

Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

MODELADO 3D DE UN PUESTO DE TRABAJO PARA APLICACIÓN DE FORMACIÓN EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Realizado por:

Juan Carlos Gimeno Agustín

Dirigido por:

Jorge Alcaide Marzal

Codirigido por:

José Antonio Diego Mas

Valencia, 2017

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1 Motivación del TFG.....	9
1.2 Breve introducción teórica.....	9
2. ANTECEDENTES.....	13
2.1 Métodos tradicionales de prevención de riesgos laborales.....	16
2.2 Métodos novedosos de prevención de riesgos laborales.....	19
3. JUSTIFICACIÓN DEL DISEÑO.....	25
3.1 Justificación del diseño elegido para el puesto de oficina.....	25
3.2 Justificación del diseño para el puesto de cadena de montaje.....	26
3.3 Justificación del diseño para el puesto de diferentes alturas.....	27
4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.....	31
4.1 Puesto de oficina.....	32
4.2 Puesto cadena de montaje.....	40
4.3 Puesto elevación en diferentes alturas.....	47
5. UTILIZACIÓN DE LOS PUESTOS DISEÑADOS EN LA APLICACIÓN.....	55
5.1 Realidad virtual.....	55
5.2 Realidad Aumentada.....	56
5.3 Aplicación práctica.....	56
6. CONCLUSIONES.....	63
6.1 Conclusiones sobre la ergonomía en la prevención de riesgos laborales.....	63
6.2 Conclusiones sobre la aplicación (App) de prevención de riesgos laborales.....	64
7. BIBLIOGRAFIA.....	67
8. ANEXOS.....	71
8.1 Anexo 1: Estudio de las posiciones y movimientos ergonómicos en los puestos de trabajo analizados.....	71
8.2 Anexo 2: Explicación del proceso de modelado de los puestos de trabajo.....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1 Posición neutra de pie	14
Fig.2 Posición neutra sentado.....	14
Fig.3 Captura Manual ergonomía La Caja ART.	17
Fig.4 Ejemplo de diapositiva de prevención de riesgos laborales.....	18
Fig.5 Napo en un vídeo de Prevenir.....	19
Fig.6 Juego: identifica los riesgos. Prevenir.	20
Fig.7 Captura APP Análisis de posturas forzadas. INSHT	21
Fig.8 Diseño final del puesto de trabajo de oficina	25
Fig. 9 Diseño final del puesto de trabajo de cadena de montaje	27
Fig.10 Diseño final puesto de trabajo diferentes alturas	28
Fig.11 Marcador de realidad aumentada.	57
Fig.12 Postura ideal sentado.....	71
Fig.13 Posicionamiento incorrecto del ordenador.....	72
Fig.14 Posicionamiento correcto del ordenador.....	73
Fig.15 Espacio para el movimiento del ratón.....	73
Fig.16 Posturas de utilización del ratón	74
Fig. 17 Posturas de utilización del teclado	75
Fig.18 Distribución del espacio en la mesa de trabajo.	76
Fig. 19 Arco horizontal de alcance del brazo y área de trabajo sobre una mesa (cotas en mm).....	78
Fig. 20 Perímetro de agarre de la mano.....	79
Fig. 21 Peso teórico recomendado en función de la zona de manipulación.....	83
Fig.22 Agarre bueno.....	84
Fig. 23 Agarre regular	85
Fig. 24 Agarre malo.....	85
Fig. 25 Sección disco intervertebral	87
Fig. 26 Levantamiento de peso con espalda curvada	87
Fig. 27 Levantamiento de peso con columna recta	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Frecuencia de uso de elementos de oficina	76
Tabla 2 Factor de corrección según tipo de trabajador.....	82
Tabla 3 Factor de corrección según desplazamiento vertical	83
Tabla 4 Factor de corrección según giro del troco	84
Tabla 5 Factor de corrección según tipo de agarre	85
Tabla 6 Factor de corrección según frecuencia de manipulación.....	86
Tabla 7 Lesiones más frecuentes	89

I. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Motivación del TFG.

La razón que me ha motivado a realizar este trabajo se basa en la experiencia personal a la hora de la búsqueda de mobiliario de oficina. Se ha detectado que, por ejemplo, hay personas que no logran encontrarse cómodas en ninguna silla de oficina pese a que han probado una gran diversidad de ellas. Entonces, suponiendo que no todas las sillas debían estar mal diseñadas, quizás el problema radicaba en la persona.

Cuando mi tutor me planteó la idea de este TFG, comprendí que, en muchas ocasiones, las personas no reciben de forma correcta la información necesaria para aprender a sentarse, ni a regular la altura correcta de la pantalla, ni a aconsejarnos sobre realizar descansos periódicos para evitar cansancio postural. De este modo, no solo es importante el diseño ergonómico de las cosas, sino también aprender a utilizarlas de forma cómoda y adecuada y aprender a conocer las limitaciones individuales del ser humano.

Sólo de esta forma, el trabajador podrá alcanzar un estado de confort con su puesto de trabajo y así la empresa también será una gran beneficiada puesto que aumentará la productividad y competitividad de la misma.

1. 2 Breve introducción teórica.

Este proyecto forma parte y se va a emplear en un Plan Nacional financiado por MINECO (Ministerio de Economía y Competitividad) orientado a la formación en prevención de riesgos laborales mediante tecnologías inmersivas. El presente trabajo sólo representa una parte una parte de dicho Plan Nacional y se centra en discernir la importancia de la ergonomía en los diferentes puestos de trabajo, teniendo en cuenta el estudio de las medidas de ser humano, así como los movimientos que éste puede realizar de una forma cómoda.

Teniendo en cuenta que las personas tienen unas capacidades físicas que limitan las tareas que pueden realizar, este trabajo se centra en la población media, sin entrar en segmentos de la población específica y con necesidades especiales.

Por ello, los trabajadores medios, además de unas medidas de su cuerpo, presentan otros factores físicos como su fuerza o su capacidad aeróbica. Desde este punto de vista, el conjunto de los distintos factores que limitan el trabajo es lo que se ha tenido en cuenta para determinar qué barreras no puede superar un trabajador con el fin de evitar lesiones o accidentes laborales.

II. ANTECEDENTES

2. ANTECEDENTES

La ergonomía es la ciencia que estudia la adaptación del medio al hombre en el ámbito laboral: la relación entre el trabajador que efectúa la tarea y la forma en que está diseñado su puesto y el modo con que realiza la tarea. El análisis de esta relación tiene como fin adaptar el trabajo al hombre, considerando sus características físicas y las de la tarea que debe desempeñar, a fin de evitar la generación de enfermedades o lesiones.

El hecho de que muchos trabajadores pasen un elevado número de horas trabajando en su puesto de trabajo implica la realización de movimientos de forma continuada así como mantener una misma postura durante su jornada laboral. Ante esta situación, surge la necesidad de plasmar los movimientos y posturas que van a ser menos perjudiciales para ellos con el fin de evitar cansancio, lesiones, incomodidad que, a largo o medio plazo, provocarán enfermedades a veces irreversibles. Este tipo de riesgos y sus consecuencias han ido en aumento: cada vez es mayor la cantidad de personas que se ven afectadas por la escasez de diseños adecuados. Por ello, la ergonomía se integra hoy al conjunto de acciones preventivas que tienden a lograr el bienestar físico de los trabajadores y por ende a la calidad y aumento de la producción.

Como norma general, se podría decir que aquellos movimientos o posturas que se realizan próximos a la posición neutra del cuerpo son los que menos esfuerzo suponen para el trabajador y por lo tanto los que evitan y previenen posibles dolencias causadas por malas posturas o movimientos realizados en el trabajo.



Fig.1 Posición neutra de pie



Fig.2 Posición neutra sentado

Para centrar más el trabajo, se han concretado tres tipologías de puestos de trabajo: oficina, cadena de montaje y elevación de cargas.

En el *Anexo 1: Estudio de las posiciones y movimientos ergonómicos en los puestos de trabajo analizados*, se ha realizado un examen exhaustivo de las posturas y movimientos más adecuados para cada una de las tipologías de puesto de trabajo analizado.

Pese a que es importante conocer dichas posturas y movimientos, como el presente trabajo se centra en una nueva metodología para la prevención de riesgos laborales, es necesario

determinar que formas didácticas existen ya en la actualidad y cómo son utilizadas por las empresas para evitar lesiones en sus trabajadores.

La prevención de riesgos laborales es un deber de las empresas como queda reflejado en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, dentro del Capítulo III que hace referencia a los derechos y obligaciones, en el artículo 14. – Derecho a la protección frente a los Riesgos Laborales donde se especifica:

“Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo .../...”

“Los derechos de información de consulta y participación, formación en materia preventiva, [...], forman parte del derecho de los trabajadores a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo”

En el artículo 19 queda reflejada la necesidad de una formación teórica y práctica:

“En cumplimiento del deber de protección, el empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva, tanto en el momento de su contratación, cualquiera que sea la modalidad o duración de ésta, como cuando se produzcan cambios en las funciones que desempeñe o se introduzcan nuevas tecnologías o cambios en los equipos de trabajo.”

Además, en este mismo artículo se hace referencia a que la formación debe ir dirigida al trabajador dependiendo de su puesto de trabajo o función que desempeñe:

“La formación ha de estar directamente relacionada con la actividad del trabajador y en consonancia con los riesgos a los que se va a ver sometido durante la realización de su trabajo, tanto de forma directa, debido a las características de su profesión, como por las circunstancias en que tal actividad se desarrolla”

Una vez definido que en España la formación de los trabajadores para evitar lesiones y accidentes laborales en el trabajo es un derecho para éstos y una obligación para las empresas, habrá que diferenciar qué métodos utilizan éstas para proporcionar dicha formación.

Existen varias formas de hacer llegar la información a los trabajadores. Principalmente, se puede diferenciar entre proporcionar sólo información al trabajador para que procese los conocimientos por su cuenta o la explicación de la información al trabajador por parte de la empresa de una forma más detallada. En la actualidad, se puede encontrar con mayor facilidad formas cada vez más novedosas en la docencia de la prevención de riesgos laborales. A continuación, se realiza una explicación diferenciando entre métodos tradicionales y métodos novedosos de la enseñanza en la prevención de riesgos laborales.

2.1 Métodos tradicionales de prevención de riesgos laborales.

El primer grupo, centrado en proporcionar información o recomendaciones a los trabajadores, se basa en una información que no procede principalmente de las empresas sino de asociaciones externas tales como sindicatos de trabajadores o el propio Gobierno. Sin embargo, cada vez las empresas están más concienciadas y se preocupan en la búsqueda y realización de un buen material para impartir lecciones a sus trabajadores.

2.1.1 Manuales de prevención de riesgos laborales.

Como principal fuente de información por parte del Estado, se encuentra el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). En este portal, a través de su página web se pueden encontrar diferentes recomendaciones que se hacen a la hora de mantener posturas y realizar movimientos más adecuados para los trabajadores. También se detallan las recomendaciones para el diseño de los elementos del mobiliario de los trabajadores como dimensiones mínimas o elementos absolutamente necesarios.

Este instituto ya presenta la información de forma esquemática, con la visualización de las posturas correctas e incorrectas y tiene una amplia variedad de manuales dependiendo del puesto de trabajo.

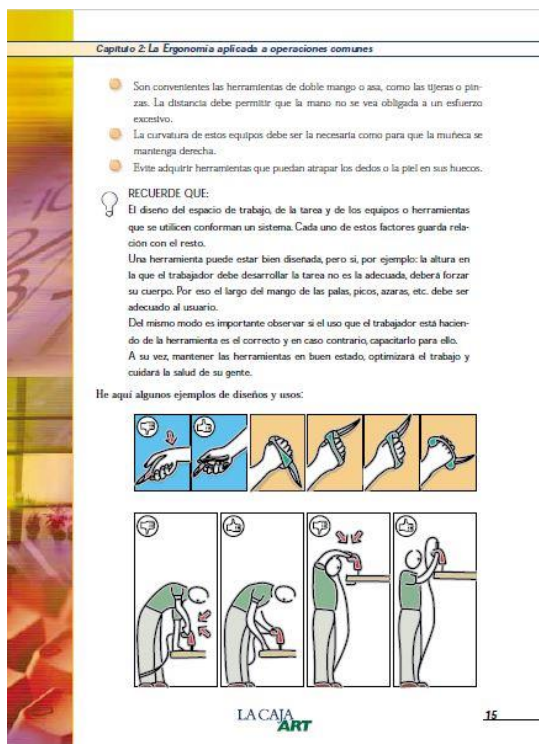


Fig.3 Captura Manual ergonomía La Caja ART.

El problema de este tipo de fuente de formación es que el trabajador no puede resolver sus dudas si no entiende alguna parte y que probablemente no se le proporcione el manual o manuales más idóneos para el tipo de actividades que realiza en su puesto de trabajo. De esta forma, al no estar personalizado, el trabajador recibe una información demasiado extensa y no se centra para cada puesto de trabajo como la Ley de Prevención de Riesgos Laborales indica.

2.1.2 Diapositivas elaboradas a partir de las recomendaciones que marca el Gobierno.

En el caso de muchos sindicatos de trabajadores, en la defensa de las condiciones del trabajo, elaboran manuales o diapositivas que pueden ser explicadas a los trabajadores. Estas diapositivas en ocasiones se desvían de la materia que se está tratando al querer abarcar demasiada información innecesaria para los trabajadores. Se suele hacer referencia a reivindicaciones que tienen que hacer los trabajadores para mejorar sus condiciones laborales y pese a que puede ser una información interesante para ellos,

desconcentra del objetivo principal que es aprender a mejorar las posturas y movimientos de cada trabajador de forma individualizada.

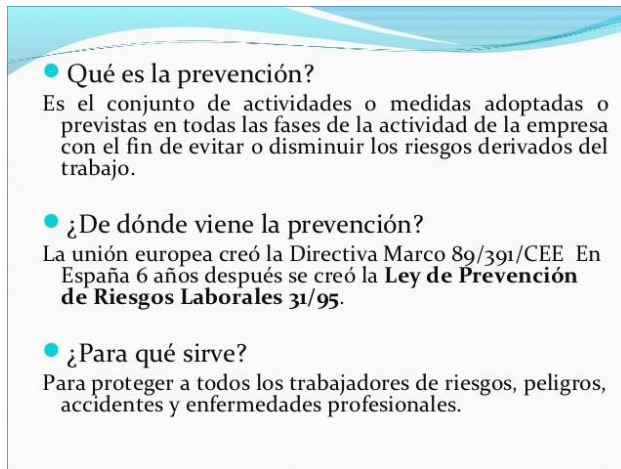


Fig.4 Ejemplo de diapositiva de prevención de riesgos laborales.

Hay que recordar que la información debe estar clasificada y definida para cada puesto de trabajo por separado, con el fin de centrar la información útil para cada trabajador.

2.1.3 Encuestas.

Muchos manuales de prevención de riesgos laborales utilizan el recurso de la encuesta para determinar los factores que hacen que los trabajadores sufran posibles lesiones en su puesto de trabajo. Éste no es un buen método de formación puesto que se está preguntando por lo que ha sucedido y no se centra en mostrar que movimientos y posiciones hay que evitar.

Las encuestas son un método para la detección de lesiones o daños en los trabajadores que se producen por posibles cambios en el puesto de trabajo o por malos usos realizados por los trabajadores.

2.1.4 Cursillos.

Otra manera de formar a los trabajadores es impartir una serie de cursillos en la que aprender teoría sobre la materia en cuestión. Los cursillos individualizados son percibidos

por los trabajadores como una pérdida de tiempo ya que los tienen que realizar fuera de las horas de su jornada laboral. El hecho de que los trabajadores no puedan comentar entre ellos hace que este método de enseñanza no sea todo lo efectivo que debería pese a la compleja preparación de los materiales y medios necesarios para realizar el cursillo.

2.2 Métodos novedosos de prevención de riesgos laborales.

En la era digital, cada vez son más las empresas que optan por métodos más visuales e interactivos con los trabajadores a la hora de impartir temas relacionados con la prevención de accidentes. En esta categoría se pueden encontrar los vídeos, los juegos y las APPs.

2.2.1 Vídeos.

Cada vez es más frecuente encontrar videos explicativos, que de alguna forma son más didácticos y menos pesados de sobrellevar. Un ejemplo de esta práctica es el de la empresa “Prevencionar” que utiliza a su personaje “Napo” en diferentes situaciones en las que se puede encontrar un trabajador. Este personaje parece un muñeco de dibujo animado, con una cara amable. Esto permite que el trabajador visualice el vídeo con más interés, logrando así una mayor atención sobre la información que cuenta el personaje.

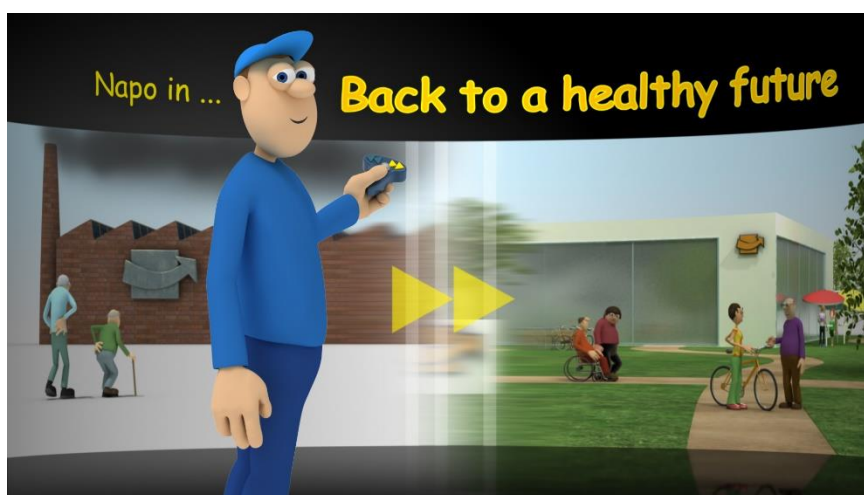


Fig.5 Napo en un vídeo de Prevencionar.

Otro tipo de videos son los aquellos que muestran trabajadores en sus puestos reales de trabajo y se observa como realizan de forma correcta e incorrecta su trabajo referente a las posturas y movimientos que realizan. Estos vídeos son más monótonos y similares a lo que un trabajador experimenta en su puesto de trabajo por lo que el interés sobre ellos desciende, haciendo que no sean tan recomendables.

2.2.2 Juegos.

Otra forma interactiva de aprender es mediante juegos sencillos de forma online. Puede ser desde una sopa de letras hasta encontrar las 7 diferencias. Aunque en un primer momento pueda parecer una pérdida de tiempo, el hecho de divertirse aprendiendo permite que el trabajador retenga de una forma más convincente los conceptos. De alguna manera con el juego está interiorizando lo aprendido a través de otros métodos.

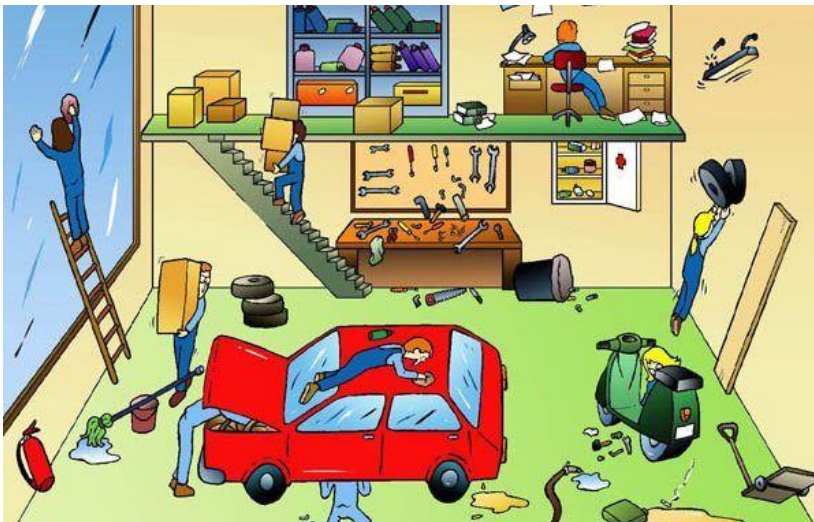


Fig.6 Juego: identifica los riesgos. Prevenirlos.

2.2.3 APP para Smartphone o Tablet.

Desde el INSHT han promovido en el último año, el lanzamiento de 4 APPs: Uso correcto de escaleras manuales, Atenuación de los protectores auditivos, Análisis de posturas forzadas y Límites de exposición profesional.

Este tipo de APPs utilizan un soporte nuevo, aportando una nueva forma de aprender, pero en su contenido siguen siendo algo tradicionales. Realizan una serie de preguntas y se observan una serie de figuras estáticas conforme se va avanzando en las diferentes pantallas de la APP.



Fig.7 Captura APP Análisis de posturas forzadas. INSHT

Es necesario también un conocimiento previo de la materia, ya que cabe la posibilidad de que el trabajador no sepa contestar claramente a las preguntas porque se utilizan ciertos tecnicismos.

III. JUSTIFICACIÓN DEL DISEÑO

3. JUSTIFICACIÓN DEL DISEÑO

El proceso lleva a cabo para el modelaje de estas geometrías en tres dimensiones se ha realizado en el programa “3ds Max”. El progreso de la creación de los diferentes elementos queda detallado en el *Anexo 2: Explicación del proceso de modelado de los puestos de trabajo*.

3.1 Justificación del diseño elegido para el puesto de oficina.

El diseño de este puesto se basa en la evocación de un puesto típico de oficina. Los diferentes elementos creados permiten una correcta explicación al trabajador sobre los pasos que debe seguir para mejorar su postura y organizar su mesa.

Se ha optado por el diseño de una mesa no excesivamente grande, teniendo en cuenta limitaciones de espacio que muchas empresas tienen. Así se puede enseñar al trabajador a desenvolverse en un espacio más reducido sin comprometer su comodidad.



Fig.8 Diseño final del puesto de trabajo de oficina

Por otra parte, se ha decidido colocar una cajonera a modo de archivador para que el trabajador pueda visualizar la correcta forma de agacharse y utilizar esta zona de trabajo.

Otro punto importante, es el punto de luz que debe estar focalizado principalmente en la zona frente al trabajador pese a que haya otro tipo de luz ambiental. Así mismo, la luminaria no debe de ser un estorbo y no tienen que entorpecer la colocación del resto de elementos de oficina.

En cuanto al resto de elementos presentes en la mesa, el conjunto de ordenador es un básico en una mesa de oficina, su correcto posicionamiento es muy importante. El trabajador podrá observar la posición más adecuada para evitar lesiones en la zona cervical. También hay presente unos folios y un porta bolígrafos para que el usuario vea en qué posición es más o menos correcto colocarlo.

3.2 Justificación del diseño para el puesto de cadena de montaje.

Para el diseño del puesto de cadena de montaje, se ha optado por una recepción y entrega del objeto a través de dos cintas transportadoras. Esto permite al trabajador evitar uno de los principales problemas de este puesto, que es estar parado. En lugar de optar por un pedestal para intercambiar el peso de las piernas o un taburete para intercambiar la posición, en este caso el tiempo que el trabajador va a estar parado no es tanto puesto que necesita moverse para recoger y entregar la pieza.

La disposición amplia de la mesa permite albergar en su superficie las herramientas necesarias para cada tipología de pieza. Por eso están colocadas en un panel a una altura considerable por qué no se van a estar agarrando de ahí continuamente. Además, la mesa no presenta barras horizontales en su parte frontal para permitir una mayor facilidad en el movimiento de las piernas.

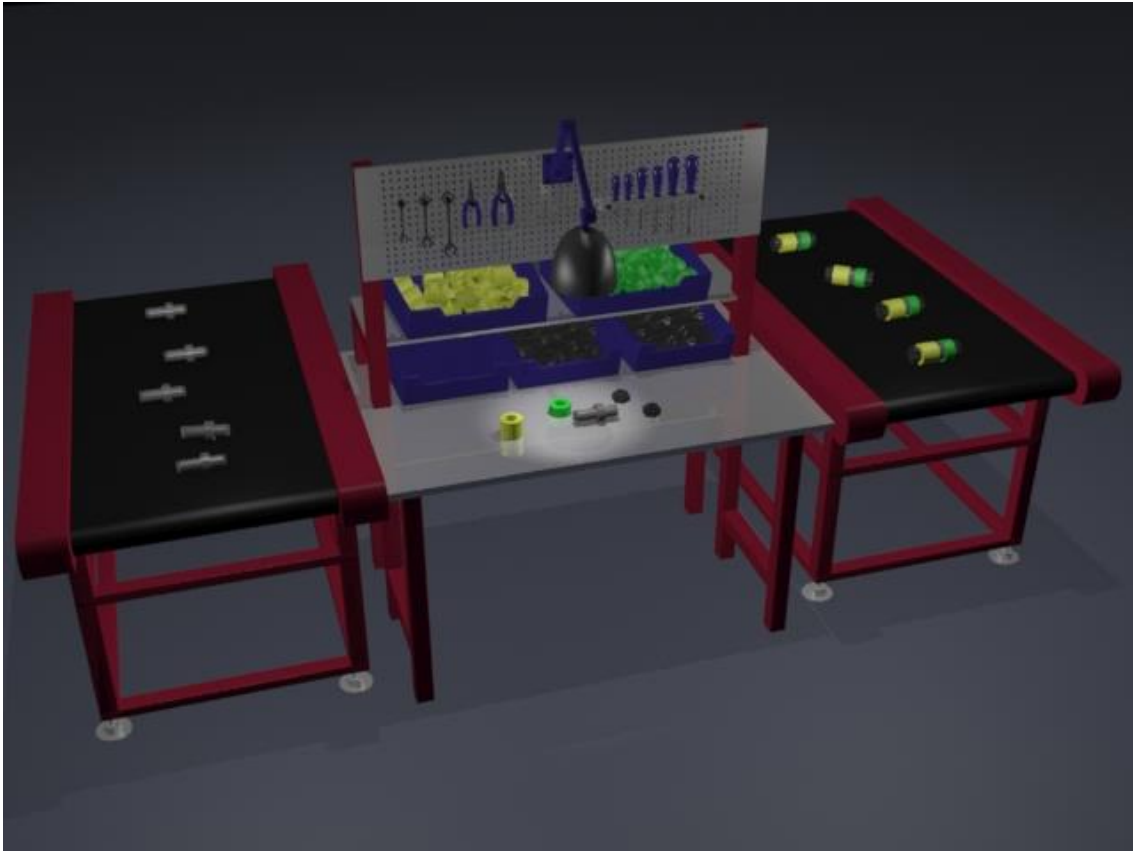


Fig. 9 Diseño final del puesto de trabajo de cadena de montaje

Las piezas que el trabajador necesita para ensamblar están en las posiciones más bajas de la mesa, más próximas a la superficie de trabajo para que realice el menor movimiento posible. Además, las piezas negras se encuentran en diferentes bandejas por lo que no siempre es necesario que el trabajador las coja de la misma, así se evita la repetición de movimientos tan frecuentemente.

3.3 Justificación del diseño para el puesto de diferentes alturas.

El principal problema detectado para este tipo de puesto son los pesos de las cargas, la altura a la tienen que ser elevadas y la distancia desde la que tienen que ser transportadas.

Por esta razón, se ha optado por mostrar dos estanterías con diferentes elementos. En la estantería de la izquierda se plantean elementos muy pesados y en la de la derecha elementos que realmente no son cargas. Esto se traduce en que para el manejo los

3. Justificación del diseño

elementos de la parte derecha, el trabajador no tiene ninguna limitación. Sin embargo, a la hora de levantar las cargas para colocarlas en la estantería izquierda, el trabajador siempre tendrá que pensar en la cantidad de peso que puede levantar dependiendo de su estructura física y de la altura a la que vaya a colocar la caja (mayor peso en la zona media y menor peso en las zonas baja y alta de la estantería).



Fig.10 Diseño final puesto de trabajo diferentes alturas

**VI. IMPLEMENTACIÓN DE LA
PREVENCIÓN DE RIESGOS
LABORALES**

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

El trabajo realizado tiene la finalidad de utilizarse en una APP para formar parte del escenario que los trabajadores puedan utilizar con el fin de mejorar sus condiciones físicas dependiendo del tipo de trabajo que desempeñen.

Pese a que cada puesto tiene unos requerimientos específicos y derivados del análisis previo de las posturas y condiciones de movilidad óptimas, las premisas de la estética vienen determinadas por la temática que va a seguir la aplicación. En este caso se pretendía conseguir la apariencia de un videojuego o dibujo animado, evitando en todo momento ser realistas. Esta decisión se debe a que se quiere conseguir un ambiente más relajado para los trabajadores y que efectivamente, tomen esta nueva tipología de aprendizaje como un juego. De esta forma, ellos aprenden y corrigen aquellas posturas o movimientos menos adecuados de una forma más práctica.

A continuación, se van a mostrar los diferentes casos prácticos que se pueden aplicar a cada puesto de trabajo y que el usuario final visualizaría a través de la APP.

4.1 Puesto de oficina.

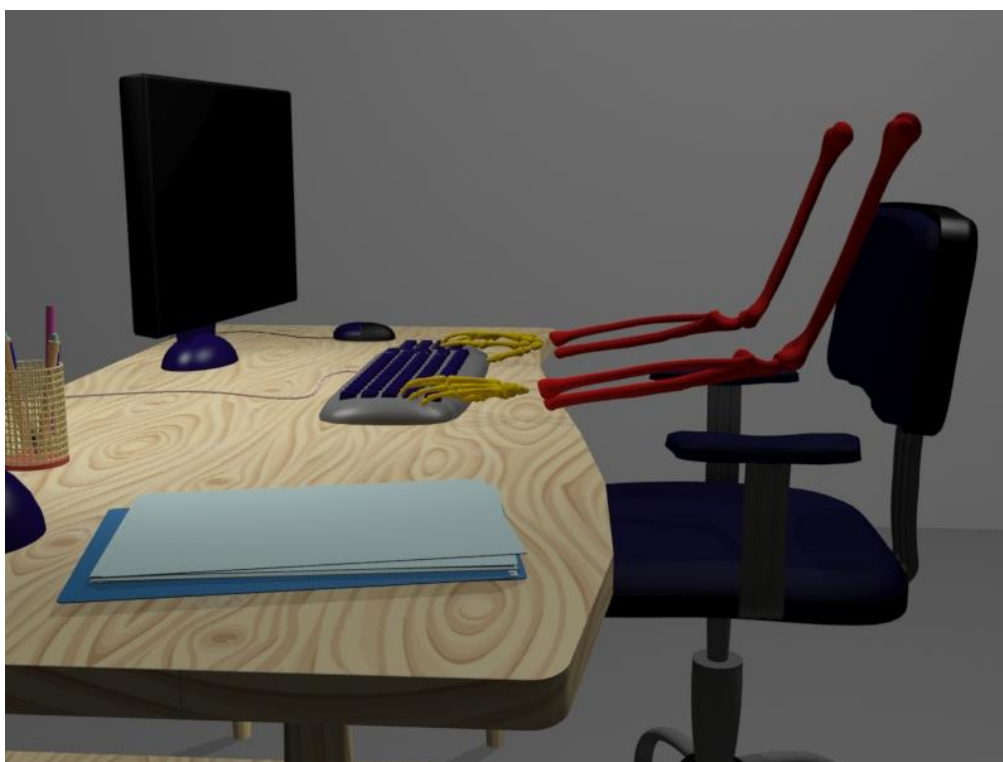
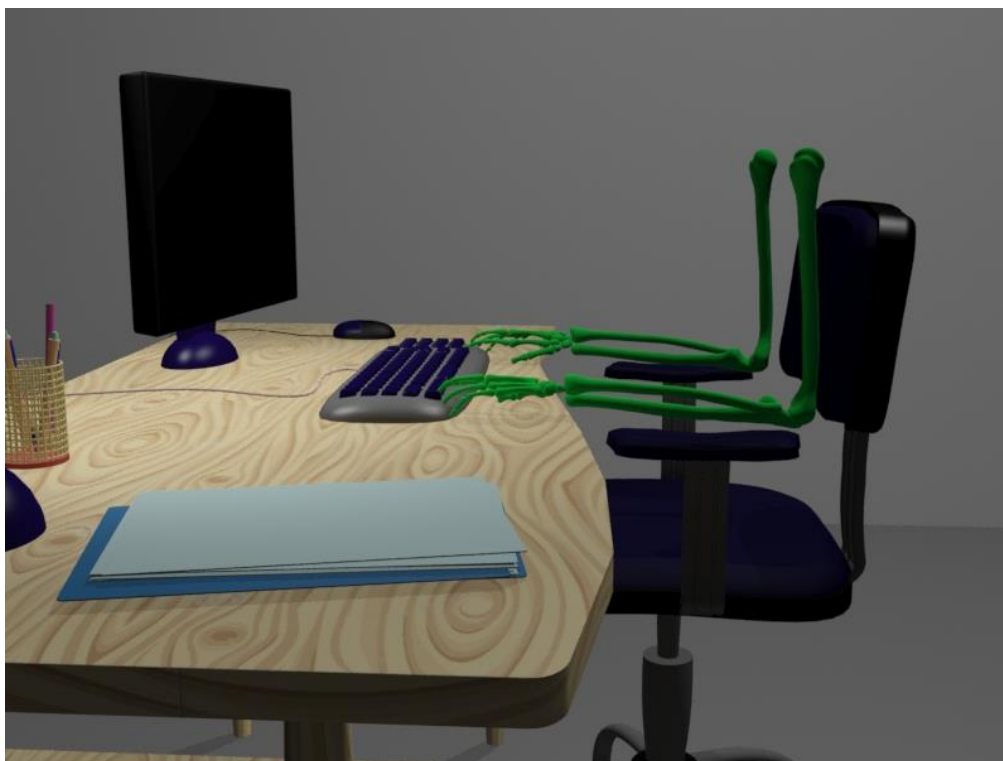
Macar la posición correcta al sentarse, resaltando la zona lumbar para que el trabajador se concencie de que esta zona esquelética se puede ver afectada por una mala posición sentado. Resaltar que el asiento debe de ser regulable en altura y con ruedas para facilitar el uso de la silla.





4. Implementación de la prevención de riesgos laborales

Resaltar la importancia de mantener los brazos lo más pegados posible al tronco con el fin de evitar posturas forzadas. Esta postura permite relajar los hombros y en consecuencia liberar la zona cervical de posibles sobrecargas. También hay que tener en cuenta la importancia de la utilización los apoyabrazos.



Posicionamiento correcto de las manos y las muñecas en el manejo del teclado, evitando arquear las manos, manteniéndolas lo más rectas posibles con respecto al antebrazo. Esta postura correcta evita lesiones en los dedos y en la muñeca, evitando sobre todo la tendinitis.



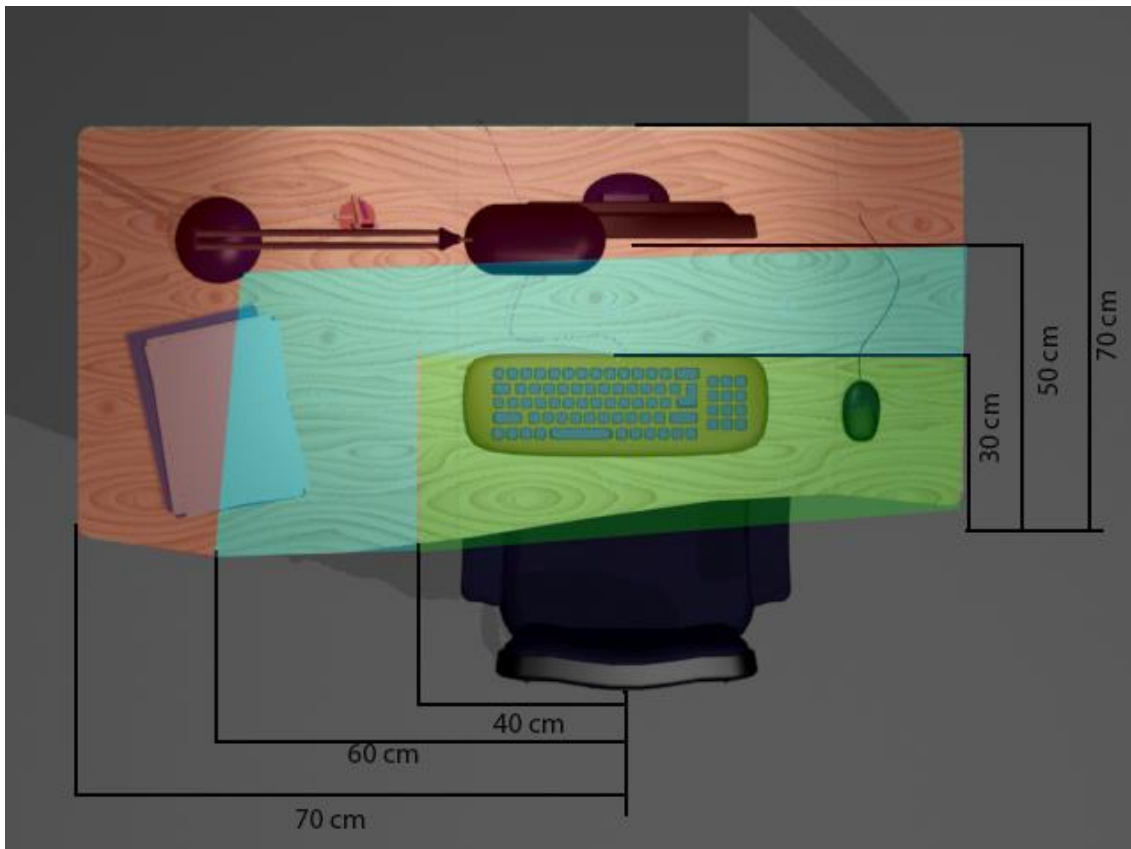


Ubicar correctamente la pantalla del ordenador, el teclado y el ratón. Se deben situar enfrente del eje donde se sienta el trabajador. La pantalla debe de ser regulable en altura para evitar que el trabajador la posición de forma muy baja. Este hecho provocaría cansancio en la zona cervical ya que es mejor que la columna se mantenga lo más recta posible.



4. Implementación de la prevención de riesgos laborales

Establecer mediante colores y medidas unas zonas diferenciadas en las que el trabajador debe colocar los elementos de oficina de mayor a menor importancia en la frecuencia de uso.

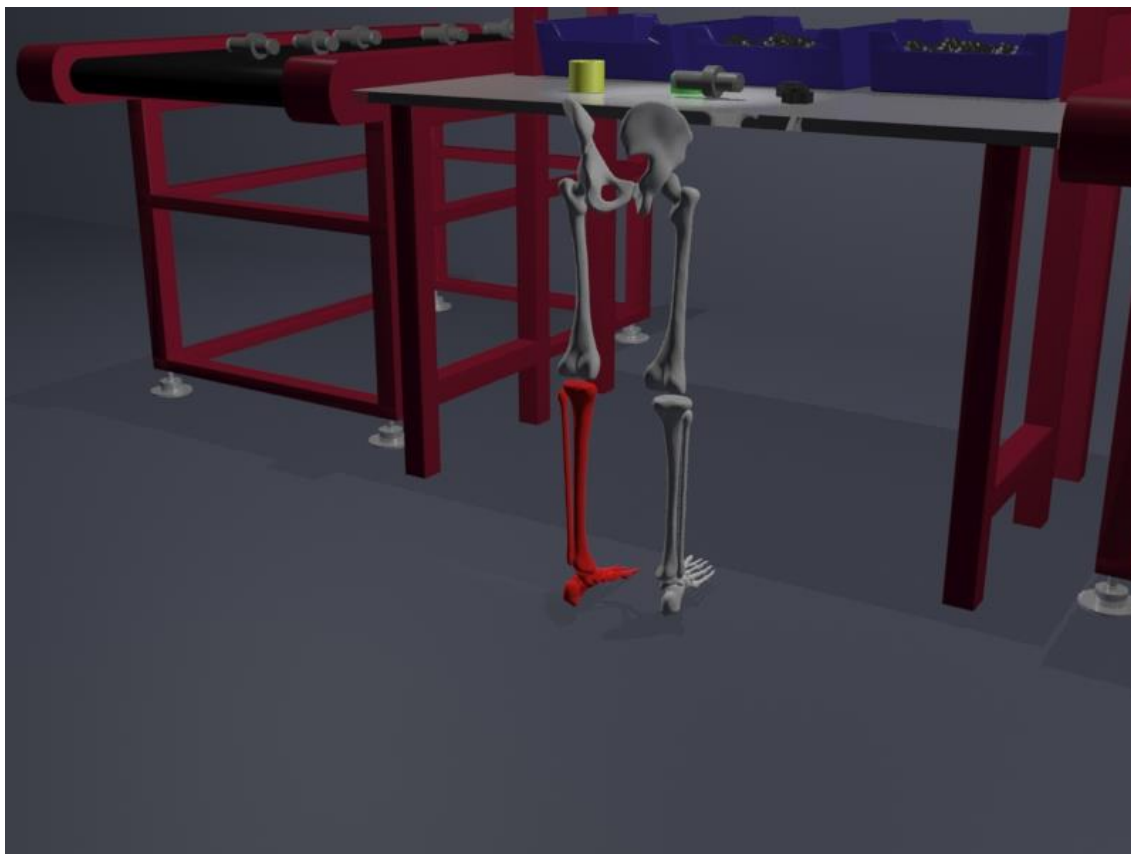


Resaltar la importancia de que la luz directa debe recaer sobre la zona central de trabajo, así se evitan cansancio ocular e incluso también posible dolores de cabeza y migrañas por un esfuerzo de la vista.

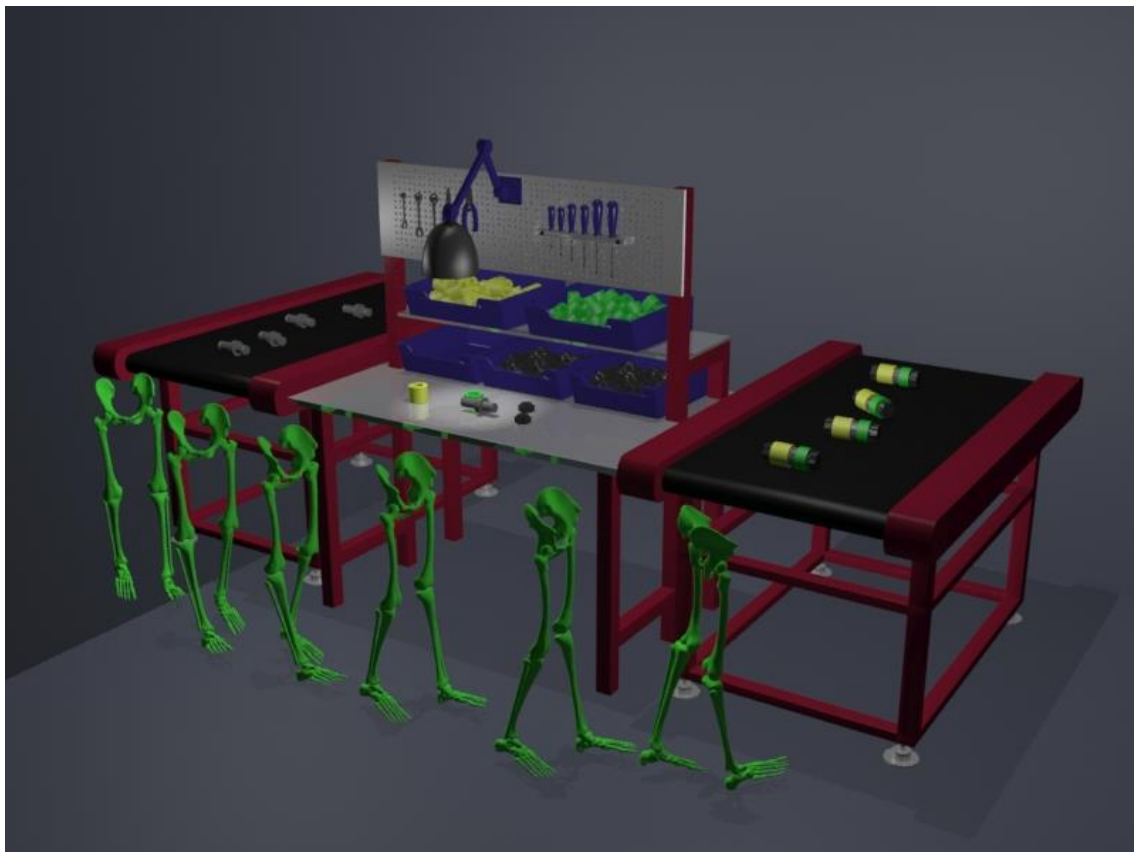


4.2 Puesto cadena de montaje.

Mostrar el personaje parado en el centro de la escena, marcando de forma alternativa el apoyo de las piernas. El peso total del cuerpo recae sobre una de las dos piernas por lo que, al estar parado, se puede sufrir lesiones en la rodilla, pero más frecuentemente dolores en las piernas por sobrecargas musculares debido a una exposición prolongada a dicha postura.

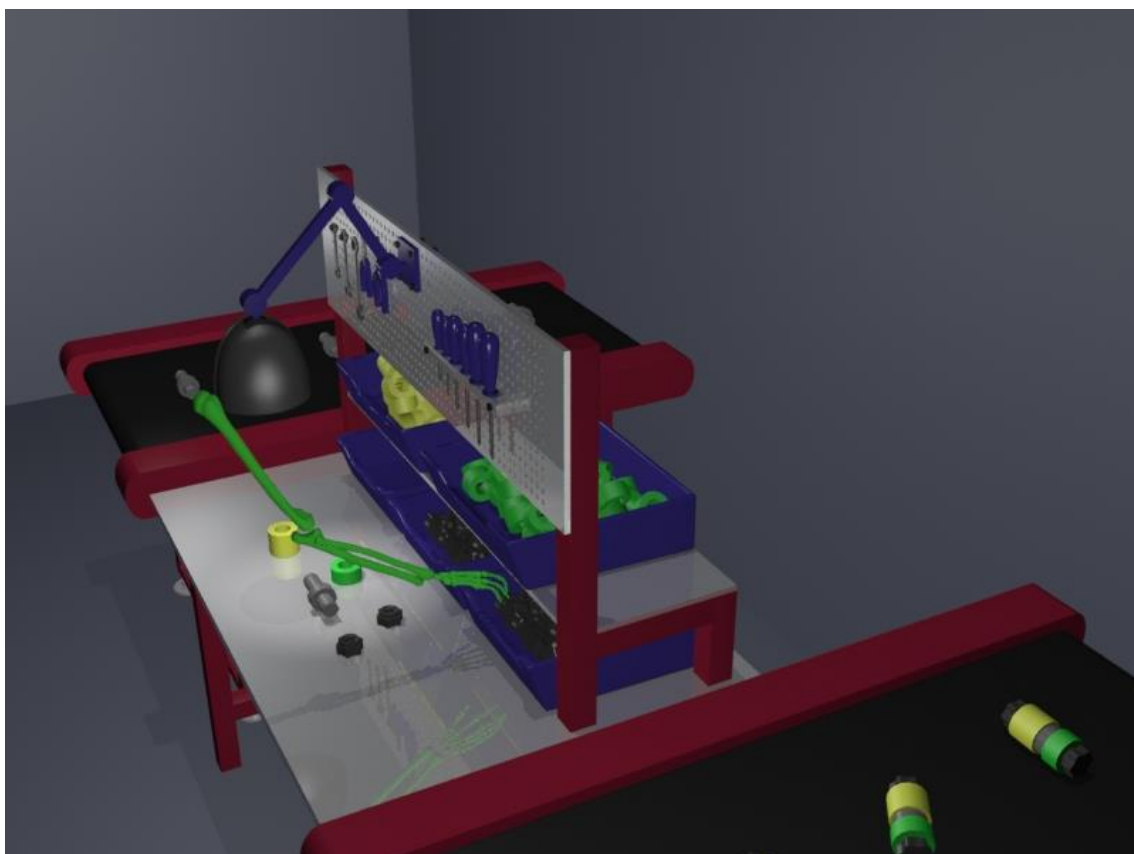


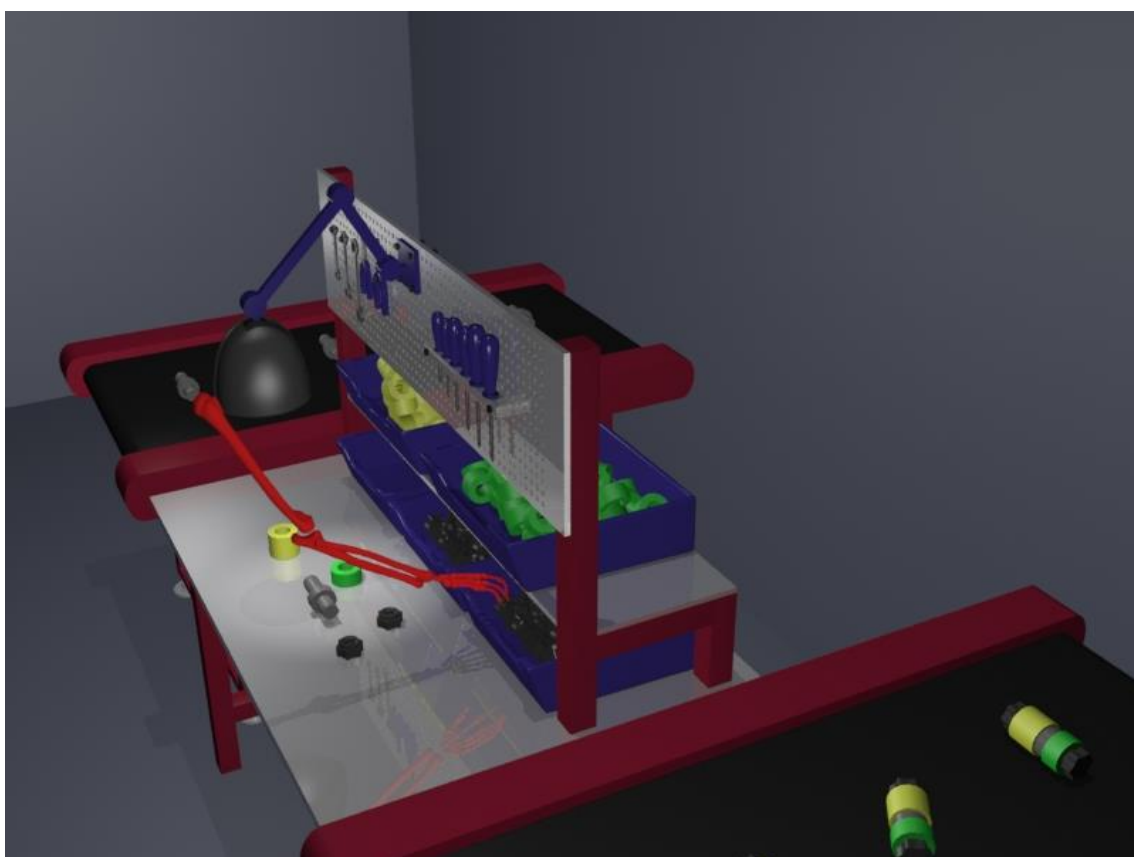
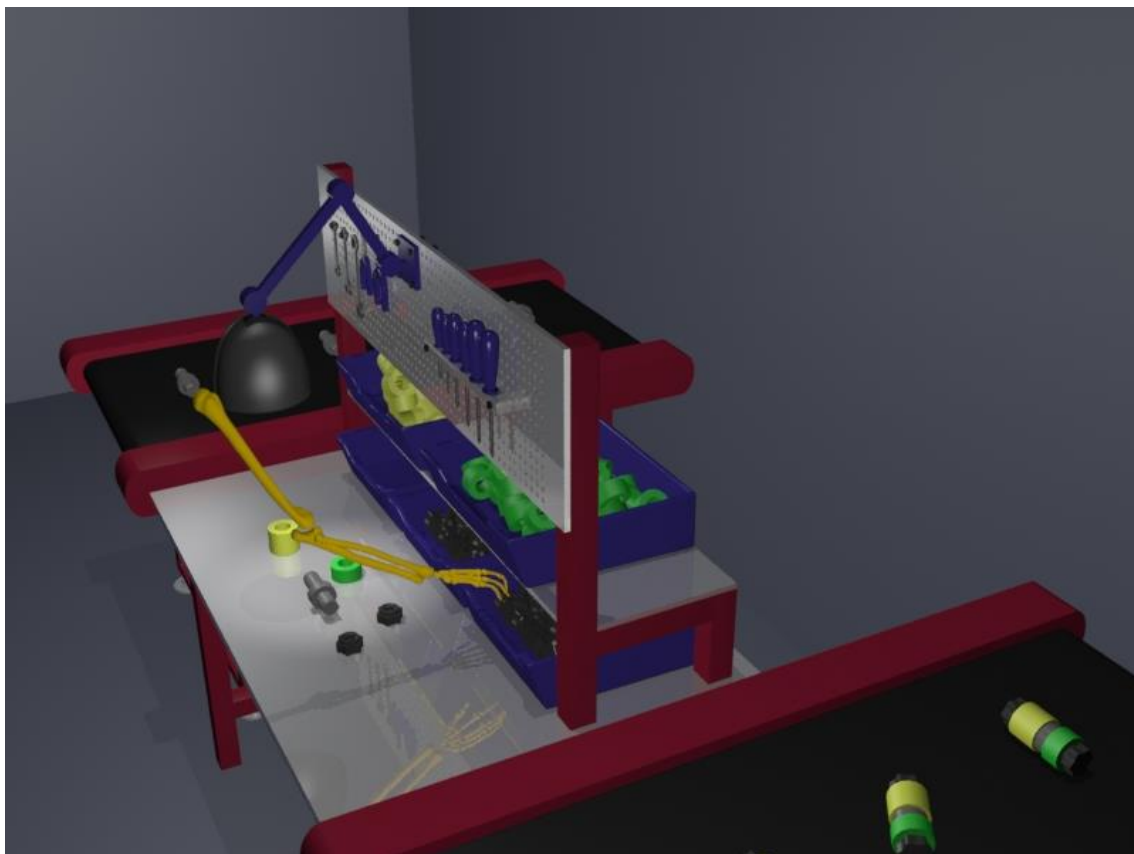
Visualizar al personaje moviéndose de un lado a otro de las cintas transportadoras, resaltando que es diferente estar de pie parado que de pie en movimiento. Las sobrecargas que se producen de esta forma se ven reducidas considerablemente.



4. Implementación de la prevención de riesgos laborales

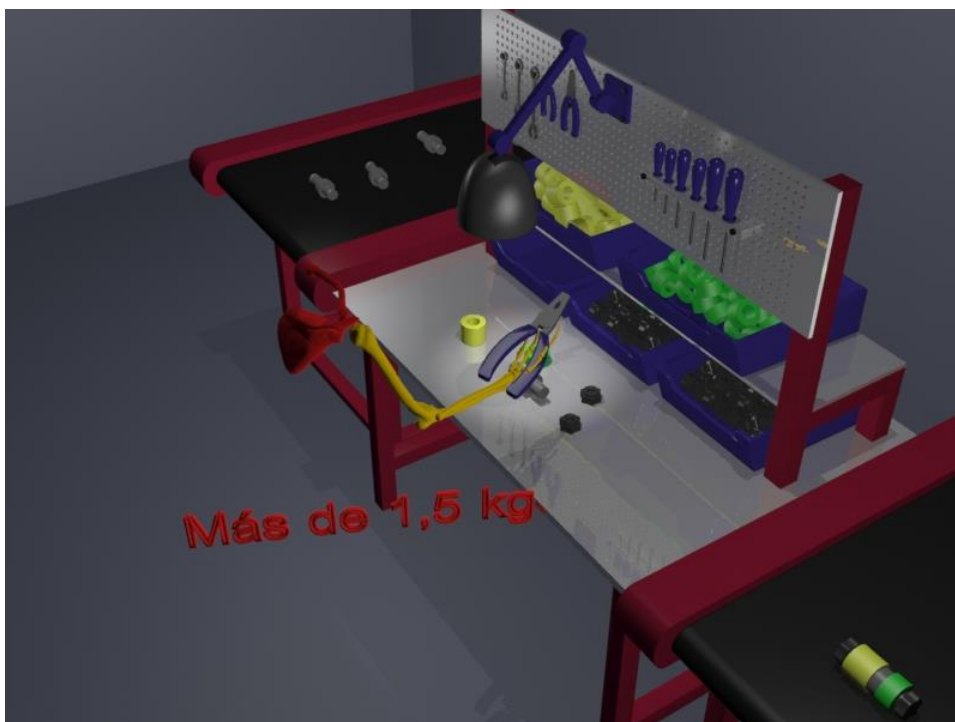
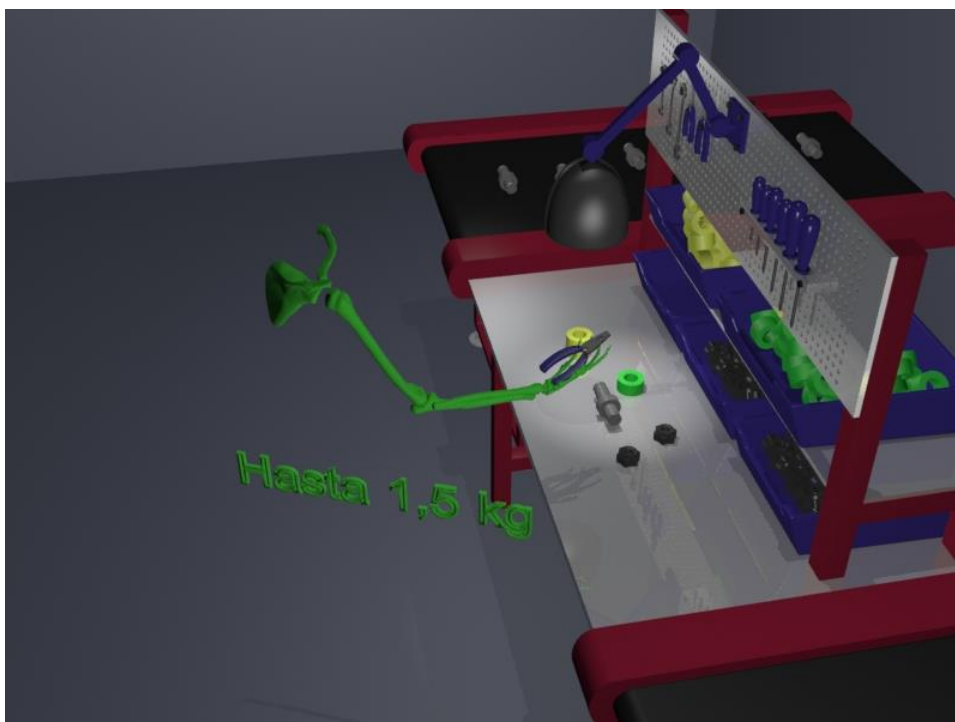
Mostrar al personaje cogiendo una pieza de las cajas de almacenaje en repetidas ocasiones. Conforme pasa el tiempo, la zona de la muñeca el codo y el hombro se van volviendo de color verde a rojo. Esto indica que la frecuencia en la realización de un movimiento repetitivo puede generar lesiones que, aunque no sean muy notorias a corto plazo, son irreversibles a largo plazo.





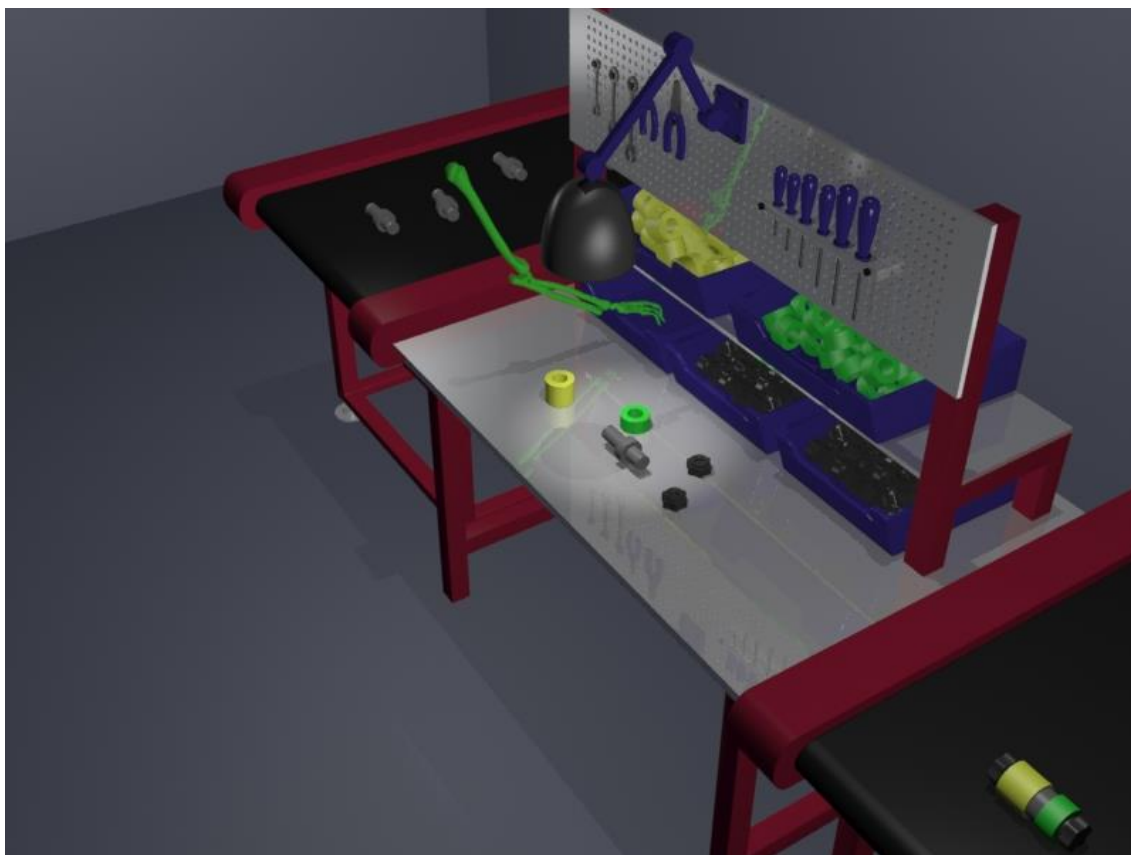
4. Implementación de la prevención de riesgos laborales

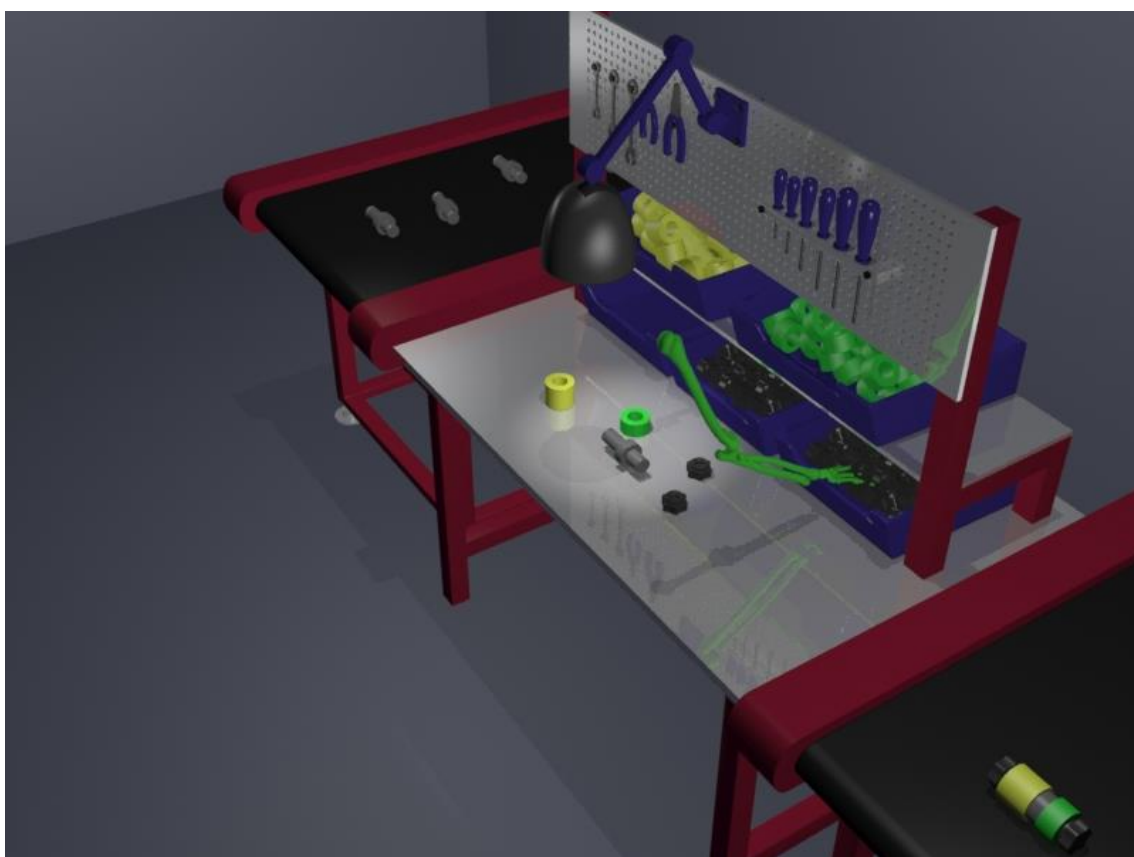
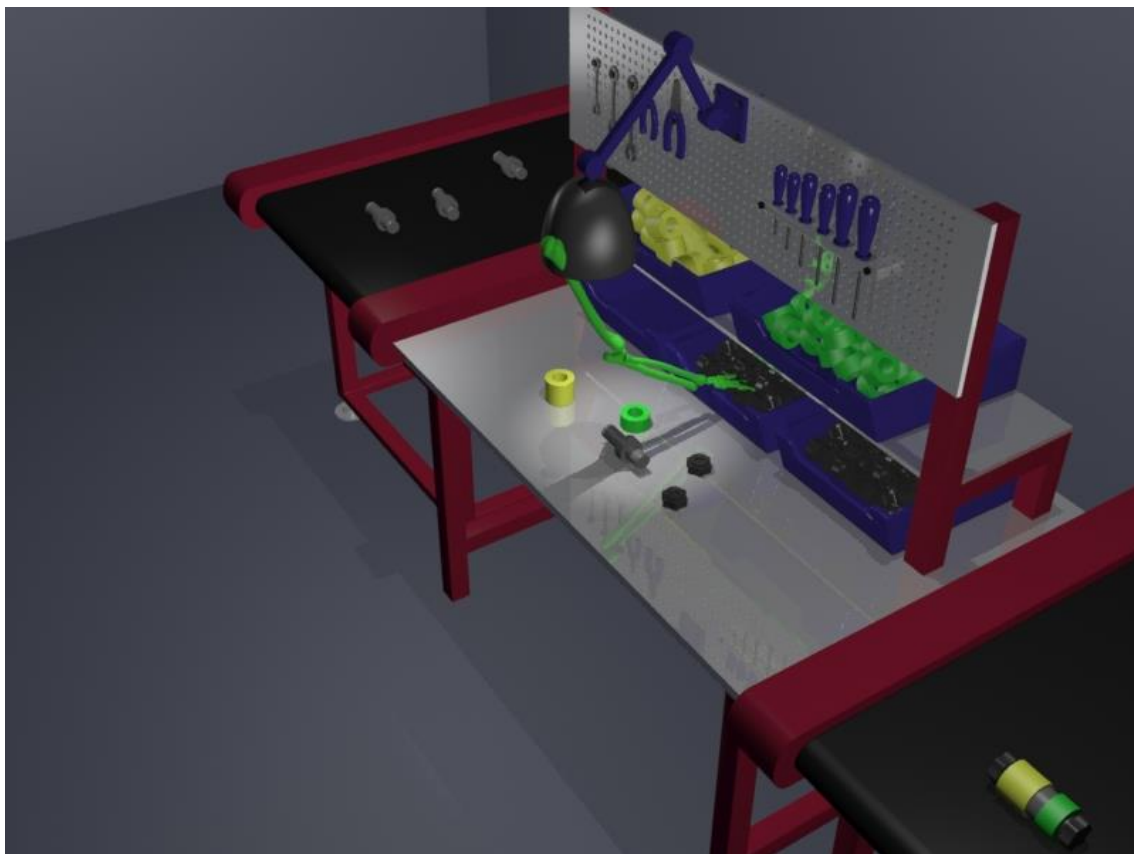
Visualizar al personaje sosteniendo una herramienta y mostrar que hasta 1,5 kg no es causa habitual de un peligro en su puesto de trabajo. Por el contrario, si sobrepasa este peso, es necesaria la sujeción mecánica de la herramienta. Indicarlo mediante el cambio de herramienta cuando sobrepasa el peso de 1,5 kg y mostrar en rojo la zona del hombro que es la más sufriría con un levantamiento de peso excesivo de forma continuada.



4. Implementación de la prevención de riesgos laborales

Enseñar que la diversidad de bandejas le permite al trabajador alternar los movimientos a la hora de cogerlas, indicándole que no tiene que cogerlas siempre de la misma bandeja para evitar repetición de movimientos. Marcar que con el paso del tiempo se produce fatiga si no se realiza de la forma adecuada.





4.3 Puesto elevación en diferentes alturas.

Mostrar cuál es la posición correcta para el levantamiento de una carga que se encuentra en el suelo. Evitar arquear la espalda porque puede producir lesiones en la columna vertebral. Flexionar las piernas, resaltando las rodillas para que tengan especial atención, y mantener la espalda recta.

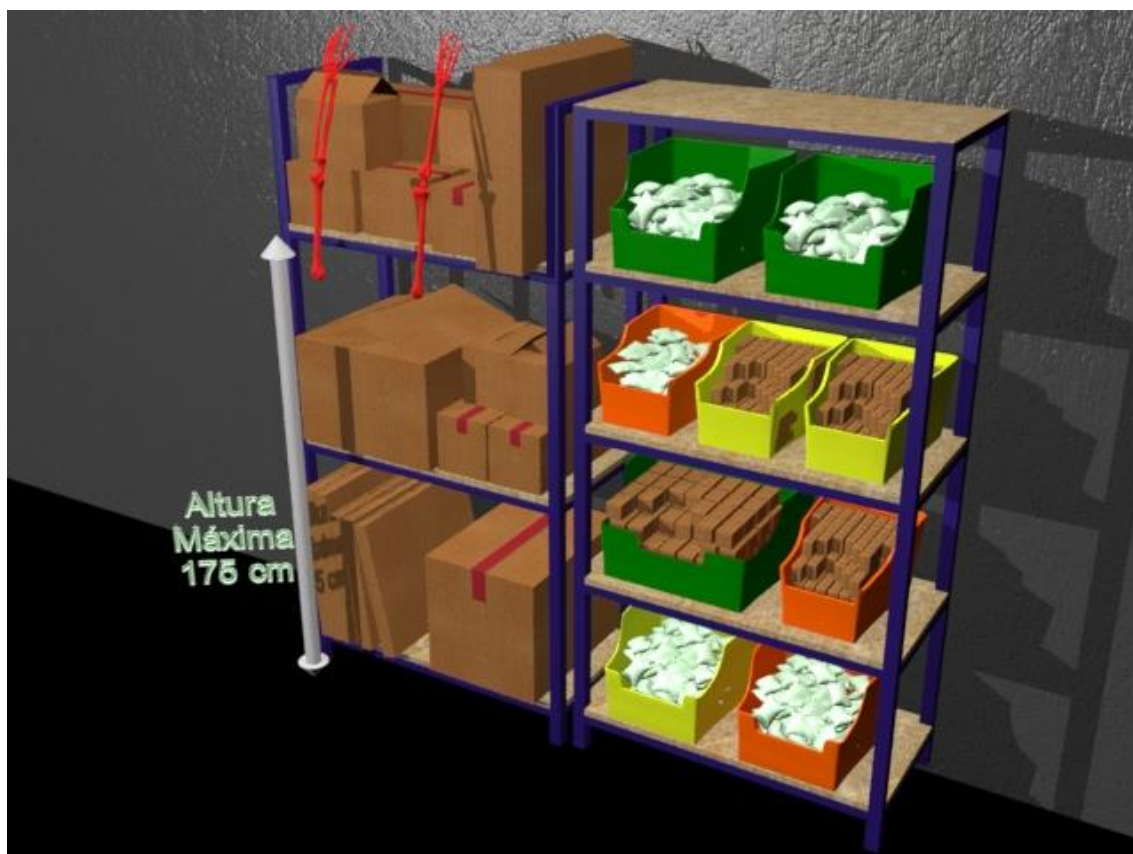


4. Implementación de la prevención de riesgos laborales

Visualizar en las estanterías mediante números tridimensionales los pesos máximos establecidos para levantar peso según las diferentes alturas.



Marcar la altura máxima recomendable para elevar una carga, visualizando los brazos en rojo por encima de esa altura puesto que se pueden producir lesiones no sólo en los brazos, sino también en la zona lumbar por una extensión excesiva por intentar levantar demasiado la carga.



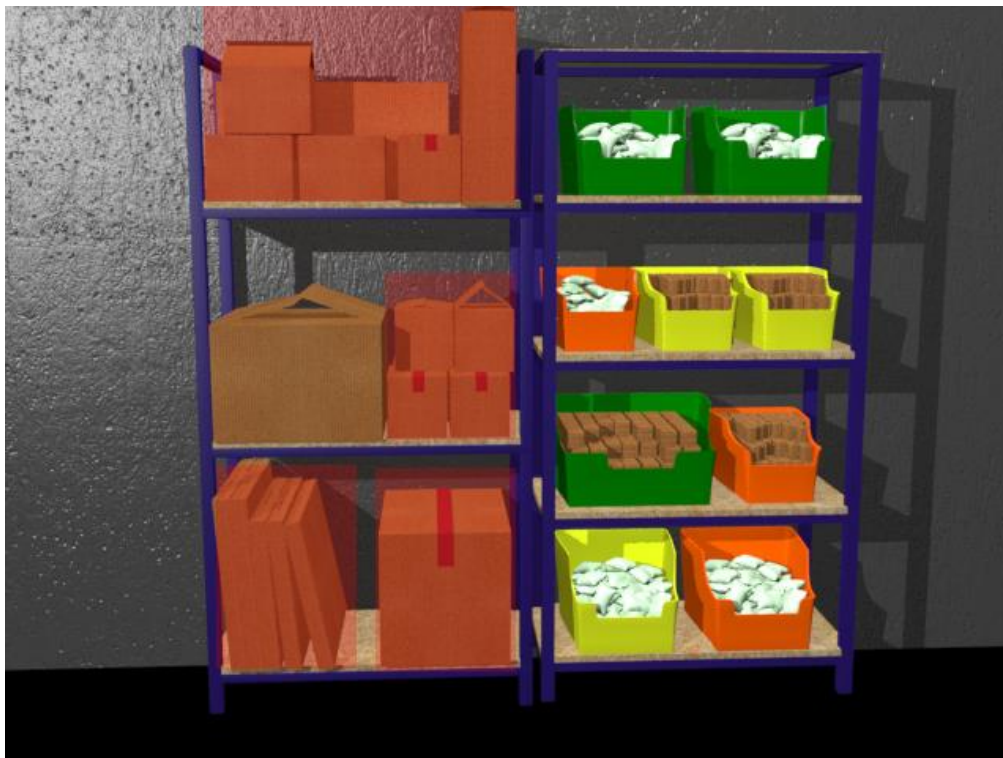
4. Implementación de la prevención de riesgos laborales

Marcar que los elementos de la estantería derecha no suponen una carga para los trabajadores, indicando que un peso menos de 2 kg es manejable para un trabajador en condiciones normales.



4. Implementación de la prevención de riesgos laborales

Marcar que, según el volumen y el peso de las cajas, estas se deben ordenar de otra forma a la que se muestra, marcando en rojo aquellos elementos que están mal situados en las estanterías y posicionándolos en la altura correcta marcándolos en verde.



**V. UTILIZACIÓN DE LOS PUESTOS
DISEÑADOS EN LA APLICACIÓN APP**

5. UTILIZACIÓN DE LOS PUESTOS DISEÑADOS EN LA APLICACIÓN

5.1 Realidad virtual.

La creación de los diferentes puestos de trabajo permite generar un entorno en el que aparezcan personajes emulando a los trabajadores y realizando las tareas que tendrían que realizar los trabajadores a lo largo de su jornada laboral.

De esta forma, el trabajador visualizaría un videojuego adaptado a su puesto de trabajo y funciones desempeñadas con el fin de aprender de una forma totalmente diferente conocimientos que hasta el momento se están impartiendo de una forma tradicional con diapositivas y explicaciones.

Esta nueva metodología de enseñanza, totalmente novedosa en el sector de prevención de riesgos laborales permite que el trabajador salga de su rutina sin dejar de hacerlo, es decir, pese a que se genera una situación nueva con la visualización del videojuego a través de unas gafas de realidad virtual, el trabajador no deja de ver en realidad una evocación de su puesto de trabajo, pero en esta ocasión lo percibe de una forma mucho más amable y comprensible.

Realizando esta nueva experiencia, que puede resultar sorprendente, el nivel de implicación del trabajador puede ser mayor con el consiguiente incremento en sus conocimientos sobre la forma más adecuada de manejar su puesto de trabajo.

La forma en que se pueden aplicar conceptos gracias a esta tecnología es diversa. Puede aparecer un personaje realizando los movimientos correctos e incorrectos resaltando aquellas zonas sobre las que pueden ocasionarse lesiones o introducir datos teóricos que interactúen con el entorno y que permitan retener la información por su impacto sobre el usuario.

5.2 Realidad Aumentada.

Otra vertiente sobre la que se puede aplicar este trabajo es la realidad aumentada. Este tipo de tecnología combina la visualización del mundo real junto con elementos virtuales que aparecen en la escena que el usuario visualiza.

Desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales, la realidad aumentada permite visualizar aquellas tareas que realizan los trabajadores de forma deficiente en su puesto de trabajo en el escenario real donde suelen trabajar habitualmente.

Explicado de una forma más sencilla, los trabajadores también portan unas gafas de realidad aumentada a través de las que visualizan las diferentes figuras 3D que van apareciendo en la escena. En esta ocasión el propio trabajador es el personaje y a través de por ejemplo, unos brazos animados, vería la correcta forma de elevar un peso. Una vez realizado este movimiento virtual, el trabajador podría practicar el movimiento por lo que sería un aprendizaje interactivo.

5.3 Aplicación práctica.

Para la realización de este tipo de representaciones, existen varios programas que permiten transformar una geometría en tres dimensiones en una APP interactiva y funcional para la plataforma Android.

Puesto que las geometrías del presente trabajo están realizadas en el programa “3ds Max”, existe un plugin llamado “AR Media” que sirve para realizar directamente el paso de información desde el programa “3ds Max” a Android. El principal problema de este plugin es que es necesario que el usuario instale en su dispositivo una aplicación general, y luego cargue cada una de las geometrías por separado.

Existen otro tipo de programas que generan directamente una APP que se instala en el dispositivo y comienza a funcionar, sin necesidad de instalar una aplicación complementaria. Este tipo de programas es el que ha sido seleccionado para realizar el presente ejemplo.

En concreto, se ha realizado gracias al programa de animación “Unity 3D” y al plugin para este programa denominado “Vuforia”. El tipo de realidad aumentada que permite realizar este programa está basado en la visualización de marcadores. Un marcador es como un código de barras que, cuando es leído, proporciona una serie de información.

Para este tipo de APP la cámara del dispositivo electrónico es el lector y el marcador es un elemento físico que se visualiza a través de la cámara y proporciona la información necesaria para que se visualice una geometría en tres dimensiones junto con el entorno real que se ve a través de la cámara.

En primer lugar, es necesario generar un marcador que permita albergar la información virtual que se quiere representar en el mundo real. Este paso se realiza en el programa “Vuforia”, que nos genera un código que es el que enlaza la información de la geometría tridimensional con la imagen del marcador.

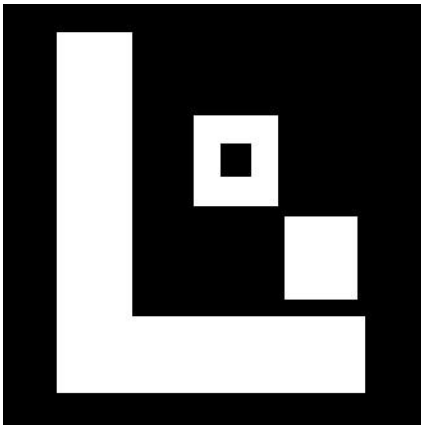


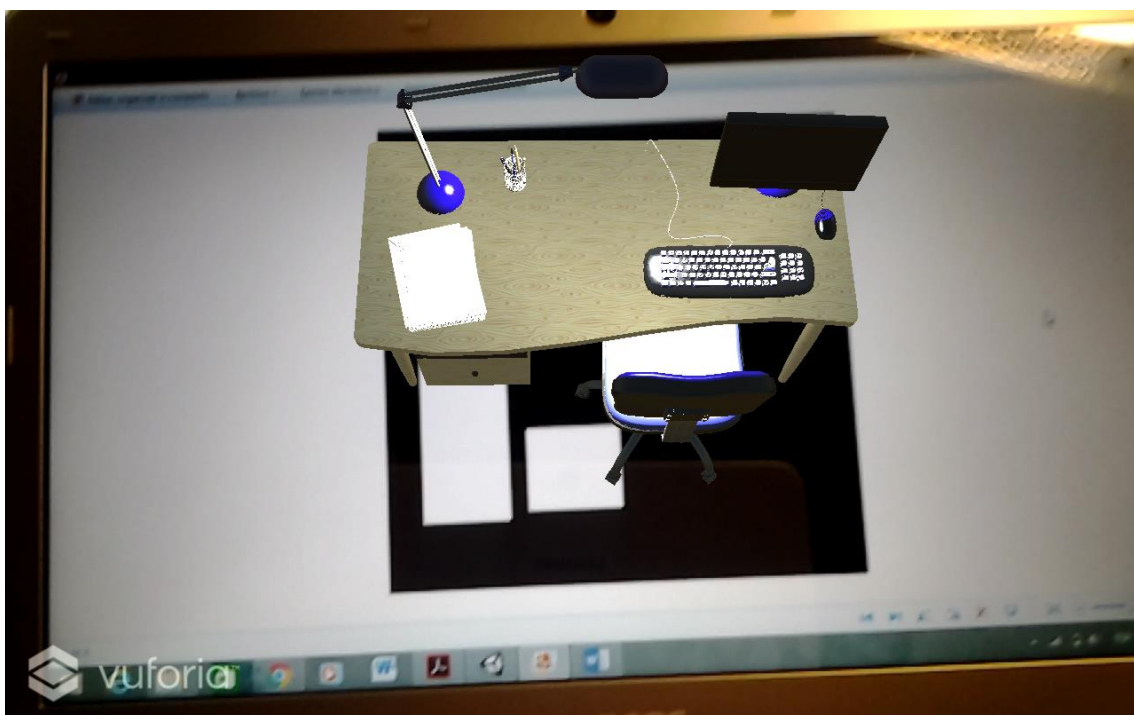
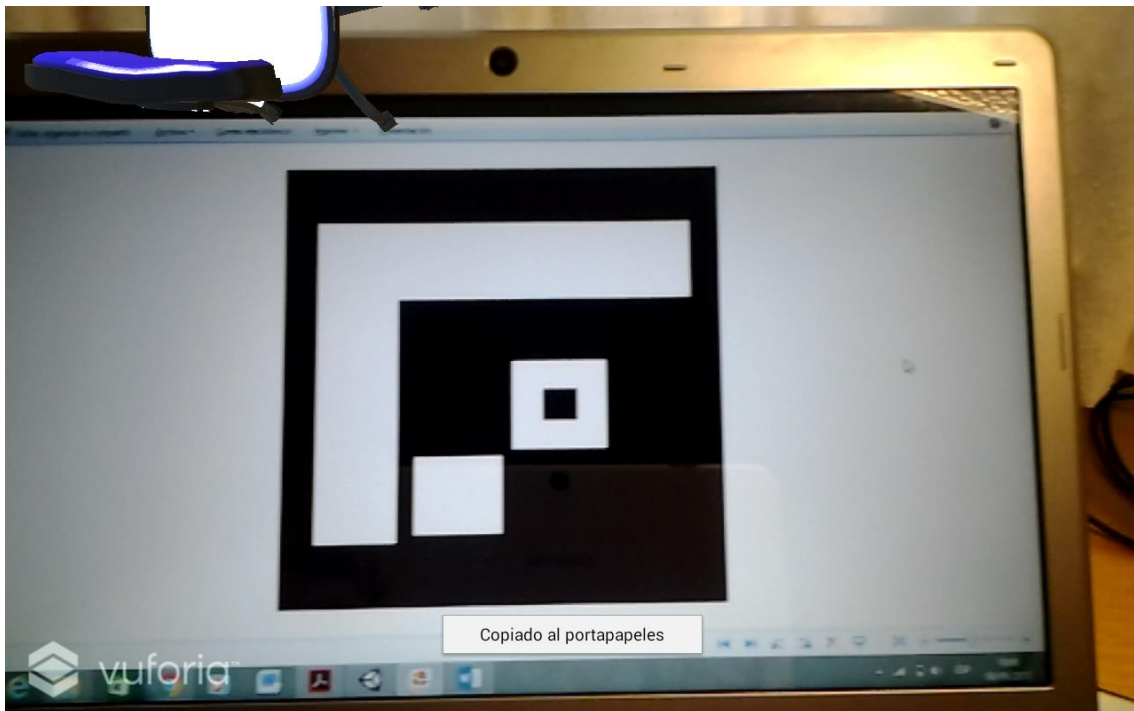
Fig.11 Marcador de realidad aumentada.

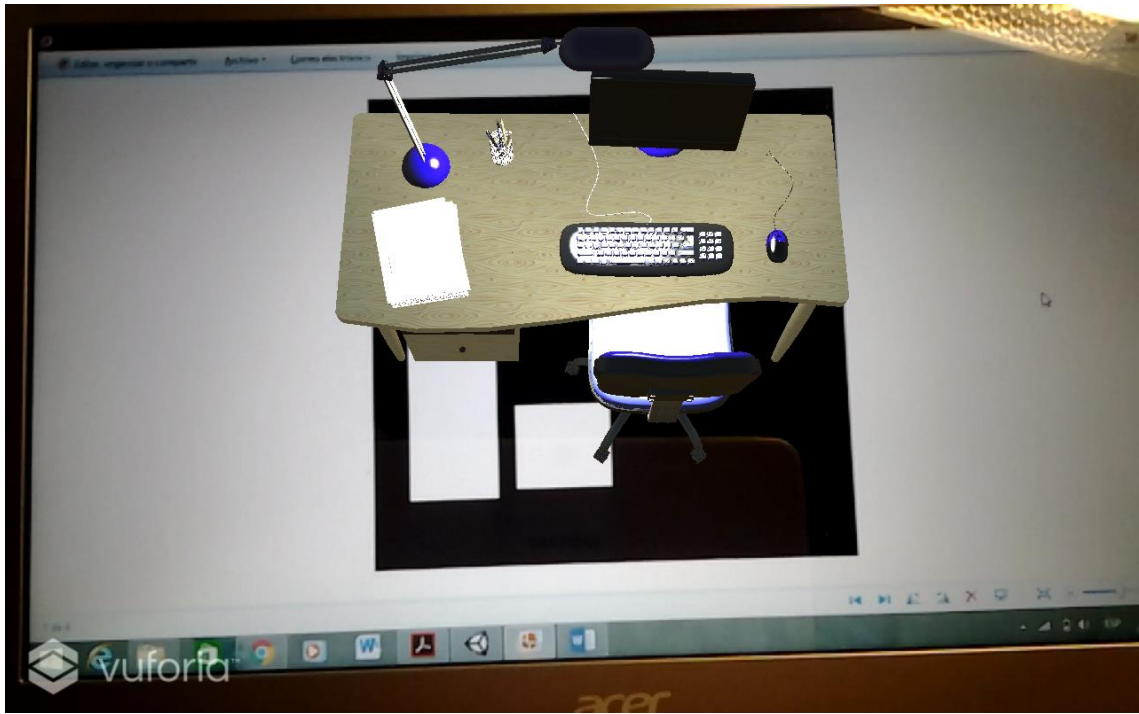
Una vez realizado este proceso, se introduce el código en el programa “Unity 3D”. Con anterioridad, en este programa se prepara la geometría tridimensional y los movimientos que se desean realizar para que el entorno virtual interactúe con el usuario del mundo real. Una vez se asocia la geometría con el código del marcador, se procesa a guardar todo el proyecto con extensión .SDK con el fin de crear un archivo que el sistema operativo Android sea capaz de reconocer.

Las siguientes imágenes muestran un ejemplo de la visualización de la APP en la que se muestra como apuntando con la cámara sobre el marcador, aparece la representación tridimensional que muestra la correcta colocación de la pantalla de ordenador, el teclado

5. Utilización de los puestos diseñados en la aplicación

y el ratón, pasando de estar colocados muy a la derecha a estar en una zona central con respecto de la silla donde se sienta el trabajador





VI. CONCLUSIONES

6. CONCLUSIONES

6.1 Conclusiones sobre la ergonomía en la prevención de riesgos laborales.

Las condiciones laborales han mejorado a lo largo de los años. Las empresas han tenido una importante labor en la mejora de dichas condiciones, pero la cantidad y calidad de la información que proporcionan a los trabajadores para mejorar posturas y aprender movimientos es deficitaria.

Desde el punto de vista de lo aprendido en el presente trabajo, se puede diferenciar entre dos tipos de prevención de riesgos. El primero es aquel que depende exclusivamente del trabajador y de la forma en la que utiliza los elementos que la empresa le proporciona.

El segundo es aquel que sí depende de la empresa, más concretamente con la exigencia que ejerce la empresa sobre los trabajadores. En este grupo se pueden incluir riesgos tales como la frecuencia del trabajo, la cantidad de horas de la jornada laboral o la variación del tipo de tarea que realiza un trabajador cuando se habla de tareas pesadas.

Estos últimos riesgos planteados sólo pueden ser subsanados por las empresas, sin embargo, el primer tipo de riesgos laborales es el que puede ser mejorado con la correcta información y formación de trabajadores.

Por ello, este trabajo permitirá que los trabajadores conozcan por un lado las posturas y movimientos más idóneos para manejar los elementos de su puesto de trabajo y por otro, las recomendaciones en cuanto a ciertas condiciones de trabajo para evitar abusos laborales por parte de las empresas y disminuir lesiones, daños irreversibles y accidentes por parte de los trabajadores.

6.2 Conclusiones sobre la aplicación (App) de prevención de riesgos laborales.

La metodología de enseñanza en este tipo de nuevas tecnologías (realidad virtual y realidad aumentada) permite que el trabajador interactúe con el medio que tiene a su alrededor.

La dinámica de aprendizaje es totalmente personalizada al tipo de puesto que el trabajador ocupa, por lo que centrará su atención en aprender aquello que le interesa. Las formas convencionales de enseñanza eran muy generales y cada trabajador no sabía en qué parte centrarse. De esta forma, la motivación que se consigue en el trabajador para que mejore, y por consiguiente la empresa, podría ser más elevada.

VII. BIBLIOGRAFIA

7. BIBLIOGRAFIA

Instituto de salud pública de Chile. Guía gestión del riesgo asociado al manejo manual de carga. Recuperado a partir de <http://www.ispch.cl/sites/default/files/D001-PR-500-02-001%20Guia%20gestion%20del%20riesgo%20asociado%20al%20manejo%20manual%20de%20carga%20v1.pdf>

Instituto de salud pública. Anatomía, biomecánica y antropometría. Recuperado a partir de https://3teprevriesgos2010.files.wordpress.com/2011/09/anatomia-biomecanica-antropometria_2.pdf

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Wolfgang Laurig y Joachim Vedder. *Enciclopedia OIT, Vol 1, no 29*. Recuperado a partir de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo1/29.pdf>

Grupo de Ergonomía Cognitiva Universidad de Granada. José J. Cañadas Delgado. Ergonomía en los sistemas de trabajo. Recuperado a partir de <http://portal.ugt.org/saludlaboral/observatorio/publicaciones/new2013/GuiaErgonomia.pdf>

Falzon, P. (2009). Manual de Ergonomía. Madrid: Modus Laborandi

Reason, J. (2010). La contribución humana: actos peligrosos y acciones ejemplares. Madrid: Modus Laborandi Recuperado a partir de http://laboreal.up.pt/files/articles/56_64e.pdf

Asociación Chilena de Seguridad. Ergonomía de oficinas: manual de conceptos fundamentales y recomendaciones prácticas. Recuperado a partir de <http://www.achs.cl/portal/trabajadores/Capacitacion/CentroddeFichas/Documents/ergonomia-para-oficinas-conceptos-fundamentales-y-recomendaciones-practicas.pdf>

Shackel, Brian. People and computers-some recent highlights. *Applied Ergonomics*. 31 (2000) 595-608.

Carter J.B., Banister E.W. Musculoskeletal problems in VDT work: a review. *Ergonomics*, 1994, vol.37, no.10, 1623-1648.

Lara Ruiz Ruiz. Centro Nacional de Nuevas Tecnologías. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *Guía técnica manipulación manual de cargas*. Recuperado a partir de <http://www.insht.es/MusculoEsqueleticos/Contenidos/Formacion%20divulgacion/material%20didactico/GuiatecnicaMMC.pdf>

La Caja ART. Prevención de riesgos ergonómicos. Recuperado a partir de <http://www.lacaja.com.ar/lacaja/ART/files/content/ManErgonomia2.pdf>

Universidad de Málaga. Vicerrectorado de Servicios a la Comunidad Universitaria. Servicio de Prevención de Riesgos Laborales. Manipulación manual de cargas. Recuperado a partir de <http://www.uma.es/publicadores/prevencion/wwwuma/183.pdf>

Ricardo Chavarría Cosar. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. NTP 242: Ergonomía: análisis ergonómico de los espacios de trabajo en oficinas. Recuperado a partir de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_242.pdf

Preveconar. Vídeo Napo: predicar con el ejemplo. Recuperado a partir de <http://prevencionar.com/2017/09/05/napo-predicar-ejemplo/>

PLAY STORE. APP Carga postural-REBA. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo,

BOE-A-1995-24292. Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos laborales. Recuperado a partir de <https://www.boe.es/boe/dias/1995/11/10/pdfs/A32590-32611.pdf>

VIII. ANEXOS

8. ANEXOS

8.1 Anexo 1: Estudio de las posiciones y movimientos ergonómicos en los puestos de trabajo analizados.

8.1.1 Aspectos esenciales en la ergonomía de un puesto de oficina.

El principal factor a tener en cuenta para un puesto de oficina es la postura que adquiere el trabajador cuando está sentado ya que pasa la mayor parte de su tiempo en esta posición. Otros factores clave son el posicionamiento de la pantalla de ordenador, la disposición del teclado y el ratón y la colocación del resto de elementos de oficina en orden de prioridad de uso.

La postura ideal sentado consta de las siguientes premisas:

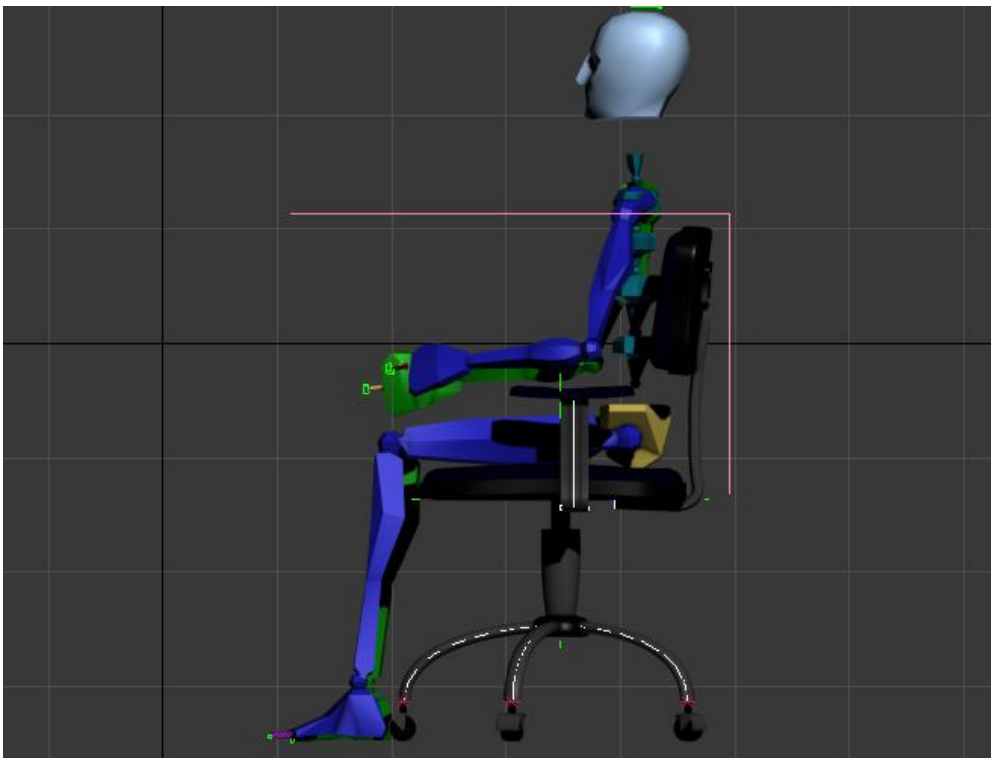


Fig.12 Postura ideal sentado

1. Posicionamiento del cuello en una posición relajada, evitando el giro del cuello tanto a izquierda-derecha como arriba-abajo. Hay que posicionar el resto de

elementos de la oficina de modo que se cumpla esta posición durante el mayor tiempo posible.

2. Colocación de los codos en el reposabrazos, pegados al cuerpo todo lo posible y manteniendo un ángulo de entre 90° y 100° con el tronco.
3. El tronco ha de formar un ángulo de entre 90° y 100° con la horizontal de los muslos apoyados en el asiento.
4. La parte baja de las piernas, ha e formar un ángulo superior a 90° con respecto de la parte apoyada en el asiento.
5. Los pies deben estar apoyados en el suelo o en un reposapiés.

Todas estas posiciones, en la que se intenta apoyar la mayor cantidad de puntos del cuerpo, permiten evitar sobrecargas musculares y dolor en las articulaciones por mantener posturas con ángulos forzados, es decir, flexiones o abducciones de las articulaciones demasiado límite para mantenerlas durante un periodo prolongado de tiempo.

Otro tipo de movimientos que se realizan en este puesto de trabajo son los propios de manejar el teclado y el ratón. Por ello, hay que seguir una serie de normas para la colocación de dichos elementos para evitar sobreesfuerzos.



Fig.13 Posicionamiento incorrecto del ordenador

La *Fig.13* muestra como el conjunto de pantalla, teclado y ratón quedan desplazados con respecto a la silla. Esto se traduce en una postura forzada para la utilización de dichos elementos.



Fig.14 Posicionamiento correcto del ordenador

Su correcta colocación sería central al eje de colocación de la silla como muestra la *Fig.14*. Además, esto permite la liberación de espacio en la zona donde se coloca el ratón, permitiendo la comodidad de movimiento del mismo.



Fig.15 Espacio para el movimiento del ratón

Como muestra la *Fig.15*, el rango para el manejo con comodidad del ratón estaría dentro de esa zona para evitar extensiones muy pronunciadas de las articulaciones del codo y el hombro.

Por otra parte, el diseño del ratón y el teclado no puede variar mucho, debido a que debe adaptarse a gran variedad de tamaños de mano de las diferentes personas que lo vayan a

utilizar. Esto se traduce en que la clave para su utilización ergonómica reside en el aprendizaje del usuario de las posturas más adecuadas para su correcta utilización. En lo que al ratón se refiere, en la *Fig.16* se muestran cuatro posturas incorrectas que comprenden unas flexiones y extensiones que en un periodo prolongado de tiempo pueden producir molestias en los dedos y la muñeca. También muestra la posición correcta para agarrarlo, manteniendo la muñeca en línea con el antebrazo evitando desviarse del eje que el antebrazo marca. En la *Fig. 17* ocurre lo mismo para el teclado, siempre el usuario tiene que intentar mantener la mano en la posición más neutra posible, manteniendo la continuidad y la rectitud con el antebrazo.

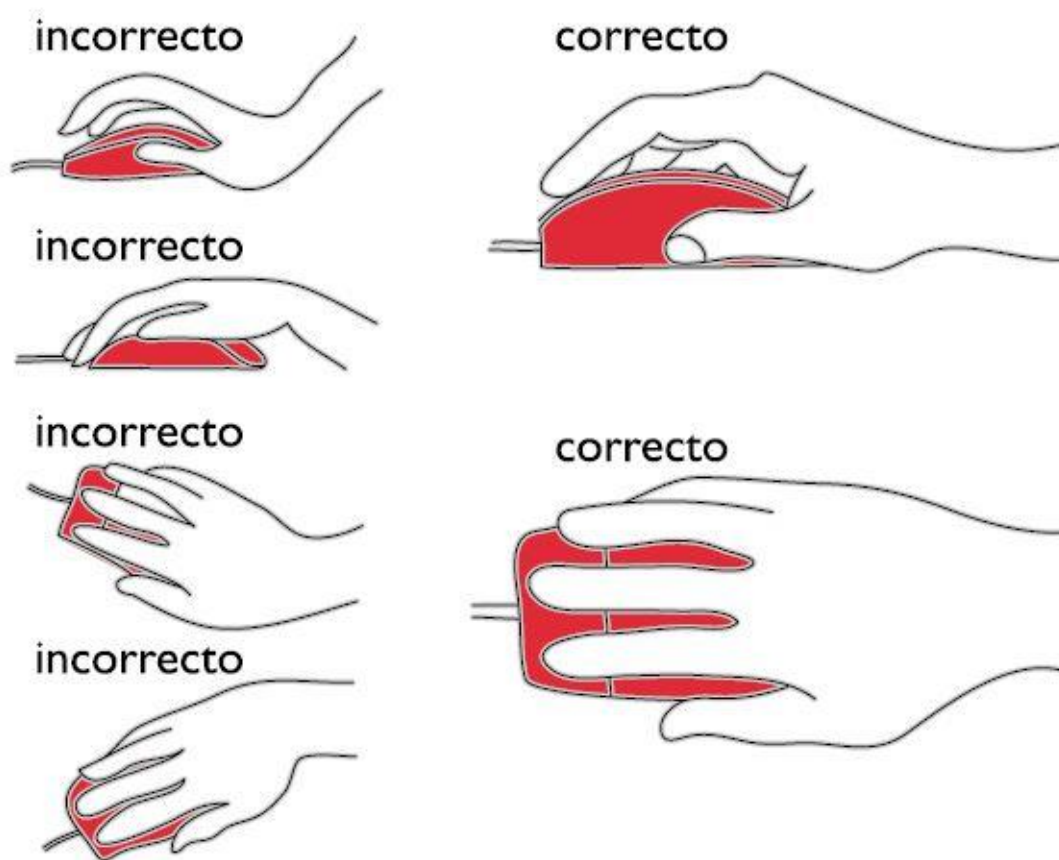


Fig.16 Posturas de utilización del ratón



Fig. 17 Posturas de utilización del teclado

Otro problema que se plantea es que es muy difícil tener siempre todo lo que un trabajador necesita en la posición más próxima a él. La mesa tiene unas dimensiones a las que solo es posible llegar si se realiza el movimiento de los brazos. Por ello, hay un orden de prioridad a la hora de colocar los elementos secundarios de un puesto de oficina (papeles, calendario, teléfono, etc.). Por ello es necesario reflejar esa prioridad dentro de unos límites que quedan reflejados en la *Fig.18*.

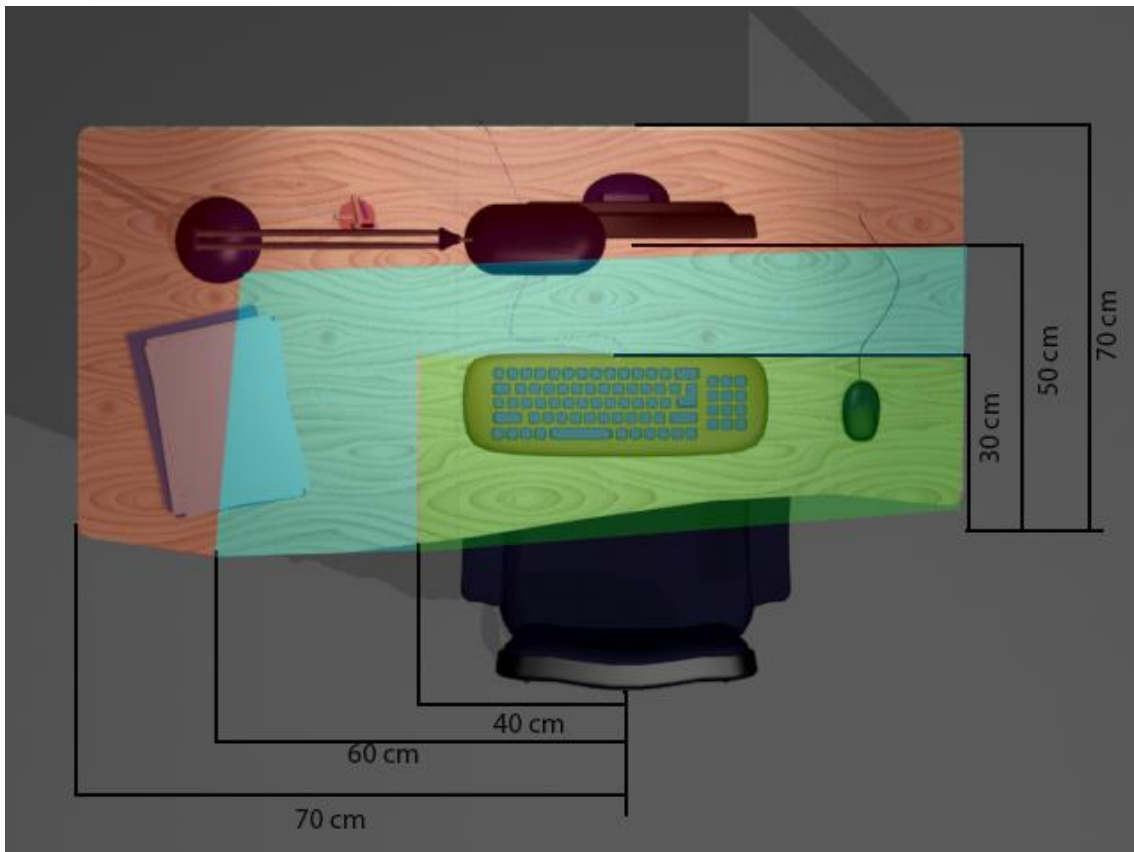


Fig.18 Distribución del espacio en la mesa de trabajo.

La mesa se ha dividido en tres zonas, resaltando con colores de más ergonómica en verde a menos ergonómica en rojo. En cada una de estas franjas, se deben colocar elementos que se utilizan de mayor a menor frecuencia con el objetivo de realizar movimientos más sencillos para coger las cosas que se utilizan más a menudo y dejar aquellas cosas que son menos habituales en su uso en las zonas más alejadas.

BAJA	MEDIA	ALTA
Grapadora	Documentos	Teléfono
Agenda	Archivadores	Lápices
Libros	Calculadora	

Tabla 1 Frecuencia de uso de elementos de oficina

Como muestra la *Tabla 1*, los diferentes elementos necesarios se han de distribuir en la medida de lo posible en ese orden para reducir la cantidad de movimientos que debe realizar el trabajador a lo largo de la jornada laboral.

Cabe destacar que la ergonomía se centra también el estudio de la antropometría (las medidas de los seres humanos). Los objetos diseñados de una forma ergonómica para la población en general se suelen hacer para la media de las medidas de la población por lo que hay un rango de personas para los que ese diseño no servirá. Para salvar estas variables en las medidas que cada individuo posee, existen elementos adicionales que pueden ser útiles para complementar la ergonomía de un puesto de trabajo. Como elementos adicionales para una mayor comodidad se pueden añadir: apoya pies, apoya muñecas para el teclado, apoya muñecas para el ratón, cojín lumbar y sujeta documentos.

7.1.2 Aspectos esenciales en la ergonomía de un puesto de ensamblaje.

El principal inconveniente desde el punto de vista de la ergonomía en un puesto de trabajo de ensamblaje es la repetitividad de movimientos que el trabajador tiene que realizar. A esto hay que sumarle la necesidad de que el trabajador en muchas ocasiones tiene que trabajar de pie y parado.

La posición de pie durante largos períodos es desaconsejable. Puede ocasionar dolores de espalda, problemas circulatorios, inflamación en las piernas y fatiga muscular. Por ello, siempre que sea posible es conveniente no exponer al trabajador a estas posibles lesiones.

Cuando se presenta una tarea en la que ésta es la única alternativa, existen ciertos consejos que ayudan a prevenir daños. Lo ideal es que haya una silla y el asiento se regule para cubrir las diferentes alturas del trabajador. Si no fuera posible usar silla y se trabaja siempre de pie, se puede proporcionar un pedestal o tarima para que los trabajadores de menor altura alcancen las posiciones de trabajo. Además este pedestal también puede ser útil para la colocación de un pie, de modo que la posición de parado se pueda ir alternando con el cambio de pies subidos en el pedestal y sirva de alivio para el trabajador. De esta forma el peso del cuerpo se va alternando de una pierna a otra.

El espacio circundante debe ser lo suficientemente amplio como para cambiar de posición, mover los pies en lugar de girar la columna y elevar las rodillas al apoyarse en el apoya pie.

La superficie que pisa debe ser relativamente flexible, no dura. Para ello se puede colocar goma o cualquier otro material que amortice el choque. Es importante también que sea plana, no resbaladiza y que se encuentre siempre limpia.

La tarea que se realiza no debe forzar el estiramiento de los brazos ni tampoco la rotación o encorvamiento excesivo de la columna. Por el contrario, debe permitir que los codos puedan estar cercanos al cuerpo. Es decir, que la tarea se realice a unos 20 a 30 cm de frente.

Como muestra la Fig. 19, se establece una zona en la que el operario puede trabajar, diferenciando una primera zona en la que no se realiza la extensión de la articulación del hombro y una segunda zona donde sí sería necesaria su extensión para alcanzar los objetos. En la primera zona es en la que es aconsejable realizar el ensamblaje y manipulación del objeto propio de la cadena de montaje mientras que, la segunda zona, quedaría reservada para albergar piezas y herramientas.

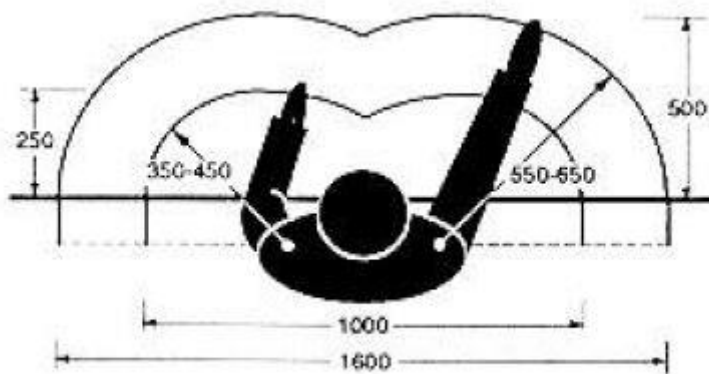


Fig. 19 Arco horizontal de alcance del brazo y área de trabajo sobre una mesa (cotas en mm)

Otro problema tener en cuenta es el diseño de las herramientas utilizadas para el ensamblaje en dichos puestos. En muchas ocasiones, estas herramientas son pesadas y una exposición prolongada a este peso puede ocasionar lesiones.

En primer lugar hay que diferenciar el tipo agarre de la herramienta: agarre de fuerza, agarre de precisión y agarre de gancho. En un agarre de fuerza, como el que se aplica para clavar con un martillo, la herramienta se sujeta mediante una abrazadera formada por los

dedos, parcialmente flexionados, y la palma de la mano, mientras que el dedo pulgar aplica una presión opuesta. En un agarre de precisión, como el que se utiliza cuando se ajusta un tornillo, la herramienta queda sujeta entre la parte flexora de los dedos y el pulgar, situado frente a éstos. Un agarre de precisión proporciona sólo el 20% de la fuerza de un agarre de fuerza. El agarre de gancho se emplea cuando no es necesario aplicar ninguna fuerza y sólo hace falta sujetar. Con este agarre, el objeto queda suspendido entre los dedos flexionados, con o sin la contribución del dedo pulgar.



Fig. 20 Perímetro de agarre de la mano

Otro aspecto clave, es el grosor del mango que el trabajador ha de coger. Como muestra la Fig. 20, esta medida antropométrica es clave en el diseño de mangos para herramientas. El tamaño óptimo, que varía según el tamaño de la mano, está entre 55 y 65 mm para los hombres y entre 50 y 60 mm para las mujeres. Las personas con manos pequeñas no deben realizar tareas repetitivas que impliquen agarres de fuerza con mangos de diámetro superior a 60 mm. Cabe destacar que hay que tener en cuenta en el diseño el posible uso de guantes por parte de los trabajadores por motivos de seguridad y comodidad. El uso de guantes de piel o lana puede añadir 5 mm al grosor de la mano y 8 mm a la anchura del pulgar.

También es importante conocer la fuerza que va a ser necesaria realizar en cada operación de ensamblaje con cada herramienta. La fuerza de agarre disponible para una acción a corto plazo va de 450 a 500 newtons para los hombres y 250 a 300 newtons para mujeres, pero en casos de acción repetitiva, se suelen recomendar 90-100 newtons para hombres y 50-60 newtons para las mujeres. Si la fuerza es superior, es recomendable introducir

máquinas y herramientas de apriete neumático, con el fin de reducir el esfuerzo físico que tendría que realizar el trabajador durante un periodo prolongado de tiempo.

Pero estas herramientas suelen ser más pesadas, por lo que a partir de 2,3 kg deberá sostenerse por medios mecánicos. El peso aceptable para herramientas mecánicas es de entre 0,9 kg y 1,5 kg. Cabe destacar, que en el diseño de las mismas, para reducir su peso se puede optar por la búsqueda de materiales para los mangos que aligeren la herramienta en su conjunto, manteniendo la mayor parte del peso en la parte estructural de la herramienta.

8.1.3 Aspectos esenciales en la ergonomía del movimiento de peso.

El movimiento de peso incluye las acciones de levantar, bajar, empujar, tirar, transportar, mover, sostener en vilo y refrenar, y está relacionado con gran parte de las actividades realizadas en la vida laboral. La biomecánica está directamente relacionada con estas acciones, ya que los músculos deben moverse para realizar las tareas. Pero lo importante es qué cantidad de trabajo físico puede esperarse, razonablemente, que realice un trabajador.

Se puede partir de tres puntos limitantes para discernir la cantidad de peso adecuado: criterio biomecánico, criterio fisiológico y criterio psicofísico.

El criterio biomecánico hace referencia al uso que se hace de los músculos y huesos. El fisiológico se refiere a la capacidad respiratoria del trabajador (trabajo aeróbico) y el psicofísico relaciona la cantidad de peso que cada trabajador considera que puede levantar.

Estos tres criterios totalmente diferentes, serán aplicables dependiendo de la tipología del trabajo. Si es una jornada muy larga, se considera la opinión del trabajador para ver que el trabajo no suponga un esfuerzo mayor del que el propio trabajador debería soportar. Si las cargas son muy pesadas, se considera la capacidad biomecánica del trabajador para que los músculos y las articulaciones no se sobrecarguen hasta el punto de resultar lesionados. Por último, quizás el trabajo requiere mucha rapidez y la capacidad aeróbica del trabajador se ve superada.

Otro factor importante es la postura a la hora de levantar el peso. El riesgo de lesión será mayor si el trabajador tiene que girar o estirarse para alcanzar algo. Se producen más lesiones de espalda cuando el levantamiento se hace desde el suelo que cuando se hace desde una altura media

La carga en sí también puede influir en la manipulación, debido a su peso y su ubicación. Otros factores, como su forma, su estabilidad, su tamaño y si resbala o no, también pueden incidir en la facilidad o dificultad que presente su manejo.

El National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) de Estados Unidos estableció 23 kg como límite de carga en 1991 (Waters y Cols. 1993). Cada tarea de levantamiento tiene que ser valorada de acuerdo con sus características. Una forma útil de determinar un límite de peso para un ejercicio de levantamiento es la fórmula desarrollada por el NIOSH:

$$RWL = LC \times DM \times AM \times CM \times FM$$

RWL = Límite de peso recomendado para la tarea en cuestión

LC = Peso teórico recomendado según zona de manipulación.

DM = Factor de desplazamiento vertical de la carga.

AM = Factor de giro, ángulo de desviación de la tarea con relación al plano medio sagital.

CM = Factor de agarre, posibilidad de sujetar bien el bulto que se desea levantar.

FM = Factor de frecuencia del levantamiento.

La cuestión ahora es definir el valor de los diferentes factores a aplicar en la fórmula con el fin de obtener el límite de peso para cada una de las situaciones en cuestión.

A. LC

Pese a que NIOSH establece un peso máximo de 23 kg, en España el peso máximo que puede levantar una persona en condiciones normales es de 25 kg. Se hace una diferenciación entre las personas que tienen una condición física normal y aquellas que están en un grupo de la población que necesita mayor protección laboral (mujeres, trabajadores jóvenes y mayores). Para este grupo de población el peso máximo se ve reducido un 40%, quedando en 15 kg.

Otra excepción son los trabajadores que por la adquisición de capacidades físicas superiores, se encuentran en el grupo de personal entrenado, cuyo peso máximo de levantamiento asciende a 40 kg, un 60% más que un trabajador en condiciones normales.

	Peso máximo	Factor de corrección	% población protegida
En general	25 kg	1	85%
Mayor protección	15 kg	0,6	95%
Trabajadores entrenados	40 kg	1,6	Datos no disponibles

Tabla 2 Factor de corrección según tipo de trabajador.

Pero el peso máximo depende de otros factores como la separación de los brazos y la altura a la que se encuentren los mismos. En la *Fig. 21* se reflejan los distintos pesos según la amplitud de movimiento de los brazos. Como norma general, cuanto mayor sea la distancia de los brazos al tronco, menor ha de ser el peso de la carga, puesto que la fuerza aplicada sobre la zona lumbar aumenta conforme una misma carga se va alejando del tronco.

Para saber el peso en las diferentes zonas del resto de trabajadores (mayor protección y entrenados) hay que multiplicar el peso por su factor de corrección.

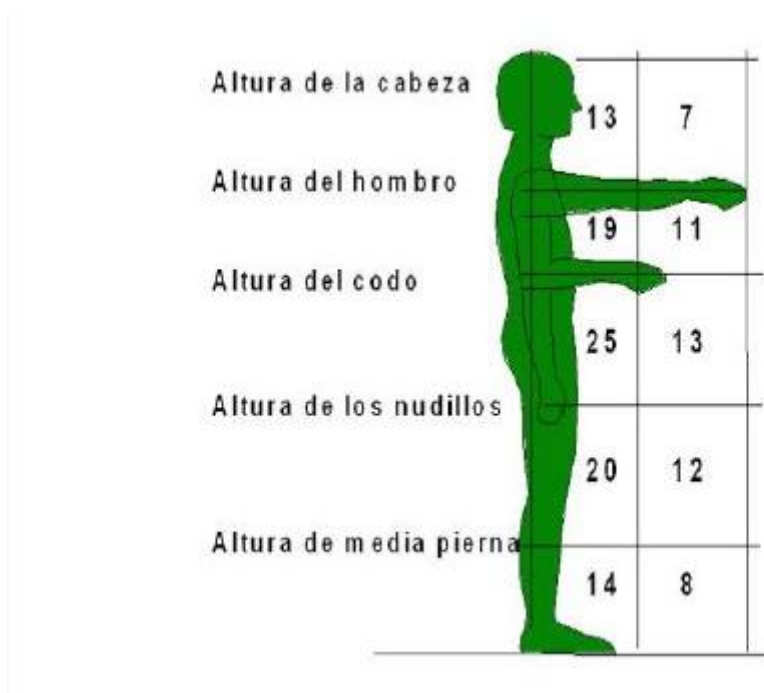


Fig. 21 Peso teórico recomendado en función de la zona de manipulación

B. DM(Factor de desplazamiento)

El desplazamiento más favorable es el que no supera los 25 cm pudiendo llegar hasta los 175 cm. Esta medida máxima se corresponde con la altura media para muchos trabajadores, por lo que no es recomendable elevar cargas por encima de la altura del propio trabajador puesto que supone un esfuerzo muy grande y genera fatiga.

Desplazamiento vertical	Factor de corrección
Hasta 25 cm	1
Hasta 50 cm	0,91
Hasta 100 cm	0,87
Hasta 175 cm	0,84
Más de 175 cm	0

Tabla 3 Factor de corrección según desplazamiento vertical

Es desaconsejable realizar elevaciones fuera de estos rangos. Además cabe mencionar que la idoneidad para organizar los elementos de almacenamiento se da cuando aquellos elementos más pesados se encuentran en la altura más favorable para los trabajadores. De este modo es aconsejable organizar los elementos más pesados en las zonas bajas y disminuir el peso de la carga a medida que se va ascendiendo.

C. AM(Factor de giro)

Este apartado se centra en la compresión de las vértebras en la zona lumbar, puesto que los giros son un factor que incrementa el daño es esta zona.

Giro del tronco	Factor de corrección
Poco girado (hasta 30°)	0,9
Girado (hasta 60°)	0,8
Muy girado (hasta 90°)	0,7

Tabla 4 Factor de corrección según giro del troco

D. CM(Factor de agarre)

La comodidad con la que el trabajador maneja las cargas a la hora de elevarlas es fundamental para evitar lesiones pero además para facilitar su labor.

Se ha de diferenciar entre tres tipos de agarre. El primero es aquel en el que es trabajador puede agarrar la carga con la palma de la mano cerrada, lo que le permite poder agarrar un mayor peso con mayor facilidad

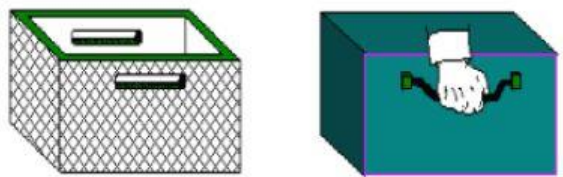


Fig.22 Agarre bueno

El segundo caso se da cuando se agarra la carga con la palma de la mano a 90°, recayendo el peso sobre los dedos. Esto conlleva una mayor probabilidad de padecer posibles lesiones.

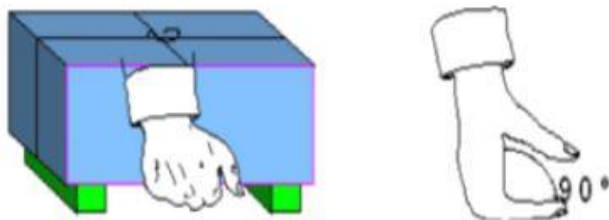


Fig. 23 Agarre regular

En el último caso, la maniobrabilidad de las manos es escasa y conlleva una peor estabilidad en el levantamiento de la carga. En esta ocasión, la parte más comprometida son las muñecas, pudiendo producirse molestias en esta articulación dependiendo del resto de condiciones del trabajo (altura, distancia, frecuencia).



Fig. 24 Agarre malo

Los diferentes tipos de agarre llevan a una disminución de la carga cuanto peor sea la forma en la que se puede agarrar las cargas.

Tipo de agarre	Factor de corrección
Agarre bueno	1
Agarre regular	0,95
Agarre malo	0,90

Tabla 5 Factor de corrección según tipo de agarre

E. FM(Factor de frecuencia)

El trabajo de levantamiento de cargas, se puede alternar con la realización de otras tareas, dependiendo de la frecuencia con la que se eleva peso. En este tipo de trabajo, el descanso es muy necesario con el fin de evitar la probabilidad de sufrir un accidente.

Frecuencia de manipulación	Duración de la manipulación		
	<1h/día	>1h y < 2h	>2h y ≤ 8h
	Factor de corrección		
1 vez cada 5 min	1	0,95	0,85
1 vez/min	0,94	0,88	0,75
4 veces/min	0,84	0,72	0,45
9 veces/min	0,52	0,30	0
12 veces/min	0,37	0	0
< 15 veces/min	0	0	0

Tabla 6 Factor de corrección según frecuencia de manipulación

Es aconsejable que si el trabajador realiza otra función a parte del levantamiento de cargas, se tenga en cuenta que utilice otros grupos musculares distintos a los que emplea en la otra actividad para que haya una recuperación física del trabajador.

Una vez establecido el peso más adecuado para cada persona y situación, hay otra serie de factores a tener en cuenta y que dependen del aprendizaje del trabajador.

Es importante tener una buena postura a la hora de levantar peso, intentando mantener la columna vertebral lo más recta posible. En condiciones relajadas con la columna recta, su estructura se muestra como en la Fig. 25. En ella se puede observar como el anillo que separa las vértebras entre sí está compuesto por un núcleo y una zona fibrosa.

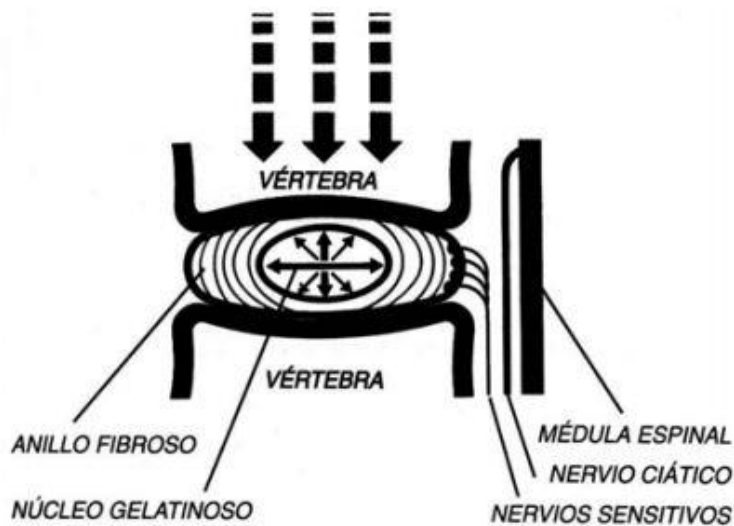


Fig. 25 Sección disco intervertebral

La importancia de levantar el peso con la espalda lo más recta posible radica en que al curvar o arquear la espalda, el anillo protector entre vértebra y vértebra se ve modificado, desplazando el núcleo hacia la zona exterior donde se encuentran los nervios y pudiendo provocar lesiones o molestias en el trabajador.

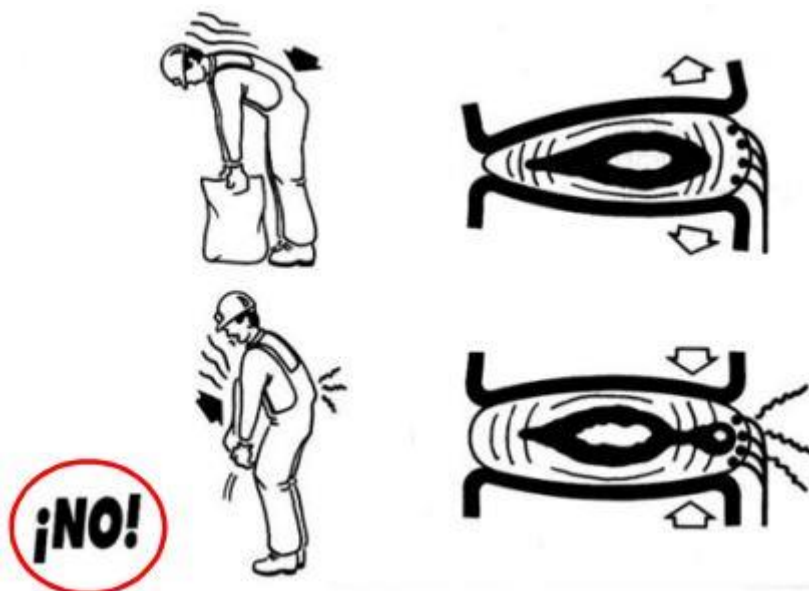


Fig. 26 Levantamiento de peso con espalda curvada

En la *Fig. 27*, se muestra como al mantener la rectitud de la espalda, la estructura del anillo no se ve afectada, evitando así posibles accidentes.



Fig. 27 Levantamiento de peso con columna recta

Los cinturones, las fajas lumbares y los aparatos ortopédicos están recomendados en tareas con riesgo de dolencia lumbar o musculoesquelética de los miembros superiores. Se considera que estos elementos sirven de apoyo a los músculos, por ejemplo, para controlar la presión intra-abdominal y los movimientos de la mano. También sirven para limitar el rango de movimiento de los codos, las muñecas y los dedos. No existen pruebas de que el modificar los elementos posturales con estos elementos contribuya a evitar los problemas musculoesqueléticos. Los soportes posturales en el lugar de trabajo y en la maquinaria, como las asas, las almohadillas para arrodillarse y los apoyos para sentarse pueden resultar útiles a la hora de mitigar el dolor y las cargas posturales.

7.1.4 Lesiones más comunes.

La ergonomía llamada proactiva ocupa la mayor parte del trabajo de los ergónomos actualmente y es la que se aplica cuando el sistema de trabajo va a ser diseñado. La intervención proactiva se lleva a cabo para intentar que los peligros o riesgos no se conviertan en daños. Pero también esta intervención proactiva se hace para asegurar la resiliencia del sistema que hace referencia a la capacidad que éste tiene para adaptarse a los cambios inesperados que le afectan. Por ello, es muy importante resaltar que las intervenciones que los ergónomos hagan deben considerar los riesgos conocidos y los

desconocidos, dejando que el sistema tenga los recursos necesarios para afrontar los desconocidos cuando éstos ocurran.

Para ello es necesario detectar las lesiones que puedan padecer los trabajadores, sus síntomas y las posibles causas para atacar el problema y poder solucionarlo con el fin de evitar que se repita una y otra vez.

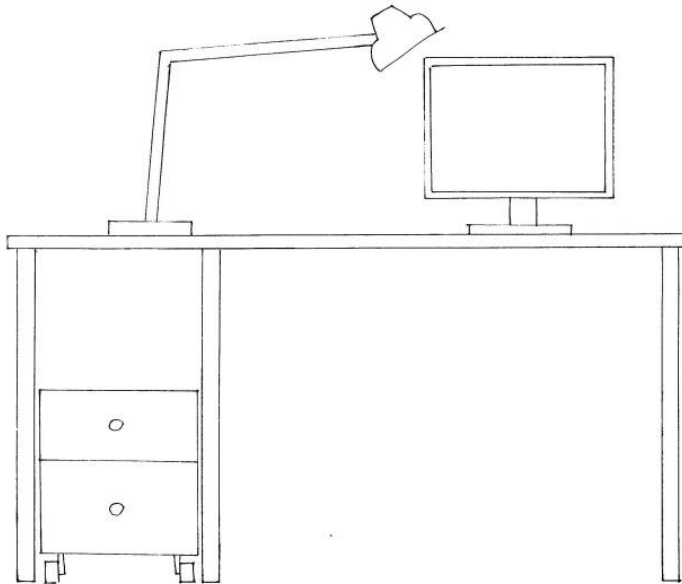
LESIONES	SÍNTOMAS	CAUSAS TÍPICAS
Bursitis: inflamación de la cavidad que existe entre la piel y el hueso o el hueso y el tendón. Se puede producir en la rodilla, el codo o el hombro.	Inflamación en el lugar de la lesión.	Arrodillarse, hacer presión sobre el codo o movimientos repetitivos de los hombros.
Celulitis: infección de la palma de la mano a raíz de roces repetidos.	Dolores e inflamación de la palma de la mano.	Empleo de herramientas manuales, como martillos y palas. Abrasión por polvo y suciedad.
Cuello u hombro tensos: inflamación del cuello y de los músculos y tendones de los hombros.	Dolor localizado en el cuello o en los hombros.	Tener que mantener una postura rígida, o permanecer largo tiempo con la cabeza gacha.
Dedo engatillado: inflamación de los tendones y/o las vainas de los tendones de los dedos.	Incapacidad de mover libremente los dedos, con o sin dolor.	Movimientos repetitivos. Tener que agarrar objetos durante demasiado tiempo, fuerza y/o frecuencia.
Epicondilitis: inflamación de la zona en que se unen el hueso y el tendón. Se llama "codo de tenista" cuando sucede en el codo.	Dolor e inflamación en el lugar de la lesión.	Tareas repetitivas, a menudo en empleos agotadores como ebanistería, enyesado o colocación de ladrillos, dar golpes permanentes con, por ejemplo, un martillo u hacha, o empujar cargas en forma axial.
Ganglios: un quiste en una articulación o en una vaina de tendón. Normalmente, en el dorso de la mano o la muñeca.	Hinchazón dura, pequeña y redonda, que normalmente no produce dolor.	Movimientos repetitivos de la mano.
Osteoartritis: lesión de las articulaciones que provoca cicatrices en la articulación y que el hueso crezca en demasía.	Rigidez y dolor en la espina dorsal y el cuello y otras articulaciones.	Sobrecarga durante mucho tiempo de la espina dorsal y otras articulaciones.
Síndrome del túnel del carpo bilateral: presión sobre los nervios que se transmiten a la muñeca.	Hormigueo, dolor y entumecimiento del dedo gordo y de los demás dedos, sobre todo de noche.	Trabajo repetitivo con la muñeca encorvada. Utilización de instrumentos vibratorios. A veces va seguido de tenosinovitis.
Tendinitis: inflamación de la zona en que se unen el músculo y el tendón.	Dolor, inflamación, reblandecimiento y enrojecimiento de la mano, la muñeca y/o el antebrazo. Dificultad para utilizar la mano.	Movimientos repetitivos.
Tenosinovitis: inflamación de los tendones y/o las vainas de los tendones.	Dolores, reblandecimiento, inflamación, grandes dolores y dificultad para utilizar la mano.	Movimientos repetitivos, a menudo no agotadores. Puede provocarlo un aumento repentino de la carga de trabajo o la implantación de nuevos procedimientos de trabajo.

Tabla 7 Lesiones más frecuentes

8.2 Anexo 2: Explicación del proceso de modelado de los puestos de trabajo.

8.2.1 Diseño puesto de oficina.

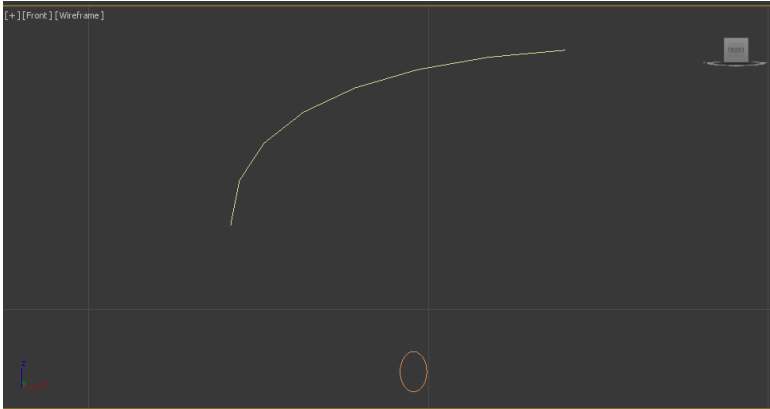
Uno de los puestos de trabajo del que se pretende evaluar su ergonomía es el puesto de oficina. En este caso, surge la necesidad de emular una mesa con su silla y otro tipo de elementos usuales en este tipo de puesto: ordenador, flexo de luz, folios, cajoneras, etc.



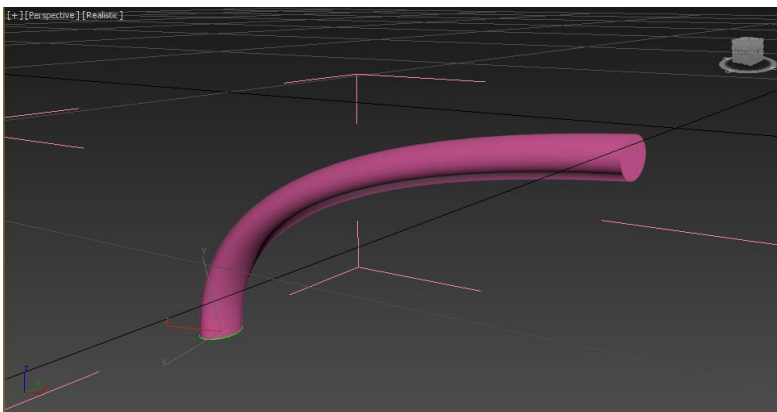
La construcción de los elementos incluidos en este puesto se detalla a continuación.

Silla de oficina

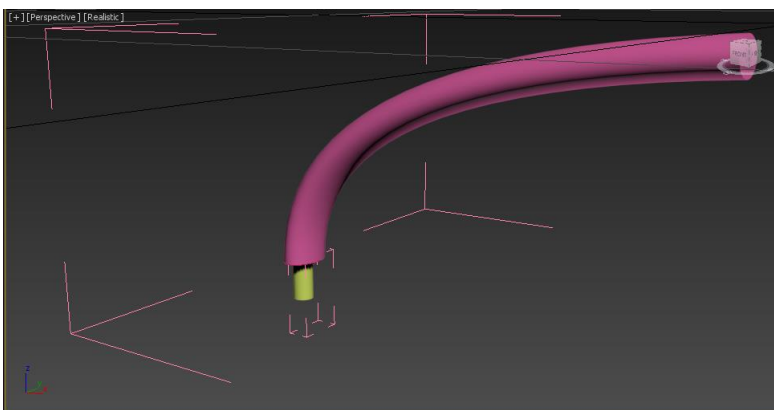
1. Creación del perfil de las patas y la forma de la sección de ese perfil.



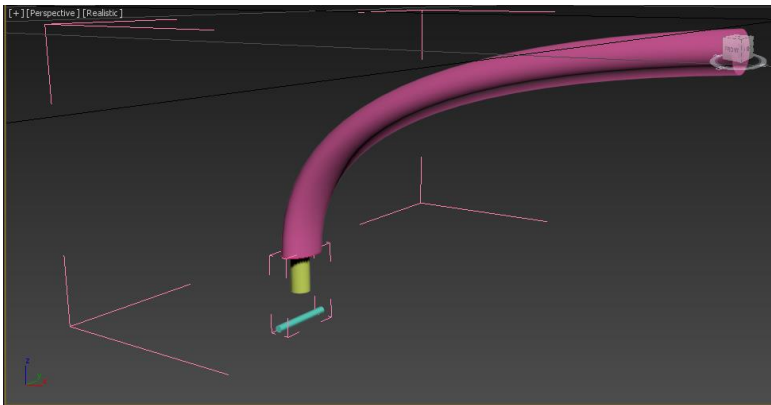
2. Con la operación LOFT se crea el volumen 3D.



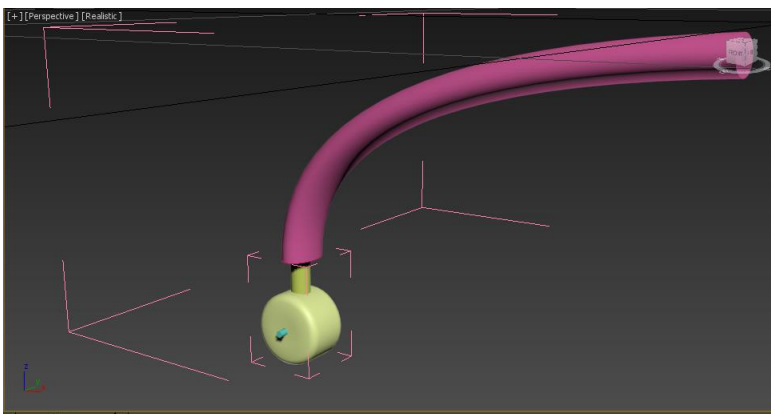
3. Creación del eje de unión entre la pata y la rueda.



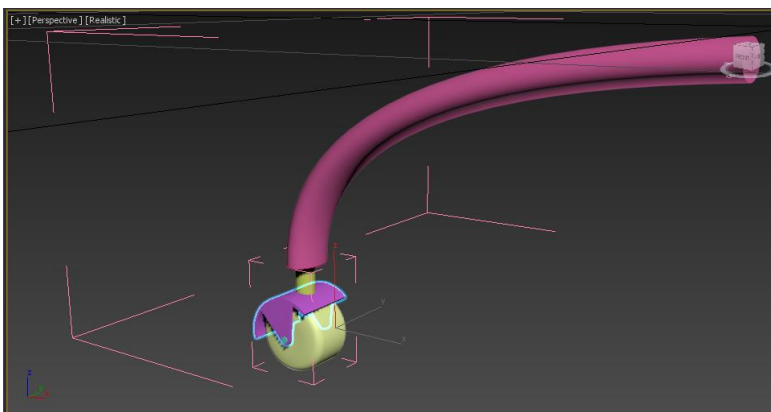
4. Creación del eje de la rueda



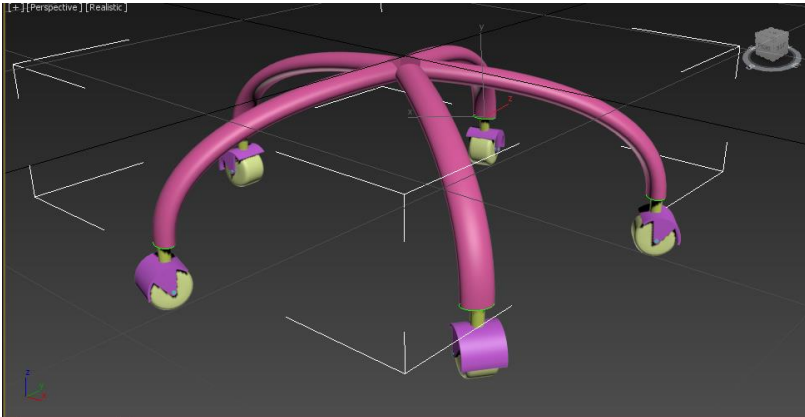
5. Creación de la rueda mediante un perfil y el modificador LATHE (revolución)



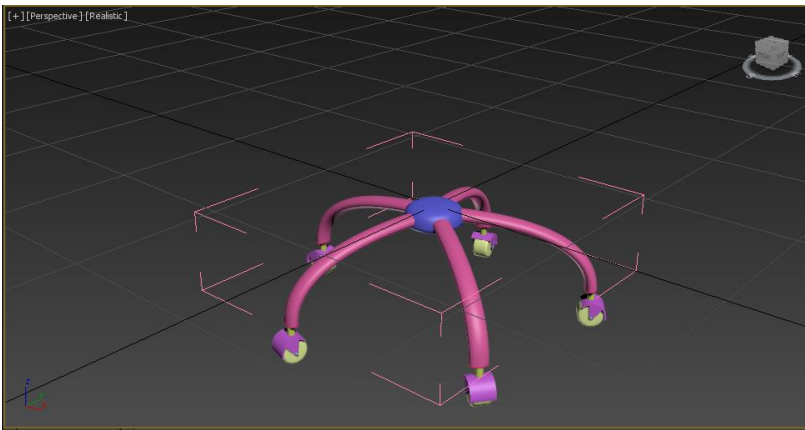
6. Creación de la unión de ambos ejes mediante operaciones BOLEANAS de UNIÓN



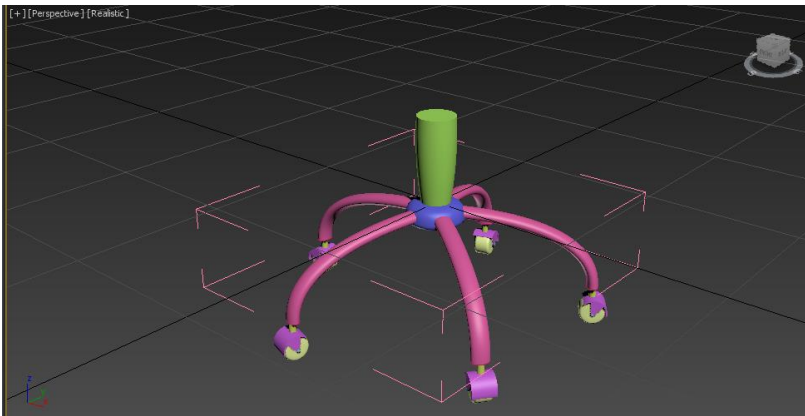
7. Creación de todas las patas con la operación ARRAY, utilizando la rotación a partir de un punto creado como eje.



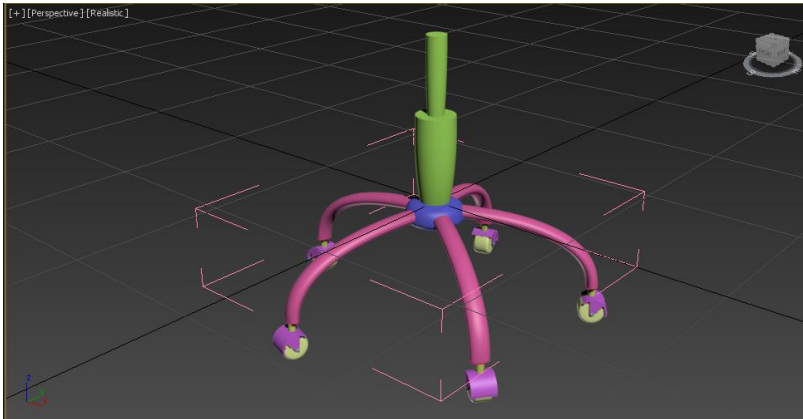
8. Creación de la unión de todas las patas mediante un perfil de revolución.



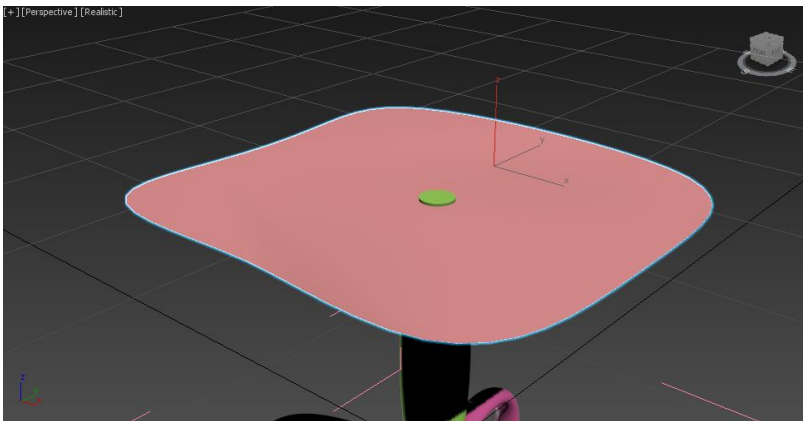
9. Creación del primer eje mediante un cilindro y el modificador TAPER.



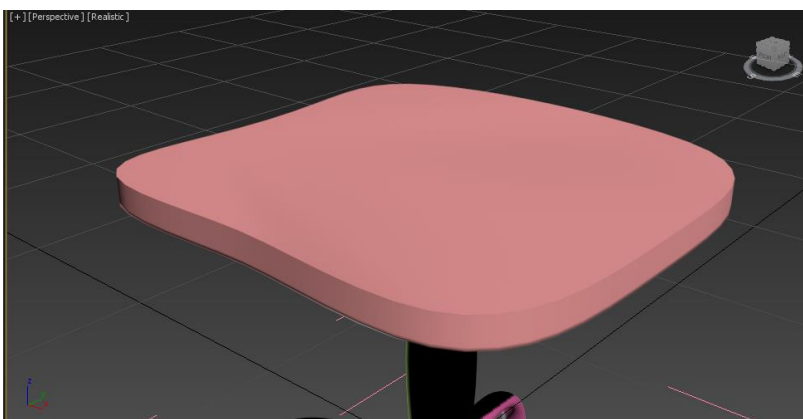
10. Creación del segundo eje mediante un cilindro y el modificador TAPER.



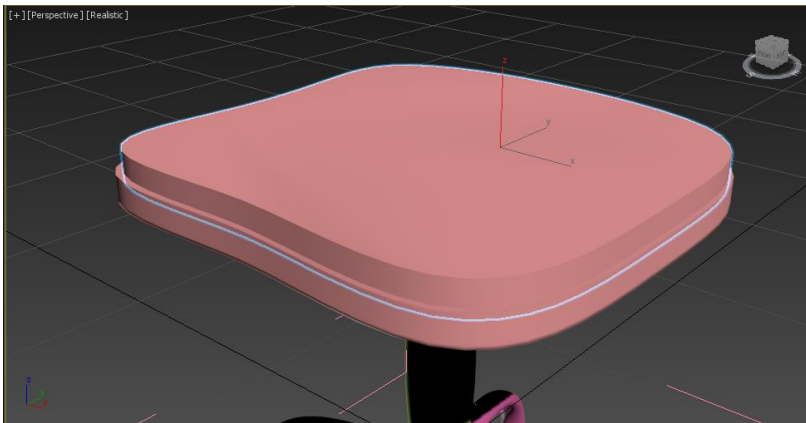
11. Se crea el plano que va a ser la base del asiento.



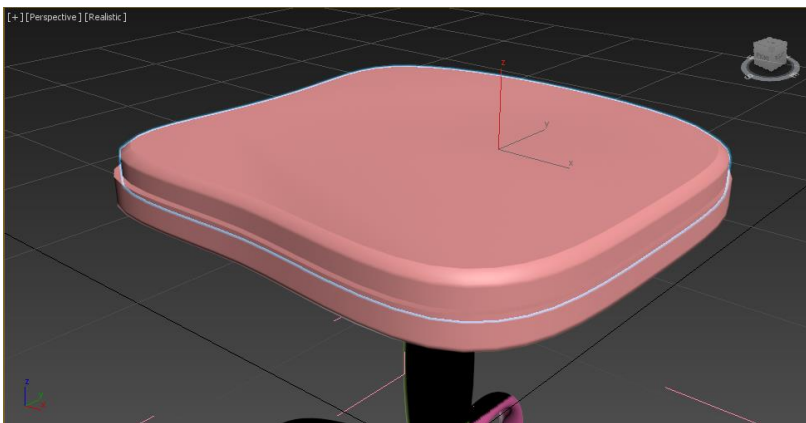
12. Se extruye ese plano con el modificador EXTRUDE y se redondean los bordes con el modificador EDIT MESH.



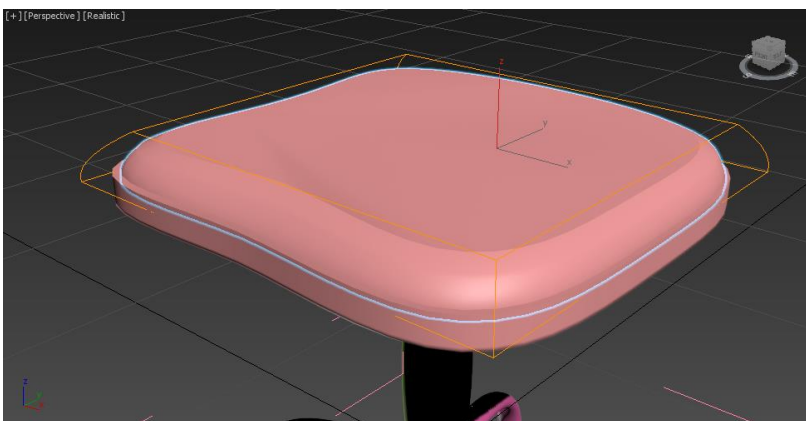
13. Al igual que con la base, se modela el asiento.



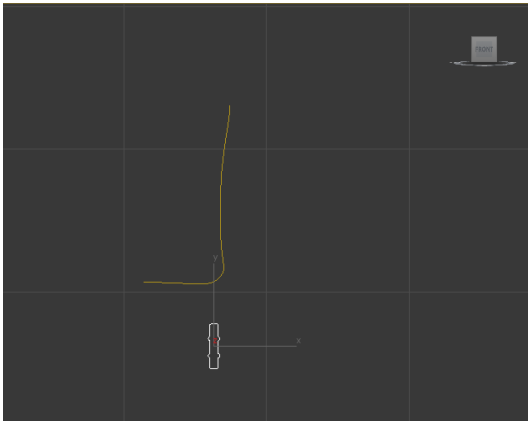
14. Se le aplica el modificador CHAMFER para redondear los bordes.



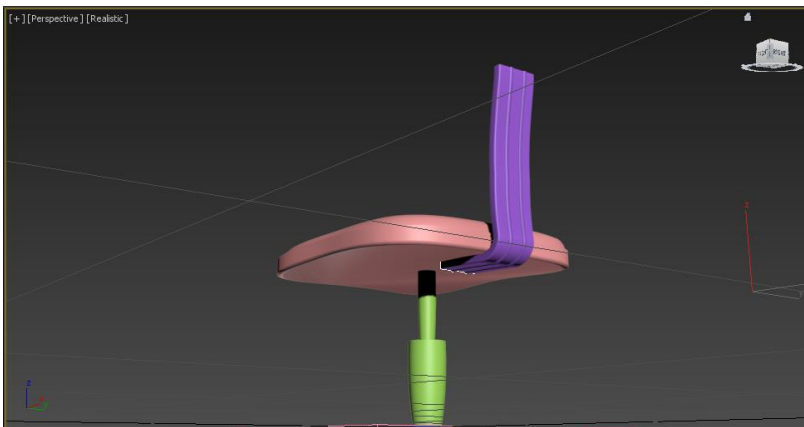
15. Se aplica el modificador TAPER para dar la sensación de mullido.



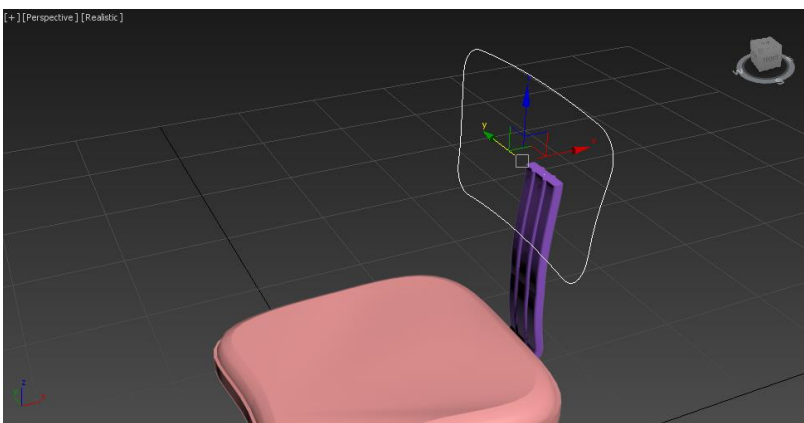
16. Se crea el perfil que servirá para la unión entre el asiento y el respaldo, así como la sección que va a tener este perfil.



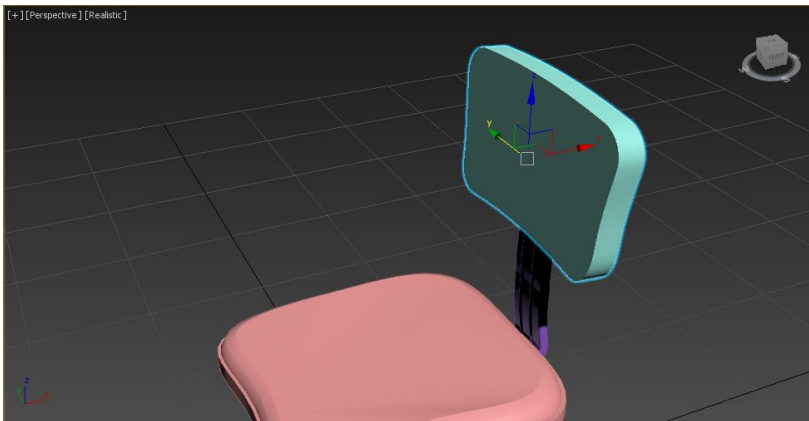
17. Con la operación LOFT se crea el volumen 3D.



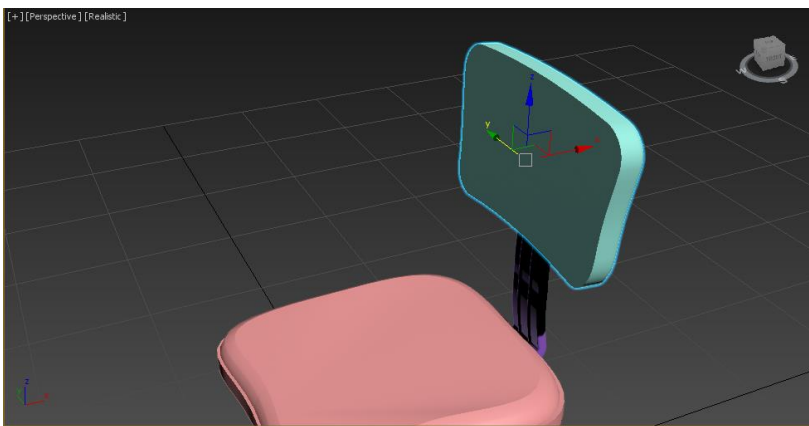
18. Para realizar el respaldo, se parte de una SPLINE plana.



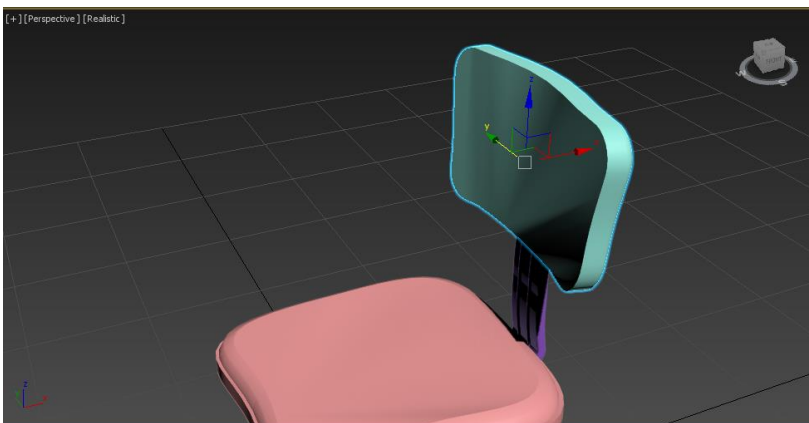
19. Con la operación EXTRUDE, se le da grosor a la base del respaldo.



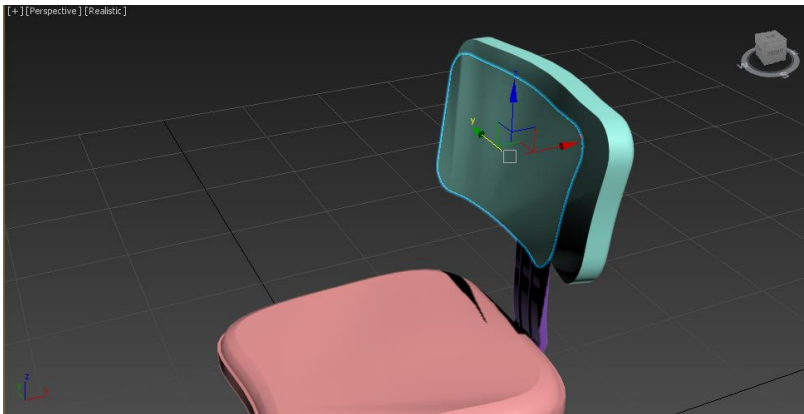
20. Con el modificador EDIT MESH se va redondeando la parte trasera del respaldo.



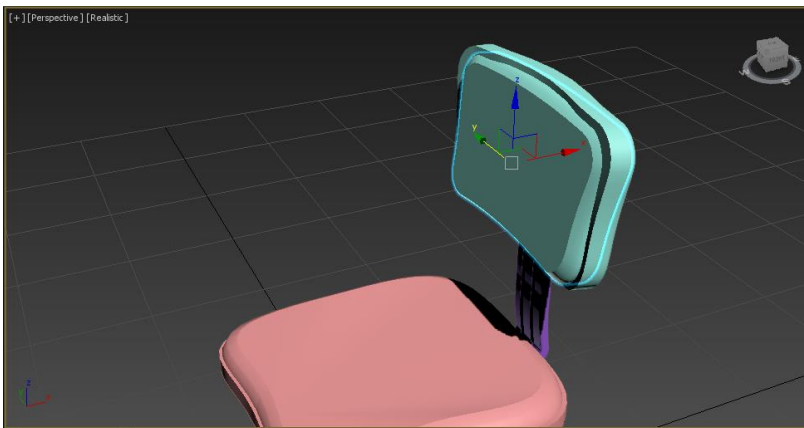
21. Con el mismo modificador, también se le da una forma ligeramente cóncava.



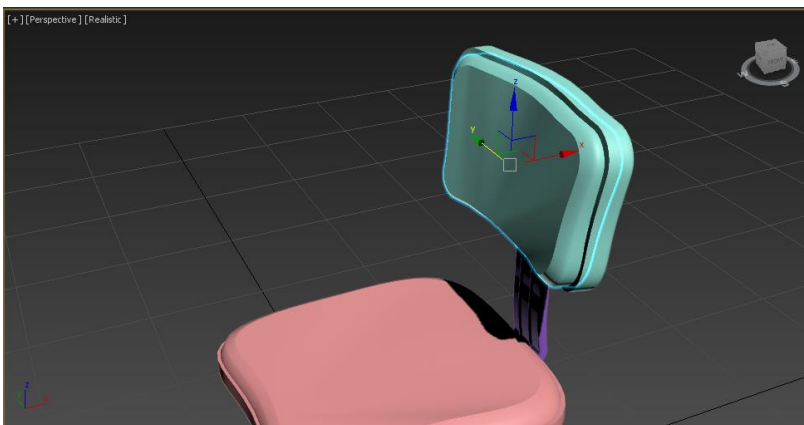
22. Para realizar el acolchado del respaldo, se parte de una forma plana.



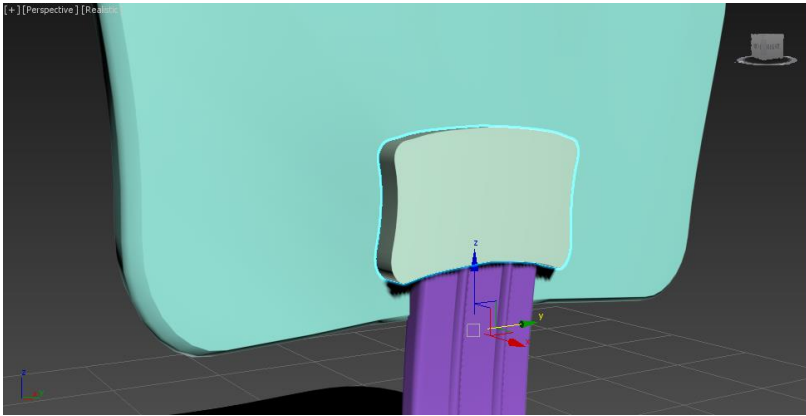
23. Se estrude ésta para dar volumen.



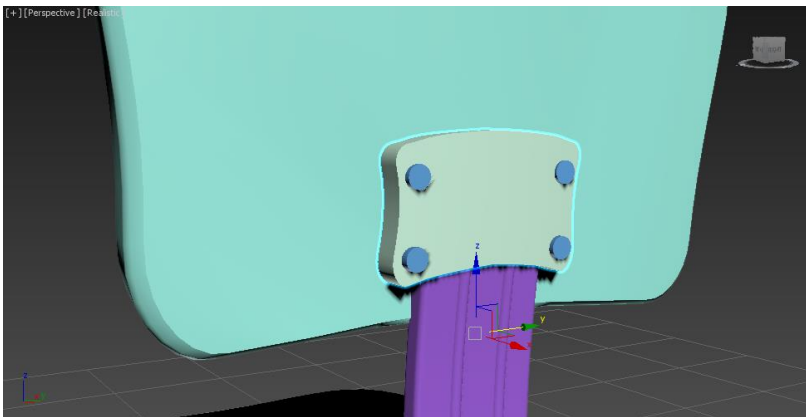
24. Con los modificadores EDIT MESH y TAPER, se va modelando hasta conseguir una forma acolchada.



25. Se realiza una extrusión para la unión entre el respaldo y el eje.

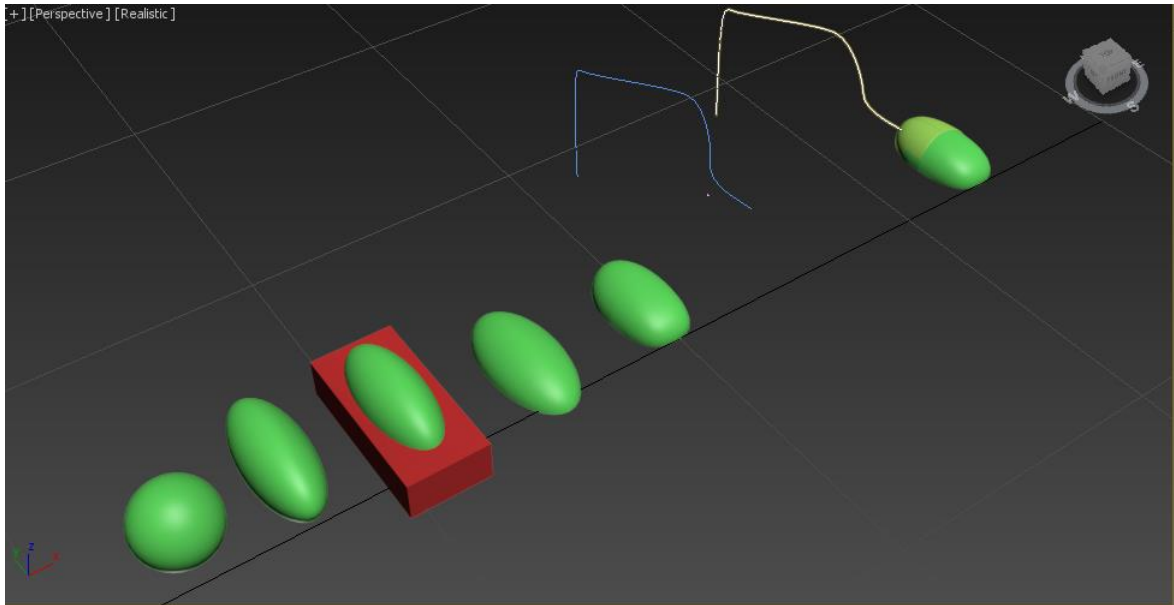


26. Se colocan unos cilindros a modo de tornillos.



Ratón

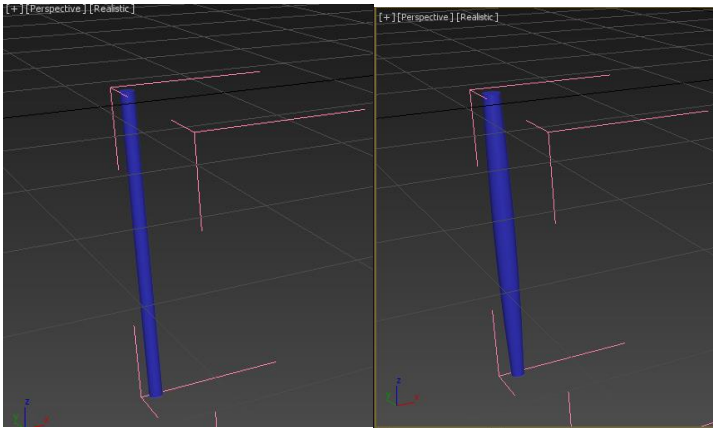
La imagen presentada a continuación refleja los pasos seguidos para la construcción de un ratón:



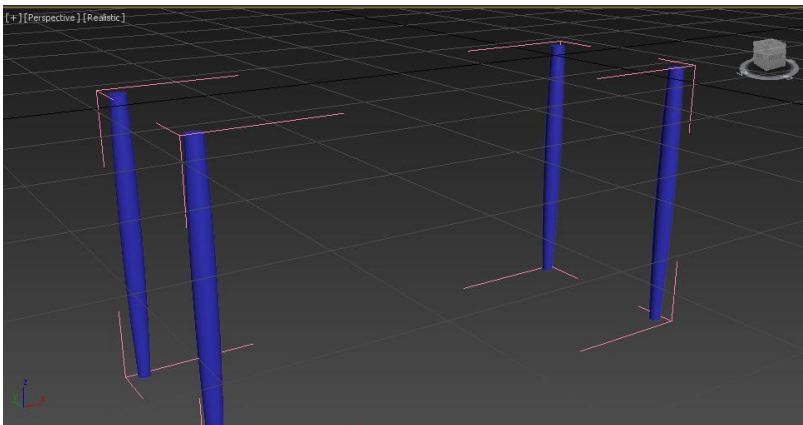
1. Creación de una esfera.
2. Escalar la esfera en diferentes direcciones para hacerla más alargada en la dirección Y y más achatada en la dirección X
3. Creación de un BOX para realizar una operación BOLEANNA.
4. Resultado de la operación BOLEANNA: se obtiene una cara plana para que apoye el ratón.
5. Aplicación del modificador FFD 4x4x4, que genera unos CONTROL POINTS que permiten manejar la forma y modelarla con libertad.
6. Creación del perfil del cable y la sección para realizar un LOFT y obtener el volumen.
7. Creación de los botones del ratón mediante el modificador EDIT MESH que permite seleccionar la parte de la superficie que se quieran y extruirlas un poco hacia fuera.

Mesa de oficina

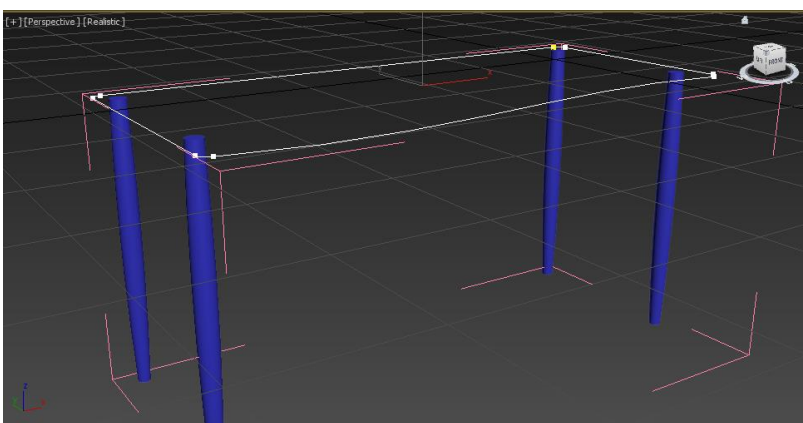
1. Se modela un cilindro para la creación de la pata y se le aplica el modificador TAPER.



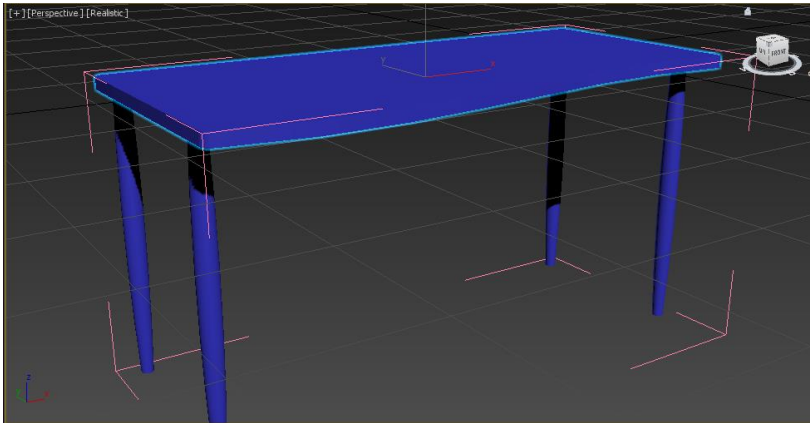
2. Con la opción SELECT and MOVE y ALIGN se disponen el resto de patas.



3. Se modela una SPLINE con la forma de la tapa de la mesa.

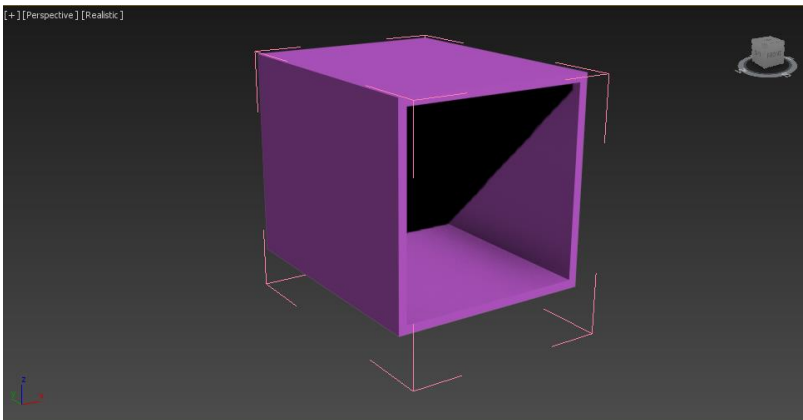


4. Se le da grosor mediante el modificador EXTRUDE.

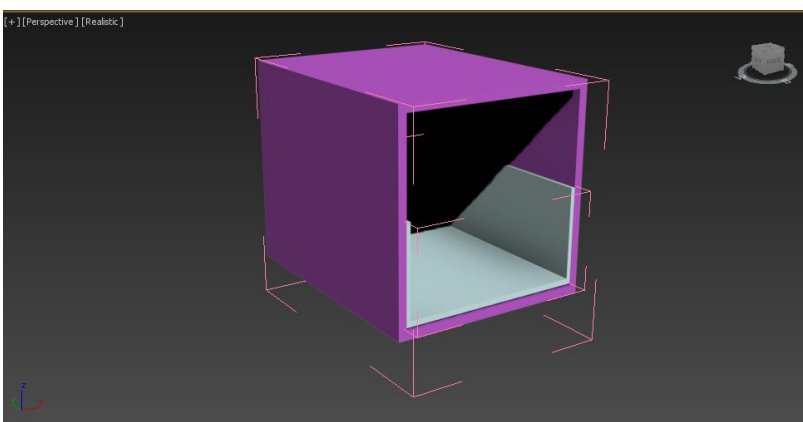


Cajonera

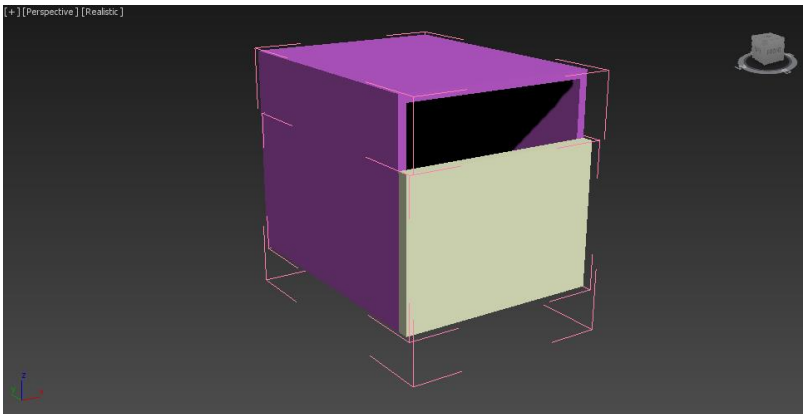
1. Creación de la estructura externa mediante la operación BOLEANNA de INTERSECCIÓN entre dos BOX.



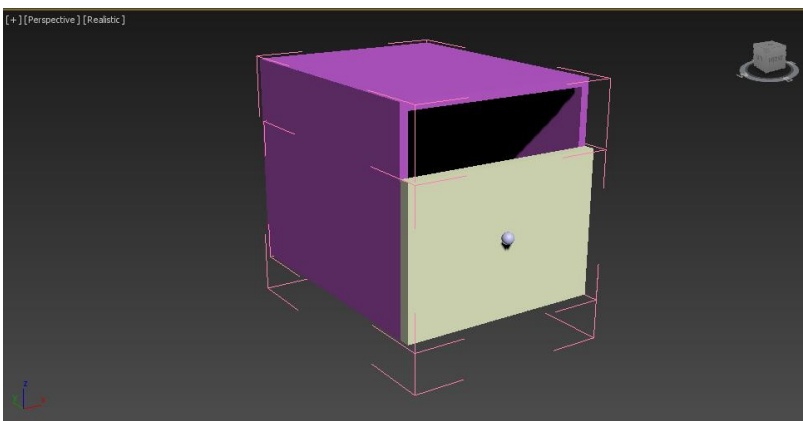
2. Creación de la estructura interna del cajón.



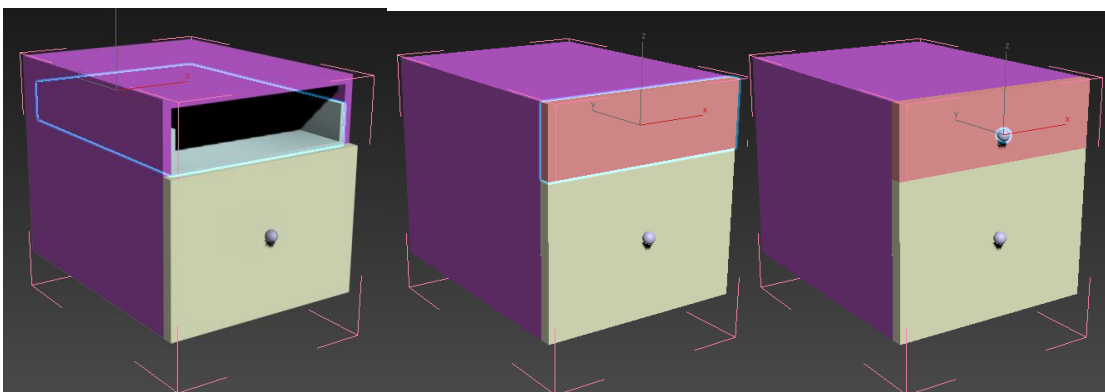
3. Modelado de la tapa del cajón.



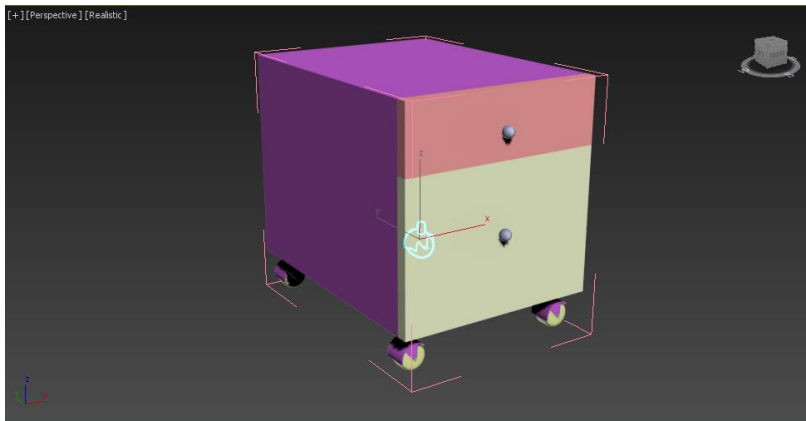
4. Modelado del tirador.



5. Repetición de los pasos 2 a 4 para la realización del segundo cajón.

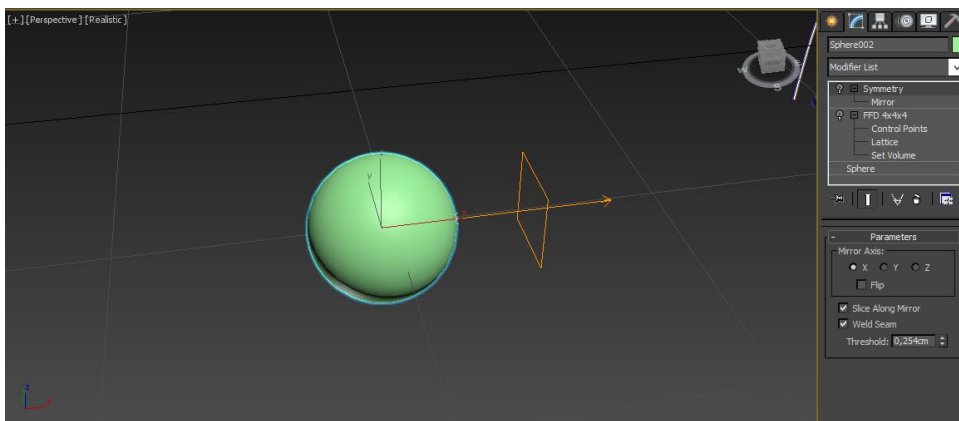


6. Introducción de las ruedas para la cajonera mediante la opción IMPORT->MERGE.

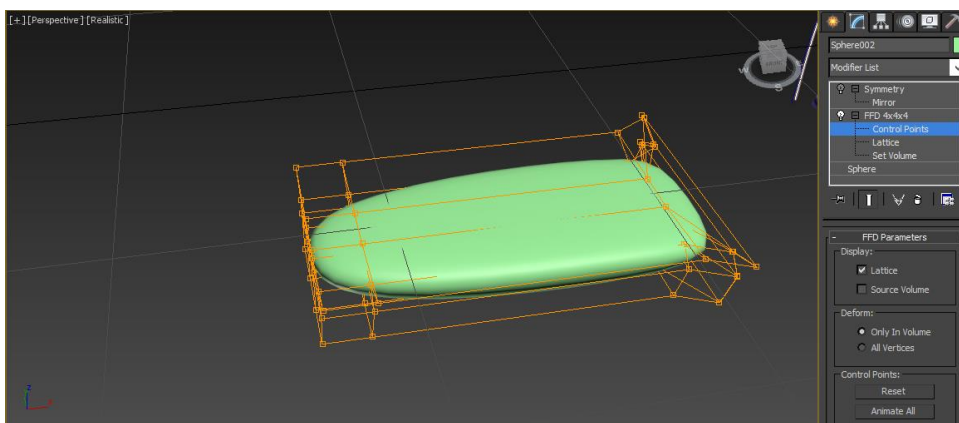


Teclado

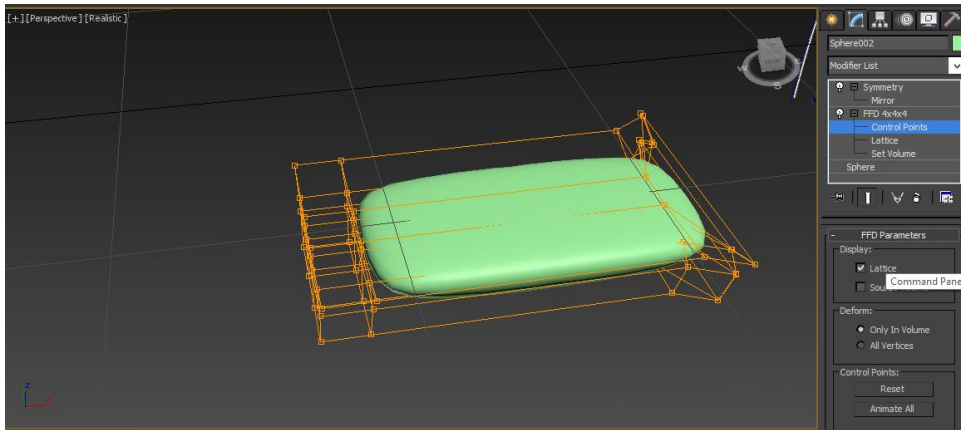
1. Se parte de la forma básica SPHERE.



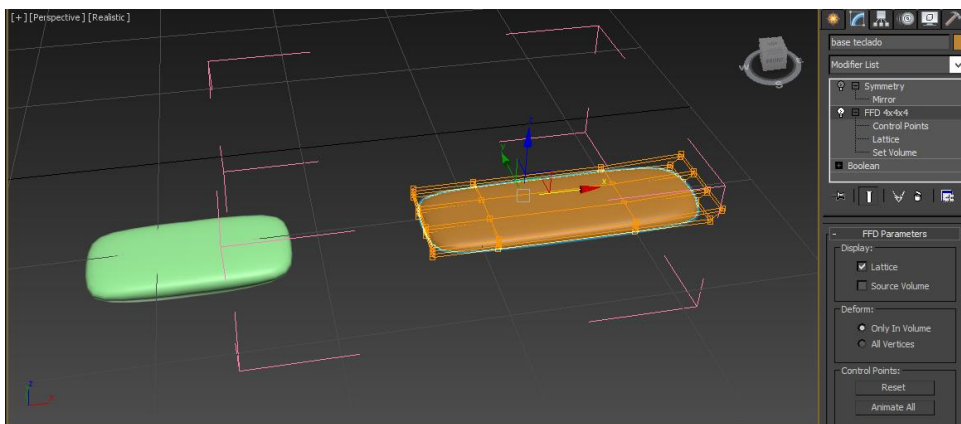
2. Con el modificador FFD 4x4x4, se va modelando la forma con ayuda de los CONTROL POINTS.



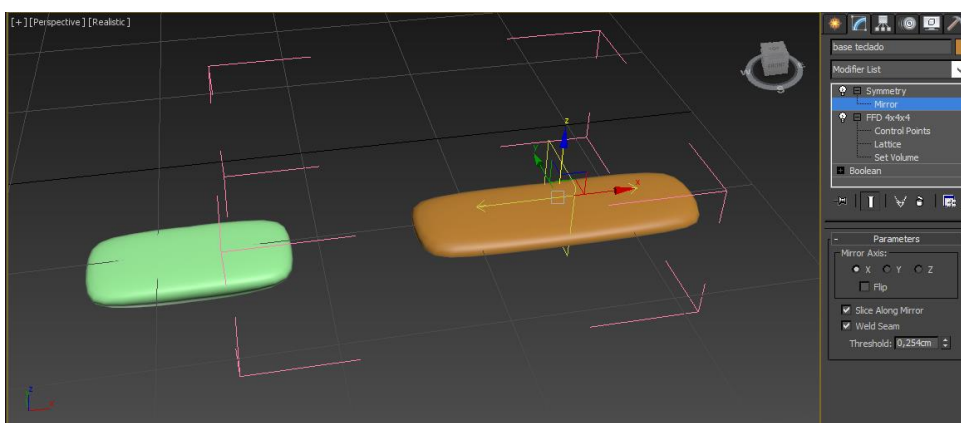
3. Se aplica el modificador SYMETRY para que ambos lados queden iguales.



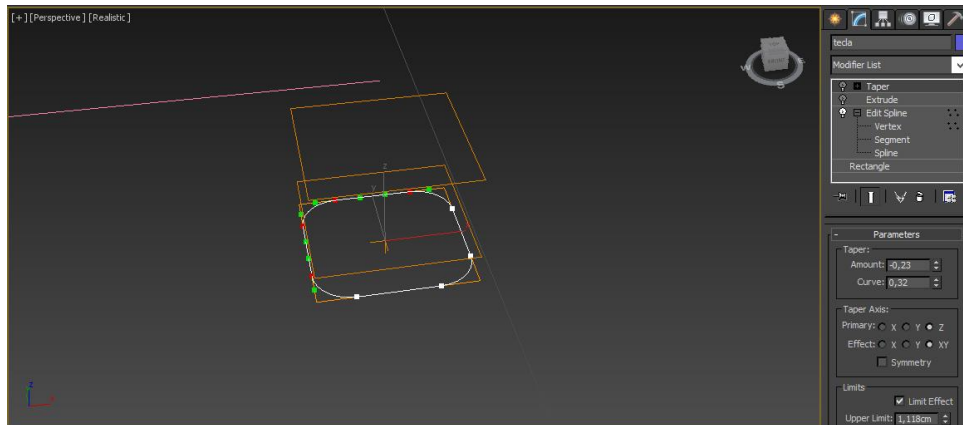
4. Mediante un BOX y operaciones BOLEANAS, se consigue aplanar la forma por la parte inferior. Se continua con el modelado mediante el modificador FFD 4x4x4.



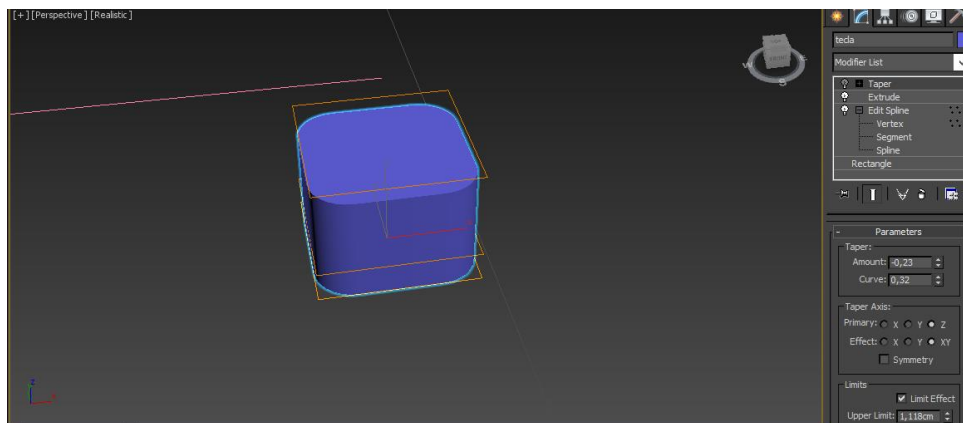
5. De nuevo se aplica SYMETRY para obtener finalmente la forma de la base del teclado.



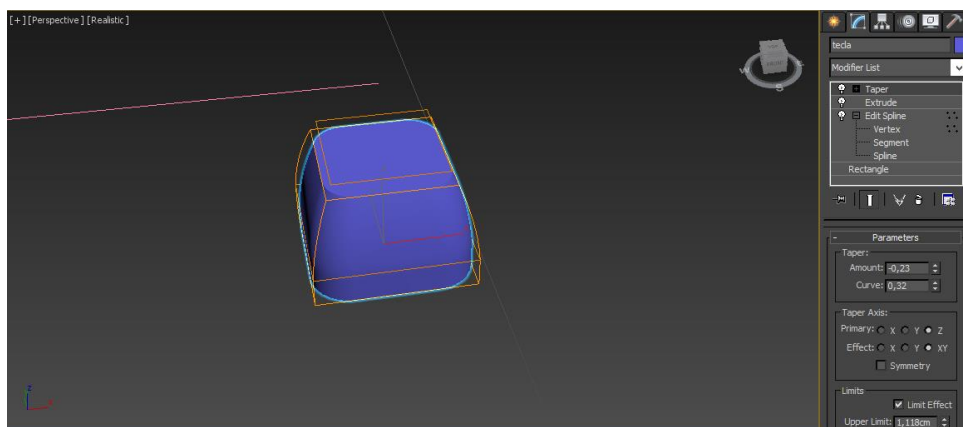
6. Modelado de una tecla mediante un RECTANGLE redondeado.



7. Se extruye la forma anterior.



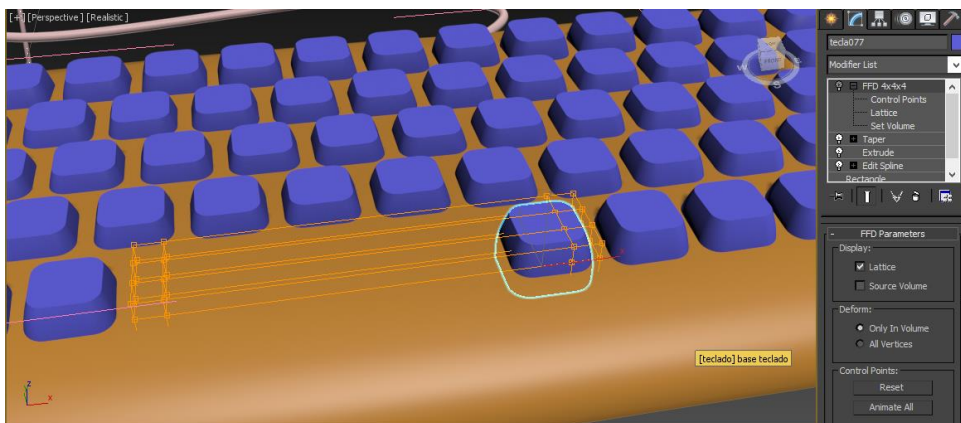
8. Se aplica el modificador TAPER.



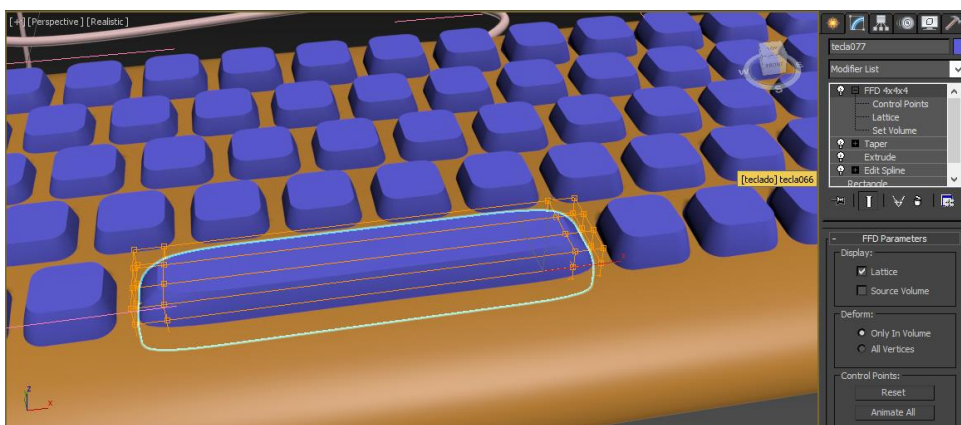
9. Con la función ARRAY se genera una matriz lineal para conseguir las diferentes teclas.



10. Para el modelado de teclas especiales, se procede a aplicar el modificador FFD 4x4x4.

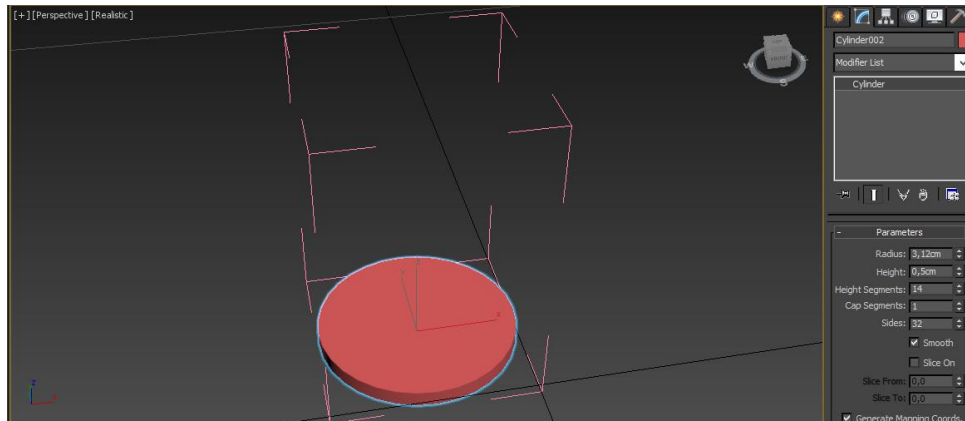


11. Se estira de los CONTROL POINTS para alargar las teclas.

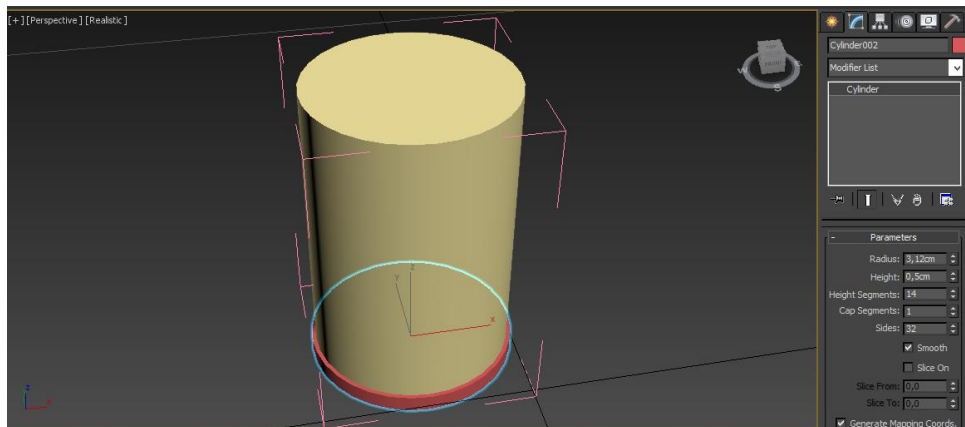


Vaso portaobjetos

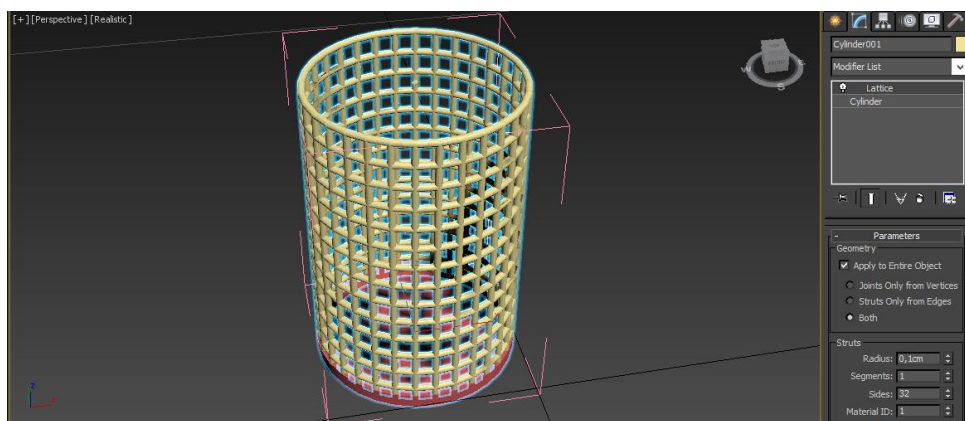
1. Realización de la base.



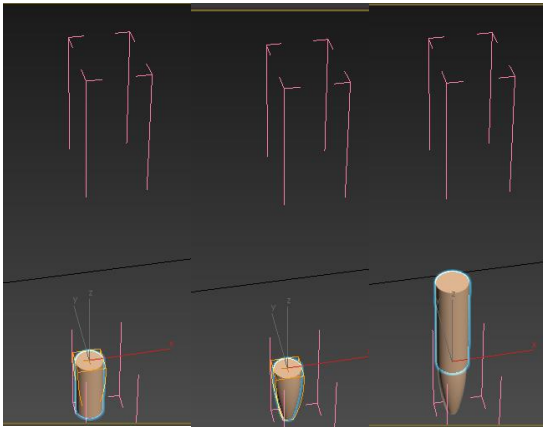
2. Modelado del cuerpo mediante un cilindro.



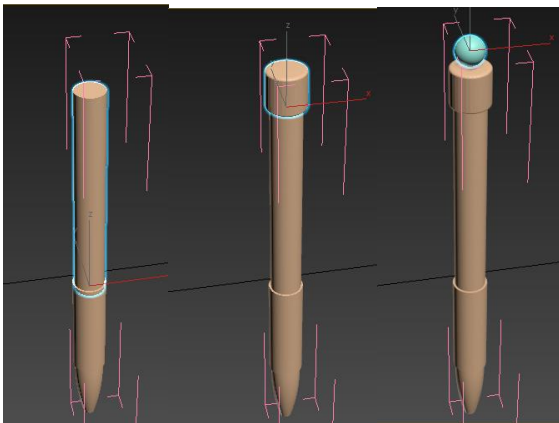
3. Modelado de la rejilla mediante el modificador LATTICE. (Hay que tener en cuenta la rejilla base del cilindro.)



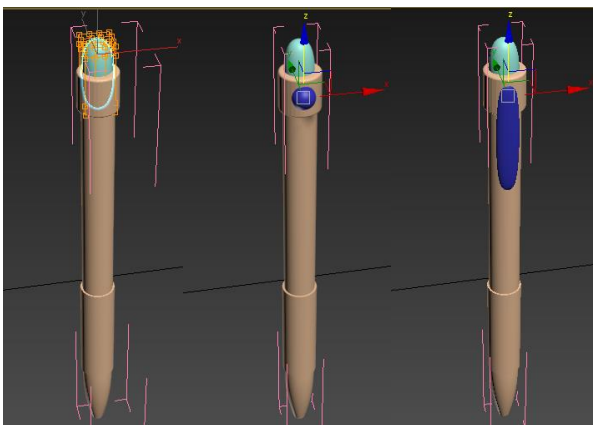
Bolígrafo



1. Modelado de un cilindro para la punta.
2. Aplicar el modificador TAPER
3. Se continua con otro cilindro.

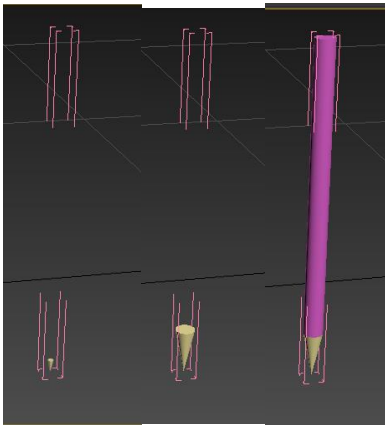


4. Se modela otro cilindro más largo.
5. Se modela un cilindro redondeado para el final del bolígrafo.
6. Se parte de una SPHERE para el accionador.



7. Con el modificador FFD 4x4x4 se modela esta parte.
8. Se parte de una SPHERE para la solapa.
9. Con el modificador FFD 4x4x4 se modela esta parte.

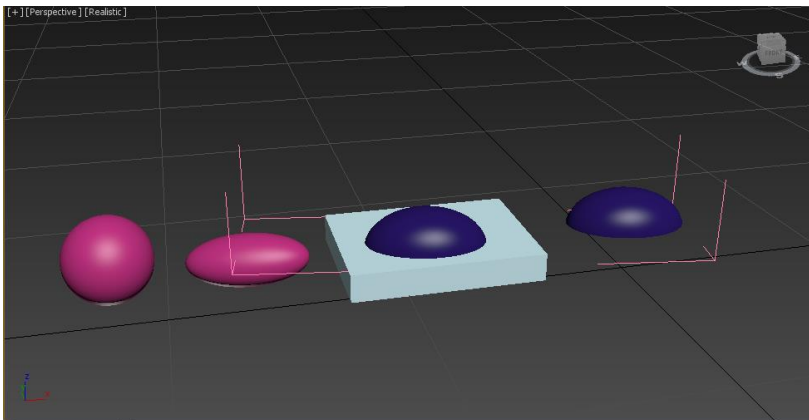
Lápiz



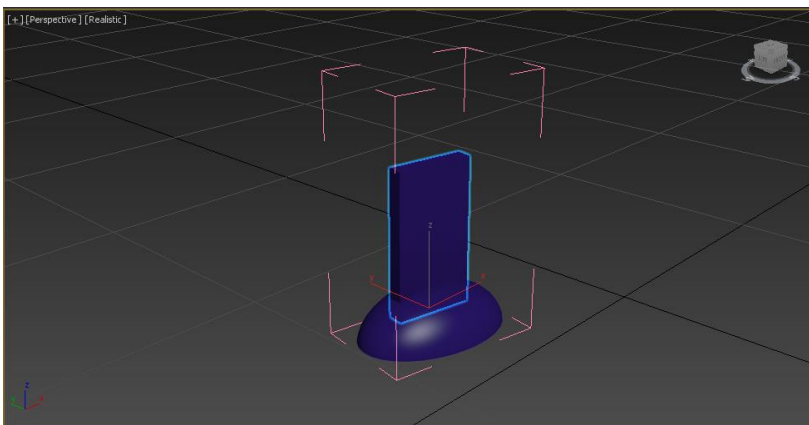
1. Creación de un cono para la punta del color.
2. Modelado de un tronco de cono para el resto de la punta.
3. Modelado de un cilindro para el cuerpo del lápiz.

Pantalla ordenador

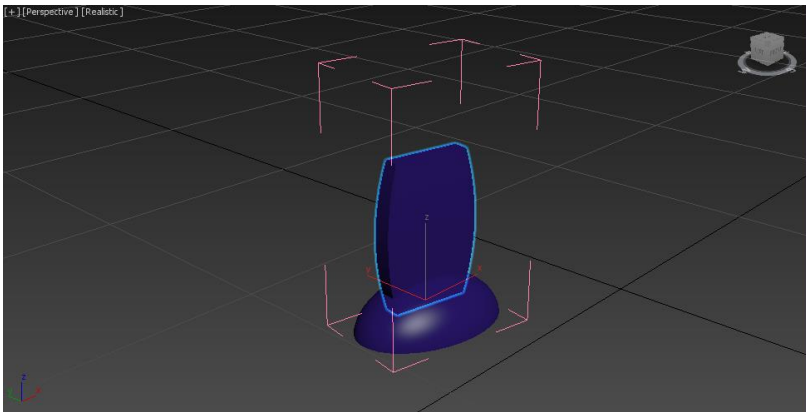
1. Para modelar la base se parte de una esfera que se escala y se parte por la mitad.



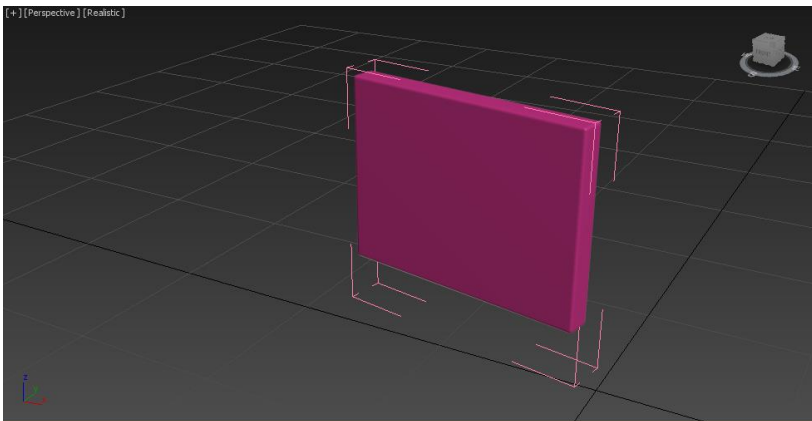
2. Para la sujeción de la pantalla, se modela una unión partiendo de un BOX



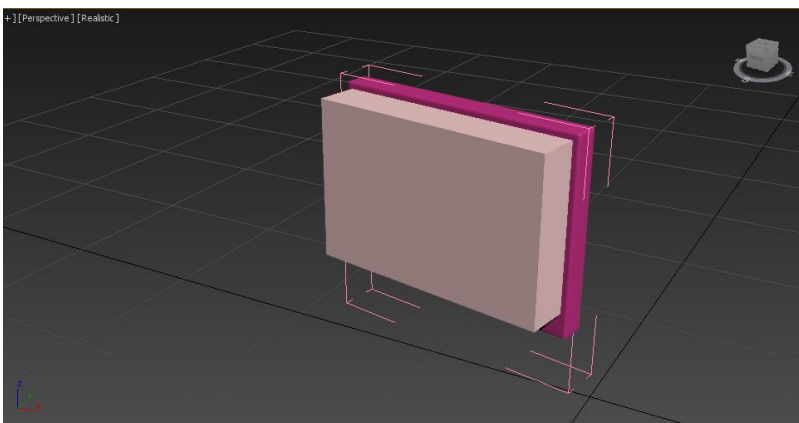
3. Con el modificador TAPER se modela esta parte.



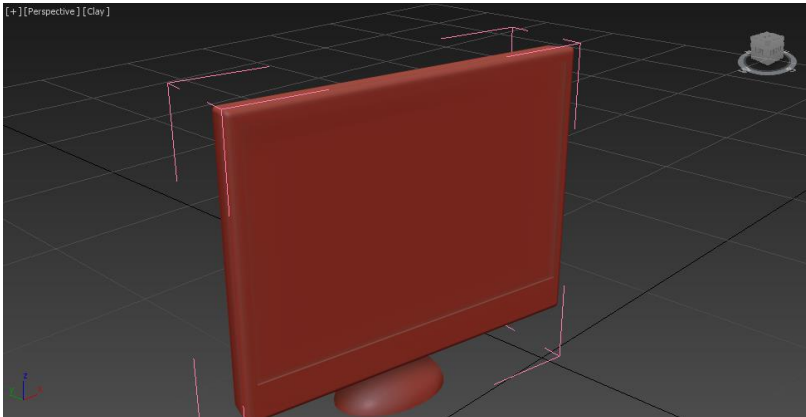
4. Para crear la pantalla, se parte de un BOX que será el marco.



5. Se crea otro BOX para hacer la hendidura de la pantalla.

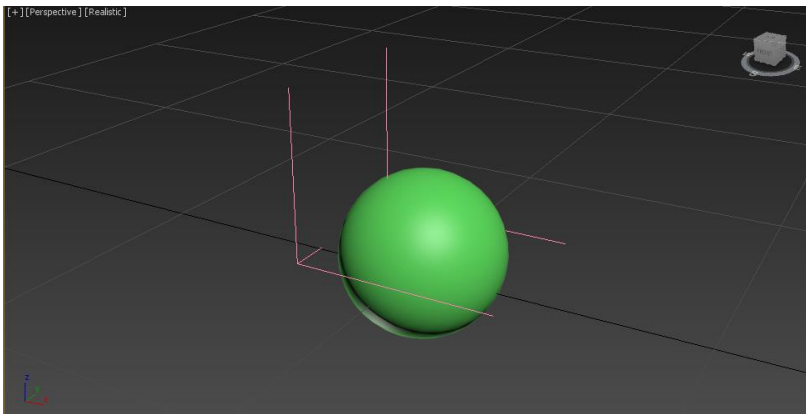


6. Mediante una operación BOLEANANA, se crea esta forma. Con el modificador CHAMFER y TAPER se termina de modelar.

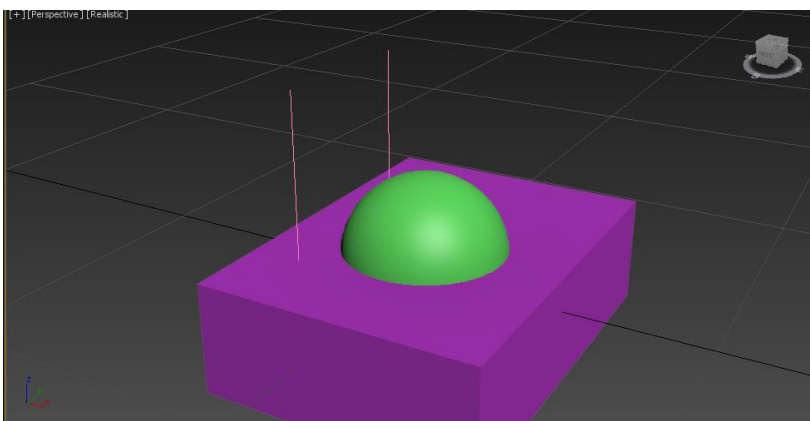


Flexo

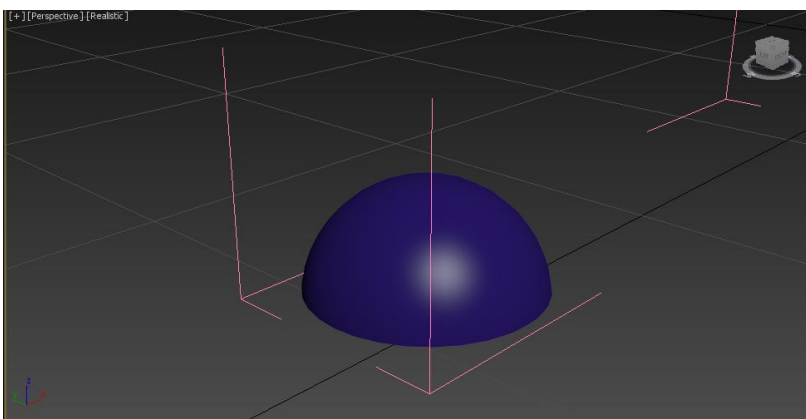
1. Para la base se parte de una SPHERE.



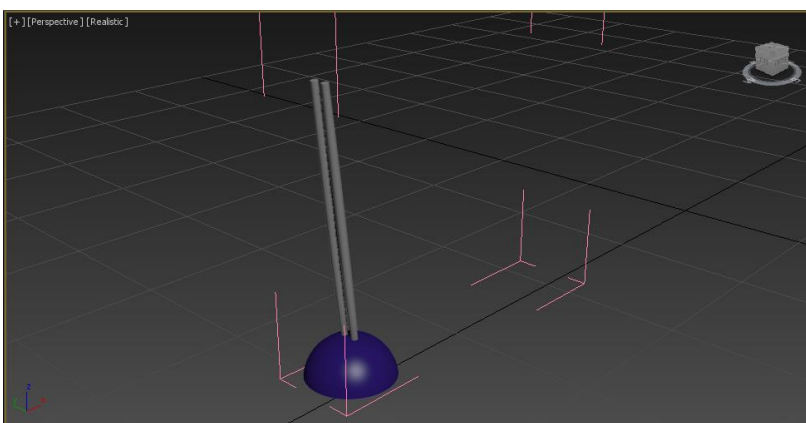
2. Luego se introduce un BOX.



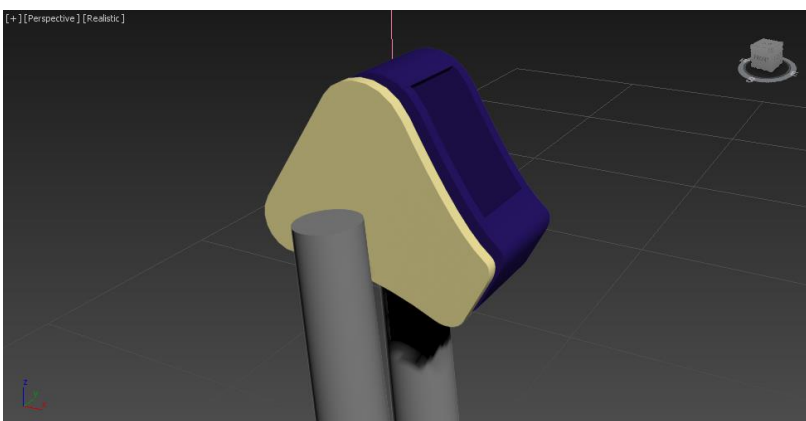
3. Con operación BOLEANNA se divide la esfera por la mitad.



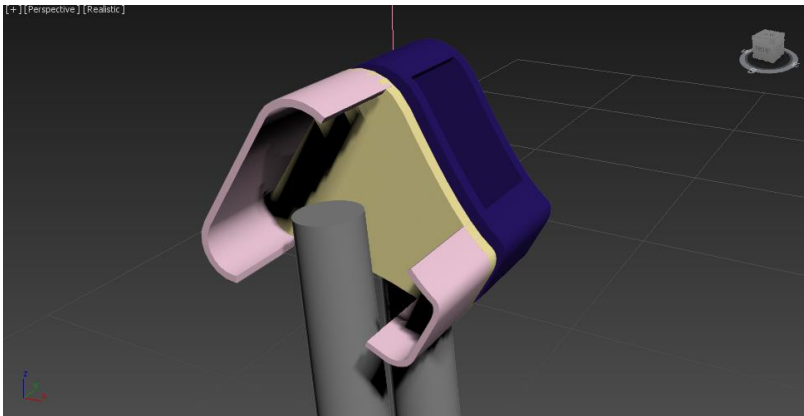
4. Se crean dos cilindros que conformarán las barras articuladas del flexo.



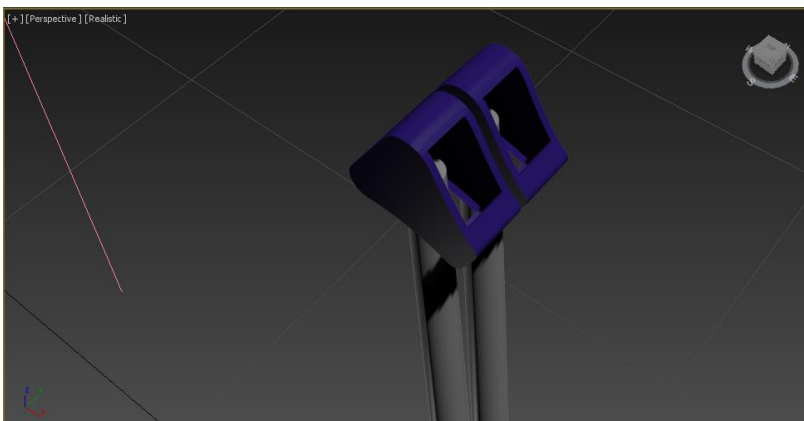
5. Con la creación de una SPLINE extruida se modela la unión para las barras.



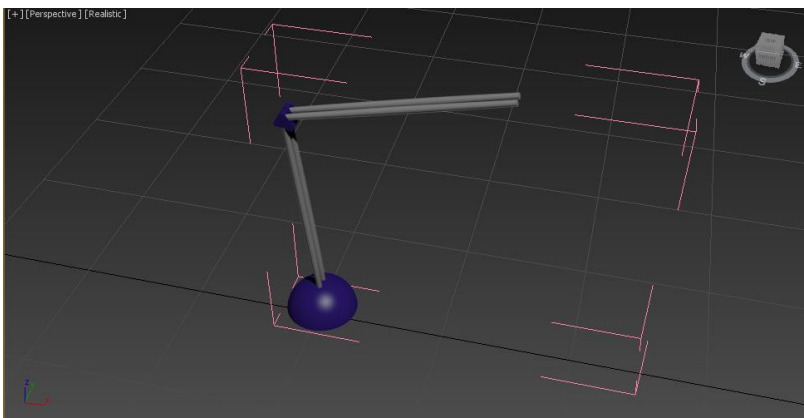
6. Se modela la parte interior de dicha unión.



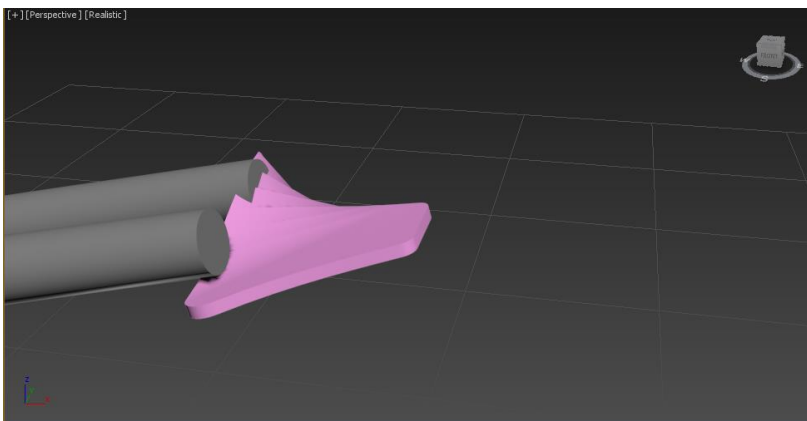
7. Se unen todos los elementos que forman esta parte del flexo.



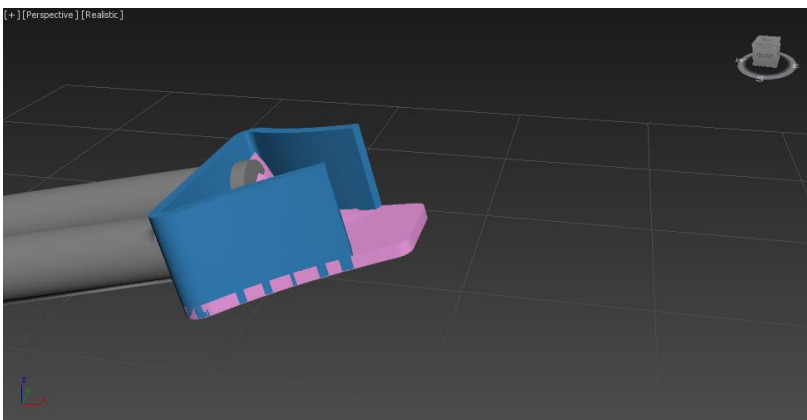
8. Se modelan otros dos cilindros para el siguiente tramo de barras articuladas.



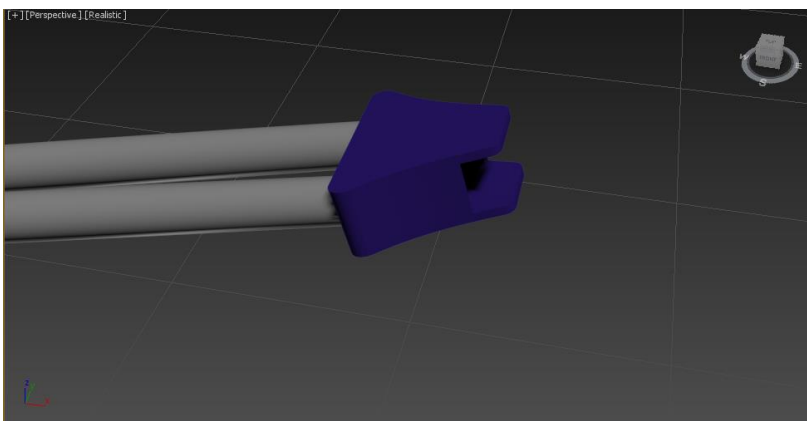
9. Se modela el terminal de las barras partiendo de una SPLINE extruida.



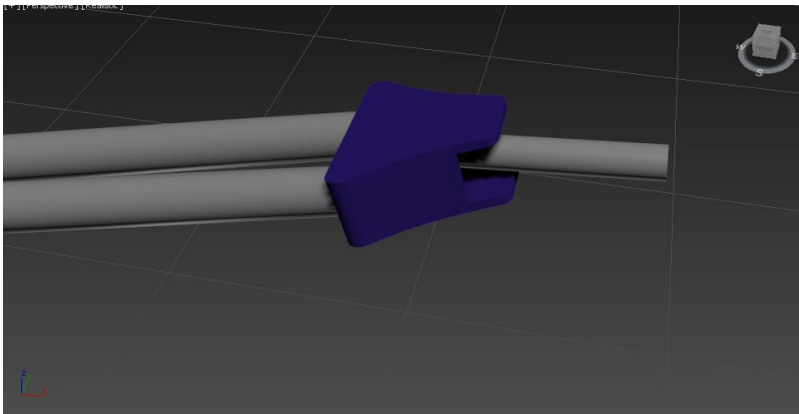
10. Se modela el interior de dicha parte.



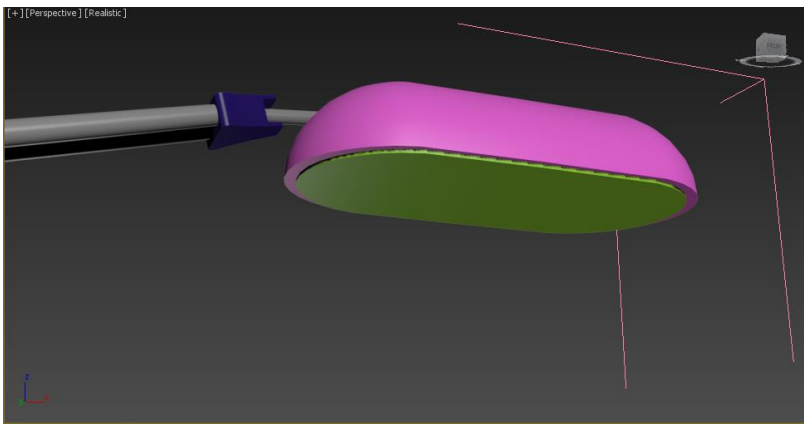
11. Se unen todas las piezas que conforman ese terminal.



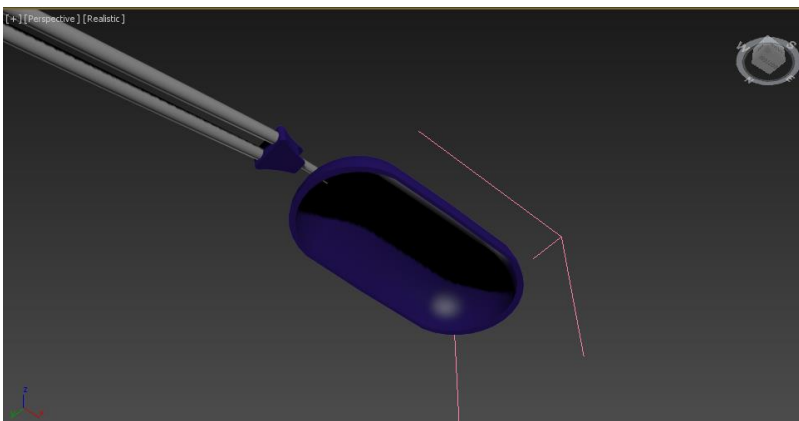
12. Se modela un cilindro para la unión entre las barras y la pantalla del flexo.



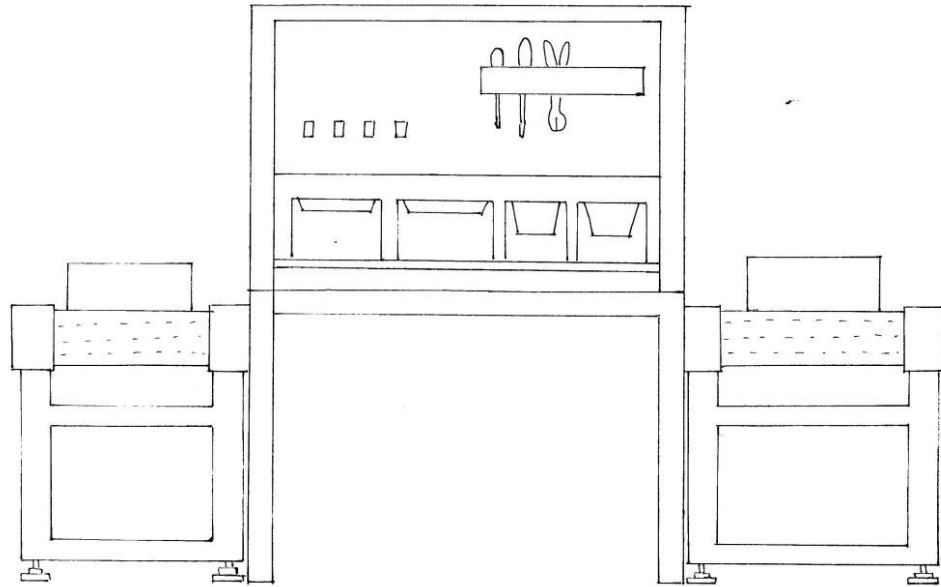
13. Con una SPHERE modelada con un modificador FFD 4x4x4 y partida por la mitad, se realiza la forma de la pantalla. Se duplica y se escala esta forma.



14. Con operación BOLEANNA de INTERSECCIÓN se consigue la forma deseada.

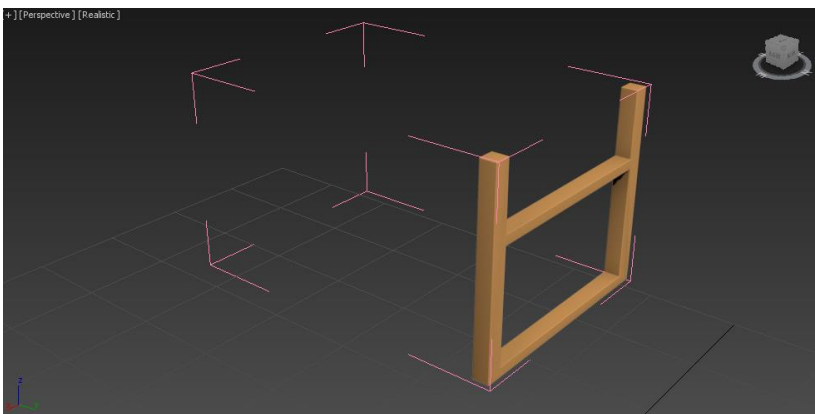


8.2.2 Diseño puesto cadena de montaje

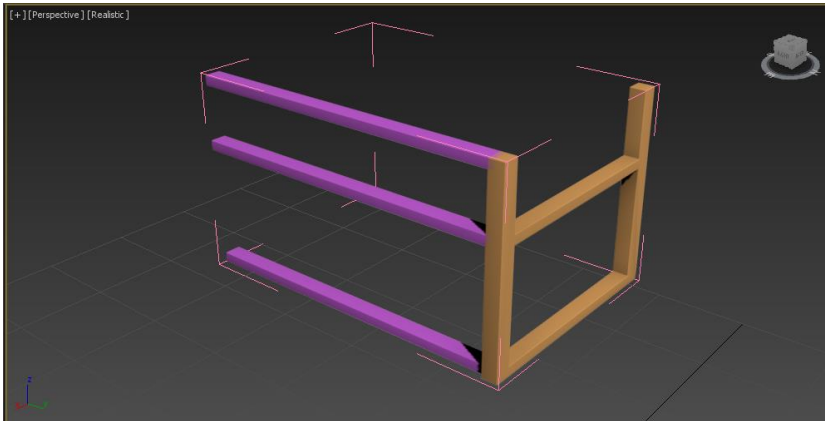


Cinta transportadora

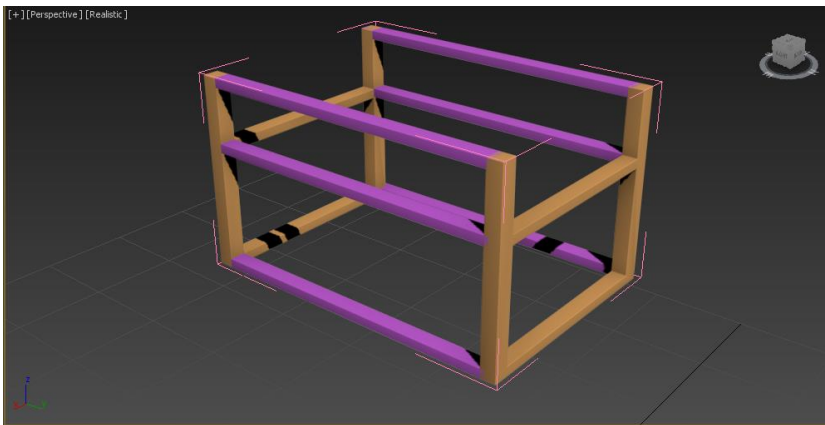
1. Se realiza el frente de la estructura con diferentes BOX.



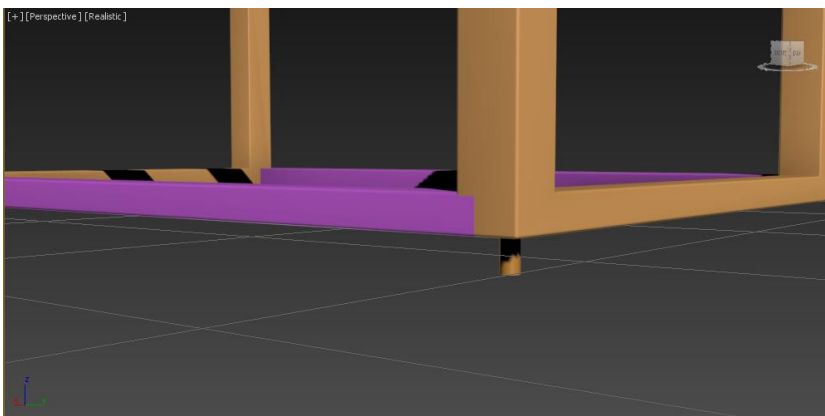
2. Se realizan los laterales de la estructura con BOX y se alinean con la parte anterior.



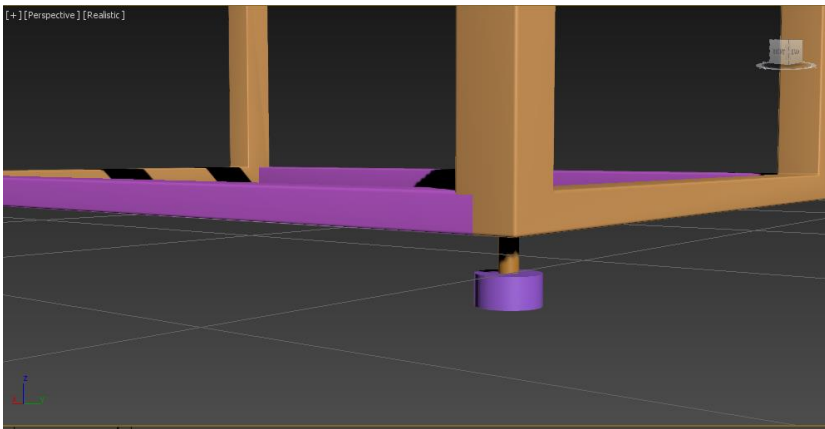
3. Se duplican estas dos partes para completar la estructura.



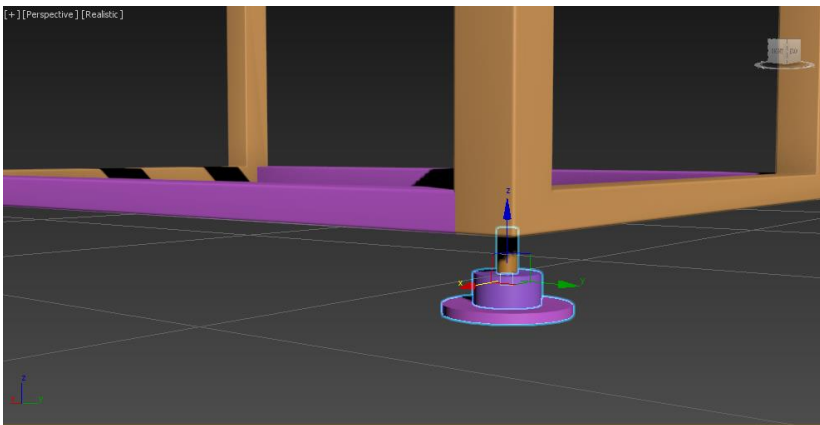
4. Se realiza el eje de la pata.



5. A continuación, la amortiguación



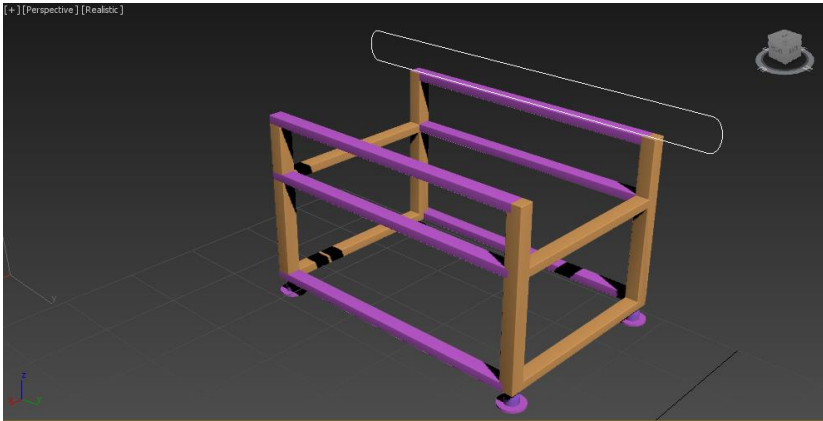
6. Posteriormente, se realiza la base de la pata.



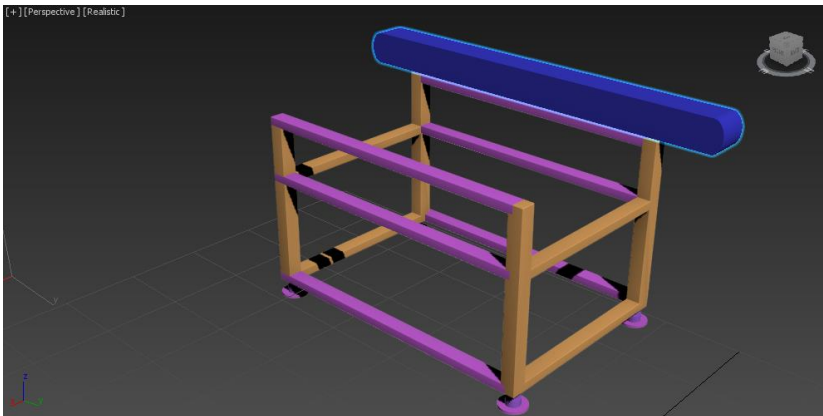
7. Por último, se clona la pata en cada una de las esquinas.



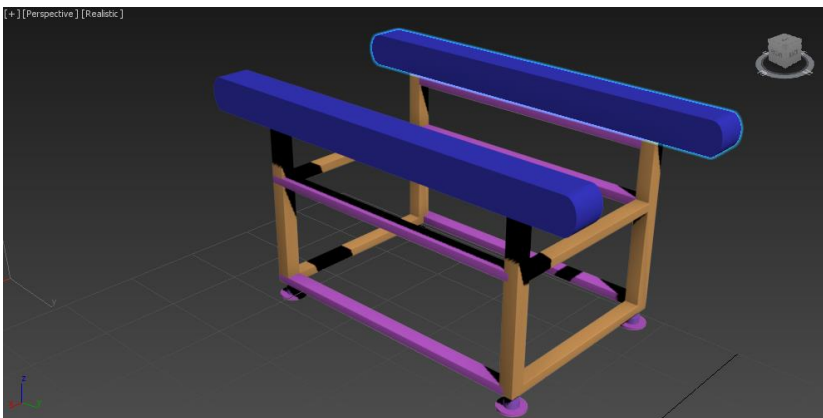
8. Para realizar l cinta transportadora en sí misma, se modela una SPLINE.



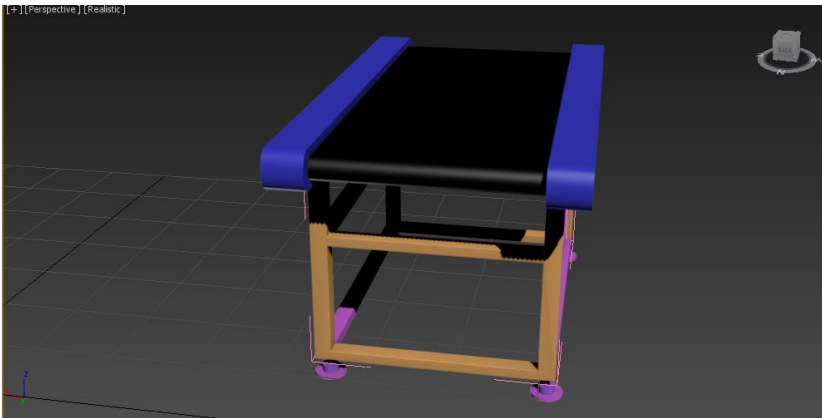
9. Luego se extruye. Esta parte será un lateral de la cinta.



10. Se duplica para realizar el otro lateral.

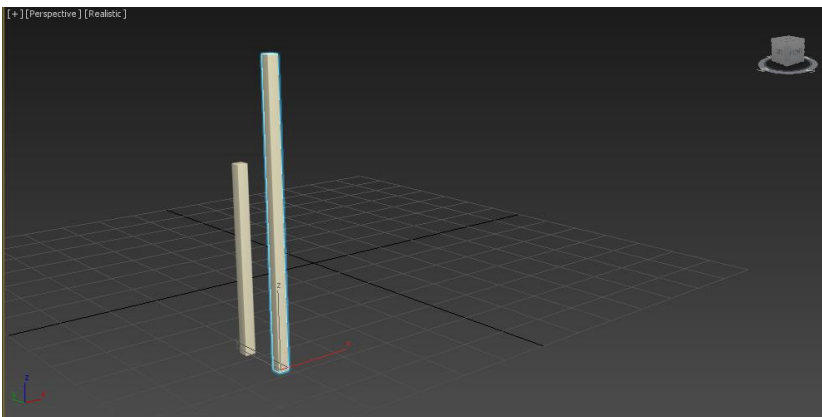
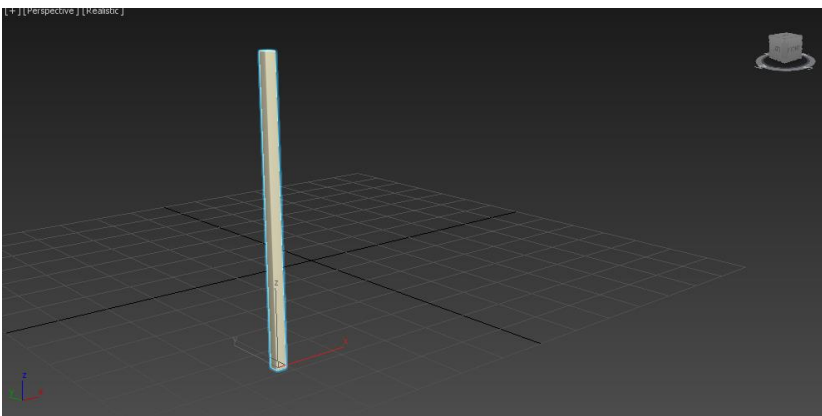


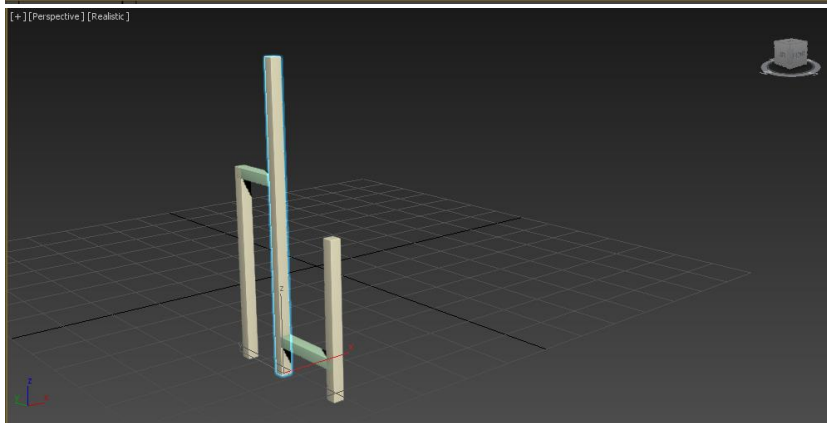
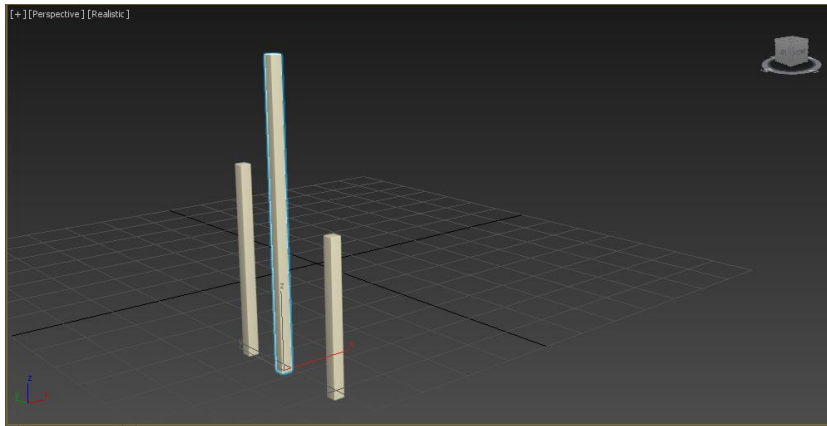
11. Se modela la parte móvil de la cinta.



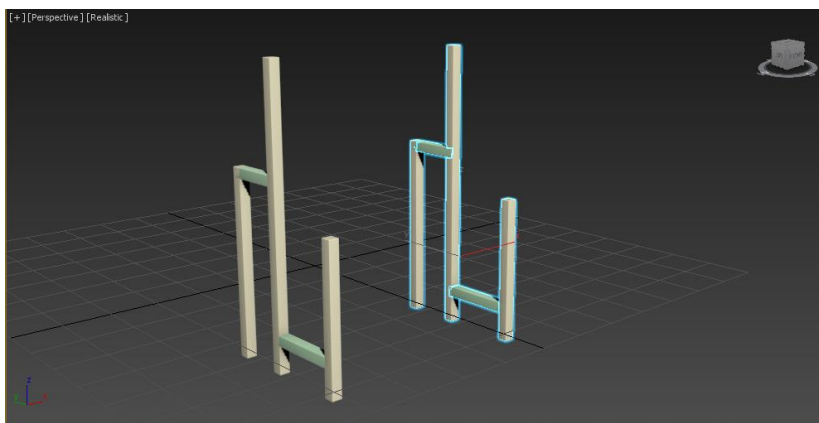
Mesa de trabajo

1. Se realiza la estructura lateral de la mesa.

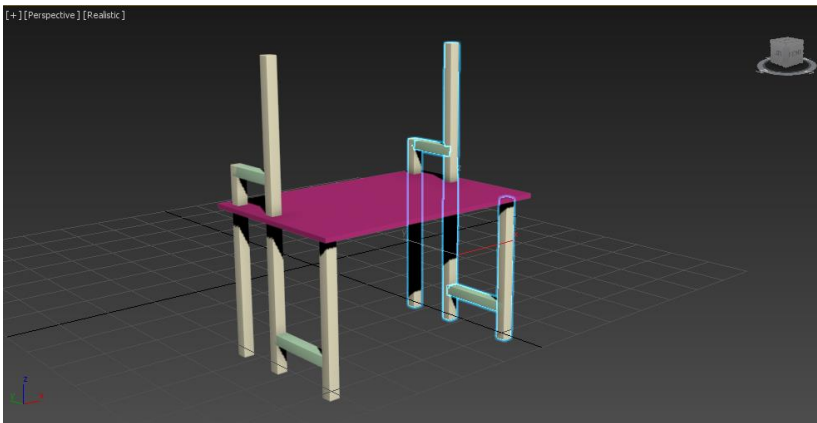




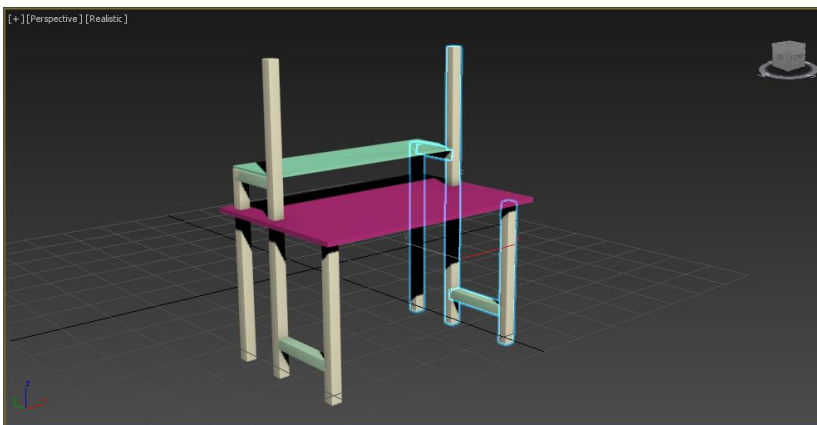
2. Se duplica y posiciona para dar el ancho deseado a la mesa



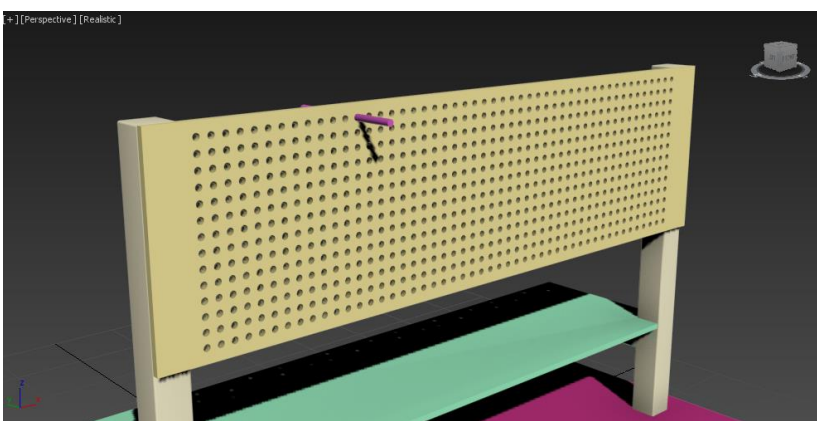
3. Se realiza la tapa de la mesa y se alinea con el conjunto.



4. Se modela la tapa del estante.

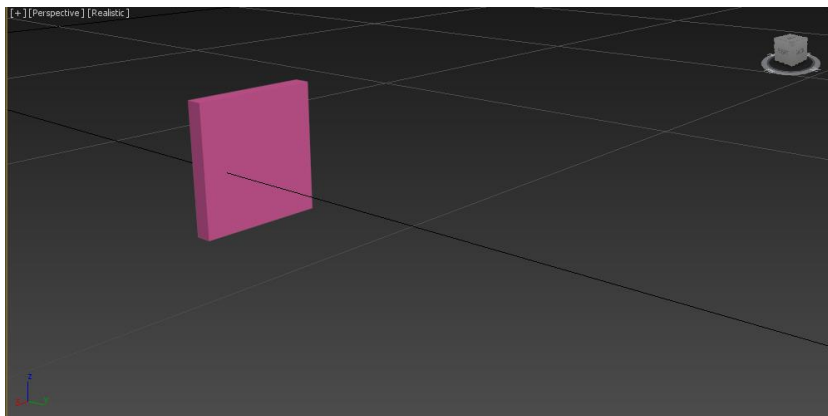


5. Se modela un panel modulado para colocar herramientas. Para ello se realiza una operación BOLEANNA entre el panel y los diferentes cilindros que posteriormente formarán los agujeros.

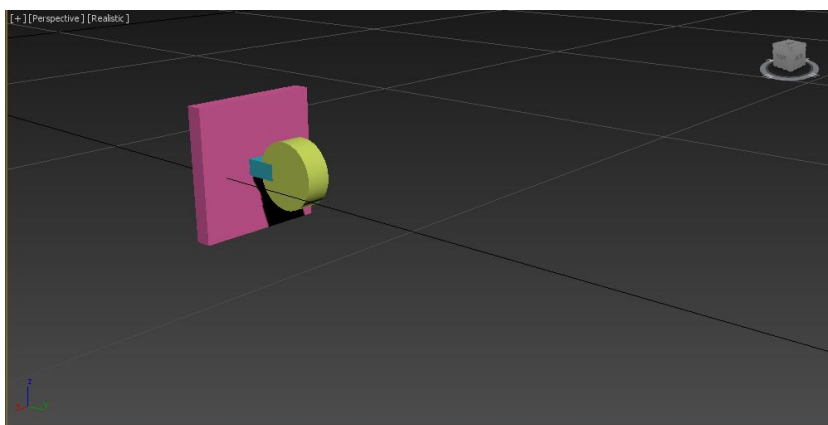
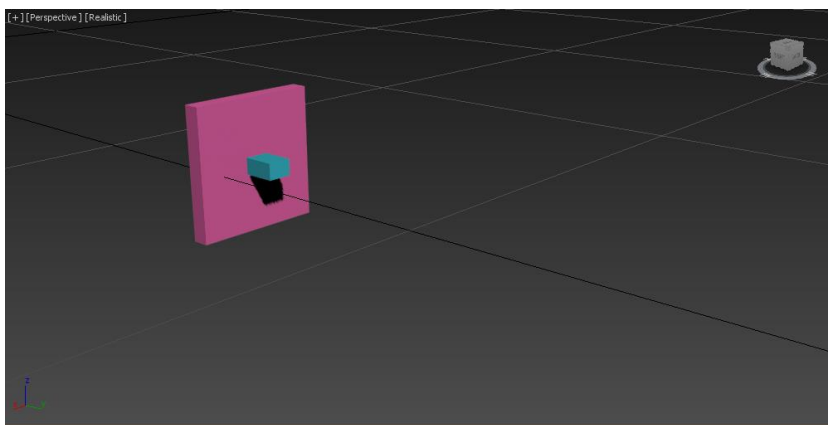


Flexo de luz

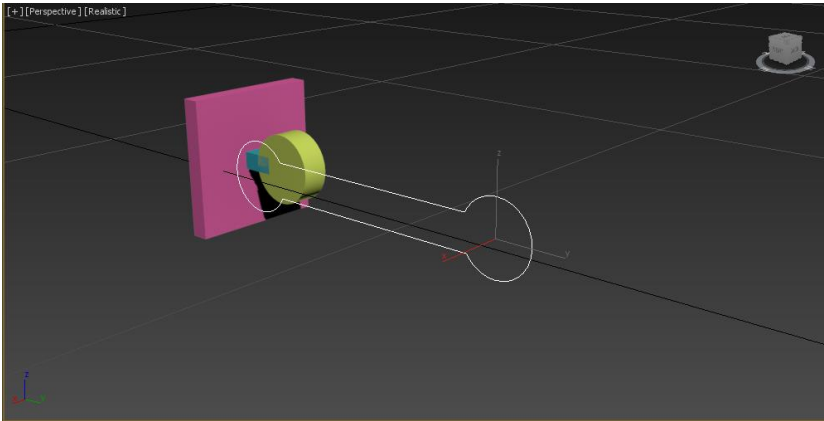
1. Se parte de un BOX como base del flexo.



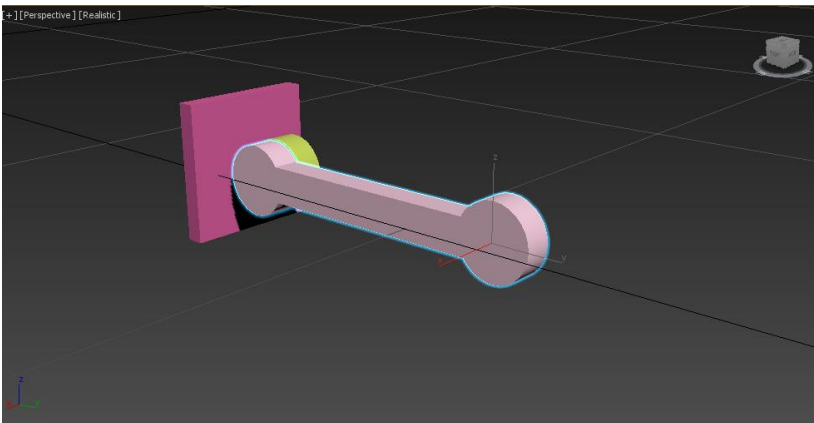
2. Se comienza a modelar la primera articulación.



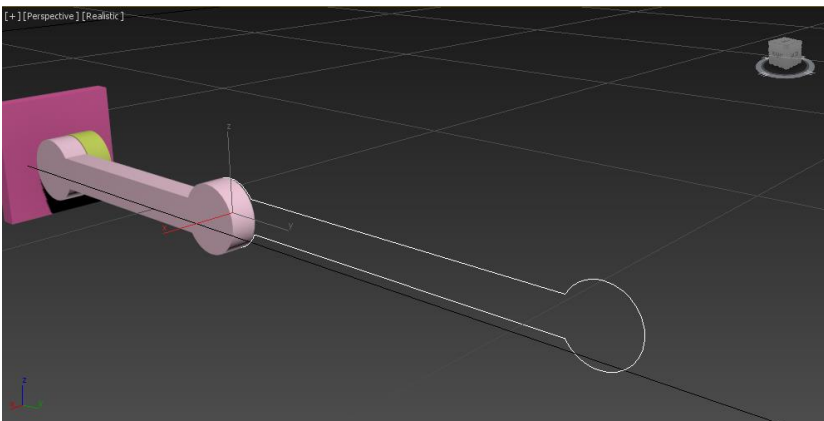
3. Se modela el primer brazo con una SPLINE



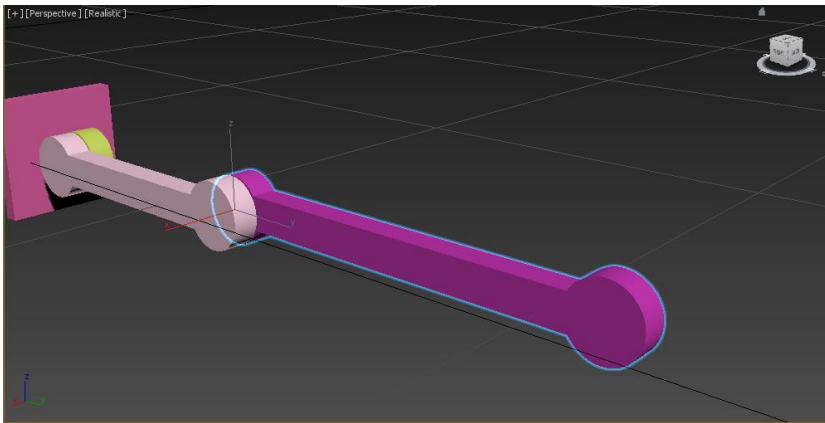
4. Se aplica el modificador EXTRUDE para dar espesor.



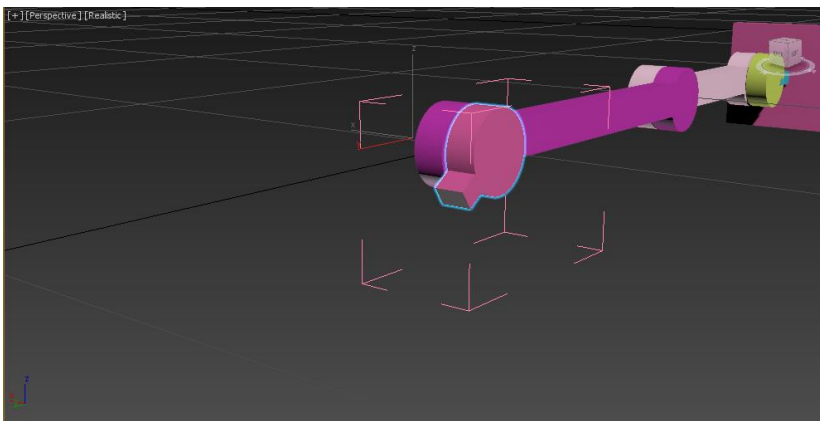
5. Se modela el segundo brazo.



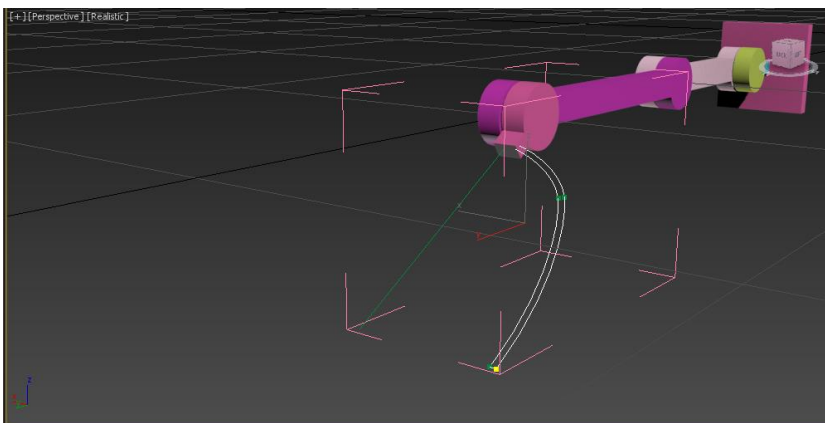
6. Se aplica el modificador EXTRUDE para dar espesor.



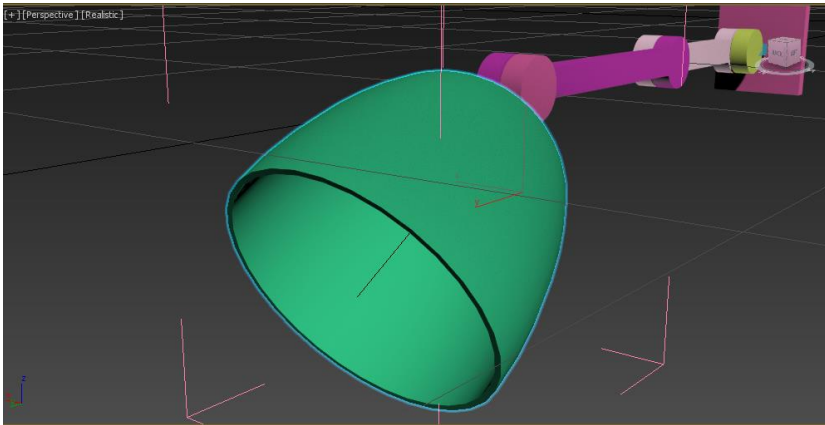
7. Se modela la última articulación para la pantalla del flexo.



8. Se modela la SPLINE del contorno de la pantalla.

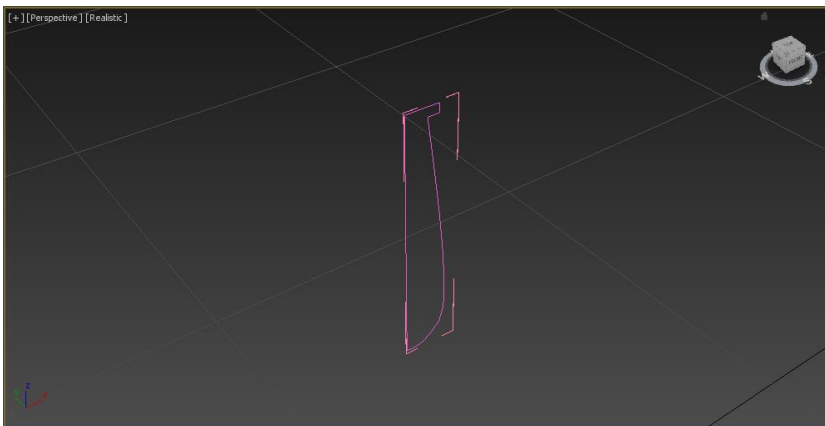


9. Se aplica el modificador LATHE para generar el volumen de la pantalla.

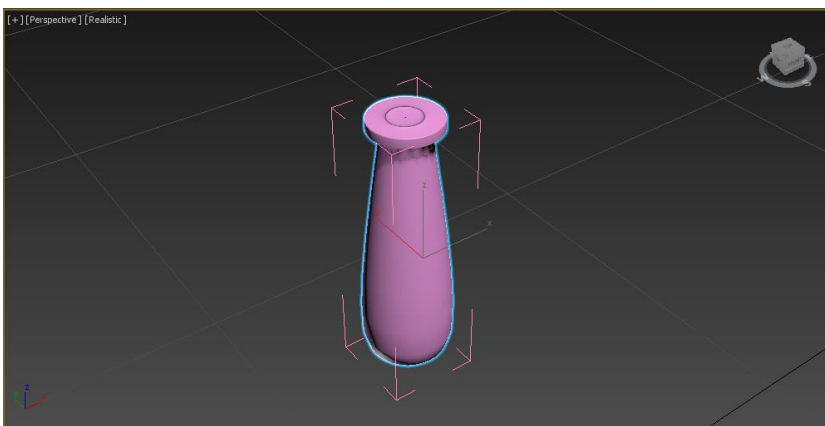


Herramientas- Destornillador

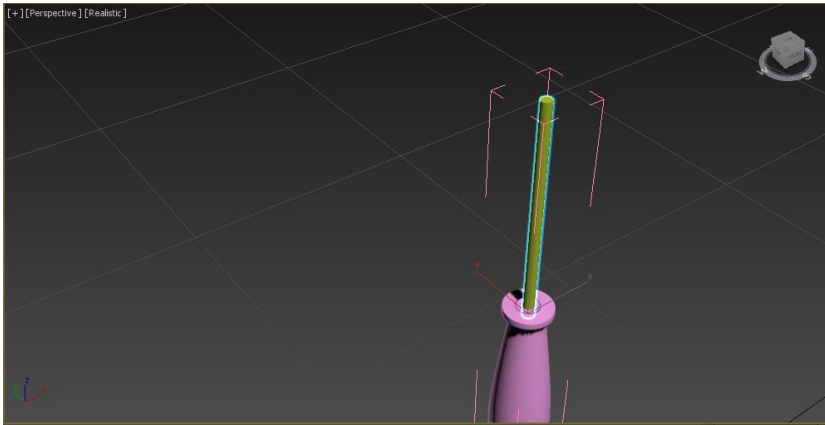
1. Se parte del modelado de una SPLINE para el mango.



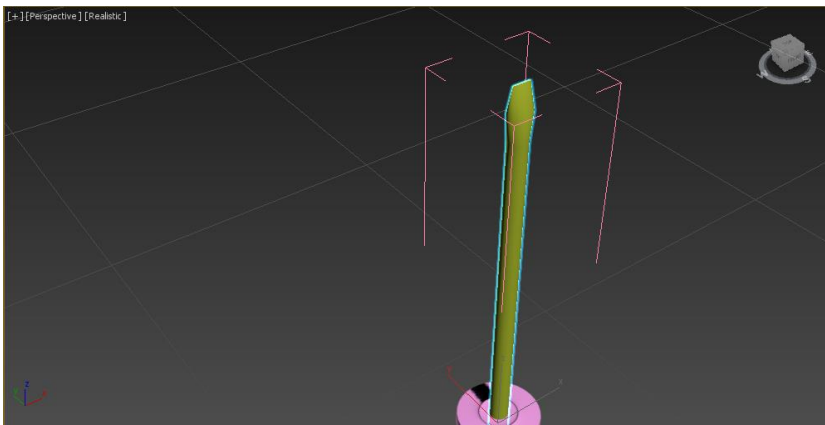
2. Se aplica el modificador LATHE, que hace una revolución de la forma anterior.



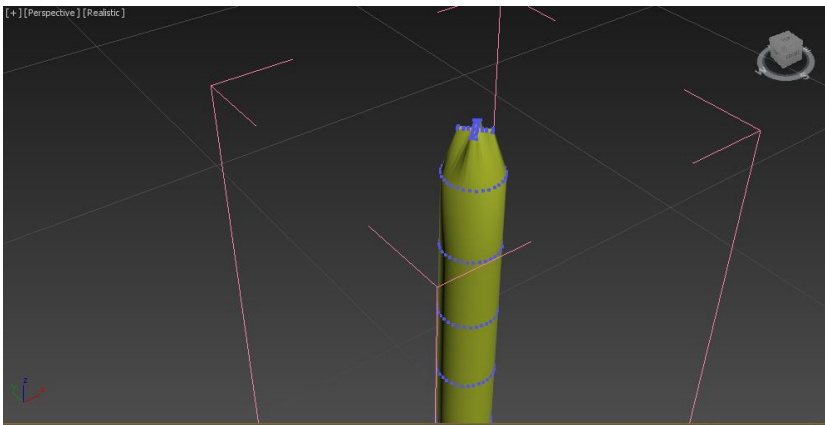
3. Para modelar la punta, se parte de un cilindro.



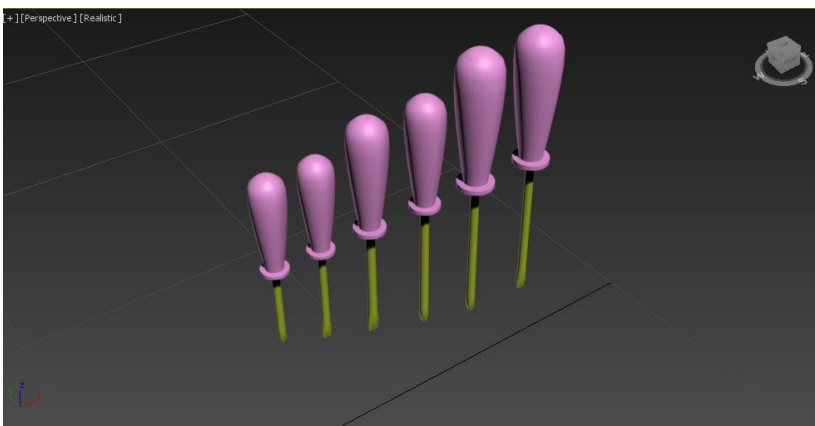
4. Se aplica el modificador EDIT MESH para poder modelar libremente la punta del destornillador.



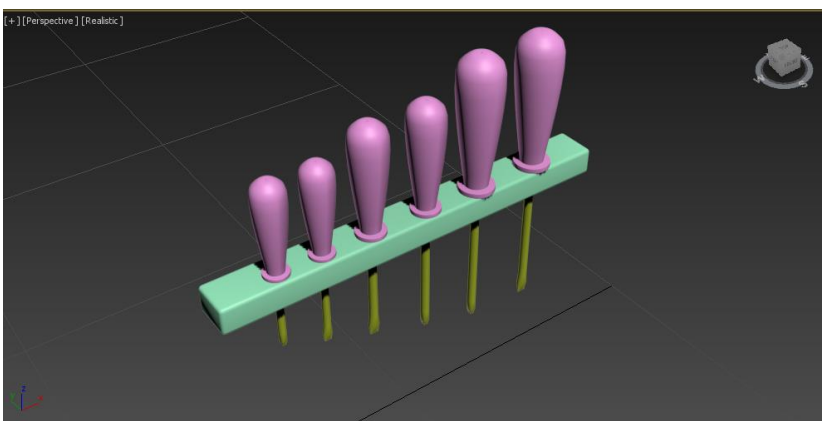
5. Se utilizan los VERTEX para estirar y modelar la forma deseada.



6. Se duplican y escalan los diferentes destornilladores para crear una composición.

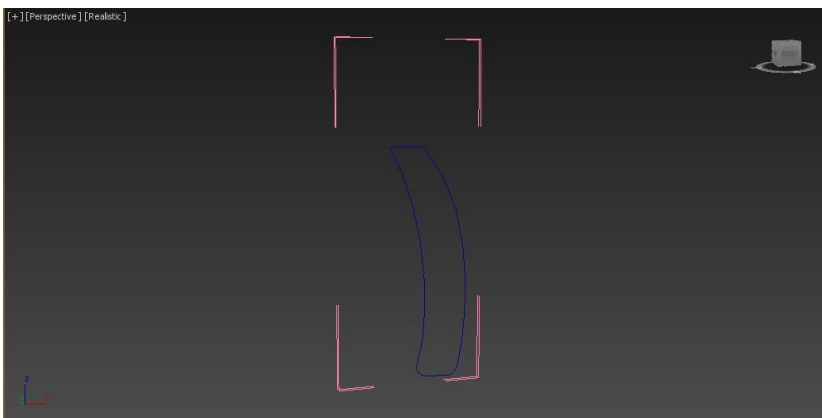


7. Se colocan sobre una pieza prismática para su sujeción.

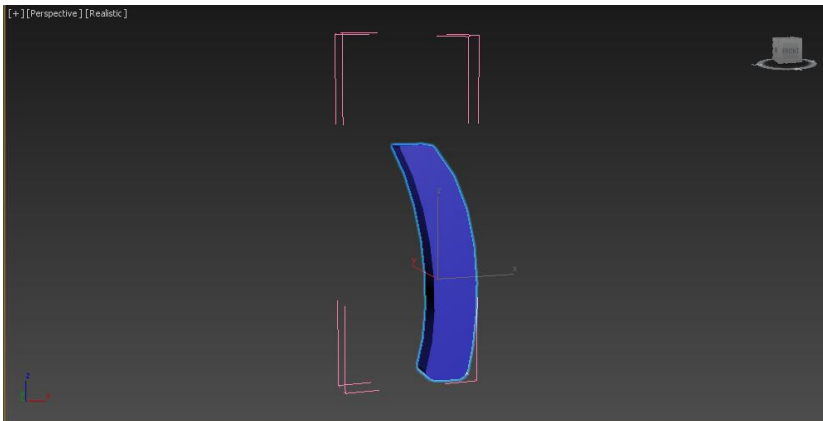


Herramientas- Alicates

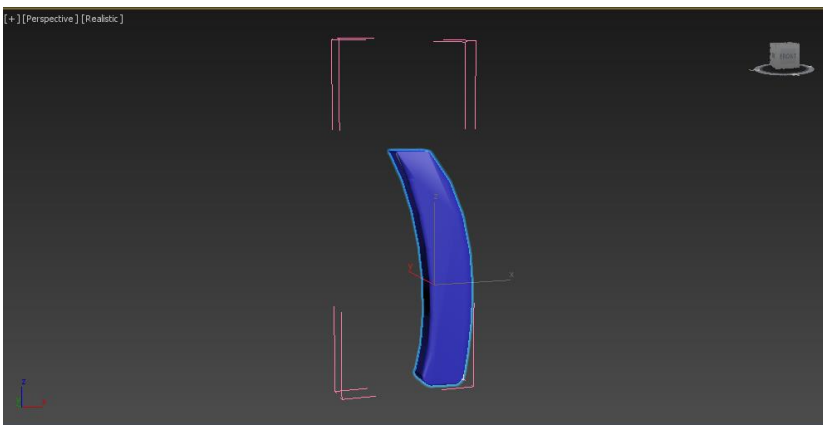
1. Se modela la SPLINE que dará forma a uno de los lados del mango.



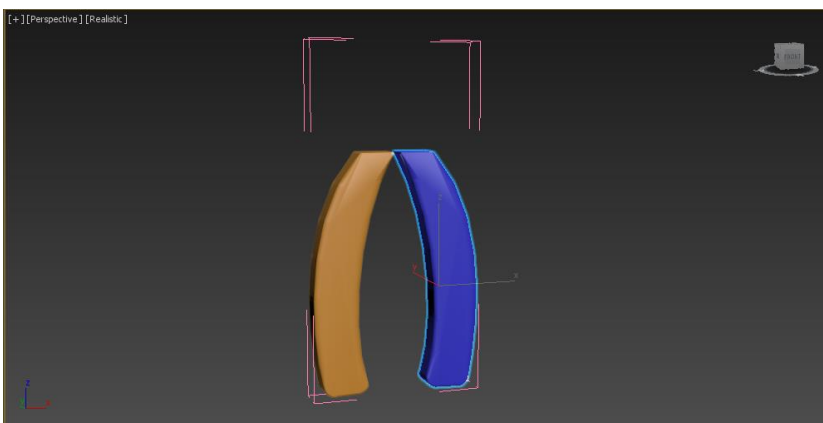
2. Se aplica el modificador EXTRUDE.



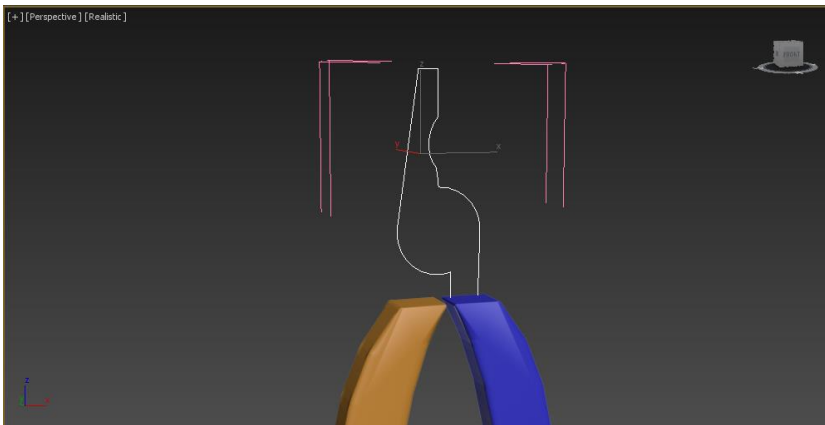
3. Se aplica el modificador CHAMFER para suavizar los bordes.



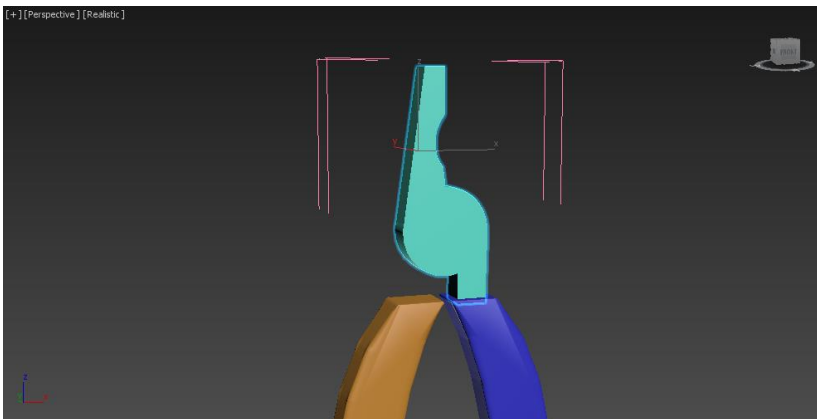
4. Se realiza simetría de entidades.



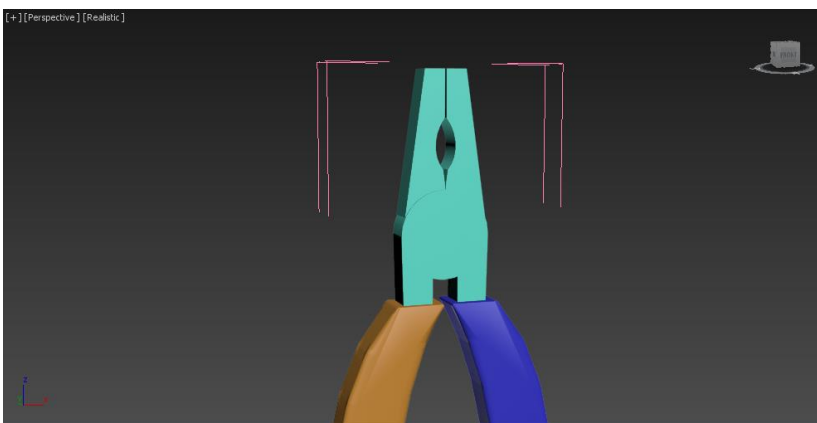
5. Se modela la SPLINE que dará forma a la punta del alicate.



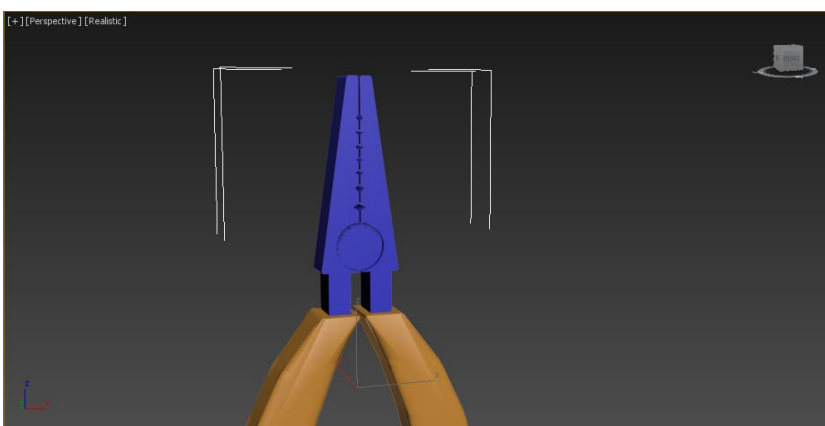
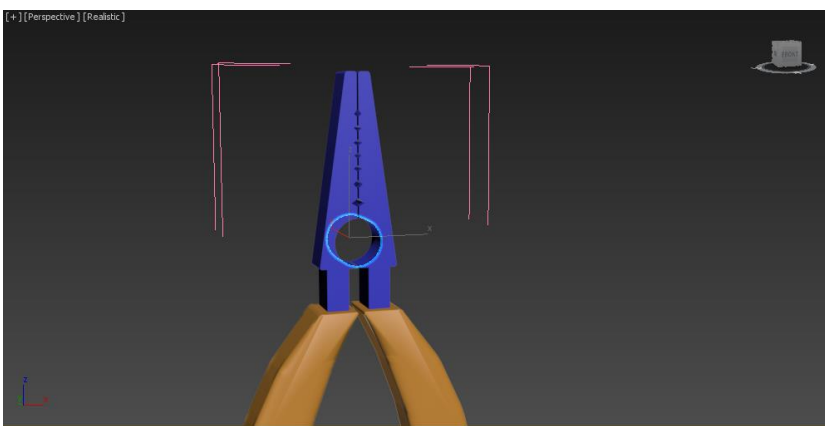
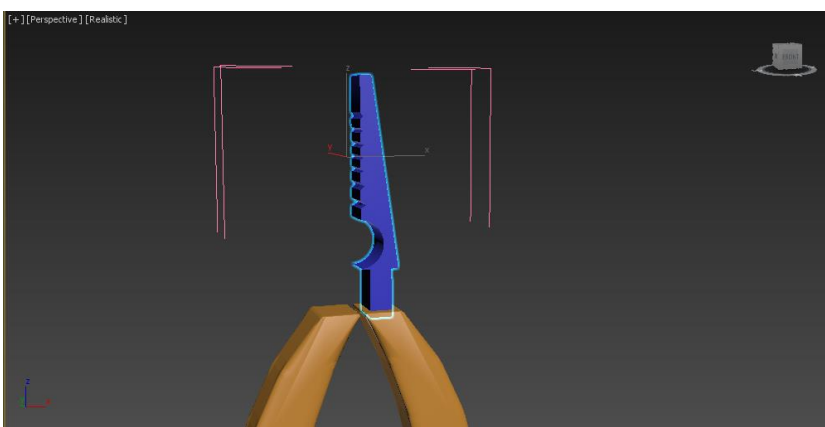
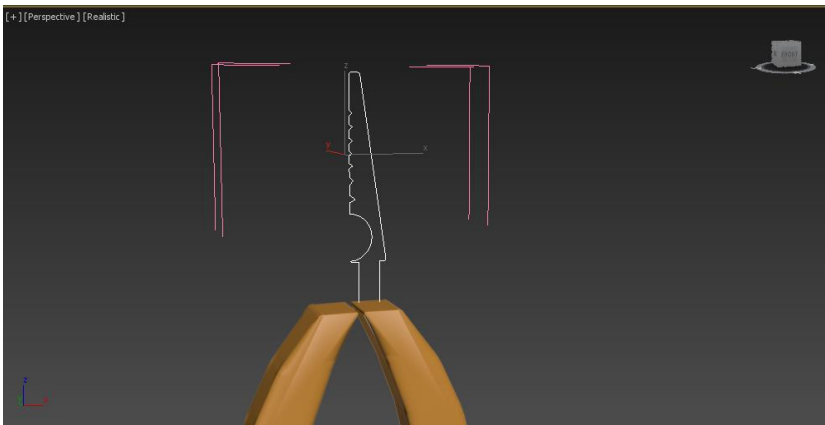
6. Se le da espesor



7. Se duplica mediante simetría de entidades.

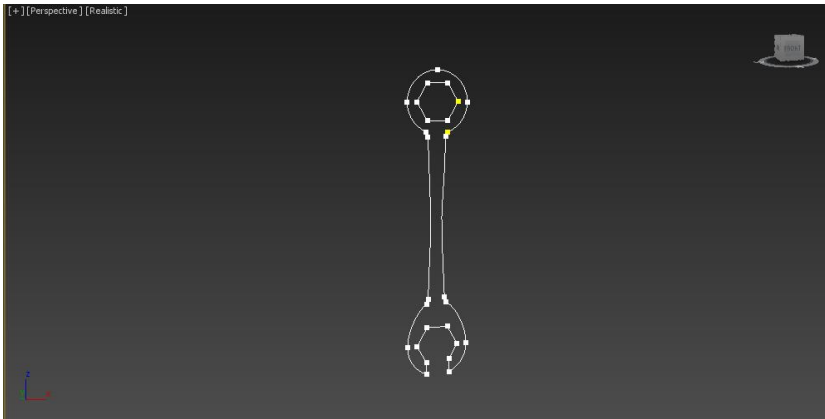


8. Aquí se observa el proceso de otro tipo de punta.

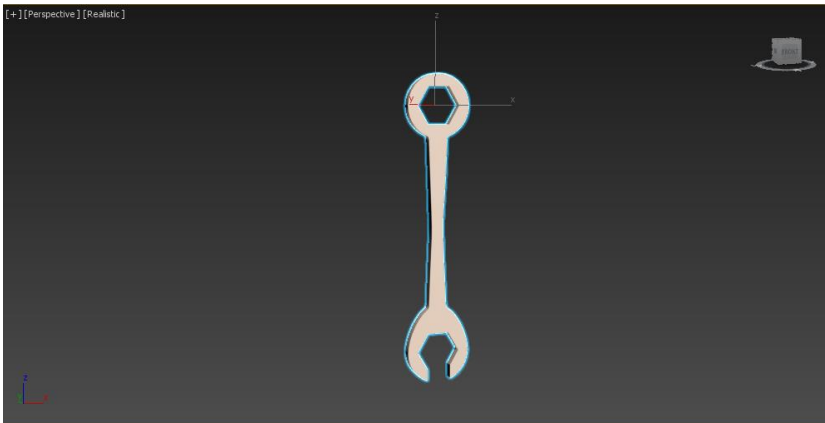


Herramientas- Llaves

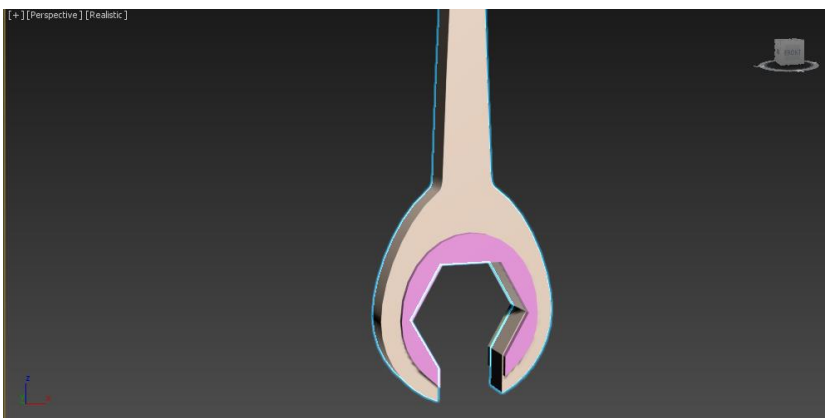
1. Se modela la SPLINE mediante unión de elementos (círculo, hexágono y formas libres)

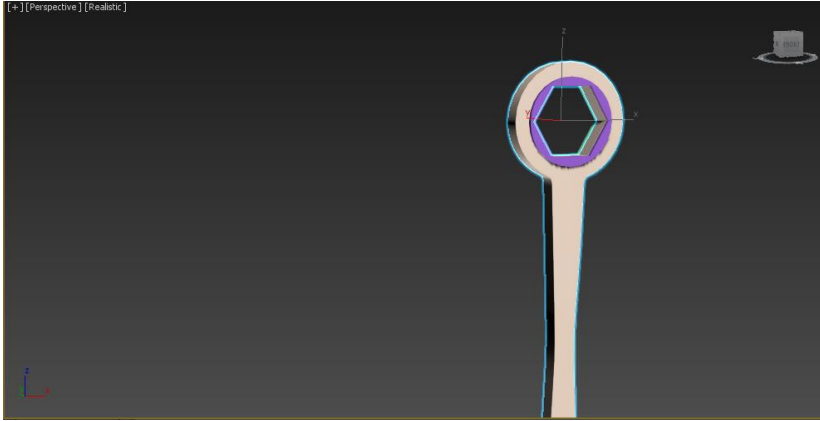


2. Se aplica el modificador EXTRUDE.

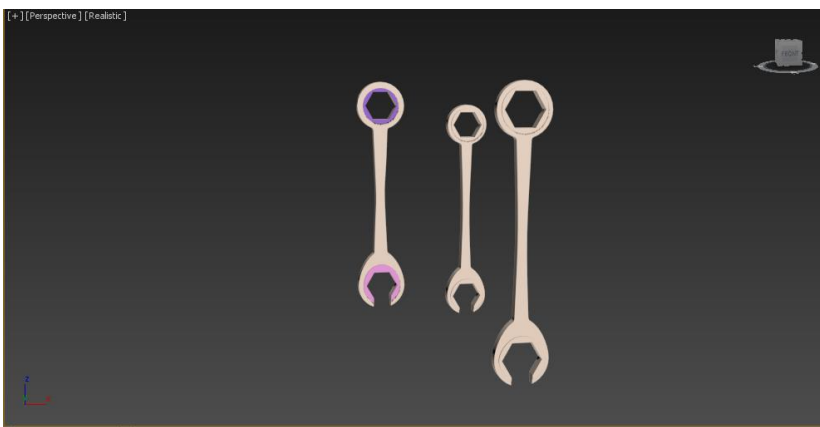


3. Se realizan SPLINES adicionales para remarcar detalles.



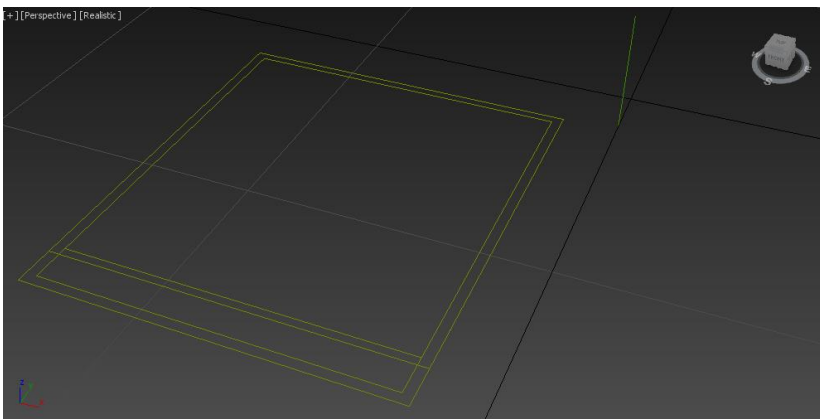


4. Se escala la pieza para obtener diferentes tamaños.

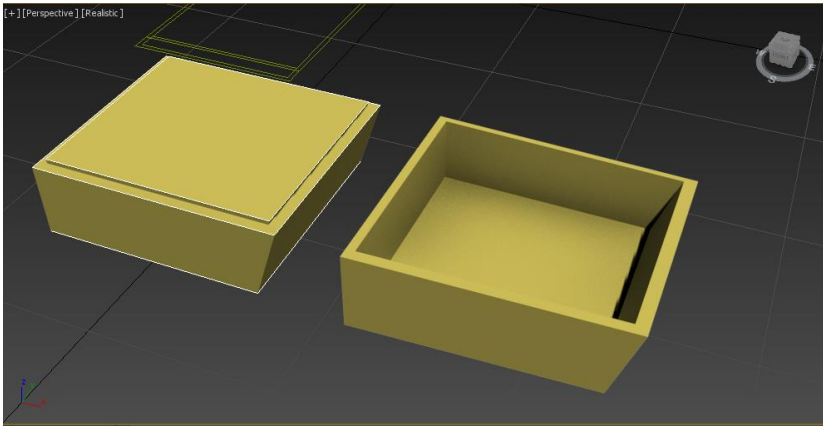


Caja porta-piezas

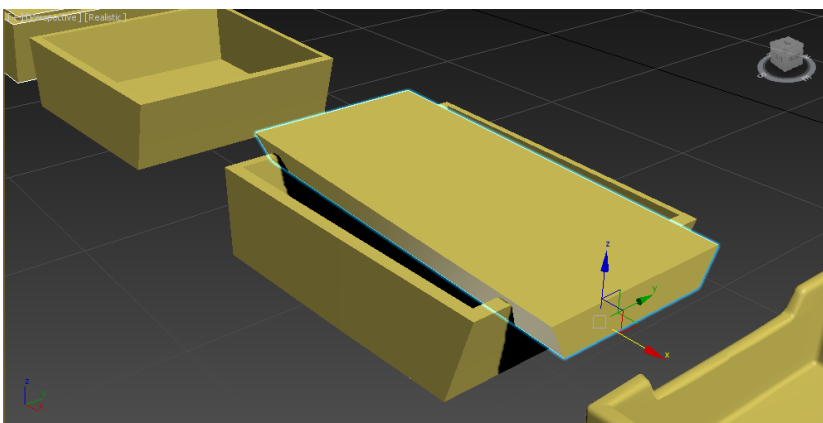
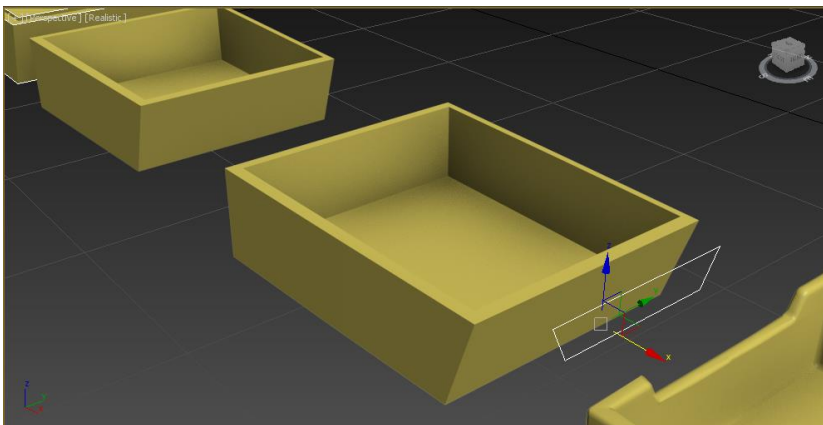
1. Se parte de SPLINES sencillas (rectángulos y líneas)



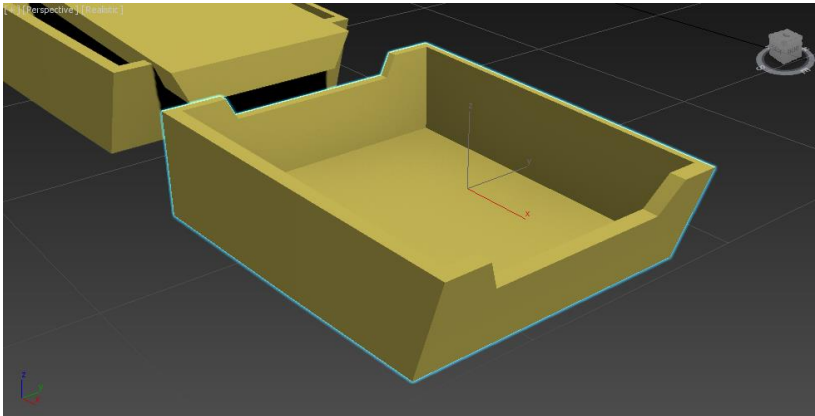
2. Se utiliza la operación LOFT para obtener los volúmenes que posteriormente mediante operación BOLEANA generarán el hueco de la caja.



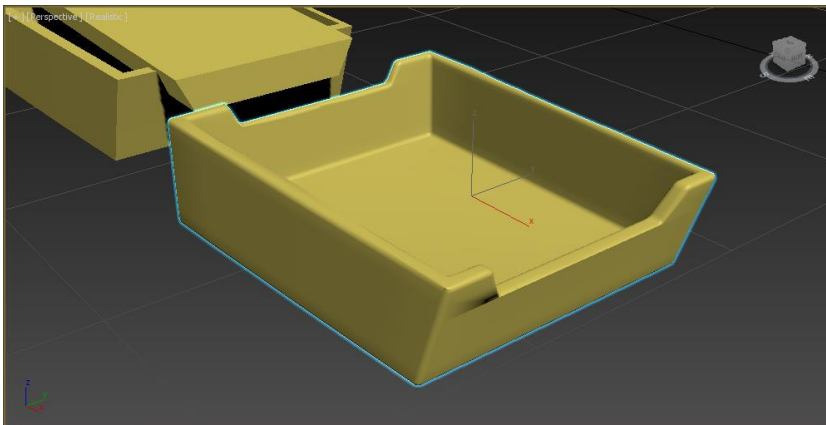
3. Se modela una SPLINE para realizar un rebaje en la caja.



4. A través de una operación BOLEANNA se elimina el material sobrante.

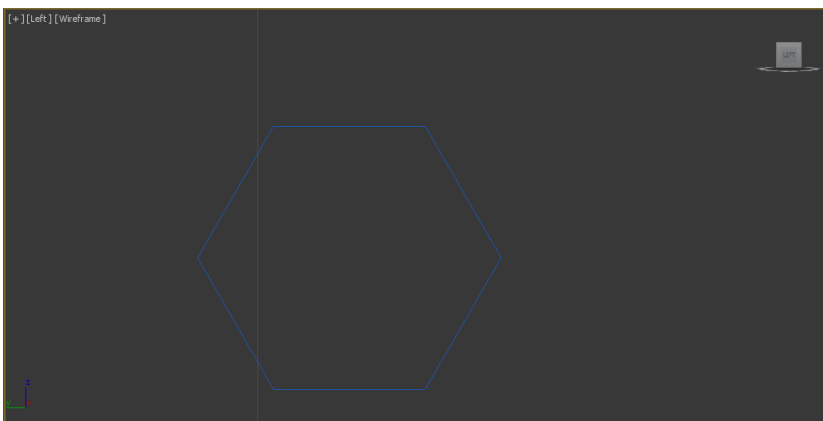


5. Se aplica el modificador CHAMFER para suavizar los bordes.

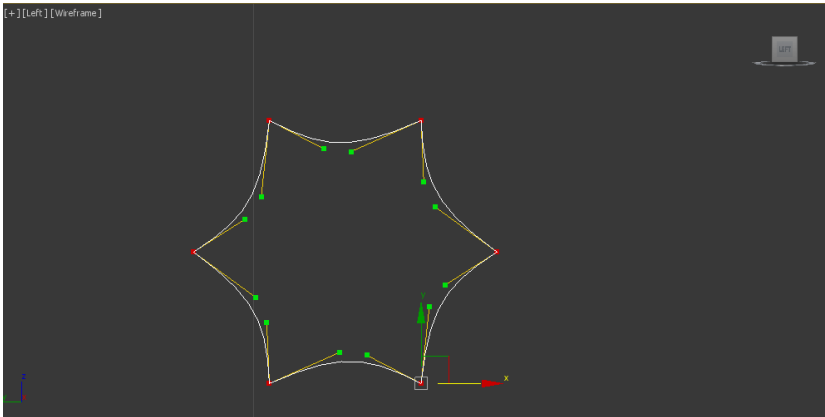


Pieza desmontable: esta pieza permitirá ver la función simplificada que se realiza principalmente en el puesto de cadena de montaje. Es un ejemplo sencillo que permitirá al usuario final de la aplicación comprobar la diversidad de movimientos a realizar en dicho puesto.

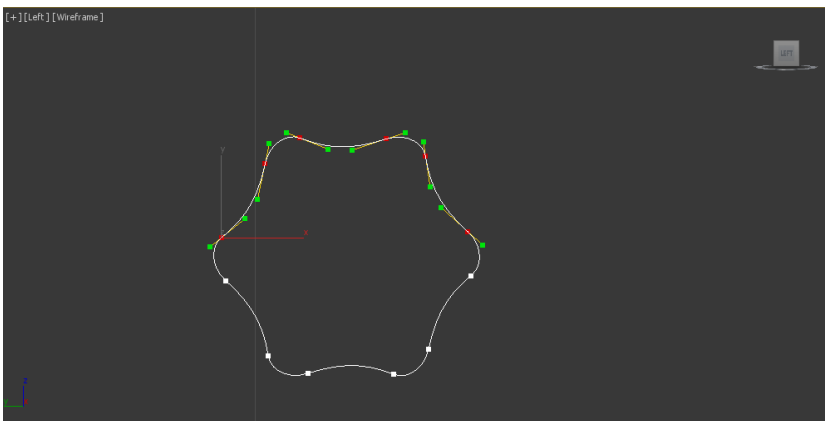
1. Se parte de una SPLINE para dar forma a la rosca manual.



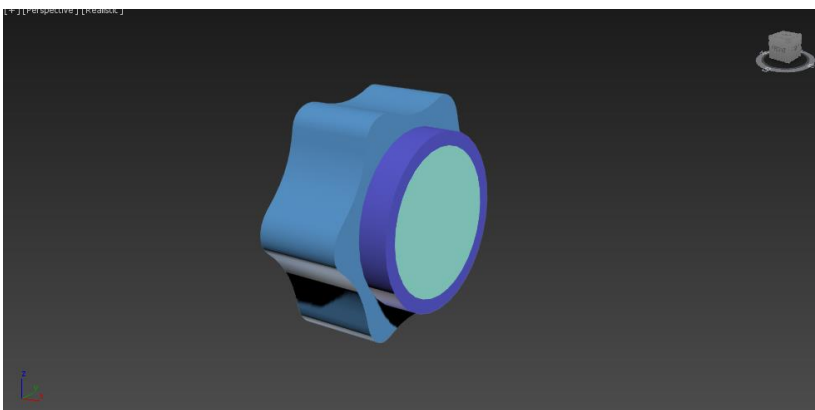
2. Se seleccionan todos los vértices y se bloquean para que las acciones que se apliquen a un vértice se realicen en todos.



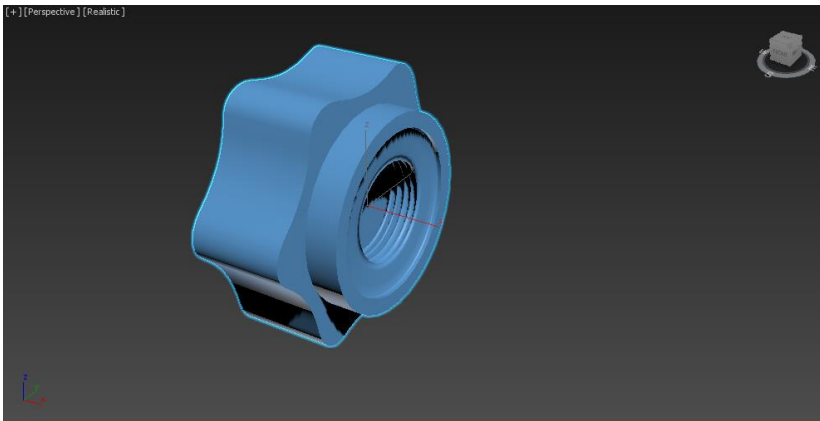
3. Se aplica un redondeo de vértices.



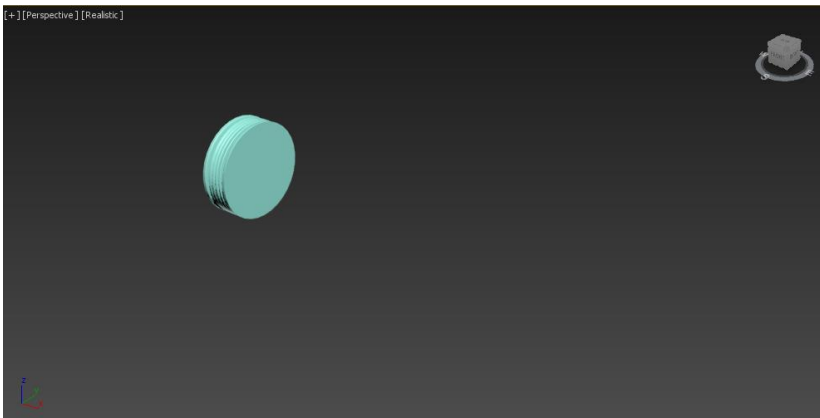
4. Se da espesor a la SPLINE y se añade un cilindro.



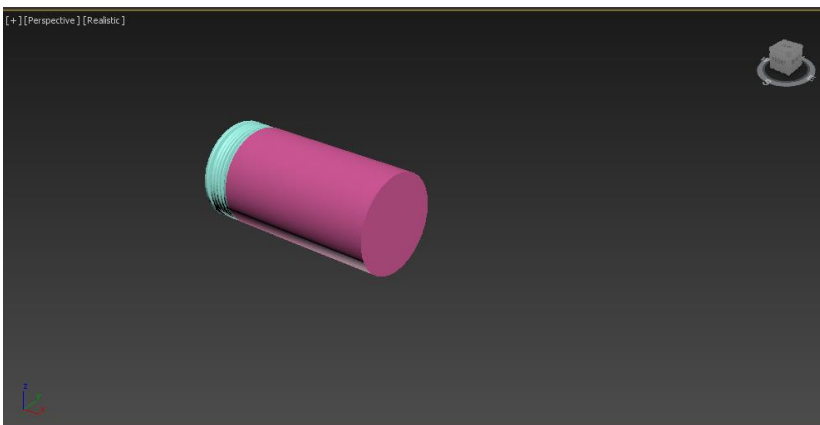
5. Mediante operación BOLEANNA se le resta la rosca interior.



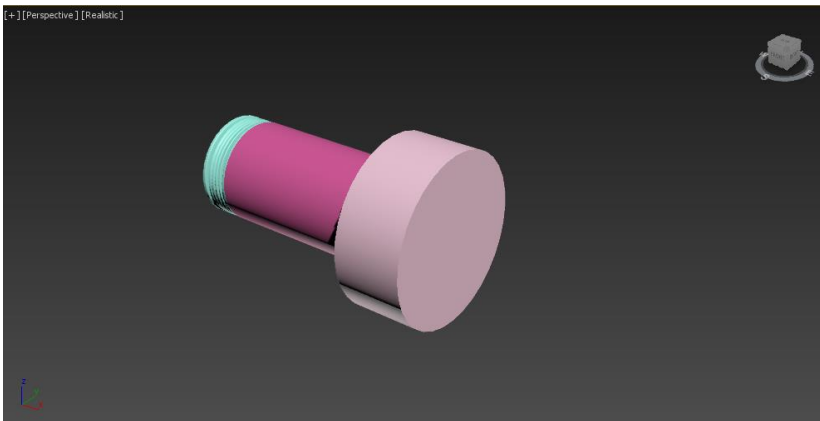
6. Se realiza el eje central, comenzando por la rosca de un extremo.



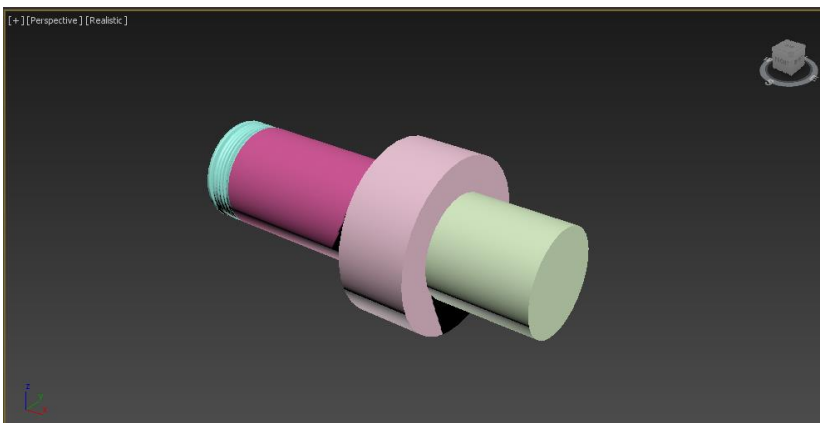
7. Se continúa con un cilindro.



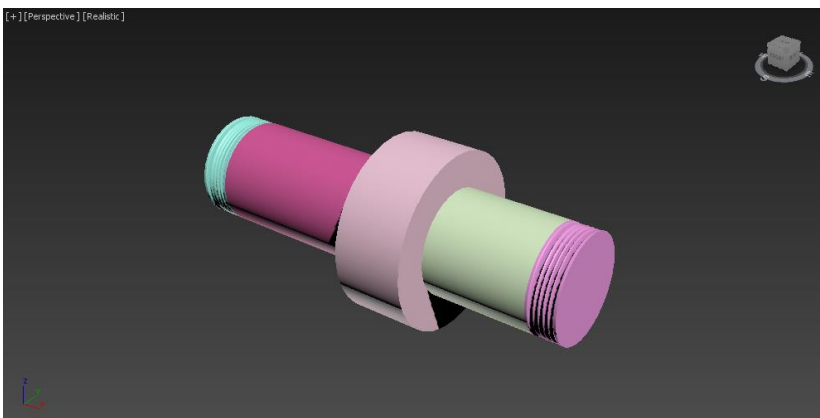
8. Se modela otro cilindro de diámetro mayor para hacer de tope.



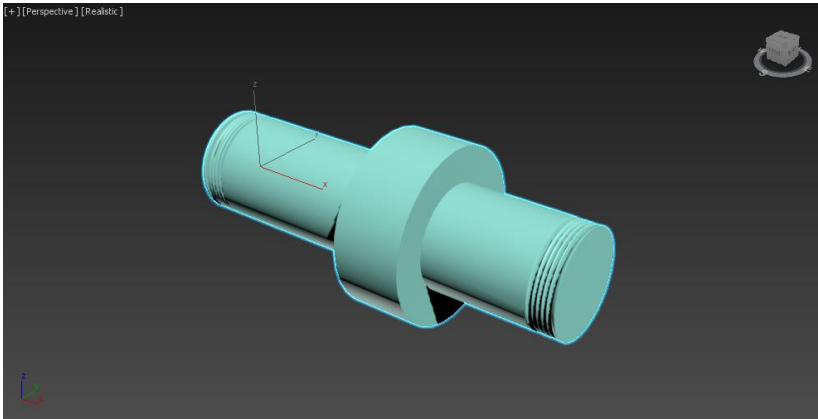
9. Se continúa con otro tramo de eje.



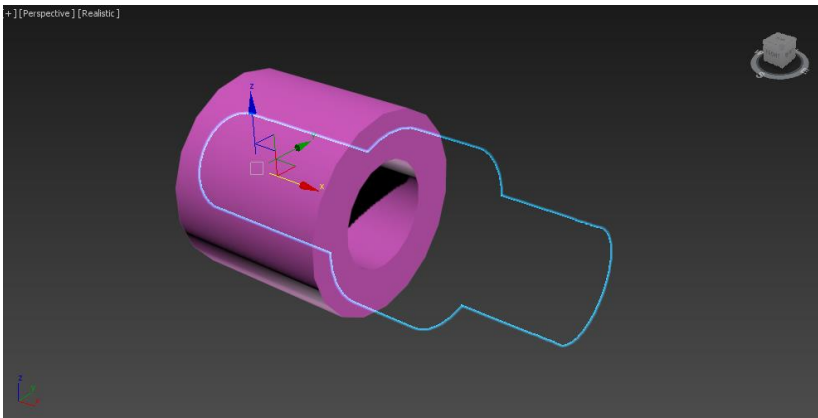
10. Esta parte finaliza de nuevo con rosca en el otro extremo.



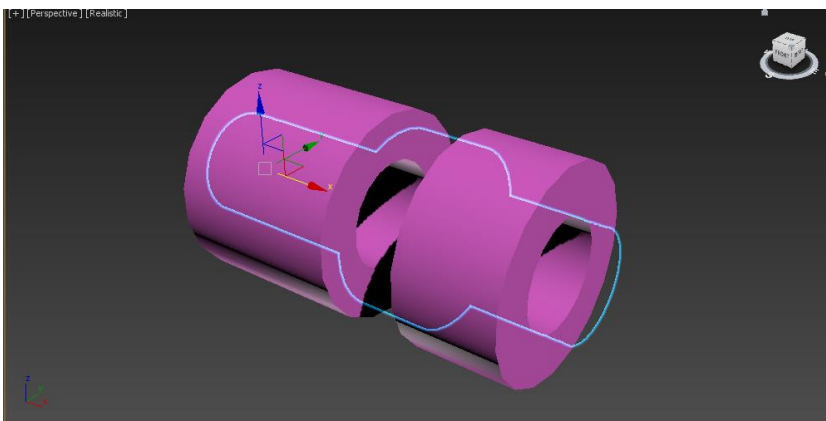
11. Por último, se unen todas las partes mediante operación BOLEANNA.



12. Se realiza un anillo para que entre el eje.

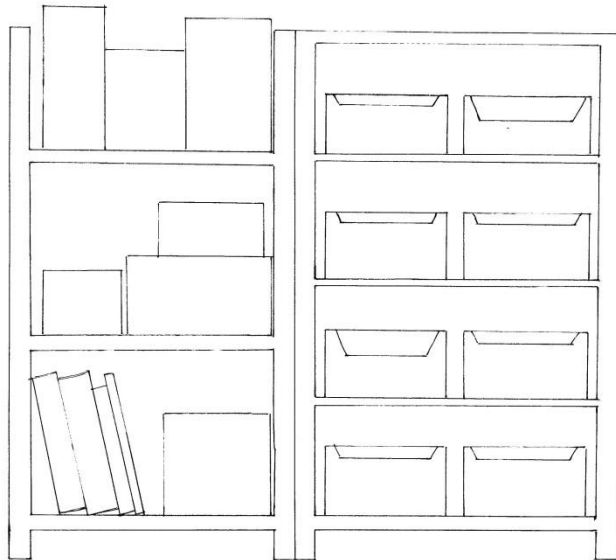


13. Se modela un segundo anillo.



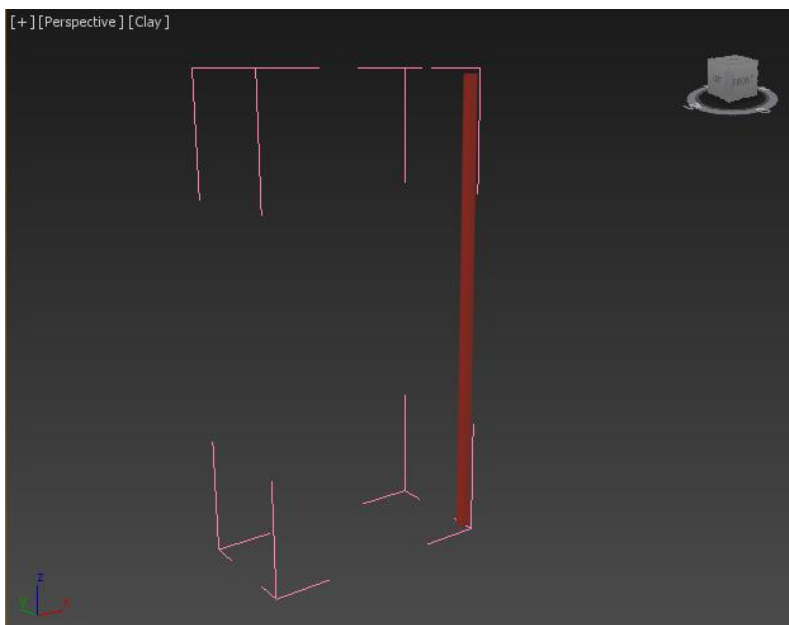
8.2.3 Diseño de un puesto de trabajo con diferentes alturas

Para este breafing se decidió realizar dos estanterías, una con cajas de cartón y otra con cajas de almacenamiento de objetos, con el fin de que el personaje pudiera ponerse en diferentes posiciones a la hora de agarrar objetos y tuviera en cuenta los diferentes pesos de las cargas

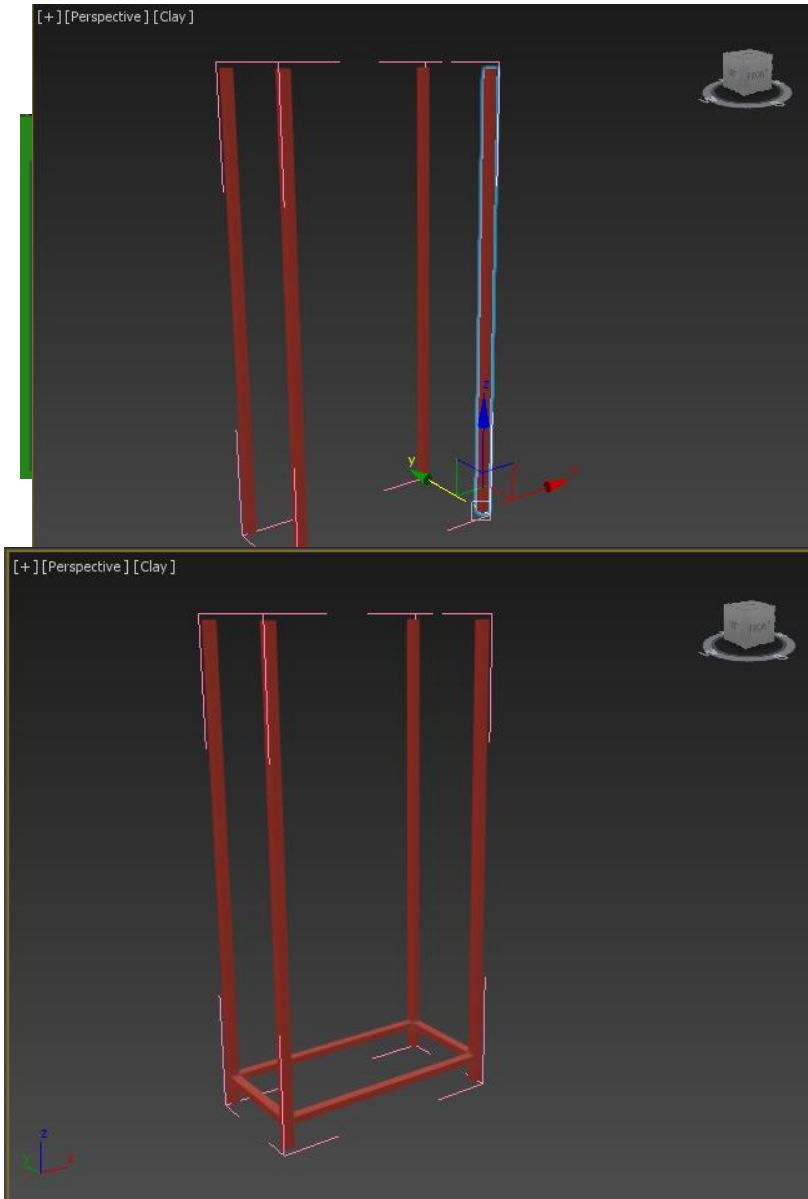


Estantería

1. Se realiza una de las patas de las patas de la estantería.

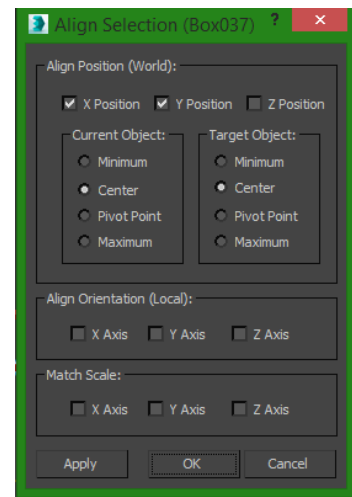


2. Se copia esta pata apretando al botón shift y con **SELECT AND MOVE**. En la dirección deseada, se arrastra con el ratón y se copia con la opción **REFERENCE**.



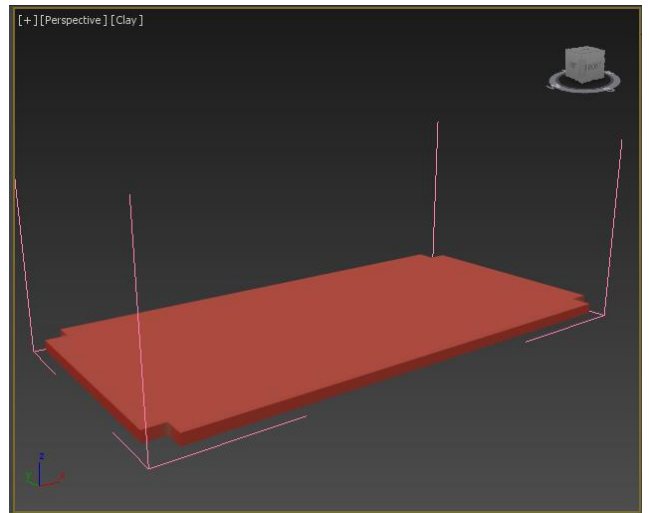
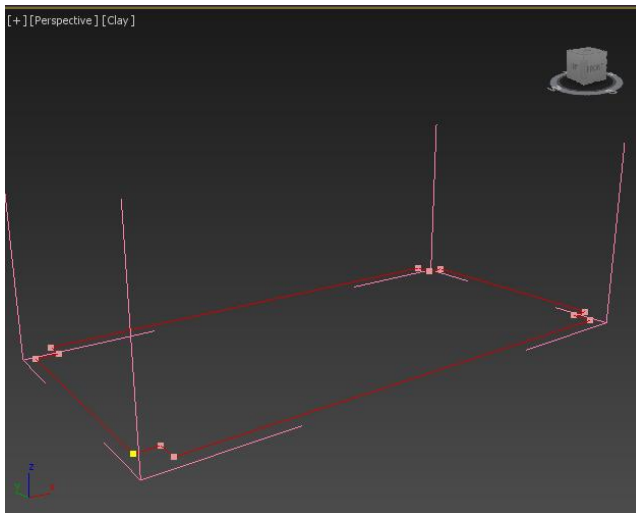
compacta.

3. Se realizan los travesaños horizontales siguiendo las explicaciones de los



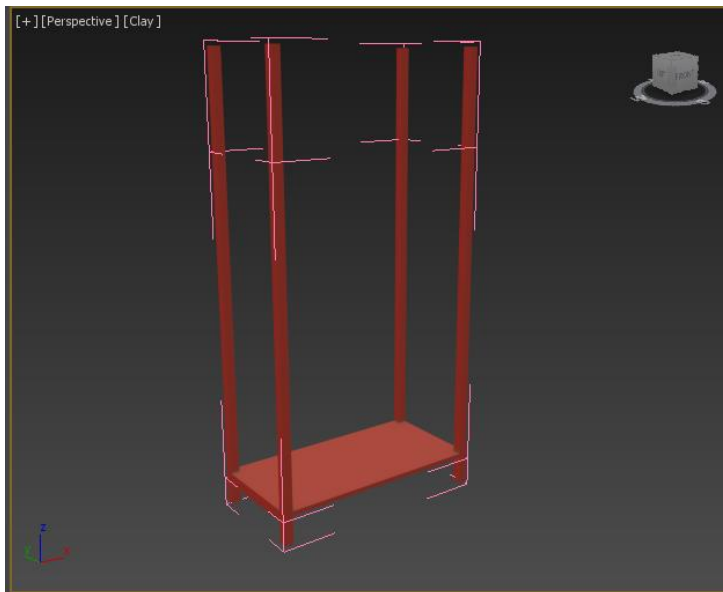
pasos anteriores. Se utiliza **ALIGN** para que todo quede enrasado y forme una estructura

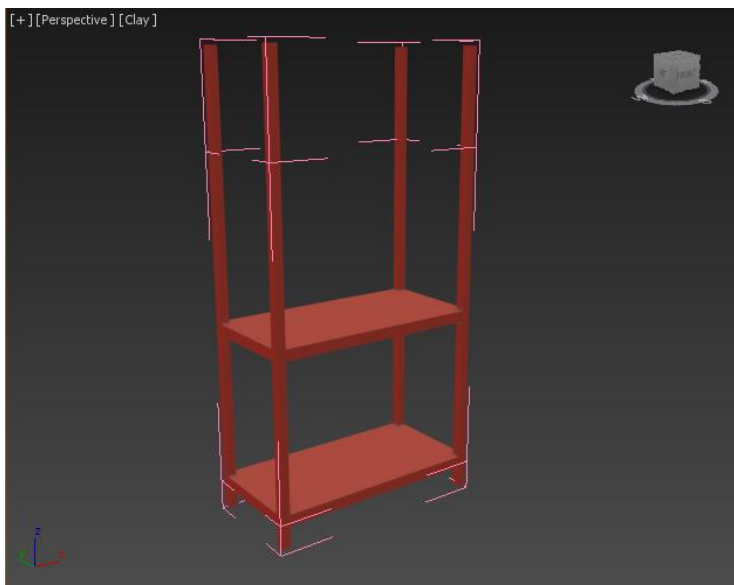
4. Realización del estante.



Se realiza una SHAPE ajustándose a la forma del estante deseada. Luego se extruye con el modificador EXTRUDE.

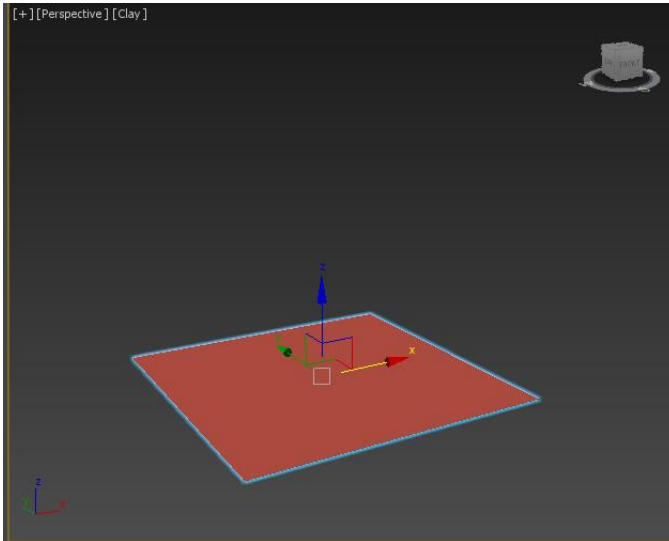
5. Completar la estantería. Se realiza una copia de tipo INSTANCE para cada uno de los estantes adicionales que se desea colocar.



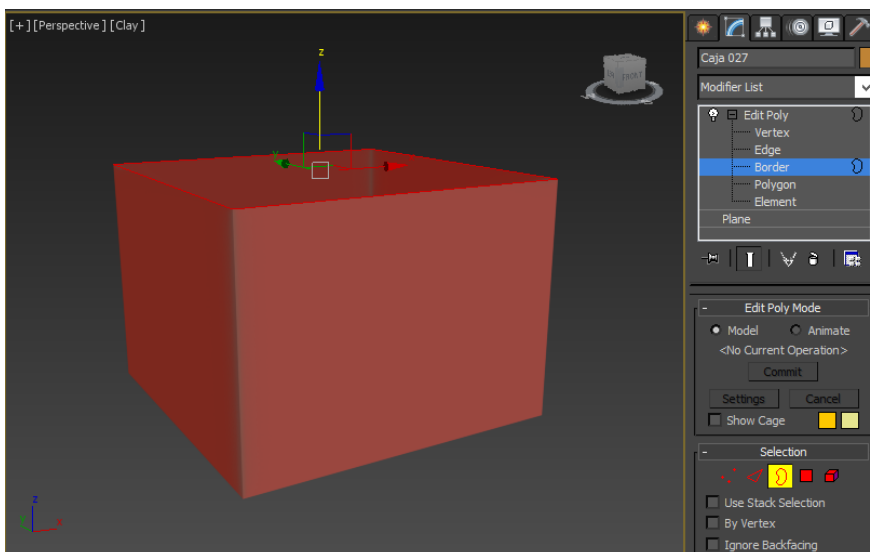


Caja de cartón

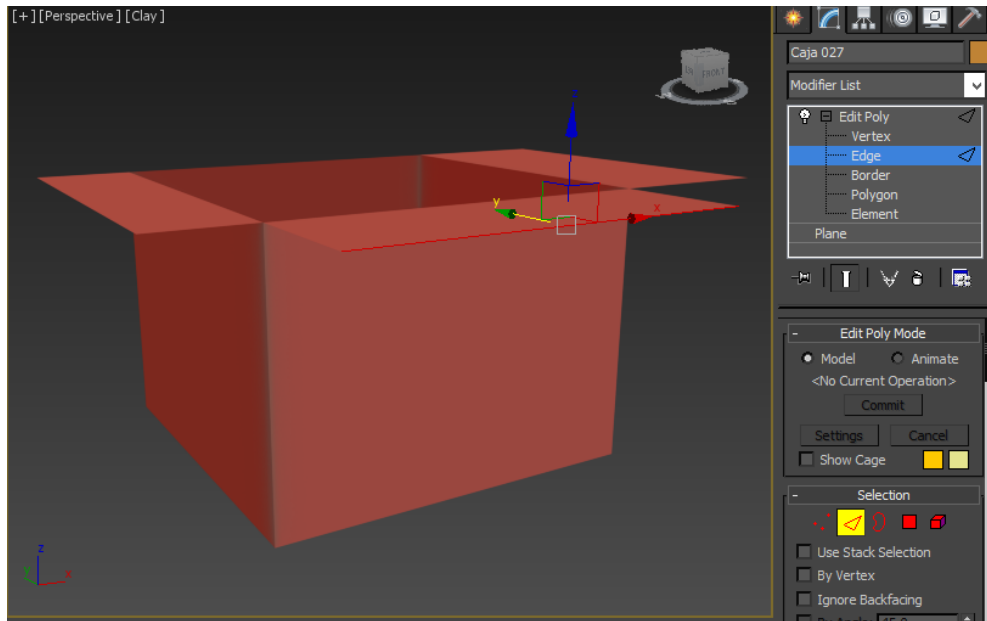
1. Para realizar la caja partimos de la base, que es un PLANO.



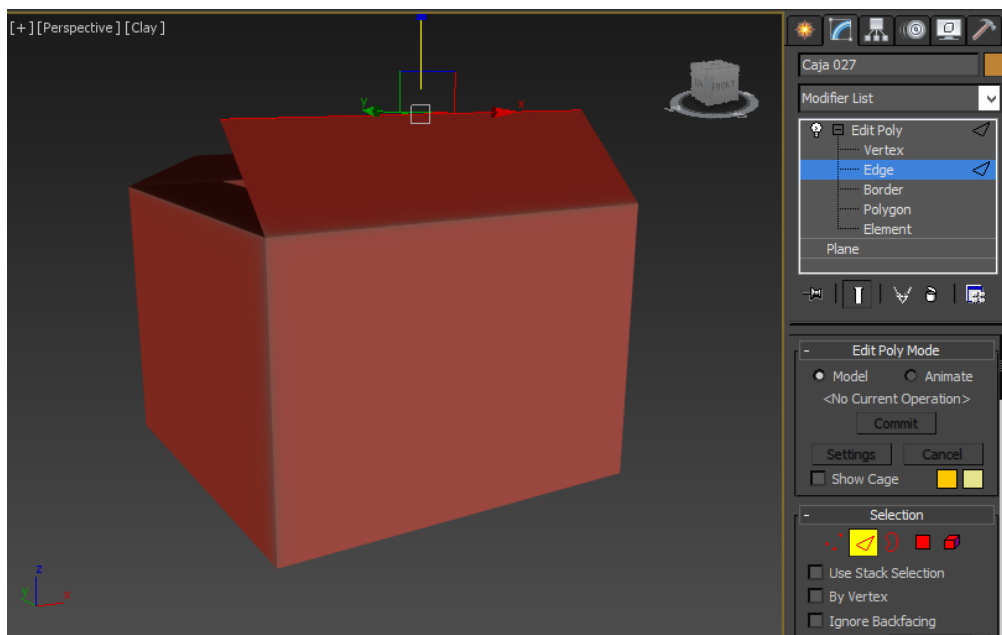
2. Para realizar las paredes, se utiliza el modificador EDIT POLY. A nivel de BORDER, arrastras hacia arriba y se da la altura deseada.



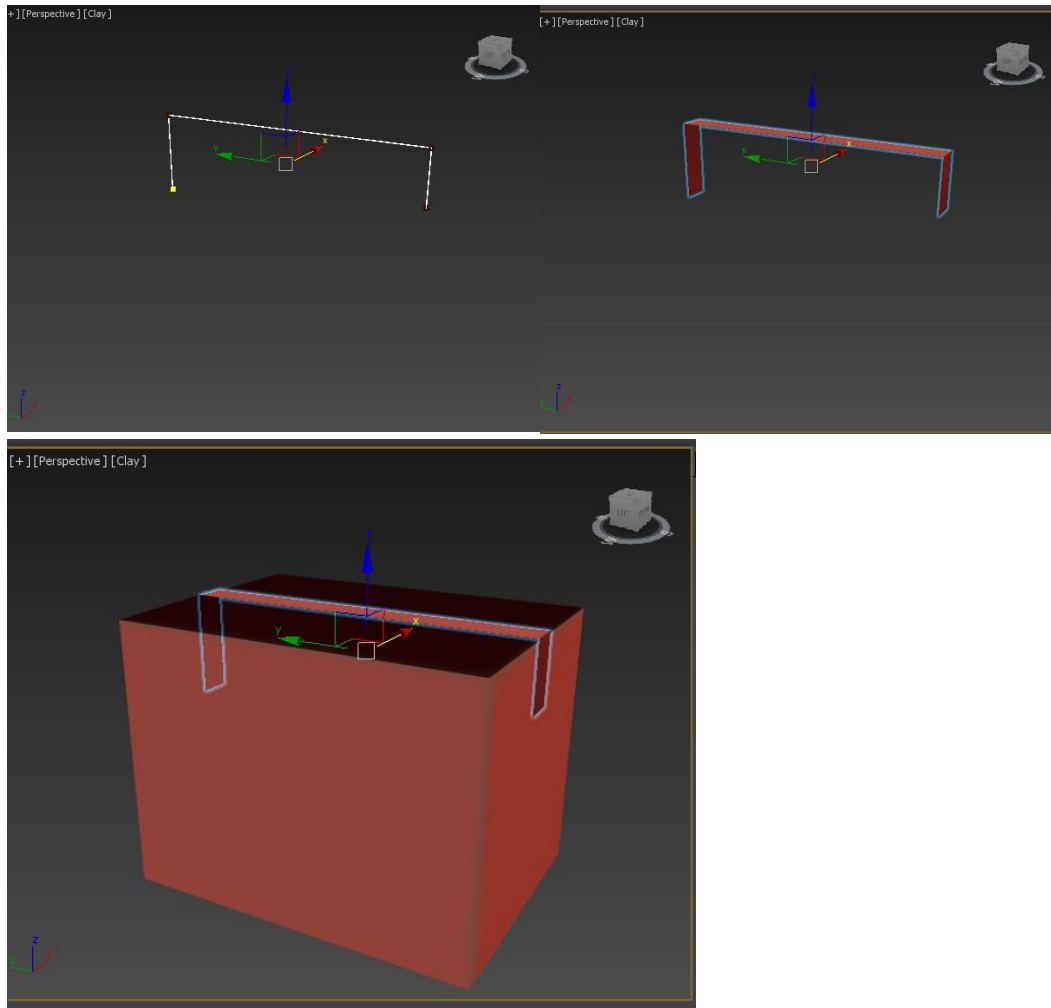
3. Para realizar las solapas, con el mismo modificador anterior pero a nivel de EDGE, se arrastra en cada una de los bordes superiores para generar las solapas de la caja.



4. Para cerrar la caja, con el botón SELECT AND MOVE, se van moviendo los bordes exteriores de las solapas.

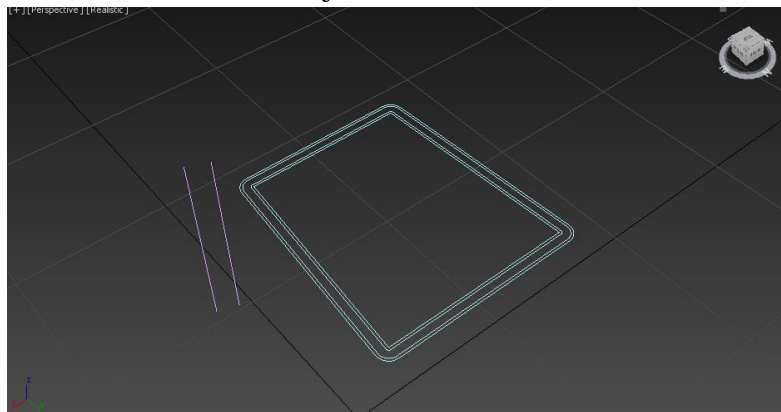


5. Si la caja va cerrada con cinta, se realiza un LINE con la forma deseada y se extruye.



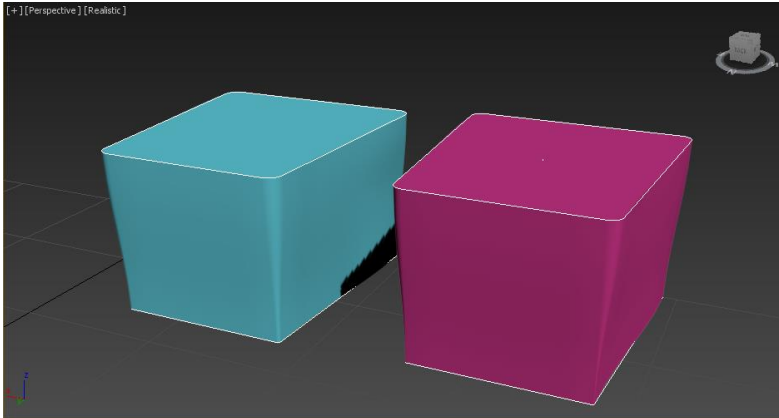
Caja exponedora

1. Se realizan los contornos inferiores y superiores de la caja, así como la línea que definirá la altura de la caja.



Partiendo de SPLINES predefinidas como puede ser un RECTANGLE, aplicando el modificador EDIT SPLINE, se consigue la forma deseada moviendo los vértices y redondeándolos. Además, este modificador permite distanciar las líneas para conseguir de una misma forma los distintos tamaños que permitirán dar espesor a la caja.

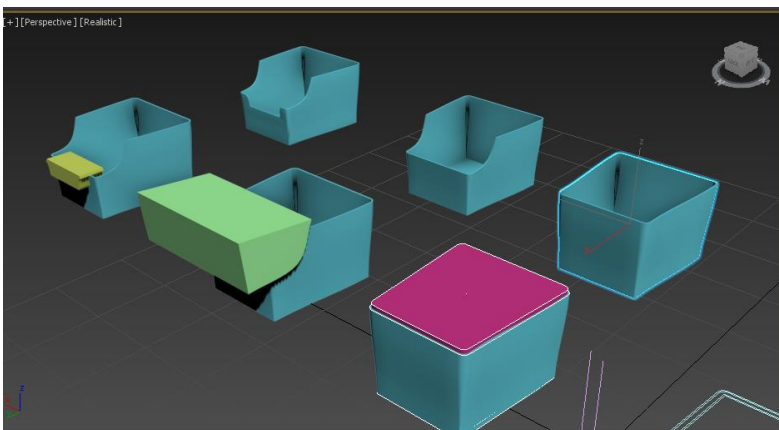
2. Con la operación LOFT, se extruyen estos dos volúmenes. El rosa es ligeramente más pequeño que el azul.



3. Realización de los vaciados de la caja con operaciones BOLEANAS de SUSTRACCIÓN.

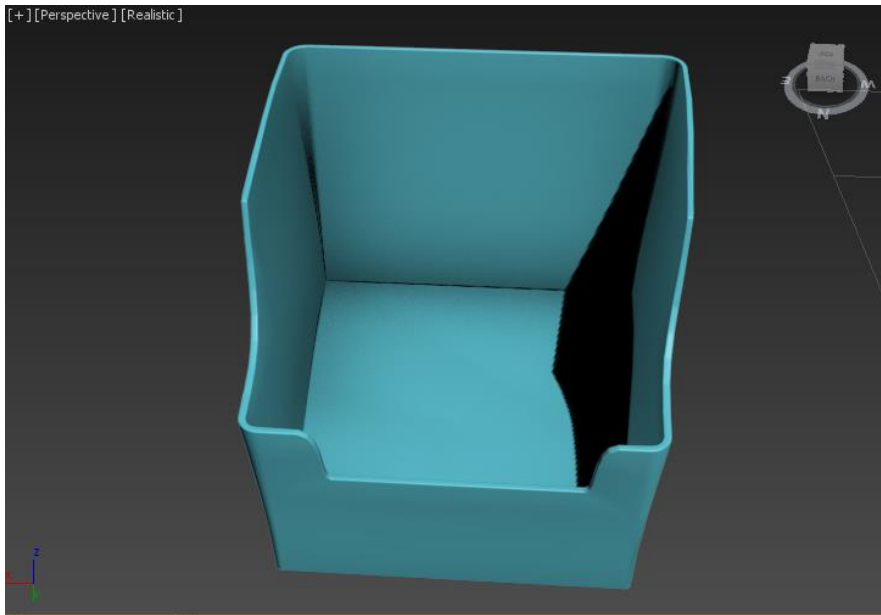
Con la opción de ALIGN se posicionan los centros de los dos volúmenes anteriores en la misma posición. Posteriormente se elimina la parte interior para generar el hueco.

Para realizar el resto de vaciados, hay que modelar las SPLINES necesarias para generar la forma deseada y utilizar la operación BOLEANANA de SUSTRACCIÓN para conseguir la caja ideada.



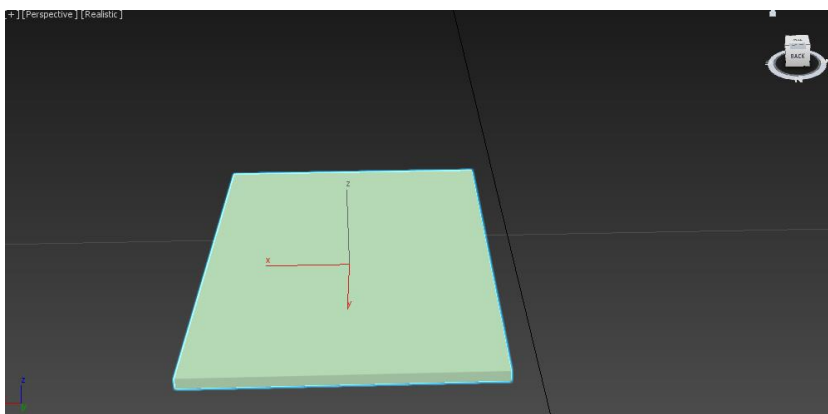
4. Resultado.

Si se desea, se puede aplicar un ligero redondeo a las aristas para que no queden vivas.

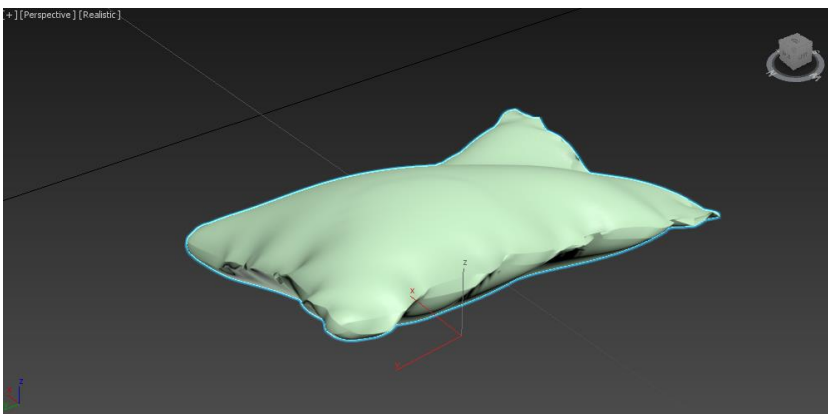
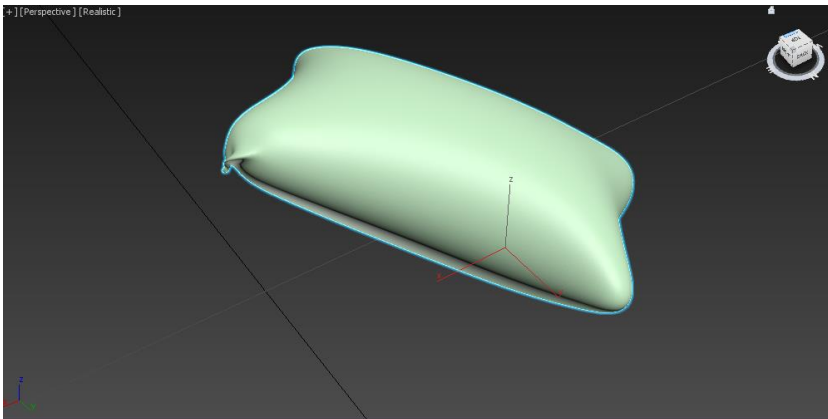
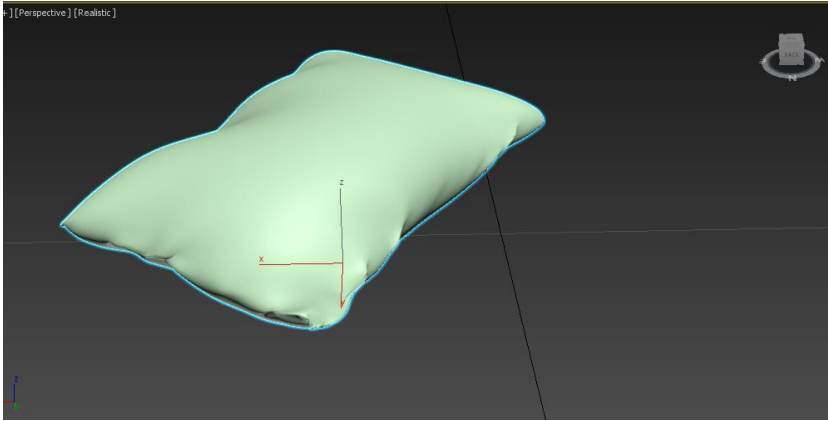


Bolsitas

1. Se parte de un BOX, pero hay que aplicarle unos parámetros especiales. Es importante que tenga una altura bastante pequeña y formada por una sola cara. En la superficie grande hay que añadir aristas para crear una malla más densa que posteriormente permitirá crear una bolsa más realista.



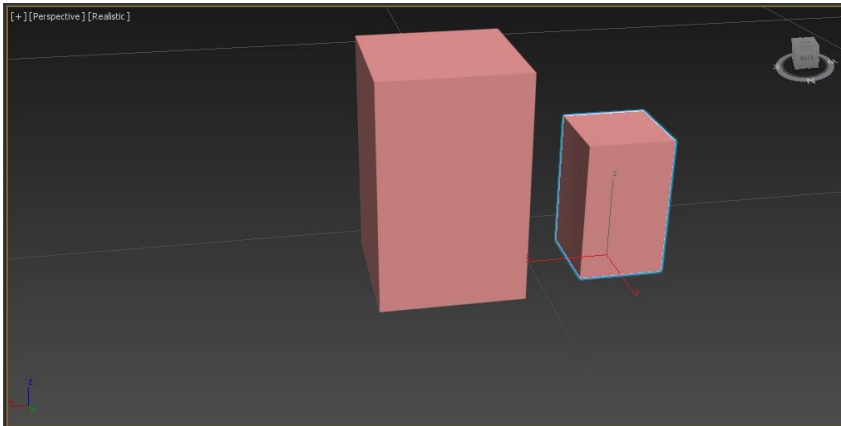
2. Para crear este efecto se utiliza el modificador CLOTH. Éste permite introducir aire en la geometría anterior y dependiendo de los parámetros introducidos se hinchará de una forma u otra. La pieza se va hinchando y es el usuario el que decide en que momento desea que se pare la función para que la geometría se mantenga en esa posición.



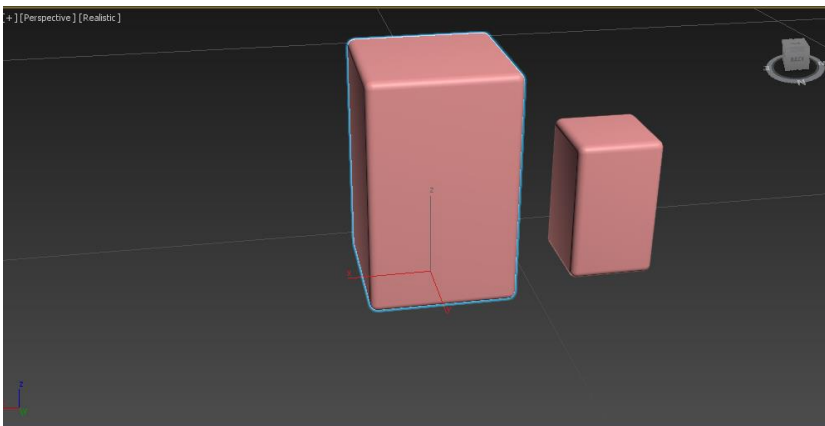
Como se puede observar en las imágenes anteriores, el modificador CLOTH es muy versátil y permite dependiendo de los parámetros introducidos generar diversas geometrías diferentes partiendo de la misma base.

Cajitas

1. Se parte de un box



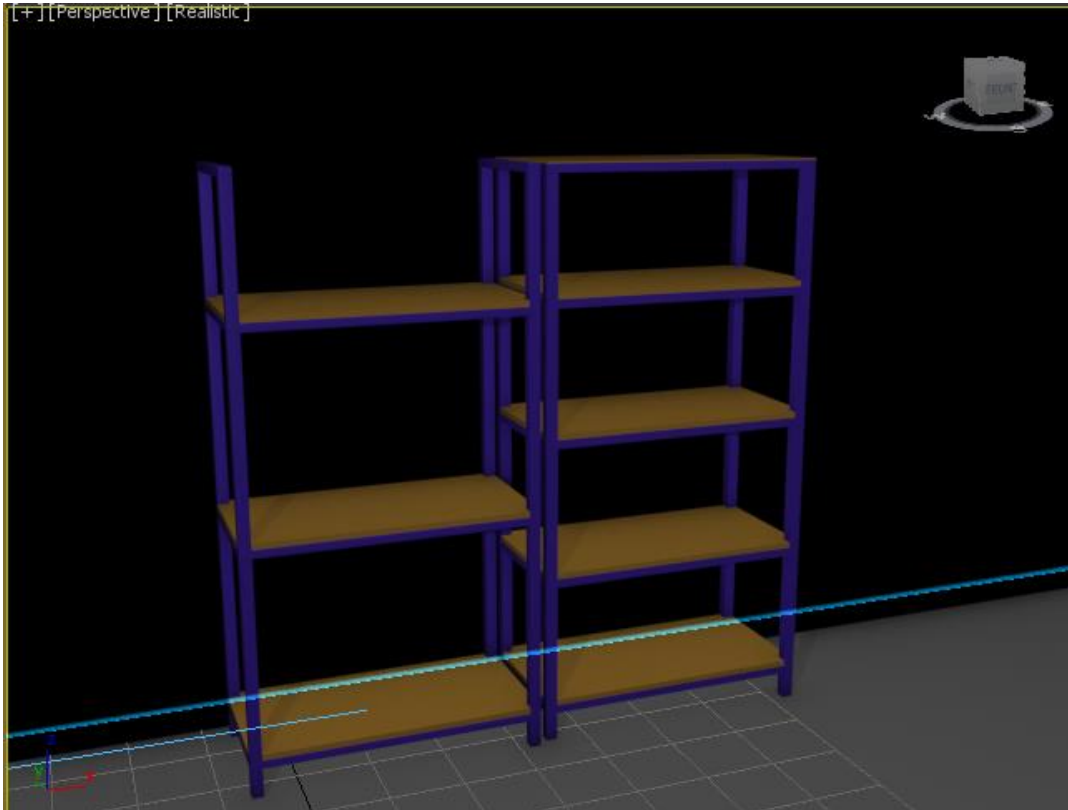
2. Se aplica el modificador CHAMFER.

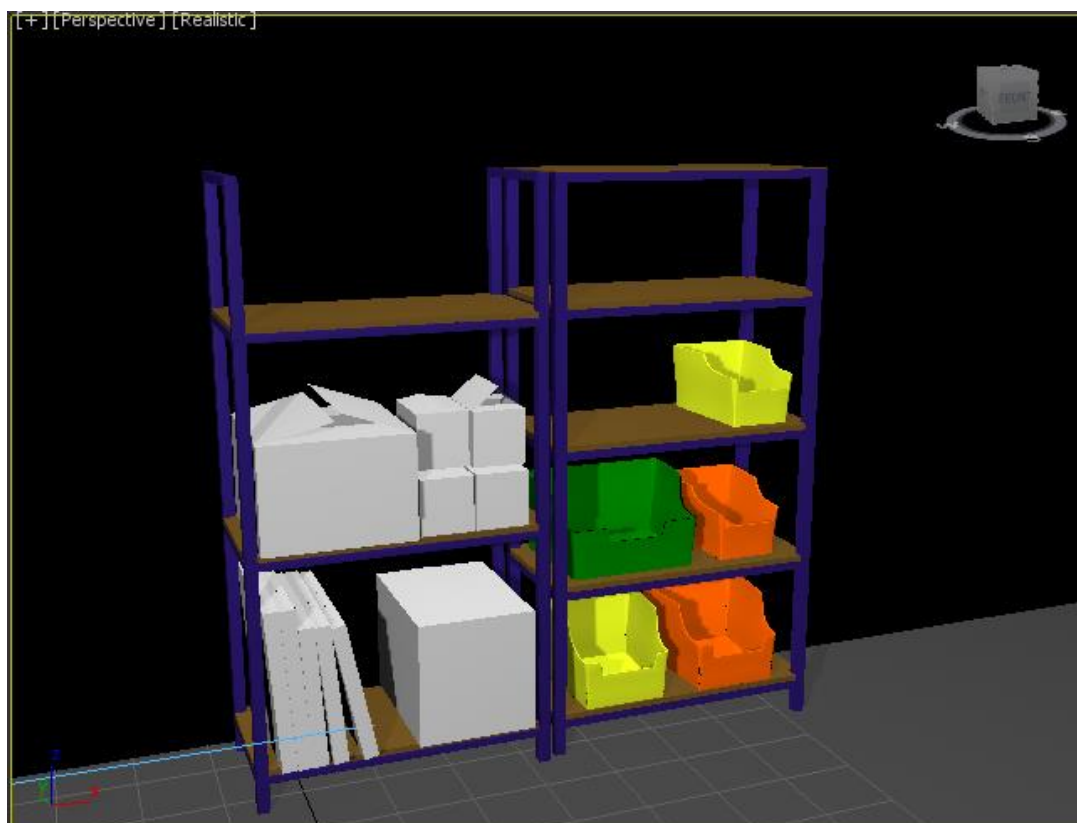


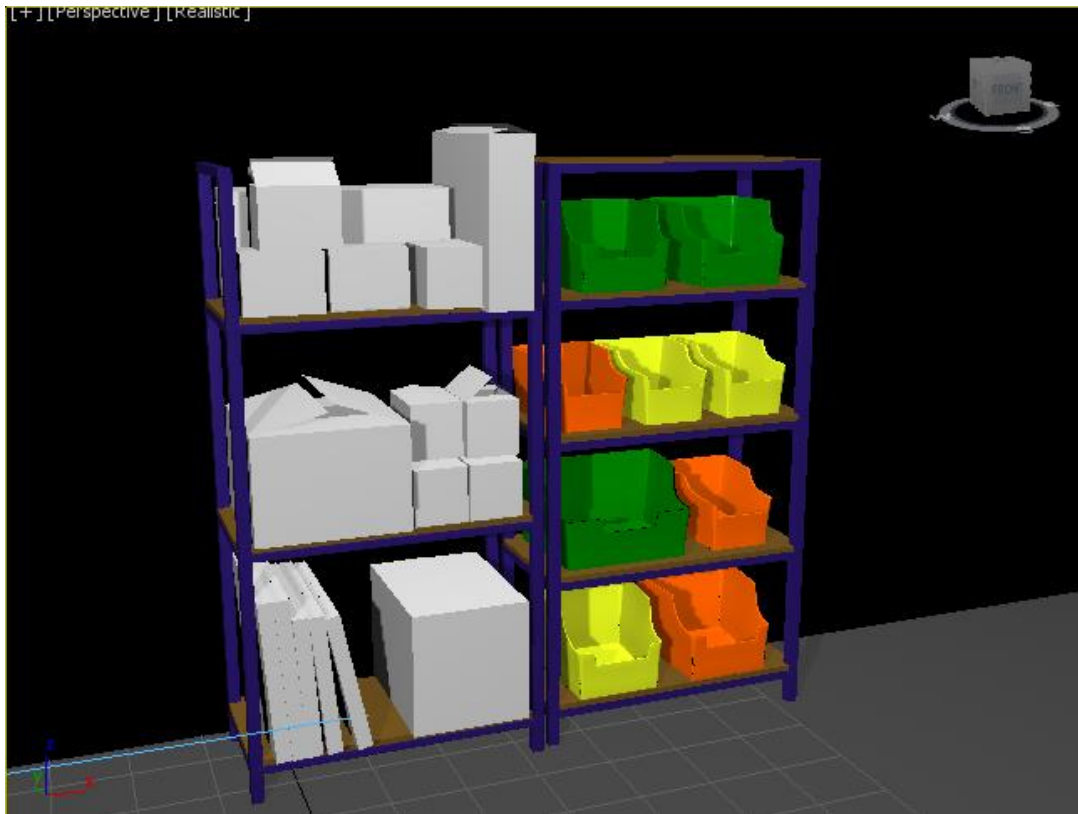
Importante es estacar en estas geometrías, que van a estar presentes en el conjunto en grandes cantidades, que es importante encontrar un equilibrio en la malla para que se haga bien el redondeo y a su vez el peso de la geometría para el programa no suponga una ralentización de la escena completa.

Montaje conjunto

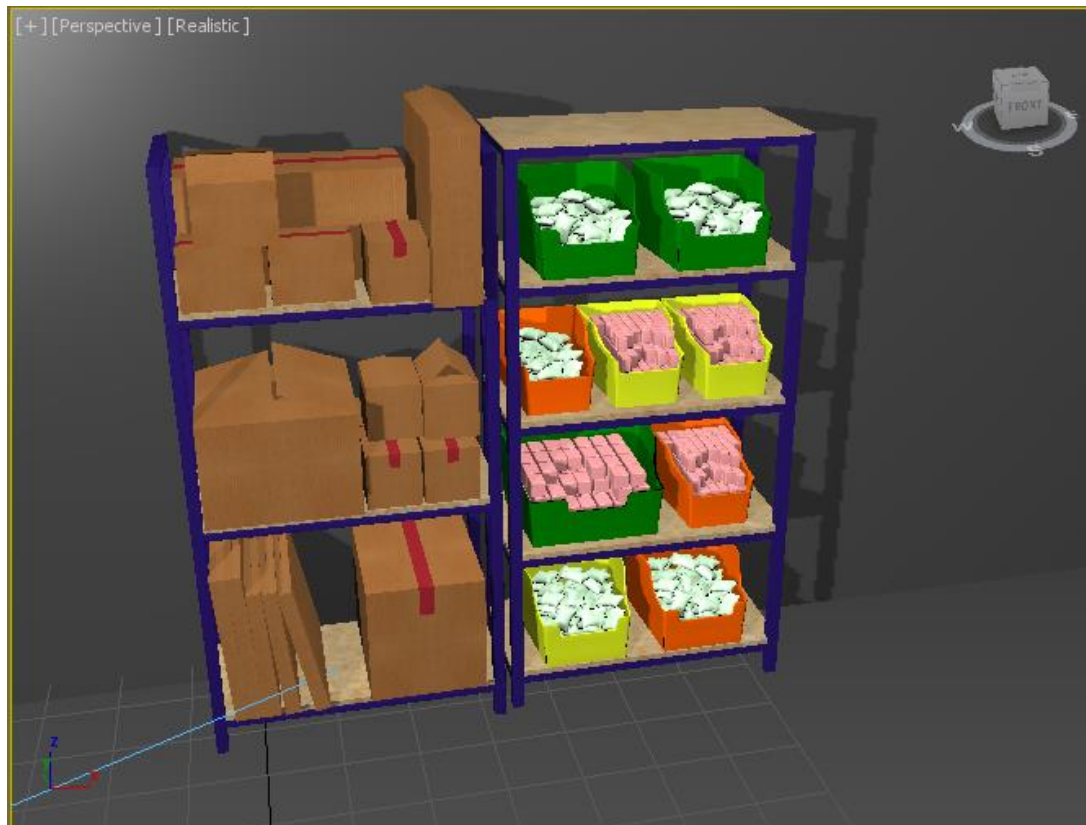
Se introduce las estanterías en sus dos versiones, la primera almacenará cajas de cartón emulando diferentes pedidos que hayan realizado los clientes y la segunda almacenará cajas abiertas que con tienen piezas necesarias para el montaje de productos.







Se van introduciendo los elementos más grandes, teniendo en cuenta una disposición lo más natural posible. Cabe destacar la importancia de alinear bien las partes inferiores de cada elemento con las superficies de apoyo sobre las que recaen para crear la sensación de gravedad.



Por último, se introduce en las cajas abiertas las bolsas y cajitas emulando el almacenamiento de diferentes componentes y productos necesarios para la interacción con el usuario final.