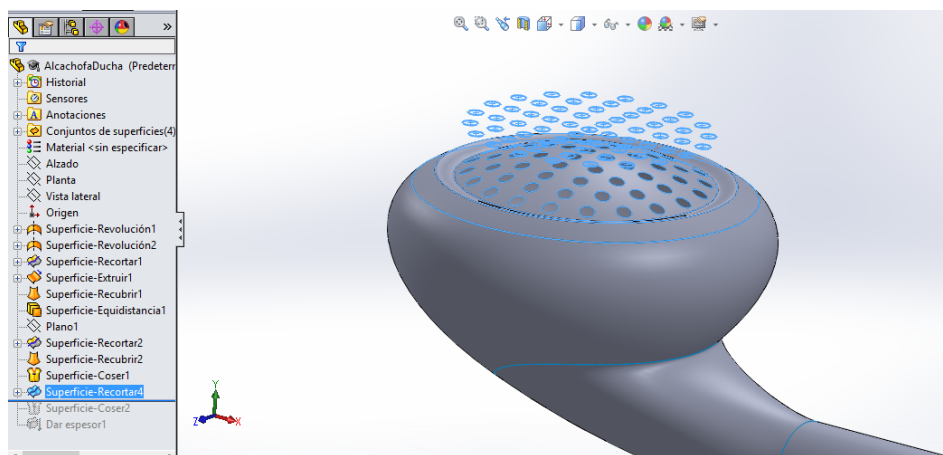


Figura 5.9.: Paso 8

9. Para finalizar el objeto, se deben coser las superficies, creando así sólidos. Se puede también dar cierto espesor a las superficies antes o después de haberlas cosido.

Las dos uniones realizadas en este ejercicio se realizan con la misma herramienta. Es importante definir bien las relaciones que queremos que tenga nuestra superficie de unión con las colindantes (las que está uniendo). En este caso es interesante fijar una tangencia en ambos casos, pero también es posible seleccionar otras restricciones, cómo la del vector dirección, curvatura a cara o ninguna.

5.1.2. Modelado de una raqueta de tenis.

Para profundizar y consolidar el manejo de las uniones de superficies se va a llevar a cabo un ejercicio que consiste en el modelado de una raqueta de tenis. Con ello se va a realizar uniones de tres superficies (el caso anterior únicamente era de dos).

El ejercicio anterior es de gran utilidad para llevar a cabo este, ya que el procedimiento es bastante similar aunque un poco más complejo.



Figura 5.10.: Raqueta de Tenis

Tras la realización de este ejercicio y realizar dos uniones de tres elementos, se da por concluido la realización de ejercicios de uniones, asumiendo que con ello ya queda la técnica suficientemente clara para saber cómo realizar uniones en otros objetos.

Para crear este producto se han seguido los siguientes pasos:

1. A través de de la ayuda de una fotografía de una raqueta se empieza a realizar las formas principales de la raqueta. En este caso basta con realizar un cuarto del producto, ya que después a través de simetrías conseguimos la forma entera. Para realizar esta forma general de la raqueta, se va a utilizar el recubrimiento de superficies, haciendo dos croquis para los perfiles (uno al final y otro al principio) y otro croquis para las curvas guía, que van a marcar el trayecto a seguir por los perfiles.

Este proceso se va a repetir 3 veces, ya que hemos seccionado la raqueta por las uniones, por lo tanto el resultado de este paso es el siguiente:

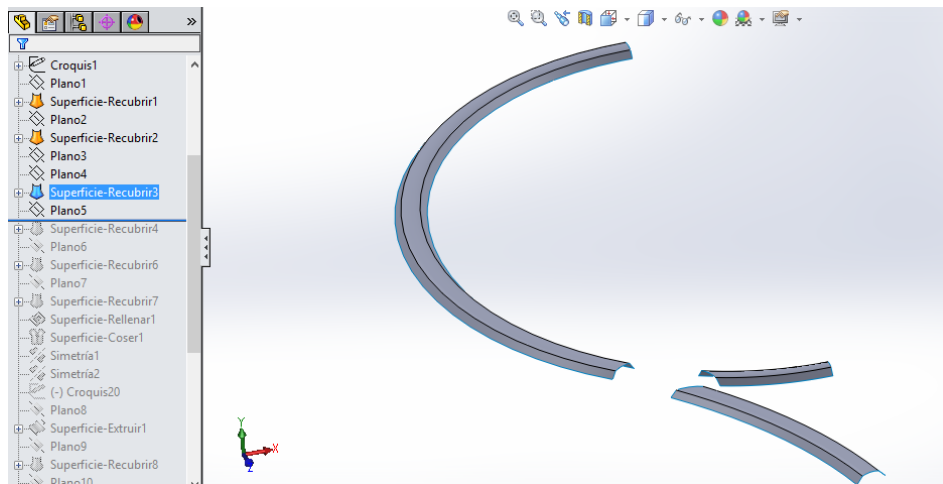


Figura 5.11.: Paso 1

2. Para empezar a unir las tres superficies se va a empezar con las dos que están más cerca, las que se encuentran en la parte inferior de la raqueta. Primero hay que realizar un primer croquis (ver Figura 5.12, línea azul), situado en la planta de nuestro modelo, a través de una *Spline* de tres puntos. Sería mejor si se pudiera utilizar una *Spline* de solo dos puntos y controlar su forma con las flechas de control y marcando la tangencia a las curvaturas, pero *Solidworks* no lo permite cuando se imponen relaciones de igualdad de curvatura. Por lo tanto, la alternativa es usar una *Spline* de 3 puntos, asignando la opción de igualdad de curvatura a los dos puntos en contacto con la superficie y regulando la curvatura con el punto medio de la curva. Se debe intentar conseguir una curvatura lo más natural posible.

El croquis superior (ver Figura 5.12, línea amarilla) se realiza del mismo modo que el anterior con la peculiaridad de tener que introducir un nuevo plano “*Geometría de referencia* → *Plano*” paralelo al plano de planta y coincidente a los dos puntos marcados en rojo (ver Figura 5.12).

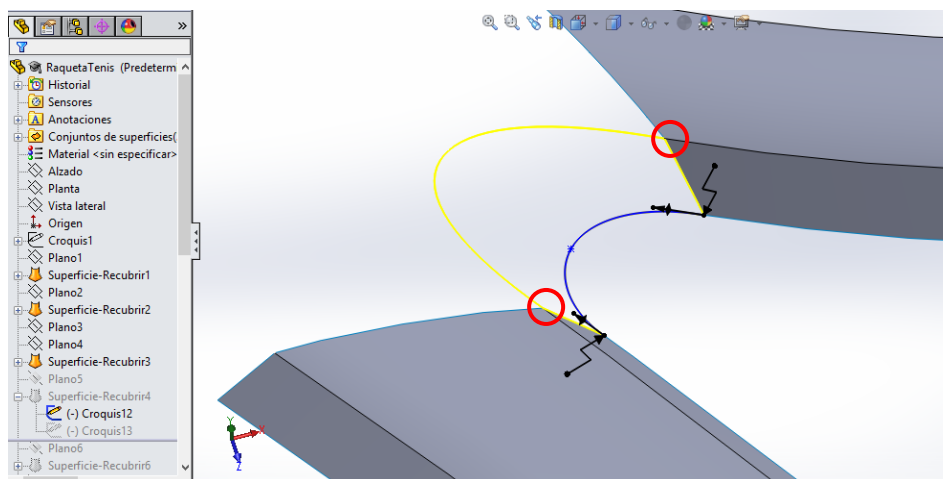


Figura 5.12.: Paso 2

3. Para crear el recubrimiento de un extremo a otro se deben seleccionar cómo curvas guía los dos croquis realizados en el paso anterior y, como perfiles, las dos aristas contenidas entre las dos curvas guías seleccionadas. No es necesario el SelectionManager para este conjunto de selección. La *figura 5.13* muestra la vista previa del recubrimiento. Aceptar la función y pasar a la siguiente etapa cuando estemos satisfechos con su apariencia.

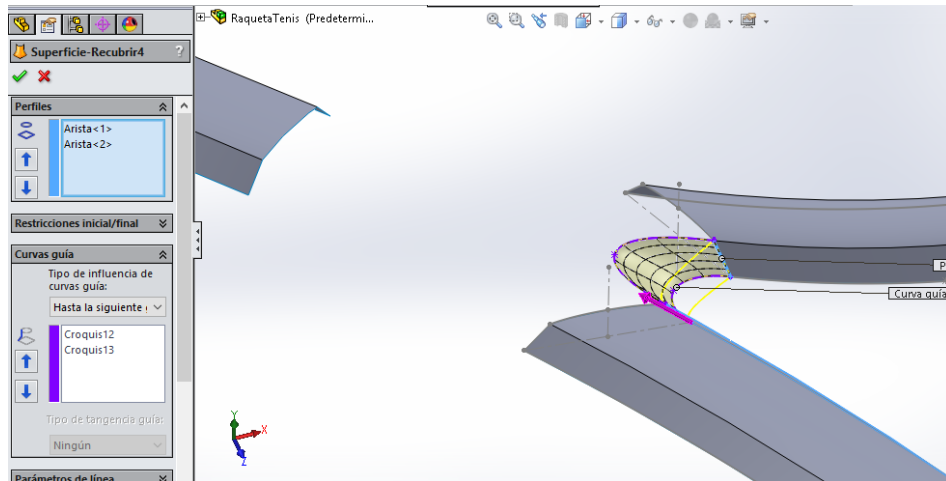


Figura 5.13.: Paso 3

4. Las otras dos caras exteriores son más sencillas de realizar. Se realiza a través de un boceto 3D (si los dos vértices están a la misma altura no hace falta, se realizan los bocetos cómo en el paso anterior) y se dibujan dos *Spline* entre los dos vértices de las superficies externas sin entrecruzarse entre ellas y en un solo boceto 3D.

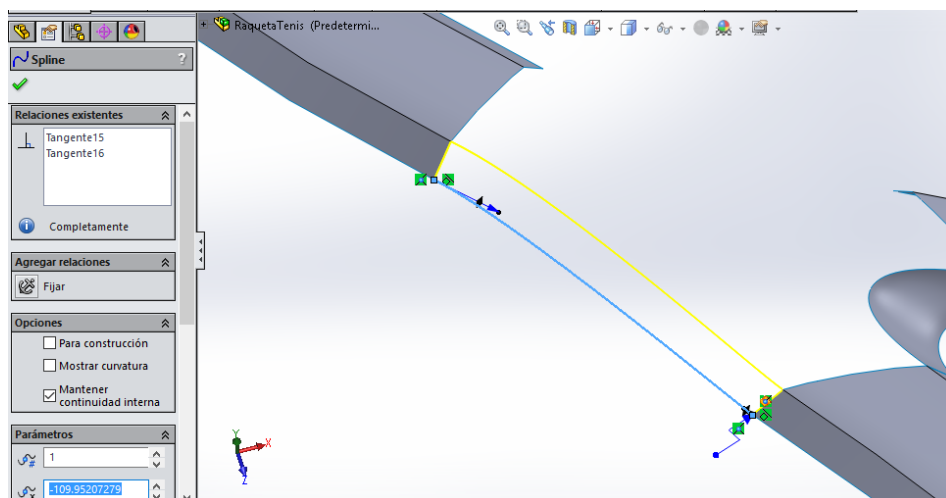


Figura 5.14.: Paso 4

5. Crear el recubrimiento de la superficie con las curvas guía creadas en el paso anterior. En este caso hace falta utilizar *SelectionManager* para seleccionar los croquis de las curvas guía. La figura 5.15 muestra la disposición para este paso.

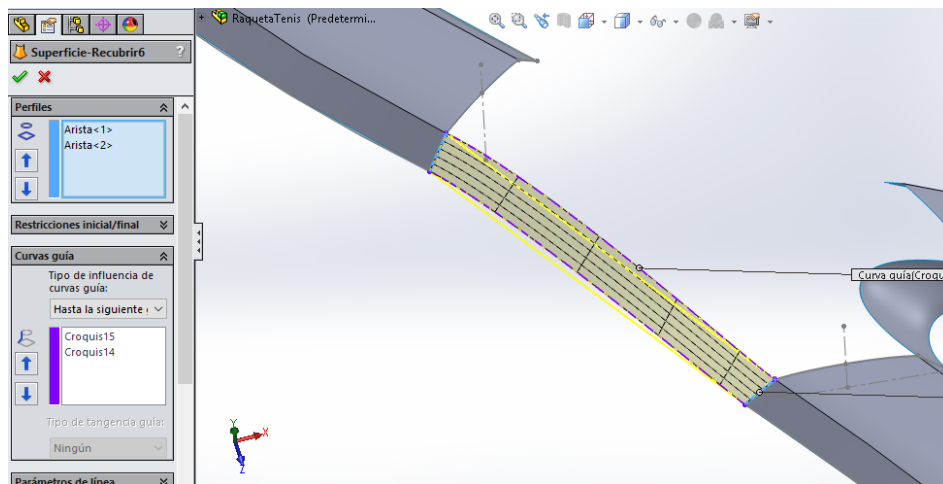


Figura 5.15.: Paso 5

6. Se debe hacer lo mismo para el otro lado, las caras interiores.

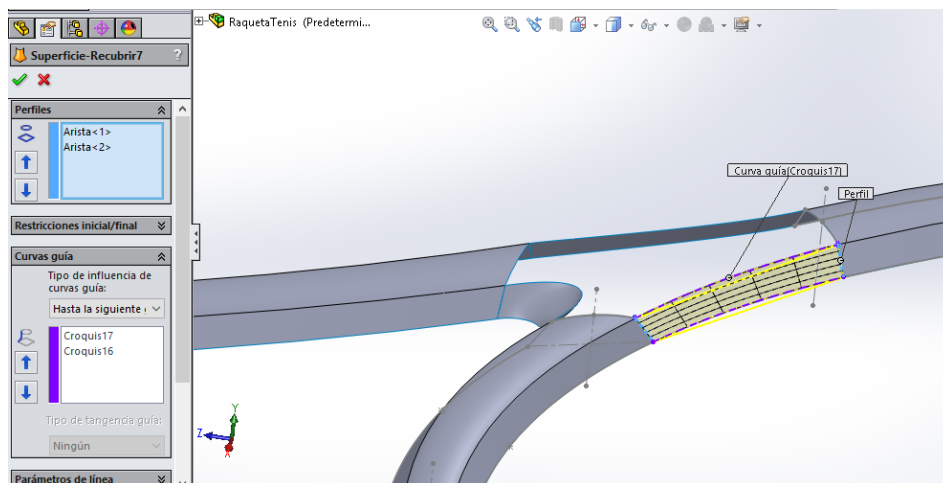


Figura 5.16.: Paso 6

7. De este modo se consigue rodear el hueco central a través de las superficies laterales. Es conveniente en este paso coser las superficies que tenemos ahora.

Una vez cosidas las superficies, se procede a cubrir el hueco a través de la herramienta de *rellenar superficie* y seleccionando, a través de la opción *Seleccionar lazo abierto*.

La configuración de arista para cada una de las aristas de la superficie de transición debe ser de contacto, y por los bordes curvados de los cuerpos superficiales de la pieza original, el ajuste debe ser curvatura. Los ajustes se realizan en el cuadro de selección de relleno.

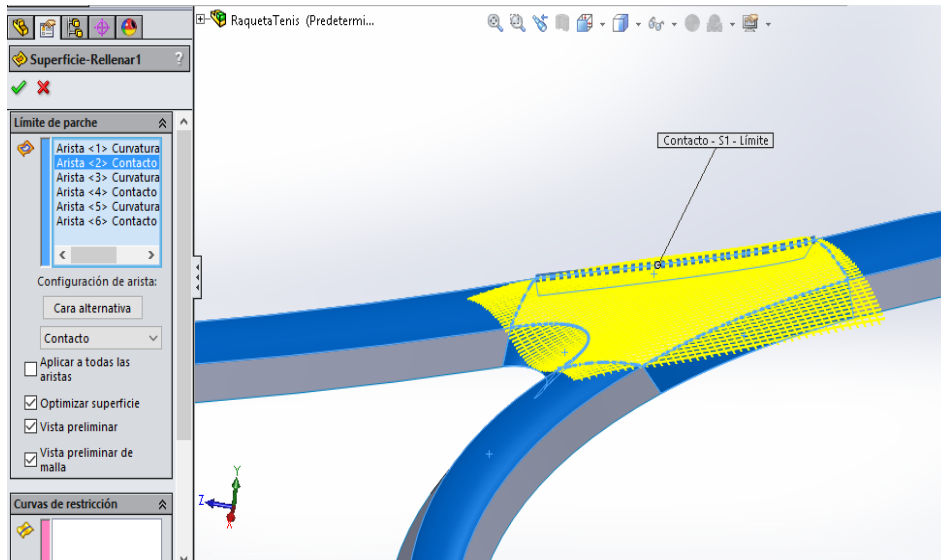


Figura 5.17.: Paso 7

8. Se cosen todas las superficies creadas formando un sólido y realizamos simetría respecto a la vista lateral, se cosen y se realiza una segunda simetría respecto al plano de la planta.

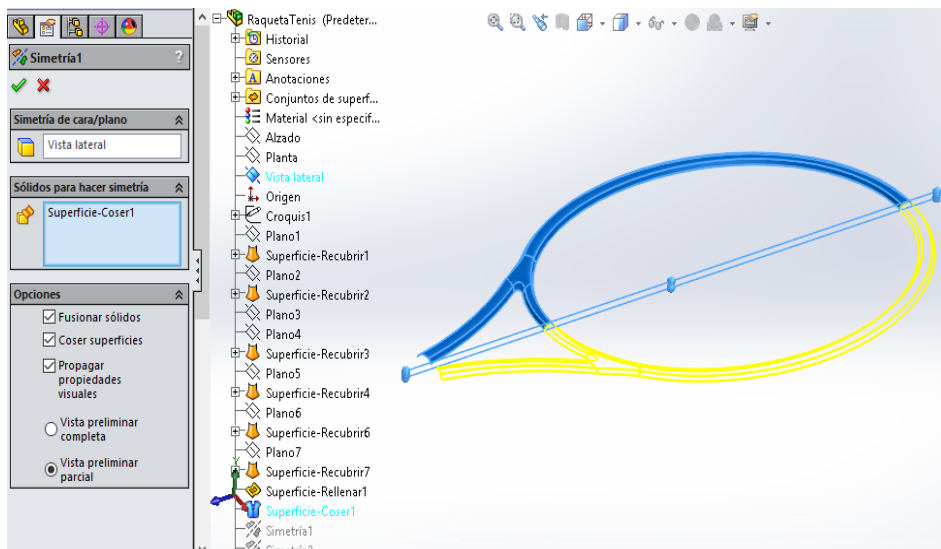


Figura 5.18.: Paso 8

9. Creación del mango de la raqueta a través de un croquis de la sección del mango y la herramienta de extrusión de superficie. Simplemente seleccionando el croquis y asignando la distancia deseada, se consigue la superficie requerida para esta parte del mango de la raqueta.

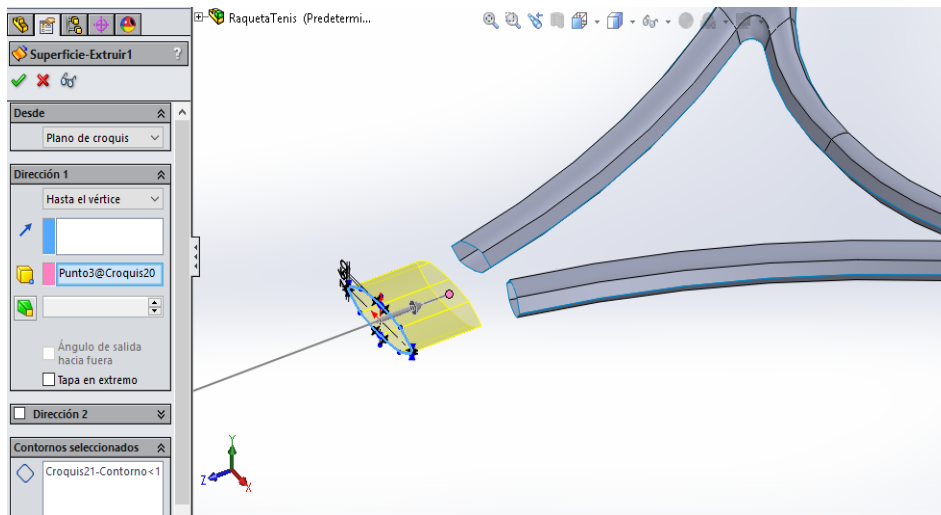


Figura 5.19.: Paso 9

10. La unión de estos tres componentes se va a realizar exactamente igual que la unión anterior. Empezando con la unión de las dos barras superiores, con curvas guías creadas con *Splines* de tres puntos y tras ello, realizando las uniones laterales de cada barra con el mango. El hueco interior se rellena con la herramienta *relleno de superficie* y se acaba cosiendo todas las superficies, creando un sólido.

Este paso, a pesar de ser repetitivo, es interesante realizarlo para así repasar y asentar los pasos a realizar en uniones de 3 cuerpos de superficies.

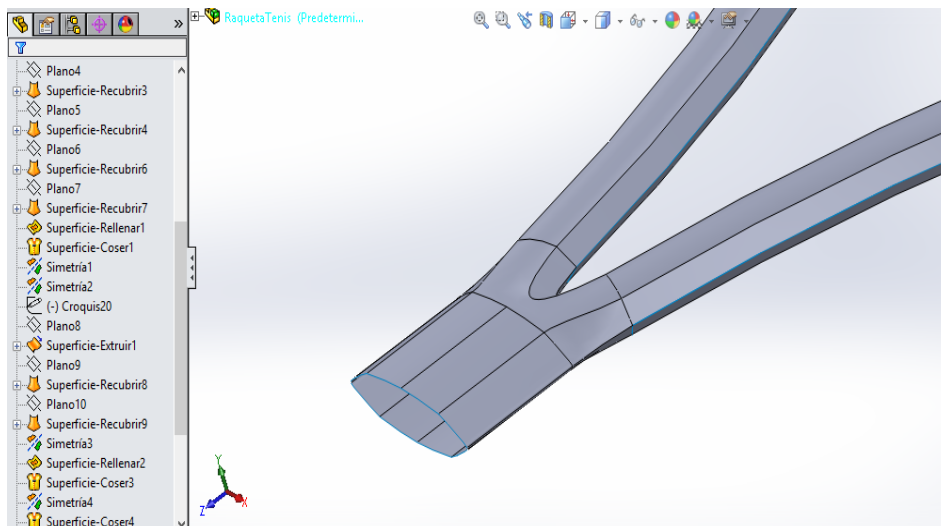


Figura 5.20.: Paso 10

* Si las formas son críticas y cuando creamos una curvatura aparece un error, primero se debe dar marcha atrás y probar a modificar la tangencia. Si esto no funciona, es interesante hacer un análisis de la desviación de nuestras superficies a través de la opción *franjas de cebra* en la ventana *calcular*.

11. Para realizar el mango de la raqueta se va a emplear un recubrimiento también, con dos curvas guías creadas en el plano de planta y dos perfiles (al inicio y al final).

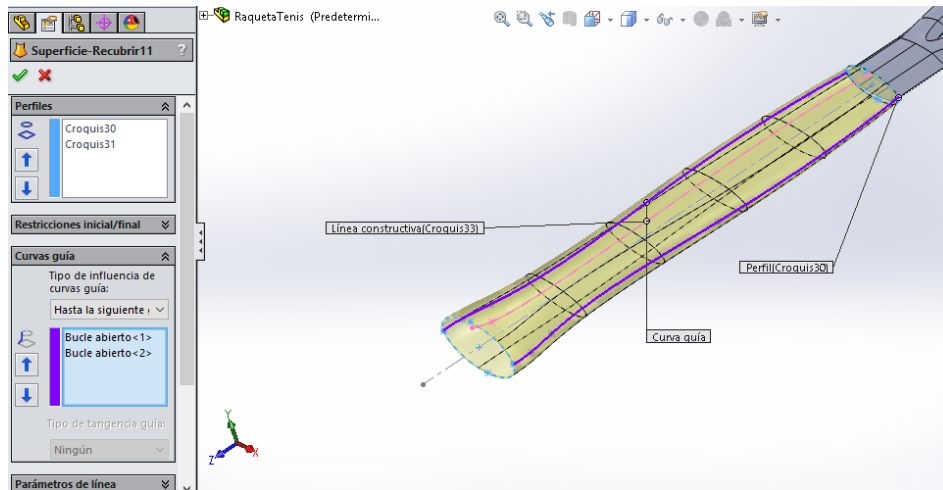


Figura 5.21.: Paso 11

12. Para finalizar este ejercicio, sólo falta recubrir los extremos con la herramienta de *Rellenar Superficie* con la pequeña excepción de que esta vez se va a dar cierta curvatura al relleno.

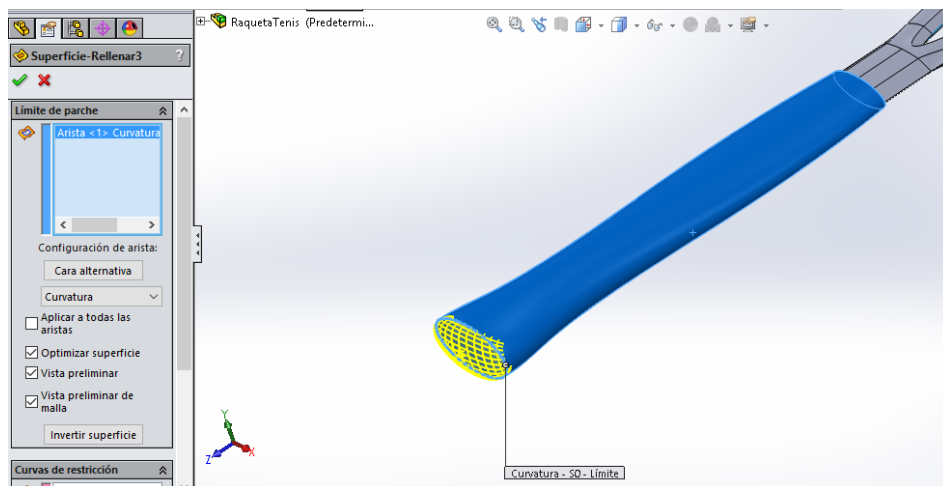


Figura 5.22.: Paso 12

*Cosar las tres superficies del mango antes de finalizar.

5.2. Objetos cóncavos.

Los objetos cóncavos suelen, casi siempre (salvo excepciones de geometría sencilla), modelados a través de superficies. Por ello es interesante realizar un ejercicio donde se modele un objeto cóncavo.

5.2.1. Modelado de una canoa.

Para este ejercicio se ha elegido realizar el modelado de una canoa. Ejemplo sencillo que enseña cómo trabajar con este tipo de objetos y deja muy claros los conceptos básicos.

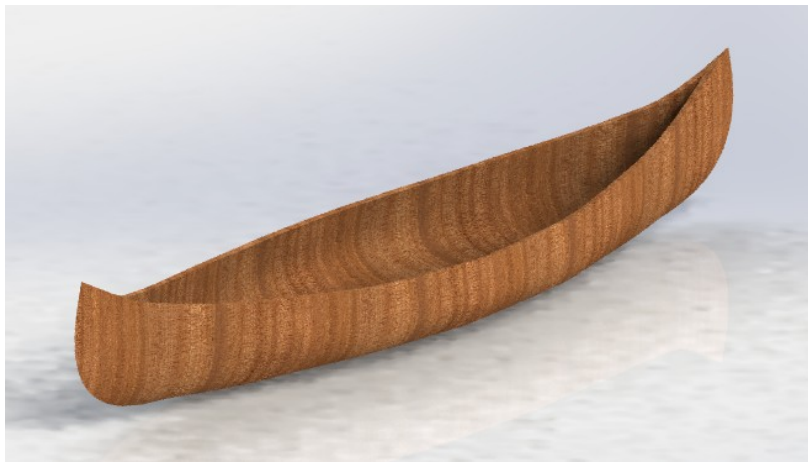


Figura 5.23.: Canoa

Para realizar esta canoa se va seguir el siguiente procedimiento:

1. Inserción de la imagen a través de la cuál vamos a apoyarnos para realizar la canoa. Para ello simplemente hay que crear un croquis en el plano en el cuál se desea insertar esta imagen (en nuestro caso alzado). Para insertar imagen simplemente utilizar la herramienta *Imagen para croquis* en el menú de croquis, y escalar con la medida deseada.

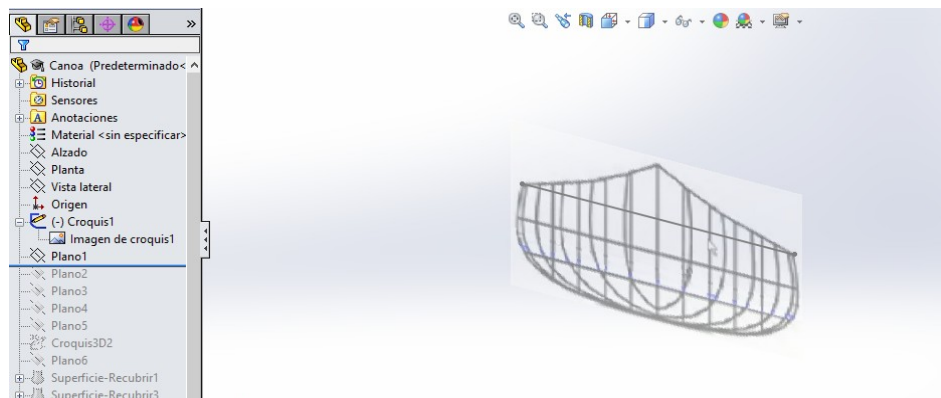


Figura 5.24.: Paso 1

2. Colocación de planos paralelos al plano de Alzado a cierta distancia el uno del otro. Cuantos más planos se coloquen, más precisión se conseguirá, pero a su vez, el procedimiento será más tedioso. Para este ejercicio, colocar uno 5 planos es suficiente. También se debe aprovechar y colocar un plano central, en el plano de la vista lateral, para una posterior simetría.

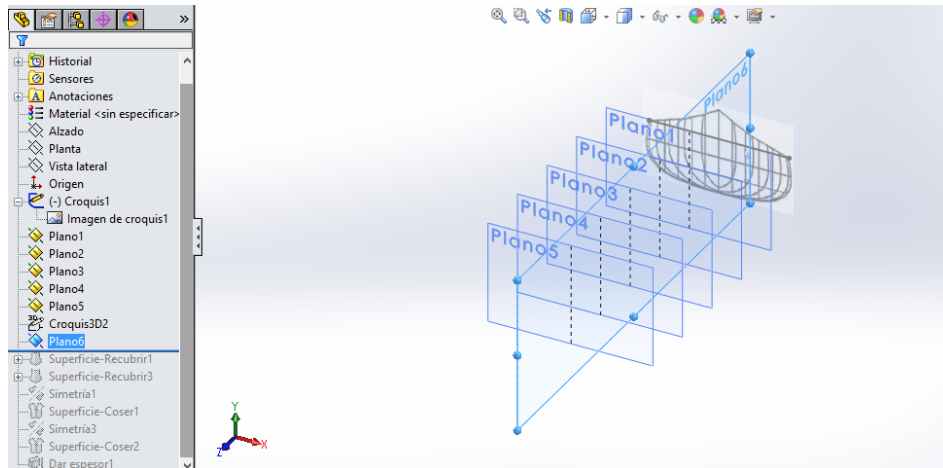


Figura 5.25.: Paso 2

3. En cada uno de los cinco planos paralelos se va a dibujar la forma del perfil que corresponde. Cómo este caso es bastante sencillo, para proceder a utilizar la herramienta de *Recubrimiento*, únicamente se van a emplear perfiles, sin necesidad de curvas guías.

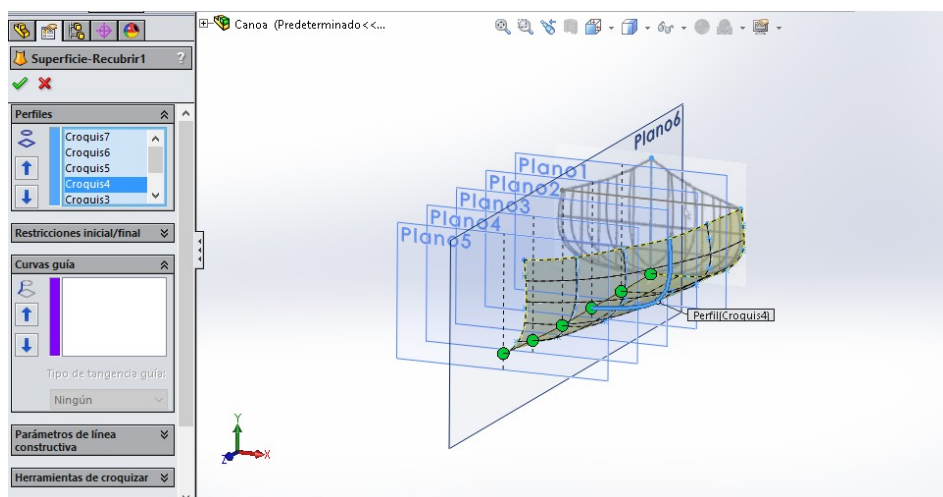


Figura 5.26.: Paso 3

4. El extremo de la canoa se va a realizar con un *Recubrimiento* separado. Para ello simplemente necesitamos hacer un croquis en el plano de la vista lateral. Con el nuevo croquis y la arista de la superficie creada en el paso anterior ya se puede ejecutar la herramienta de recubrimiento. Este paso es sencillo y ya repetitivo, pero hay que

acordarse de poner en la restricción inicial, que la superficie que vayamos a crear sea tangente a la anterior, y así asegurar la continuidad de la superficie general de la canoa.

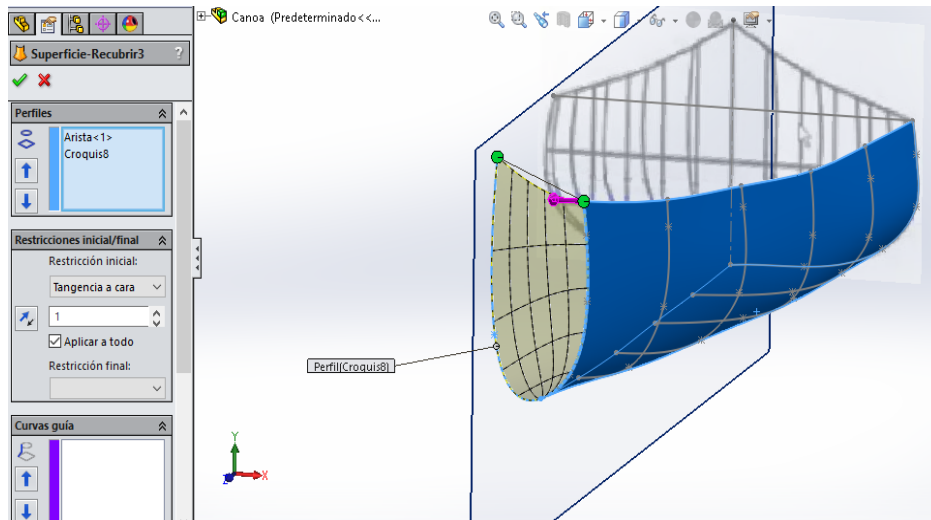


Figura 5.27.: Paso 4

5. Los últimos pasos consisten en hacer simetría dos simetrías (una respecto al plano lateral y otra respecto al plano del alzado), ya que se posee únicamente un cuarto de la canoa. Tras haber hecho las simetrías, se deben coser todas las superficies, creando un único sólido y, finalmente, vamos a dar espesor, consiguiendo el resultado final.

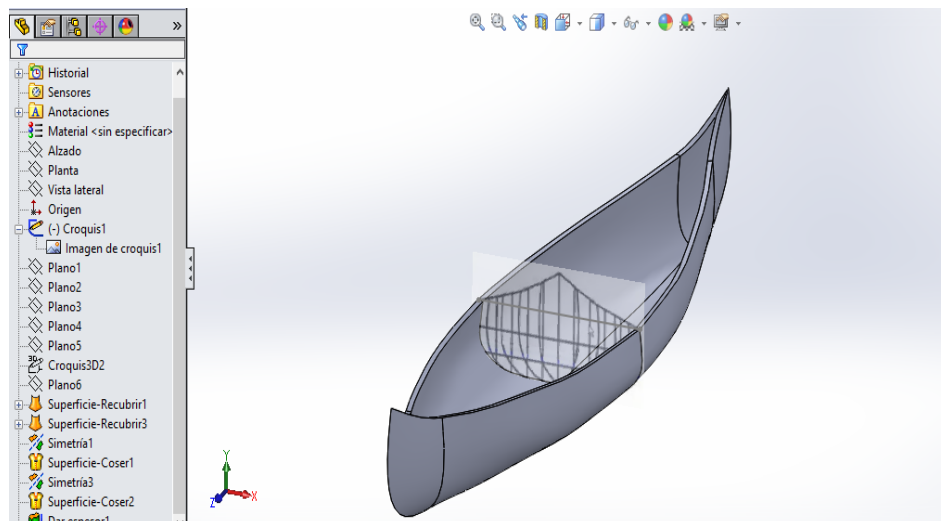


Figura 5.28.: Paso 5

5.3. Relieves y hendiduras.

El modelado paramétrico (*Solidworks*) no es una buena opción para este tipo de trabajo, ya que con cualquier cambio que se realice se toma el riesgo de alterar el diseño original y, por lo tanto, el diseño paramétrico se convierte en un obstáculo para conseguir las formas deseadas.

Las herramientas no paramétricas como *Rhino* probablemente se adapten mejor a esta clase de formas, cambios y procesos que intervienen en este tipo de modelado.

Sin embargo, hay una gran cantidad de habilidades que pueden aprender de este tipo de procesos, y muchas técnicas que pueden ser útiles en muchos tipos de modelado, no sólo las formas decorativas.

5.3.1. Modelado de una botella.

Los elementos básicos de las formas decorativas son las hendiduras y relieves. Estos pueden ser encontrados fácilmente en botellas de plástico de cualquier tipo.

Para conseguir tener una pequeña percepción de la manera de trabajar este tipo de técnicas vamos a realizar el ejercicio del modelado de una botella de detergente.



Figura 5.29.: Botella de detergente

Para la realización del ejercicio se han seguido los siguientes pasos:

1. El primer paso va a ser la realización del croquis que va a dar forma a nuestra botella. En este caso, cómo nuestra botella no posee un grosor ni perfil regular, se va a generar una serie de perfiles paralelos (cómo en el ejemplo anterior de la canoa) y dos curvas guía simétricas para marcar la forma general de la botella.

Se va a modelar media botella, por lo tanto el final de los perfiles deben ser perpendiculares a la planta, para asegurar una correcta simetría.

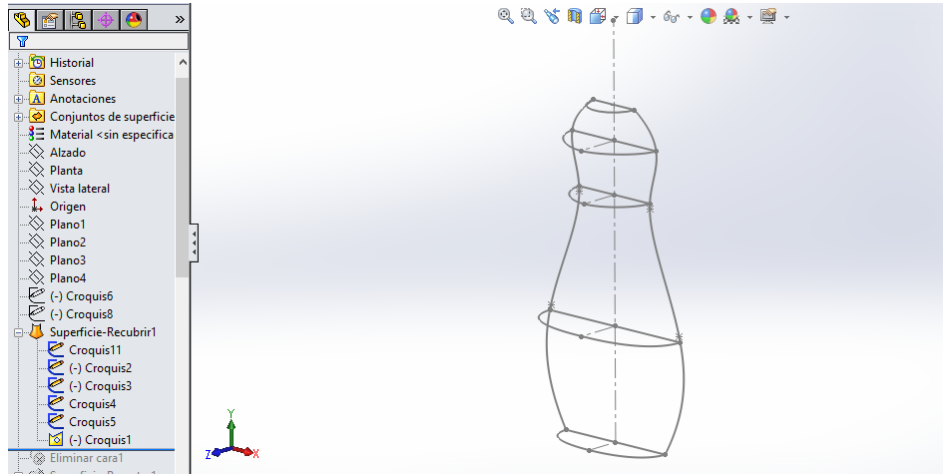


Figura 5.30.: Paso 1

2. Con los croquis realizados se va a llevar a cabo un *Recubrimiento de Superficie*, seleccionando los croquis paralelos cómo perfiles, y los dos otros croquis cómo curvas guía. En este caso no se necesita ningún tipo de restricciones.

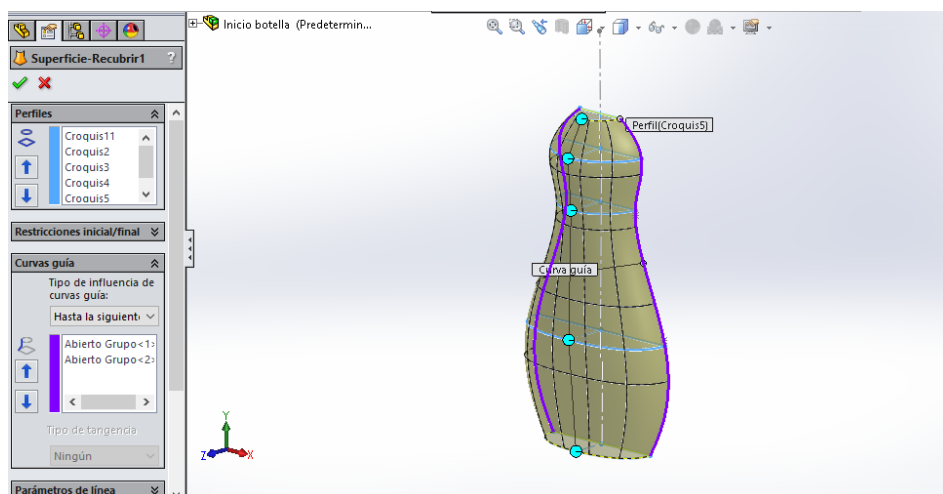


Figura 5.31.: Paso 2

3. Se va a realizar un corte en el centro de la botella con forma de gota, para ello se va a necesitar un croquis con la forma deseada y se va a realizar el corte con la herramienta de *Recortar Superficie*.

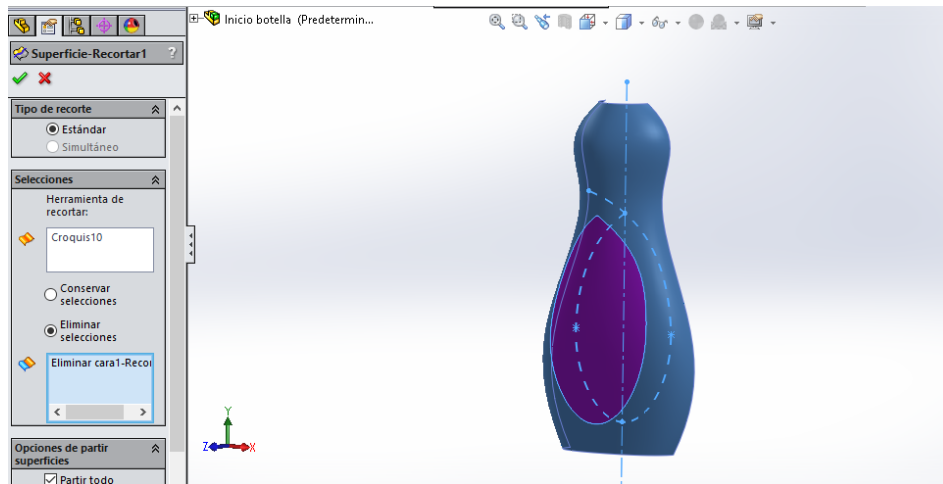


Figura 5.32.: Paso 3

4. En el hueco que se ha dejado, se va a realizar una hendidura, es decir, una zona más profunda que el resto de la botella. Para ello se ha generado una superficie a la altura que queremos y con la curvatura deseada. Una vez obtenida esta superficie se procede a recortarla con la forma deseada.

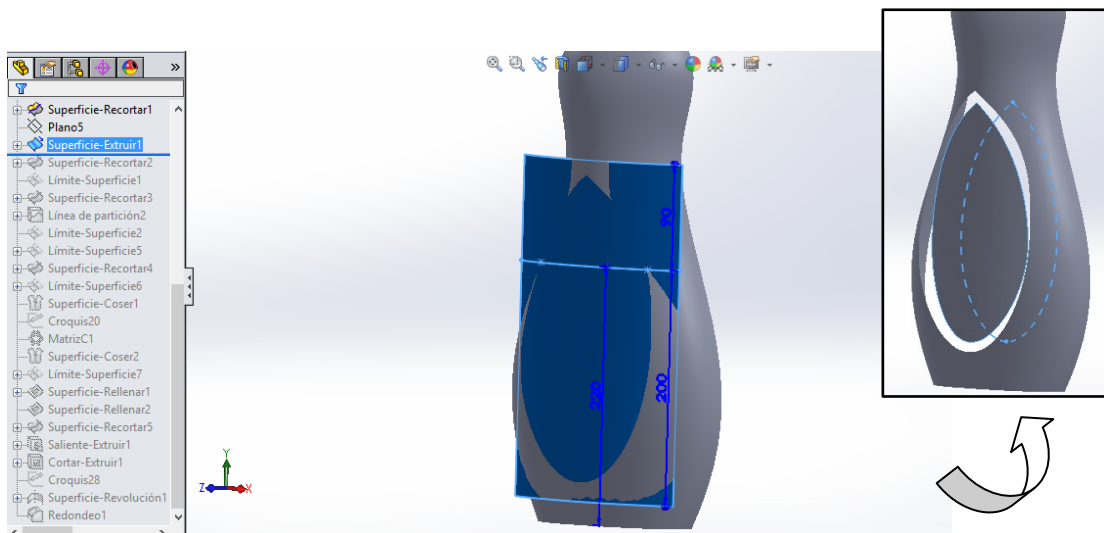


Figura 5.33.: Paso 4

5. La unión del calado generado a la botella es algo complejo, ya que se pretende que está unión vaya poco a poco “difuminándose” y fusionándose a la botella original. Para ello la unión se va a realizar en varios pasos.

En este paso simplemente se va a unir la mitad derecha a través de la herramienta de *superficie limitante*, seleccionando únicamente las dos aristas deseadas en la casilla de *Dirección 1*.

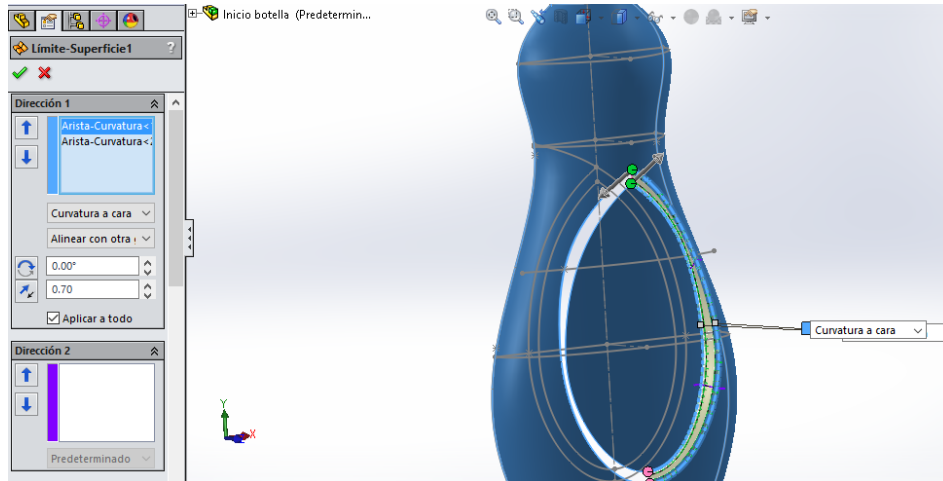


Figura 5.34.: Paso 5

6. Hay que empezar a preparar la zona de “fusión” del calado y la zona exterior de la botella. Para ello se va a recortar el cuadrante superior izquierdo de al lado del calado y se va a partir éste por la mitad con la herramienta *Línea de partición* (se requiere un croquis para cada una de las operaciones efectuadas):

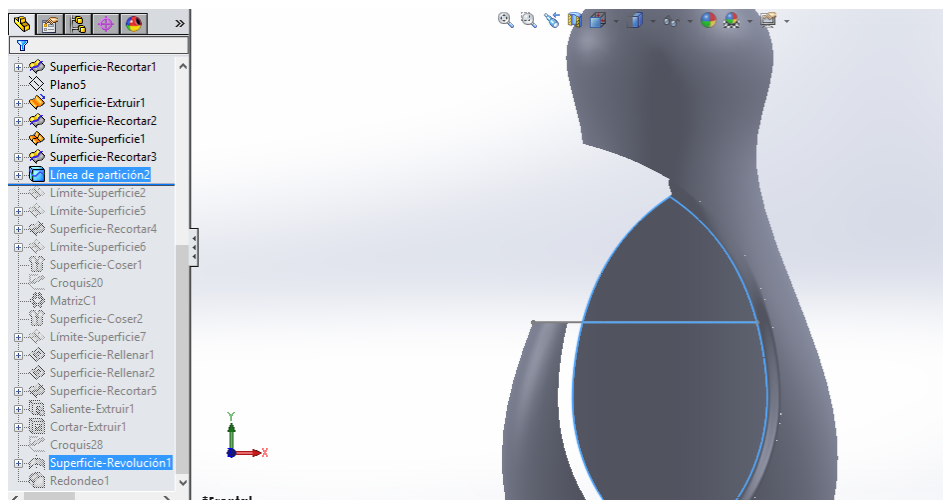


Figura 5.35.: Paso 6

7. El paso 7 es igual que el paso 5, pero esta vez simplemente se va a hacer la unión de un cuarto de la botella, y no de la mitad cómo se ha hecho anteriormente. Completando así un tercio de la unión entre la botella y el calado.

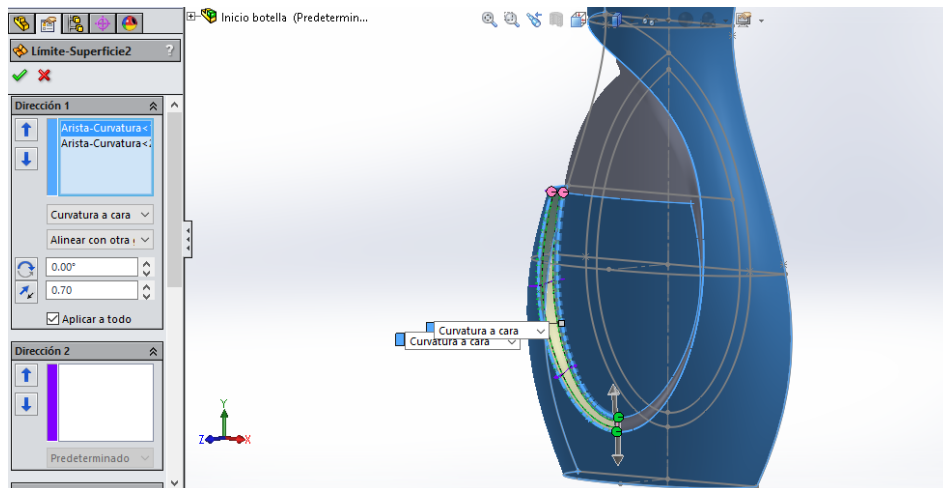


Figura 5.36.: Paso 7

8. El cuadrante que aun no se ha completado es la parte más compleja del diseño de esta botella. Se va a generar una primera aproximación a través de una *Superficie limitante*, seleccionando el conjunto de aristas inferiores y el conjunto de aristas superiores como *Dirección 1* y para la *Dirección 2* la arista del calado y la arista lateral de la botella. Hay que recordar que cuando seleccionamos un grupo de aristas hay que utilizar el *Property Manager*.

De esta forma se consigue un resultado aproximado, pero no definitivo, de la forma de la botella.

Al conjunto de aristas inferiores hay que añadirle una tangencia a la superficie inferior, para así asegurar la continuidad correcta de la superficie resultante.

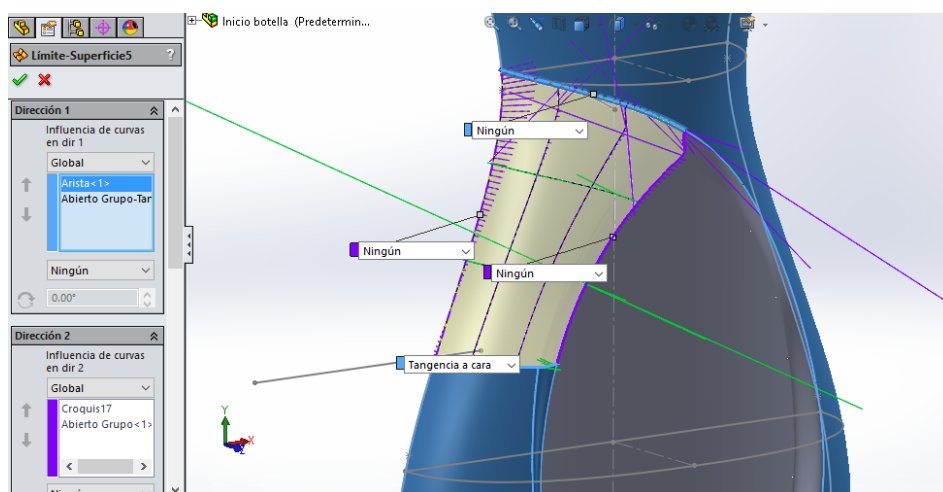


Figura 5.37.: Paso 8

9. Para conseguir el resultado buscado, se procede a recortar parte de la superficie generada en el paso anterior y rehacer una superficie limitante con diferentes

direcciones, permitiendo adaptar y afinar al máximo el resultado con la forma deseada.

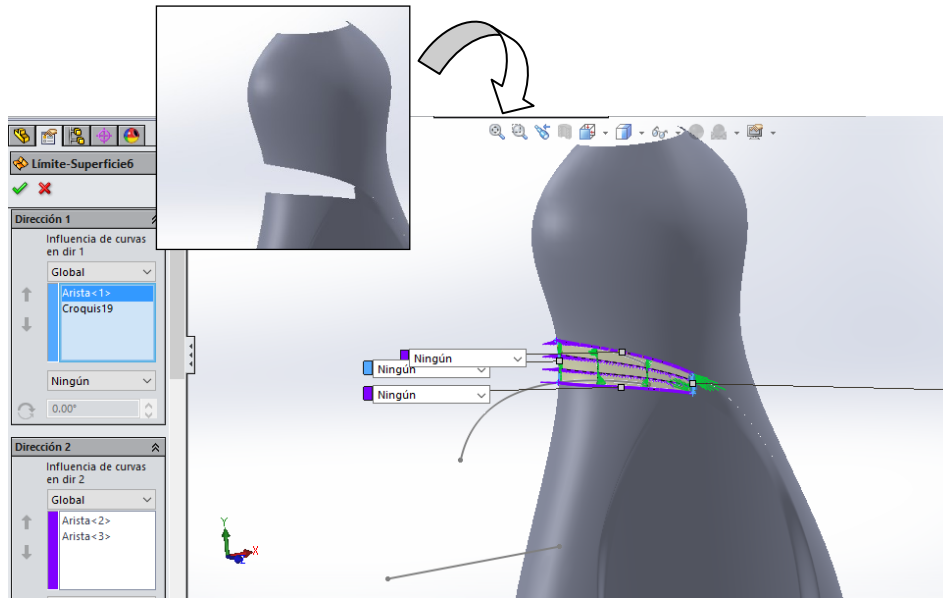


Figura 5.38.: Paso 9

10. Tras verificar que todo está correcto, se prosigue con el cosido de las superficies generadas. Una vez cosidas todas las superficies, se va a generar la parte trasera de la botella. Como la mitad de la botella no es simétrica entre sí, no se puede utilizar la herramienta de simetría para generar la parte trasera, así que en este caso se va a utilizar una matriz con solo 2 estancias, consiguiendo así que las dos caras sean opuestas:

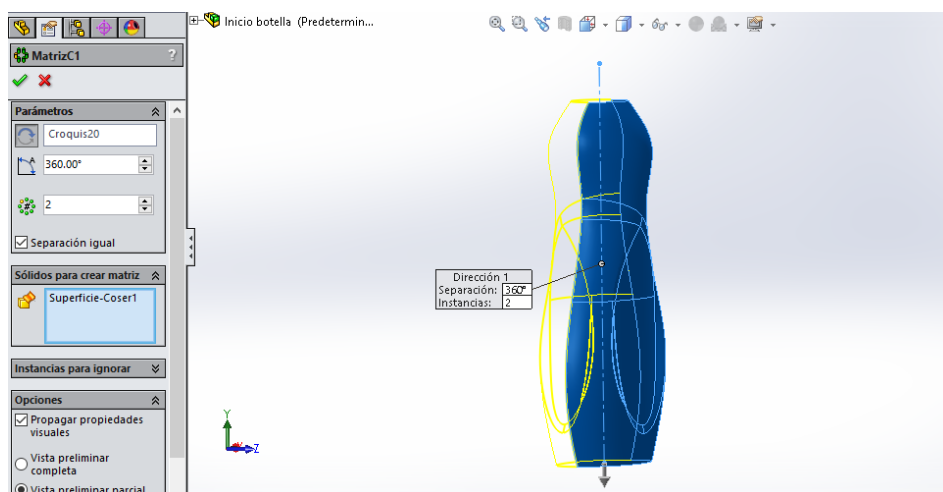


Figura 5.39.: Paso 10

Tras generar la matriz se deben coser las dos mitades y así generar un sólido.

11. La parte inferior de la botella se genera con 2 simples operaciones: *Límite de superficie* y *Rellenar superficie* (con curvas de restricción). Para la primera operación se necesita un croquis en la Planta y para la segunda, dos croquis perpendiculares entre sí (uno en vista lateral y otro en frontal) que servirán como curvas de restricción.

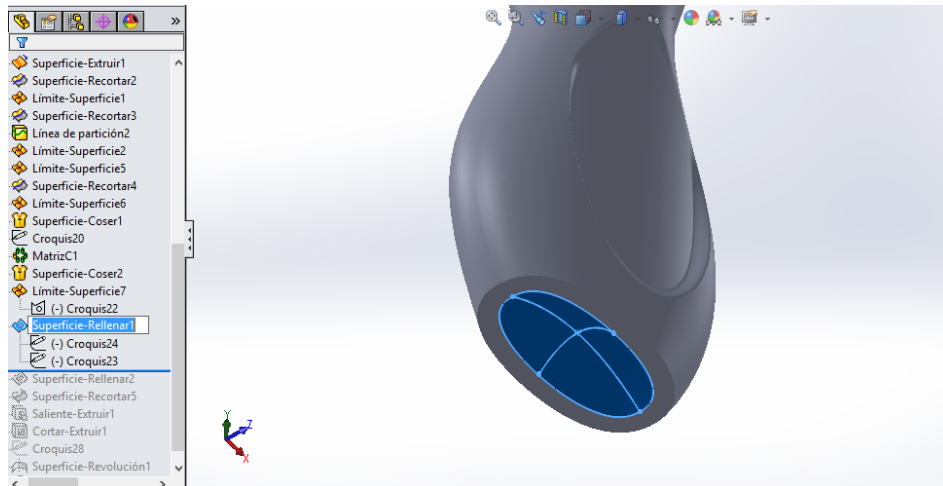


Figura 5.40.: Paso 11

12. La parte superior de la botella es generada a través de operaciones con sólido (una simple extrusión). En cambio, la tapa es obtenida a través de una operación a través de superficies: *Superficie de revolución*. Con ello se concluye el modelo.

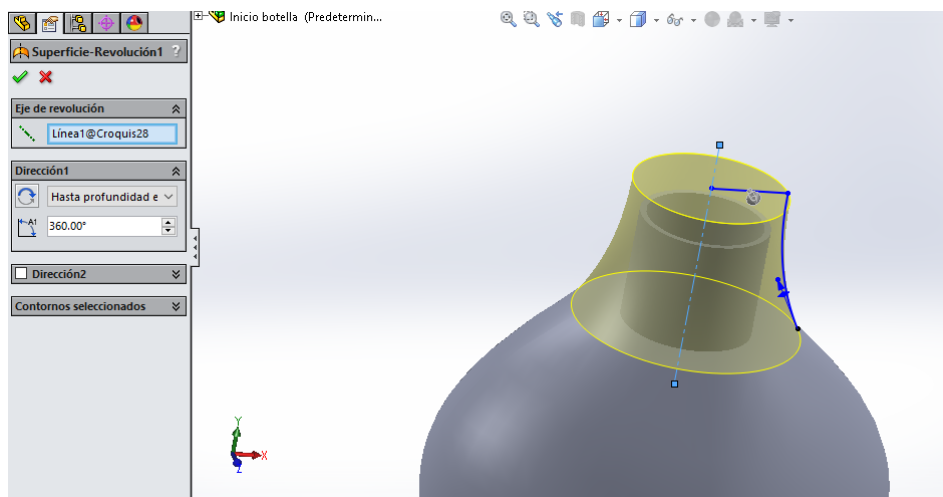


Figura 5.41.: Paso 12

CAPÍTULO VI

MODELADO POR SUBDIVISIÓN

- Introducción.
- ¿Qué es el modelado por subdivisión?
- Ejemplos de modelado por subdivisión con *Fusion 360*.
- Conclusiones.

6.1. Introducción.

Tras haber visto, a lo largo de este trabajo, las diferentes maneras de abordar el modelado de superficies en *SolidWorks*, se va a mostrar otra manera de trabajar con superficies que cada vez se utiliza más y más por la comodidad y facilidades que aporta.

Para comenzar este apartado, vamos a intentar explicar qué es concretamente el modelado por subdivisión, sus similitudes y diferencias con el tipo de modelado de superficies tratado a lo largo de todo este trabajo y para qué es adecuado uno u otro sistema.

6.2. ¿Qué es el modelado por subdivisión?

Tal como explica la Wikipedia, una superficie de subdivisión es un método de representación de una superficie suavizada, “refinada”, a partir de una malla poligonal más sencilla.

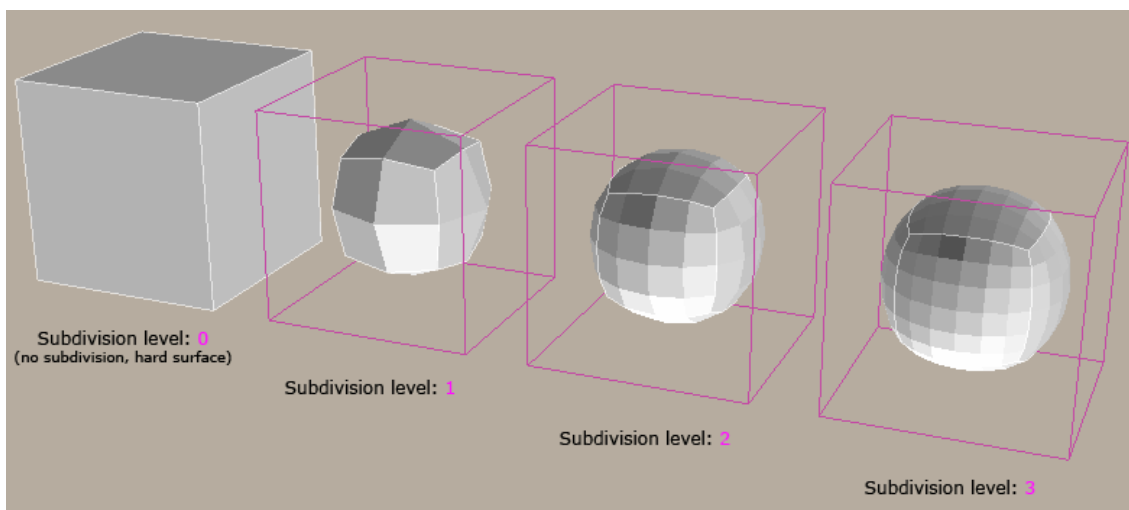


Figura 6.1.: Modelado por subdivisión.

Se puede observar en el gráfico superior, que a partir de un simple cubo de 6 caras y con un primer nivel de subdivisión se obtiene una nueva figura, todavía bastante tosca, con 24 caras. El posicionamiento de los nuevos vértices se calcula mediante unos modelos de refinamiento matemático, bien por aproximación o bien por interpolación.

A medida que se van aplicando niveles de subdivisiones mayores, es decir, aumentando el número de subdivisiones, la figura va afinándose, aumentando el número de vértices y polígonos.

Lo interesante de trabajar con subdivisiones es la posibilidad de mover cada uno de estos vértices que se van creando, modelando la pieza según nuestro criterio.

Otra ventaja de este método es que cómo seguimos trabajando con un modelado poligonal, se pueden seguir empleando las mismas herramientas que hemos vistos anteriormente. Pero en contra, la forma de utilizarlas y las técnicas usadas para trabajarlas cambian completamente, lo que supone que nos vemos obligados a adoptar una nueva metodología que nos hace divergir en el modo de enfocar el modelado.

Básicamente, y a modo esquemático, podemos comparar las dos técnicas (NURBS y Subdivisión) en la siguiente tabla:

NURBS	SUBDIVISIÓN
No existen polígonos, las superficies se componen por curvas.	Definida mediante subdivisión, se componen por vértices, aristas y caras
Definición matemática	Malla poligonal
Adecuado para Diseño Industrial	Utilizado para videojuegos
Resultado más suave	Fácil de manipular
Usualmente se necesitan crear diversas superficies	Puede ser modelado como superficie única y continua.

Tabla 6.1.: NURBS vs Subdivisión

Cada una de ellas presenta sus ventajas, desventajas y método de trabajarlas. Para ver la diferencia visualmente, podemos ver estos distintos ejemplos:

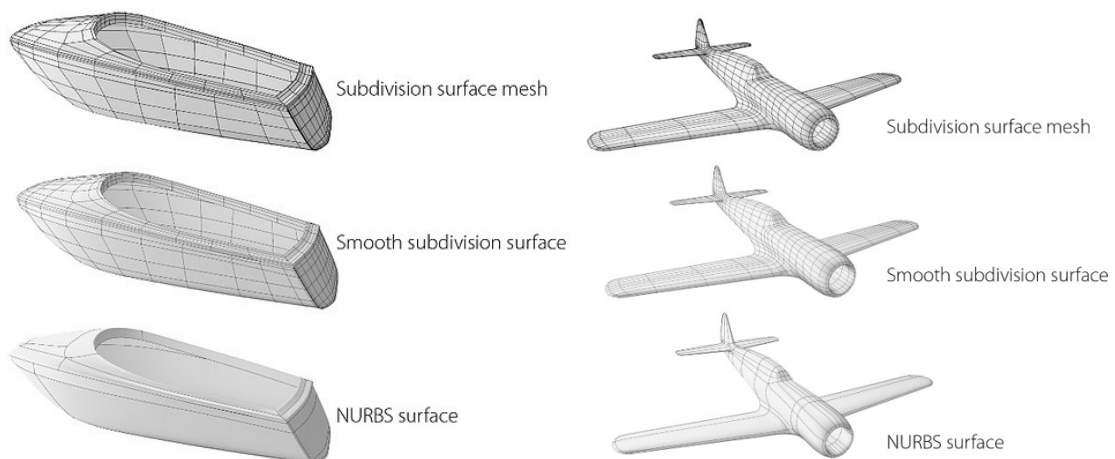


Figura 6.2.: Comparación modelado por subdivisión y NURBS.

Por lo tanto esta técnica de Superficies de Subdivisión nos permite realizar superficies suavizadas y continuas a partir de modelos menos detallados, es decir, nos permite trabajar a partir de modelos con menor resolución (pocos polígonos), definiendo una geometría general y poco depurada, para más adelante multiplicar los polígonos de nuestra pieza y, así, conseguir suavizar y depurar su forma, creando así un modelo definitivo se superficies suavizadas.

6.3. Ejemplos de modelado por subdivisión con *Fusion 360*.

Para mostrar cómo se trabaja con modelado de superficies por subdivisión, se han realizado 2 ejemplos de los antes desarrollados por NURBS (*SolidWorks*).

En este caso se va a utilizar el software de diseño *Fusión 360*. No es el único programa de diseño que ofrece la posibilidad de trabajar con subdivisión de superficies pero se ha decidido utilizar este ya que es un programa bastante intuitivo y similar a *SolidWorks* y por lo tanto ha sido sencillo aprender a manejarlo.

6.3.1. Modelado de una raqueta.

Para empezar a trabajar con superficies en *Fusion 360* se va a trabajar en el modo “*Sculpt*”, en el cuál se comienza realizando las superficies que se desea para después transformarlas en sólidos y terminar de trabajar con ellas.

El modelado de la raqueta a través de subdivisiones se ha realizado se la siguiente manera:

1. Realización del croquis de la forma general de la raqueta. Para ello es importante definir bien las tangencias y dejar únicamente las líneas que se van a utilizar posteriormente.

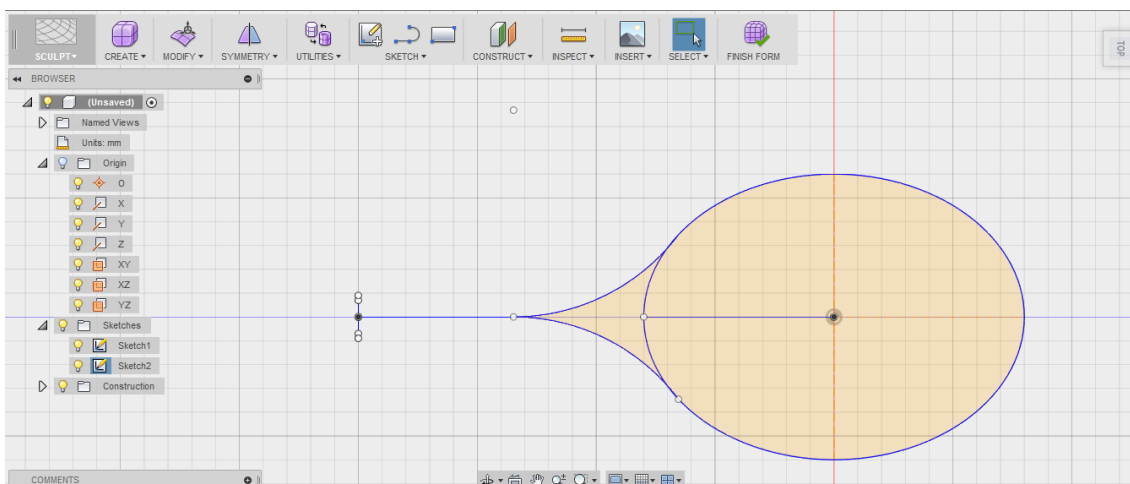


Figura 6.3.: Croquis raqueta

2. Se puede definir el perfil que queremos que tenga la sección de nuestra raqueta. Este paso no es necesario si el perfil es rectangular o circular, ya que estos se pueden definir directamente con la herramienta que vamos a utilizar.

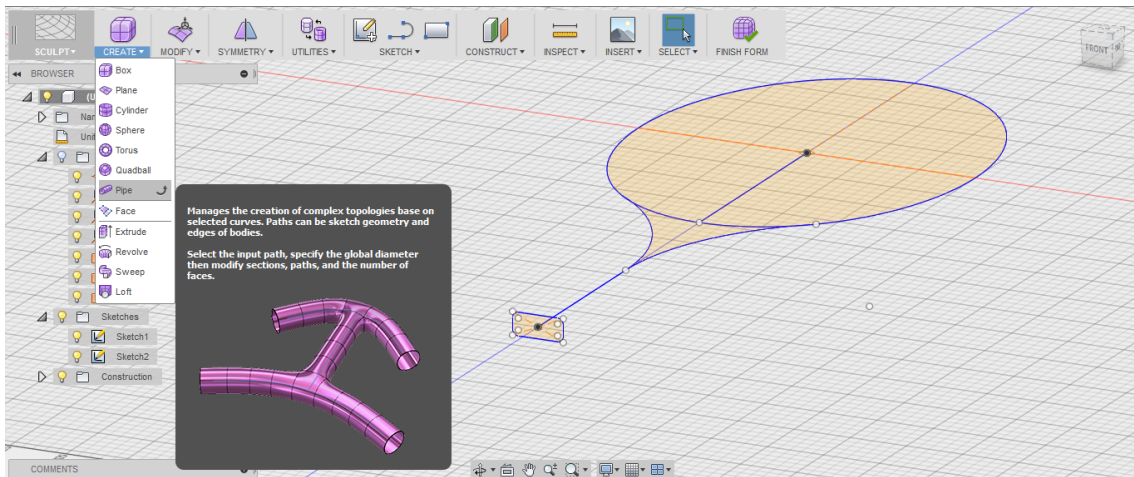


Figura 6.4.: Sección raqueta

3. La herramienta con la cual se va a proceder a realizar la raqueta es "Pipe", que va a realizar la forma general de la raqueta, incluidas las uniones de diferentes secciones. Esto facilita mucho el trabajo ya que es posible conseguir la forma general de la raqueta en una única operación (al contrario que en *SolidWorks*, donde para conseguirlo se necesitan realizar muchas operaciones).

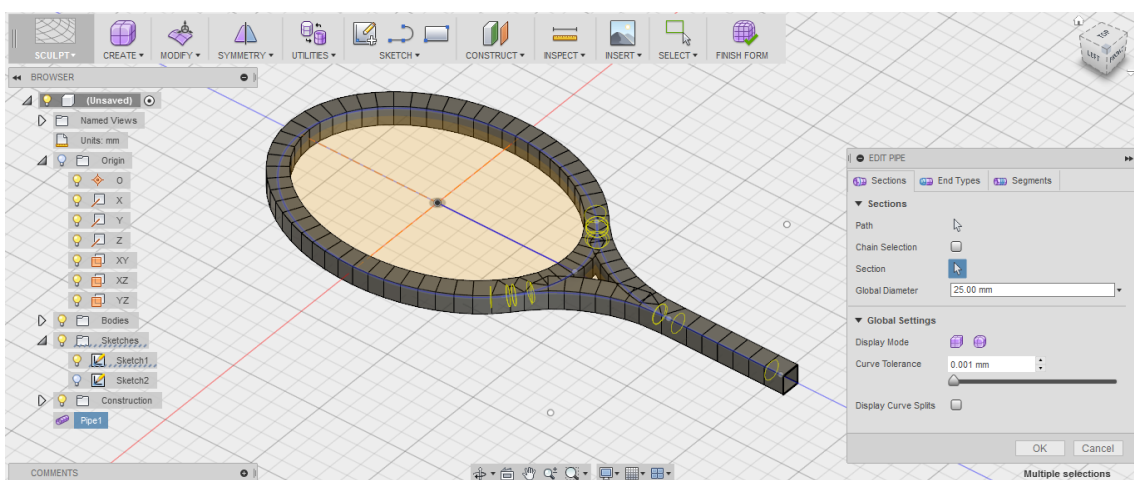


Figura 6.5.: Herramienta Pipe, obtención forma general.

4. En la herramienta se pueden ajustar tanto el diámetro, el número de subdivisiones de la superficie, o cómo se quiere que sean los extremos...

Una vez obtenido el resultado deseado, se debe transformar la superficie en un sólido para poder continuar trabajando con ella, para ello simplemente hay que apretar en “*Finish form*”, y si no hay ningún error, se obtendrá un sólido creado a partir de superficie el cuál se podrá manejar como tal.

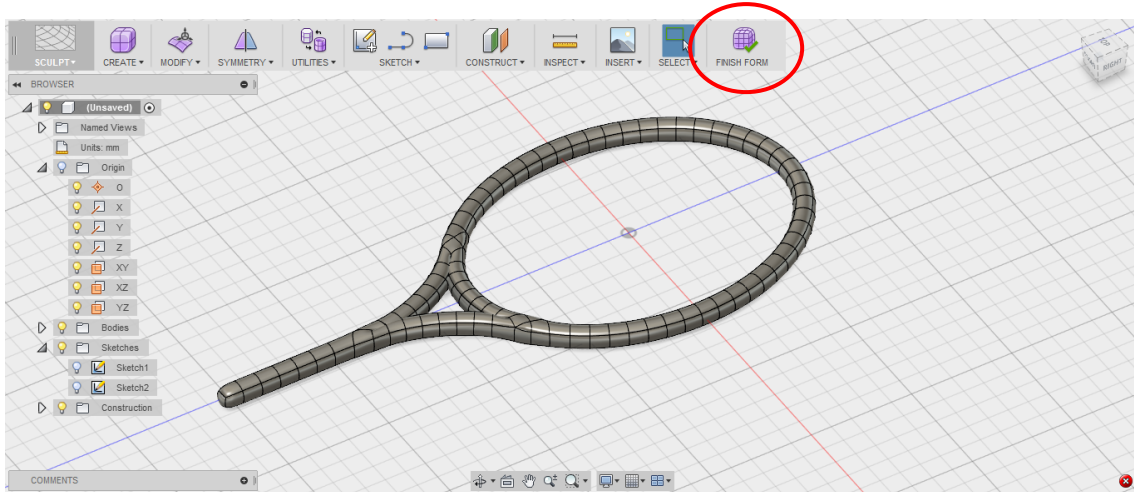


Figura 6.6.: Superficie acabada raqueta.

6.3.2. Modelado de un auricular.

Otro ejemplo interesante que se va a trabajar a través de subdivisión es la del auricular. Para ello, se han seguido los siguientes pasos:

1. Cómo en el caso anterior, se va a comenzar a trabajar en el modo *Sculpt*, es decir, con superficies de subdivisión. La cabeza del auricular se va a obtener a partir de una esfera, esta es creada fácilmente con la opción de crear esfera e introduciendo el diámetro deseado.

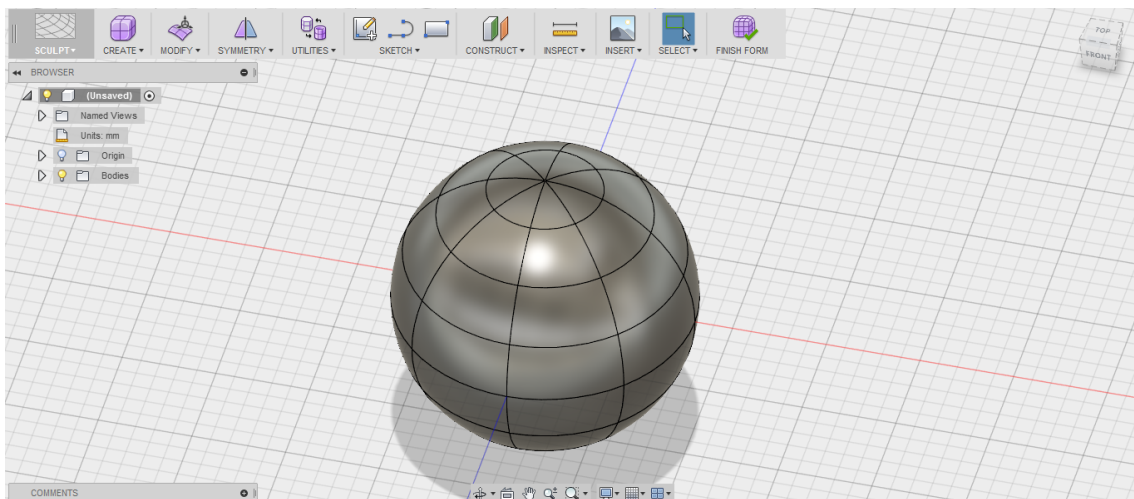


Figura 6.7.: Esfera auricular.

2. La forma de la esfera se puede editar fácilmente seleccionando las subdivisiones, puntos o ejes que queremos mover o girar.

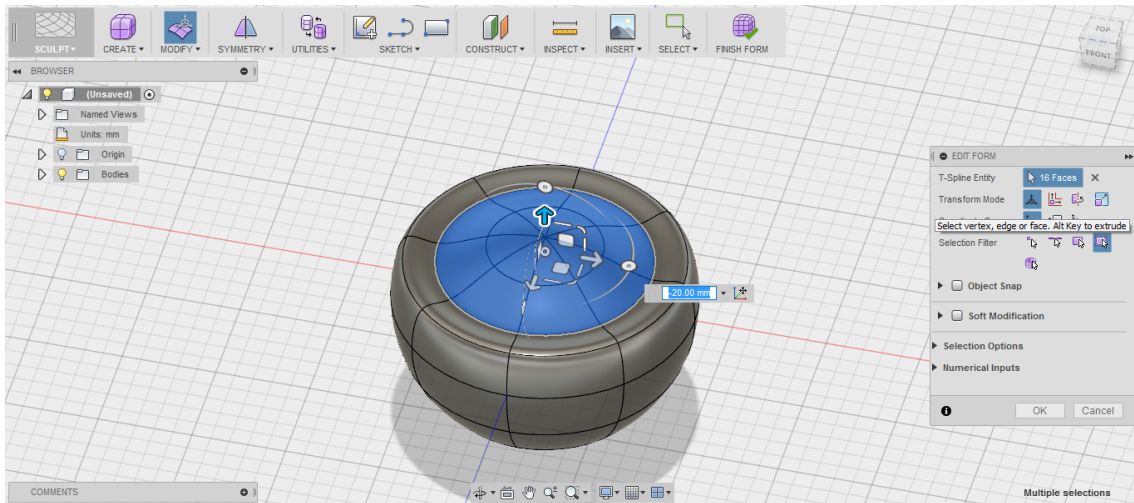


Figura 6.8.: Edición de la forma de la esfera inicial.

3. El cilindro de la parte donde los cables del auricular pasa se ha creado con superficies, pero puede perfectamente crearse como sólido. Simplemente se trata de una extrusión de un círculo al cuál le hemos definido un diámetro.

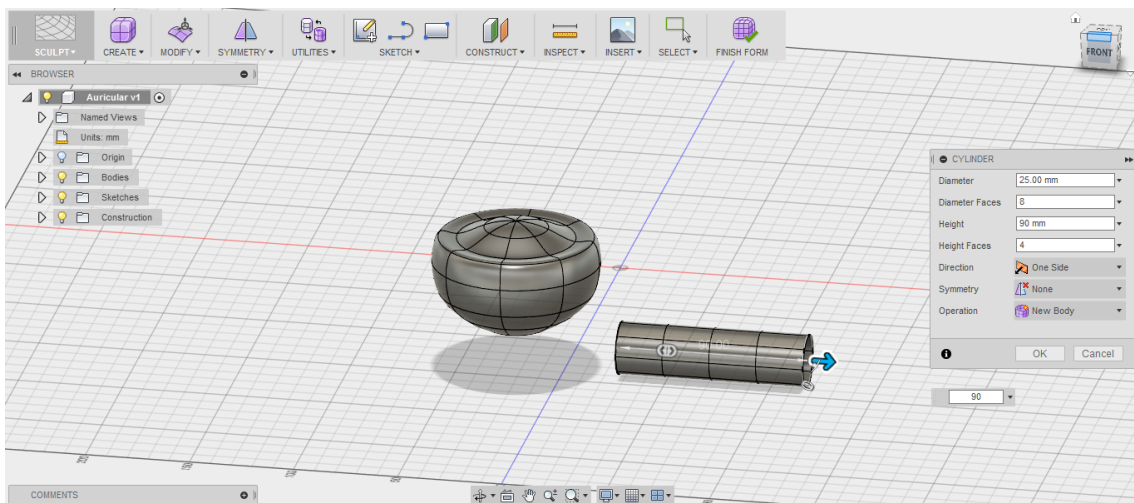


Figura 6.9.:Extrusión superficie cilíndrica.

4. Para realizar el corte de la cabeza del auricular, se va a tener que transformar en un sólido. Una vez transformado en sólido, se crea un boceto con el cuál a través de “*Split body*” se va a cortar el cuerpo. Una vez cortado, se vacía la cabeza del auricular.

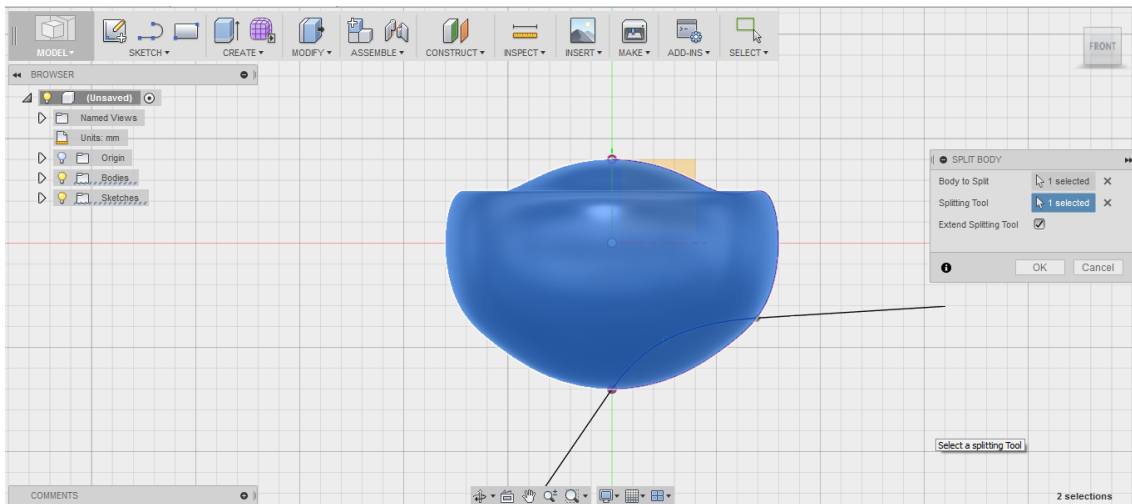


Figura 6.10.:Corte del cuerpo sólido.

5. La unión de estos dos elementos se va a realizar también a través de una superficie. Esta unión se va a realizar con un croquis de los dos perfiles de los sólidos anteriormente realizados y con dos perfiles que van a servir de guía. Es importante que las guías estén en contacto con los perfiles.

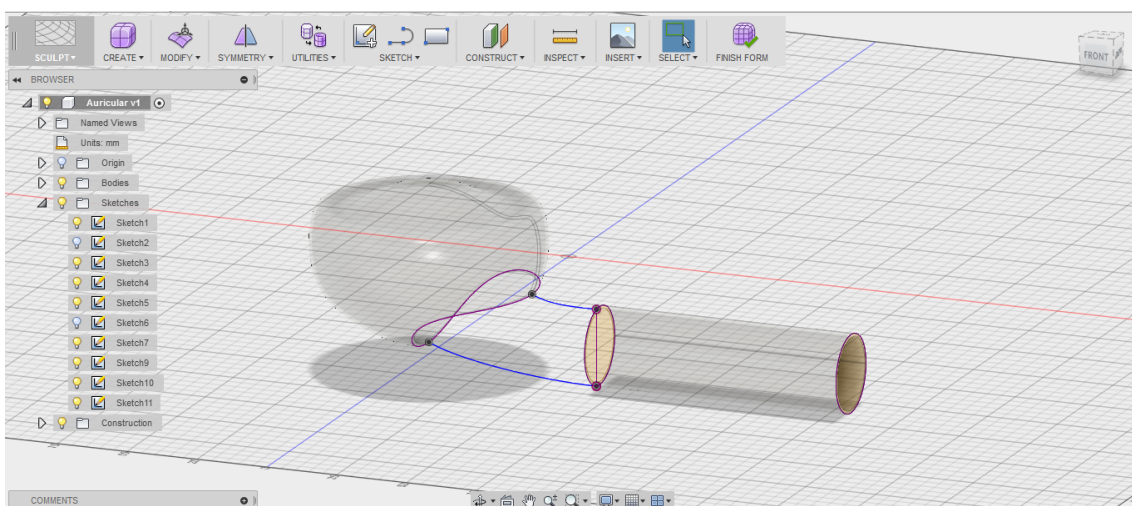


Figura 6.11.:Croquis para superficie *Loft*.

6. Una vez realizado el croquis, se selecciona cada croquis en el lugar correspondiente de la herramienta y ajustamos el número de subdivisiones hasta que nuestra unión se adapte correctamente a los dos perfiles de los sólidos.

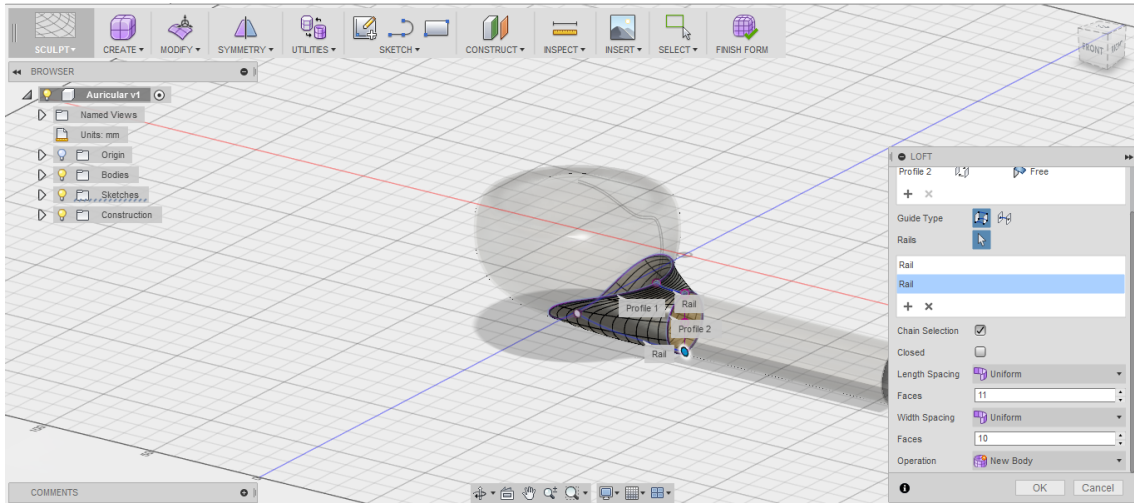


Figura 6.12.:Superficie *Loft*.

7. Una vez realizada la unión, se convierte todo en un sólido, dando el espesor que se desea y acabando la pieza con las herramientas para trabajar sólidos.

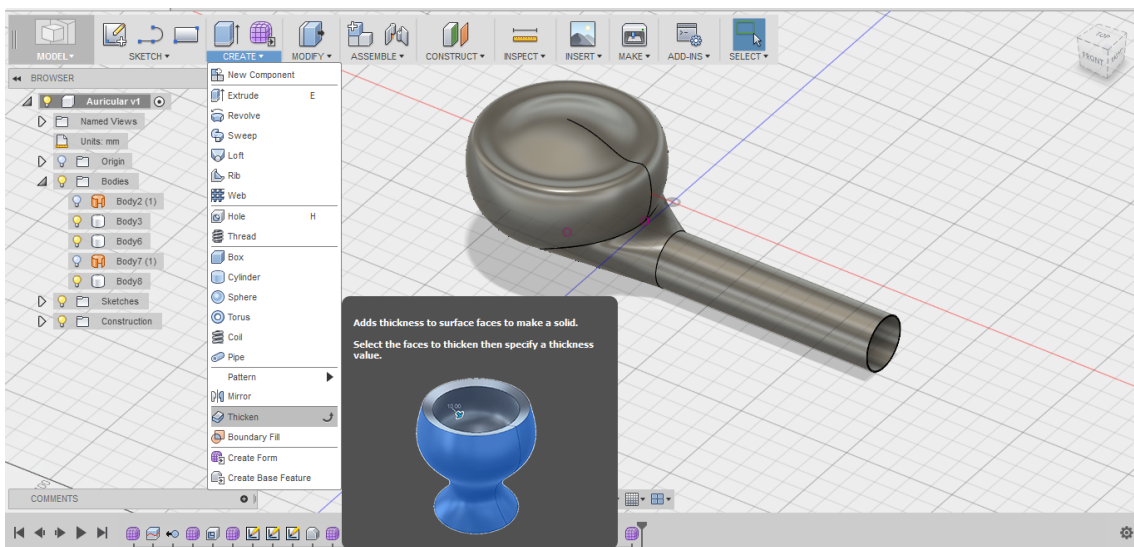


Figura 6.13.:Asignación de espesor a nuestro sólido.

6.4. Conclusiones.

Tras probar a trabajar con superficies tanto a través de NURBS como a través del modelado por subdivisión, se puede afirmar que la técnica de subdivisión aporta algunas facilidades y permite realizar en una sola operación elementos que a través de la otra técnica se necesitaban varias y, por ello, puede acabar siendo una tarea algo tediosa y larga.

Además trabajando por subdivisión se pueden conseguir formas que en el otro caso serían demasiado complejas para conseguirlas y transformarlas fácilmente en sólidos.

Pero, por otro lado, es importante destacar la importancia de aprender a trabajar a través de NURBS y saber cómo afrontar los diferentes imprevistos y contratiempos que puedan surgir durante el modelado ya que, a pesar de que en la mayoría de casos, cuando trabajamos con el modelado por subdivisión, se trabaja de una forma completamente diferente y hay veces que muchas operaciones se asemejan, por ello, pueden surgir problemas y situaciones muy parecidas.

Por estas razones está claro que el modelado por subdivisión cada vez va a ser más y más utilizado en el diseño industrial, a pesar de ser una técnica que actualmente se utiliza para la realización de videojuegos o dibujos animados. Pero no tenemos que dejar apartados todos los conocimientos y técnicas que se utilizan para trabajar el modelado paramétrico ya que, a su vez, también presenta ciertas ventajas respecto al modelado por subdivisión.

CAPÍTULO VII

DESARROLLO DEL MATERIAL DIDÁCTICO

- Programa utilizado
- Presentación de la página

7.1. Programa utilizado.

El material y ejercicios que se han llevado a cabo y desarrollado a lo largo de este proyecto deben ser accesibles fácilmente por todo aquel que lo requiera de una manera sencilla y eficaz.

Por ello se ha optado por crear una sencilla página web que cumple los requisitos de accesibilidad, uso intuitivo e interfaz atractiva, donde se presentan los ejercicios, explicados paso a paso, para que el usuario sea capaz de desarrollarlos por sí mismo con el fin de aprender a afrontar las dificultades que poseen cada uno de ellos.

Esta página web ha sido desarrollada con *Wix*, una plataforma que permite la creación de páginas web de una manera muy simple.

Link de la página web creada: <http://guerinileila.wixsite.com/misitio>

7.2. Presentación de la página.

La página web es muy sencilla. Está compuesta por una página principal que permite el acceso a las diferentes entradas (cada entrada corresponde a un ejercicio).

La página principal está organizada en 2 partes:

- Portada:

Diseño sencillo, con un fondo y un título.

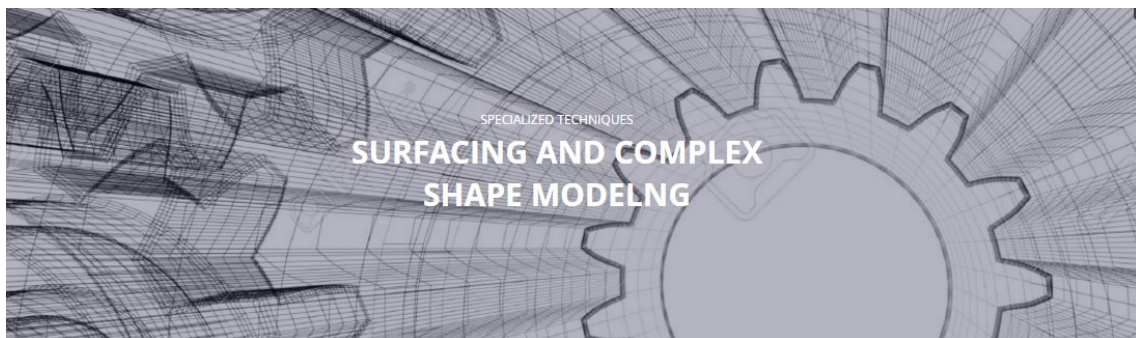


Figura 7.1: Portada página web.

-Entradas:

Las entradas/ejercicios aparecen en la página principal con una imagen, su título, categoría, autor, fecha de publicación y una breve descripción de 250 palabras. Si se quiere entrar y seguir leyendo, simplemente hay que pinchar encima de la entrada y se nos redirigirá directamente al ejercicio.

Modelado por subdivisión (Fusion 360)

MODELADO POR SUBDIVISIÓN II
July 4, 2016 | By Lella Guerini



Modelado de un auricular
Otro ejemplo interesante que podemos trabajar a través de subdivisión es la del auricular. Para ello, se han seguido los siguientes pasos:
1. Como en el caso anterior, vamos a trabajar en el modo Sculpt, es decir, con superficies de subdivisión. La cabeza del auricular se va a...

[Read More](#)

Modelado por subdivisión (Fusion 360)

MODELADO POR SUBDIVISIÓN I
July 4, 2016 | By Lella Guerini



Tras haber visto, a lo largo de este trabajo, las diferentes maneras de abordar el modelado de superficies en SolidWorks, vamos a mostrar otra manera de trabajar con superficies que cada vez se utiliza más y más por la comodidad y facilidades que aporta.
Esta técnica de Superficies de Subdivisión nos...

[Read More](#)

NURBS (SolidWorks)

OBJETOS CÓNCAVOS
July 4, 2016 | By Lella Guerini



Los objetos cóncavos suelen, casi siempre (salvo excepciones de geometría sencilla), modelados a través de superficies. Por ello es interesante realizar un ejercicio donde se modele un objeto cóncavo.
Para este ejercicio se ha elegido realizar el modelado de una canoa. Ejemplo sencillo que enseña cómo...

[Read More](#)

NURBS (SolidWorks)

RELIEVE Y HENDIDURAS
July 4, 2016 | By Lella Guerini



El modelado paramétrico o NURBS (Solidworks) no es una buena opción para este tipo de trabajo, ya que en cualquier cambio que realicemos tomamos el riesgo de alterar el diseño original y, por lo tanto, el diseño paramétrico se convierte en un obstáculo para conseguir las formas deseadas.
Las herramie...

[Read More](#)

NURBS (SolidWorks)

UNIONES ENTRE SUPERFICIES II
July 4, 2016 | By Lella Guerini



Para profundizar y consolidar el manejo de las uniones de superficies se va a llevar a cabo un ejercicio que consiste en el modelado de una raqueta de tenis. Con ello se va a realizar uniones de tres superficies (el caso anterior únicamente era de dos).
El ejercicio anterior "Uniones entre superficie...

[Read More](#)

NURBS (SolidWorks)

UNIONES ENTRE SUPERFICIES I
July 4, 2016 | By Lella Guerini



Muchas veces nos vemos enfrentados, cuando trabajamos con superficies, a tener que unir superficies. Esta tarea que puede parecer fácil, a veces puede acabar siendo bastante complicada, sobre todo si no conseguimos los resultados deseados. La mayor dificultad es la de conservar la continuidad de las...

[Read More](#)

Figura 7.2: Aspecto página principal (entradas)

Cada una de las entradas posee una breve descripción o introducción sobre el ejercicio que se va a llevar a cabo, un vídeo tutorial y una explicación paso a paso (cada paso con una imagen explicativa) del ejercicio. El aspecto de cada una de las entradas es similar y es el siguiente:

NURBS (SolidWorks)

UNIONES ENTRE SUPERFICIES I

July 4, 2016 | Lella Guerini

Muchas veces nos vemos enfrentados, cuando trabajamos con superficies, a tener que unir superficies. Esta tarea que puede parecer fácil, a veces puede acabar siendo bastante complicada, sobre todo si no conseguimos los resultados deseados. La mayor dificultad es la de conservar la continuidad de las superficies implicadas obteniendo una superficie con una morfología adecuada. Para enfocar esta cuestión se va a empezar realizando un ejercicio sencillo en el cuál se va a realizar la unión de únicamente 2 superficies.

MODELADO DE UN AURICULAR

Ejercicio de unión de dos superficies, permitiendo hacer una unión básica y sencilla para ver el manejo de las herramientas y así, utilizar la técnica para el posterior ejercicio.

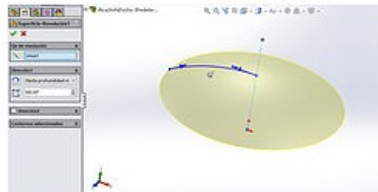


* Lo interesante de este ejercicio es la unión entre la cabeza del auricular y la base donde pasan los cables.

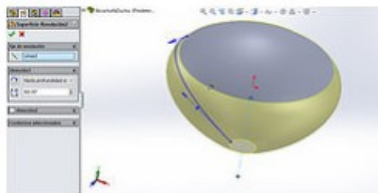
Para la realización del ejercicio se han seguido los siguientes pasos:

<http://screencast.com/t/WzETeixKZv>

1. Revolución de una superficie para modelar la parte de la rejilla del auricular. Para ello se ha realizado dos croquis, uno para la forma de la sección de esta parte y otro para el eje alrededor del cual se va a revolucionar la superficie.



2. La parte exterior de la cabeza del auricular se va a llevar a cabo del mismo modo que el paso anterior, a través de la revolución de una superficie. No hace falta en este caso rehacer un nuevo eje, ya que la superficie va a estar revolucionada alrededor del mismo centro que el anterior, y por lo tanto podemos reutilizar el mismo.



RECENT POSTS

MODELADO POR SUBDIVISIÓN II
July 4, 2016

MODELADO POR SUBDIVISIÓN I
July 4, 2016

RELIEVE Y HENDIDURAS
July 4, 2016

OBJETOS CÓNCAVOS
July 4, 2016

UNIONES ENTRE SUPERFICIES II
July 4, 2016

UNIONES ENTRE SUPERFICIES I
July 4, 2016

FEATURED POSTS

Estoy ocupado escribiendo mis entradas de blog. Presta atención a este espacio.

FOLLOW US



Figura 7.3: Aspecto entrada página web.

CAPÍTULO VIII

CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FUTURAS

- Conclusiones
- Consideraciones futuras

7.1. Conclusiones.

El principal objetivo de este TFG era el de investigar y hacer un análisis de los diferentes procesos de modelado de superficies, permitiendo hallar los distintos obstáculos que se pueden producir a lo largo del modelado, enfrentándonos a ellos y generando una serie de posibles soluciones.

El mencionado análisis serviría para realizar una serie de ejercicios a través de los cuales se pretende mostrar cómo afrontar los distintos problemas o situaciones que nos han ido surgiendo a lo largo de la búsqueda de información. De manera que el material realizado pudiera ser utilizado con fines didácticos.

Cómo resultado del trabajo llevado a cabo, se ha obtenido un conjunto de 6 ejercicios. 4 ejercicios dedicados exclusivamente al modelado de superficies paramétrico (NURBS) a través del programa de diseño de *SolidWorks*, dedicado expresamente para este tipo de modelado, y 2 otros ejercicios modelados por superficies de subdivisión realizados a través del programa de diseño *Fusion 360*. Esta serie de ejercicios es presentada a través de una página web para poder ser accesibles de una forma sencilla a través de cualquier dispositivo con acceso a la red.

Con ello podemos concluir que se ha logrado alcanzar los objetivos planteados inicialmente con la creación de material didáctico específico realizados tras un exhaustivo estudio del modelado de superficies a través de programas de diseño por ordenador.

7.1. Consideraciones futuras.

Lo interesante es que nuestra página web permite añadir ejercicios o tutoriales sin límite, por lo tanto se puede ir ampliando el material didáctico poco a poco, a medida que se van utilizando los programas de diseño y detectando ejercicios curiosos que puedan parecer útiles.

El diseño por superficies de subdivisión no está demasiado desarrollado a lo largo del trabajo, simplemente se desarrollan 2 ejercicios bastante básicos para hacer una idea de cómo se trabaja con ello. Con lo cual sería muy interesante profundizar más en este tipo de modelado ya que resulta muy interesante y cada vez es más y más utilizado como herramienta en el diseño industrial, por lo que resultaría muy apropiado centrarse en esta técnica.

En definitiva, la posibilidad de ampliar y profundizar en las distintas técnicas de trabajar con superficies en distintos software abre un gran abanico de posibilidades de desarrollo de la herramienta didáctica creada y así convertirse en una referencia de aprendizaje para muchos usuarios.

P LIEGO DE **CONDICIONES**

1. Definición y alcance.

El objeto de este pliego es la definición de las condiciones facultativas y económicas para la realización y creación de una serie de material didáctico. De manera que cualquier cuestión que pudiera surgir en la ejecución del proyecto con respecto a los temas citados quede resuelta en el documento.

Para lo no citado en este Pliego de Condiciones ni en la documentación gráfica ni escrita de este proyecto, se adoptarán las normas de la buena ejecución, teniéndose en cuenta los correctos procedimientos a adoptar a lo largo de la creación del material.

2. Disposiciones generales.

2.1 Especificaciones facultativas.

Las condiciones facultativas determinan el modo de realización del material didáctico, es decir, definen en qué manera, orden y condiciones debe realizarse dicho trabajo por parte de los Contratistas que lo llevan a cabo.

2.1.1. Facultades de la dirección técnica.

La Dirección Técnica se encargará de decidir el comienzo y ritmo del trabajo. Velará para que los trabajos se ejecuten por personal especialmente cualificado, procurando una buena ejecución y rapidez de la realización del proyecto; ajustándose en lo posible a la planificación económica prevista para la realización del proyecto.

2.1.2. Programa de trabajo.

Tanto para el Contratista como el proyectista, se hará un programa de trabajo en el que se especifiquen los plazos parciales y fechas de terminación de las distintas clases de tareas y el plazo total de ejecución. Este plan, una vez aprobado por la empresa en cuestión, se incorporará al Pliego de Condiciones del proyecto y adquirirá un carácter contractual.

Así mismo, el Contratista deberá aumentar los medios auxiliares, siempre que se compruebe que ello es preciso para el desarrollo de las mismas en los plazos previstos.

La aceptación del plan y de la relación de medios auxiliares propuestos no implican exención alguna de responsabilidad para el Contratista, en caso de incumplimiento de los plazos parciales o totales convenidos.

2.1.3. Trabajos sujetos a modificaciones.

Si a juicio de la Dirección Facultativa alguna apartado del proyecto debe ser modificado, el Contratista se hará cargo de repetirla cuantas veces sea necesaria. Este aumento de trabajo no otorga al Contratista derecho a indemnización alguna, aunque las condiciones de mala ejecución se hubiesen notado después de la recepción provisional, sin que ello pueda influir en los plazos parciales o totales acordados.

2.2. Especificaciones económicas.

Las condiciones económicas determinan de qué manera se realizará el abono del proyecto, cuáles son las condiciones de pago, cuáles son abonables, penalizaciones, etc. Que quedan acordadas por las partes contratantes.

2.2.1. Condiciones de pago.

El Contratista deberá pagar al Proyectista una cantidad de dinero, en concepto de tiempo transcurrido hasta llegar a la realización del Proyecto.

2.2.2. Subcontratación.

La ejecución de los servicios anteriormente citados se realizará por la entidad adjudicaría de forma directa, en este caso el Proyectista, siendo responsable único de su correcta ejecución y del cumplimiento condiciones especificadas.

En el caso de que el Proyectista requiera la contratación de algún servicio externo, se deberá realizar con entidades cuyo centro de trabajo esté en Europa. En cualquier caso, la realización de cualquier tipo de subcontratación requerirá de una autorización y deberá estar incluida en el presupuesto del proyecto.

2.3. Especificaciones legales.

2.3.1. Causas de rescisión de contrato.

Las causas o motivos por los que la propiedad puede rescindir el contrato serán las siguientes:

- Cualquier retraso en las fechas de ejecución.
- Abandono de los trabajos.
- Fallecimiento del Contratista.
- Cualquier causa administrativa.

PRESUPUESTO

1. Presupuesto para la realización del material didáctico.

El presupuesto consiste en detallar los recursos económicos que serán necesarios para ejecutar las acciones del proyecto. Los presupuestos que se van a exponer a continuación van a ser de desarrollo del material didáctico, con su previa fase de investigación, y de desarrollo de una página web, interfaz en la que se va a exponer el material desarrollado para facilitar el acceso a los usuarios.

1.1. Presupuesto de investigación y desarrollo del material didáctico.

El presupuesto de investigación es basado en las horas de trabajo que han requerido cada una de las tareas realizadas para conseguir el resultado final. Estas tareas han sido divididas en 4 apartados (investigación, análisis, desarrollo e interfaz), y cada una de ellas se le ha asignado un coste según la tarea que se debe realizar.

Concepto	Coste por horas	Horas	Coste parcial
Realización de una investigación exhaustiva sobre la información y material ya disponible sobre el tema tratado.	30 €	13	390 €
Análisis de la información encontrada.	45 €	4	180 €
Desarrollo de ejercicios.	50 €	21	1050 €
Creación del material didáctico en base a los ejercicios.	50 €	9	450 €
TOTAL			2070 €

Tabla 1.1: Costes de investigación y desarrollo del proyecto

1.2. Presupuesto creación de la página web.

A través del dominio <http://guerinileila.wixsite.com/misitio>, se pretende poner a disposición de los usuarios todo el material didáctico creado de una forma sencilla. Es importante que esta sea intuitiva, sencilla, de fácil acceso y que sirva para todo aquel interesado en ampliar sus conocimientos de modelado de superficies. También es interesante la posibilidad de que esta página pueda ser ampliable, para así poder añadir ejercicios a medida que se vayan creando.

La web consta de las siguientes características:

- Compatible con dispositivos móviles: smartphones, tabletas, etc.
- Administrable: Es posible cambiar textos, fotos, añadir o quitar páginas, etc.
- Incorpora blog: Es posible crear artículos sobre actividades, noticias, etc.

- Incorpora política de cookies. Herramienta y textos, todo preparado para cumplir con la ley de la AEPD.
- Página realizada en WordPress: 1 de cada 5 webs en el mundo están hechas con esta potente herramienta.
- Página ampliable.
- Personalización del diseño.

Web	Coste
Línea de diseño personalizado	129 €
Maquetación	234 €
Introducción de contenidos	99 €
TOTAL	462 €

Tabla 1.2: Creación página web

Otros servicios	Coste
Registro del dominio 1 año	9,95€
Alojamiento web 1 año - Espacio web: 100MB	75€
TOTAL	84,95 €

Tabla 1.3: Otros servicios página web

1.3. Presupuesto de amortización de equipos y software.

Este proyecto, a parte de los costes mencionados anteriormente, lleva asociados costes debidos a la amortización de los equipos empleados. Hay que dejar claro que los equipos o licencias empleados en el desarrollo de este proyecto no han sido adquiridos ni durante ni expresamente para la realización de este trabajo, por lo que se va a contabilizar únicamente la amortización de los mismos durante el periodo del proyecto y no su coste de compra. Los principales programas utilizados son el SolidWorks y el Fusion 360.

Para simplificar el balance se va a suponer que los equipos tienen un periodo de amortización total de 5 años y que el precio de las licencias adquiridas incluyen 1 año de pago.

Concepto	Coste
Ordenador	750,00 €
Licencia <i>Microsoft Office 2013</i>	230,00 €
Licencia <i>SolidWorks profesional</i>	7.107,95 €
Licencia <i>Fusion 360</i>	320,65 €
TOTAL	8.178,60 €

Tabla 1.4: Costes equipos y licencias de software

Coste de equipos (ordenador)	750,00 €
Período de amortización	5 años
Período amortizado	8 meses
Coste anual amortización	150,00 €
Coste mensual amortización	12,50 €
TOTAL	100,00 €

Tabla 1.5: Amortización equipos

Coste de equipos (software)	7658,60 €
Período de amortización	1 año
Período amortizado	8 meses
Coste anual amortización	7658,60 €
Coste mensual amortización	638,22 €
TOTAL	5.105,73 €

Tabla 1.6: Amortización software

1.3. Presupuesto total.

Finalmente se procede a calcular el coste total del trabajo en base a los apartados anteriores del presupuesto. Es importante destacar que los costes de la mano de obra no incluyen el IVA (21,00 %), mientras que los costes asociados a otros conceptos sí que lo incluyen.

Concepto	Coste
Costes de investigación y desarrollo del material didáctico. (con IVA)	2.504,70 €
Costes de creación de la página web: "Web" (con IVA)	559,02 €
Costes de creación de la página web: "Otros servicios"	84,95 €
Amortización de los equipos.	100,00 €
Amortización de los software.	5.105,73 €
TOTAL	8.354,40 €

Tabla 1.7: Costes totales del proyecto

Bibliografía

Para la realización de este proyecto los principales documentos consultados han sido:

- [1] Matt Lombard. (2008). *SOLIDWORKS: Surfacing and Complex Shape Modeling Bible*. Wiley Publishing, Inc.
- [2] Abbasinejad, Fatemeh, Joshi, Pushkar. (2013). *Surface patches for 3D sketching*. ACM.
- [3] Matt Lombard. (2013). *SOLIDWORKS Bible*. Wiley Publishing, Inc.
- [4] Pedro Company. *Modelado mediante superficies*. Recuperado el 18 de Abril, de: http://cad3dconsolidworks.uji.es/CAD3DSW1_T1_Modelado_Cap04.pdf
- [5] Hector Rosas. (2005). *SOLIDWORKS OFFICE: Técnicas avanzadas de modelado de piezas*. SolidWorks Corporation.
- [6] *Guía del instructor para la enseñanza del software SolidWorks*. SolidWorks Corporation. Recuperado el 26 de Abril, de: https://www.solidworks.com/sw/docs/Instructor_WB_2011_ESP.pdf
- [7] Cristóbal Vila. *Introducción al modelado por subdivisión*. Recuperado el 22 de Junio, de: http://www.eteraestudios.com/training_img/subd_tips/introduccion.htm
- [8] *Resumen: Superficies de subdivisión*. Recuperado el 22 de Junio, de: <http://abc.mitreum.net/wp-content/uploads/clase5-apuntessuperficies-subdivision.pdf>
- [9] *SolidWorks Tutorial: Union superficies*. Recuperado el 2 de Mayo, de: <https://www.youtube.com/watch?v=toXMkzxyQ5Y>
- [10] *SolidWorks Tutorial: Superficie de botella*. Recuperado el 30 de Abril, de: <https://www.youtube.com/watch?v=SOc0SM8DZso>
- [11] *SolidWorks Tutorial: Introduction to surface modeling in Solidworks*. Recuperado el 29 de Abril, de: <https://www.youtube.com/watch?v=fA2-i34UVUo>



-
- [12] *Solidworks Tutorial: Lamborghini Aventador*. Recuperado el 10 de Junio, de:
<https://www.youtube.com/watch?v=LloKqeikZZM>

 - [13] *SolidWorks Tutorial: Surface Modelling*. Recuperado el 5 de Junio, de:
<https://www.youtube.com/watch?v=9rprIGIDUvE>

 - [14] *SolidWorks Tutorial: Surfacing a spoon*. Recuperado el 7 de Mayo, de:
<https://www.youtube.com/watch?v=thlCxZxMwi0>

 - [15] *SolidWorks Tutorial Surface*. Recuperado el 18 de Junio, de:
<https://www.youtube.com/watch?v=YDqZDS9Hc7w>

 - [16] *Ayuda de SOLIDWORKS*. Dassault Systemes. Tecuperado el 22 de Marzo, de:
http://help.solidworks.com/2015/spanish/SolidWorks/sldworks/c_introduction_toplevel_topic.htm