



## Trabajo Fin de Grado

Desarrollo de Maniquíes Virtuales Adaptables en  
3D para Usos en Proyectos de Diseño Industrial

Autor/es

Cristina Carlota Fleta Anés

Director/es

Ignacio Gil Pérez

Escuela de Ingeniería y Arquitectura  
2013

# DESARROLLO DE MANIQUÍES VIRTUALES ADAPTABLES EN 3D PARA USOS EN PROYECTOS DE DISEÑO INDUSTRIAL

## RESUMEN

Con el presente proyecto se ha pretendido realizar un maniquí 3D que pueda adoptar diferentes posturas y respete las dimensiones antropométricas establecidas para la evaluación de diseños en 3D, y que además facilite al usuario la modificación de las mismas para los diferentes percentiles de hombre y mujer de la población laboral española. Para ello, los trabajos realizados han sido:

- Estudio de mercado de los programas 3D capaces de realizar este tipo de modelos. Sus características, su nivel de desarrollo y su capacidad para posibles implementaciones.
- Estudio sobre los lenguajes de programación relacionados con los programas 3D estudiados y de posibles bases de datos a utilizar para conocer la viabilidad y tener más datos que faciliten la elección del programa.
- Estudio de mercado de los maniquíes existentes, tanto reales como virtuales. Realizar una segmentación del mercado y conocer las soluciones actuales propuestas para cada tipo según el sector de aplicación.
- Estudio del cuerpo humano, sus huesos y articulaciones. Conocer el tipo de movimiento que realizan y su amplitud para poder simplificar el sistema.
- Conclusiones acerca de los estudios realizados para elegir el programa en el que realizar el maniquí, la base de datos y las características que debe tener el modelo.
- Realización del maniquí de modo que pueda adoptar diferentes posturas.
- Creación de la base de datos según las tablas antropométricas de la población laboral española actualizadas a 1999.
- Creación de una Macro mediante programación en VBA que permita que el maniquí pueda adoptar las dimensiones de los diferentes percentiles de la base de datos de forma sencilla.
- Realización de pruebas de funcionamiento y confección de un manual de Funcionamiento y Uso.

# ÍNDICE de Contenidos

1. Fase de Documentación .....	pág 04
2. Descripción del Maniquí .....	pág 05
3. Diseño del Maniquí .....	pág 09
3.1 Dimensiones Generales / Ejemplo Pierna .....	pág 10
3.2 Articulaciones / Ejemplo Rodilla .....	pág 11
4. Funcionamiento .....	pág 13
5. Uso .....	pág 15
5.1 Restricción de Articulaciones / Ejemplo Rodilla .....	pág 15
5.2 Restricción de Articulaciones / Ejemplo Tobillo .....	pág 15
5.3 Verificación de Diseño/ Ejemplo Puesto de Trabajo .....	pág 16
6. Implementación .....	pág 18
6.1 Rediseño Físico de una Pieza .....	pág 18
6.2 Actualización de la Base de Datos .....	pág 19
6.3 Modificación de las Fórmulas de las Dimensiones en la Programación .....	pág 20
7. Conclusiones .....	pág 21

# 1. Fase de Documentación

Para la correcta realización del proyecto se consideró adecuado empezar con un **análisis de mercado** de los programas de modelado 3D. En este análisis se han estudiado **57 programas**, entre ellos, algunos famosos como Catia, Inventor o Rhino y otros más desconocidos como Art of Illusion o Wings. De los que se han analizado las siguientes características: Precio, Herramientas específicas de personaje, Usos, Compatibilidad entre programas, Animación, Plataforma, Detección de colisiones, Simulaciones dinámicas, Programación avanzada, Modelado, Otras características; así como algunas opiniones de usuarios para concluir cuál sería el programa más adecuado para la realización del maniquí. Para más información ver Anexo I.

A continuación se han analizado **20 lenguajes de programación** directamente relacionados con los programas analizados en el Anexo I. Era necesario conocer la dificultad y la cantidad de trabajo a invertir para aprender a programar en cada uno, lo cual ayuda en la elección del programa. También se ha estudiado de forma muy superficial las diversas opciones para crear la base de datos. Lo cual se puede encontrar en el Anexo II.

Finalmente **se concluyó que el mejor programa** para desarrollar el maniquí deseado con las características que se requerían era **Autodesk Inventor** ya que posee un editor de Visual Basic para aplicaciones con acceso a programación avanzada que permite relacionarlo a una base de datos con un lenguaje de programación de nivel medio, se puede acceder a él en modo estudiante sin pagar y no tiene problemas de compatibilidad con el programa destino ya que es él mismo. Al tratarse además de un programa paramétrico orientado a la ingeniería se pueden manejar cómodamente medidas exactas.

A su vez para el desarrollo de la **base de datos** se ha utilizado **Microsoft Access** por las siguientes razones: se trata de un programa de creación de bases de datos sencillo para gente no familiarizada con el tema, de fácil acceso, posee una versión de prueba, tiene más posibilidades de que se integre fácilmente con el lenguaje del programa elegido ya que utiliza Visual Basic, desarrollado también por Microsoft y existe mucha información al respecto.

El siguiente paso ha sido **estudiar** una muestra de los maniquíes existentes en el mercado, **33 tipos de maniquíes físicos y 12 virtuales, segmentados por área de aplicación**, véase : Moda, Arte, Entretenimiento, Ciencia e Ingeniería, Medicina y Ergonomía; y de los que se ha analizado sus características formales y funcionales, contenido en el Anexo III.

Por último, se ha considerado necesario estudiar **los huesos y articulaciones** que posee **el ser humano** para realizar una simplificación válida en el maniquí. Este estudio se encuentra comprendido en el Anexo IV.

## 2. Descripción del Maniquí

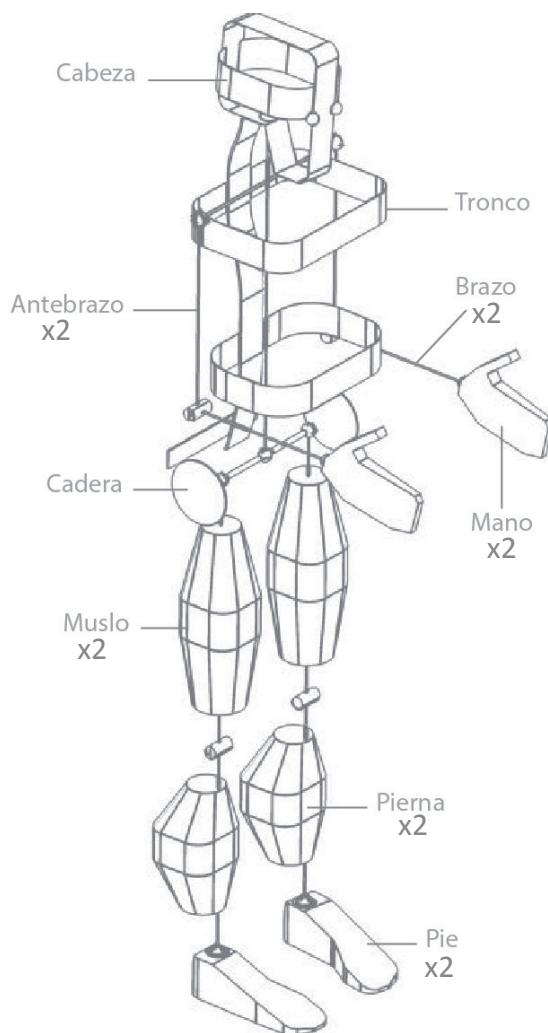


Imagen 1. Piezas del maniquí

El maniquí final se compone de **15 piezas ensambladas** entre sí por las articulaciones, de modo que simula de una forma muy sencilla el cuerpo humano (Imagen 1). Puesto que el cuerpo es simétrico, las extremidades superiores e inferiores, es decir, las piezas Antebrazo, Brazo, Mano, Muslo, Pierna y Pie, derecha e izquierda poseen las mismas dimensiones y son simétricas respecto al plano sagital. Y así se ha diseñado en el modelo, de modo que al modificar las dimensiones de la pieza izquierda se modifican automáticamente en la derecha.

Para establecer las dimensiones que el maniquí debe adoptar se han utilizado las **tablas antropométricas** proporcionadas por el Departamento de Expresión Gráfica de la Universidad de Zaragoza de la población laboral española actualizadas en 1999. Por tanto, la terminología utilizada para determinar las distintas dimensiones corresponde con las utilizadas en estas tablas que se adjuntan en el CD anexo.

Formalmente, cada pieza ha sido diseñada para que cumpla de la manera más sencilla con su función de verificación ergonómica e intentando conservar una estética similar a la del cuerpo humano. Sin embargo, para facilitar el uso, en algunos casos las piezas son huecas y en otros macizas. Esta diferenciación tiene su explicación en la forma de uso para asignar restricciones entre piezas.

Por ejemplo, la pieza Tronco es hueca en su mayor parte, es fácil intuir las medidas restrictivas a tener en cuenta y facilita la visibilidad de las articulaciones entre el tronco y la cadera o entre el tronco y la cabeza para asignar los ángulos de confort.

En cada articulación están indicados los ángulos límite y de confort, por tanto para poder restringir la pieza de modo que cumpla con alguno de ellos, es necesario acercarse a estas partes. Al crear una pieza hueca, hay mucho espacio alrededor de estos nexos facilitando la visibilidad y restricción de las piezas del modelo, y por tanto mejora el uso.

Así mismo, se ha intentado crear **piezas simples**, formalmente hablando, sin muchos redondeos o complejas superficies **para evitar problemas** cuando se actualizan las medidas del maniquí. Cuantas más medidas restrictivas se incluyan en la forma, más posibilidades existe de que al cambiar una de ellas colisionen entre sí.

## 2. Descripción del Maniquí

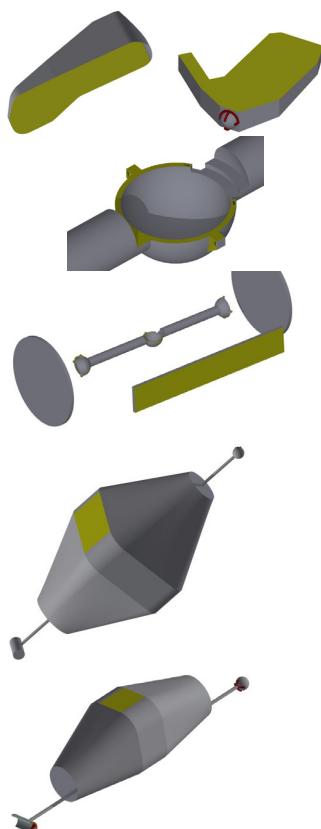


Imagen 2. Código de colores en las piezas

Además, la **rapidez del programa** para actualizar las medidas del maniquí **aumenta cuanto más sencillas sean las piezas**. Siendo la rapidez un factor importante cuando se trata de aplicaciones informáticas.

La creación de un maniquí estéticamente bonito no ha sido el objetivo principal de este proyecto, lo que importa es que **funcione correctamente y cumpla con su función principal de verificación ergonómica**. Este es otro motivo para crear piezas sencillas, sin embargo se han incluido algunas formas más complejas en piezas como el pie y la mano únicamente para detallar y mejorar un poco el modelo sin que interfieran en el uso.

**Un buen diseño contempla** tanto las dimensiones de las personas según su sexo, edad y raza, establecido por la **antropometría** como los ángulos límite y de confort, perteneciente al área de la **biomecánica**. Para conseguir que el maniquí pueda adoptar las posturas y verificar la parte biomecánica del diseño se han establecido en las articulaciones los ángulos límite y de confort. Además, para **facilitar la tarea** de asignar restricciones entre las diferentes piezas del ensamblaje al usuario así como de interpretarlas, se ha decidido asignar **colores** a las **zonas** más importantes **de interacción** con el usuario, creando un código de colores.

El color **amarillo** de algunas caras indica que son **zonas límite para restringir**, como puede ser el caso de las palmas de las manos o las plantas de los pies, la parte trasera de los muslos, la parte trasera de las piernas, el trasero y en las caras de referencia de las articulaciones (Imagen 2). En estos casos las zonas de restricción podrían ser el plano del suelo o de la mesa de un puesto de trabajo, el asiento y el respaldo o los ángulos de confort en las articulaciones. Se ha elegido este color porque es un color muy luminoso y fácil de ver. De hecho, en cuanto abres el archivo del maniquí en seguida llama la atención.

También se han asignado colores a las articulaciones, ya que ésta es la parte más compleja del maniquí, y facilitar la comprensión y el uso es vital. Por eso, se ha intentado que los colores de esta zona sean los más intuitivos en cuanto a su significado. Relacionando cada zona importante con los colores del semáforo, un código internacionalmente conocido y de fácil interpretación.

El color **rojo** de las articulaciones indica los **ángulos límite**, delimitado por unas flechas que marcan el ángulo de recorrido en que es **imposible** que se encuentre la articulación. El color **naranja** marca el **rango** que la articulación puede adoptar pero **no sería confortable**, también delimitado por unas flechas. Por último, las caras **verdes** indican el punto donde empezaría la zona de **comfort** (Imagen 3).

## 2. Descripción del Maniquí

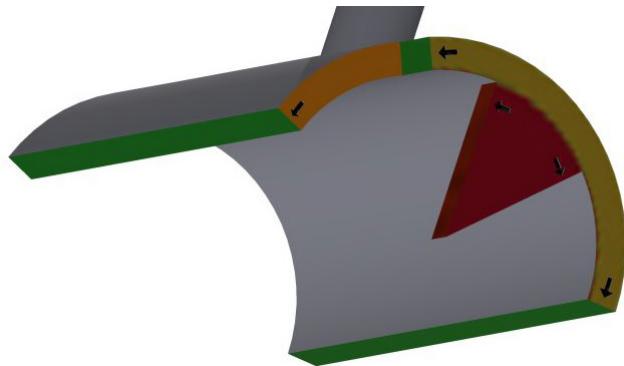


Imagen 3. Código de colores en la articulación de la rodilla

En el caso de la rodilla existen dos ángulos de confort marcados dependiendo del trabajo a realizar, por eso es necesario recordar que **el usuario de este maniquí debe tener nociones de ergonomía para un uso correcto** del mismo. Sólo el modelado de los ángulos límite y de confort o los colores no son suficientes, son tan solo una ayuda.

Estos ángulos límite y de confort han sido estudiados por expertos en todo el mundo y son conocidos y aplicados según las normativas de cada país, no es algo que se haya definido en este proyecto.

Continuando con las **articulaciones**, se han definido dos tipos. Según el estudio previo realizado del cuerpo humano y recopilado en el anexo IV, existen cuatro tipos distintos de articulaciones, pivot, bola, bisagra y elipsoidal, sin embargo **para el proyecto** se ha llegado a reducir en dos. **Las de bola y las de bisagra.** Rodillas y codos pertenecen al tipo bisagra y el resto, es decir, cuello, hombros, raquis, cadera, muñecas y tobillos al tipo bola (imagen 4).

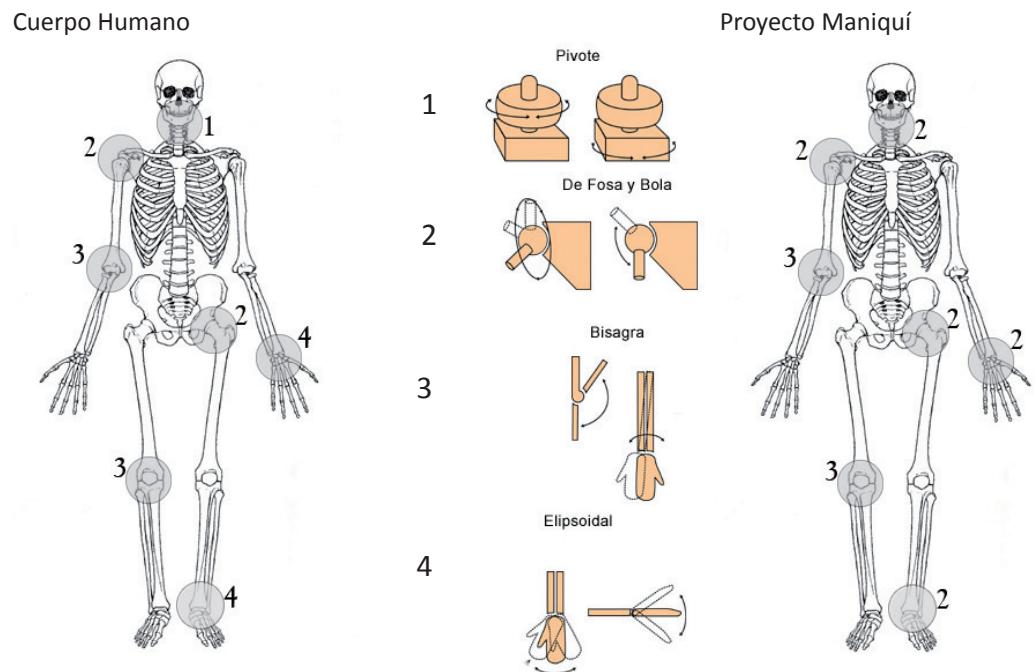


Imagen 4. Localización de los tipos de articulaciones en un modelo humano

## 2. Descripción del Maniquí

**Las articulaciones de bisagra solo pueden girar en un plano y** por tanto su representación será la de una especie de bisagra, de ahí su nombre. Por el contrario, **las articulaciones de bola permiten el giro en todo el espacio**. Sin embargo, los ángulos límite y de confort establecidos por la Biomecánica se definen en los planos cartesianos del espacio, y estos son los que se han tenido en cuenta para restringir el movimiento de estas articulaciones. La forma de interpretar cada caso se explica más adelante.

En general, las articulaciones se forman **al encontrarse dos huesos**, en el caso del maniquí virtual dos piezas. Por tanto, una parte de la articulación se encuentra en una pieza y la otra parte que la complementa en la adyacente.

Las articulaciones de **bola** se han modelado como una **esfera** que encaja en una semiesfera hueca. La esfera posee además los ángulos límite y de confort, mientras que la semiesfera posee el recorrido del giro junto a las zonas de restricción como se muestra en la imagen 5.

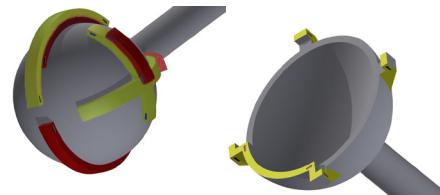


Imagen 5. Articulación de Bola

Las articulaciones de **bisagra** se han modelado como un **cilindro** macizo que encaja en una extrusión de una sección de una corona circular. La corona corresponde con los ángulos límite y de confort mientras que el cilindro macizo tiene modelado el ángulo de referencia como se muestra en la imagen 6.

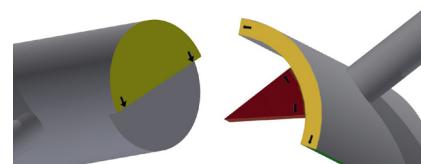


Imagen 6. Articulación de Bisagra

En los siguientes puntos se explica cómo se han realizado los cálculos de las dimensiones del modelo y sus articulaciones además de cómo utilizarlo e interpretarlo.

### 3. Diseño del Maniquí

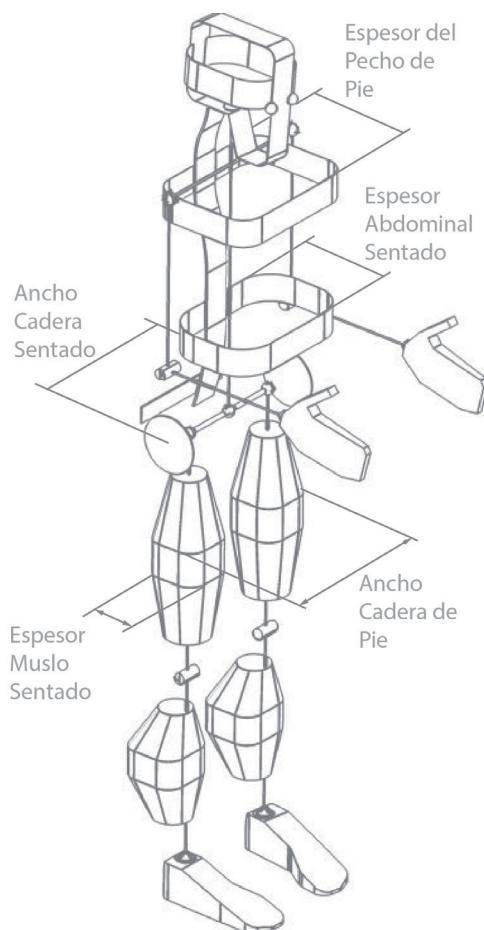


Imagen 7. Dimensiones Generales

Una vez establecidas las características generales del modelo, vamos a profundizar un poco más en detalle.

Para poder utilizar el maniquí es necesario que cada pieza posea las medidas establecidas por la antropometría, pero **hay medidas que dependen del ensamblaje y no únicamente de una pieza**.

Por ejemplo, se ha establecido que la anchura de la cadera de pie corresponda con la anchura de los muslos, de ese modo se puede verificar esta dimensión en esa zona del maniquí. Y esta característica se ha definido en la macro diseñada.

Las medidas antropométricas más importantes a tener en cuenta para la verificación ergonómica en nuestro caso son el espesor del pecho de pie, el espesor del pecho sentado (se ha establecido esta dimensión en lugar del espesor del pecho de pie ya que esta es más restrictiva), anchura de caderas sentado, anchura de caderas de pie y espesor de muslo sentado (Imagen 7), sin olvidar las dimensiones propias de longitud de cada pieza, ya que el ensamblaje de las piezas verificará los alcances y la biomecánica.

La relación de las medidas utilizadas de las tablas antropométricas para dimensionar cada pieza queda detallado en el anexo V.

### 3. Diseño del Maniquí

#### 3.1 Dimensiones Generales / Ejemplo Pierna

A continuación se explica el **proceso de creación de la pieza Pierna** a modo de ejemplo, extrapolable al resto de piezas. El estudio completo de las piezas está comprendido en el Anexo V.

Las medidas a las que se ha referenciado la pieza Pierna son Altura de la tibia para su longitud y la resta de la longitud rodilla trasero menos la longitud poplíteo trasero para el grosor (imagen 8) que corresponden con las dimensiones números 7, 43 y 44 del documento Tablas Antropométricas en el CD anexo (imágenes 8.1, 8.2 y 8.3).

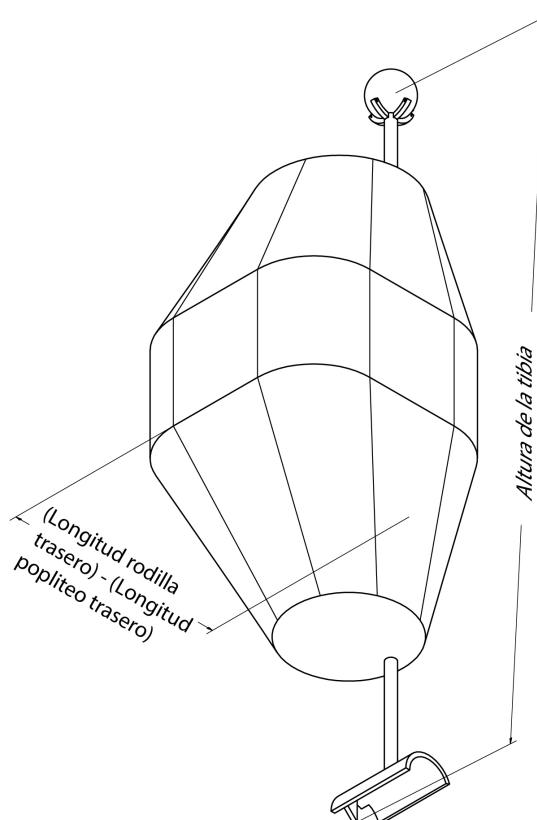


Imagen 8. Pieza Pierna

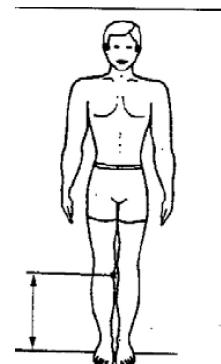


Imagen 8.1. Altura de la tibia. 7

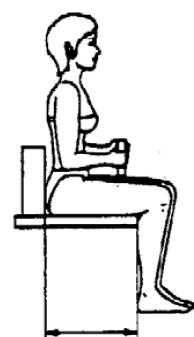


Imagen 8.2. Longitud poplíteo trasero. 43



Imagen 8.3. Longitud rodilla trasero. 44

Es necesario recordar que **las dimensiones finales** necesitadas para el modelado de la pieza no tienen por qué encontrarse tal cual aparecen en las tablas antropométricas, y obtener su valor **puede requerir de fórmulas** con operaciones aritméticas sencillas **de otras dimensiones proporcionadas en las tablas**, como es el caso de esta pieza de ejemplo.

**Estos cálculos se realizan internamente en el programa Inventor gracias a la programación contenida en la Macro** diseñada expresamente para este proyecto.

Al modelar una pieza en el programa Inventor cada una de las medidas utilizadas quedan registradas y se autonumeran. Pero también tiene la posibilidad de que el usuario nombre a su elección alguna o todas

### 3. Diseño del Maniquí

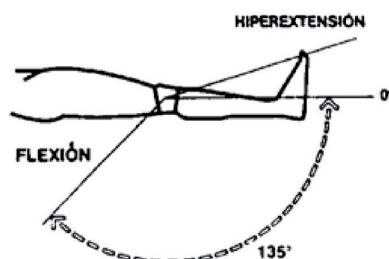


Imagen 9. Ángulo límite rodilla

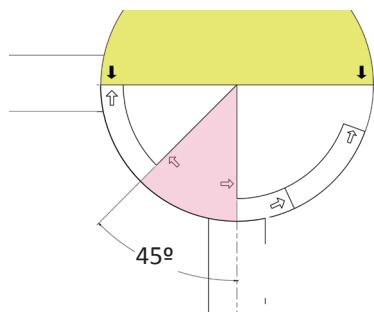
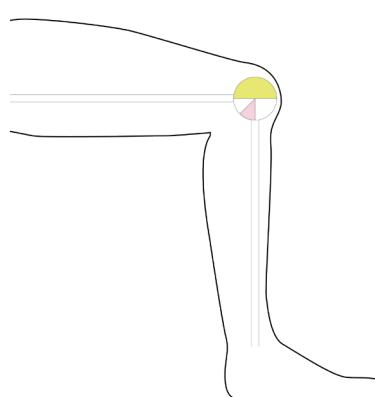
Imagen 10. Ensamblaje rodilla  
ángulo límite

Imagen 11. Visión general ensamblaje

las medidas que quiera. Por lo tanto, para este proyecto se han asignado nombres concretos a las medidas más importantes que restringen la pieza para poder diferenciarlas del resto y mediante la Macro creada relacionarlas con las establecidas en la base de datos, lo que permite que el maniquí pueda adoptar las medidas de los diferentes percentiles.

#### 3.2 Articulaciones / Ejemplo Rodilla

En este caso se ha decidido explicar el proceso seguido para definir las dimensiones que indican los **ángulos límite y de confort de la articulación de la rodilla** como ejemplo extrapolable al resto de articulaciones. El estudio completo se puede consultar en el anexo V.

Se ha elegido esta articulación como ejemplo, ya que el movimiento se realiza en un único plano y su explicación es más sencilla. Sin embargo, si la articulación en concreto puede moverse en más de un plano, el proceso será el mismo para cada plano.

El modelado de los diferentes ángulos **facilita el uso** del maniquí ya que se puede **comprobar visualmente el rango** en que se encuentra la articulación y además permite utilizarlos para **restringir las piezas entre sí**.

Primero comenzaremos con los **ángulos límite** (imagen 9). Se trata de un ángulo de 135° desde el eje longitudinal del muslo. Si observamos una vista de perfil en detalle de la parte de la articulación de la rodilla del maniquí creado, la zona de color rojo representa este rango de giro (imagen 10). Teniendo en cuenta que las posiciones límite son cuando un lado rojo toca uno amarillo teniendo las flechas enfrentadas.

Para llegar a este resultado se ha tenido en cuenta la posición inicial de una pieza respecto a la otra del conjunto (imagen 11). En este caso, se parte de un ángulo de 90°. Por tanto la pierna tiene que flexionarse 45° más para llegar al ángulo límite.

$$90^\circ - 45^\circ = 45^\circ$$

### 3. Diseño del Maniquí

#### 3.2 Articulaciones / Ejemplo Rodilla

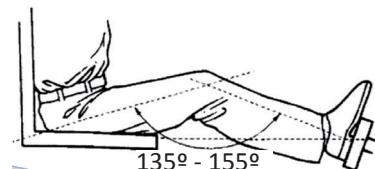
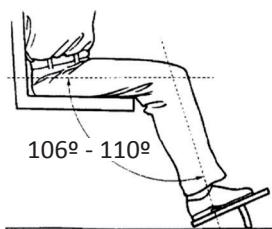


Imagen 12. Ángulos de confort rodilla

Y así se obtiene el ángulo que hay que modelar respecto de la posición de partida. Lo que nos da un total de recorrido de 135° que simula el que posee una rodilla de verdad.

Continuamos con los **ángulos de confort**. Existen dos, esto se debe a que en este caso el ángulo de confort depende de cual sea el trabajo a realizar por las piernas. Si se trata de aplicar fuerzas ligeras, entonces se encuentra en un rango de 106°-110° y si se trata de aplicar fuerzas grandes el rango en ese caso se encuentra entre 135°-155° respecto al eje longitudinal del Muslo (imagen 12).

Realizamos primero el cálculo para la aplicación de **fuerzas ligeras**, por tanto un ángulo total de 106° a 110°. Si la relación entre Pierna y Muslo sigue siendo la misma que en el apartado anterior, es decir, 90°. Para llegar al tope de 110° faltan 20° de recorrido (imagen 13).

$$90^\circ - 20^\circ = 70^\circ$$

Y por último el cálculo para la aplicación de **fuerzas grandes**, por tanto 135°-155°. Al igual que en los casos anteriores la posición de partida entre las piezas Muslo y Pierna es un ángulo de 90°. Para llegar al tope de 155° faltan 65° de recorrido (imagen 14).

$$90^\circ - 65^\circ = 25^\circ$$

Este proceso es similar para todas las piezas realizadas, siempre teniendo en cuenta el plano en el que deben moverse.

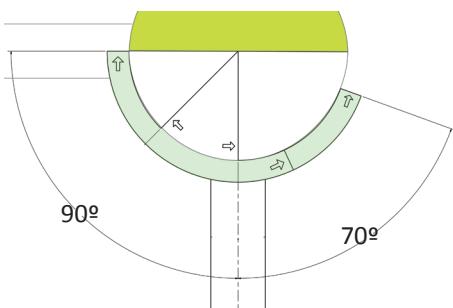


Imagen 13. Ensamblaje rodilla fuerzas ligeras

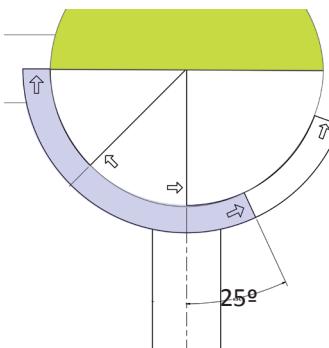


Imagen 14. Ensamblaje rodilla fuerzas grandes

## 4. Funcionamiento

Una vez diseñado el maniquí, el sistema creado para conseguir que el modelo pueda adoptar las diferentes medidas antropométricas necesarias para la evaluación de diferentes diseños ha requerido de una parte de programación asociada al programa Inventor como una Macro.

Esta Macro es una forma de agilizar y automatizar la serie de pasos que habría que seguir para cambiar las medidas de cada pieza del ensamblaje para cada modelo que deseásemos crear. También se ha creado una interfaz sencilla para facilitar el uso de la misma.

Internamente al iniciar la Macro se desencadenan una serie de operaciones.

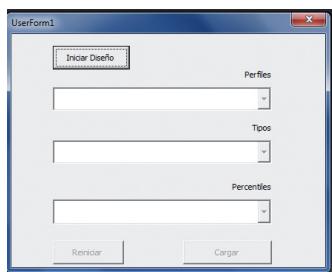


Imagen 15. Ventana emergente de la Macro

1/ Se crea una ventana emergente con los botones *Iniciar Diseño*, *Reiniciar* y *Cargar* y los menús desplegables *Perfiles*, *Tipos* y *Percentiles* y se conecta a la Base de Datos. En este momento solo está activo el botón *Iniciar Diseño* (imagen 15).

2/ Cuando se presiona este botón, permite ir eligiendo en los menús desplegables y por orden las diferentes opciones de *Perfiles*, *Tipos* y *Percentiles*.

3/ Cuando todas las opciones están marcadas, se presiona el botón *Cargar* y se realiza una búsqueda en la base de datos de las medidas que corresponden con las opciones establecidas en los menús desplegables.

4/ Se abren cada una de las piezas sin mostrarse por pantalla y se buscan los nombres de las medidas que se han designado previamente en Inventor con nombre propio por ser aquellas que deben modificarse para alcanzar el perfil, tipo y percentil deseado.

5/ Se asigna a cada nombre propio de cada pieza la medida de la base de datos que le corresponde. Ya sea directamente o a través de fórmulas simples.

6/ Se actualizan cada una de las medidas establecidas de esta forma en cada una de las piezas del ensamblaje *Maniquí*, así como en el propio ensamblaje, y se guardan.

Este esquema de funcionamiento queda reflejado en la imagen 16.

## 4. Funcionamiento

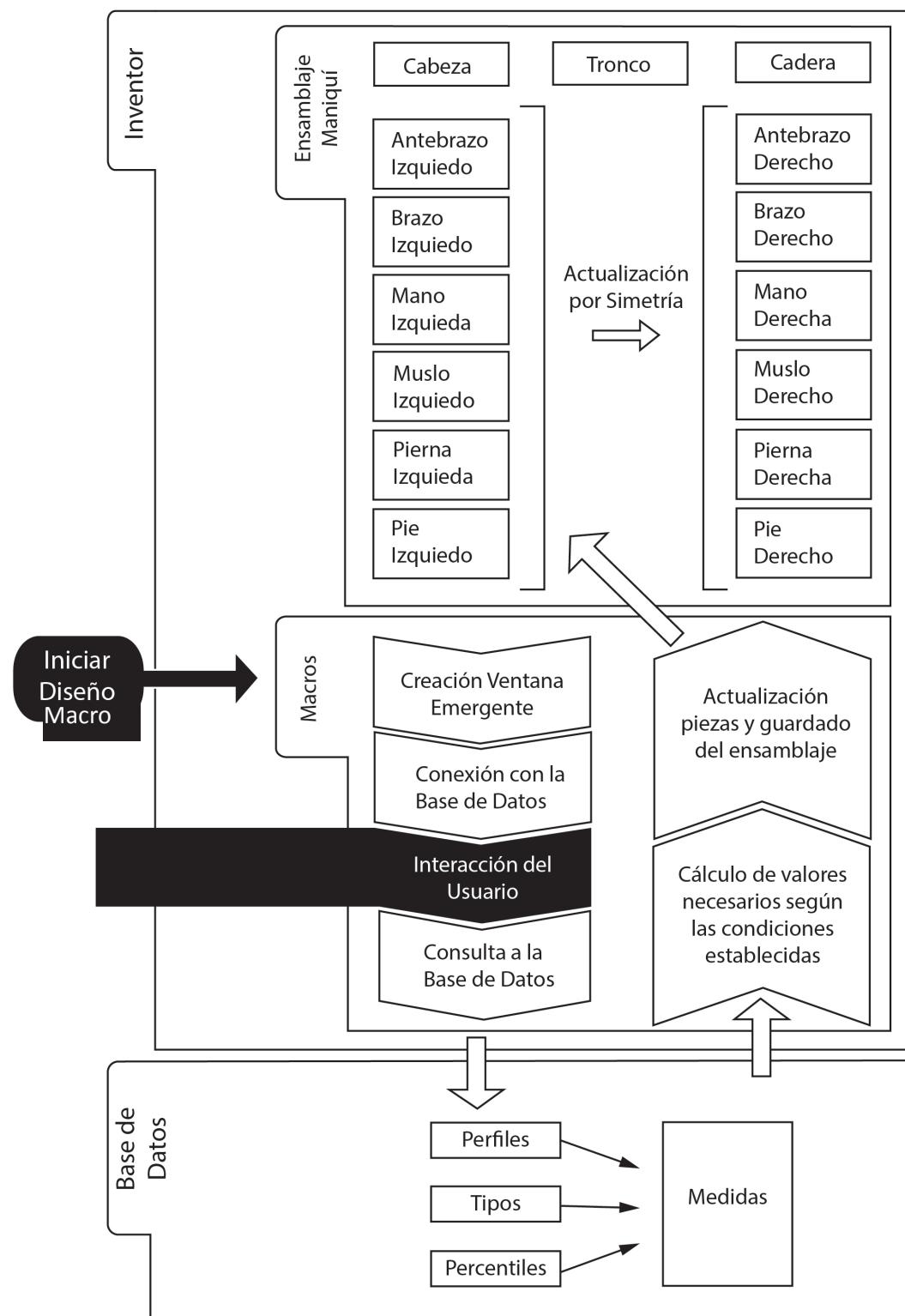


Imagen 16. Esquema de funcionamiento

## 5. USO

### 5.1 Restricción Ángulos / Ejemplo Rodilla

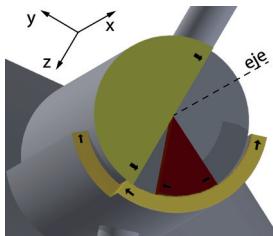


Imagen 17. Articulación rodilla

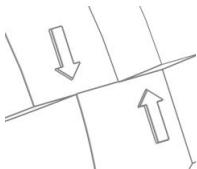
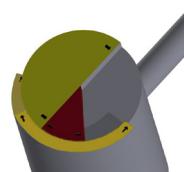
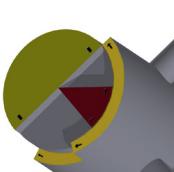


Imagen 18. Ejemplo flechas enfrentadas

Imagen 19.a  
Articulación en  
ángulo límiteImagen 19.b  
Articulación en  
ángulo de confort

Para explicar cómo funcionan las articulaciones en el maniquí empezaremos con la rodilla como ejemplo de las articulaciones de bisagra.

Si observamos la cara lateral de la articulación, visualizamos cuatro colores diferenciados. La cara con color amarillo pertenece a la pieza Muslo y la cara naranja y roja a la pieza Pierna (Imagen 17). Las restricciones ya existentes en el maniquí sólo nos permiten rotar la articulación en el plano yz con respecto al eje marcado en la figura.

También se observan unas flechas que delimitan el recorrido de la articulación explicado con anterioridad en este mismo documento.

Este sistema está pensado para que se pueda usar sin necesidad de conocer los ángulos de confort o límite de cada articulación. Se trata de **restringir las piezas de modo que siempre quede una flecha enfrentada con otra** (Imagen 18). Si queda la cara roja en contacto con la amarilla y las flechas enfrentadas corresponde con la posición de un ángulo límite (Imagen 19.a). Si en lugar de una cara roja queda en contacto una cara naranja se trata de un ángulo de confort (Imagen 19.b). **Por lo que cualquier posición que sobrepase la cara roja es imposible y el recorrido desde la zona roja hasta la cara verde es una zona de inconfort.**

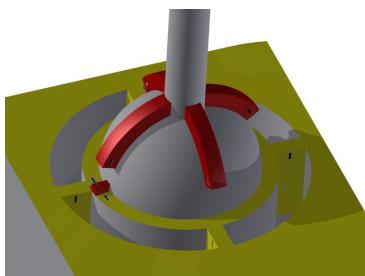


Imagen 20. Articulación tobillo

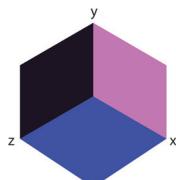


Imagen 21. Colores asociados a los tres planos

### 5.2 Restricción Ángulos / Ejemplo Tobillo

Continuamos con la articulación de bola y utilizamos el tobillo para ilustrar el ejemplo (Imagen 20). El procedimiento es similar al realizado anteriormente. Varía en el hecho de que esta articulación permite un giro completo respecto del centro de la esfera. Por esta razón a **cada plano cartesiano se le ha asignado un color** distinto y las flechas que se encuentran en ese plano serán de ese color, plano xy rosa, plano yz negro y plano xz azul (Imagen 21). Los colores asignados han sido aleatorios pero de modo que no sean de los colores ya asignados anteriormente a los ángulos límite y de confort y que sean lo suficientemente diferenciables entre sí para que no haya confusión.

De este modo cuando haya que restringir las piezas entre sí se debe tener en cuenta no solo que las **flechas queden enfrentadas** sino que **además sean del mismo color** (Imagen 22).

Conociendo el procedimiento que hay que realizar en cada una de las articulaciones, a continuación se tratará un ejemplo que ilustra el proceso completo, sin entrar en detalle, aplicado a un caso concreto de un problema real.

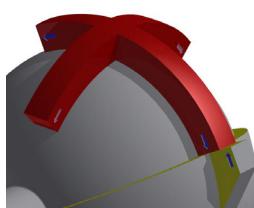


Imagen 22. Articulación tobillo en detalle

## 5. Uso

### 5.3 Verificación de Diseño / Ejemplo Puesto de Trabajo

Antes de comenzar con el proceso es **necesario** indicar que hay que tener instalado el **servidor de Microsoft** que corresponde con el sistema operativo, ya sea de 32 o 64 bits, para que el maniquí pueda actualizarse con las diferentes medidas de la base de datos. Este servidor se suele instalar por defecto al instalar el pack de Office (se proporciona en el cd adjunto con el proyecto para evitar problemas). Así como el programa Autodesk Inventor 2014, con el cuál se ha desarrollado el maniquí.

Empezamos por enunciar el ejercicio a realizar.  
**“Verifica el diseño del puesto de trabajo dado de modo que sea confortable para la mayor parte de la población laboral española.”**  
 Se ha creado un puesto de trabajo muy sencillo de ejemplo compuesto por una mesa y una silla en Inventor (imagen 23).

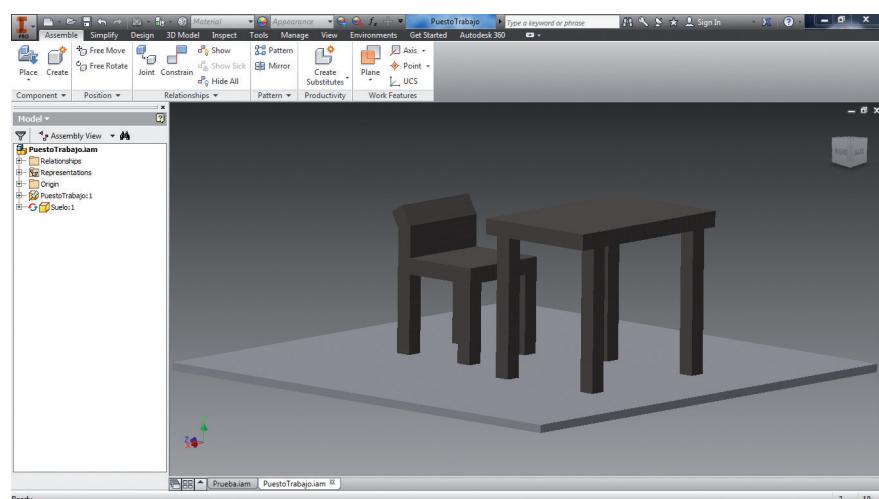


Imagen 23. Puesto de trabajo

El primer paso sería **abrir el ensamblaje del maniquí y ejecutar la macro** en el menú de herramientas (instrucciones más detalladas ver anexo VI). A continuación **elegimos el perfil, tipo y percentil** que queremos que adopte el maniquí. En nuestro caso empezaremos por el **percentil 5 de mujer** (imagen 24).

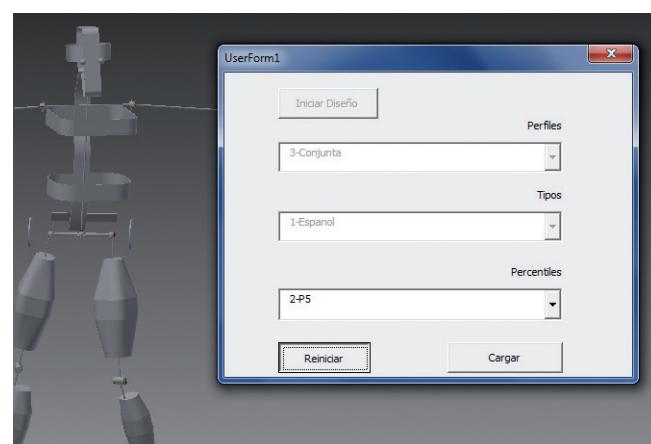


Imagen 24. Características del maniquí

## 5. USO

### 5.3 Verificación de Diseño / Ejemplo Puesto de Trabajo

En este punto incluimos más restricciones en el maniquí para que adopte una postura cercana a la postura final que debe tener en el puesto de trabajo e **insertamos el ensamblaje del maniquí en el ensamblaje del puesto de trabajo** (imagen 25). **Siempre que se desee restringir el movimiento de las diferentes partes del maniquí se hará desde el archivo del maniquí individual.**

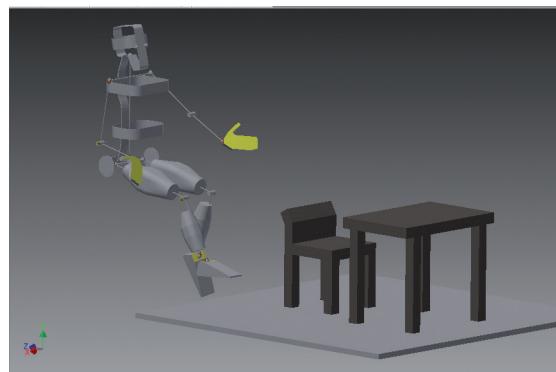


Imagen 25. Maniquí en el puesto de trabajo

Ahora se incluyen las restricciones que ajustarán definitivamente el maniquí al puesto. Los muslos al asiento de la silla, la planta de los pies al plano del suelo, las palmas al plano de la mesa y el trasero al respaldo del asiento. **Todas las restricciones entre el maniquí y el puesto se realizaran en el ensamblaje del puesto de trabajo.**

Una vez colocado el maniquí en su sitio **comprobamos** que todo es correcto: si el espacio entre el asiento y la mesa es suficiente, si las dimensiones del asiento son las adecuadas, el alcance y si la postura del maniquí sobrepasa los ángulos de confort o incluso los límite.

Si todo es correcto, como es el caso, volvemos al ensamblaje individual del maniquí y volvemos a ejecutar la Macro para **cambiar las opciones del maniquí por el percentil 95 de hombre**. Una vez que lo hemos cambiado, vamos al archivo del ensamblaje del puesto de trabajo y actualizamos. Automáticamente el maniquí cambia sus dimensiones por las del percentil 95 de hombre y **volvemos a comprobar** si el puesto diseñado es válido para este percentil. En este caso podemos ver que el espacio entre el asiento y la mesa y la profundidad del asiento no es suficiente (imagen 26). Y los ángulos de algunas articulaciones no son confortables. Por tanto habría que cambiar las dimensiones del puesto de trabajo en su archivo correspondiente. Una vez cambiado, actualizamos el ensamblaje del puesto de trabajo del mismo modo que hicimos con el maniquí y volvemos a verificar que todo es correcto para las nuevas dimensiones.

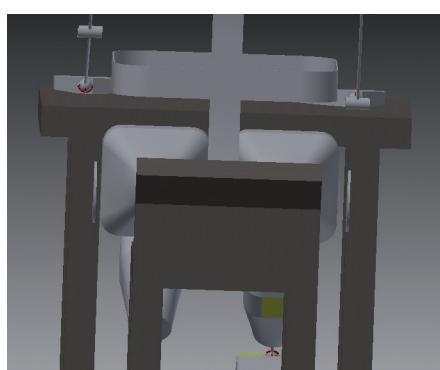
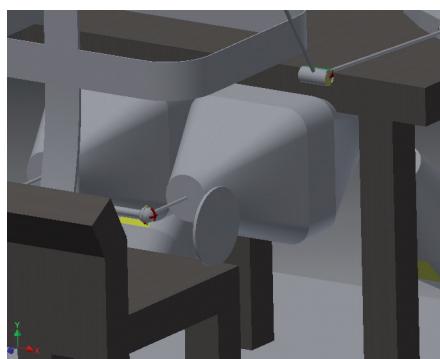


Imagen 26. Comprobación maniquí P95 hombre

## 6. Implementación

**La creación de un modelo capaz de mejorarse** en un futuro es algo importante si se pretende que perdure y progrese. Por este motivo durante el proceso de diseño se han ido dejando diferentes puertas abiertas a la implementación, ya sea la modificación de algo ya hecho o la introducción de nuevas opciones.

Esta sección se subdivide en tres apartados que cubren todas las vías posibles de implementación del sistema, teniendo en cuenta el ámbito de aplicación, modelado, base de datos o programación. **Explica las cuestiones a tener en cuenta antes de realizar los cambios y los requisitos para llevar a cabo estos cambios.** Lo que nos da una idea de las posibilidades que tiene el sistema desarrollado.

### 6.1 Rediseño Físico de una Pieza

Una de las posibilidades a la hora de mejorar el modelo sería un rediseño de la forma de las diferentes piezas. Sin embargo existen varias cuestiones a tener en cuenta para cambiar una pieza del maniquí:

1/ Si se **modifican las articulaciones es posible que el ensamblaje no reconozca la nueva geometría** y sea necesario volver a restringir esa parte del ensamblaje. No ocurriría si únicamente se modifican las dimensiones.

2/ Si se desea **modificar la geometría general** de una pieza hay que **conocer el nombre propio de la dimensión** que relaciona la medida con la base de datos necesario para que el maniquí sea capaz de actualizar sus dimensiones. Si se necesita modificar esta parte hay que volver a incluir esta dimensión con el mismo nombre. Para conocer los nombres y donde renombrar las dimensiones ver anexo VI.

3/ Si se quiere crear una pieza sustituta se recomienda crear la izquierda y crear la derecha por operación de simetría si la posee y nombrar a los archivos con el mismo nombre que el de las piezas a sustituir. Además hay que tener en cuenta las dimensiones con nombre propio asociadas a cada pieza nombradas en el punto 2.

4/ Se aconseja no crear superficies o piezas muy complejas para evitar errores en la actualización de medidas así como reducir el tiempo que requiere esta actualización.

## 6. Implementación

### 6.2 Modificación de la Base de Datos

La terminología utilizada usada para designar a diferentes características de los maniquíes en la base de datos es la siguiente:

Perfil: Hombre, Mujer, Población conjunta.

Tipo: Nacionalidad, Español.

Percentil: P1, P5, P50, P95, P99.

Estas características son las necesarias para desarrollar un maniquí válido y sus dimensiones han sido proporcionadas por el Departamento de Expresión Gráfica de la Universidad de Zaragoza.

Esta base de datos está pensada para que en un futuro, si se desea, se pueda:

**1/ Actualizar los datos existentes** sobre la población laboral española.

**2/ Añadir nuevos datos**, ya sean nuevos percentiles de los actuales perfiles, nuevos tipos de modelos de otras nacionalidades o nuevos perfiles. Añadir nuevas dimensiones también es posible, sin embargo hay que tener cuidado ya que se debe conocer esta nueva dimensión de todos los perfiles y percentiles de cada tipo. Si no es así, al hacer la consulta desde el programa dará error en el percentil y perfil concreto que no tiene esa dimensión asignada.

Por tanto, permite modificar las actuales dimensiones en el caso de que actualicen los datos, algo que es previsible que ocurra, y añadir nuevos datos para incluir nuevos percentiles o nuevas nacionalidades. De este modo el maniquí creado **permite un uso amplio en extensión de usuarios y prolongado en el tiempo**.

Para cambiar los datos el primer **requisito** necesario es tener el programa **Microsoft Access** instalado en el ordenador que vayamos a utilizar. El documento de la base de datos se encuentra en la carpeta proporcionada de este proyecto llamada Maniquí, y el archivo en concreto se llama Maniquí.accbd.

Se recomienda conocer la estructura de la base de datos antes de su modificación. En cualquier caso, es necesario conocer las medidas establecidas en las tablas antropométricas para añadir nuevos tipos, perfiles o percentiles. Y las medidas introducidas en la base de datos se encuentran en cm.

## 6. Implementación

### 6.3 Modificación de las Fórmulas de las Dimensiones en la Programación

Para acotar las dimensiones de las diferentes piezas, se han utilizado las tablas antropométricas de la población laboral española de 1996 actualizados en 1999. Sin embargo, no todas las medidas necesarias estaban definidas tal cual en estas tablas y se han creado fórmulas simples relacionando diferentes dimensiones dadas para conseguir las necesarias para cada pieza. Estas fórmulas se han definido en la macros que permite que el maniquí se actualice.

Para cambiar estas fórmulas ya sea porque se han obtenido datos nuevos o se considera que hay fórmulas mejores para obtener una dimensión se puede realizar desde el propio programa de Autodesk **Inventor 2014, dentro del editor de VBA** que se encuentra en el menú Tools. Los archivos que contienen toda esa información se encuentran en la carpeta Maniquí proporcionada con el proyecto con los nombres: ThisDocument.cls, ThisDocument1.cls, UserForm1.frm, UserForm1.frx y Module2.bas. Para conocer instrucciones del proceso más detalladas se remite al anexo VI.

## 7. Conclusiones

El proyecto realizado ha sido posible gracias a lo estudiado a lo largo de la carrera, que me ha aportado los conocimientos necesarios para la representación del modelo con las medidas correctas para la evaluación ergonómica de los diseños realizados, gracias a las asignaturas de DAO y Ergonomía. Gracias también a las nociones de programación de la asignatura de Informática y el pensamiento creativo, para resolver los problemas aportado por todas las asignaturas relacionadas con la metodología y creatividad, se han conseguido solucionar los problemas surgidos durante el desarrollo de la Macro y la forma del maniquí.

Además, durante el desarrollo del mismo he podido comprobar mi capacidad para desarrollar un proyecto por individual combinando diferentes disciplinas como son el diseño asistido por ordenador, la ergonomía y la programación. Sobre todo teniendo en cuenta que en la parte de programación era donde menos formación tenía y es la parte donde mayor dificultad he encontrado.

En cuanto al propio maniquí desarrollado, en mi opinión, es el comienzo de algo que podría convertirse en un ambicioso proyecto y continuar desarrollándose hasta alcanzar un modelo que reproduzca a la perfección todas las medidas de las tablas antropométricas, implementando lo ya diseñado o ampliándolo más e incluyendo análisis mecánicos del modelo con los que se podrían calcular el esfuerzo que realiza o si una postura determinada es buena o mala, lo cual me parece de gran utilidad; ya que el diseño por ordenador en 3D es lo que se está trabajando en la actualidad y en lo que se planea continuar en un futuro cercano. Por tanto la verificación de los propios diseños en este entorno es de suma importancia.

Por último, considero que el diseño industrial implanta el valor añadido que se anda buscando en la sociedad actual, donde el usuario siempre quiere algo más en los productos que compra y usa. Una evaluación ergonómica de los productos es simplemente algo imprescindible, y en concreto en el diseño de los puestos de trabajo, que consigue aumentar la productividad mejorando la comodidad del trabajador a la hora de desempeñar su tarea.