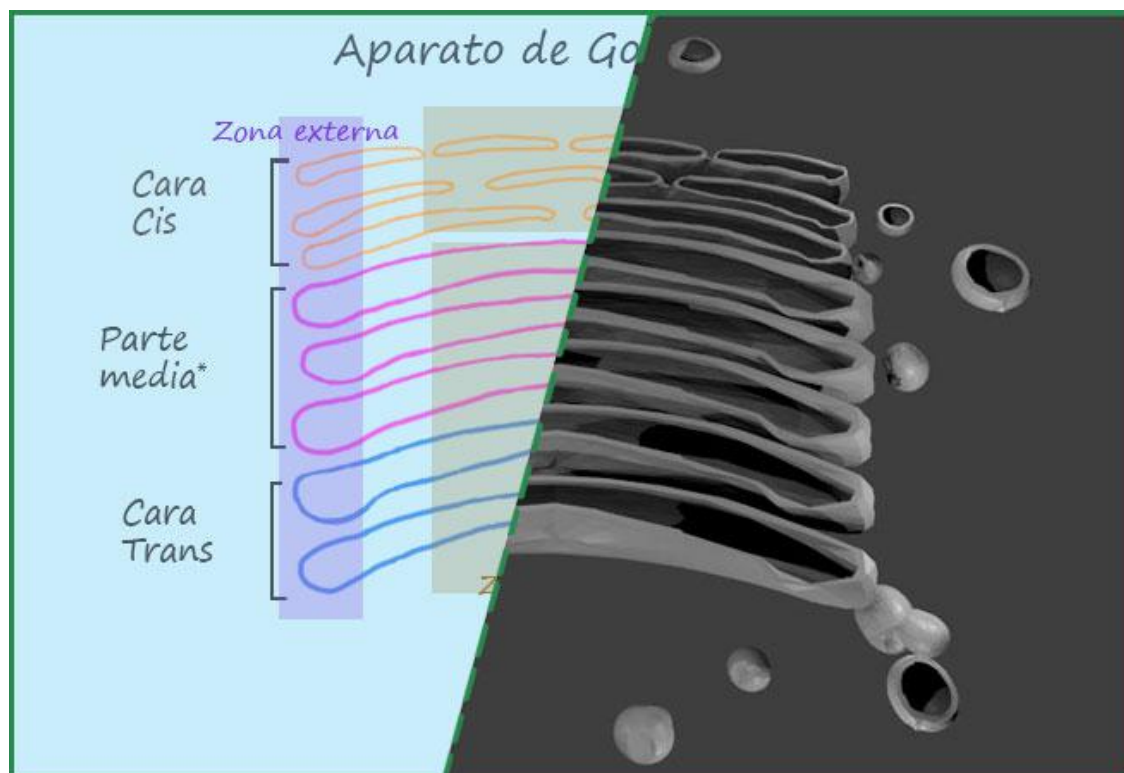


TRABAJO FIN DE MÁSTER  
MÁSTER EN FORMACIÓN DEL PROFESORADO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA  
Y BACHILLERATO, FORMACIÓN PROFESIONAL Y ENSEÑANZA DE IDIOMAS.

Especialidad de Dibujo, Diseño y Artes Plásticas

## Modelado 3D de orgánulos en Blender como estrategia transversal a favor de la motivación en las aulas de Secundaria



Autora: María Lemus Muñoz

Tutor académico: Manuel Drago Díaz Alemán

# ÍNDICE

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Motivo del proyecto	2
1.2. Planteamiento del problema	3-4
1.3. Objetivos	5
<b>2. Antecedentes</b>	<b>5</b>
2.1. Divulgación a través de la historia	5-6
2.2. Antecedentes en el ámbito educativo	6-7
2.3. Imágenes de referencia	8
2.3.1. Aparato de Golgi	8
2.3.2. Ribosomas	9
2.3.3. Varios	10
<b>3. Metodología</b>	<b>10</b>
3.1. Propuesta didáctica docente	10-13
3.2. Temporalización	13-15
<b>4. Desarrollo de la actividad</b>	<b>15-16</b>
4.1. Razones de la elección del programa Blender	16-21
4.2. Elaboración de orgánulos en el software Blender	22
4.2.1. Proceso de elaboración del Aparato de Golgi	22-36
4.2.2. Proceso de elaboración de Ribosomas	37-45
<b>5. Relación con el currículum de 3º de la E.S.O.</b>	<b>46</b>
5.1. Competencias	46-47
5.2. Contenidos	47
5.3. Evaluación	48
5.3.1. Criterios de Evaluación	48

<b>5.4. Atención a la diversidad</b>	<b>48</b>
5.4.1. Objetivos	48
5.4.2. Metodología	49
5.4.3. Actividades	49
<b>6. Conclusión</b>	<b>50</b>
<b>7. Bibliografía</b>	<b>51-55</b>
<b>8. Anexo</b>	<b>56</b>
8.1. Proceso de elaboración del Aparato de Golgi	56-94
8.2. Proceso de elaboración de Ribosomas	94-114

# 1. Introducción

La afluencia de imágenes de forma acelerada desde los medios de comunicación, hecho que ha estado más presente desde finales del siglo XX en adelante, es un fenómeno que ha venido para quedarse y aunque cada vez, ha habido una mejora en el aspecto estético de una parte importante de los variados "diseños" o "ilustraciones" creados, muchas veces es fundamental que se guíe de forma profesional en el proceso de elaboración de las mismas. En este universo de imágenes, por supuesto, además de las imágenes pictóricas o del ámbito de la ilustración, también están comprendidos los objetos de la rama de la escultura (piezas escultóricas), del arte contemporáneo, de la fotografía (ciertos objetos que pueden aparecer plasmados en las mismas), etc.

La materia de Educación Plástica, Visual y Audiovisual hace que el alumnado se involucre en los procesos, tanto creativos como perceptivos, del arte; contribuyendo de esa manera a que los jóvenes desarrollen su agilidad mental en torno a los procesos y procedimientos de creación artística; produciendo un aprendizaje de los distintos mensajes que puede llegar a transmitir una obra según los lenguajes o recursos formales que se utilicen; y facilitando que cada alumno vaya conociendo poco a poco su propio estilo formal y, al mismo tiempo, ayudarle a establecer criterios de calidad a la hora de valorar una producción artística.

Se es consciente en esta asignatura de que, para poder producir estudiantes entendidos en las nociones principales de la creación artística, es necesario desde un principio, fomentar en los jóvenes la curiosidad y el análisis de la variedad de entornos social, cultural, natural y artístico. De esta manera, se conecta a los alumnos con su ambiente más cercano, favoreciendo que vaya desarrollando su capacidad crítica, planteándole problemas del mundo real y contribuyendo a su madurez como persona; y, desde el punto de vista artístico, se inculca en los alumnos la idea de que para realizar cualquier obra artística de la especialidad artística que sea, siempre es necesario partir de elementos de su entorno.

## 1.1. Motivo del proyecto

La unión de las materias de Educación plástica y visual y Biología puede ser un elemento motivador en las aulas. En este proyecto se modelará en 3D algunos orgánulos (de célula animal o vegetal), utilizando para ello programas online gratuitos de modelado. Existen estudios que han comprobado cómo el uso de programas de modelado 3D mejora la motivación de los alumnos, pero no existe prácticamente ningún estudio en el que además, se combinen dos materias<sup>1</sup>.

La combinación de Biología y Educación plástica y visual puede ser un elemento motivador y enriquecedor para el desarrollo de las actividades escolares en la enseñanza secundaria, ya que en Biología se han realizado actividades en las que se dibuja (en muchas ocasiones no sólo esquemáticamente, sino de forma más artística) cada uno de los componentes de la célula, se nombran sus partes, etc., y se realizan maquetas de la célula y sus orgánulos. Además, es una asignatura en la que siempre se ha utilizado en gran medida el dibujo y la ilustración (forma de las plantas, anatomía de los animales,...). Asimismo, se considera que mediante las ilustraciones, se asimilan mejor los conocimientos.

En cuanto al uso de las TIC para favorecer la motivación en las aulas, hay varios estudios y proyectos que demuestran que es un método muy eficaz (Huertas Montes y Pantoja Vallejo, 2016); (Gómez Crespo, 1994); (Cañizares, 2005); (Sánchez Cabiellas, 2014); (Reguillo Mateos, 2016); (Dubowski, 2016).

<sup>1</sup>Dubowski, Stefan. (2016). "Taking tech to the next level". *Professionally speaking: The magazine of the Ontario College of teachers*, pp. 37-38.

## 1.2. Planteamiento del problema

Según los datos obtenidos en la EPA( Encuesta de Población Activa) en 2016, el abandono temprano de la educación alcanza la cifra de 23,2% para los hombres y 15,4% para las mujeres, en la población entre 18 y 24 años. Aunque dicho porcentaje ha disminuido con respecto a los estudios de años anteriores, España sigue estando por encima de la media Europea del 15%<sup>2</sup>.

En esta etapa de secundaria los alumnos se están formando en lo personal y académicamente y necesitan una educación más innovadora que les motive y, en definitiva, fomentar una nueva forma de educación en la que las nuevas tecnologías sean una parte importante de la misma, ya que nuestros alumnos se ven más identificados con estas herramientas.

Los diferentes desarrollos tecnológicos forman parte de nuestras estructuras económicas, sociales y culturales, incidiendo en casi todos los aspectos de nuestra vida. Han incrementado su presencia en diferentes ámbitos de la sociedad, y también, cómo no, en el ámbito educativo. La incorporación de las TIC en las aulas y los centros educativos es una prioridad en una sociedad que quiere ser protagonista de su futuro.

(Huertas Montes y Pantoja Vallejo, 2016, p.231)

Esta nueva concepción de la educación con el método de inclusión de las TIC en el aula conlleva la asunción, por parte del profesorado, de la responsabilidad en cuanto al aprendizaje de las nociones técnicas del software y además, implica que el gremio de los docentes tenga una renovada percepción y actitud hacia la tecnología.

El que los adolescentes utilicen los softwares de modelado 3D como una de las herramientas principales con las que crear todo tipo de imágenes es un hecho.

Se está popularizando el uso de software de diseño 3D orgánico y herramientas de tipo CAM como las impresoras 3D.

<sup>2</sup> Encuesta de Población Activa (EPA). (2016). Instituto Nacional de Estadística (INE).

Tal y como afirma el Informe de Educación Superior 2016 NMC las herramientas de realidad virtual y la realidad aumentada tendrán lugar en el aula en un período de dos a tres años<sup>4</sup>. Por lo tanto, es fundamental que el alumno se empape de los conocimientos de estas tecnologías, aprendan las distintas características de cada programa de modelado y la gran variedad de utilidades que pueden presentar cada tipo de software para que distinga con mayor claridad cuál es la calidad que tienen gran parte de los productos de consumo fabricados con estos programas.

Con esta introducción sobre estas herramientas se favorece, además, el que posean una visión crítica del tipo de productos que consumen y cómo se presentan éstos productos que van dirigidos al público adolescente.

Teniendo en cuenta que la ilustración en sí misma siempre ha aportado luz a la hora de entender todo aquello que ilustra (tanto publicaciones literarias y periodísticas como científicas), no está de más señalar, con respecto a este proyecto en el que se utiliza la representación de orgánulos como tema con el cual abordar las funciones y características del software de modelado 3D Blender, que en la asignatura de Biología son muchos los alumnos que ven dificultades para entender la forma de la célula y sus orgánulos.

Carretero (2010) concluye: "Generalmente los estudiantes presentan problemas a la hora de relacionar estructuras tridimensionales con las imágenes a las que tienen acceso (fotos, esquemas, preparaciones microscópicas etc.). De la misma manera suelen presentar problemas para reconocer estructuras al cambiar de orientación" (p.128).

Por esta razón, la ilustración con el modelado 3D de los orgánulos puede aportar motivación, y por ende, beneficios tanto a Educación Plástica, Visual y Audiovisual, por el hecho de que se exponen los fundamentos de las herramientas del programa y la manera en la que se elabora un diseño tridimensional, como a Biología, debido a que se esclarece la forma de estos orgánulos mediante la creación de éstos en el programa de modelado.

<sup>4</sup> NMC Horizon Report: 2016 Higher Education Edition.

## 1.3. Objetivos

- 1.-Introducir a los alumnos en el conocimiento de interfaces básicas de modelado 3D.
- 2.-Producir un incremento de la motivación de los alumnos por las artes y las ciencias,
3. Desarrollar una metodología de trabajo que incluya dos disciplinas en una misma práctica y que, de esta manera, pueda contribuir a dar una nueva perspectiva a los contenidos que se pretende desarrollar en cada materia, lo que podría producir una motivación mayor por las asignaturas implicadas.
4. Dar a entender que la realización de ilustraciones científicas no conlleva la ejecución de una tarea ardua, sino que puede ser muy amena e inmediata con programas de modelado 3D como Blender.

## 2. Antecedentes:

### 2.1. Divulgación a lo largo de la historia

Desde finales de la Edad Media han habido varios personajes del mundo de la ciencia y el arte que han aportado su visión de los descubrimientos que realizaron como Andrés Vesalio, Miguel Servet, William Harvey, Leonardo Da Vinci, Alberto Durero, Hans Weiditz, Carlos Linneo, Charles Darwin y Santiago Ramón y Cajal, entre otros.

De los científicos que han ilustrado células podemos destacar a Robert Hooke, Santiago Ramón y Cajal, y Ernst Haeckel, principalmente.

En la obra "Micrographia" (1665) de Robert Hooke (con ilustraciones elaboradas por él mismo), el término *célula* fue acuñado por primera vez por el científico, al observar las "celdillas" (las paredes celulares de las células vegetales muertas) de un corcho que colocó bajo su microscopio. Hay que destacar que esta obra fue escrita en inglés en vez de en latín, como lo hacían los científicos de la época; y fue precisamente esta forma inusual la



que produjo que el libro pudiera ser leído por gran parte de la población (no toda, debido a que mucha gente era analfabeta) y que se “democratizara” el acceso a la información científica por primera vez en la historia.

Ese afán por que se expandiera el conocimiento contrastado a todas las clases sociales, con el único propósito de divulgarlo para hacer más culta a las sociedades, es uno de los principales objetivos de la Ilustración científica.

Una de las características principales de la ilustración científica es que permite esquematizar aquello que queremos transmitir. De esta manera, se conceptualiza y destaca lo que es realmente importante desde el punto de vista científico, reduciendo lo superfluo de lo que se quiere ilustrar.

En la actualidad, los avances en el modelado en tres dimensiones y en la fotografía nos permiten jugar con cualquier aspecto que queramos representar. La ciencia se ha servido de la ilustración científica para enseñar, describir e inmortalizar las estructuras, los sistemas y los procesos (biológicos, físicos y químicos) que nos rodean.

Las TIC favorecen el aprendizaje ya que, permite que cualquier persona pueda acceder a una gran cantidad de información como no había sucedido nunca antes de los primeros años del siglo XXI, y normalmente, que pueda hacerlo de forma gratuita.

## **2.2. Antecedentes en el ámbito educativo**

Los antecedentes (proyectos, tesis,... que combinan dos asignaturas) se clasifican en dos tipos de trabajos: aquellos que tienen que ver con la implementación de talleres o prácticas combinando dos materias y aquellos en los que los talleres (Educación Secundaria y algunos en Primaria) o estudios (de instituciones específicas) se ponen en práctica añadiendo las TIC, el desarrollo de contenidos (con un nivel superior) de las TIC (CAD, modelado 3D,...) o impartición de contenidos básicos de programas de modelado 3D, programas CAD e interfaz CAM.

Asimismo, hay un tercer tipo de antecedentes en el que se incluyen aquellos del ámbito de las ciencias (más concretamente, la asignatura de Biología), en los que se les pide a los alumnos que hagan maquetas o representaciones con plastilina de la célula, los orgánulos que la componen, etc.

Hay que señalar que hay algunos antecedentes que se pueden situar en los dos primeros tipos al mismo tiempo, ya que algunos de los estudios que incorporan las TIC en sus talleres o proyectos (según sea del ámbito educacional o no) realizan actividades con interfaces de modelado 3D, CAD o CAM, que bien podría decirse están inscritas la ramas de Bellas Artes, Educación plástica (en secundaria) o de Diseño.

Creemos que los programas de modelado 3D fomentan la motivación, como dicen:

- Stefan Dubowski, en el artículo "Taking tech to the next level", de la revista de la Facultad de Educación de Ontario, sobre la influencia de las TIC en la Educación (cuya práctica o estudio fue llevado a cabo en el Colegio Saint Gabriel en Ottawa): *"La auténtica satisfacción que los alumnos experimentan cuando ven su objeto impreso y finalmente sostenerlo en sus manos, es inmenso. Es un gran incentivo para ellos para perseverar, incluso cuando se encuentran con obstáculos"*.

- Antonio Huertas Montes y Antonio Pantoja Vallejo, en su Tesis "Efectos de un programa educativo basado en el uso de las TIC sobre el rendimiento académico y la motivación del alumnado en la asignatura de Tecnología de educación secundaria": *"Se llega a la conclusión de que la aplicación del programa educativo basado en las TIC mejora (...) la motivación del alumnado de forma significativa"*.

-Jaime Reguillo Mateos en su TFM "El Tetris, el Pac-man, el Ajedrez y los recursos multimedia como metodología para mejorar la motivación": *"El método desarrollado está sustentado en una labor de investigación y en mis experiencias durante las prácticas externas en un centro. He de reconocer que al principio era escéptico al aplicar tantas aplicaciones y recursos multimedia a la vez. Sin embargo, comprobé que al trabajar con TIC la motivación de los alumnos aumentaba"*.

## 2.3. Imágenes de referencia

Antes de llevar a cabo el modelado de cada orgánulo es conveniente conocer la estructura formal de cada orgánulo.

### 2.3.1. Aparato de Golgi

Consta de un grupo de sáculos aplanados que secretan vesículas (el número estándar de sacos suele ser ocho).

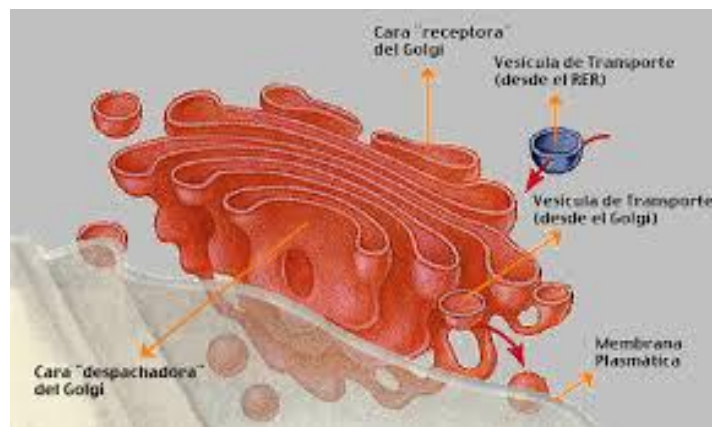


Figura 1.

## APARATO DE GOLGI

Consiste en una serie de **sacos aplanados o cisternas formando pilas.**

Cada pila consiste de 3 a 6 cisternas y su número depende del tipo de célula.



Figura 2.

## 2.3.2. Ribosomas

Son unas estructuras proteicas con formas redondeadas.

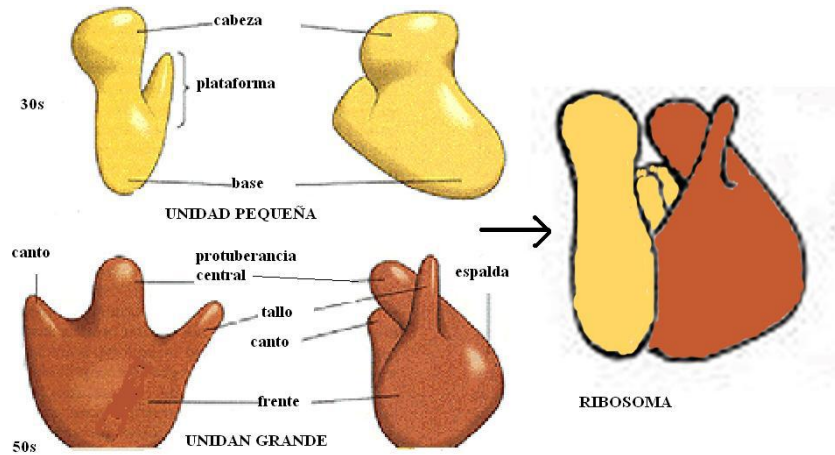


Figura 3.

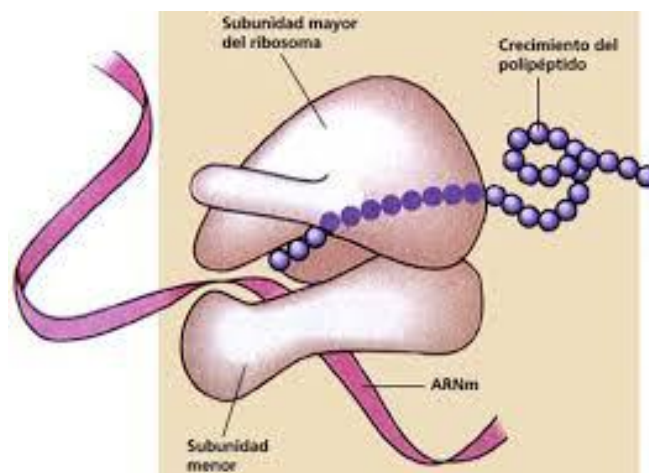


Figura 4.

### 2.3.3. Varios

Una de las influencias que me impulsaron a realizar este trabajo fue el proyecto "La Célula: La unidad de vida" del Laboratorio de Diseño y Fabricación Digital de la ULL, en el que se observa la estructura morfológica y las funciones de la célula.

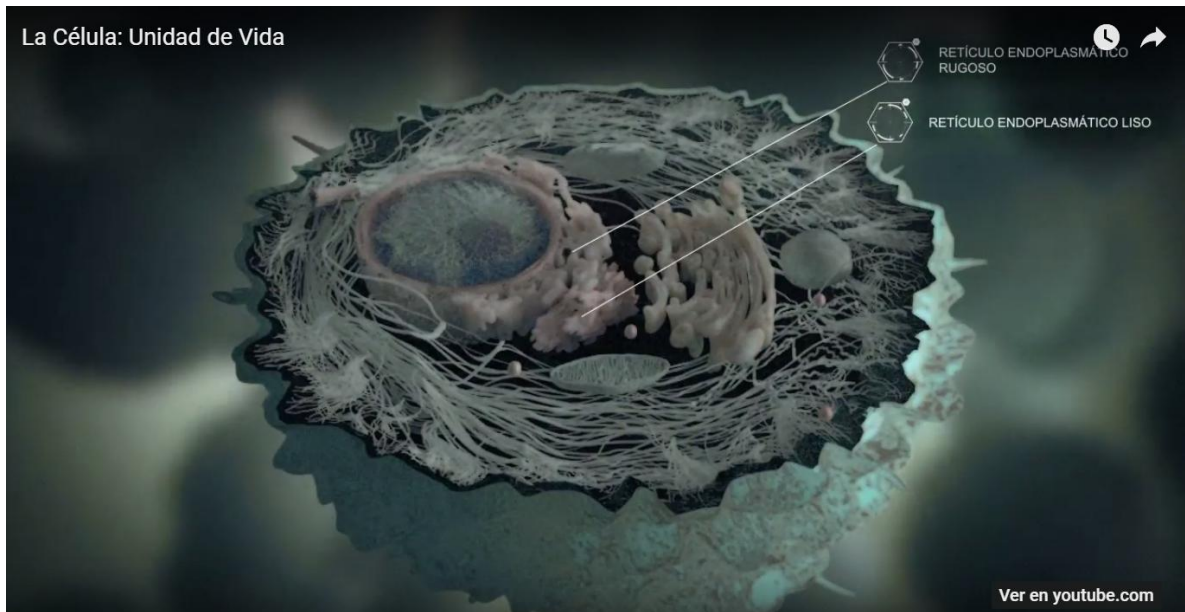


Figura 5. Captura de pantalla del Proyecto *La Célula: La unidad de vida* del FabLab de la ULL.

## 3. Metodología

### 3.1. Propuesta didáctica docente

En el ámbito de la materia de Educación Plástica, Visual y Audiovisual hay que destacar los cambios que han tenido lugar en la forma en la que "sentimos" y "percibimos" el arte y la cultura visual, que cada vez más se integra de manera imperceptible en el mundo del arte; uno de los cambios más notables se encuentra en los cada vez menos visibles límites entre las distintas especialidades del arte y el otro, en el gran avance de los tipos de soportes, recursos y procesos creativos que han sufrido una evolución gracias a las tecnologías de la información y la comunicación.

“Basándonos en estos cambios, la metodología tendrá que dar respuesta a varios ámbitos:

- Utilización de los recursos técnicos y expresivos propios de los lenguajes artísticos y visuales, seleccionando ejemplos cercanos a las experiencias, conocimientos previos, valores y vivencias cotidianas del alumnado.
- Priorización de los procesos, técnicas y espacios de creación personal y grupal, haciendo hincapié en la importancia de los procesos más que en los resultados.
- Comprensión e interpretación de referentes estéticos en el arte y la cultura visual, resaltando la importancia que los productos estéticos tienen y han tenido en la vida del ser humano y las sociedades, tomando conciencia sobre las modas y los gustos.
- Valoración de los procesos de reflexión y análisis crítico vinculados al mundo de la imagen en un contexto global, sirviéndose de habilidades del pensamiento como la indagación, imaginación, búsqueda y manipulación creativa de recursos visuales para reelaborar ideas, transformar objetos del entorno y plantear múltiples soluciones, evaluando críticamente los resultados”<sup>1</sup>.

Se busca superar los convencionales aspectos de la Educación Plástica, Visual y Audiovisual, la cual sólo era concebida con el creación de objetos con características estéticas y expresivas, proporcionando en esta materia un espacio de investigación e interpretación , de reflexión y de diálogo de las artes y la cultura visual y audiovisual.

“El proceso de enseñanza-aprendizaje activo se apoyará en la utilización, por parte del profesorado, de distintas estrategias metodológicas basadas en la alternancia de diferentes tipos de actuaciones, actividades, contextos y situaciones de aprendizaje, en las que tendrá en cuenta las motivaciones, los intereses, las capacidades del alumnado y la atención a la diversidad”<sup>2</sup>.

<sup>1,2</sup> Educación plástica, visual y audiovisual: en Gobierno de Canarias. Consejería de Educación y Universidades. pp 6-7.

Se valorará, en primer lugar, la reflexión y el pensamiento crítico frente al memorístico, y se fomentará una evaluación más personalizada para garantizar que los alumnos adquieran mejor los conocimientos adquiridos y que, de esa manera, mejore su motivación.

"El profesorado generará estrategias participativas que favorezcan la comunicación, actuará como orientador antes, durante y después del proceso de enseñanza-aprendizaje, y propiciará en el alumnado el interés, la motivación y el disfrute personal"<sup>3</sup>.

El realizar cualquier actividad o taller, coordinando Educación Plástica, Visual y Audiovisual con otras disciplinas, producirá un enriquecimiento de los procesos de trabajo que se llevan a cabo en esta asignatura, combinando el lenguaje artístico con otros lenguajes y ramas del saber mediante la unión de situaciones de aprendizaje.

**- Nivel al que se imparte:** 3º E.S.O.

En cuanto a la forma de dar la práctica, creo que sería adecuado que esta tuviera lugar en el período en el que la profesora o el profesor de Biología impartiera el tema de la Célula y sus partes.

En primer lugar, porque los adolescentes hoy en día tienen bastantes nociones de programas de edición de imágenes, videojuegos,... lo que hace que esta actividad esté muy relacionada con el entorno digital que manejan a diario.

Considero que este tipo de actividades son muy entretenidas y, por lo general, el alumnado muestra un gran interés en ellas.

Otra de las razones es que la asignatura de Biología es todavía materia común en 3º de la E.S.O., por lo que cabría la posibilidad de impartir la práctica a suficiente gente y dar a conocer el programa a más gente que si se hubiera impartido en un 4º E.S.O. (el cual está dividido en las dos ramas de Letras y Ciencias).

<sup>3</sup> Educación plástica, visual y audiovisual: en Gobierno de Canarias. Consejería de Educación y Universidades. pp 7.

El hecho de plantear, a través de este proyecto con programas de modelado 3D, problemas de la vida real y del ámbito de las ciencias, garantiza que se produzca una motivación mayor que les influya de manera alentadora a la hora de acometer la actividad.

## 3.2. Temporalización

7 Semanas: 14 sesiones.

Cada sesión tiene una duración de 50 minutos aproximadamente.

### Leyenda del Cronograma

- APARATO DE GOLGI
- Sustracción de esfera (A.1)
- Modelado de "saco estándar" (A.2)
- Modelado específico (A.3): Cara Cis, Parte media y Cara Trans
- Integración de cada parte en un mismo archivo (A.4)
  
- RIBOSOMAS
- Subunidad pequeña (R.1)
- ARN (R.2)
- Subunidad grande (R.3)
- Colocación de los elementos (R.4)
  
- Duración de de cada sesión con un orgánulo: 1/2 ò 1 (sesiones)



### 3.2.1. Cronograma

1ª Sesión	2ª Sesión	3ª Sesión Aparato de Golgi		4ª Sesión Aparato de Golgi	5ª Sesión Aparato de Golgi	6ª Sesión Aparato de Golgi
Clase introductoria a las herramientas del software de modelado 3D (1)	Clase introductoria a las herramientas del software de modelado 3D (1)	A.1  (1/2)	A.2  (1/2)	A.2  (1)	A.3 (Cara Cis)  (1)	A.3 (Cara Cis)  (1)

7ª Sesión Aparato de Golgi	8ª Sesión Aparato de Golgi	
A.3 (Parte media) (1)	A.3 (Cara Trans) (1)	A.4 (1)

9ª Sesión Ribosomas	10ª Sesión Ribosomas	11ª Sesión Ribosomas		12ª Sesión Ribosomas
R.1	R.1	R.2	R.3	R.3
(1)	(1)	(1/2)	(1/2)	(1)

13ª Sesión Ribosomas	14ª Sesión Ribosomas
R.3	R.4
(1)	(1)

Dado la programación tan apretada y con pocas horas semanales en 3º de la E.S.O., probablemente sólo podré desarrollar el taller con la elaboración de un orgánulo celular. Otro aspecto a tener en cuenta para la impartición de esta actividad es el tipo de alumnado.

## 4. Desarrollo de la actividad

En este proyecto, al igual que en otras investigaciones nombradas en el apartado Antecedentes, se plantea la incorporación de las TIC para producir motivación en los alumnos de secundaria con respecto a las asignaturas de Educación plástica, visual y audiovisual y Biología. Sin embargo, a diferencia de estos trabajos, esta investigación propone el desarrollo de esa actividad combinando las dos materias mencionadas, de manera que el ejercicio se vea favorecido por un planteamiento más novedoso; tomando como tema principal Los orgánulos de la célula.

Este proyecto tiene como propósito mostrar que la ilustración científica de la célula no tiene por qué requerir una gran cualificación científica o artística si se cuenta con una información básica del microorganismo y un programa de modelado 3D open source como punto de partida.

## **4.1. Razones de elección del programa de modelado 3D**

Elegí el software de modelado Blender, principalmente, porque es un potente entorno de desarrollo dedicado a la creación de imágenes y animaciones 3D, cuya principal ventaja respecto a otras herramientas similares como 3D Studio o Maya es que se trata de una aplicación totalmente gratuita, por lo que sería un programa fácilmente accesible para los alumnos. Otra de las principales razones de esta elección es que, desde mi punto de vista, con las herramientas básicas de Blender (como Boolean en modo Objeto, el modo Sculpt para modelar o la malla de puntos, entre otros) se llega de una forma más exacta y más instantánea a las formas de los orgánulos que con otros softwares como Sculptris o 123DSculpt.

El programa permite el modelado, renderizado, texturizado, iluminación, animación y post-producción de todo tipo de escenas tridimensionales. Su compleja interfaz permite trabajar con un sinfín de herramientas como curvas nurbs o mallas de puntos, por ejemplo. La interfaz de Blender es compatible con la mayoría de formatos y estándares como el mencionado 3D Studio, Autodesk FBX, Collada, Wavefront o Stl.

Pese a que puede presentar algunos inconvenientes por su elevada curva de dificultad, existe una gran comunidad de usuarios y un sinfín de tutoriales y ejemplos en Internet. Es utilizado por estudios profesionales e incluso se han realizado videojuegos y películas con él.

### **a) Programa de modelado 3D Blender.**

Compañía: Blender Foundation

Sistema operativo: Windows, Mac OS X, GNU/Linux (incluye a Android), Solaris, FreeBSD e IRIX.

Características del programa:

Blender es un programa informático multi plataforma, dedicado especialmente al modelado, iluminación, renderizado, animación y creación de gráficos tridimensionales.

## b) Herramientas

Nociones elementales:

- Siempre que se vaya a realizar cualquier comando o acción con el teclado el cursor debe estar dentro del plano de visualización.
- Para seleccionar, click con botón derecho del ratón.

ACCIÓN	COMANDO ò ATAJO DE TECLADO	RATÓN (Menú)
Borrar	X	Object -> Delete
Copiar	Ctrl + C	
Pegar	Ctrl + V	
Deshacer	Ctrl + Z	Object -> Undo
Rehacer	Ctrl + Shift + Z	Object -> Redo
Seleccionar o Deseleccionar todos objetos, o vértices	A	Select -> (De)select All
Escalar	S	Object/ Transform -> Scale
Rotar	R	Object/ Transform -> Rotate
Mover	G	Object/ Transform -> Grab/Move
Renderizado	F12	Render (en Header o panel principal) -> Render Image
Salir de Renderizado	ESC ò F11	

## b.1. Transform manipulators

Realizan las mismas funciones de escalar, rotar y mover, pero de una forma más controlada y precisa.

Transform manipulators= su icono es el de tres ejes de colores.

Herramientas	
ACCIÓN (con estas herramientas, las acciones se realizan por ejes)	BOTÓN
Mover	Flecha
Rotar	Arco
Escalar	Cuadrado

## b.2. Wireframe, herramienta para ver mejor la estructura de los objetos.

Wireframe (malla de alambre) es muy útil en ocasiones en las que se llevan a cabo sustracciones (por ejemplo), ya que permite ver con nitidez la forma de todos los objetos. Seleccionar Viewport shading (ícono de pequeña esfera blanca) y clicar en "Wireframe". Si se quiere activar mediante el atajo de teclado, teclear "Z".

## c) Manejo de ventanas

Para abrir más ventanas dentro del mismo espacio de trabajo, hacer clic con botón izquierdo en esquina superior derecha de la vista 3D (esquina con líneas muy pequeñas). Cuando el cursor se convierte en un +, arrastrar a un lado, si quieres que la ventana aparezca a un lado de la principal.

Si se trata de una ventana que está en la parte superior o inferior, hacer clic en esquina inferior izquierda con líneas (en el Header inferior de esa ventana) y arrastrar hacia abajo o arriba, si quieres que la ventana aparezca debajo o encima de la que estaba al principio.

Es de destacar la utilidad de poder desplegar más ventanas en el mismo espacio de trabajo, debido a que cada una tiene su propio Header con sus menús y controles, lo que nos permite elegir desde el recuadro de Editor type, el tipo de editor que queramos (Timeline , 3D View...; según queramos trabajar una animación, modelar,etc.) o elegir la vista que queramos en la ventana que queramos.

Para hacer desaparecer cualquier ventana, antes de hacerlo debemos asegurarnos de ocultar los headers que hay entre las ventanas. Para ocultarlos, primero hay que colocar el cursor encima de uno de los Headers inferiores o laterales que estén entre las ventanas, situando el cursor justo en el borde. Entonces, veremos que el cursor pasa a ser un puntero con doble flecha. Para ocultarlo, deberemos arrastrar desde el borde del header hacia abajo o a un lado.

Una vez que el header está oculto, podremos eliminar la ventana correspondiente. En este caso, pongo como ejemplo las ventanas de arriba y abajo.

Lo primero en lo que hay que fijarse es en el icono pequeño de un + que hay entre las ventanas. Clicar con botón derecho y aparecerá la opción "Join area".

Clicar en ella y por último, de entre las dos ventanas, clicar en una de las ventanas contraria a la que queremos (se elegirá la ventana en función de la vista que prefiramos).

Para agrandar o hacer más pequeñas las ventanas añadidas, sólo hay que poner el cursor sobre el borde que las separa y arrastrar a izquierda, derecha, arriba o abajo, según la preferencia.

## **d) Modos de Trabajo**

### **d.1. Modo Edición**

Es un método de trabajo en el se trabaja directamente con los distintos elementos de los objetos: vértices(vertices), aristas (edges) y caras(faces).

### **d.2. Modo Objeto**

Es un método de trabajo en el que todos los objetos de la escena (Lámparas, Curvas, Cámaras, Mallas y los objetos básicos) pueden ser trasladados, escalados,etc.; hay que

destacar las funciones del Transform manipulators en los poliedros (escalar, rotar o trasladar en cada eje), la gran cantidad de modificadores para transformar de diversas maneras los objetos, etc.

#### **d.2.1. Modifier Boolean para sustracciones.**

Para hacer una sustracción, primero hay que ir al panel de Propiedades y clicar en la herramienta Modifiers (con forma de llave inglesa). Una vez que aparezca el botón "Add Modifier", clicar en él y aparecerá un recuadro negro con varios tipos de Modifiers. Hay que seleccionar Boolean. Aparecerá un pequeño recuadro con los botones para ejecutar la sustracción, pero antes, hay que colocar los objetos de manera que se intersecten y dejar seleccionado el objeto que va a ser sustraído.

Por último, en el apartado Operation clicar en Difference, en el de Object el objeto que sustrae y seleccionar "Apply".

#### **d.2.2. Modifier Multiresolution para subdividir mallas.**

Las subdivisiones son útiles cuando queremos que una forma geométrica adquiera una forma orgánica. Para subdividir una malla, primero hay que ir al Header Propiedades y clicar en la herramienta Modifiers. Una vez que aparezca el botón "Add Modifier", clicar en él y aparecerá un recuadro negro con tipos de Modifiers. Hay que seleccionar Multiresolution. Aparecerá un pequeño recuadro con botones. Finalmente, sólo hay que clicar en el apartado Subdivide las veces que queramos que se subdivida.

#### **d.2.3. Modifier Curve para aplicar una forma curva a un objeto.**

Para aplicar el modifier Curve, primero hay que ir al panel de Propiedades y clicar en la herramienta Modifiers. Una vez que aparezca el botón "Add Modifier", clicar en él y aparecerá un recuadro negro los tipos de Modifiers. Hay que seleccionar Curve.

Aparecerá un pequeño recuadro con los botones para ejecutar la curvatura, pero antes de hacerlo hay que añadir una curva Bezier en M. Objeto(seleccionar "Add" en header inferior, "Curve" y "Bezier") y modelarla con la forma que le queramos aplicar (en M. Edición). Una vez que ya está modelada, situamos el objeto de forma que se cruce con la curva y dejamos seleccionado el objeto. Clicar en el apartado Object, seleccionar el nombre de la curva bezier y dar en "Apply".

### **d.3. Modo Escultura**

Es un método de trabajo que permite automáticamente seleccionar los vértices según la posición del pincel (brush), y los modifica según el trazado del mismo, la forma de arrastrarlo, etc. Otros parámetros que influyen en su forma de modelar son la fuerza (Strength), radio (Radius), etc.

#### **d.3.1. Herramienta Brush (M. Sculpt) para modelar objetos.**

Los tipos de Brush que tiene este modo son: Blob (función "abultamiento grande"), Crease (Formar pliegues), Fill (Rellenar), Flatten (Aplanar), Grab (Agarrar y tirar), Inflate (Inflar), Pinch (Reducir malla), Smooth (Suavizar), Snake Hook (Alargar con volumen más homogéneo).

## **e) Guardar archivos en Blender**

Para guardar cualquier archivo en este programa, solamente hay que clicar en el menú File del Header superior y seleccionar "Save".

Justo después aparecerá otra ventana gris y debajo del Header principal hay dos recuadros en los que aparece el directorio del archivo y el nombre.

Luego hay que escribir el nombre que queremos darle al archivo (hay que tener en cuenta que el nombre del archivo tiene que acabar en *.blend*), clicar por fuera del recuadro y finalmente seleccionar "Save Blender File", justo al lado de los recuadros (a la derecha).



## **4.2. Elaboración de orgánulos en el software Blender**

### **4.2.1. Proceso de elaboración del orgánulo Aparato de golgi**

Este proceso se divide en tres fases: sustracción de esfera, modelado de saco (a partir de esfera), dotar a cada saco de sus detalles específicos, puesto que con respecto a su forma he clasificado en tres partes el proceso de modelado de los sacos: cara cis, parte media\* y cara trans y, por último, finalización del modelado situando cada parte en un mismo archivo.

\*Esta zona la he añadido. No he existe tal término en Biología.

#### **1ª fase: Sustracción de esfera**

Primero, en Modo Objeto, sacar una esfera, duplicarla y apartar la copia (se utilizará después) un poco más lejos.

Realizar una sustracción a la esfera (del tercio de su volumen ), a través del modifier Boolean (figura 6).

Traer la esfera que se había retirado al centro para reducir su tamaño con la herramienta Escalar (S). Reducir su tamaño a dos tercios del volumen de la esfera mayor (suponiendo que no estuviera seccionada por un lado). Colocar esta esfera dentro de la grande para una sustracción posterior.

Para comprobar si el volumen que se ha escalado es correcto, introducir la esfera pequeña dentro de la esfera grande y de los controles que aparecen en el Header inferior, seleccionar Viewport shading (icono de pequeña esfera blanca) y darle a "Wireframe" que hará que se pueda ver la estructura de los objetos con claridad.

Para ver mucho mejor las proporciones de las dos esferas en cualquiera de las vistas es aconsejable seleccionar los dos objetos a la vez y trasladarlos al punto central de los tres ejes.

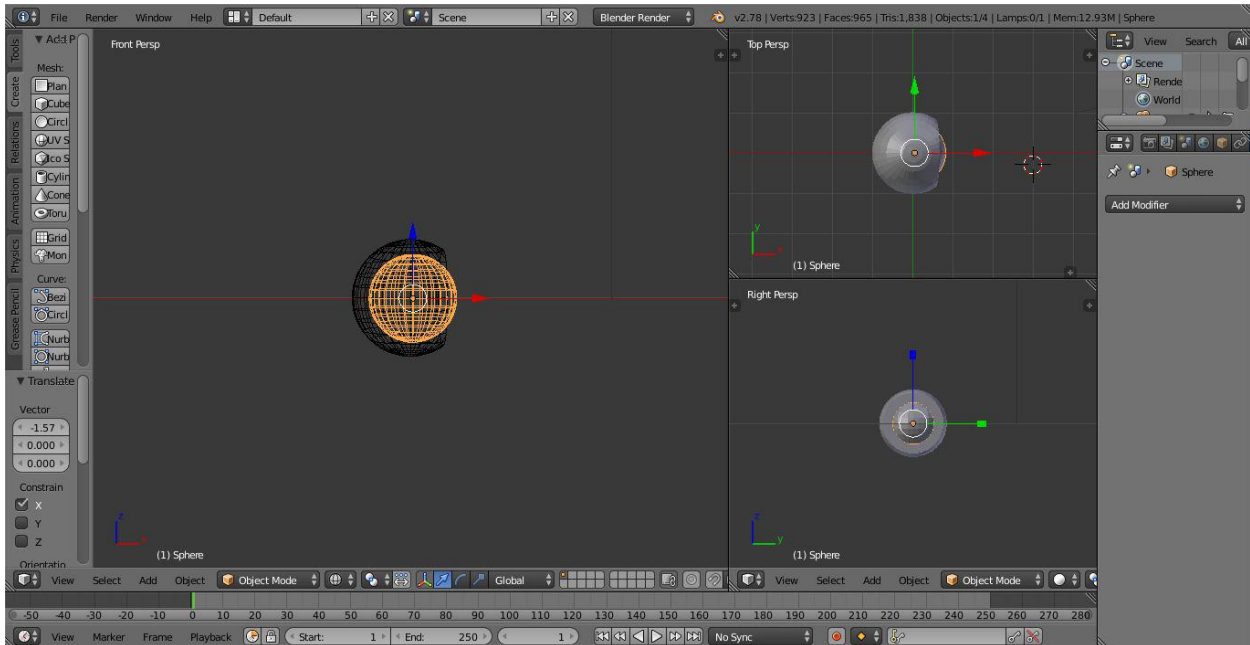


Figura 6. Esfera pequeña situada dentro de esfera grande, la cual está seccionada por un lado.

Seleccionar el objeto al que se le va a efectuar la sustracción: la esfera más grande.

Habiendo seleccionado la esfera previamente, procedemos a realizar una sustracción a la esfera.

Una vez hecha, seleccionar la esfera pequeña y eliminarla.

Luego, seleccionar la esfera sustraída y escalarla en eje Z (achatándola).

Girar 90° en el eje Z hacia delante, y 90° en el eje X hacia arriba.

## 2ª fase: Modelado de “saco estándar”

Después, en la zona de la sección del orgánulo, en Modo Edición, seleccionar algunos vértices de un costado (del límite interno) y estrechar el grosor del borde, arrastrando los vértices hacia afuera con la opción “move” de Transform manipulators.

Repetir los mismos pasos en el lado contrario.

Esconder un leve abultamiento de la zona justo debajo del borde interno haciendo lo mismo con la herramienta de Transform manipulators. Repetir los mismos pasos en el costado opuesto.

Luego, reducir el abombamiento de la parte lateral de los costados, arrastrando los vértices, paso por paso, hacia dentro ( los vértices de la malla "interna" también deben estar seleccionados).

Realizar un estrechamiento de las mayas de la zona frontal y trasera (de modo que el grosor de la parte seccionada se vea más fino). Se puede efectuar en cada parte (delantera o trasera) desde la malla interna y después, la malla externa.

Después se modifica la malla interna y la externa, por la otra parte.

Seleccionando la zona de la sección, subir un poco dicha zona con Transform manipulators (figura 7).

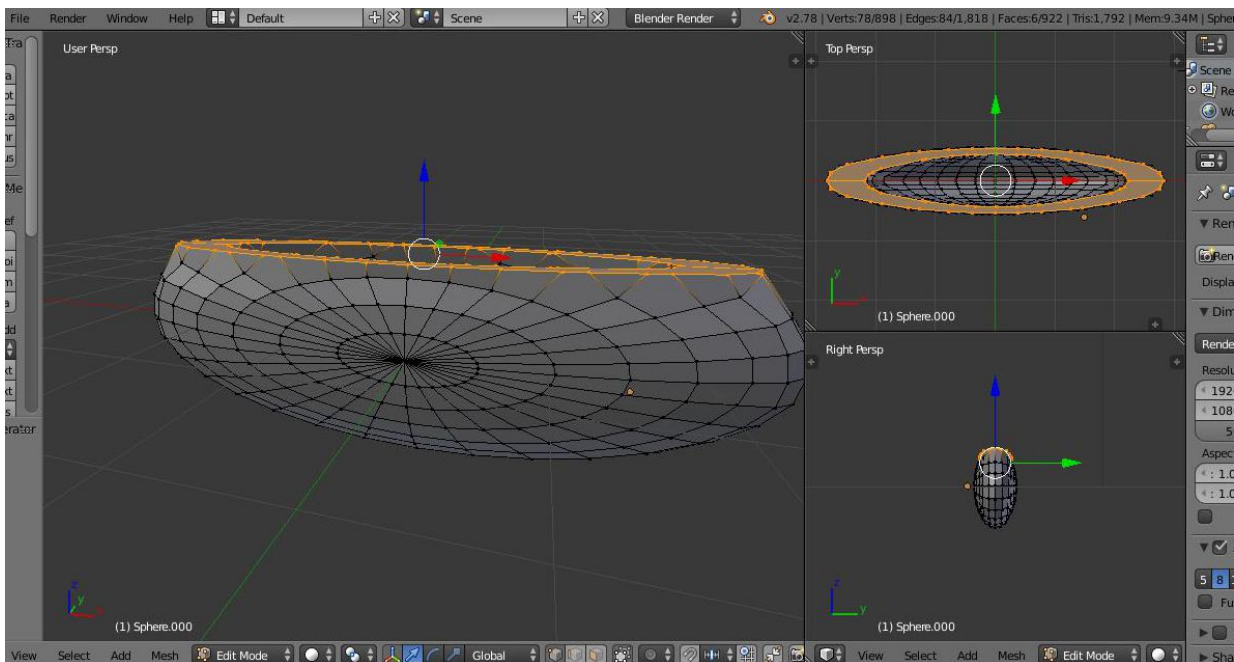


Figura 7. Elevación de zona de sección.

Posteriormente, procedo a aplanar la parte frontal y posterior del saco.

Seleccionar cada zona de la parte frontal, e ir trasladando esos vértices hacia el interior poco a poco.

A medida que se avanza y la parte frontal parece más plana, se pasa a realizar un posterior hundimiento de la parte central (siempre seleccionando los vértices de la parte interna a la vez).

Se vuelve a repetir el procedimiento de hundimiento de la zona central de forma gradual. Es necesario este hundimiento porque en cada saco la parte central suele ser más estrecha que la de los costados.

Después de finalizar el aplanamiento de la parte frontal, se pasa a la parte trasera. Debido a que la zona central es más abombada que la zona de los costados, es mejor empezar a aplanar desde el centro.

Cuando la parte trasera ha sido aplanada, se pasa a realizar un ligero hundimiento en la parte central superior.

Hay que empezar seleccionando un par de vértices alrededor del eje central y trasladar estos hacia dentro de una forma menos notoria que en la parte frontal.

Después, se hace un estrechamiento de grosor del espacio entre malla interna y externa en la zona de los costados.

En la zona de la sección, seleccionar un vértice a cada lado de eje central del costado y con Transform manipulator y Scale en el eje Y, separar más los vértices entre sí.

Después de hacer esto, hay que mover la zona superior de los costados hacia fuera (en eje X) para que la parte superior destaque un poco más que la inferior.

Para esto, hay que seleccionar algunos vértices del costado (tanto en malla interna como en externa) y tirar hacia afuera.

Por último, seleccionar un par de vértices entorno al eje central del costado, en la superficie interna, y separar los vértices de los lados en el eje Y con Transform manipulator.

### 3º fase: Modelado específico de cada parte del aparato de Golgi

Antes de hablar del por qué he clasificado esta última fase en tres partes, he de señalar que en la Cara Cis , las filas están formadas por varios sacos más estrechos y unidos lateralmente por su parte inferior, por lo que en esta parte del orgánulo se llevará a cabo un procedimiento distinto al del resto.

Para explicar cómo influye la estructura de este orgánulo a la hora de modelar con el software de modelado 3D he realizado una ilustración esquemática (figura 8).

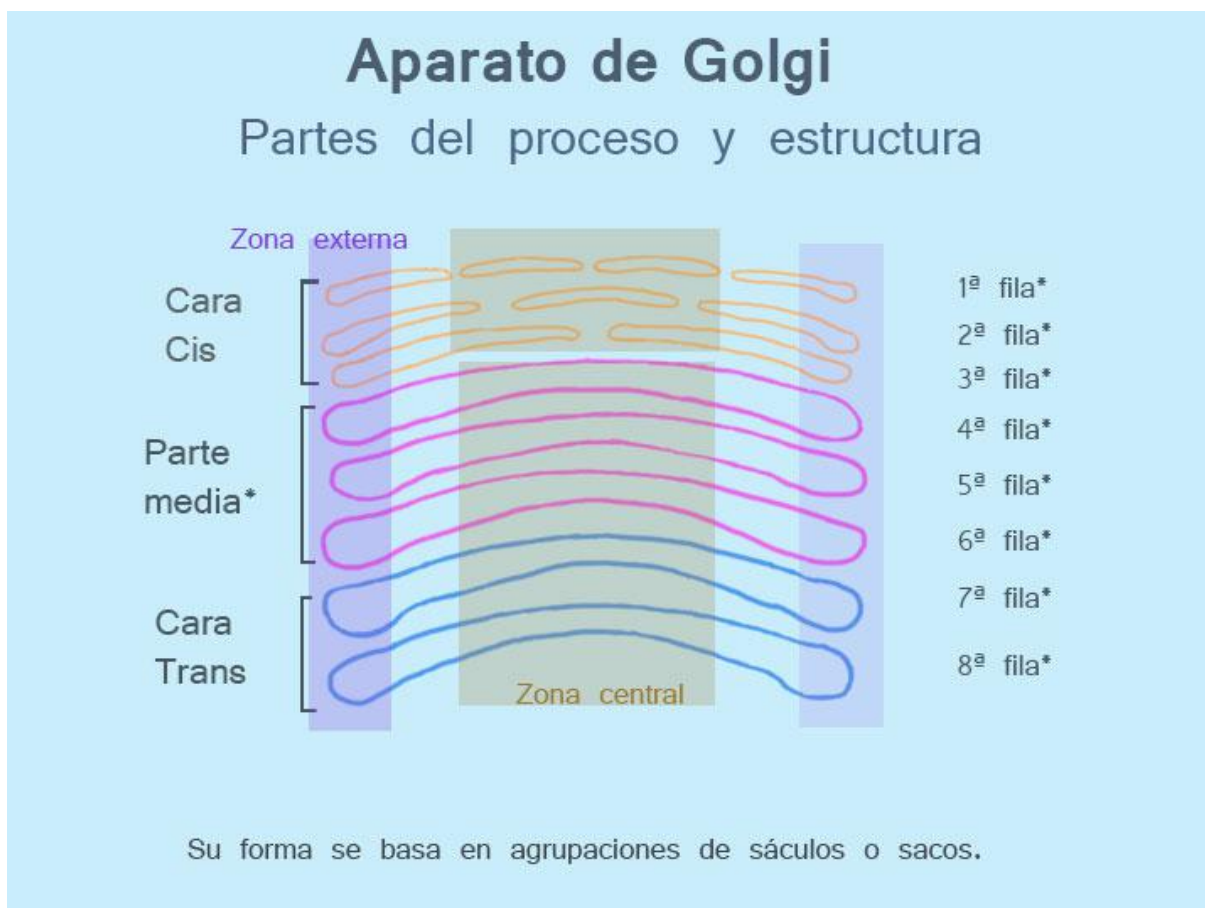


Figura 8. Ilustración esquemática del Aparato de Golgi seccionado.

\* Estos términos no existen en la asignatura de Biología, los he utilizado para poder proporcionar una explicación práctica del proceso.

Cada saco o fila de sacos presenta una curvatura que va aumentando a medida que vamos de la Cara Cis a la Cara Trans. Para lograr esa curvatura he utilizado la curva Bezier. Debido a esto y a la peculiaridad de la Cara Cis, se empezará este proceso en esta parte.

No obstante, al experimentar con la curva de cada fila, he descubierto que el estrechamiento que se realiza en el centro de la cuarta fila no basta para poder usar los mismos sacos duplicados en el resto de las filas, aunque les aplique la curva bezier y el modifier Curve ( aun aumentando la curvatura de la curva en cada fila), ya que se curva la parte delantera del saco pero la parte trasera no se curva lo suficiente.

Por esta razón , en este proceso se insistirá (en cada parte) más en el estrechamiento en la parte central y el anchamiento de la zona de los costados de cada saco y fila de sacos para que, al aplicar el modifier Curve, la parte central delantera y trasera estén más unidas y uniformes aún.

En este proceso se comenzará por la Cara Cis, se continuará en Parte media y se finalizará en Cara Trans.

El "saco estándar" creado en la fase anterior lo aprovecho y creo dos copias del mismo archivo , con el nombre de Cara Cis y Parte media en cada una.

Creo otro archivo llamado Cara Trans, sin ningún saco, que se completará al final.

Una vez hecho esto empiezo en Cara Cis.

## **Cara Cis**

Abrir este archivo y duplicar dos veces más el "saco estándar".

Esos dos últimos sacos duplicados se utilizarán para la partes externas de cada fila de sacos.

A continuación, se modelan los sacos de la parte externa.

Se hace un anchamiento de la parte más externa de los costados de cada saco externo.

Se seleccionan algunos vértices del costado y se da a Scale de Transform manipulator para hacerlo más ancho.

Se efectúa un estrechamiento de la parte interna (costado que va a dar hacia el centro de la fila) de cada saco externo.

Estrechamiento con Transform manipulator de la parte central en cada saco, en la zona frontal y trasera de la malla externa (figura 9).

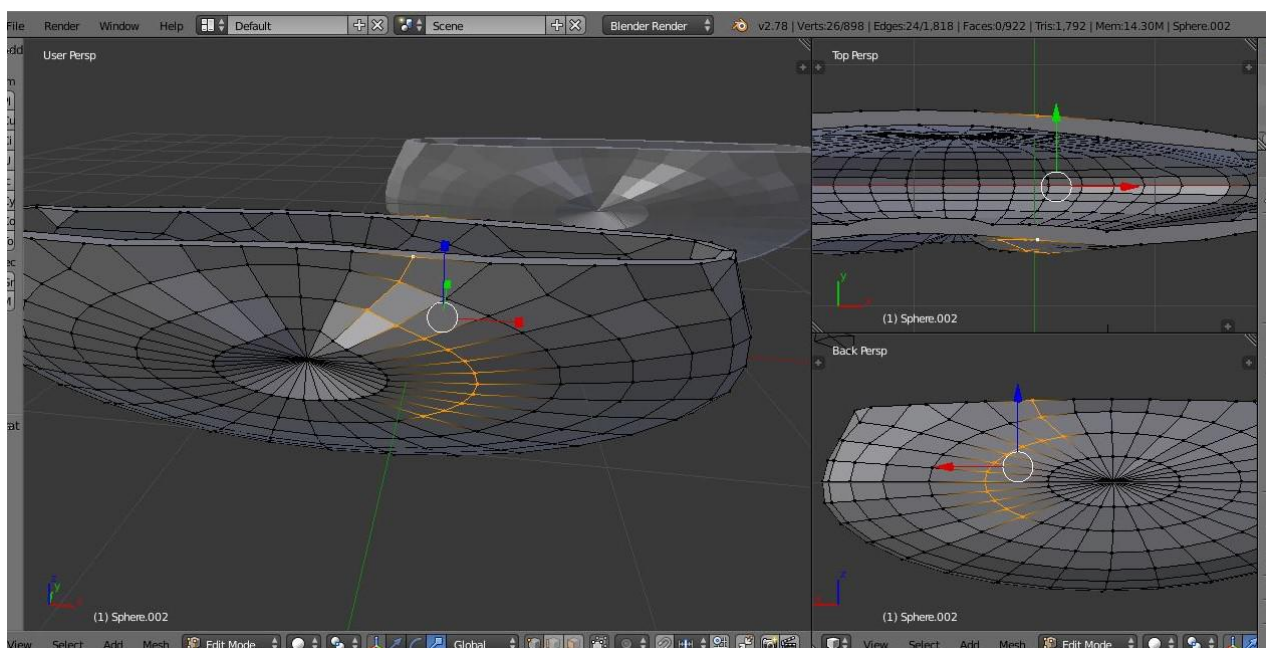


Figura 9. El estrechamiento tiene lugar en los lados derecho e izquierdo del centro, tanto en la parte delantera como en la trasera.

Para realizar cada fila de Cara Cis hay que tener en cuenta cuántos sacos vamos a poner en cada fila, para visualizar cómo las vamos a estrechar de los costados y el largo que tendrá cada fila de forma general. Así, yo he decidido, en este caso, poner cuatro sacos en la primera (dos sacos externos y dos internos), tres sacos en la segunda (dos sacos de la parte externa y uno interno) y dos sacos en la tercera fila (dos sacos externos con bultos

en su parte interna para el ensamblaje o unión), como se puede ver en el esquema al inicio de esta fase.

Luego, una vez que se han modelado los sacos de la parte externa de la fila, se hacen dos duplicaciones (en Modo Objeto): una la traslado a la segunda fila y la otra, a la tercera (figura 10).

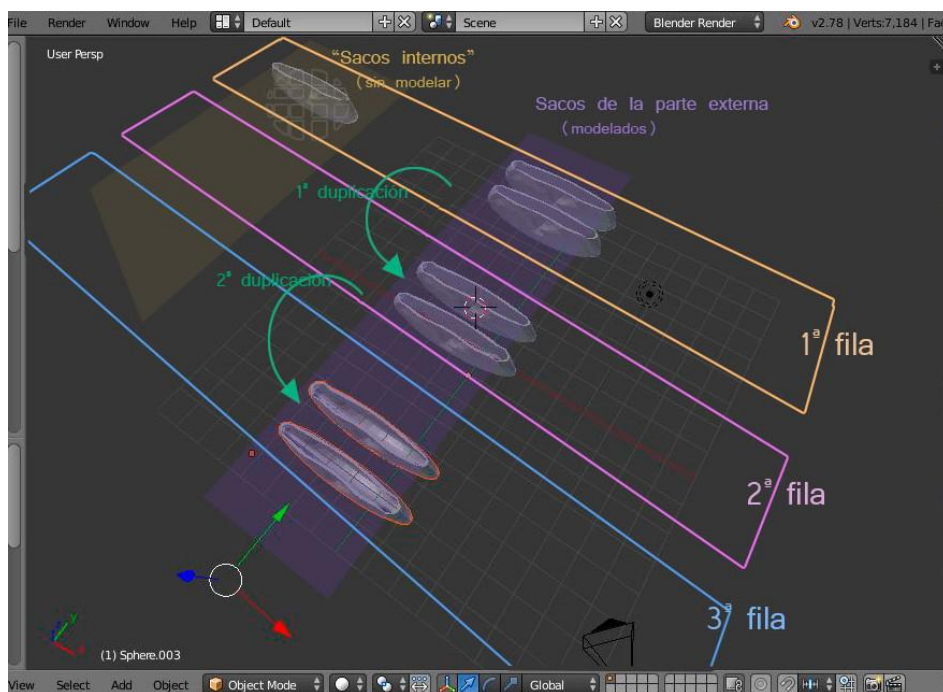


Figura 10. Duplicación de sacos externos.

Posteriormente, apartamos de manera puntual la 2ª y la 3ª fila hacia afuera de la retícula, para terminar con la primera fila; una vez que ya tengo los sacos externos de la primera fila, paso a crear los sacos de la parte central.

Modelar el "saco estándar", que tenía apartado al principio de la 3ª fase.

En Modo Edición, se seleccionan los vértices de dos cuadrados de la parte media del costado y se trasladan hacia afuera.

Llevar tres vértices de arriba y tres de abajo del cuadrado casi a la misma altura.



Luego, seleccionar tres de la parte inferior a los mencionados, llevarlos al mismo punto, seleccionar otros tres de abajo y volver a llevarlos a esa altura.

No olvidar seleccionar al mismo tiempo los vértices de la superficie interna.

Cuando ya están los primeros vértices de un costado trasladados, llevar los de los lados de estos casi al mismo nivel. Se empieza por los vértices de los laterales de los cuadrados y se sigue hasta que estén paralelos a los primeros.

Realizar el mismo procedimiento en el costado derecho del saco.

Después, hacer dos duplicaciones de este saco interno en Modo Objeto.

Dejar una al lado del primero y la otra se pone en la segunda fila.

Una vez que están hechas las últimas duplicaciones de Cara Cis, se terminan de modelar los dos sacos de la tercer fila, que son distintos a los demás: sólo tienen bulto por el costado interno, para luego ensamblarse.

Entonces, se trasladan algunos puntos del costado interno hacia afuera, empezando por los cuadrados de la parte media del costado como en el procedimiento anterior.

Se hace lo mismo en el otro saco.

Cuando ya se ha realizado la forma básica de cada saco de las tres filas, procedo a finalizar cada fila.

Primero, en la primera fila se coloca cada saco de manera que se intersecten y se unen.

Se alarga un poco la fila en el eje X, de manera que llegue a medir un poco menos de 22 cuadrados.

Posteriormente, se pasa a hacer un anchamiento más acentuado del costado externo de los sacos externos y un estrechamiento de la parte media.

Seleccionar un par de cuadrados del costado y los llevarlos hacia delante.

Hacer un ligero estrechamiento de la parte media de la fila en la zona delantera. Luego, estrechar las zonas contiguas a esta zona de intersección entre los sacos internos para ayudar a estrechar el centro ligeramente.

Añadir una Curva bezier y modelarla de manera que forme una curva muy suave y que tenga un largo que abarque 22 cuadrados y medio de la retícula aproximadamente.

Aplicar el modifier Curve a la primera fila, habiendo situado el saco bien alineado con la curva(sin olvidar clicar en Apply).

Apartar la primera fila de forma puntual y trasladar la curva bezier hacia delante para aprovecharla después para la segunda fila.

Llevar los sacos de la segunda fila al centro de la retícula y unirlos. Justo después, alargar la fila sólo un poco más que la primera(para que mida 22 cuadrados) y ancharla en el eje Y, hasta obtener la medida de 1.26 aproximadamente, con Transform manipulator.

En Modo Edición, hacer un anchamiento del costado externo de los sacos externos, de la misma forma que los hice en la primera fila pero con una intensidad mayor.

Después, realizar el estrechamiento de la parte media de esta fila(sin olvidar la malla interna) en la zona frontal y luego, en la trasera.

Modelar la curva bezier que había "reciclado" con una curvatura un poco mayor que la de la primera fila en Modo Edición.

Aplicar el modifier Curve con la curva que he modelado a la segunda fila.

Después, en M. Objeto apartar la segunda fila y la curva momentáneamente y guardar la curva para utilizarla para la tercera fila.

Pasar los sacos de la tercera fila al centro y unirlos.

Alargar la fila un poco más que la segunda y ancharla en eje Y con Transform manipulators, dejando una medida de 1.32 aproximadamente.

En M. Edición, realizar un estrechamiento suave de la parte media de la zona frontal de la tercera fila y de las zonas contiguas al centro.

Modelar la curva que se había guardado, dándole una curvatura un poco mayor que la de la segunda fila.

En M. Objeto, con la fila alineada con la curva aplicar el modifier Curve a la tercera fila.

Cuando se termina la tercera fila, se aparta la curva hasta el final del proceso de Cara Cis para copiarla y pegarla en el otro archivo.

Un vez hecha la forma de las filas de la Cara Cis, se procede a hacer las vesículas de esta parte.

Para hacer las vesículas, primero realizar el mismo procedimiento que al inicio del proceso de elaboración del Aparato de golgi: realizar una sustracción a una UVesfera de un tercio de su volumen con un cubo y con otra esfera un poco más pequeña, realizar la sustracción a la primera.

Cuando termino la sustracción , duplico esa vesícula dos veces para después modelar cada una de una forma distinta.

En algunas, realizar un alargamiento en cualquiera de los tres ejes, y modificar la posición de los vértices en algunas partes, dándoles una deformación orgánica.

En otras vesículas, realizar una reducción del grosor de éstas. En M. Edición, seleccionar la malla externa y estrecharla en los ejes X e Y con Transform manipulator.

También hay que realizar otro tipo de vesículas: las que aparecen enteras y no están seccionadas.

Para ello, añadir una UVesfera, duplicarla unas cuantas veces para hacer otras distintas y en M. Edición, cambiar la posición de los vértices de algunas zonas para deformarla. Una vez hecho, duplicarla y variar la forma a partir de la copia.

Finalmente, colocar todas las vesículas alrededor y realizar una reducción muy ligera de tamaño de las filas de sacos, las vesículas y la curva bezier.

Luego, pegar las tres primeras filas en el archivo Parte media, para tenerlas como referencia.

## Parte media

Antes de empezar en esta parte, pegar la curva bezier que servirá para la tercera fila detrás de la retícula.

Alargar el cuarto saco y ancharlo en eje Y hasta obtener de medida 1.39 aproximadamente. A partir de este saco, todos tienen que conservar este mismo grosor.

Luego, realizar un anchamiento en los costados del saco y un estrechamiento de la zona central mayor que el de la anterior fila.

Para realizar el anchamiento de los costados del saco, se seleccionan algunos vértices de la zona superior de un costado en la parte frontal y se arrastran hacia afuera en el eje Y (figura 11). Realizar lo mismo en el otro costado.

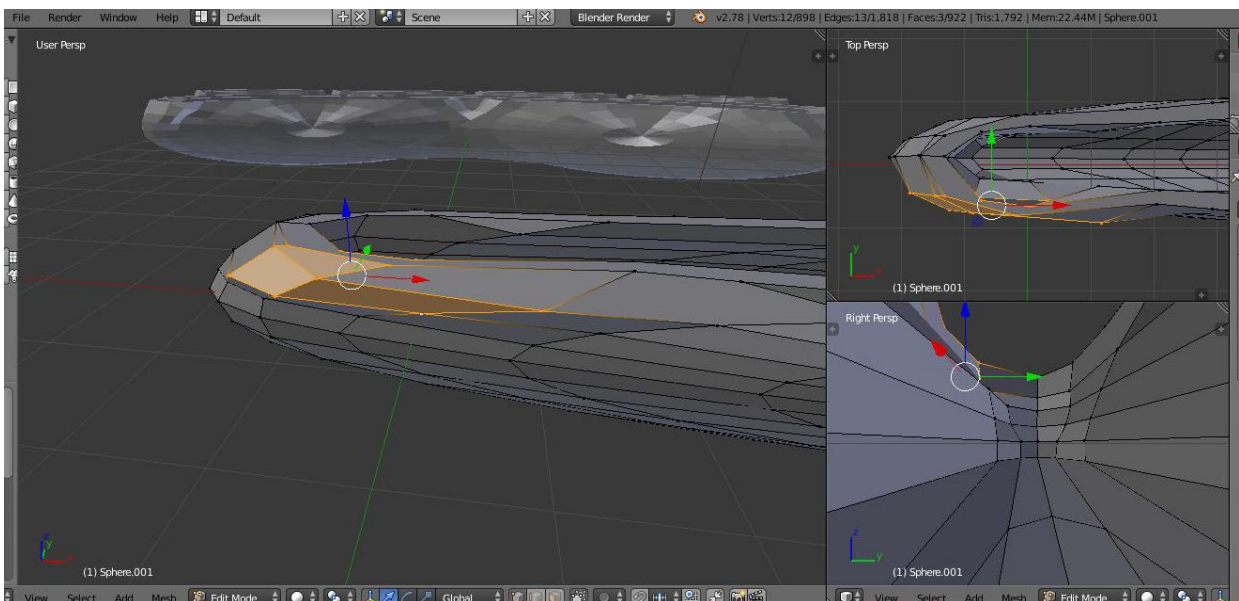


Figura 11. Anchamiento de la zona superior de la parte frontal de un costado.

Después, se ancha la parte trasera de los costados, seleccionando unos pocos vértices de la parte superior de un costado, y se arrastran hacia afuera en el eje Y. En este caso, no se selecciona la superficie interna.

Para realizar el estrechamiento, se seleccionan algunos vértices de la zona superior de la zona central y se arrastran hacia adentro.

Cuando ya se han hecho los costados un poco más anchos y el centro más estrecho, se realiza una duplicación del saco para aprovechar esa copia en el quinto saco y se guarda la copia para más tarde.

Llevar la curva guardada al centro, hacerla un poco más curva, y aplicar el modifier Curve al cuarto saco.

Después, conservar la curva bezier para el quinto saco.

Para el quinto saco, trasladar el saco que se había duplicado anteriormente a partir del cuarto y hacer más ancho los costados y más estrecha la parte del centro. Entonces, duplicarlo para guardarlo para el sexto saco.

Hacer la curva bezier ligeramente más curva y aplicar al saco el modifier Curve.

Para el sexto saco, realizar el mismo procedimiento que en el quinto saco. Sólo varía el hecho de que el saco se tiene que duplicar una vez que se le ha aplicado el modifier Curve. Después se pega esta copia en el archivo Cara Trans.

Por último, modelar las vesículas como en la parte de Cara Cis, y copiar y pegar, de vez en cuando, algunas vesículas en el archivo Cara Trans.

## **Cara Trans**

Para esta parte, duplicar la copia que ya se había hecho al sexto saco una vez más (para obtener dos sacos).

Como último paso en esta parte, modelar las vesículas que ya se habían pegado y se les da otra forma.

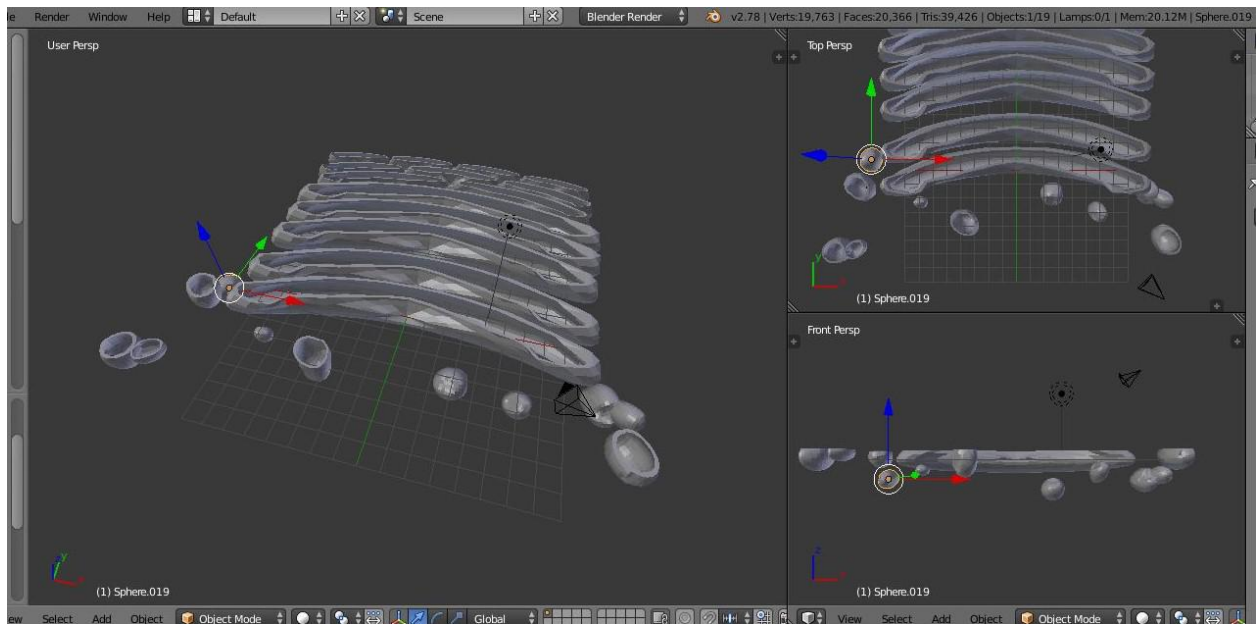


Figura 12. Duplicación de séptimo saco, curvado en el plano vertical, y realización de vesículas de la Cara Trans 8 (con sacos de Cara Cis y Parte media, de referencia, en la parte delantera).

## 4ª fase: integración de cada parte en un mismo archivo

Finalmente, para acabar de realizar el orgánulo, se crea un nuevo archivo blender y, habiendo copiado los sacos y las vesículas del archivo Cara Cis, se pegan en este archivo y se sitúan en su lugar correspondiente. Realizar lo mismo con los archivos Parte media y Cara Trans.

Una vez que están todas las filas de sacos y vesículas colocados, alargar los sacos en el eje Z (seleccionándolos todos en Modo Objeto) hasta obtener la medida 1800 aproximadamente, para darles la altura a todos los sacos.

Después, situar todas las vesículas seccionadas a la altura del tope de los sacos.

Colocar la cámara desde un punto de vista que abarque todos los sacos y vesículas, situar las lámparas, aplicar el modifier Smooth a cada objeto tres veces y hacer un renderizado.

Para realizar el renderizado desde varios puntos de vista, colocar las lámparas en los lugares que se quiera iluminar para destacar las zonas que sea necesario destacar.

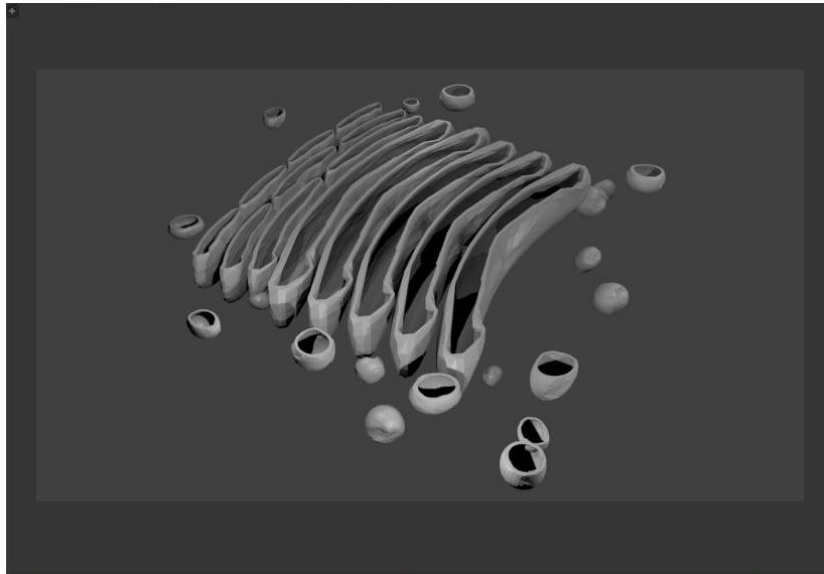


Figura 13. Renderizado desde zona lateral.

## 4.2.2. Proceso de elaboración de Ribosomas

Este proceso lo he dividido en cuatro fases: Modelado de Subunidad pequeña, Modelado de ARN, Modelado de Subunidad grande y Colocación de parejas de subunidades a lo largo del ARN.

Algo importante que he de decir antes de comentar los pasos que he seguido en la elaboración de este orgánulo es que tanto la subunidad grande como la pequeña las he hecho a partir del M. Objeto, utilizando el modifier Multiresolution, pero de una manera distinta: no he aplicado este modificador hasta que he llegado al final del modelado. Lo he hecho así, sobre todo, porque me parecía una forma de simplificar el modelado a la hora de estrechar o alargar algunas partes concretas en la que tenía que utilizar el M. Edición.

En la herramienta del modificador Multiresolution (desde el Header de Propiedades, a la derecha), en el apartado Preview (previsualización) no aparece el número de subdivisiones, debido a que las apliqué al final.

En el único modo en el que se pueden trasladar los elementos es en el M. Objeto.

### 1ª fase: Modelado de la Subunidad pequeña

En M. Objeto, añadir un cubo y hacer una sustracción de su cuadrante izquierdo superior y del cuadrante derecho inferior con un cubo más grande.

De esta forma, al pasar al Modo Sculpt, se obtendrá una forma parecida a un cacahuete.

Empezar a modelar, yendo de las partes más grandes a las pequeñas, gradualmente. Con la herramienta Brush (en el Header izquierdo, Tools) en la opción Flatten, aplanar algunas zonas de la parte superior y de la inferior que presenten formas geometrizadas, sobre todo en los lados izquierdo y derecho.

Se ha de intentar que la parte trasera vaya quedando más aplanada que la delantera, utilizando como herramienta principal Flatten y, a veces, Deflate.



Utilizar el brush Deflate en algunas zonas de arriba y abajo.

Después de estos pasos, duplicar la figura y escalar la copia (S), dándole un cuarto más del volumen de la primera figura.

Trasladar muy lejos la copia (como precaución para que los toques del pincel no le afecten).

En M. Sculpt, aplicar el brush con un radio grande, cuatro veces en la parte frontal y cuatro veces en la parte trasera.

Girar la figura 14° a la izquierda.

Luego, aplicar Deflate con Autosmooth por la zona del centro para suavizar las aristas que se forman por el estrechamiento con el pincel Flatten en el paso anterior.

Después, volver a utilizar el brush Deflate con Autosmooth para hacer la zona central más cóncava aún, aplicándolo en la parte frontal y trasera (teniendo en cuenta que la parte central trasera no debe quedar tan cóncava como la delantera).

Usar la herramienta Smooth y dar toques en la parte superior e inferior de la parte trasera, para dejarla ligeramente redondeada y más regular, y en la parte central delantera, de forma suave.

Aplicar el brush Pinch en la zona central delantera, donde la retícula de la malla se queda más abierta para volverla regular.

Emplear el brush Smooth en la zona inferior de la parte frontal para homogeneizarla.

Dar unos toques con Flatten en la zona superior e inferior de la parte trasera y en la zona superior de la parte delantera, insistiendo más en la parte trasera que la delantera.

Dar más volumen a la parte superior, aplicando primero Inflate en la zona superior derecha de la parte frontal, luego en la zona superior izquierda y posteriormente, usar Blob en la zona superior de la parte delantera e insistir en la zona izquierda y central de esta parte.

Cuando la zona superior delantera sea más notable, proceder a sacar el otro bulto de la parte superior desde el lado izquierdo. Para ello, empezar con Blob para obtener el bulto de forma destacada.

Al mismo tiempo, emplear Pinch en algunos puntos del nuevo bulto donde queden partes con imperfecciones notables.

Luego, aplicar Blob en la zona de donde surge el nuevo bulto para que el pliegue entre los dos bultos no destaque mucho.

Volver a utilizar Pinch para quitar las irregularidades de la malla por la parte inferior del bulto.

Utilizar Inflate para realzar las partes del bulto que queden un poco hundidas, después dar unas pinceladas con Pinch para la zona inferior del bulto, y utilizar Crease ligeramente en la zona superior (casi desde vista Top) entre bulto y figura.

Luego, utilizar Smooth de forma general en el bulto.

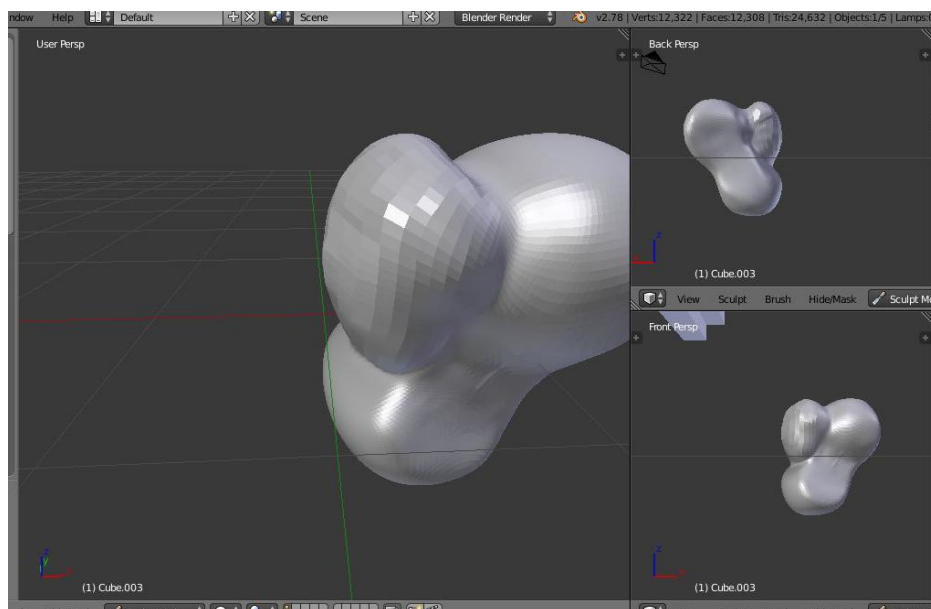


Figura 14. Adelgazo zona inferior de bulto y le doy unidad con Smooth.\*Ventana superior derecha: vista trasera; ventana inferior derecha: vista delantera.

En la parte posterior del bulto sacar una pequeña protuberancia que acaba en un gancho , propio de esta subunidad, empleando primero Blob y luego, utilizar Snake Hook para sacar el extremo ganchudo. Para acabar de hacer la forma arponada, aplicar Grab y tiro un poco desde atrás.

Usar de forma muy suave Deflate en la parte posterior del bulto y Flatten. Después, Pinch para cerrar más la retícula.

## **2ª fase: Modelado del ARN**

Para el modelado del ARN, en primer lugar, crear la estructura tubular de este con un copiado y pegado de cubos, después, realizar el modelado ondulado de este a lo largo del eje X y, por último, aplicar el modifier Curve para curvarlo un poco en el plano vertical.

Antes de empezar, realizar toda la primera parte desde el M. Edición.

Añadir un Cubo, colocarlo a la izquierda, seleccionar los vértices del lado derecho(con SHIFT + clic en cada vértice de este lado) y lo extruyo. Luego, seleccionar todos los vértices del cubo(con A) , copiarlo, pegarlo, colocarlos de forma que se intersecten y unir los dos cubos.

Después continuar de la misma forma: los dos cubos alargados que uní (los cubos unidos), alargarlos primero un poco por un lado, luego seleccionar ese lado , copiarlo, pegarlo , y unir la copia con la anterior. Siempre siguiendo este mismo procedimiento.

Cada dos veces que se haga este procedimiento, escalar para disminuir su tamaño, y seguir como antes.

Realizar estos pasos hasta obtener un fino tubo (todas las aristas, menos las que han sido alargadas, tienen que medir una centésima parte de las aristas de el cubo que aparece en el programa por defecto) que esté compuesto por 48 cubos (alargados) aproximadamente.

Al ser un tubo compuesto por uniones de otros hay algunos grupos de cuatro vértices que aparecen repetidos y que no quedan bien ensamblados. Por este motivo, hay que eliminar algunos de esos vértices y aristas e ir uniendo los vértices repetidos que no se eliminen, con los del lado contiguo (figura 15).

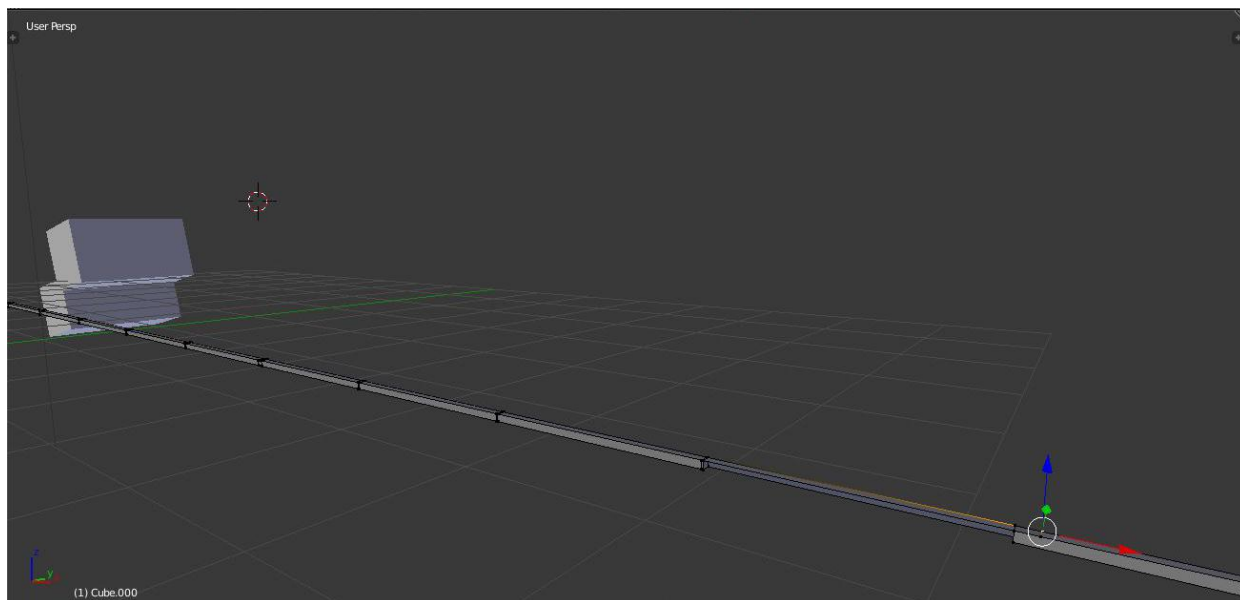


Figura 15. Eliminación de grupos de vértices mal ensamblados.

Cuando se realice esa unión de los vértices que quedan bien con los otros del lado contiguo, aparecen más caras y se va completando cada cubo estirado.

Una vez hecho esto, duplicar el tubo, quitar una pequeña parte y unirla al original. Posteriormente, en M. Edición modelar este tubo con una forma ondulada a lo largo del eje X, de forma vertical, moviendo los grupos de cuatro vértices en el plano vertical.

Como último paso dentro de la parte del ARN, curvar en el plano vertical la forma tubular, utilizando la curva bezier y el modifier Curve.

En M. Objeto, añadir una curva bezier, modelarla dándole forma de curva en el plano horizontal.

Para que esa curvatura se aplique a la forma del ARN, coloca el ARN encima de la curva y luego, en el header de Propiedades clicar en "Modifier"(icono de la llave inglesa) y luego, seleccionar el modifier Curve.

Después, cuando se haya colocado mejor el ARN encima de la curva bezier y quede con la forma curva apropiada, clicar en "Apply".

### **3ª fase: Modelado de la Subunidad grande**

Para colocar la subunidad grande en una posición correcta con respecto a la subunidad pequeña, primero girar 37° a la izquierda en el eje X, y luego 90° en el eje Z.

Aplicar Flatten , desde vista frontal, en los lados izquierdo y derecho de la zona superior. Luego utilizar Flatten por los lados de la zona cercana al centro.

Dar unos toques por la parte de abajo.

Después, hacer una copia en M. Objeto para utilizar la copia para una sustracción.

En la figura original (M. Edición) seleccionar todos los vértices menos los seis de abajo, y con el Transform manipulator estrechar un poco la zona seleccionada. Luego, seleccionar los dos vértice de arriba y estrechar un poco más.

Girar la copia sin modificar 26° hacia adelante en eje X y con ella, hacer una sustracción en la arista trasera de la parte superior con Boolean. Eliminar la copia que utilicé para la sustracción.

Debido a que las subunidades deben tener formas que encajen , inclinar la subunidad grande un poco hacia la derecha aplanando la parte superior izquierda.

Utilizar Flatten y dar unos toques por su lado superior izquierdo.

Al igual que la parte trasera de la subunidad pequeña, la parte trasera de la subunidad grande es un poco más plana que la delantera. Primero, aplicar Flatten de forma general en la parte superior , después definir la parte de los lados de la zona superior y luego, aplicar en la parte más alta.

Usar Smooth en algunas zonas angulosas. Primero, aplicar por el lado derecho de la parte trasera y por zona inferior también.

Luego, dar varios trazos en la parte delantera, tanto en la parte más alta como en la más cercana a la parte media.

Utilizar Flatten con una intensidad menor.

Las subunidades grandes suelen presentar un cavidad o hueco que las recorren de forma vertical, en la cara que encaja con la subunidad pequeña.

Para esto utilizar Deflate, empezando desde arriba, por el eje central y después repasar por las zonas contiguas a ese eje central. Luego, usar Deflate por la zona de la parte media, dando toques por eje central y después, trazos verticales por la zona contigua izquierda.

Para que la incisión que he realizado en el hueco no quede muy pronunciada dar Blob en modo sustractivo en todas las zonas de la parte frontal sin insistir mucho en la parte media.

La parte central de la subunidad grande no debe ser tan hundida como la de la subunidad pequeña. Por eso, hay que aplicar Fill ligeramente en esta zona, a los lados del hueco. Luego, volver a aplicar un poco más arriba.

Para que la incisión tenga una disposición hacia la derecha, puesto que la subunidad está inclinada hacia ese mismo lado, volver a aplicar Deflate en el borde derecho del hueco de la zona superior.

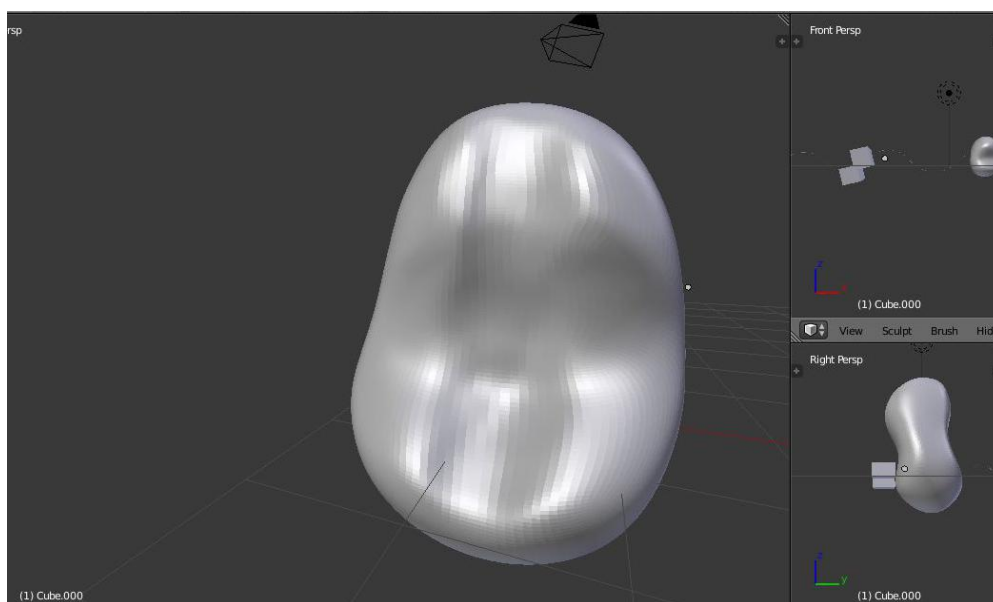


Figura 16. Repaso de la cavidad central con Deflate.

Aplicar con Deflate en la zona inferior de la subunidad para continuar la incisión hacia la parte inferior de forma suave.

## 4ª fase: Colocación de las subunidades a lo largo del ARN

Colocar la pareja de subunidades de forma horizontal (seleccionando las dos a la vez), girando  $90^\circ$  en el eje X y  $90^\circ$  en el eje Z.

Luego se multiplicará esta pareja cinco veces para disponer las parejas a lo largo del ARN, y se colocará una pareja al inicio del ARN de forma separada.

Pero antes de hacerlo, duplicar la pareja original que he girado y llevarla al centro, apartando un poco el resto de elementos. Esta será la pareja de subunidades separadas.

Hay que disponerlas de una forma determinada : la distancia que tiene que haber entre ellas es de tres cuadrados (de la retícula).

En la subunidad grande, realizar un giro de  $20^\circ$  hacia la izquierda en el eje Y desde su parte superior, y otro giro de  $25^\circ$  desde dentro hacia delante en el eje X; en la subunidad pequeña, hacer un giro de  $9^\circ$  desde dentro hacia delante en eje X. Cuando ya estén situadas, unir las con Ctrl+J.

Después, unir las subunidades de la pareja original y las duplicarlas cinco veces. Seleccionar todas las subunidades y hacer una pequeña reducción de tamaño.

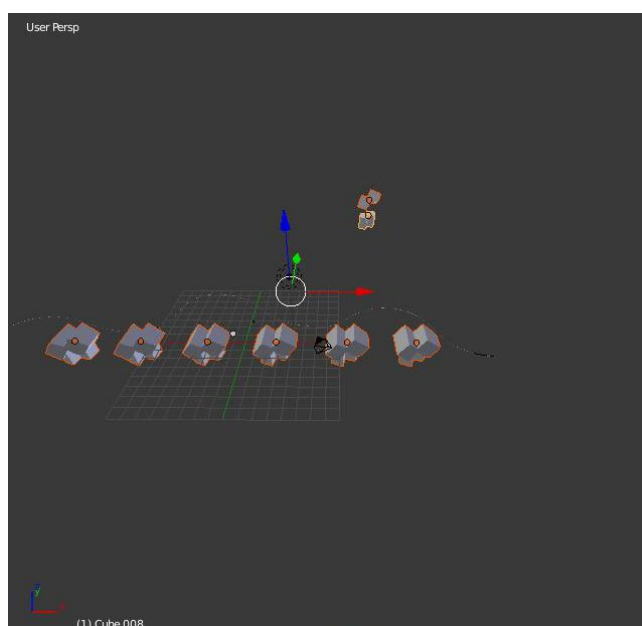


Figura 17. Reducción de tamaño de subunidades.

Colocar cada pareja a lo largo del ARN con Transform manipulator con la opción Rotate (R), dejando un espacio en la parte izquierda del ARN para, en el último paso colocar la pareja separada.

Cuando cada pareja esté dispuesta en el ARN, aplicar el modifier Smooth a cada una dos veces.

Una vez que las subunidades estén hechas, orientadas y suavizadas con el modifier Smooth, ir al modifier Multiresolution (M. Objeto) y dar en Apply.

Colocar la cámara desde un punto de vista que abarque todos los ribosomas, situar las lámparas y hacer un renderizado.

Para realizar el renderizado desde varios puntos de vista, colocar las lámparas en los lugares que se quiera iluminar para destacar las zonas que sea necesario destacar.



## **5. Relación con el currículum de 3º de la E.S.O.**

El trabajo está elaborado para poder ser incluido en una unidad didáctica de 3º de ESO en la asignatura Educación Plástica, Visual y Audiovisual, puesto que se desarrollan contenidos propios de la asignatura y competencias de secundaria. Para ello se deberá realizar pequeñas adaptaciones en función de la programación anual de la asignatura, incidiendo sobre todo en la evaluación del alumnado, pudiendo valorar el dominio de las herramientas y conceptos de la interfaz del software de modelado 3D en el proceso de modelado de cada alumno.

### **5.1. Competencias**

#### **5.1.1. Competencia digital**

La competencia digital se trabaja en este proyecto a través del conocimiento y la comprensión de los controles y herramientas del programa de modelado digital, más que del resultado de los modelos tridimensionales realizados en él. Esto implica que el alumnado asimile las características del método de trabajo del programa, dado que los programas trabajan en función de los diferentes métodos existentes que están en constante evolución a medida que avanza la tecnología.

#### **5.1.2. Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología**

El programa de modelado 3D en sí implica el manejo de medidas (anchura, largo, alto, distancias, diámetro de radio de pincel, etc.) que fomentan una examinación mental o sopesamiento de la equivalencia de dichos datos para trasladarlos al plano volumétrico y formal.

Asimismo, no es de extrañar la presencia de las matemáticas en la asignatura de Educación Plástica, Visual y Audiovisual, puesto que las matemáticas son una constante en la carrera de Bellas Artes (conceptos de proporción, equilibrio, proporción áurea, dinamismo, etc.).

En esta actividad de modelado el alumno va ganando destrezas informáticas, debido a que los controles de este programa y la forma de ejecución de varias herramientas son muy parecidos a los de otros programas de modelado digital y, al mismo tiempo, aumenta su dominio de la interfaz del programa de modelado.

A esta realidad, se suma, en este caso, el hecho de plasmar o representar orgánulos en un programa de modelado digital y, la adquisición en última instancia, de conocimiento sobre la forma de estos orgánulos.

### **5.1.3. Competencia para aprender a aprender**

El hecho de ser una actividad que se desarrolla en gran parte de forma individual, favorece que se adquieran las destrezas que implica esta competencia.

Esto se explica porque el alumno, a la hora de realizar la actividad de modelado (habiéndose cerciorado de la asimilación de las herramientas del programa) está asegurando la adquisición de habilidades para llevar a cabo una estrategia determinada que puede tener cabida en su proceso de aprendizaje, ya que el proceso de modelado en esta actividad no sólo se ciñe a las pautas de realización aportadas en este proyecto sino a las posibles vías o soluciones que los alumnos puedan aportar por su experiencia.

De esta manera, el alumno sigue unos pasos determinados que pueden ser transformados por puntuales aportaciones propias y no sólo garantiza la obtención de dichos conocimientos, sino la toma de conciencia de los pasos ejecutados en su propio proceso de aprendizaje.

## **5.2. Contenidos**

### **BLOQUE DE APRENDIZAJE II: COMUNICACIÓN AUDIOVISUAL**

1. Interpretación de los elementos del lenguaje multimedia.
2. Utilización de programas informáticos de edición de imágenes.
3. Creación de modelados digitales utilizando diferentes recursos visuales.
4. Valoración de las tecnologías digitales en la producción de mensajes visuales y audiovisuales.

## **5.3. Evaluación**

La evaluación mide los resultados obtenidos por medio de la valoración del grado de asimilación de los objetivos y las competencias en la actividad.

A partir de unos criterios que han sido anteriormente convenidos, se realiza una evaluación de la medida en que se desarrollan dichos objetivos y competencias.

### **5.3.1. Criterios de evaluación**

1. Explotación de las posibilidades que ofrecen las diferentes herramientas.
2. Realizar el modelado digital siendo consciente de su tridimensionalidad.
3. Adoptar actitudes que favorezcan el interés por el mundo audiovisual

## **5.4. Atención a la diversidad**

Esta actividad integra este proyecto, que se fundamenta en estrategias que atienden a la diversidad en el aula. A continuación, se detalla cómo se adapta en su estructura.

### **5.4.1. Objetivos**

Los objetivos se orientan tanto en la realización de las pautas aportadas para el modelado como en la adquisición de una serie de capacidades basadas en la propia experiencia del alumnado con el software de modelado, sin dar tanta importancia al resultado como al proceso seguido, las destrezas desarrolladas en cada paso y, sobre todo el esfuerzo.

Respecto a alumnado con deficiencia visual que sea inviable realizar un modelado 3D los objetivos se adecúan a otra forma de realización del modelado. Esta se llevaría cabo mediante un material, pudiendo plantear, a través de softwares informáticos, otras alternativas en la metodología para que pueda convertirlo en un objeto 3D.

## **5.4.2. Metodología**

Aunque en esta actividad se aplica un proceso de aprendizaje individual (en la que se desarrolla la competencia Aprender por aprender), bien es cierto que el alumno puede aportar otras soluciones formales, partiendo de su experiencia previa con el programa. En caso de alumnos con una discapacidad visual que le impida realizar un modelado digital se emplearían otra alternativa que le permitiría realizar el taller en un material que posteriormente se digitalice (mediante escaneado). De esta manera, trabajaría con una metodología muy parecida a la del software de modelado, con adiciones, sustracciones, deformaciones, etc.

## **5.4.3. Actividades**

La ejecución de las actividades está muy ligada a la capacidad de visualización en tres dimensiones del alumnado, pero ello no impide, en absoluto, el hecho de que el alumno pueda avanzar aportando soluciones creativas y, más que nada, con una valoración significativa por parte del profesor de su esfuerzo.

En caso de alumnado con deficiencia visual, se realizará el modelado esculpiendo un material como plastilina o barro, cuyo procedimiento sea similar a los llevados a cabo en los programas de modelado contemplados en este proyecto. Una vez modelado, se digitalizaría mediante la aplicación 123D Catch, cuyas características se detallan a continuación. Es necesaria la intervención del profesor para la realización del escaneado mediante 123D Catch.

Aplicación 123D Catch.

Compañía: Autodesk.

Plataforma: móvil y PC.

Web: <http://www.123dapp.com/catch>.

## 6. Conclusión

Hay resultados que permiten concluir que este tipo de actividades en las que se incorporan las TIC, mejoran la motivación de los alumnos en las aulas (Huertas, A. y Pantoja, A. ; 2016); ( Dubowski, S., 2016); (Reguillo, J., 2016).

Las actividades culturales principales de los jóvenes se orientan hacia dos destinos, la tecnología y el ocio. De esta forma, la mayor parte de sus intereses estará íntimamente relacionada con las empresas y multinacionales que lo producen.

Con respecto a la producción audiovisual de la mayoría de los jóvenes, los estadios iniciales y los momentos más avanzados en su proceso de aprendizaje se materializan en el entorno de las amistades, llevando a cabo un aprendizaje colaborativo sin ser conscientes de ello realmente y dejando a un lado lo que aprenden en el ámbito educativo.

Por este motivo, el plantear esta actividad de modelado digital puede suponer un ejercicio innovador para el alumnado, al estar íntimamente relacionada con el tipo de herramientas digitales de las que se suelen servir en sus creaciones artísticas.

Asimismo, los procesos de modelado orgánico 3D permiten obtener resultados difíciles de conseguir por otras vías sin la experiencia adecuada, además de ofrecer inmediatez, lo que hace que esta herramienta se convierta en un instrumento motivador.

Se presupone en este proyecto que al introducir las TIC, se produzca un incremento en la motivación de los alumnos, y que el hecho de mezclar dos disciplinas pueda contribuir a dar una nueva perspectiva a los contenidos que se pretende desarrollar en cada materia, lo que podría producir una mayor rendimiento.

La actividad que se propone con el programa de modelado 3D es innovadora y de cara a otros trabajos que los alumnos tengan que acometer en el futuro, puede ser una herramienta enriquecedora. El modelado digital da la posibilidad al alumno de resolver los problemas por sí sólo, lo que aumenta su grado de aprendizaje. A medida que el alumno va avanzando en el conocimiento de la interfaz del programa, adquirirá mayor soltura, al resolver los distintos ejercicios.

## 7. Bibliografía

### Trabajos de Fin de Grado, Tesis, Informes en pdf, Libros, E-books.

- Cañizares, M. (2005), "Una experiencia de utilización de simulación informática en la educación secundaria", *Educatio Siglo XXI*, 23: 141-170.
- Carretero Gómez, M<sup>a</sup> Begoña. (2010). "Nuestro centro como espacio divulgador de ciencia". *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* , 7 (1) ,127-136. Recuperado de:  
<file:///C:/Users/María/Downloads/2632-10082-1-PB.pdf>
- Casals Ibáñez, A; Carrillo Aguilera, Carmen; González Martín,C. (2014). "La música también cuenta: combinando matemáticas y música en el aula". *Revista electrónica de LEEME (Lista Electrónica Europea de Música en la Educación)*, 34 .  
Recuperado de:  
<file:///C:/Users/María/Downloads/combinacion%20de%20matematicas%20y%20musica.pdf>
- Dubowski, Stefan. (2016). "Taking tech to the next level". *Professionally speaking: The magazine of the Ontario College of teachers*, pp. 37-38. Recuperado de :  
[http://professionallyspeaking.oct.ca/December\\_2016/ENG\\_PS04\\_2016.pdf](http://professionallyspeaking.oct.ca/December_2016/ENG_PS04_2016.pdf)
- Educación plástica, visual y audiovisual: en Gobierno de Canarias. Consejería de Educación y Universidades  
[http://www.gobiernodecanarias.org/opencvmsweb/export/sites/educacion/web/\\_galerias/descargas/bachillerato/curriculo/borrador\\_nuevo\\_curriculo/nuevas\\_julio\\_2015/especificas/4\\_5\\_ed\\_plastica\\_visual\\_audiovisual.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/opencvmsweb/export/sites/educacion/web/_galerias/descargas/bachillerato/curriculo/borrador_nuevo_curriculo/nuevas_julio_2015/especificas/4_5_ed_plastica_visual_audiovisual.pdf) (Consultado el 1 de Agosto de 2017)
- Encuesta de Población Activa (EPA). (2016). Instituto Nacional de Estadística (INE). Recuperado de: <http://www.ine.es/daco/daco42/daco4211/epa0416.pdf>
- Gómez-crespo, M. (1994), "Influencia de la enseñanza asistida por ordenador en el rendimiento y las ideas de los alumnos en electricidad", *Enseñanza de las Ciencias*, 12:

355-360. Recuperado de:

<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21375/93331>

- Huertas, A. y Pantoja, A. (2016). Efectos de un programa educativo basado en el uso de las TIC sobre el rendimiento académico y la motivación del alumnado en la asignatura de Tecnología de educación secundaria. *Educación XX1*, 19(2), 229-250. Recuperado de: <http://revistas.uned.es/index.php/educacionXX1/article/view/16464/14159>
- Jimeno, Antonio; Ballesteros, Manuel; Ugedo, Luis; Madrid, Miguel Ángel. (2009). *Biología, 2º de bachillerato*. China: Santillana.
- Lombardo Pérez, J.(2015). *Motivación en las aulas de tecnología de E.S.O., a través de las TIC como herramienta de elaboración de proyectos con inclusión de técnicas de gamificación* (Trabajo de Fin de Máster). Universidad politécnica de Madrid. España. Recuperado de:  
[http://oa.upm.es/43798/1/TFM\\_Jessica\\_Lombardo\\_Perez.pdf](http://oa.upm.es/43798/1/TFM_Jessica_Lombardo_Perez.pdf)
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Gobierno de España. (2012). Resultados de España en PISA 2012. Recuperado de:  
<https://www.mecd.gob.es/prensa-mecd/dms/mecd/prensa-mecd/actualidad/2013/12/20131203-pisa/pisa-2012.pdf>
- Natividad Vivó, P; Calvo López, J; García Baño, R; Sanz Alarcón, J.P. (2011). *Nuevas tecnologías visuales aplicadas a la docencia de la geometría descriptiva* (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena. Recuperado de:  
<http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/2187/c143.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- NMC Horizon Report. (2016). 2016 Higher Education Edition. Recuperado de:  
<http://cdn.nmc.org/media/2016-nmc-horizon-report-he-EN.pdf>
- Muñoz Gutiérrez, Ramón. (2017). *Seis canastas para innovar: El método revolucionario que pondrá la innovación al alcance de todos*. Ciudad de México, MC: Penguin Random House Grupo Editorial. Recuperado de:

<https://books.google.es/books?id=Q80dDgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

- Ortiz Sanz, Juan; Gil Docampo, Mariluz; Meijide Cameselle, Gonzalo; Martínez Rodríguez, Santiago; Rego Sanmartín, M<sup>a</sup> Teresa. (2011). "Modelado 3D de una estación completa de petroglifos mediante scáner fotogramétrico de bajo coste: Pena de Chaos (Antas de Ulla, Lugo)". *Férvedez. Revista de investigación del Museo de Prehistoria y arqueología de Vilalba*, 7, 115-120. Recuperado de: [http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/32767528/modelado3DPanaChaos.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1498913637&Signature=WCAAvtHYhXcylB6nrO4Aot403mc%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DModelado\\_3D\\_de\\_una\\_estacion\\_completa\\_de.pdf](http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/32767528/modelado3DPanaChaos.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1498913637&Signature=WCAAvtHYhXcylB6nrO4Aot403mc%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DModelado_3D_de_una_estacion_completa_de.pdf)
- Ramón, Hugo; Russo, Claudia Cecilia; Sarobe, Mónica; Alonso, Nicolás; Esnaola, Leonardo; Ahmad, Tamara; Padovani, Franco. (2014). "El uso de los Entornos Virtuales 3D como una herramienta innovadora en propuestas educativas mediadas con tecnología". *Revista del Instituto de Investigación y Transferencia en Tecnología (ITT), Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (UNNOBA)*, pp. 72-80. Recuperado de: [http://163.10.34.134/bitstream/handle/10915/36009/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://163.10.34.134/bitstream/handle/10915/36009/Documento_completo.pdf?sequence=1)
- Reguillo Mateos, J. (2016). *El Tetris, el Pac-man, el Ajedrez y los recursos multimedia como metodología para mejorar la motivación* (Trabajo de Fin de Máster). Universidad politécnica de Madrid. España. Recuperado de: [file:///C:/Users/María/Downloads/TFM\\_Jaime\\_Reguillo\\_Mateos.pdf](file:///C:/Users/María/Downloads/TFM_Jaime_Reguillo_Mateos.pdf)
- Ruiznavarro Izquierdo, Carlos. (2016). *Un acercamiento a la emotividad humana como estrategia didáctica para la iniciación al modelado 3D* (Trabajo de Fin de Máster). Universidad de La Laguna. España. Recuperado de: [https://www.dropbox.com/scl/fi/26leqo5zdjy6vxyn7c3qu/Memoria%20del%20Trabajo%20Fin%20de%20Master\\_Carlos%20Ruiznavarro.pdf?dl=0&oref=e&r=AAbJErNpPsbYGFMZT\\_vGE\\_m8gPP7AD7VfZ7vMudbYDdc9LI3zEG74gA04ZLZ8mGV1Okcse1IY--aomz](https://www.dropbox.com/scl/fi/26leqo5zdjy6vxyn7c3qu/Memoria%20del%20Trabajo%20Fin%20de%20Master_Carlos%20Ruiznavarro.pdf?dl=0&oref=e&r=AAbJErNpPsbYGFMZT_vGE_m8gPP7AD7VfZ7vMudbYDdc9LI3zEG74gA04ZLZ8mGV1Okcse1IY--aomz)



Hw4bWDJW9L0XI6ySE1Xj5r9IAOdrwJN-uVrfJuRcLRcrXIQSdZQifJVUSy0rgPY5BzD3-RKqX-2yaYxHLrGwr6\_4SeiZPdg&sm=1

- Sánchez Cabiellas, P. (2014). *TIC y didáctica de la geografía: El papel del SIG en la educación secundaria* (Trabajo de Fin de Máster). Universidad de Cantabria. España. Recuperado de:  
<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/4912/SanchezCabiellasPablo.pdf?sequence=1>

## Páginas web, videos

- Abandono temprano de la educación-formación. *Instituto Nacional de Estadística (INE)*. Recuperado de:  
[http://www.ine.es/ss/Satellite?L=es\\_ES&c=INESeccion\\_C&cid=1259925480602&p=1254735110672&pagename=ProductosYServicios%2FPYSLayout](http://www.ine.es/ss/Satellite?L=es_ES&c=INESeccion_C&cid=1259925480602&p=1254735110672&pagename=ProductosYServicios%2FPYSLayout)
- Blendermexico. (7, Febrero, 2012). Blender 2.6 modificador curva/boltfactory. [Archivo de video]. Recuperado de: [https://www.youtube.com/watch?v=82sEr3eXi\\_Q](https://www.youtube.com/watch?v=82sEr3eXi_Q)
- CG Studios Blender. (26, Noviembre, 2011). Videotutorial Manejo de Ventanas en Blender 2.7, 2.6 y 2.5. en Español. [Archivo de vídeo]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=eYJVhmxMS5U>
- 5 aplicaciones que ofrece Autodesk para el diseño 3D. *CreAtec3d*. Recuperado de: <https://createc3d.com/5-aplicaciones-que-ofrece-autodesk-para-el-diseno-3d/>
- Colaborador Invitado. (11, Junio, 2013). El genio olvidado de Robert Hooke. *Naukas: ciencia, escepticismo y humor*. Recuperado de:  
<http://naukas.com/2013/06/11/el-genio-olvidado-de-robert-hooke/>
- Dibujar la ciencia. *Asociación con/ciencia*. Recuperado de:  
<https://asociacionconciencia.wordpress.com/tag/ilustracion-cientifica/>

- Editors: 3D View. Introduction. *Blender 2.78 Manual*. Recuperado de: <https://docs.blender.org/manual/en/dev/editors/3dview/introduction.html#header>
- Draw curve. *Blender 2.78 Manual*. Recuperado de: <https://docs.blender.org/manual/ja/dev/modeling/curves/editing/draw.html>
- Gamboa, M. Los comandos básicos de Blender en el teclado. *Audiovisuales y posproducción libre en español*. Recuperado de : <http://videoedicion-libre.blogspot.com.es/2012/08/los-comandos-basicos-de-blender-en-el.html>
- (2015) . La Célula: La unidad de vida. *Fab Lab ULL*. Recuperado de: <http://fablab.webs.ull.es/project/la-celula/>
- Noke. Cómo hacer aparecer y desaparecer un objeto o partes de un objeto de la escena en Blender. España.: *Blenderizad@*. Recuperado de: <https://blender3drecursos.wordpress.com/2013/12/28/como-hacer-aparecer-y-desaparecer-un-objeto-o-partes-de-un-objeto-de-la-escena-en-blender/>
- Rodríguez Martínez, O. (27, Agosto, 2010). Vídeo tutorial español sculpt mode en blender. [Archivo de vídeo]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=1DeFRJnJFQs>
- Toledo, Álvaro. Blender: gran herramienta de modelado y animación. España.: *Uptodown*. Recuperado de: <https://blender.uptodown.com/windows>

## 8. Anexo

### 8.1. Proceso de elaboración del orgánulo Aparato de golgi

Este proceso se divide en tres fases: sustracción de esfera, modelado de saco (a partir de esfera), dotar a cada saco de sus detalles específicos, puesto que con respecto a su forma he clasificado en tres partes el proceso de modelado de los sacos: cara cis, parte del medio\* y cara trans y, por último, finalización del modelado situando cada parte en un mismo archivo.

\*Esta zona la he añadido yo. No he existe tal término en Biología.

#### 1ª fase: Sustracción de esfera

Primero, en Modo Objeto ("Object Mode"), sacar una esfera, duplicarla y apartar la copia (se utilizará después) un poco más lejos.

Realizar una sustracción a la esfera (del tercio de su volumen), a través del modifier Boolean, con un cubo (figura 18).

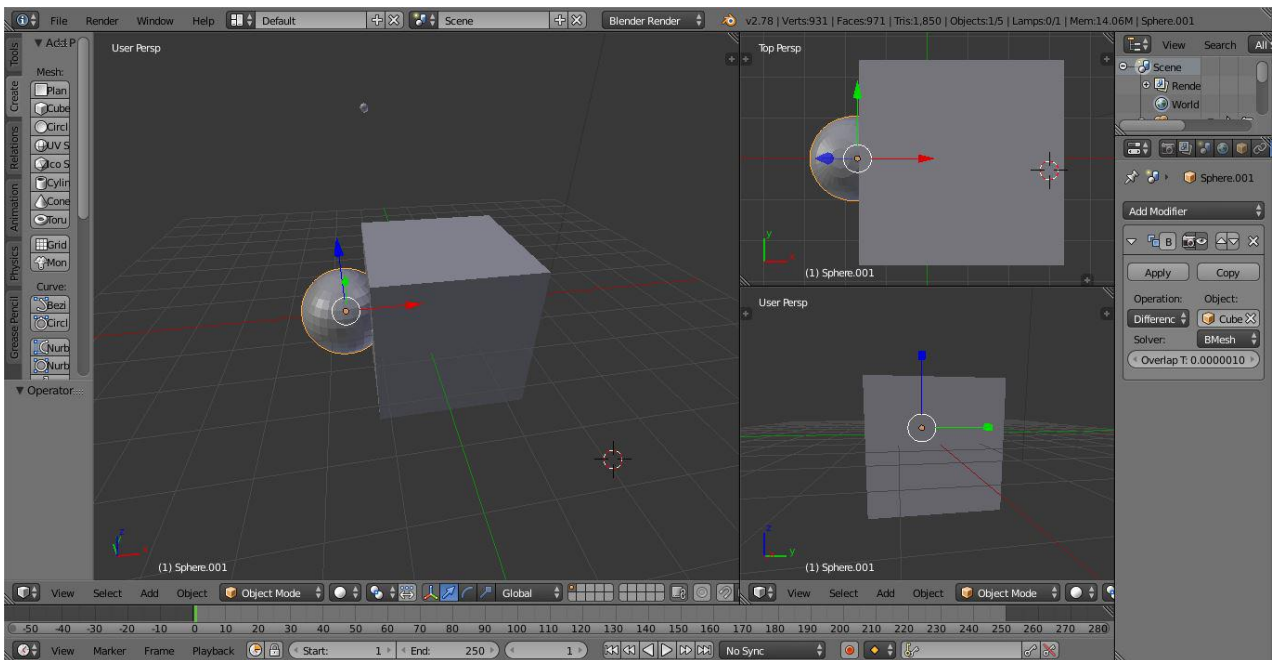


Figura 18.

Traer la esfera que se había retirado al centro para reducir su tamaño con la herramienta Escalar (S). Reducir su tamaño a dos tercios del volumen de la esfera mayor (suponiendo que no estuviera seccionada por una lado).

Para comprobar si el volumen que se ha escalado es correcto, introducir la esfera pequeña dentro de la esfera grande (con el modo "move" del Transform manipulators para trasladarla, clicando en la flecha del eje que corresponda).

De los controles que aparecen en el Header inferior, seleccionar Viewport shading (icono de pequeña esfera blanca) y darle a "Wireframe" que hará que se pueda ver la estructura de los objetos con claridad; si se quiere activar mediante el atajo de teclado, teclear "Z". Volver a teclearla para desactivarlo.

Para ver mucho mejor las proporciones de las dos esferas en cualquiera de las vistas es aconsejable seleccionar los dos objetos a la vez y trasladarlos al punto central de los tres ejes, como aparece en la imagen.

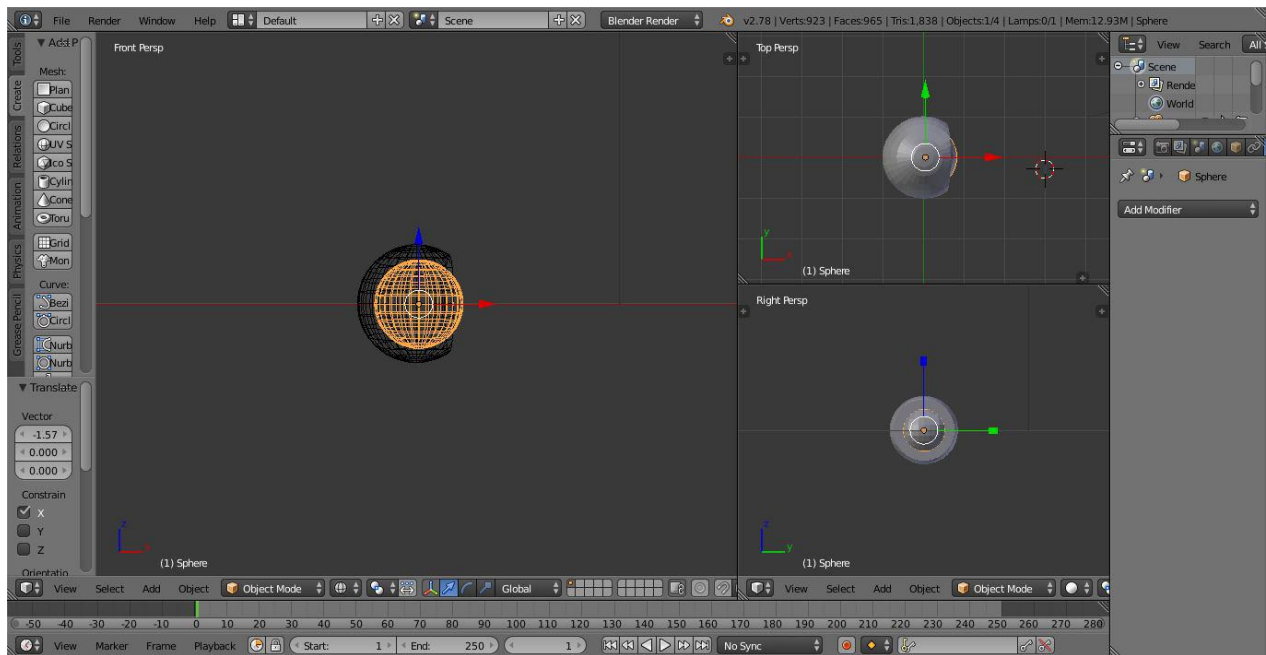


Figura 19. Esfera pequeña situada dentro de esfera grande, la cual está seccionada por un lado.

A veces veía que el tamaño no era el adecuado, por lo que escalé la esfera pequeña hasta obtener el tamaño correcto (se puede hacer el escalado dentro de cualquier objeto).

Posteriormente pasaremos a realizar la sustracción, por lo que para tener una visión normal de los objetos volvemos al control Viewport shading y clicamos en "Solid".

Selecciono el objeto al que se le va a efectuar la sustracción: la esfera más grande.

Habiendo seleccionado la esfera previamente, voy a Modifier Boolean y hago una sustracción.

Una vez realizada la sustracción, seleccionar la esfera pequeña y eliminarla.

Luego, seleccionar la esfera sustraída y aplastarla con la herramienta "Transform manipulator" y la opción Scale.

Girar 90° en el eje z hacia delante(de modo que el lado más largo se encuentre alineado en el eje x), y 90° en el eje x hacia arriba.

## 2ª fase: Modelado de “saco estándar”

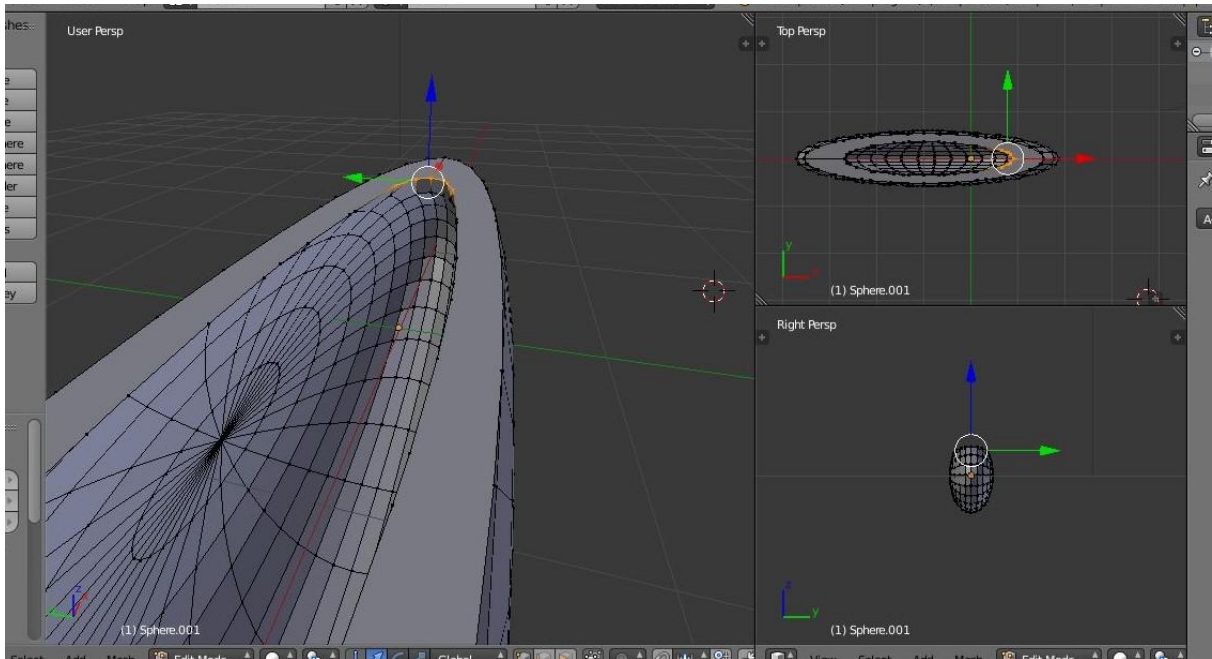


Figura 20.

Después, en la zona de la sección del orgánulo, en Modo Edición, selecciono algunos vértices de un costado (del límite interno) y reduzco el grosor del borde, arrastrando los vértices hacia afuera con la opción “move” de Transform manipulator (figura 20).

Repeto los mismos pasos en el lado contrario.

Escondo un leve abultamiento de la zona justo debajo del borde interno haciendo lo mismo con la herramienta de Transform manipulator. Repeto los mismos pasos en el costado opuesto.

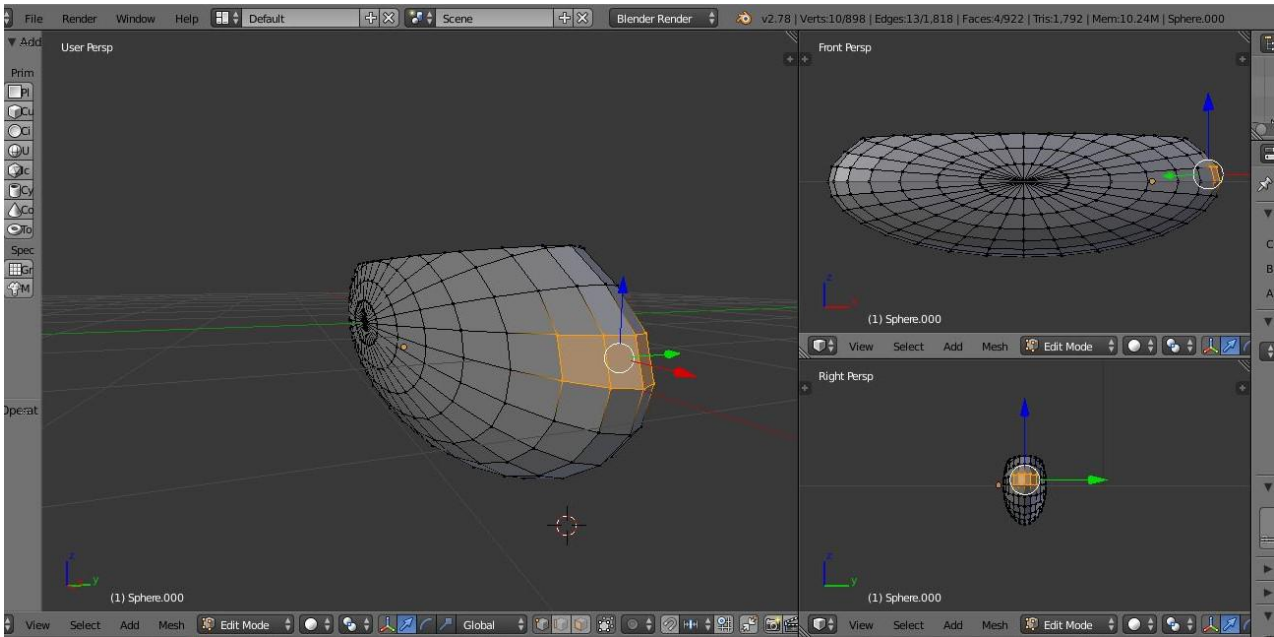


Figura 21.

Luego, reduzco el abombamiento de de la parte lateral (no la sección) de los costados, arrastrando los vértices, paso por paso, hacia dentro. Al mismo tiempo que selecciono los vértices de la malla "externa", también selecciono los de la malla "interna", para que no se crucen (figura 21).

Realizo un estrechamiento de las mayas de la zona frontal y trasera (de modo que el grosor de la parte seccionada se vea más fino). Primero empiezo por la parte frontal (figuras 22 y 22.1.).

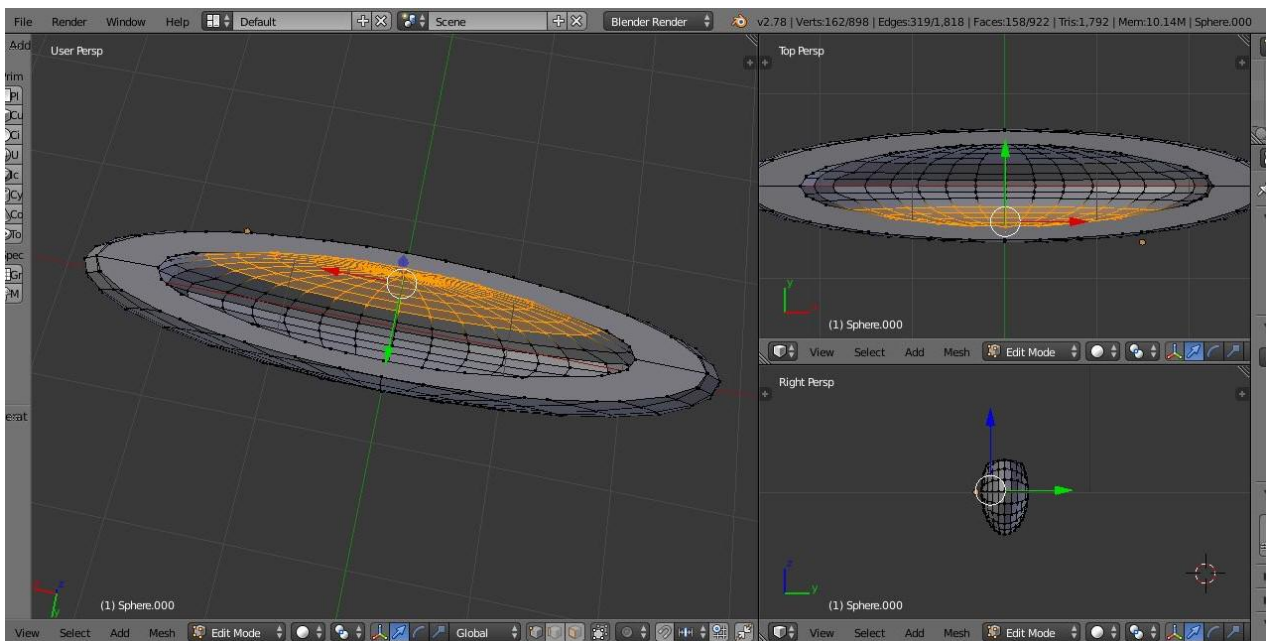


Figura 22. Estrechamiento de la zona de sección en parte frontal, desde malla interna.



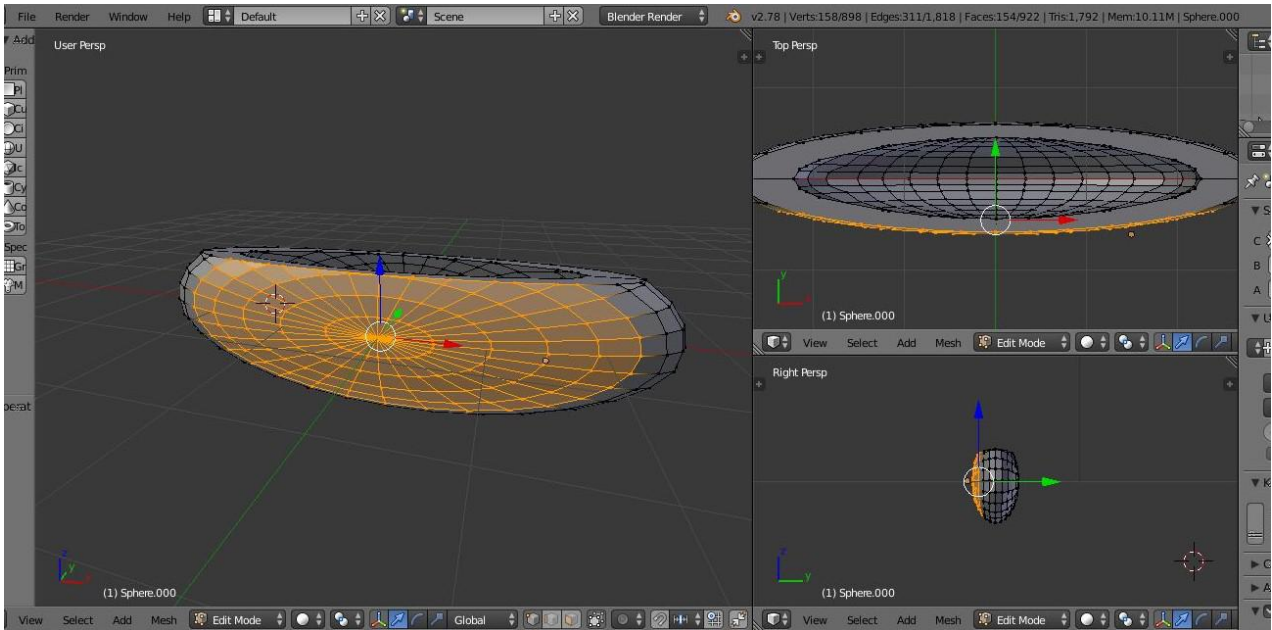


Figura 22.1. Estrechamiento de la zona de sección en parte frontal, desde malla externa.

Después, repetir el mismo procedimiento en la zona de sección de la parte trasera.

Seleccionando la zona de la sección, subir un poco dicha zona con Transform manipulator (figura 23).

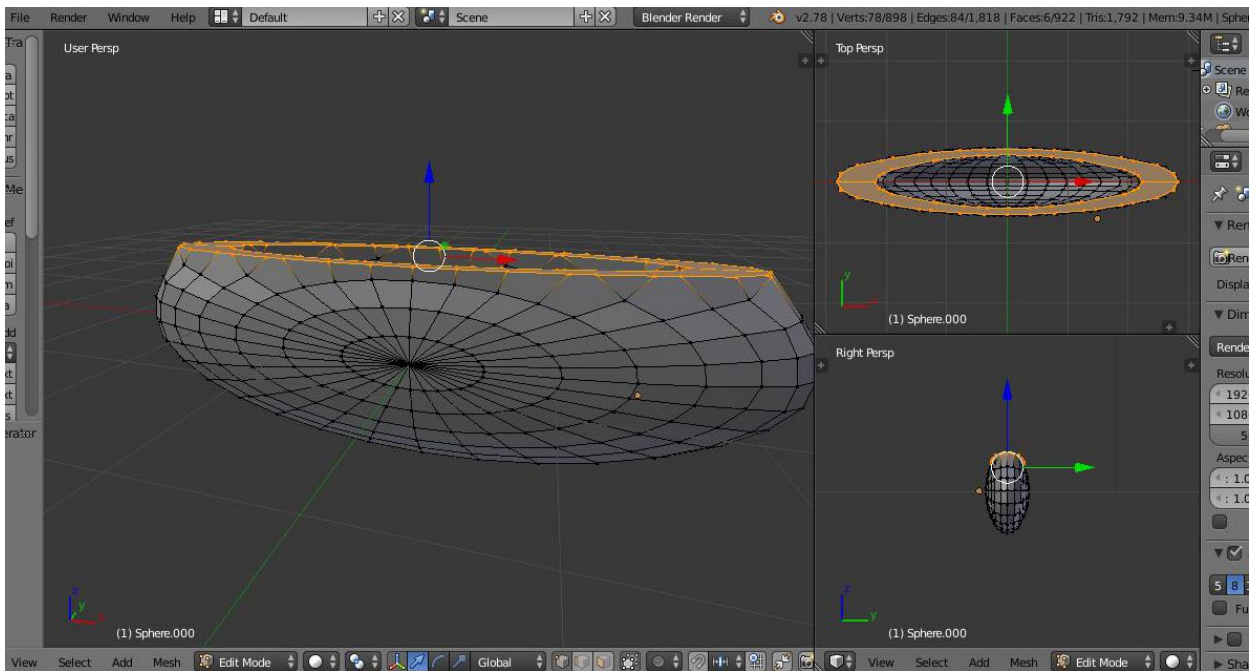


Figura 23. Elevación de zona de sección.

Posteriormente, procedo a aplanar la parte frontal y posterior del saco.

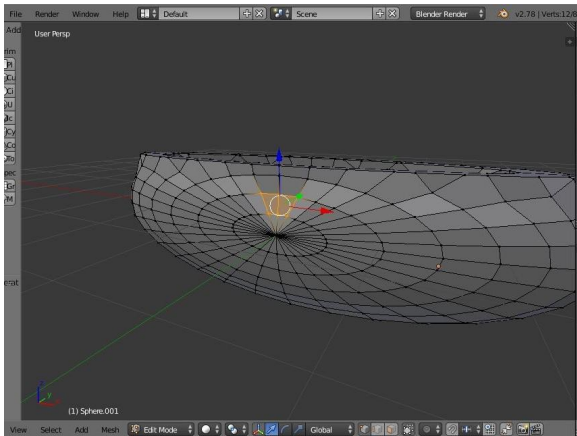


Figura 24. Malla externa de la parte frontal.

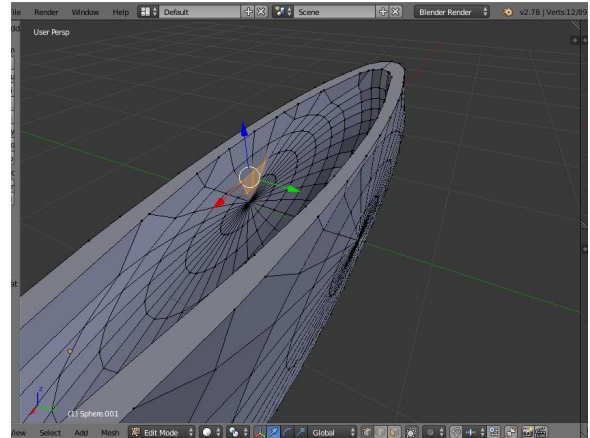


Figura 24.1. Malla interna de la parte frontal.

Selecciono cada zona de la parte frontal (de la zona superior, tanto de la malla externa como la interna) y voy trasladando esos vértices hacia el interior poco a poco (figura 24 y 24.1.).

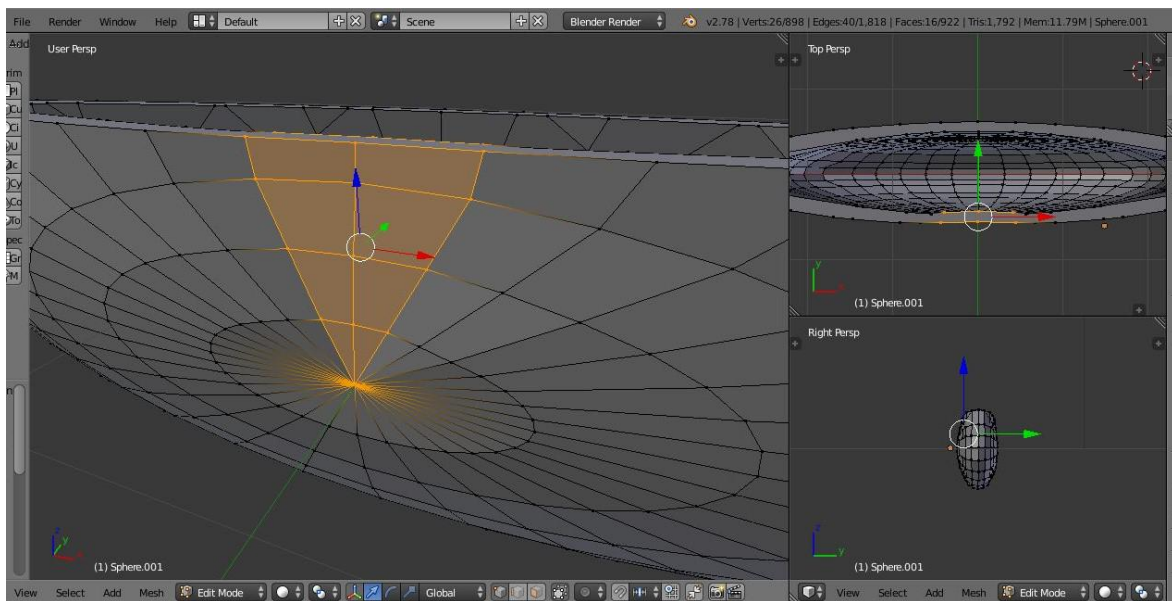


Figura 25.

A medida que voy avanzando y la parte frontal parece más plana, paso a a realizar un posterior hundimiento de la parte central (siempre seleccionando los vértices de la parte interna a la vez) paso a paso (figura 25).

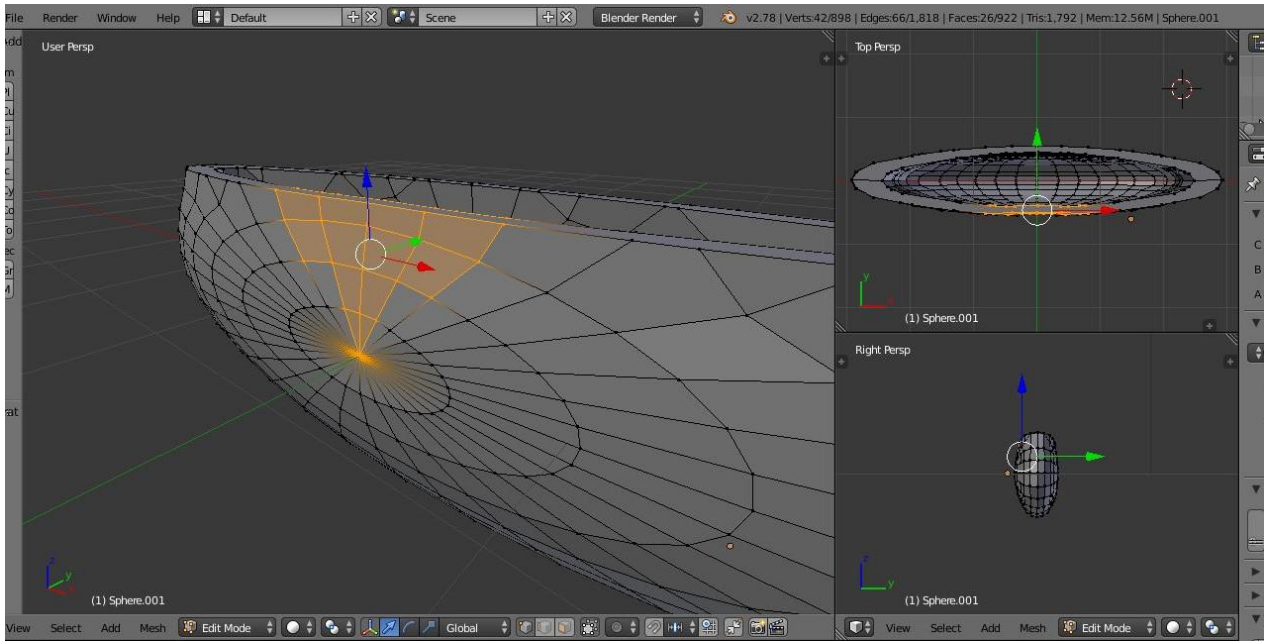


Figura 25.1.

Voy pasando gradualmente a la fase de hundimiento de la parte central (figuras 25.1 y 25.2).

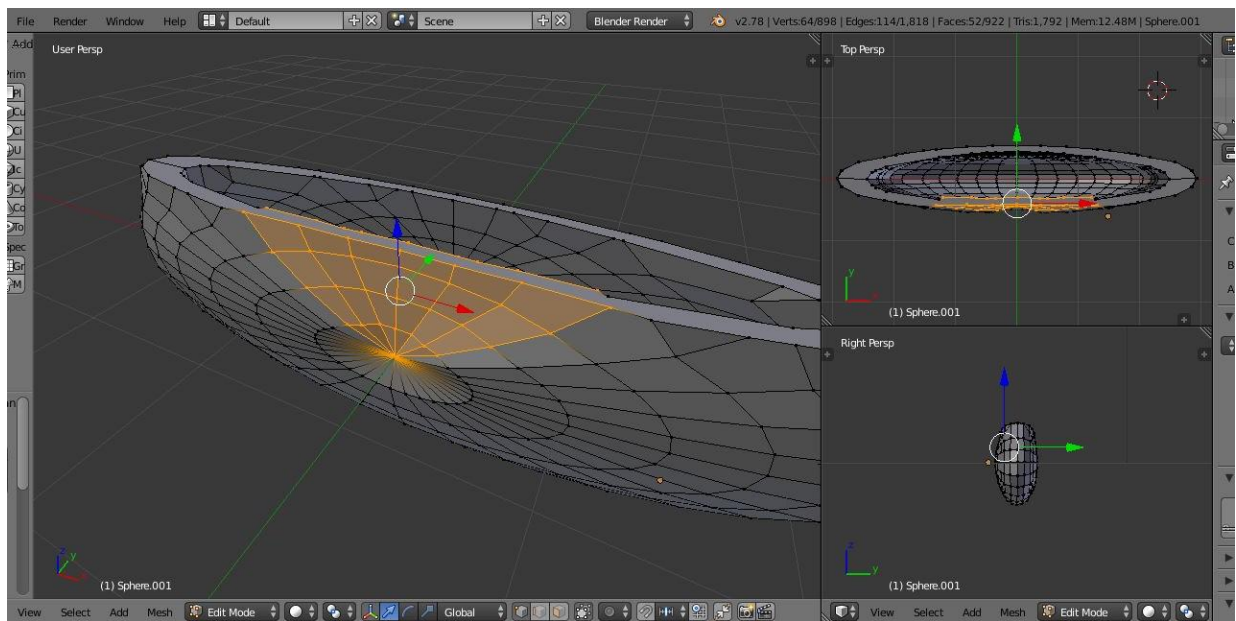


Figura 25.2.

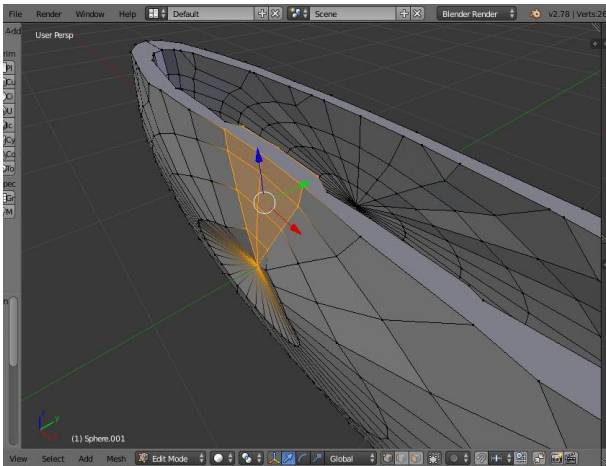


Figura 26. Superficie externa de la parte frontal.

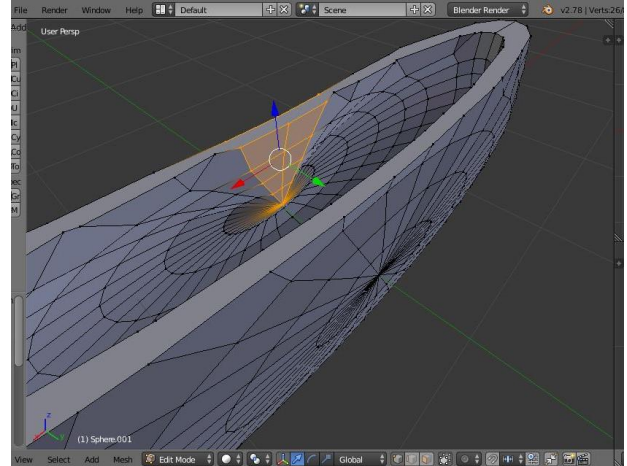


Figura 26.1. Superficie interna de la parte frontal.

Vuelvo a repetir el procedimiento de hundimiento de la zona central de forma gradual, sin olvidarme de seleccionar la malla interna (figuras 26 y 26.1).

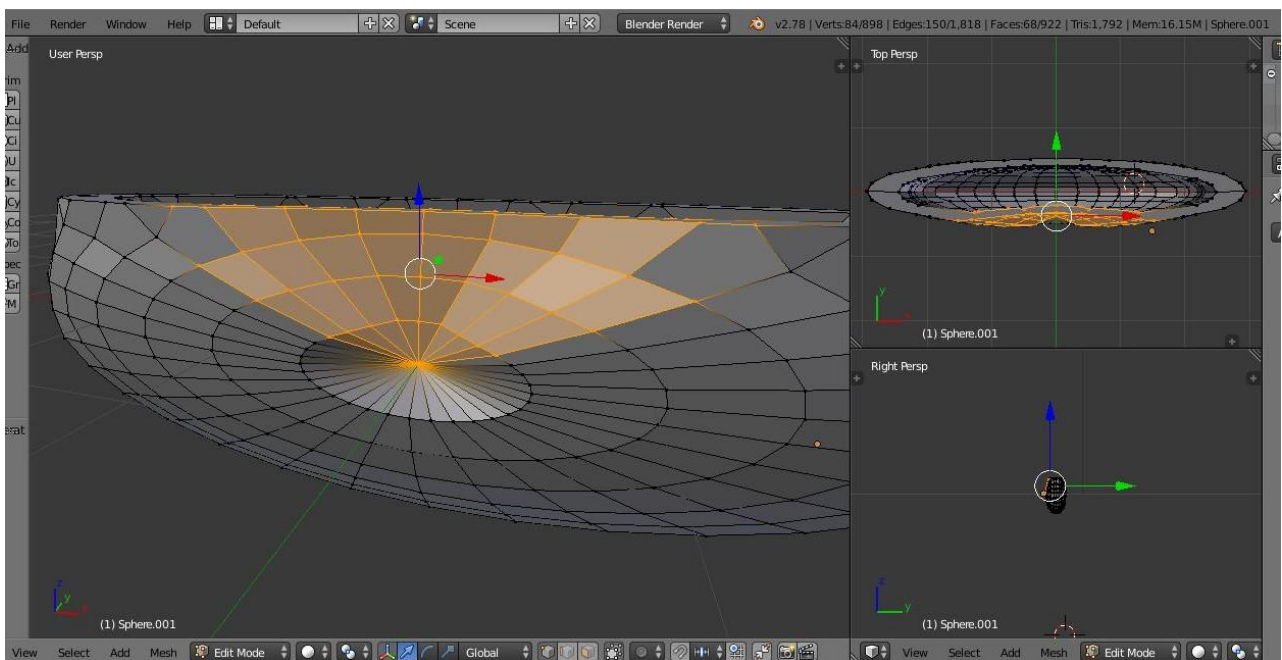


Figura 27.

En la repetición de los pasos del hundimiento, al final de este procedimiento se acaban seleccionando más cantidad de vértices que en el primer hundimiento (figura 27).

Es necesario que se produzca este hundimiento porque en cada saco la parte central suele ser más estrecha que la de los costados (pero estos rasgos se mostrarán más detalladamente en la fase "Modelado específico de cada parte del aparato de Golgi").

Después de finalizar el aplanamiento de la parte frontal, paso a la parte trasera; empiezo por aplanarla partiendo del centro.

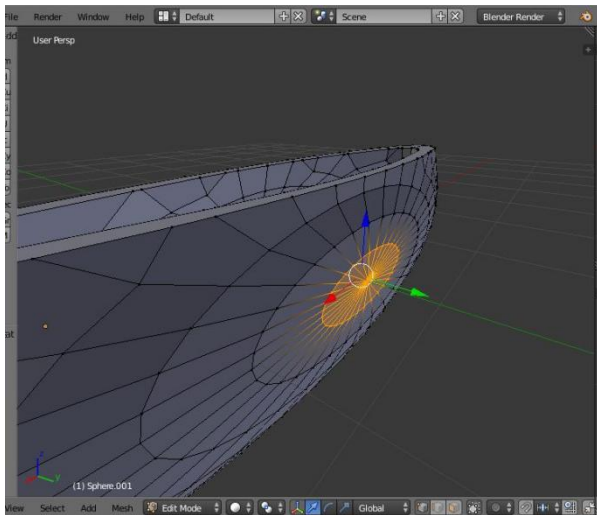


Figura 28. Malla externa.

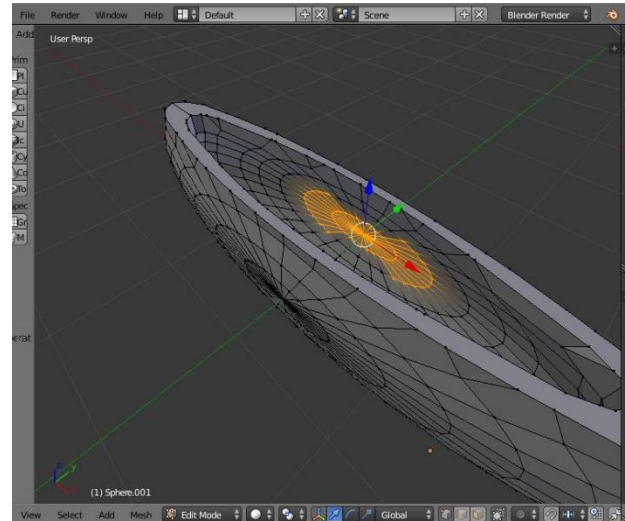


Figura 28.1. Malla interna.

Debido a que la zona central es más abombada que la zona de los costados, empiezo a aplanar desde el centro (figuras 28 y 28.1.) y voy avanzando paso a paso.

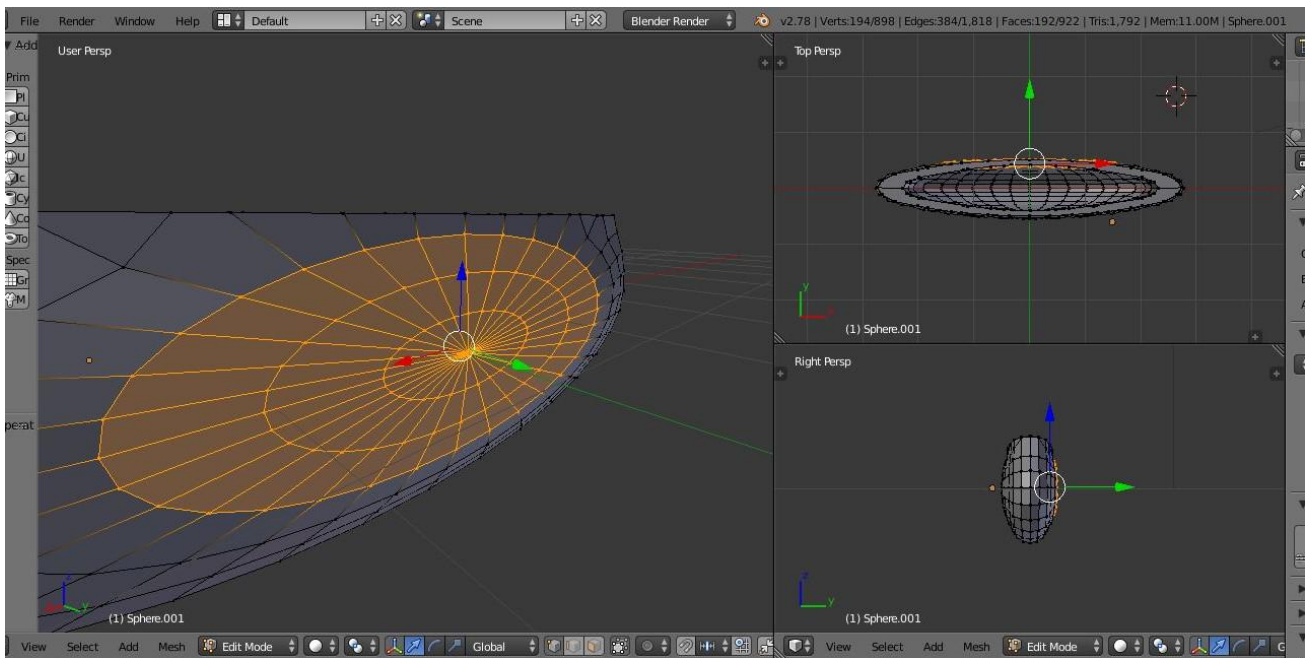


Figura 28.2.

Cada vez voy seleccionando más cantidad de vértices y los muevo hacia dentro (figura 28.2).

Cuando he aplanado la parte trasera de forma general, paso a realizar un ligero hundimiento en la parte central superior.

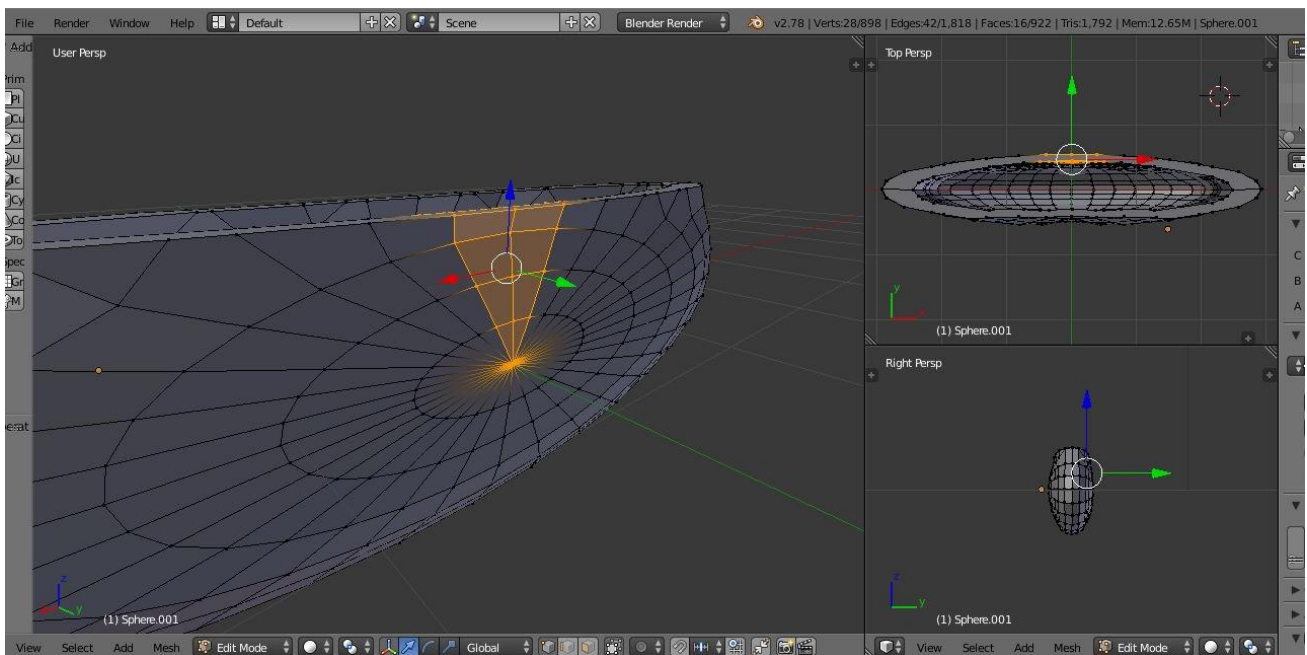


Figura 29.

Empiezo seleccionando un par de vértices alrededor del eje central y traslado estos hacia dentro un poco, pero de una forma menos notoria que en la parte frontal (figura 29).

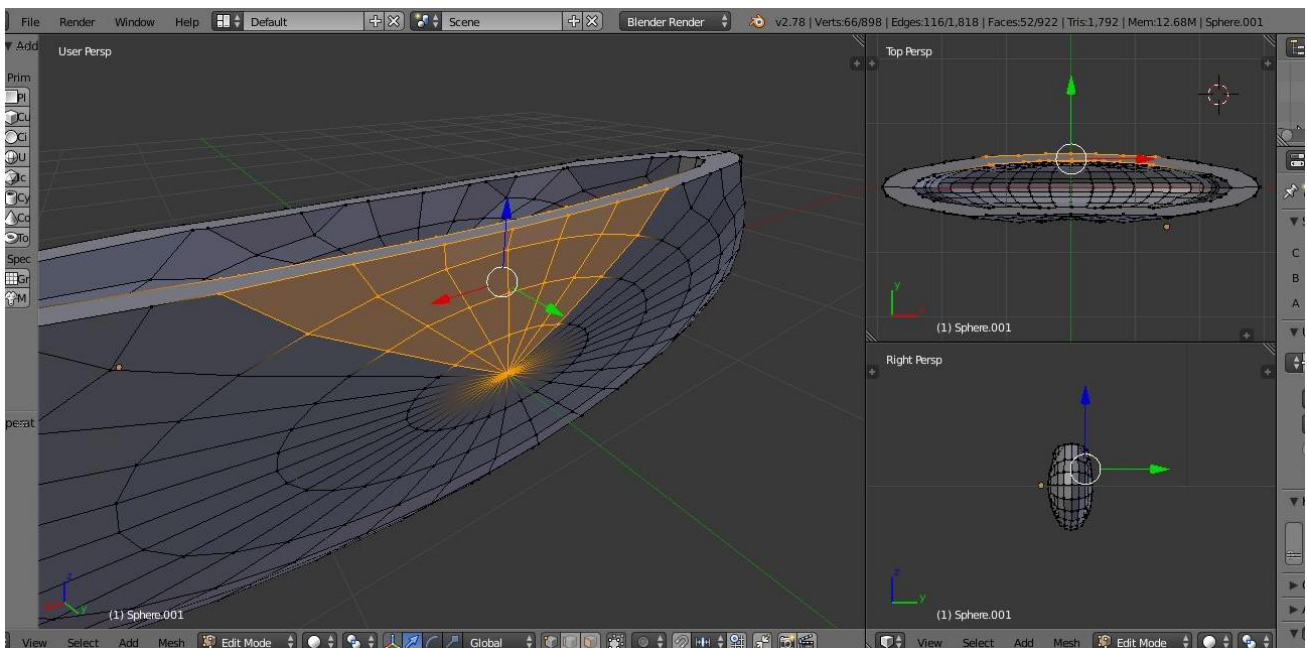


Figura 30.

Luego voy añadiendo más vértices a los lados de éste (figura 30).

Después realizo un estrechamiento de grosor del espacio entre malla interna y externa en la zona de los costados.

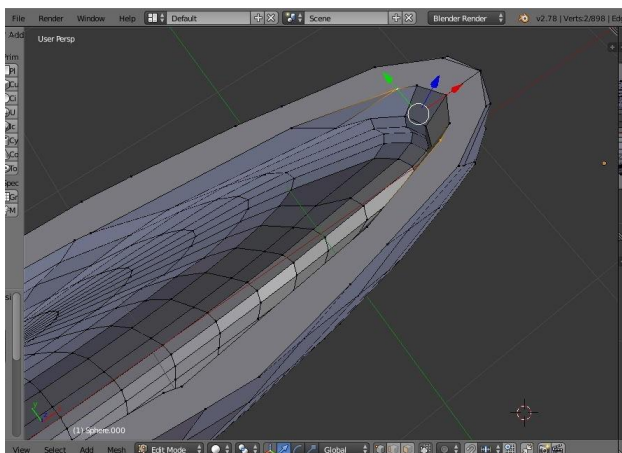


Figura 31.

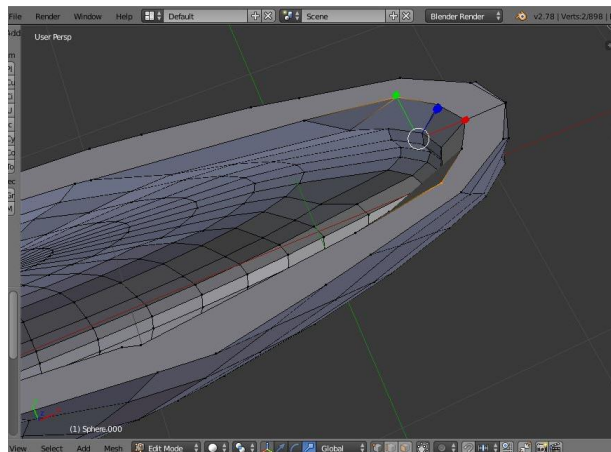


Figura 31.1.

En la zona de la sección selecciono un vértice a cada lado de eje central del costado y con Transform manipulator y Scale en el eje Y, separo más los vértices entre sí (figura 31 y 31.1).

Después de hacer esto, tengo que mover los costados hacia fuera (en eje X) para que la parte superior ocupe un poco más de superficie que la inferior y sea más visible.



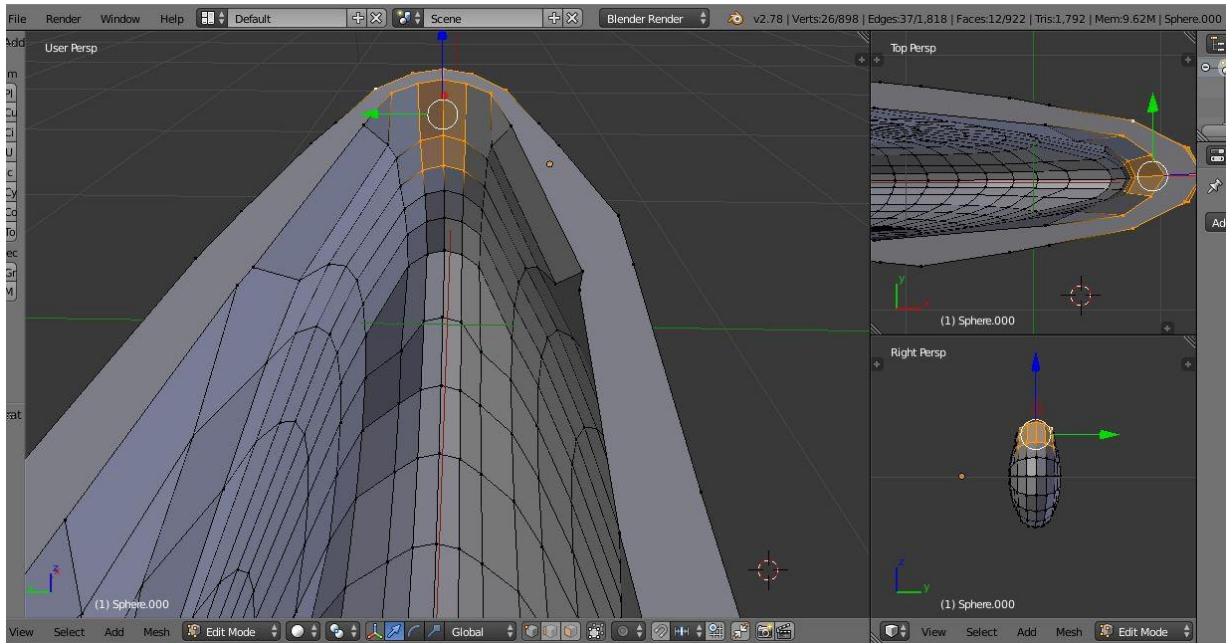


Figura 32.

Para esto, selecciono un par de vértices del costado (tanto en malla interna como en externa) y tiro hacia afuera (figuras 32 y 32.1).

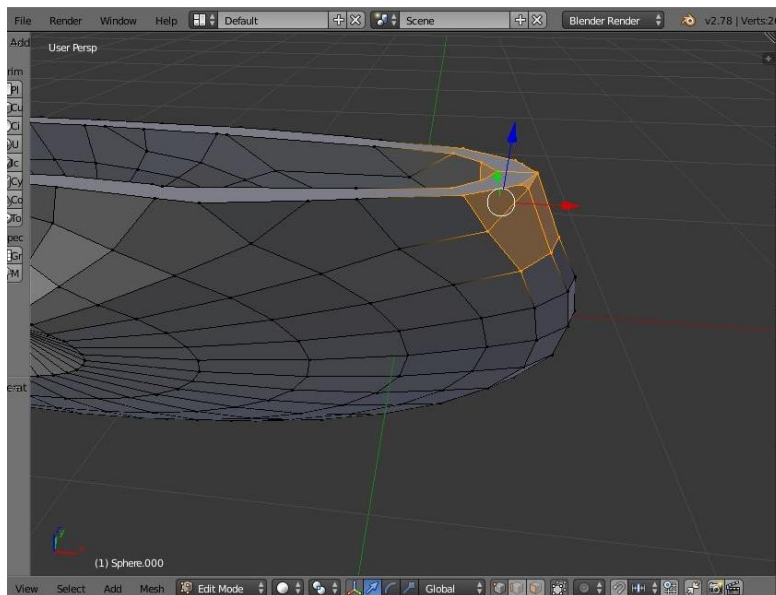


Figura 32.1.

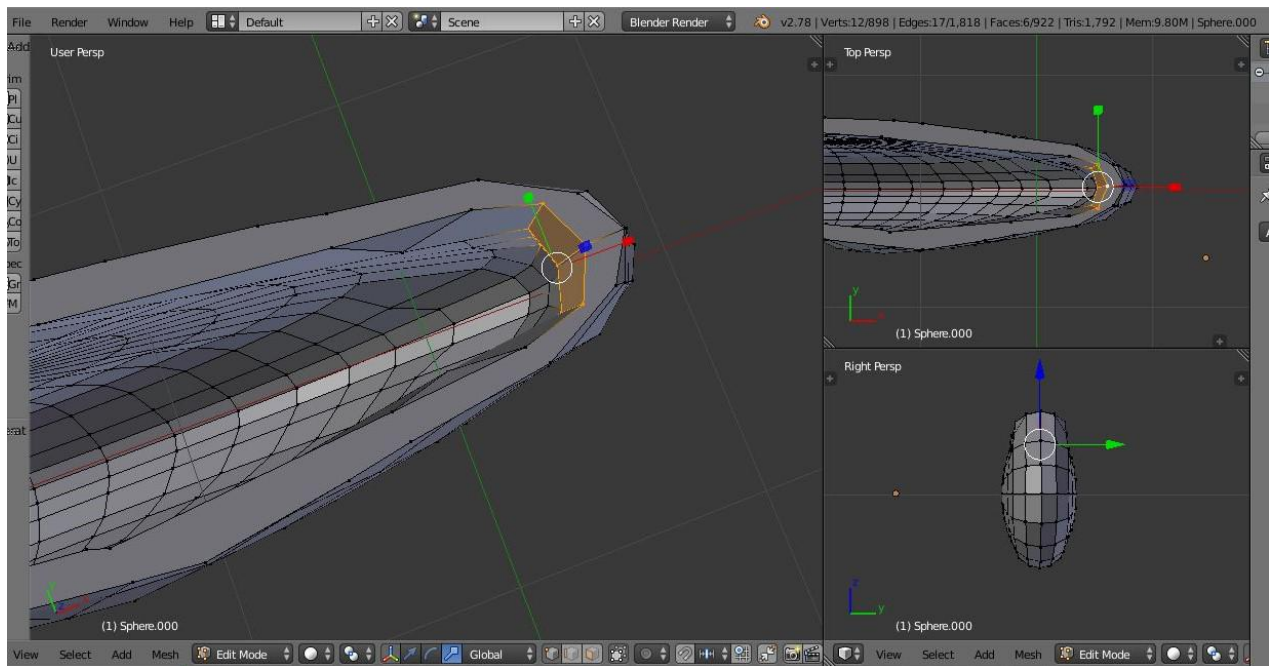


Figura 33.

Por último, selecciono un par de vértices entorno al eje central del costado, en la superficie interna, y separo los vértices de los lados del eje central en el eje Y con Transform manipulator (figura 33).

### 3º fase: Modelado específico de cada parte del aparato de Golgi

Antes de hablar del por qué he clasificado esta última fase en tres partes, he de señalar que en la Cara Cis (la parte del principio), las filas están formadas por varios sacos más estrechos y unidos lateralmente por su parte inferior, por lo que en esta parte del orgánulo se llevará a cabo un procedimiento distinto al del resto de las partes.

Para explicar cómo influye la estructura de este orgánulo a la hora de modelar con el software de modelado 3D he realizado una ilustración esquemática (figura 35), que se muestra con una leyenda para facilitar una mejor comprensión (figura 34).



Figura 34. Leyenda.

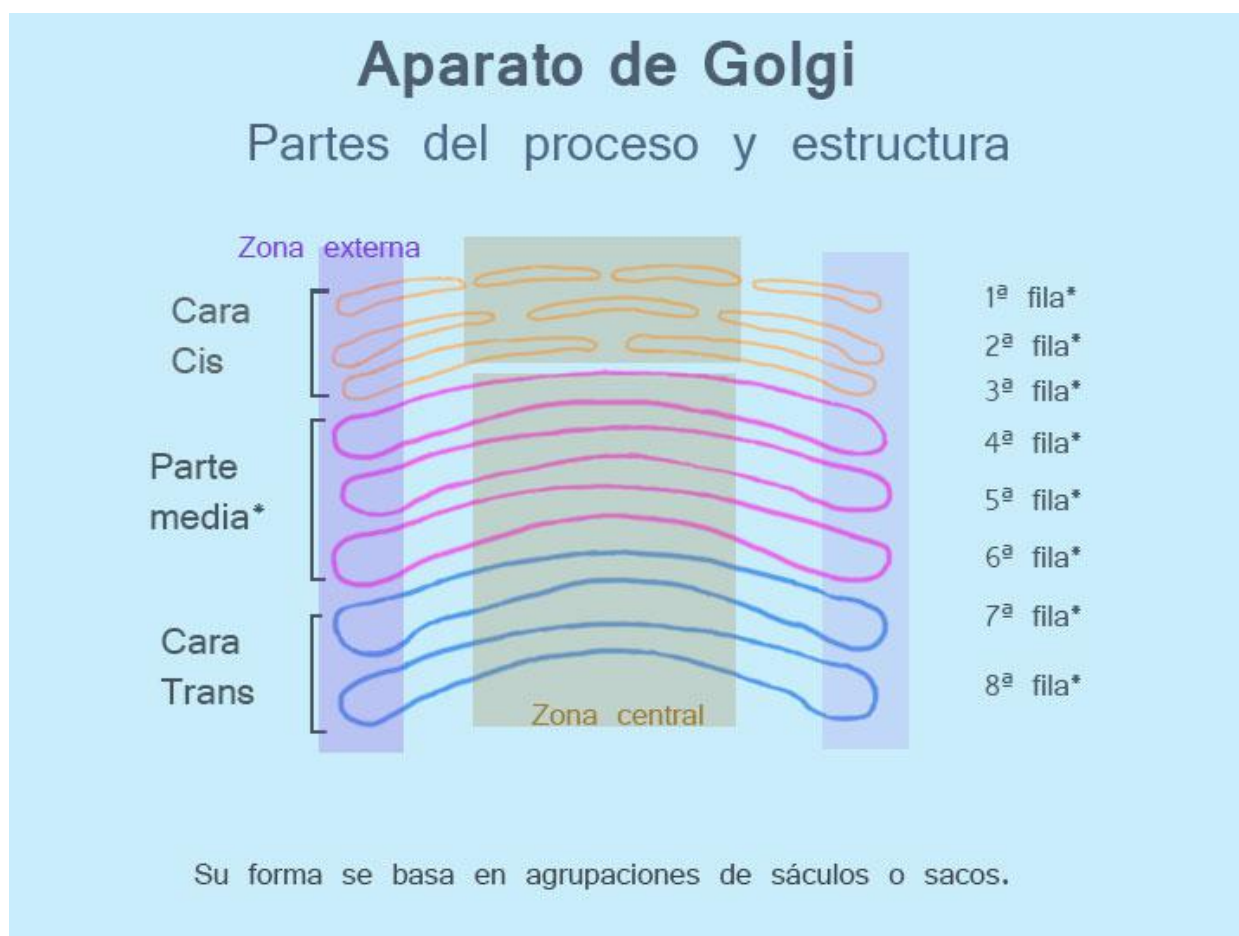


Figura 35. Ilustración esquemática del Aparato de Golgi seccionado.

\* Estos términos no existen en la asignatura de Biología, los he utilizado para poder proporcionar una explicación práctica del proceso.

En esta ilustración he presentado el orgánulo sin vesículas para que se vea de forma clara cada parte.

Cada saco o fila de sacos presenta una curvatura que va aumentando a medida que vamos de la Cara Cis a la Cara Trans. Para lograr esa curvatura he utilizado la curva Bezier.

Debido a esto y a la peculiaridad de la Cara Cis de estar formado por varios sacos unidos, se empezará este proceso en la Cara Cis.

No obstante, al experimentar con la curva de cada fila he descubierto que el estrechamiento que se realiza en el centro de la cuarta fila no basta para poder usar los mismos sacos duplicados en el resto de las filas, aunque les aplique la curva bezier y el modifier Curve ( aun aumentando la curvatura de la curva en cada fila), ya que se curva la parte delantera del saco pero la parte trasera no se curva lo suficiente.

Por esta razón , en este proceso se insistirá(en cada parte) más en el estrechamiento en la parte central y el anchamiento de la zona de los costados de cada saco y fila de sacos para que al aplicar el modifier Curve, la parte central delantera y trasera de cada saco estén más unidas y uniformes aún.

En este proceso se comenzará por la Cara Cis, se continuará en Parte media y se finalizará en Cara Trans.

He modificado con el software de edición de imagen Photoshop algunas capturas del proceso en Cara Cis, para poder explicarlo mejor. Estas capturas explicativas tienen relación con la leyenda que se muestra al principio de esta fase.

El "saco estándar" creado en la fase anterior lo aprovecho y creo dos copias del mismo archivo , con el nombre de Cara Cis y Parte media en cada una.

Creo otro archivo llamado Cara Trans, sin ningún saco, que se completará al final.

Una vez hecho esto empiezo en Cara Cis.

## **Cara Cis**

Abro este archivo y el "saco estándar" lo duplico dos veces más (figura 36).

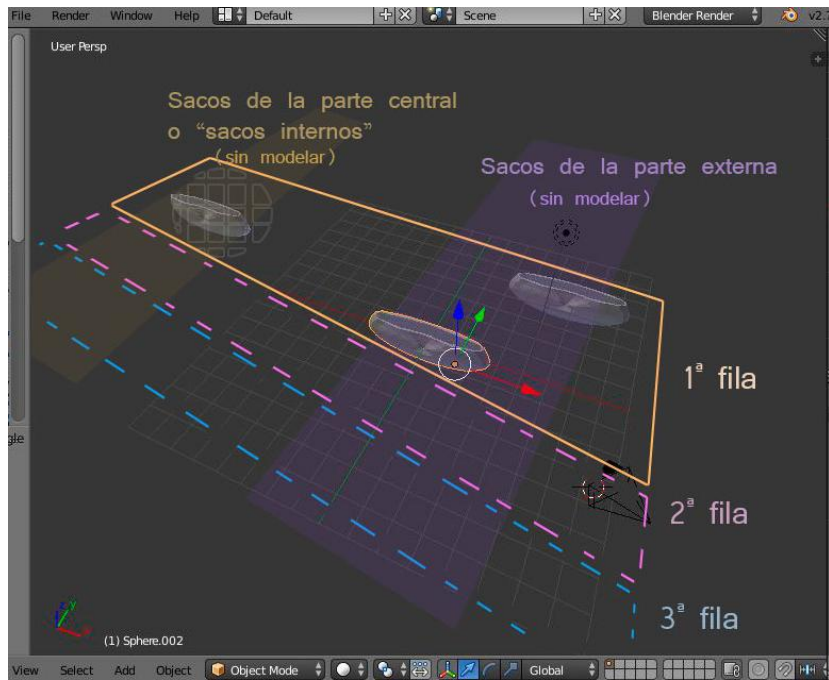


Figura 36.

Esos dos últimos sacos duplicados se utilizarán para la partes externas de cada fila de sacos (en cara cis).

A continuación paso a modelar los sacos de la parte externa.

Hago un anchamiento de la parte más externa de los costados de cada saco externo

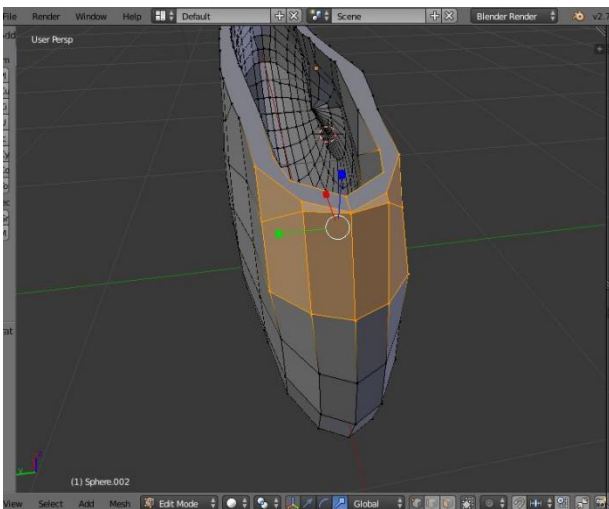


Figura 37. Malla externa. Selección de costado

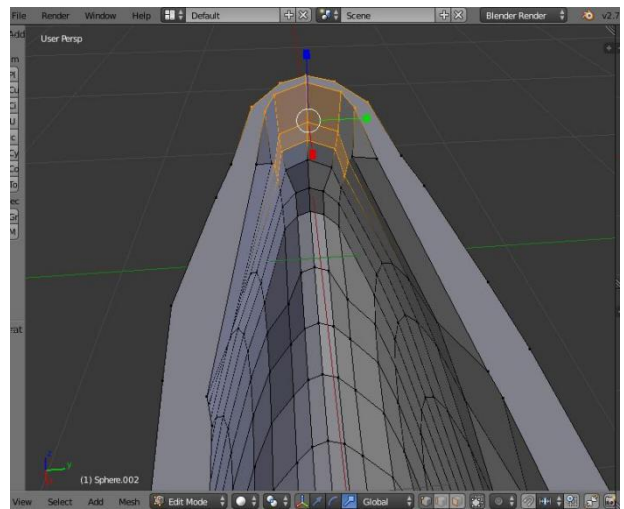


Figura 37.1. Malla interna. Selección de costado.

En las figuras 37 y 37.1. se muestra el ejemplo con el saco externo (para la fila 1) del lado derecho.

Selecciono algunos vértices del costado y utilizo scale de Transform manipulator para hacerlo más ancho (figuras 37, 37.1 y 37.2).

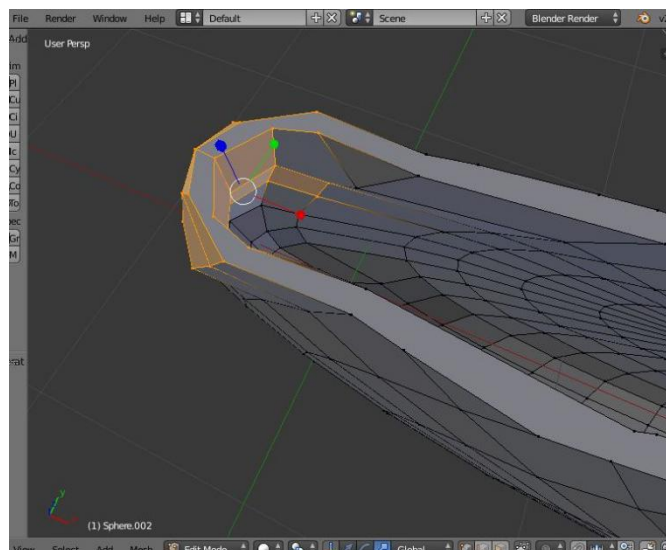


Figura 37.2.

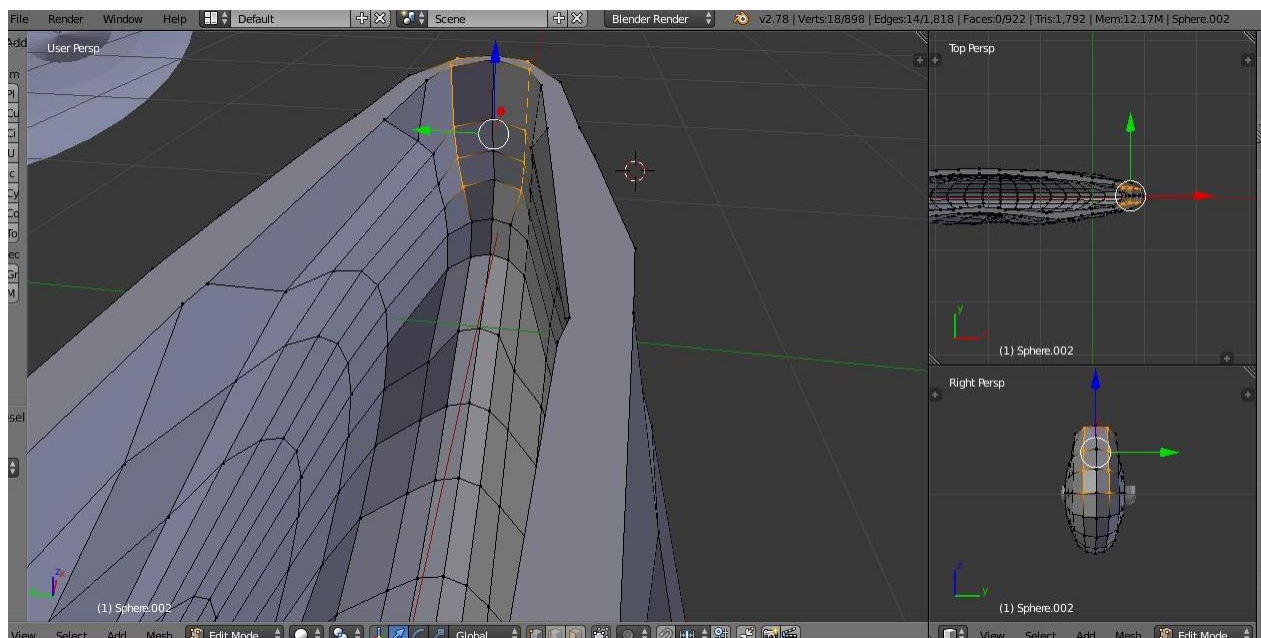


Figura 38.

Efectúo un estrechamiento de la parte interna (costado que va a dar hacia el centro de la fila) de cada saco externo (figura 38).

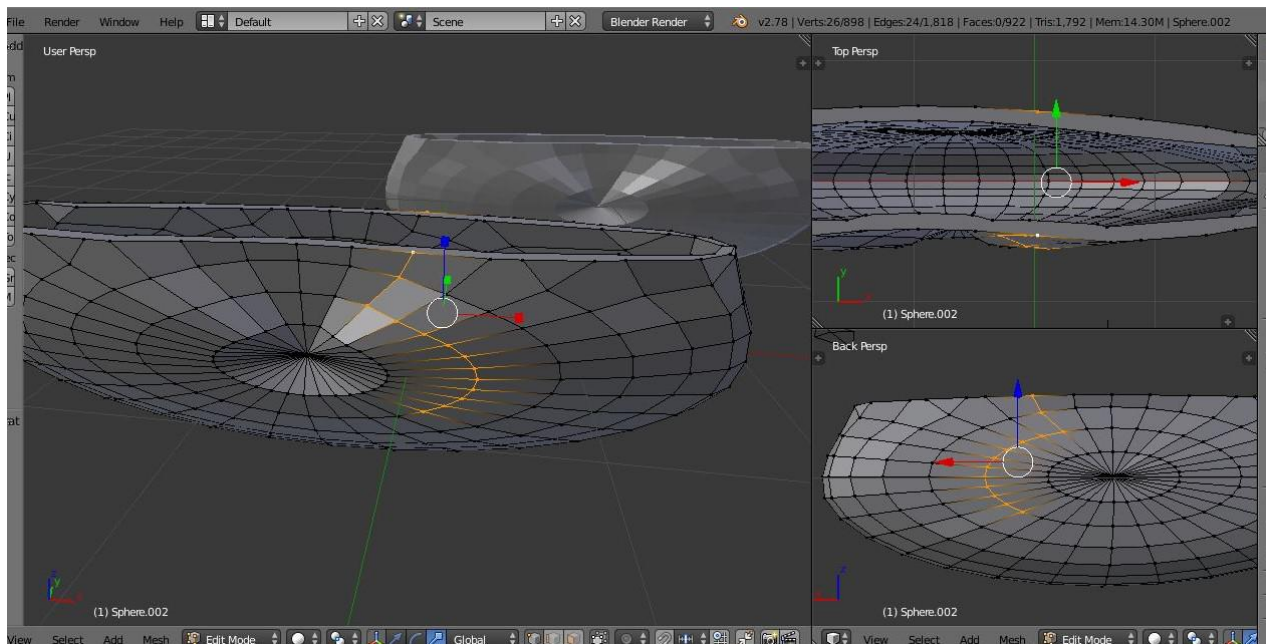


Figura 39. El estrechamiento tiene lugar en los lados derecho e izquierdo del centro, tanto en la parte delantera como en la trasera.

Estrecho con Transform manipulator la parte central en cada saco (de la zona frontal y de la trasera de la superficie externa). Figura 39.

Para realizar cada fila de Cara Cis hay que tener en cuenta cuántos sacos vamos a poner en cada fila, para visualizar cómo las vamos a estrechar de los costados y el largo que tendrá cada fila de forma general. Así, yo he decidido, en este caso, poner cuatro sacos en la primera (dos sacos externos y dos internos), tres sacos en la segunda (dos sacos de la parte externa y uno interno) y dos sacos en la tercera fila (dos sacos externos con bultos en su parte interna para el ensamblaje o unión), como se puede ver en el esquema al inicio de esta fase.

Luego, una vez que he modelado los sacos de la parte externa de la fila, hago dos duplicaciones (en Modo Objeto): una la traslado a la segunda fila y la otra, a la tercera (figura 40).

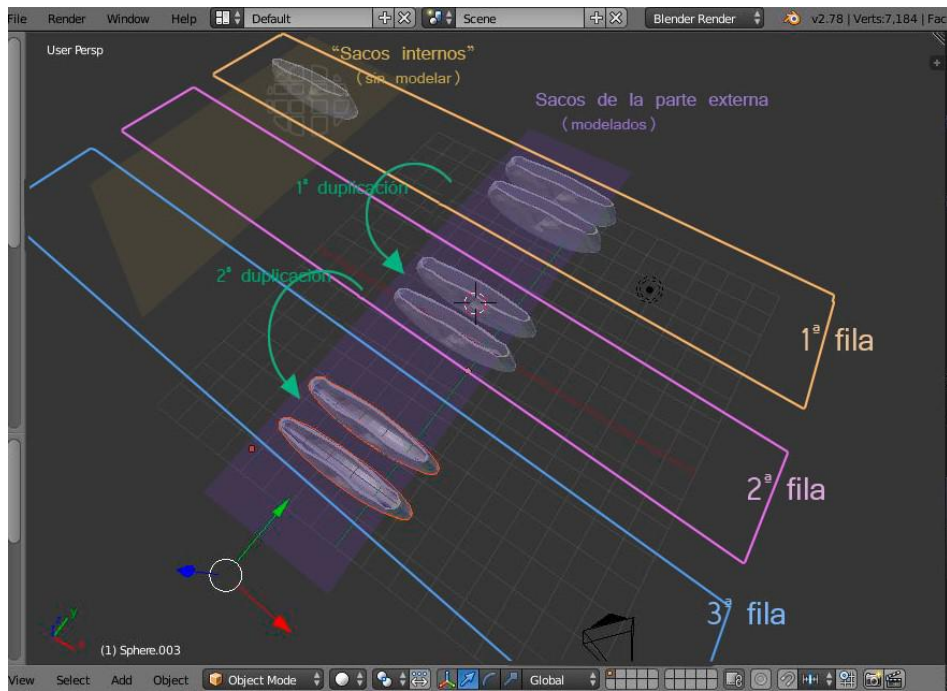


Figura 40. Duplicación de sacos externos.

Posteriormente, aparto de manera puntual la 2ª y la 3ª fila hacia afuera de la retícula, para terminar con la primera fila; una vez que ya tengo los sacos externos de la primera fila, paso a crear los sacos de la parte central.

El "saco estándar" que tenía apartado al principio de la 3ª fase, lo traslado al centro (para poder verlo mejor) y lo modelo:

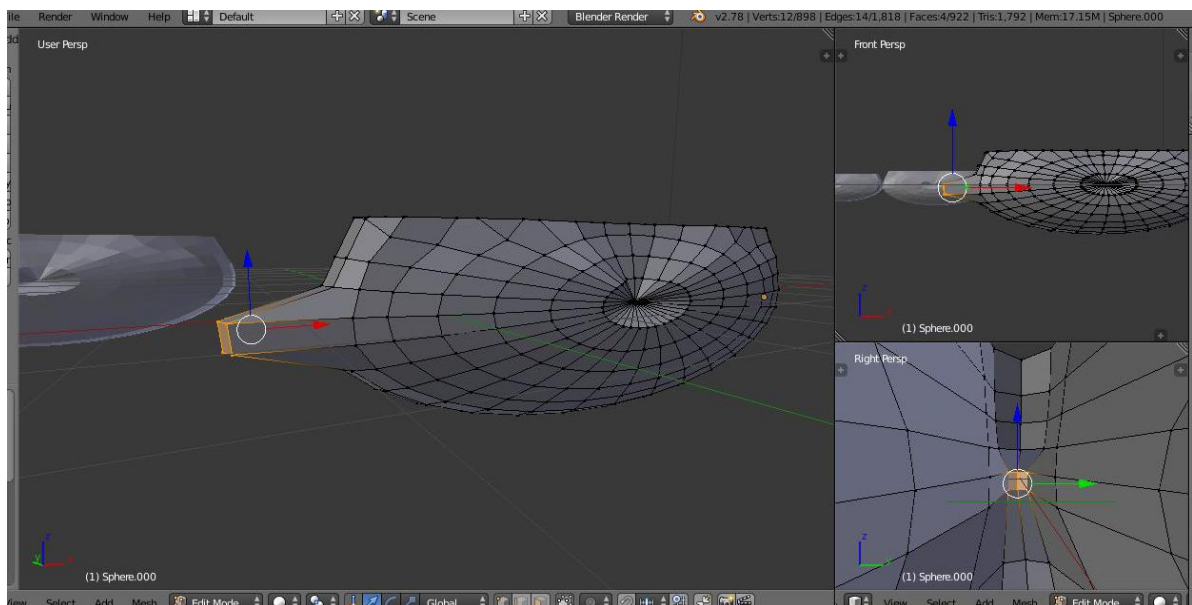




Figura 41.

En Modo Edición, selecciono los vértices de dos cuadrados de la parte media del costado (en eje z y seleccionando los de la malla interna), y los traslado hacia afuera (figura 41).

Llevo tres vértices de arriba y tres de abajo del cuadrado casi a la misma altura.

Luego, selecciono tres de la parte inferior a los mencionados, los llevo al mismo punto, y selecciono otros tres de abajo y los vuelvo a llevar a esa altura.

Esta modificación del costado se realiza siempre seleccionando al mismo tiempo los vértices de la superficie interna.

Cuando ya tengo los primeros vértices de un costado trasladados (de forma que estén alineados en el eje Z), llevo los de los lados de este casi al mismo nivel (figura 42).

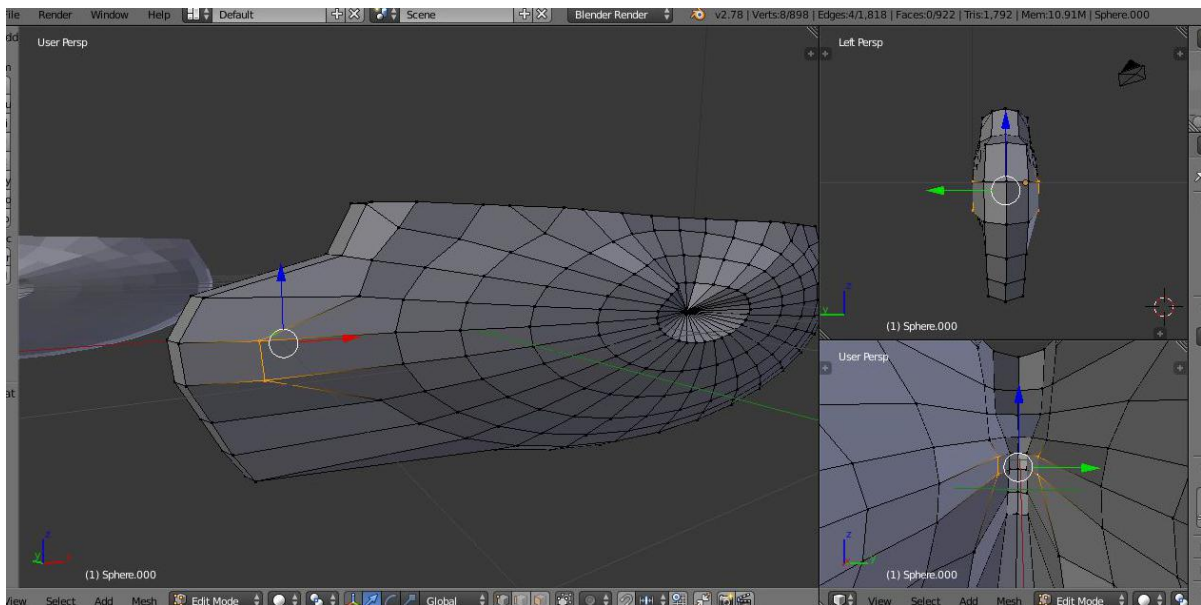


Figura 42.

Empiezo por los vértices de los laterales de los cuadrados del principio y sigo hasta dejar el resto paralelos a los primeros (figura 42).

Realizo el mismo procedimiento en el costado derecho del saco.

Después, hago dos duplicaciones de este saco interno en Modo Objeto.

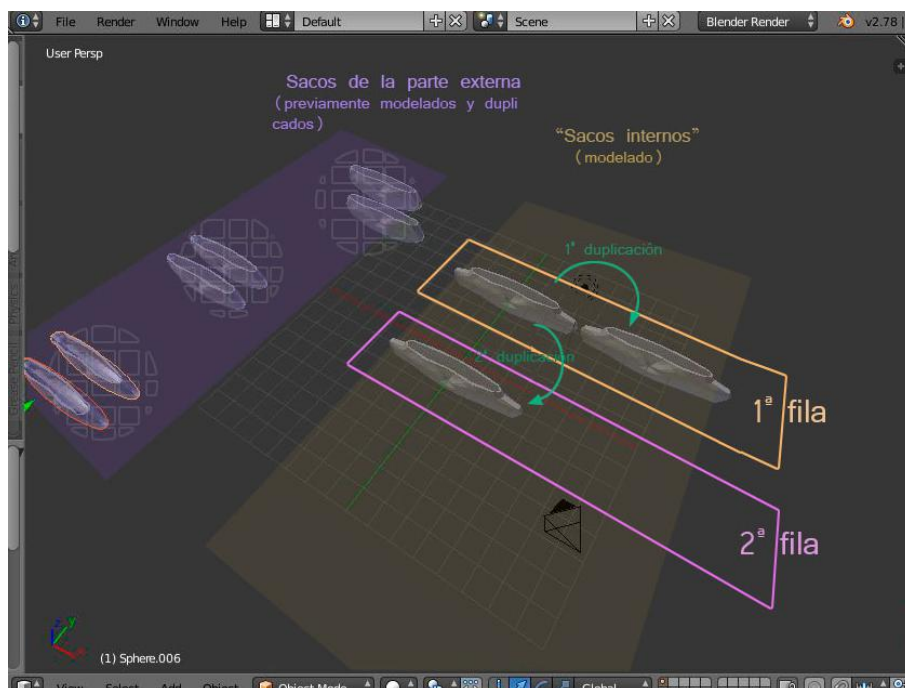


Figura 43.

Una la deajo al lado del primero y la otra, la pongo en la segunda fila.

Una vez que ya hice las últimas duplicaciones de Cara Cis, termino de modelar los dos sacos de la tercer fila , que vienen a ser un punto intermedio entre los sacos externos y los internos: sólo tienen bulto por el costado interno, para luego ensamblarse.

Pero antes de modelarlos, aparto las dos primeras filas un poco.

Entonces, traslado algunos puntos del costado interno hacia afuera, haciéndolo como en el procedimiento anterior (figura 44).

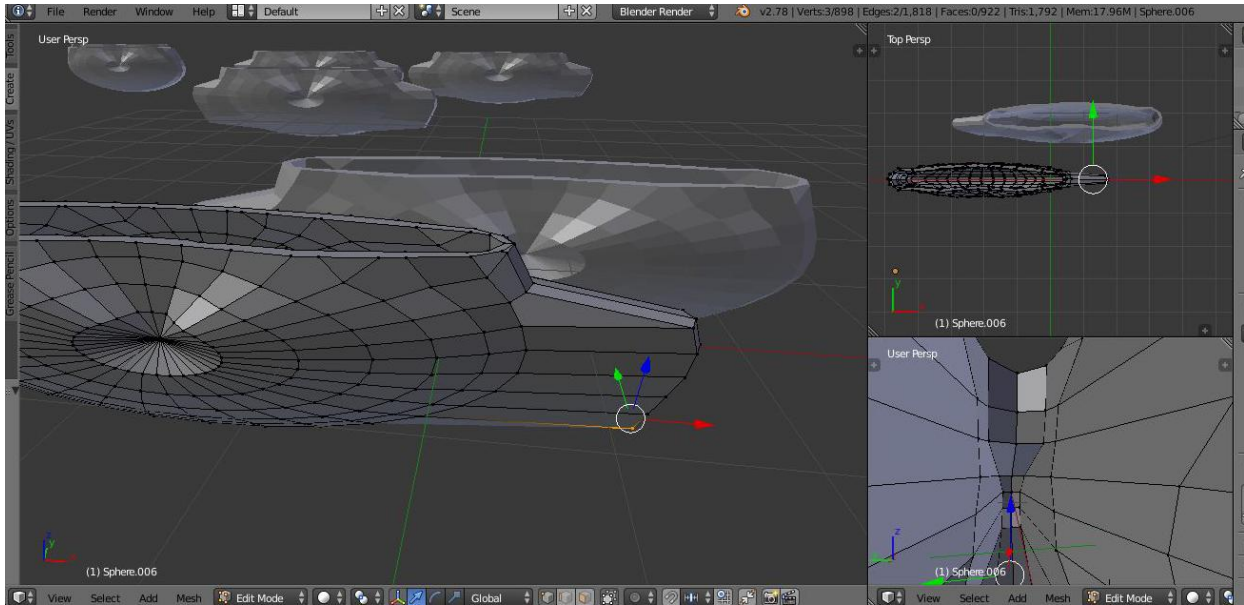


Figura 44.

Hago lo mismo en el otro saco (figura 44).

Cuando ya he realizado la forma básica de cada saco de las tres filas, procedo a finalizar cada fila.

Primero, en la primera fila uno cada saco colocándolos de manera que se intersecten (figura 45) y tecleo Ctrl+J para unirlos.

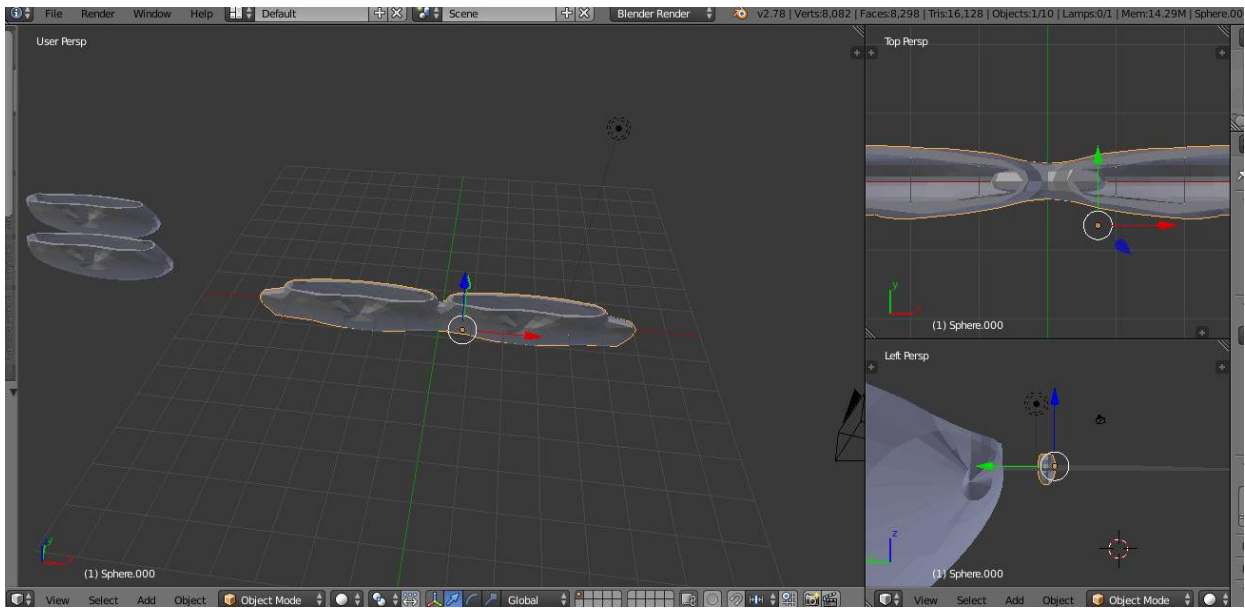


Figura 45. Unión de cada saco de la primera fila. Empiezo por los sacos internos y luego añado los externos.

Alargo un poco la fila en el eje X, de manera que llegue a medir un poco menos de 22 cuadrados.

Posteriormente, paso a hacer un anchamiento más acentuado del costado externo de los sacos externos (figura 46) y un estrechamiento de la parte media de la primera fila debido a que, en una prueba anterior con la curva bezier comprobé los costados externo quedaban un poco aplastados y noté que la parte central y la de los extremos de la fila no se diferenciaba mucho.

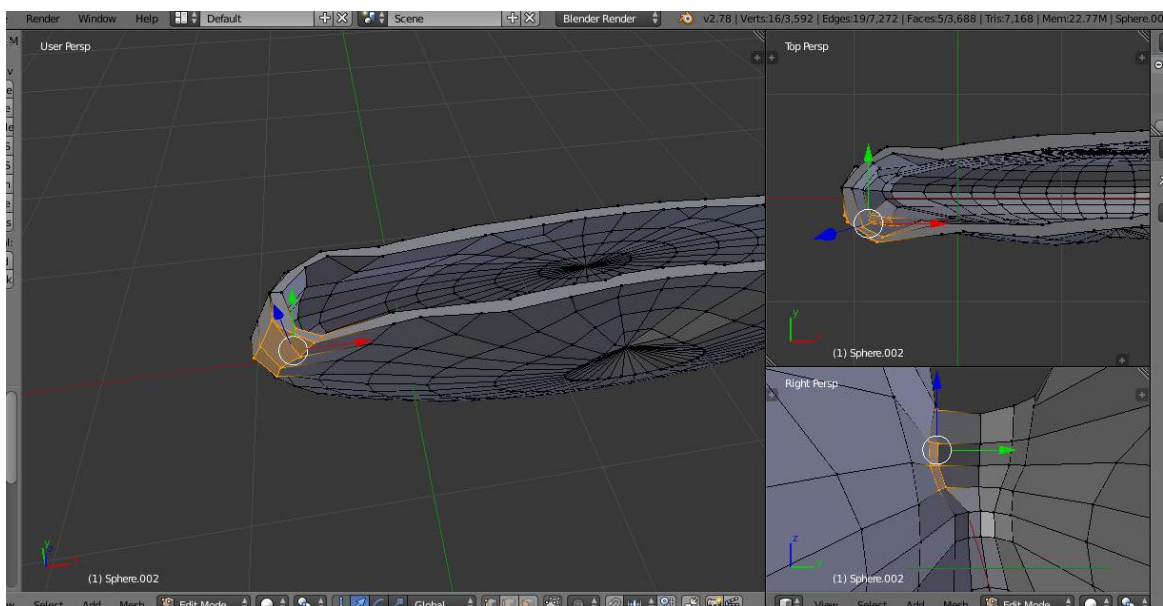


Figura 46. Anchamiento del saco externo del lado izquierdo.

Selecciono un par de cuadrados del costado (con sus vértices en la malla interna) y los llevo hacia delante (figura 46).

Hago un ligero estrechamiento de la parte media de la fila en la zona delantera, en la zona donde se intersectan los dos sacos internos. Y luego, estrecho las zonas contiguas a esta zona de intersección entre los sacos internos (a la derecha e izquierda de esta zona) para ayudar a estrechar el centro ligeramente (figura 47).

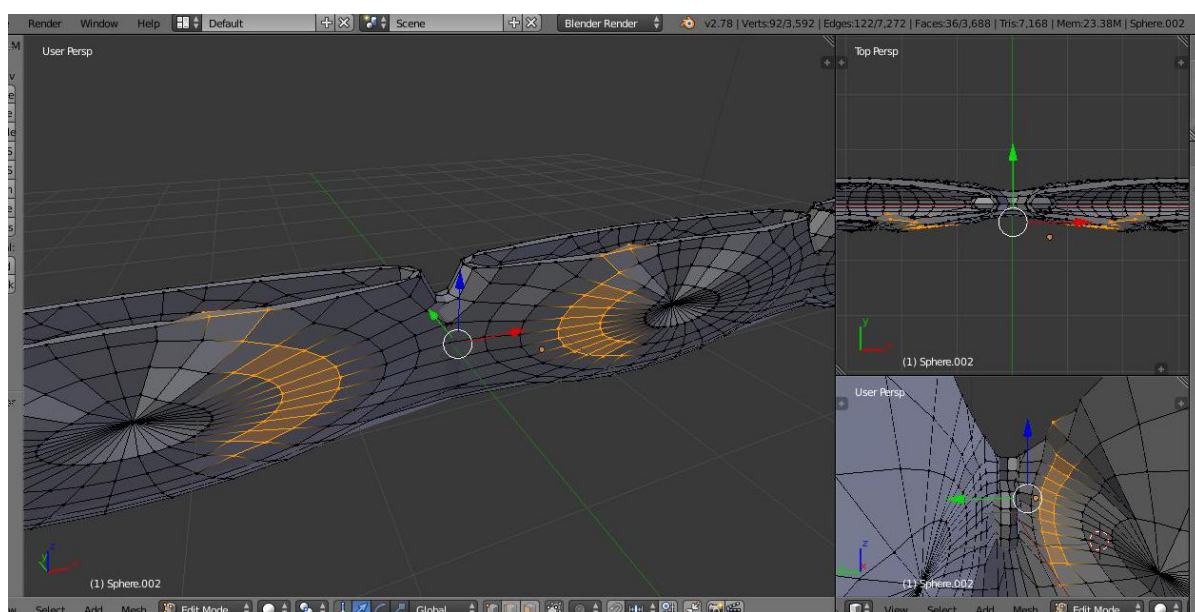


Figura 47.

Añado una Curva bezier y la modelo de manera que forme una curva muy suave y que tenga un largo que abarque 22 cuadrados y medio de la retícula aproximadamente.

Aplico el modifier Curve a la primera fila, habiendo situado el saco bien alineado con la curva, sin olvidar de clicar en Apply (figura 48).

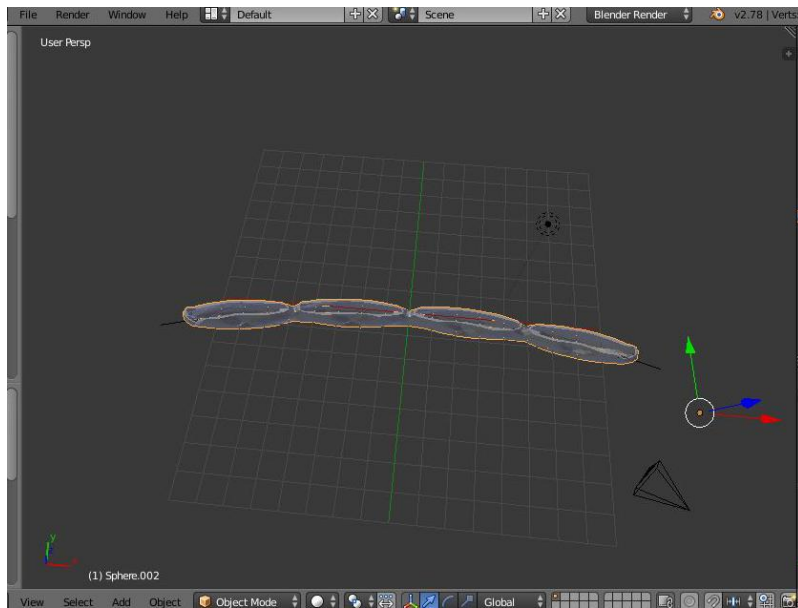


Figura 48.

Aparto la primera fila y traslado la curva bezier hacia delante para aprovecharla después para la segunda fila.

Llevo los sacos de la segunda fila al centro y los uno. Justo después alargo la fila sólo un poco más que la primera(para que mida 22 cuadrados) y la ancho en el eje Y, hasta tener la medida de 1.26 aproximadamente, con el Transform manipulator (esos datos aparecen en el Header izquierdo, en el apartado *Resize* de la zona inferior, justo después de acabar de clicar).

En Modo Edición, hago un anchamiento del costado externo de los sacos externos, de la misma forma que los hice en la primera fila pero con una intensidad mayor.

Después, realizo el estrechamiento de la parte media de esta fila(sin olvidar la malla interna) en la zona frontal y más tarde, en la trasera para controlar mejor el ancho (figuras 49 y 49.1).

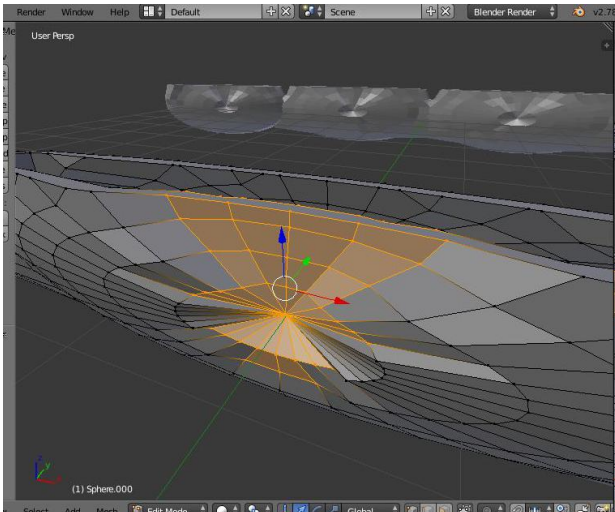


Figura 49. Parte delantera.

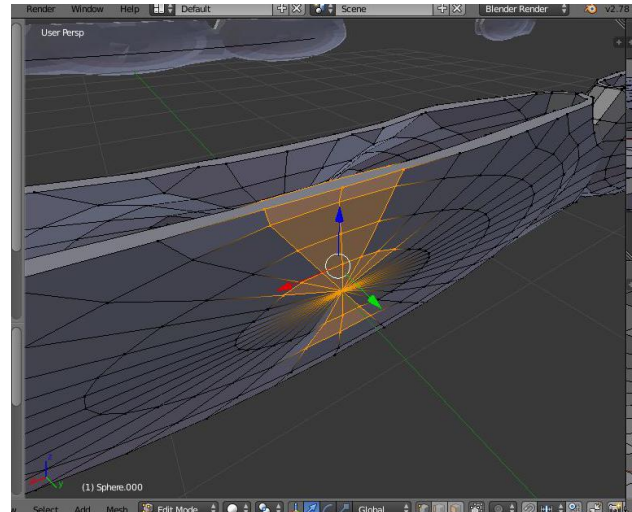


Figura 49.1. Parte trasera.

Aparto un poco la segunda fila y modelo la curva bezier que había "reciclado" con una curvatura un poco mayor que la de la primera fila en Modo Edición.

Aplico el modifier Curve con la curva que he modelado a la segunda fila.

Después, en Modo Objeto aparto la segunda fila momentáneamente hacia atrás, y la curva hacia adelante(fuera de la retícula) para reciclarla para la tercera fila.

Paso los sacos de la tercera fila al centro y los uno.

Alargo la fila un poco más que la segunda y la ancho en eje Y con Transform manipulators, dejando una medida de 1.32 aproximadamente.

En Modo Edición, realizo un estrechamiento suave de la parte media de la zona frontal de la tercera fila (figura 50) y de las zonas contiguas al centro.

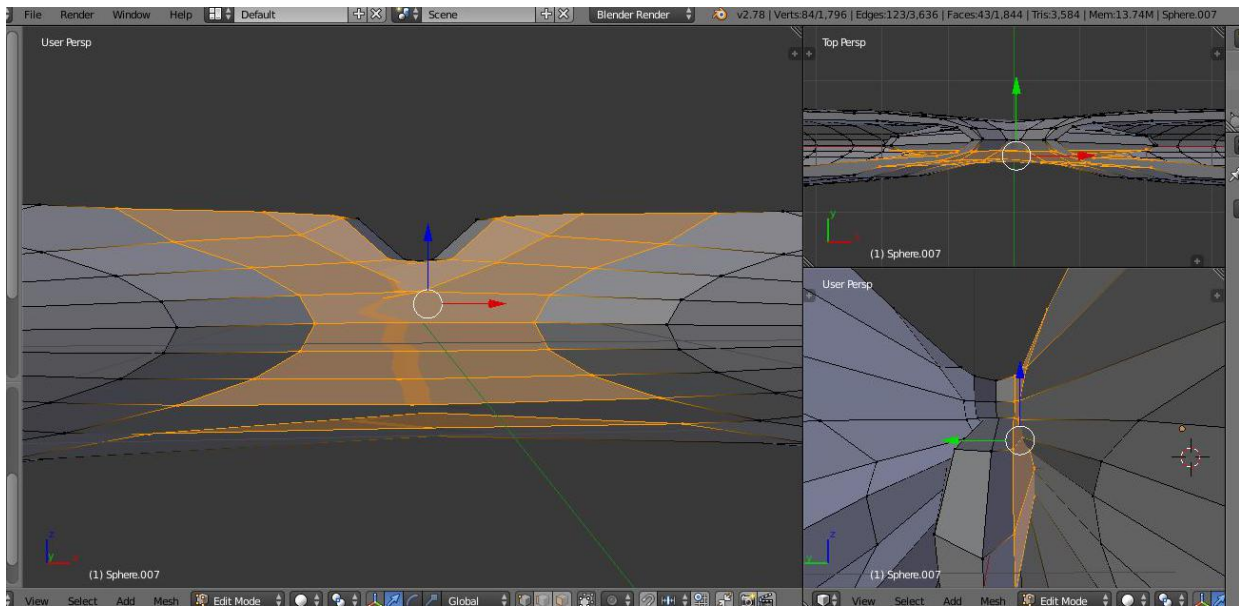


Figura 50.

Llevo la curva reciclada al centro y la modelo, dándole una curvatura un poco mayor que la de la segunda fila.

En Modo Objeto, con la fila alineada con la curva aplico el modifier curve a la tercera fila.

Cuando termino la tercera fila tengo en cuenta que podré reutilizar la curva bezier que utilicé en esta fila para el archivo Parte media, y aprovecharla para las demás filas, por lo que la aparto hasta el final del proceso de Cara Cis (cuando relize una disminución ligera de tamaño a todos los objetos) para copiarla y pegarla en el otro archivo.

Un vez hecha la forma de las filas de la Cara Cis, paso a hacer las vesículas de esta parte.

Para hacer las vesículas primero realizo el mismo procedimiento que al inicio del proceso de elaboración del aparato de golgi, el paso previo a la forma básica del "saco estándar": en Modo Objeto, realizo una sustracción a una UVesfera de un tercio de su volumen con un cubo y con otra esfera un poco más pequeña, realizo la sustracción a la primera (habiendo colocado la esfera pequeña en el interior de la primera).



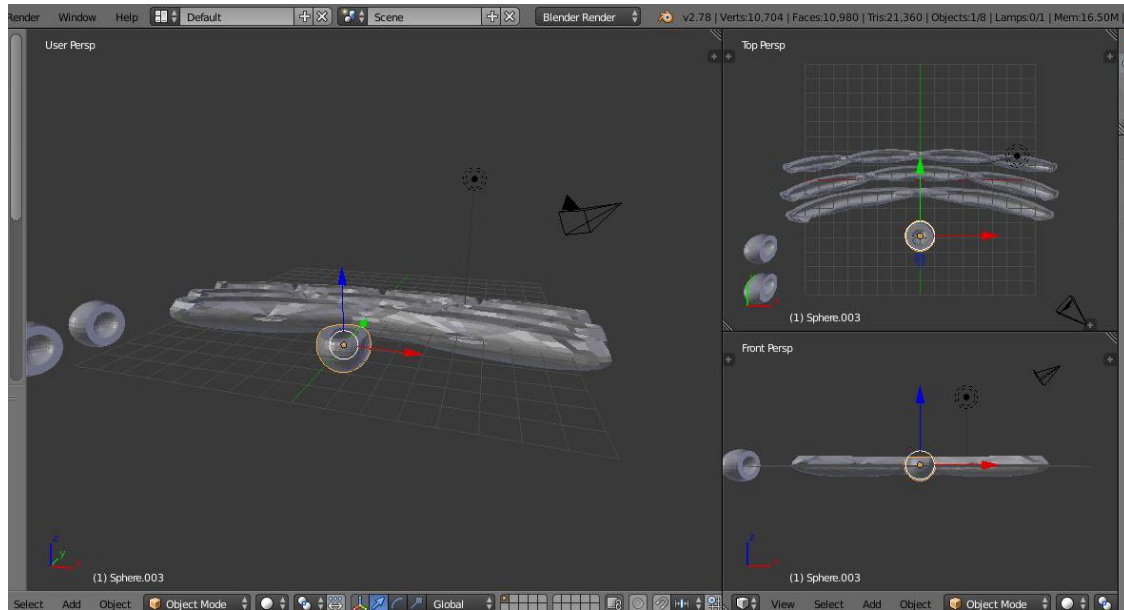


Figura 51.

Cuando termino la sustracción , duplico esa vesícula dos veces para después modelar cada una de una forma distinta.

En cada una realizo un alargamiento y estrechamiento en cualquiera de los tres ejes con Transform manipulator, y también modifico la posición de los vértices en algunas parte, dándoles una deformación orgánica.

En algunas vesículas realizo una reducción del grosor de éstas. En Modo Edición, selecciono la malla externa y la estrecho en los ejes X e Y con Transform manipulator.

A medida que voy haciendo las vesículas voy copiando algunas y pegándolas en el archivo Parte media a un lado de la retícula para tener una base y así ahorro trabajo.

También realizo otro tipo de vesículas, las que aparecen enteras y no están seccionadas. Para ello, en añado una UVesfera, la duplico unas cuantas veces para hacer otras distintas y en Modo Edición, empiezo a cambiar la posición de los vértices de algunas zonas para deformarla. Una vez hecha, la duplico y varío la forma a partir de la copia.

Alguna vesícula la intersecto con un costado de los sacos de donde salen(figura S).

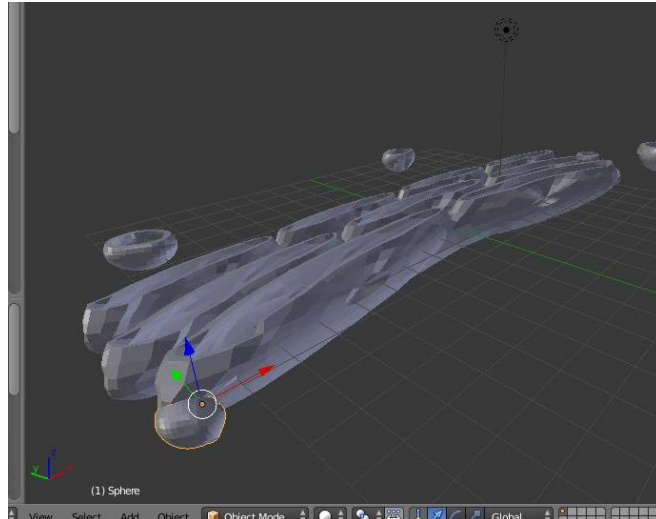


Figura 52.

Cuando acabo de modificar la posición de los vértices en todas, algunas las vuelvo a alargar o estrechar con Transform manipulator.

Finalmente, coloco todas las vesículas alrededor (preferiblemente a los lados de los costados) y realizo una reducción muy ligera de tamaño de las filas de sacos, las vesículas y la curva bezier.

Luego, pego las tres primeras filas en el archivo Parte media, para tenerlas como referencia y que los sacos que haga en Parte media se adecúen a ese tamaño.

## Parte media

Antes de empezar en esta parte, he pegado la curva bezier que servirá para la tercera fila detrás de la retícula y las tres primeras filas las aparto hacia delante para tenerlas como referencia.

A un lado de la retícula están las copias de las vesículas, a las que, al igual que el resto de los objetos, tendré modificar el tamaño al final de esta parte.

Alargo el cuarto saco y lo ancho en eje Y hasta obtener de medida 1.39 aproximadamente. A partir de este saco, todos los demás conservan este mismo grosor.

Observo que al alargar el saco ambos costados tienen una curva muy aguda, por lo que reduzco esa agudeza seleccionando algunos vértices de la zona media del costado y los arrastro hacia dentro en el eje X (figura 53).

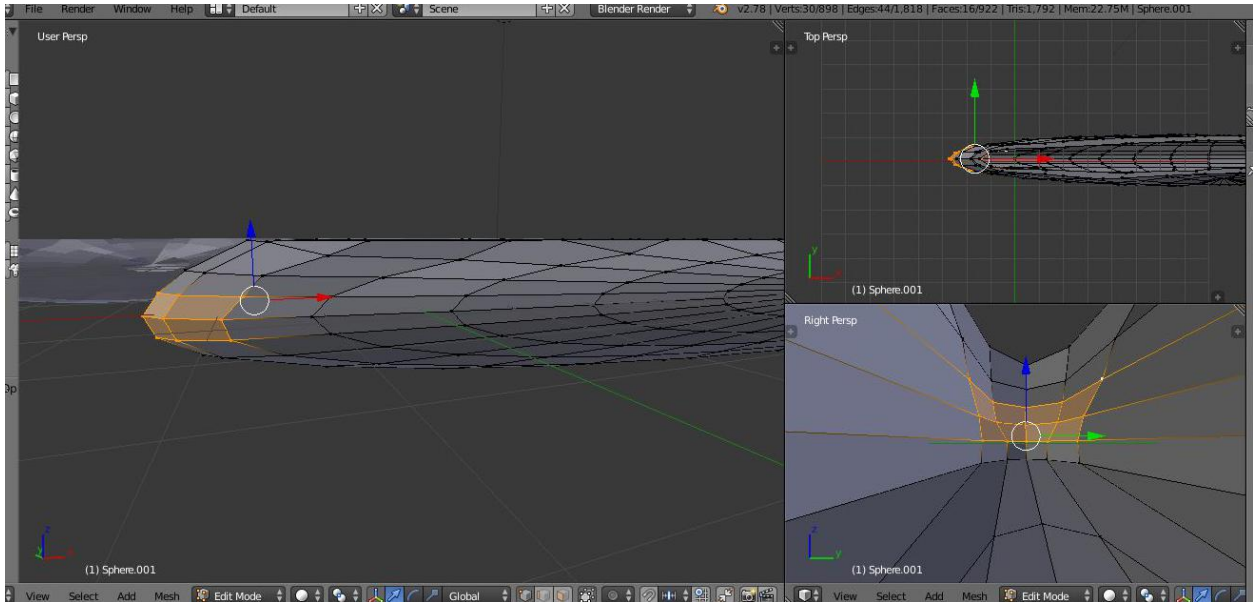


Figura 53.

Selecciono los vértices de la sección en la parte del costado y los llevo hacia afuera en el eje X.

Luego, realizo un anchamiento en los costados del saco y un estrechamiento de la zona central mayor que el realizado en la tercera fila.

Para realizar el anchamiento de los costados del saco, en Modo Edición selecciono algunos vértices de la zona superior de un costado en la parte frontal (y en la malla interna también) y los arrastro hacia afuera en el eje Y (figura 54) y después, voy ajustando los vértices alrededor de la zona anchada menos alejados de esa zona de forma gradual.

Realizo lo mismo en el otro costado.

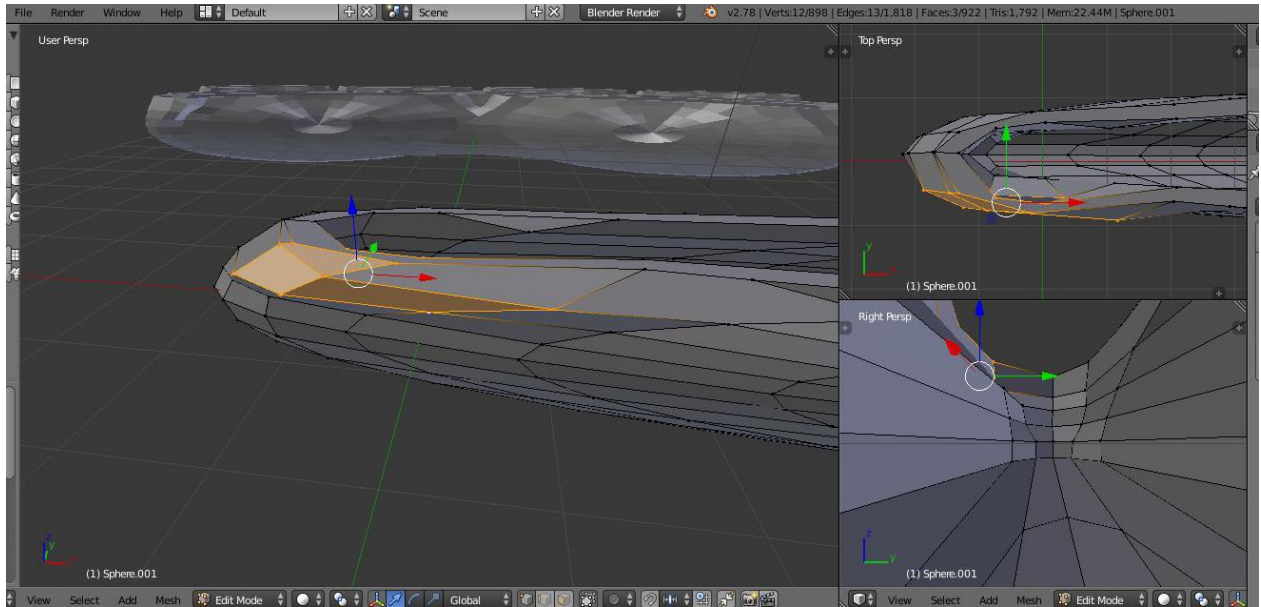


Figura 54.

Para terminar el anchamiento de los costados, ancho la parte trasera de estos seleccionando unos pocos vértices de la parte superior de un costado y los arrastro hacia afuera en el eje Y. En este caso no selecciono la superficie interna (figura 55).

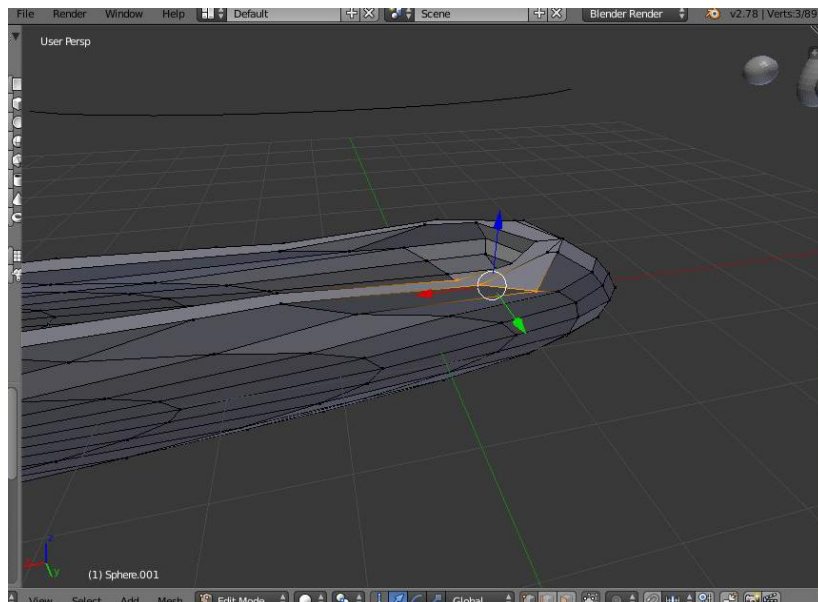


Figura 55.

Para realizar el estrechamiento, selecciono algunos vértices de la zona superior de la zona central (con los de la superficie interna) y los arrastro hacia adentro. El estrechamiento sólo lo hago en la parte frontal (Figura 56).

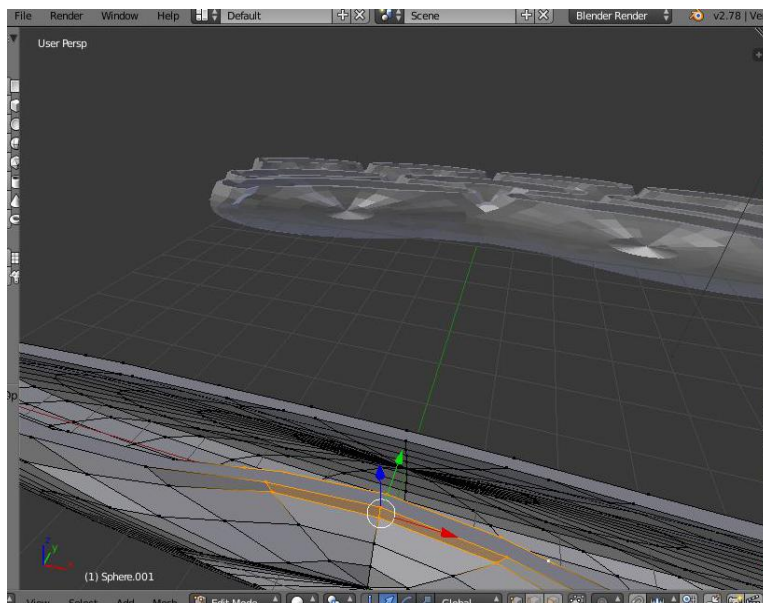


Figura 56.

Cuando ya he hecho los costados un poco más anchos y el centro más estrecho, realizo una duplicación del saco para aprovechar esa copia en la quinta fila o quinto saco y guardo la copia para más tarde.

Llevo la curva bezier que había pegado de la tercera fila al centro, la hago un poco más curva, sitúo el saco encima de ella y aplico el modifier Curve al cuarto saco (figura 57).

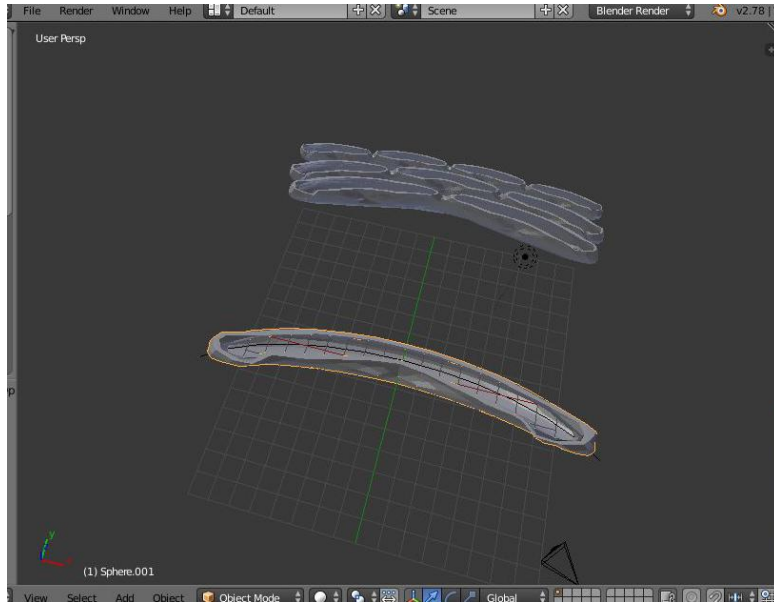


Figura 57.

Después, conservo la curva bezier para el quinto saco.

Para el quinto saco, traslado el saco que había duplicado anteriormente a partir del cuarto y hago más ancho los costados y más estrecho la parte del centro. Entonces, lo duplico para guardarlo para el sexto saco.

Traigo la curva bezier al centro, la hago ligeramente más curva, sitúo el saco encima de ésta y aplico al saco el modifier Curve.

Para el sexto saco realizo el mismo procedimiento que en el quinto saco. Sólo varía el hecho de que el saco lo duplico una vez que he lo he colocado sobre la curva bezier y le he aplicado el modifier Curve. Después pego esta copia en el archivo Cara Trans.

Por último, paso a modelar las vesículas como hice en la parte de Cara Cis, y copio y pego de vez en cuando algunas vesículas en el archivo Cara Trans.

## Cara Trans

Para esta parte, duplico la copia que ya había hecho al sexto saco una vez más (para obtener dos sacos).

Como último paso en esta parte, modelo las vesículas que ya había pegado y les doy otra forma.

## **4ª fase: integración de cada parte en un mismo archivo**

Finalmente, para acabar de realizar el orgánulo, creo un nuevo archivo blender y, habiendo copiado los sacos y las vesículas del archivo Cara Cis, los pego en este archivo y los sitúo en su lugar correspondiente. Realizo lo mismo con los archivos Parte media y Cara Trans.

Una vez que están todas las filas de sacos y vesículas colocados, alargo los sacos en el eje Z (seleccionándolos todos en Modo Objeto) hasta obtener la medida 1800 aproximadamente, para darles la altura a todos los sacos (este paso lo dejé para el final para poder ver todas las partes de los sacos más fácilmente durante el proceso).

Después, sitúo todas las vesículas seccionadas a la altura del tope de los sacos. Y uno la vesícula que había situado intersectada con la parte inferior del costado externo de la tercera fila con Ctrl+J.

Coloco la cámara desde un buen punto de vista que abarca todos los sacos y vesículas, sitúo las lámparas, aplico el modifier Smooth a cada objeto tres veces y hago un renderizado (figuras 58, 59 y 60).

Para realizar el renderizado desde varios puntos de vista, coloco las lámparas en los lugares que quiera iluminar para destacar las zonas que crea necesario destacar.

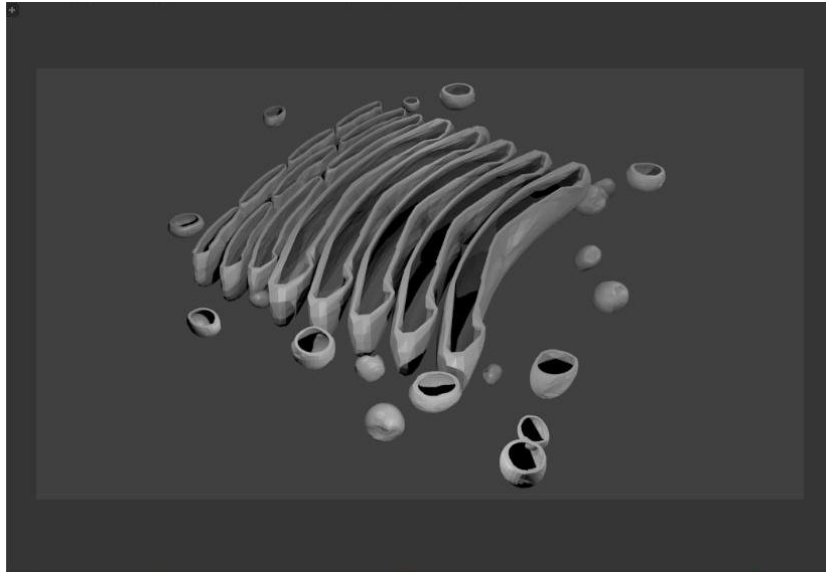


Figura 58. Renderizado lateral.

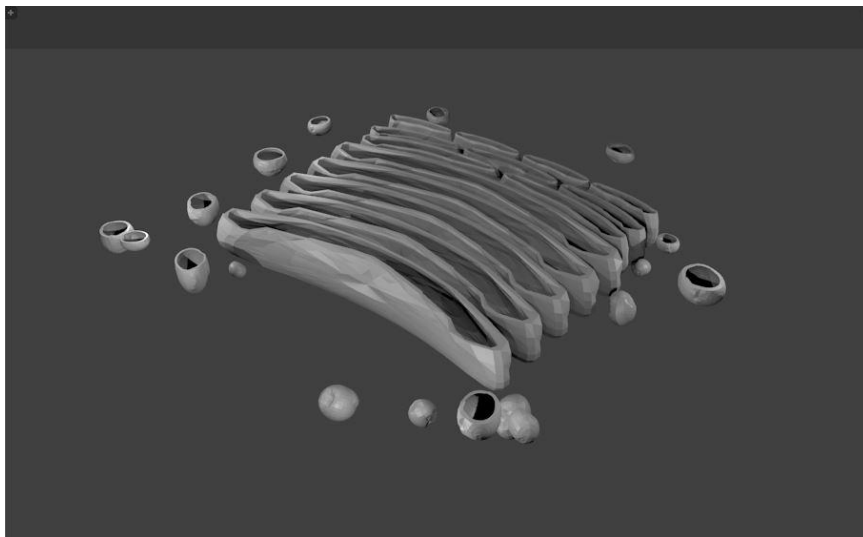


Figura 59.



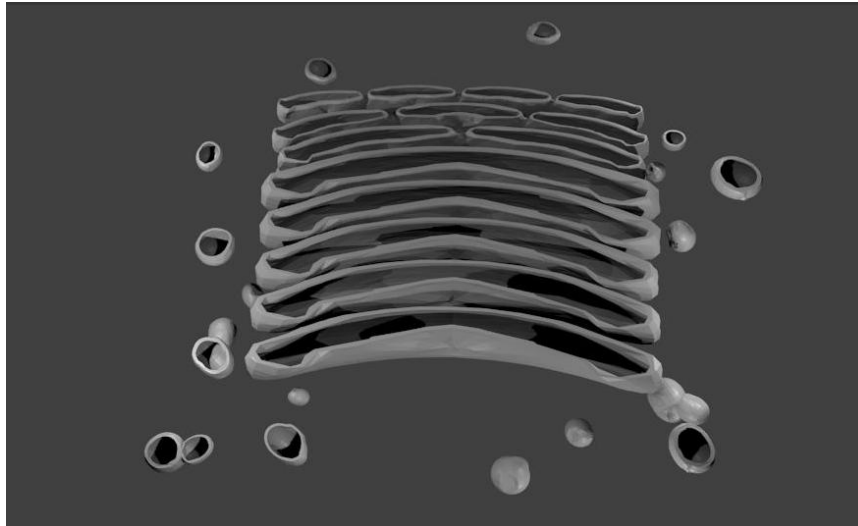


Figura 60. Renderizado Top.

## 8.2. Proceso de elaboración de Ribosomas

Este proceso lo he dividido en cuatro fases: Modelado de Subunidad pequeña, Modelado de ARN, Modelado de Subunidad grande y Colocación de parejas de subunidades a lo largo del ARN.

Algo importante que he de decir antes de comentar los pasos que he seguido en la elaboración de este orgánulo es que tanto la subunidad grande como la pequeña las he hecho a partir del Modo Objeto, utilizando el modificador Multiresolution, pero de una manera distinta: no he aplicado este modificador hasta que he llegado al final del modelado.

Lo he hecho así, sobre todo, porque me parecía una forma de simplificar el modelado a la hora de estrechar o alargar algunas partes concretas en la que tenía que utilizar el Modo Edición (ya que, si hubiera aplicado este modificador desde el principio después tendría que seleccionar, en la parte en la que quería hacer un estrechamiento determinado, una cantidad enorme de vértices). Por este motivo, gran parte del proceso de modelado tiene lugar en el Modo Objeto, aparte de en el Modo Sculpt, y en la herramienta del modificador Multiresolution (desde el Header de Propiedades, a la derecha), en el

apartado Preview (previsualización) no aparece el número de subdivisiones, debido a que las apliqué al final.

En el único modo en el que se pueden trasladar los elementos es en el M. Objeto.

## 1ª fase: Modelado de la Subunidad pequeña

En Modo Objeto, añado un cubo y le hago una sustracción de su cuadrante izquierdo superior y del cuadrante derecho inferior con un cubo más grande (figura 61).

De esta forma, al pasar al Modo Sculpt, obtengo una forma parecida a un cacahuete (figura 62).

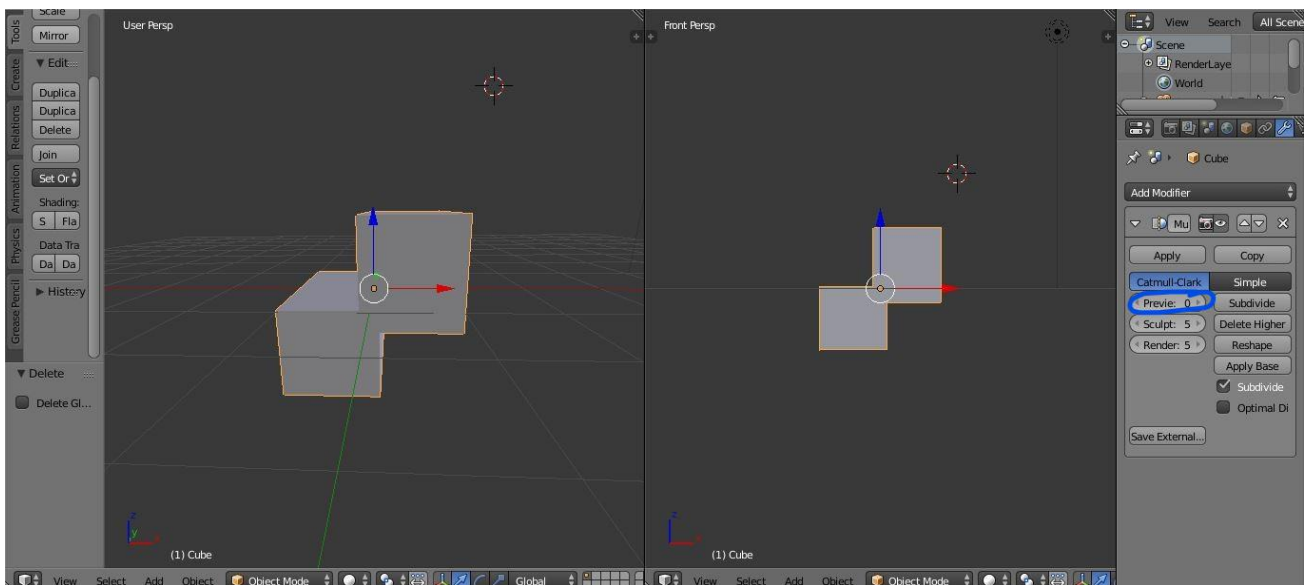


Figura 61. En el apartado Preview no aparece el número de subdivisiones por que se aplican al final de todo el proceso.

Después, en Modo Sculpt empiezo a modelar, yendo de las partes más grandes a las pequeñas, gradualmente.

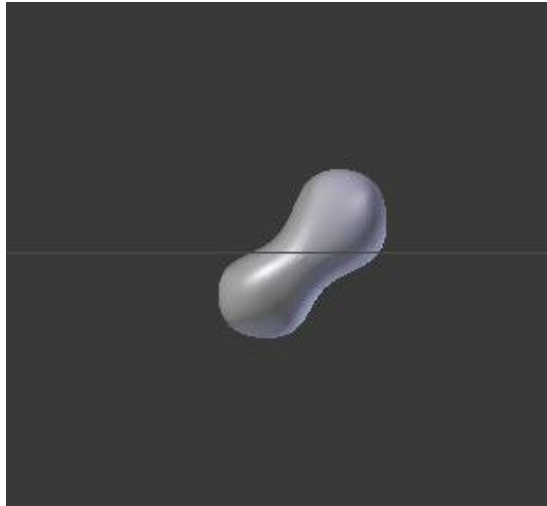


Figura 62. Cubo subdividido y con dos sustracciones realizadas. Parte inicial (Vista Frontal, M. Sculpt).

Con la herramienta Brush (en el Header izquierdo, Tools) en la opción Flatten aplano algunas zonas de la parte superior y de la inferior que presentan formas geometrizadas, sobre todo en los lados izquierdo y derecho.

Al principio empleo de radius(radio) 97, para zonas grandes, y después voy reduciendo a las medidas 75, 43 y 32.

Desde el comienzo intento que la parte trasera vaya quedando más aplanada que la delantera, utilizando como herramienta principal Flatten y, a veces, Deflate.

Para no abusar del brush Flatten(ya que suele aplanar con mucha intensidad), paso al brush Deflate (dentro de la opción "Inflate/Deflate"), que tiene el efecto de "desinflar" y lo aplico a algunas zonas de arriba y abajo (ayudándome en muchas ocasiones con el Autosmooth y sin tocar el centro todavía) con radio 146px (hasta 34, 24 y 19) y Strength 0.725.

Es importante saber que cuando se quiera utilizar alguna herramienta de Pincel utilizando el Autosmooth (para que la opción del brush que se haya elegido no se aplique de una brusca), se ha de rebajar el nivel de Strength(Fuerza) 60 décimas o más, y reducir el radio del brush 20 aproximadamente(esta reducción se realiza con respecto a las que aparecen marcadas por defecto) para que realmente pueda tener un efecto de suavizado.

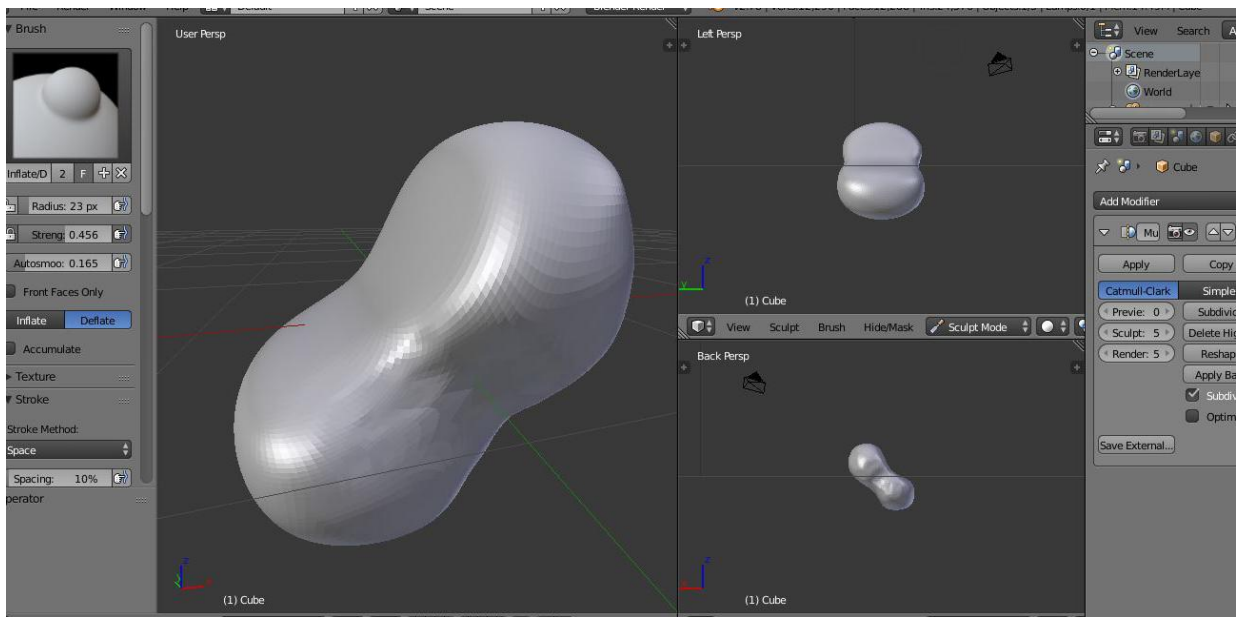


Figura 63.

Luego, en la opción Deflate, aumento más el nivel de Autosmooth para homogeneizar partes que no concuerdan con el resto del volumen (figura 63).

Después de estos pasos, en M. Objeto duplico la figura y la copia la escalo (S), dándole un cuarto más de volumen de la primera figura.

La copia la traslado muy lejos (como precaución para que los toque del pincel no le afecten).

En M. Sculpt aplico el brush con Flatten, radius 344 y Strenght 0.605, cuatro veces en la parte frontal y cuatro veces en la parte trasera.

En M. Objeto, giro la figura 14° a la izquierda.

Luego, decido aplicar Deflate con Autosmooth (Radius 77 , y 58; Fuerza 0.350, y 0.293; Autosmooth 0.308) por la zona del centro para suavizar las aristas que se formaron por el estrechamiento con el pincel Flatten que efectué en el paso anterior.

Después, vuelvo a utilizar el brush Deflate con Autosmooth (Radio 82; Fuerza 0.282; Autosmooth 0.210) para hacer la zona central más cóncava aún, aplicándolo en la parte

frontal y trasera (teniendo en cuenta que la parte central trasera no debe quedar tan cóncava como la delantera).

Uso la herramienta Smooth (Radio 86 y Strength 0.555) y doy toques a modo de trazos en la parte superior e inferior de la parte trasera, para dejarla ligeramente redondeada y más regular, y en la parte central delantera (Radius 69 y Fuerza 0.555) de forma suave (figura 64).



Figura 64. Aplicación de Smooth en parte trasera para dejarla más homogénea y de Pinch en zona central delantera para reducir la ampliación de la retícula.

Aplico el brush Pinch en la zona central delantera (radio 59 y Strength 0.500) donde la retícula de la malla se ha quedado más abierta para volverla regular (figura 64).

Empleo el brush Smooth (radio 75 y Fuerza 0.475) en la zona inferior de la parte frontal para homogeneizarla.

Al ver que las zonas superior e inferior quedaban abombadas, di unos toques con Flatten en la zona superior e inferior de la parte trasera (radius 74; Strength 0.344, y 0.490) y en la zona superior de la parte delantera (radio 110; Strength 0.344), insistiendo más en la parte trasera que la delantera, ya que esta última es menos plana que la trasera.

Para hacer un ligero efecto de pliegue en la zona central delantera (puesto que en la parte frontal se aprecia el volumen más rechoncho de la parte superior e inferior) utilicé Crease (Radio 34; Strength 260, 196) más fuerte por un lado que por el otro.

Una vez que vi la zona central de delante más despejada y con un hundimiento notable, pasé a dar más volumen a la parte superior. Primero apliqué Inflate (radius 153 y Strength 0.456) en la zona superior derecha de la parte frontal, luego en la zona superior izquierda (radio 116 y Fuerza 0.401) y posteriormente, usé Blob (Radio 143; Strength 0.413; Autosmooth 0.00 y 0.286 , con trazos), que da aun más volumen que Inflate, en la zona superior de la parte delantera e insistí en la zona izquierda y central de esta parte (figura 65).

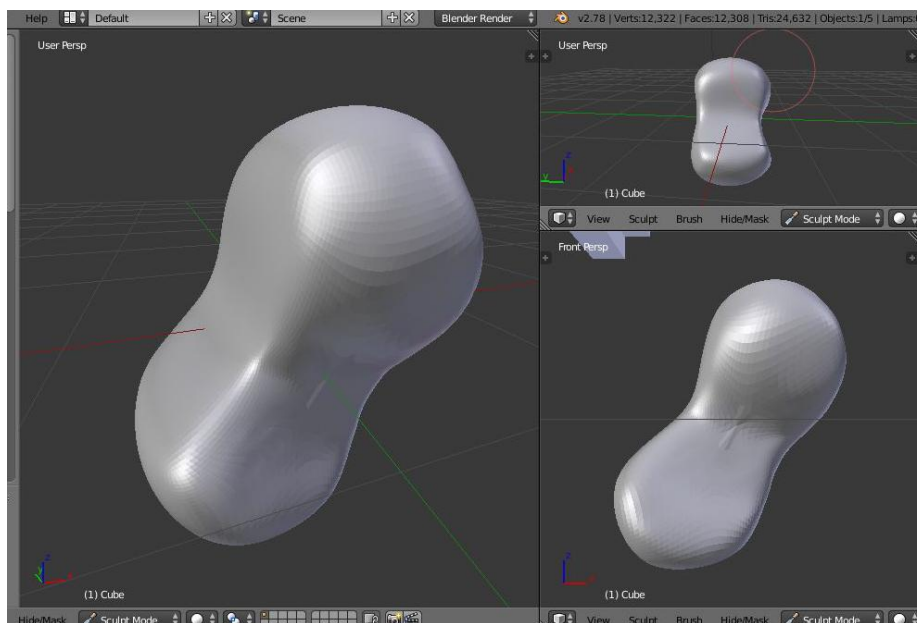


Figura 65.

Cuando la zona superior delantera era más notable, procedí a sacar el otro bulto de la parte superior desde el lado izquierdo, pero sin llegar totalmente a la parte trasera. Para ello, empecé con Blob (Radius 86 y Fuerza 0.707) para obtener el bulto de forma destacada y poder orientarlo con una forma orgánica.

Al mismo tiempo, fui empleando Pinch(radius 86 y fuerza 0.511) en algunos puntos del nuevo bulto donde la retícula se había abierto más y quedaban partes con imperfecciones notables.

Luego, volví a aplicar Blob, con una fuerza no mucho menor(Radio 79 y Strength 0.497), en la zona de donde surgía el nuevo bulto para que el pliegue entre los dos bultos no destacara mucho.

Volví a utilizar Pinch (radius 79 y Strength 0.317) para quitar las irregularidades de la malla por la parte inferior del bulto, y después retoqué los detalles más pequeños (Radio 39, Fuerza 0.237 y Autosmooth 0.061).

Utilizo Inflate (Radio 69 y Strength 0.401) para realzar partes del bulto que quedaban un poco hundidas, después doy unas pinceladas con Pinch(radius 69; Strength 0.108; Autosmooth 0.415, y 0.756) para la zona inferior del bulto y que la retícula quedara más homogénea, y utilizo Crease ligeramente(radio 58, Fuerza 0.196 y Autosmooth 0.205) y en la zona superior (casi desde vista Top) entre bulto y figura.

Cuando ya he dado más volumen al bulto, utilizo Flatten (primero radius 98 y fuerza 0.422; luego, Radio 122 y strength 0.307) en la zona inferior del bulto, y Smooth (radius 42 y Fuerza 0.219) de forma general en el bulto (figura 66).

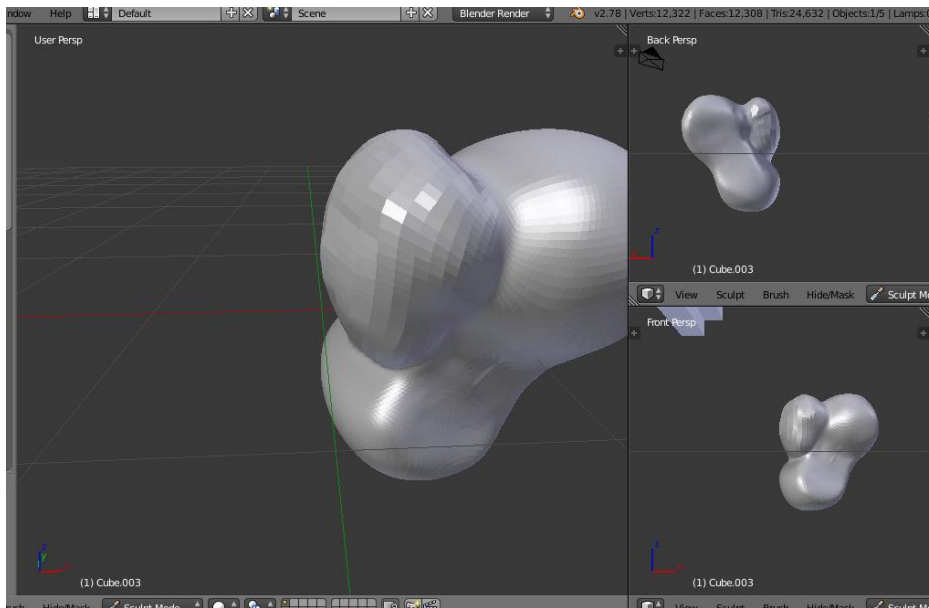


Figura 66. Adelgazo zona inferior de bulto y le doy unidad con Smooth.\*Ventana superior derecha: vista trasera; ventana inferior derecha: vista delantera.

En la parte posterior del bulto saco una pequeña protuberancia que acaba en un gancho , propio de esta subunidad, empleando primero Blob (radius 26 y Fuerza 0.364) y luego utilizo Snake Hook (radio 26; Strength 0.433, hasta 0.704) para sacar el extremo ganchudo, sin tirar mucho. Para acabar de hacer la forma aronada, aplico Grab(Radius 89; Fuerza 0.700 y 0.568; Autosmooth: 0.066) y tiro un poco desde atrás.

Noto que en la parte posterior entre bulto y figura hay una zona un poco hueca aún, por lo que la relleno con Fill.

Al observar que en la zona superior de la parte posterior del bulto hay un pequeño abombamiento justo en la parte antes del gancho, uso de forma muy suave Deflate(Radio 123, Strength 0.410 y Autosmooth 0.246) y Flatten. Después, Pinch para cerrar más la retícula, porque estaba alargada(Radio 123 y Strength 0.544).



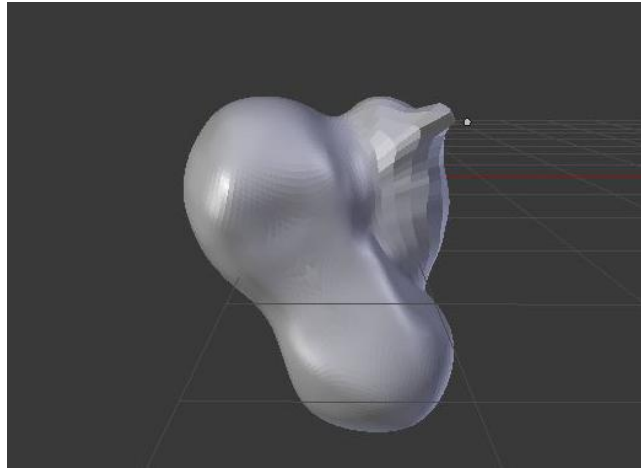


Figura 67. \*Vista trasera.

## 2ª fase: Modelado del ARN

Para el modelado del ARN en primer lugar, creo la estructura tubular de este con un copiado y pegado de cubos, en segundo lugar, realizo el modelado ondulado de este a lo largo del eje x y, por último, le aplico el modifier Curve para curvarlo un poco en el plano vertical.

Antes de empezar, selecciono el Modo Edición, y realizo toda la primera parte desde aquí (para hacerlo más cómodamente y no cambiar de M. Objeto a M. Edición ).

Añado un Cubo, lo coloco a la izquierda, selecciono los vértices del lado derecho (con SHIFT + clic en cada vértice de este lado) y lo extruyo (tiro hacia la derecha). Luego, selecciono todos los vértices del cubo (con A) , lo copio, lo pego, los coloco de forma que se intersecten y uno los dos cubos.

Después continúo de la misma forma: los dos cubos alargados que uní (los cubos unidos), lo alargo primero un poco por un lado, luego lo selecciono , lo copio, lo pego , y la copia la uno con la anterior. Siempre siguiendo este mismo procedimiento.

Cada dos veces que haga este procedimiento, escalo para disminuir su tamaño, y sigo como antes.

En mi caso realicé estos pasos 5 veces, pero depende de la forma en la que se extruya el cubo, cómo se pegue este con su copia y cómo se disminuya su tamaño.

Realicé estos pasos hasta obtener un fino tubo (todas las aristas, menos las que han sido alargadas, miden una centésima parte de las aristas de el cubo que aparece en el programa por defecto) que está compuesto por 48 cubos (alargados) aproximadamente.

Al ser un tubo compuesto por uniones de cubos alargados hay algunos grupos de cuatro vértices que aparecen repetidos (por el lado en el que se intersectaron para unirlos) y que no quedan bien ensamblados. Por este motivo, hay que eliminar algunos de esos vértices y aristas e ir uniendo los vértices repetidos que no he eliminado con los del lado contiguo (figura 68).

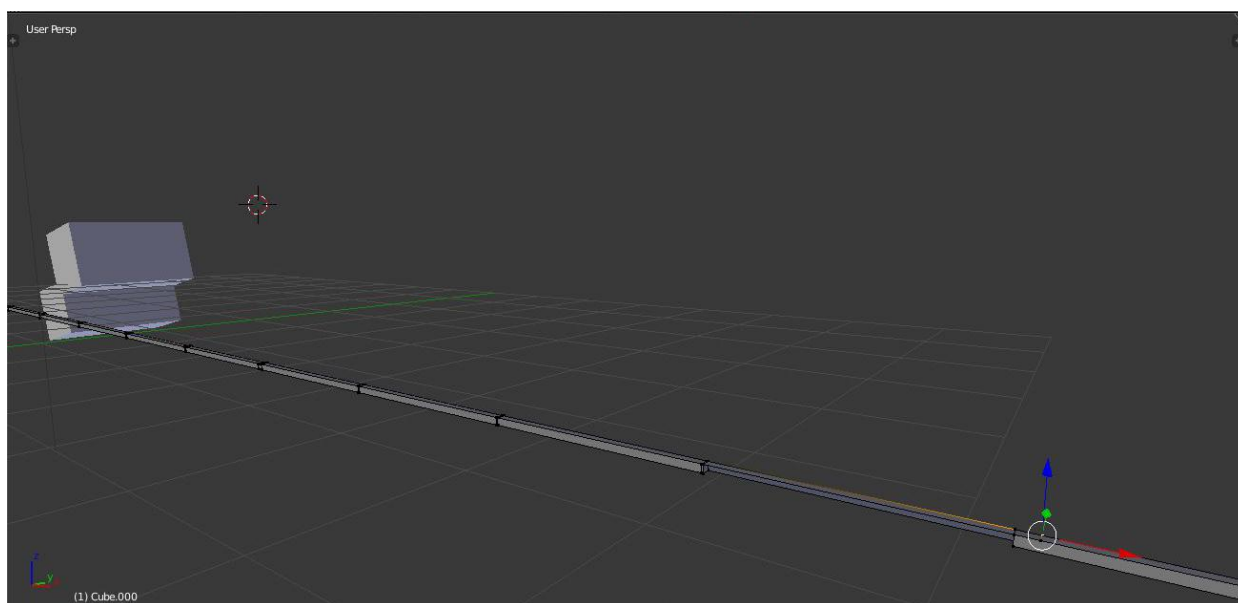


Figura 68.

Cuando se realiza esa unión de los vértices que quedaron bien con los otros del lado contiguo, aparecen más caras y se va completando cada cubo estirado.

Cuando he arreglado el problema de los vértices, duplico el tubo, le quito una pequeña parte y lo uno al original.

Posteriormente, en Modo Edición modelo este tubo con una forma ondulada a lo largo del eje X, de forma vertical, moviendo los grupos de cuatro vértices en el plano vertical (figura 69).

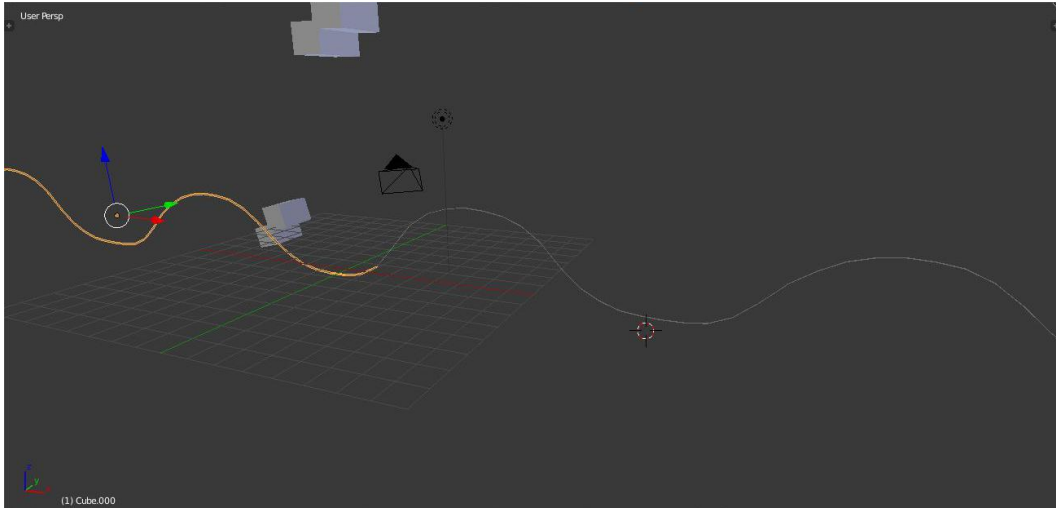


Figura 69. El largo obtenido, una vez que modelé el ARN a lo largo del eje X, ocupaba dos veces y media el largo de la retícula.

Como último paso dentro de la parte del ARN, curvo en el plano vertical la forma tubular que he ondulado previamente, para lo que utilizo la curva bezier y el modifier Curve.

En M. Objeto, añado una curva bezier, la modelo dándole forma de curva, en el plano horizontal, no muy pronunciada.

Para que esa curvatura se aplique a la forma del ARN, coloco el ARN encima de la curva y luego, en el header de Propiedades clico en "Modifier"(icono de la llave inglesa) y luego, selecciono el modifier Curve.

Con el ARN previamente seleccionado, observo que al poner la herramienta modifier Curve el nombre de la curva bezier que he modelado aparece en el apartado Object. Después, cuando he colocado mejor el ARN encima de la curva bezier y creo queda como quería, clico en "Apply".

Cuando ya he finalizado el ARN, clico en M. Objeto y traslado el ARN lejos para , a continuación , crear la subunidad grande.

### **3ª fase: Modelado de la Subunidad grande**

Para colocar la subunidad grande en una posición correcta con respecto a la subunidad pequeña, primero girar 37° a la izquierda en el eje X, y luego 90° en el eje Z.

Aplico Flatten , desde vista frontal, en los lados izquierdo y derecho de la zona superior (Rad. 55, Strength 0.283 y Autosmooth 0.205).

Luego utilizo Flatten por los lados izquierdo y derecho de la zona cercana al centro (Rad. 151, Strength 0.407 y Autosmooth 0.150).

Doy unos toques por la parte de abajo (Rad. 151, Str. 0.350 y Aut. 0.186).

Después, hago una copia en M. Objeto para utilizar la copia para una sustracción que haré más tarde.

En la figura que utilizaré como figura original (M. Edición) selecciono todos los vértices menos los seis de abajo, y con el Transform manipulator estrecho un poco la zona seleccionada. Luego selecciono sólo los dos vértice de arriba y estrecho un poco más.

Girar la copia sin modificar 26° hacia adelante en eje X y con ella hacer una sustracción en la arista trasera de la parte superior con Boolean (figura 70).

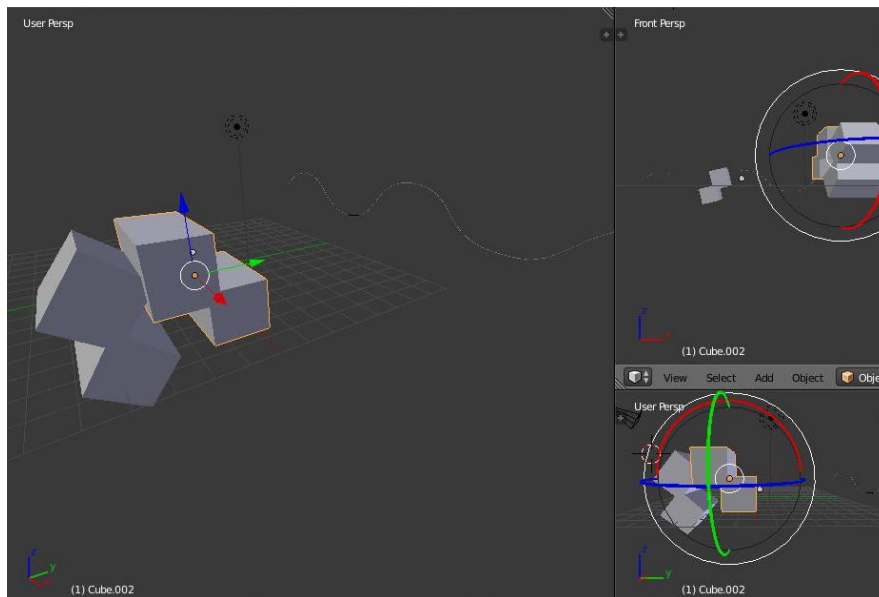


Figura 70. Sustracción de arista trasera de subunidad grande.

Debido a que las subunidades deben tener formas que encajen y a que, la subunidad que he creado está ligeramente orientada hacia la derecha, inclinaré la subunidad grande un poco hacia la derecha aplanando la parte superior izquierda.

Utilizo Flatten y doy unos toques por su lado superior izquierdo (Rad. 108, Str. 0.350 y Aut. 0.186).

Al igual que ocurría con la parte trasera en la subunidad pequeña, en la subunidad grande la parte trasera es un poco más plana que la delantera. Primero empiezo aplicando Flatten de forma general en la parte superior (Rad. 108, Str. 0.350 y Aut. 0.186), después voy definiendo la parte de los lados de la zona superior (Rad. 75, Str. 0.267 y Aut. 0.1869 y luego lo aplico en la parte más alta (Rad. 195, Str. 0.350 y Aut. 0.186).

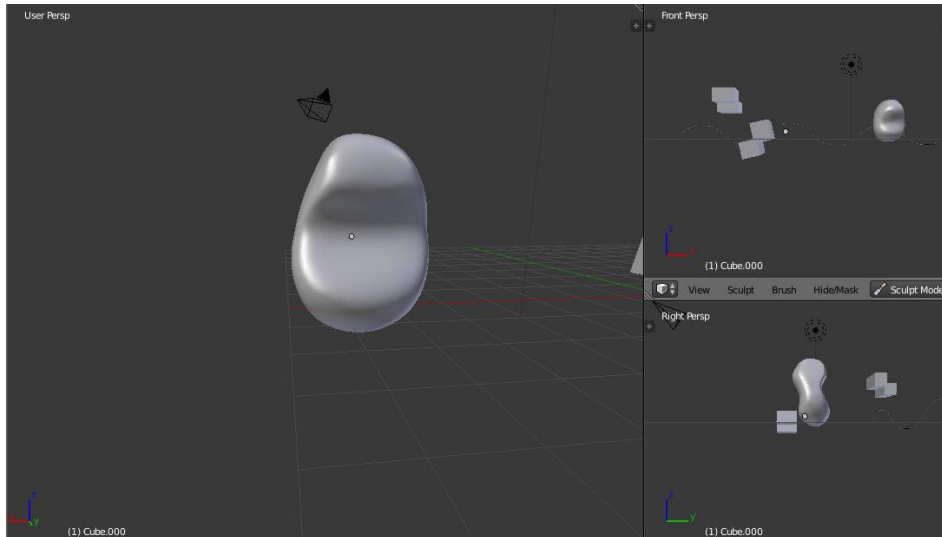


Figura 71. Aplicación de Flatten por zona izquierda superior y parte trasera.

Observo que hay varias zonas angulosas, por lo que uso Smooth. Primero, lo aplico por el lado derecho de la parte trasera y por zona inferior también (Rad. 109 y Str. 0.628). Luego doy varios trazos en la parte delantera, tanto en la parte más alta de la zona superior como en la más cercana a la parte media (Rad. 109 y Str. 0.541).

Para corregir unos pequeños puntos que aparecían, utilizo Flatten con una intensidad menor (Rad. 76; Str. 176 hasta 70; Aut. 0.186).

Las subunidades grandes suelen presentar un cavidad o hueco que las recorren de forma vertical, en la cara que encaja con la subunidad pequeña.

Para esto utilizo Deflate, empezando, desde arriba, por el eje central (Rad. 51, Str. 0.383 y Aut. 0.173) y después repasando por las zonas contiguas a ese eje central (especialmente en el izquierdo, Rad. 36, Str. 0.430, y Aut, 0.105). Luego, uso Deflate por la zona de la parte media, dando toques por eje central (Rad. 67, Str. 0.493 y Aut. 0.105) y después, dando trazos verticales por la zona contigua izquierda (pero cerca del centro, Rad. 26, Str. 0.276 y Aut. 0.105).

Para que la incisión que he realizado en el hueco no quede muy pronunciada, ya que se tiene que integrar en la forma general de la subunidad grande (que tiende a "abrazar" a la pequeña) doy a modo de pinceladas, Blob en modo sustractivo. Empiezo por la parte

de arriba en zona central (Rad. 47, Str. 0.221, Aut. 0.177 y Pinch 0.500), después paso a los laterales de este (Rad. 52, Str. 0.258, Aut. 0.177 y Pinch 0.500).

Como no quiero que en la parte media quede muy notable el hueco, doy Blob a modo sustractivo en la zonas laterales al centro (Rad. 34, Str. 0.163, Aut. 0.045 y Pinch 0.436).

Luego, en las zonas en las que el hueco destaca bastante todavía, vuelvo a aplicar Blob en la parte media de la subunidad (parte central que ya estaba hundida cuando creé la subunidad grande) por los lados del hueco (Rad. 56, Str. 0.182, Aut. 0.112 y Pinch 0.436).

La parte central de la subunidad grande no debe ser tan hundida como la de la subunidad pequeña y por eso, aplico Fill en esta zona, a los lados del hueco (Rad. 85, Str. 0.384, Aut. 0.056 y Plane 0.067). Luego lo vuelvo a dar un poco más arriba (Rad. 85, Str. 0.384, Aut. 0.056 y Plane 0.169), en la parte media.

En la parte media, para que la incisión se vea pero no destaque mucho aplico ligeramente Deflate (Rad. 40, Str. 0.239 y Aut. 0.030, entre la zona superior y la honda).

Para que la incisión tenga una disposición hacia la derecha, puesto que la subunidad está inclinada hacia ese mismo lado, vuelvo a aplicar Deflate en el borde derecho de la zona superior (Rad. 22, Str. 0.251 y Aut. 0.030).

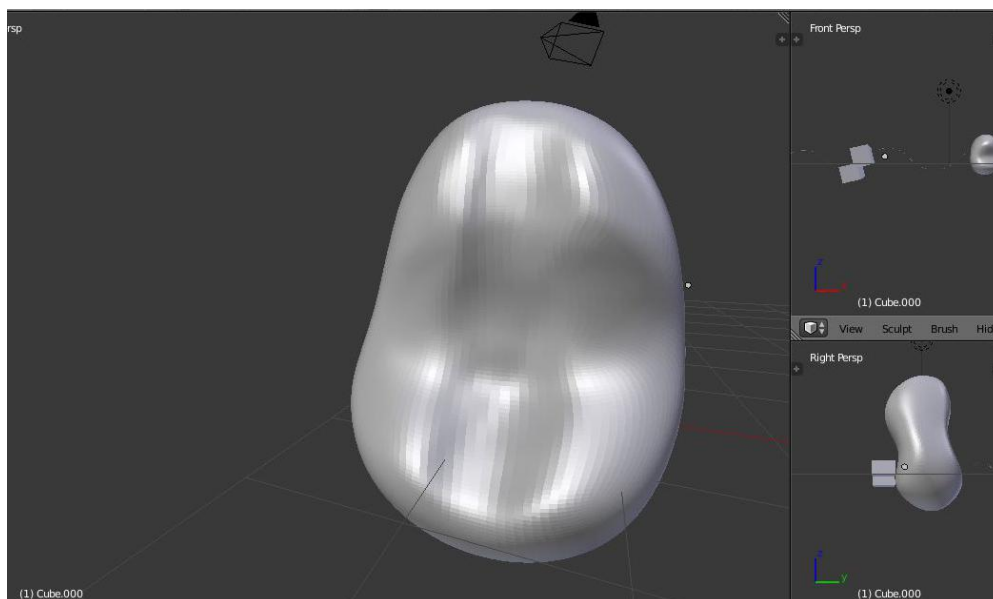


Figura 72. Repaso de la cavidad central con Deflate.

Aplico con Deflate en la zona inferior de la subunidad para continuar la incisión hacia la parte inferior de forma suave (Rad. 67 hasta 80, Str. 0.239 y Aut. 0.000) y un poco hacia la derecha (figura 72).

Coloco las subunidades unidas de varias formas hasta ver cuál es la mejor posición: situar la subunidad pequeña un poco más abajo de la altura de la grande y un poquito hacia su izquierda (pero sin unir las todavía).

#### **4ª fase: Colocación de las subunidades a lo largo del ARN**

En M. Objeto coloco la pareja de subunidades de forma horizontal (seleccionando las dos a la vez), girando 90° en el eje X y 90° en el eje Z.

Luego multiplicaré esta pareja cinco veces para disponer las parejas a lo largo del ARN. También colocaré una pareja al inicio de forma separada (para que se vea cómo es su forma).

Pero antes de hacerlo, duplico la pareja original que he girado y la llevo al centro, apartando un poco el resto de elementos de forma momentánea. Esta será la pareja de subunidades separadas.



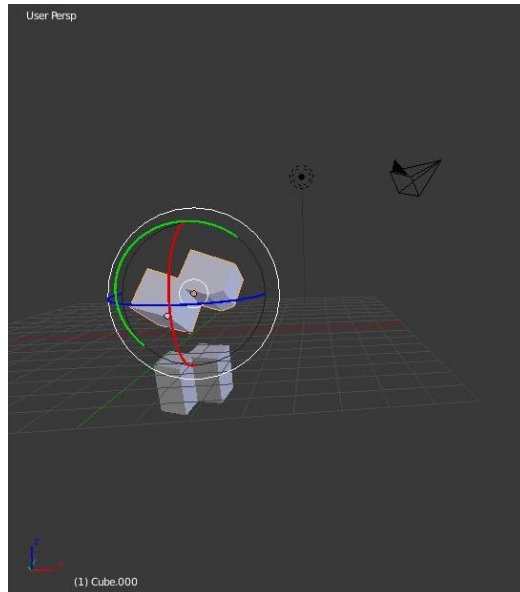


Figura 73. Pareja de subunidades separadas.

Las dispongo de una forma determinada (sin dejar de ser horizontal): la distancia que tiene que haber entre ellas es de tres cuadrados de la retícula (figura 73).

En la subunidad grande, realizo un giro de  $20^\circ$  hacia la izquierda en el eje Y desde su parte superior, y otro giro de  $25^\circ$  desde dentro hacia delante en el eje X; en la subunidad pequeña hago un giro de  $9^\circ$  desde dentro hacia delante en eje X. Cuando ya está situadas, las uno con Ctrl+J (de este modo guardarán la misma distancia que tienen, aunque se las traslade).

Después, vuelvo a poner en el centro la pareja original de subunidades unidas, las uno y las duplico cinco veces (para obtener seis parejas unidas). Selecciono todas las subunidades y hago una pequeña reducción de tamaño (figura 74).

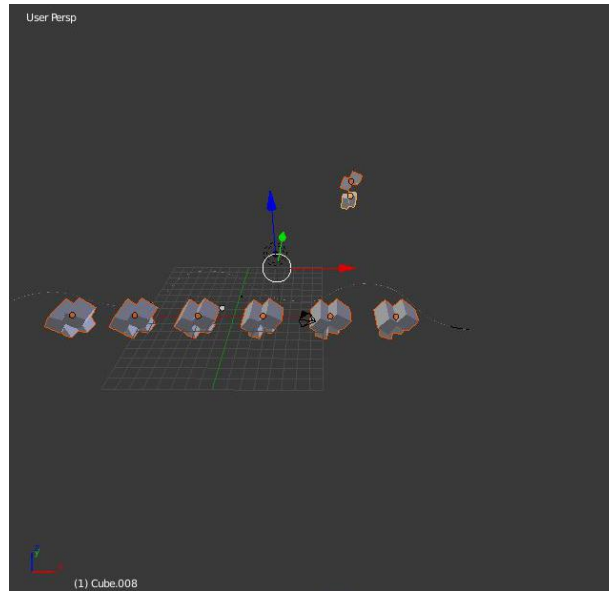


Figura 74. Reducción de tamaño de subunidades.

Procedo a colocar cada pareja a lo largo del arn con Transform manipulator con la opción Rotate (R), dejando un espacio en la parte izquierda del ARN para, en el último paso colocar la pareja separada (figura 75).

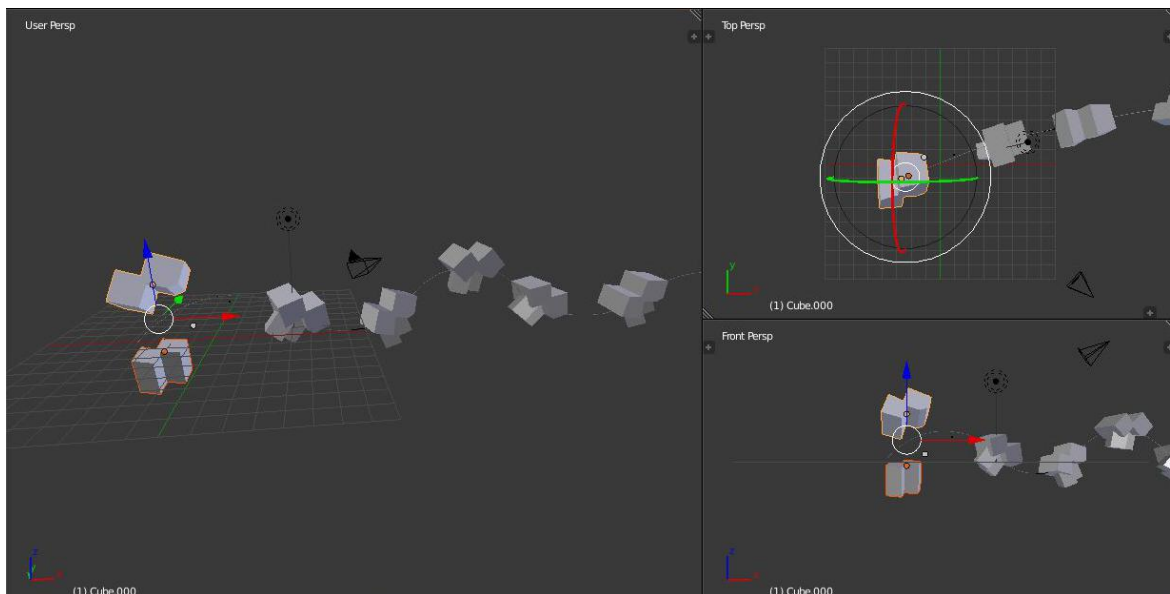


Figura 75. Colocación de subunidades a lo largo del ARN.

Cuando cada pareja está dispuesta en el ARN, aplico el modifier Smooth a cada una de las veces.

Una vez que ya tengo las subunidades hechas, orientadas y suavizadas con el modifier Smooth, voy al modifier Multiresolution (M. Objeto), que ya había abierto desde el principio, y doy en Apply (figura 76).

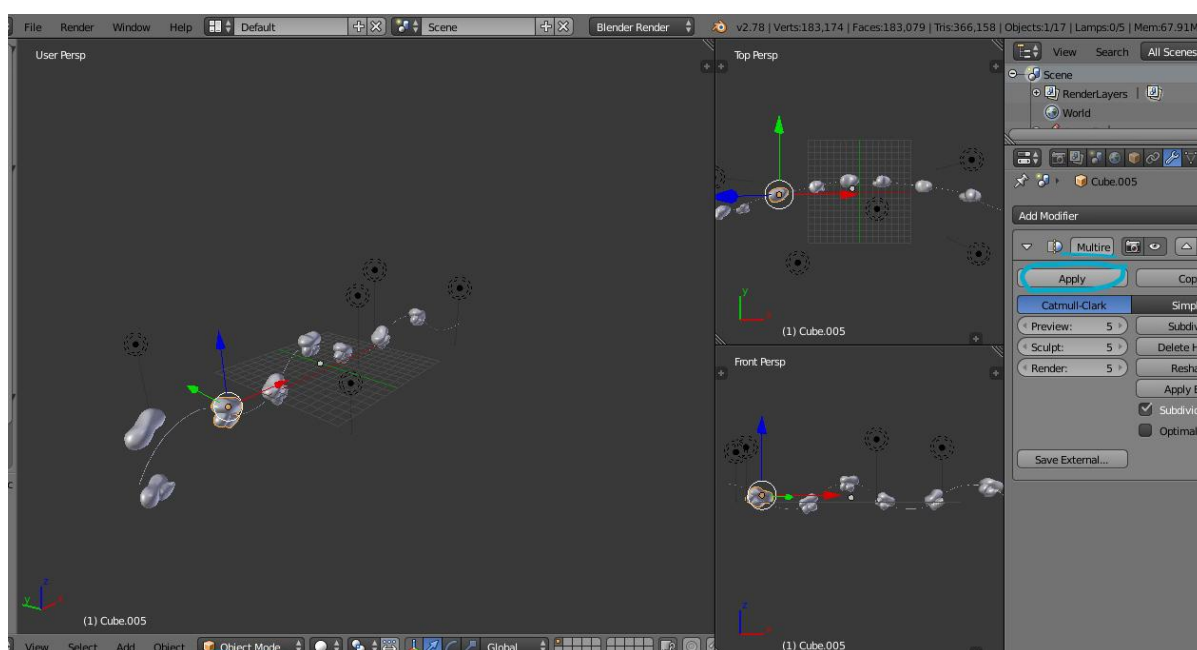


Figura 76.

Coloco la cámara desde un punto de vista que abarque todos los ribosomas, sitúo las lámparas y hago un renderizado (figuras 77, 78 y 79).

Para realizar el renderizado desde varios puntos de vista, coloco las lámparas en los lugares que quiera iluminar para destacar las zonas que crea necesario destacar.

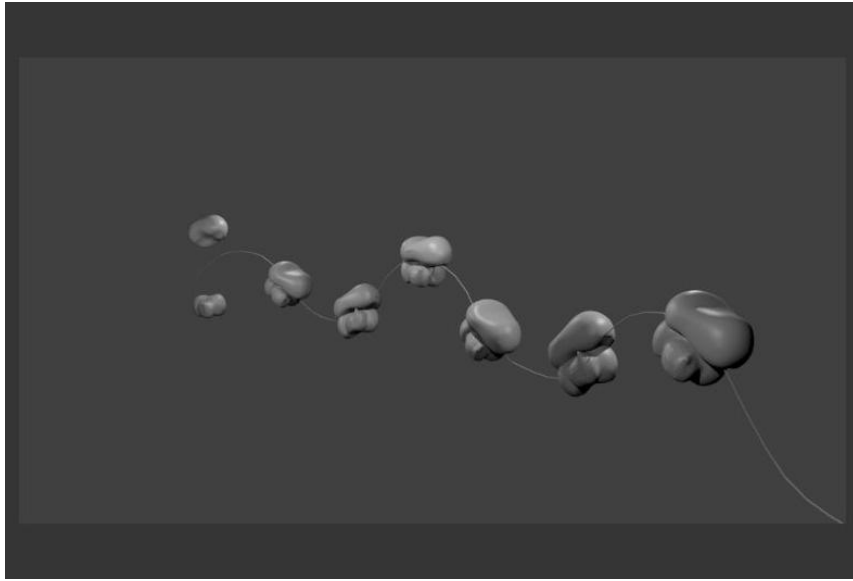


Figura 77. Renderizado desde lado derecho.

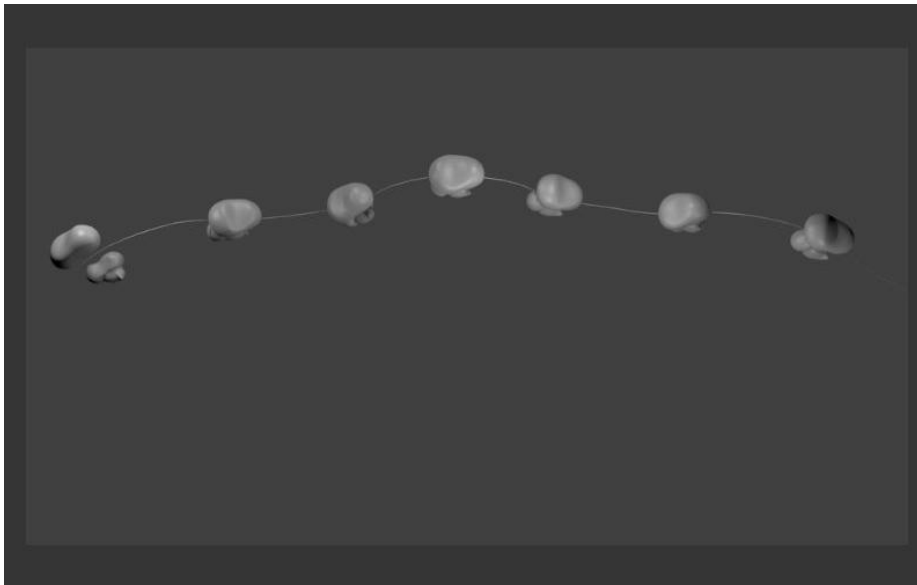


Figura 78. Renderizado desde arriba.

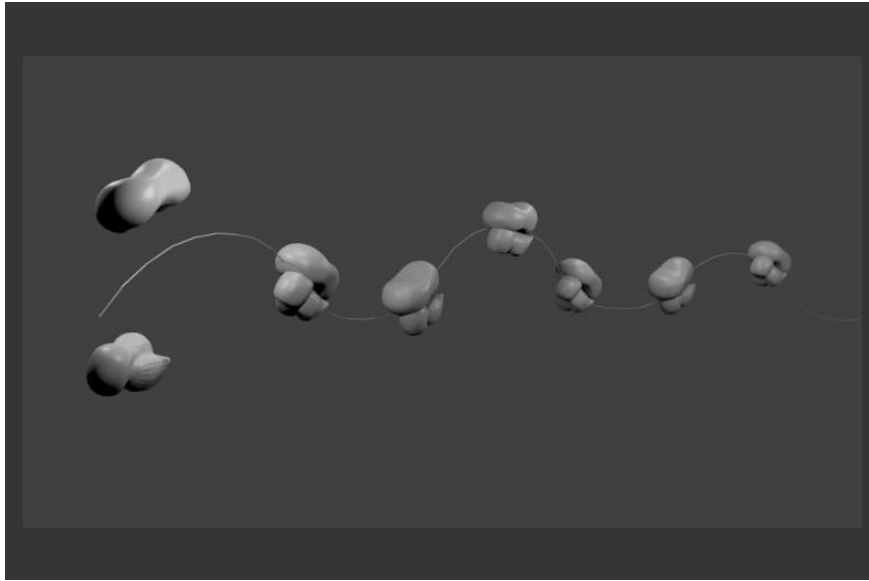


Figura 79. Renderizado desde lado izquierdo.