



# ANIMACIÓN POR ORDENADOR

## Tema 5

---

Jerarquías. Técnicas de esqueleto.  
Cinemática directa e inversa. Rigging.  
Skinning. Deformaciones. Morphing.

---



## CONTENIDO

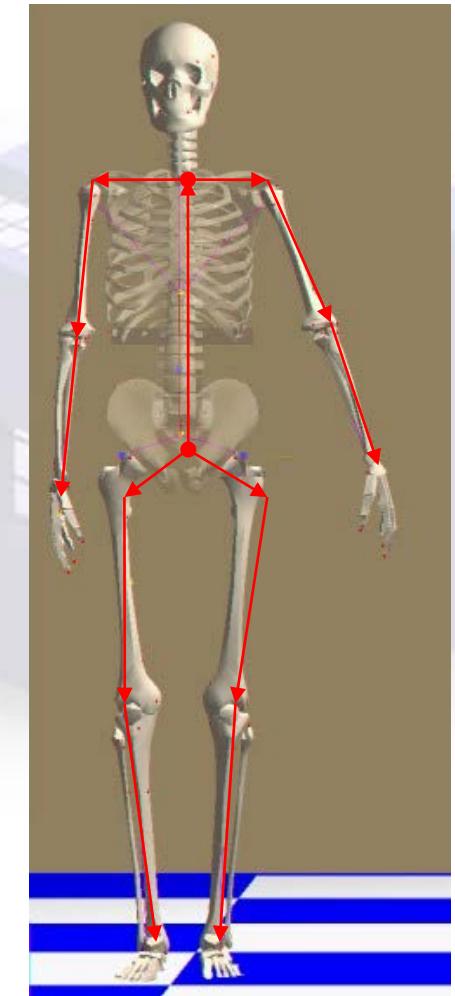
1. Jerarquías.
2. Técnicas de esqueleto.
3. Cinemática directa e inversa.
4. Rigging.
5. Skinning.
6. Deformaciones.
7. Morphing.



## MODELO JERÁRQUICO ARTICULADO: ESQUELETOS

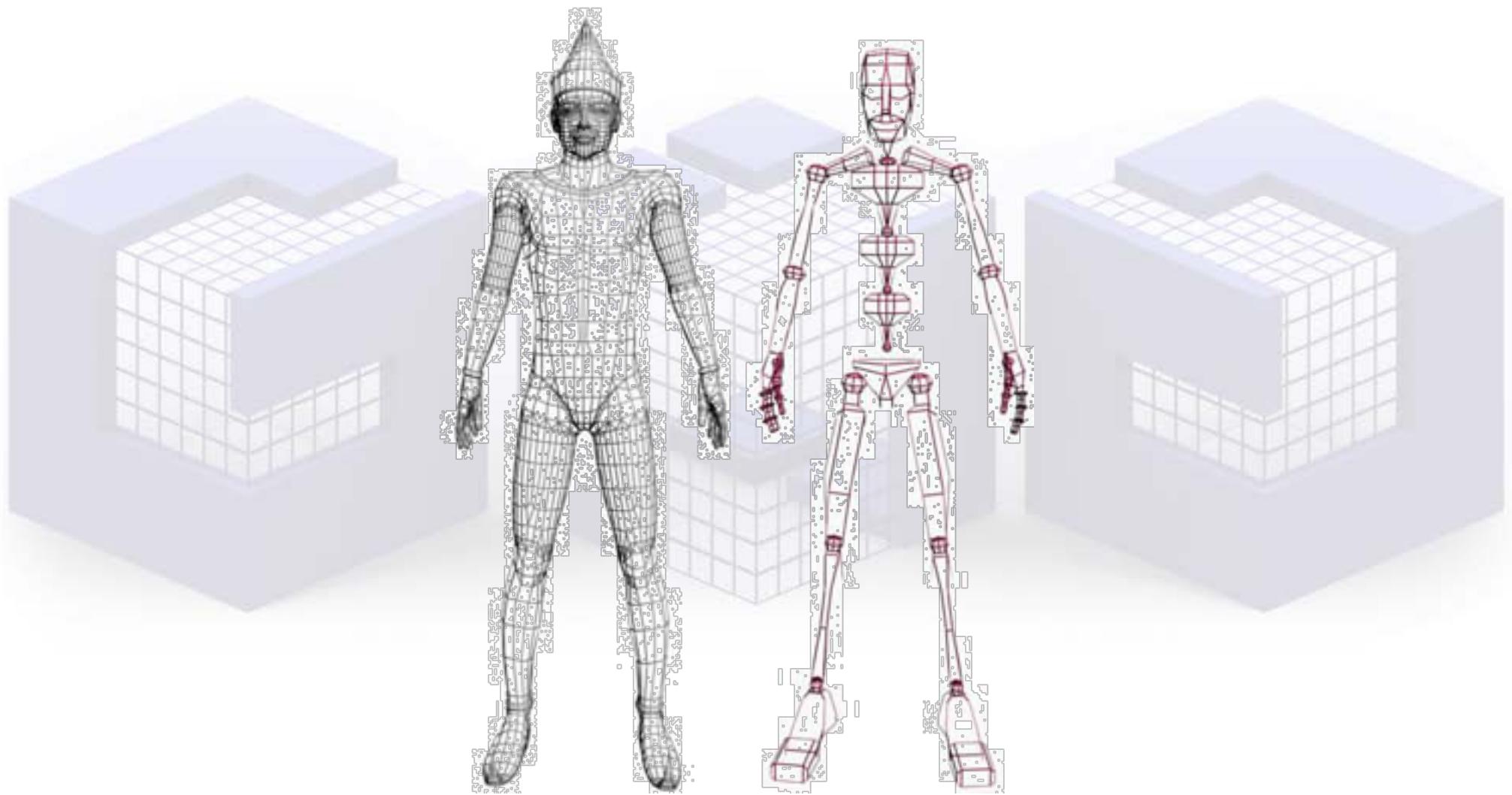
Representamos el esqueleto de un personaje como una serie de elementos conectados por articulaciones

- *la conectividad se representa en una estructura en forma de árbol*
- *representa las dependencias padre-hijos*





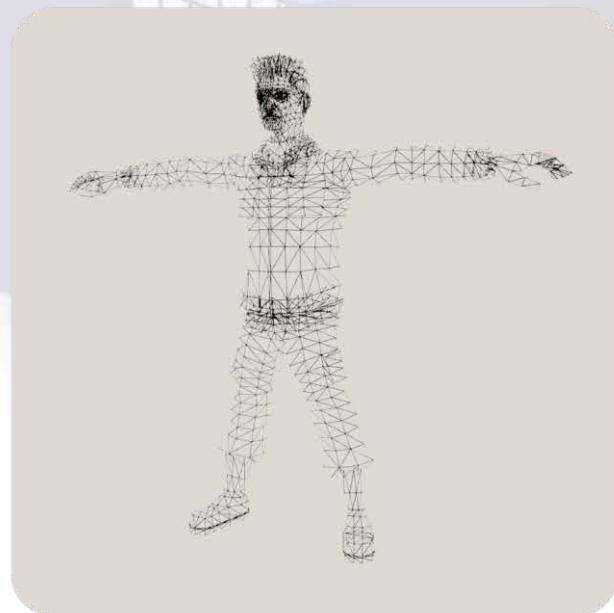
## ESQUELETOS





## ESQUELETOS

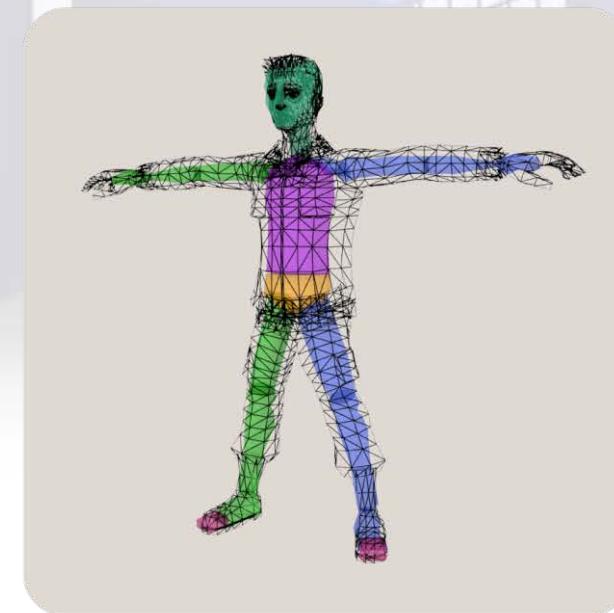
- Un método popular para animar un personaje es el uso de un esqueleto, que se compone de huesos. El esqueleto está incrustado en la malla poligonal. Cuando se anima el esqueleto, los vértices de la malla poligonal serán animados según los huesos que controlen cada parte de la malla.



(a)



(b)



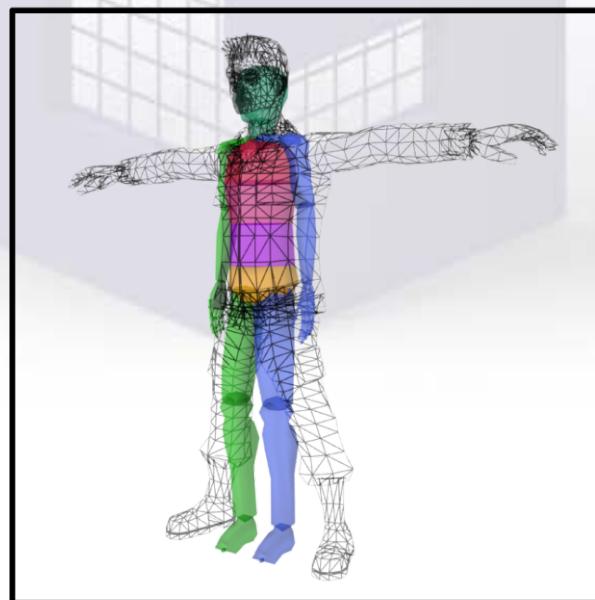
(c)



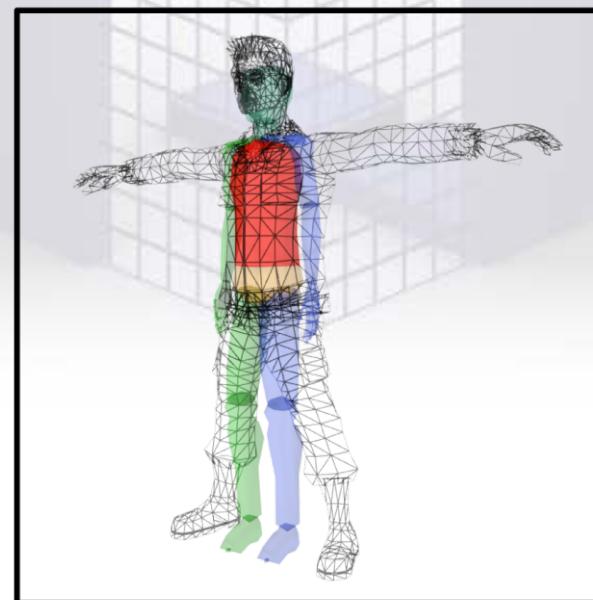
## ESQUELETOS

- **Edición de esqueleto y ajuste**

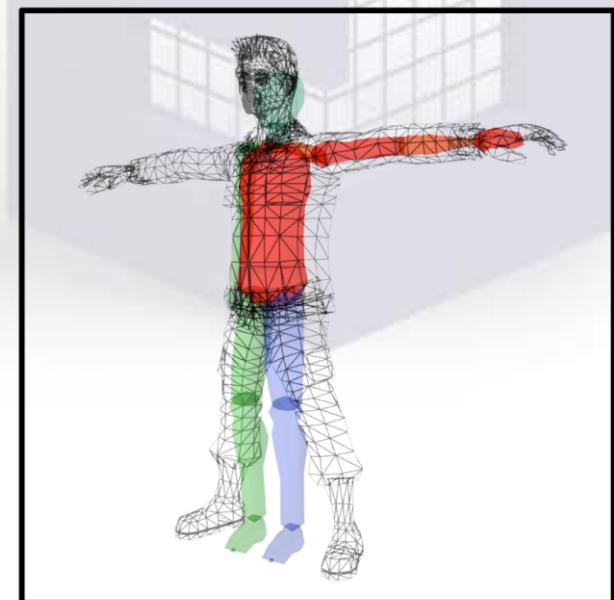
- Si usamos una plantilla (Biped o CAT) se coloca en una pose neutral por defecto.
- Editamos los huesos.
- Hacemos que el esqueleto se adapte a la malla poligonal.



(a)



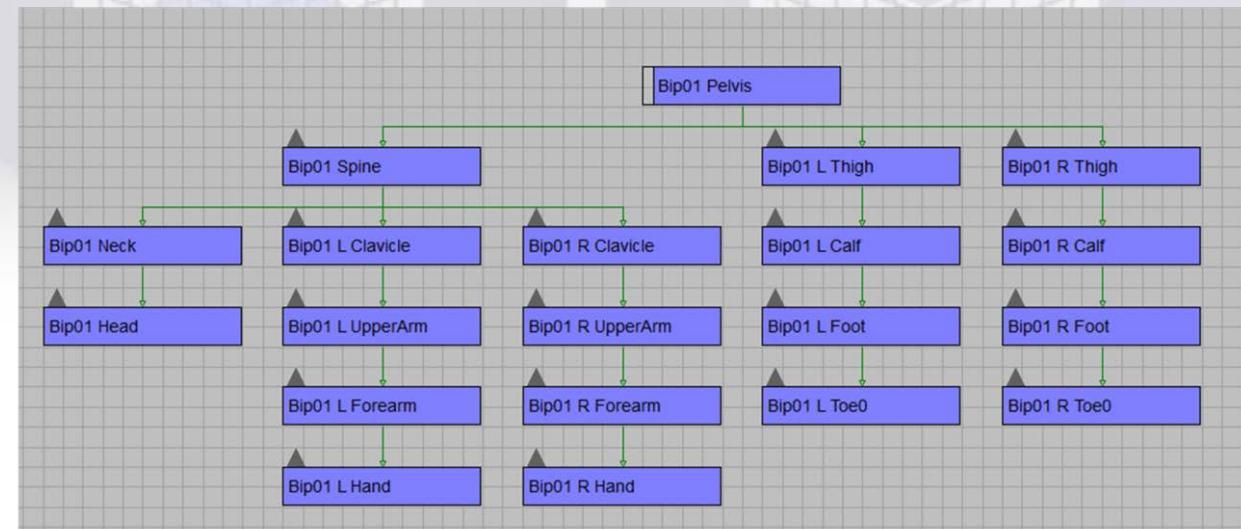
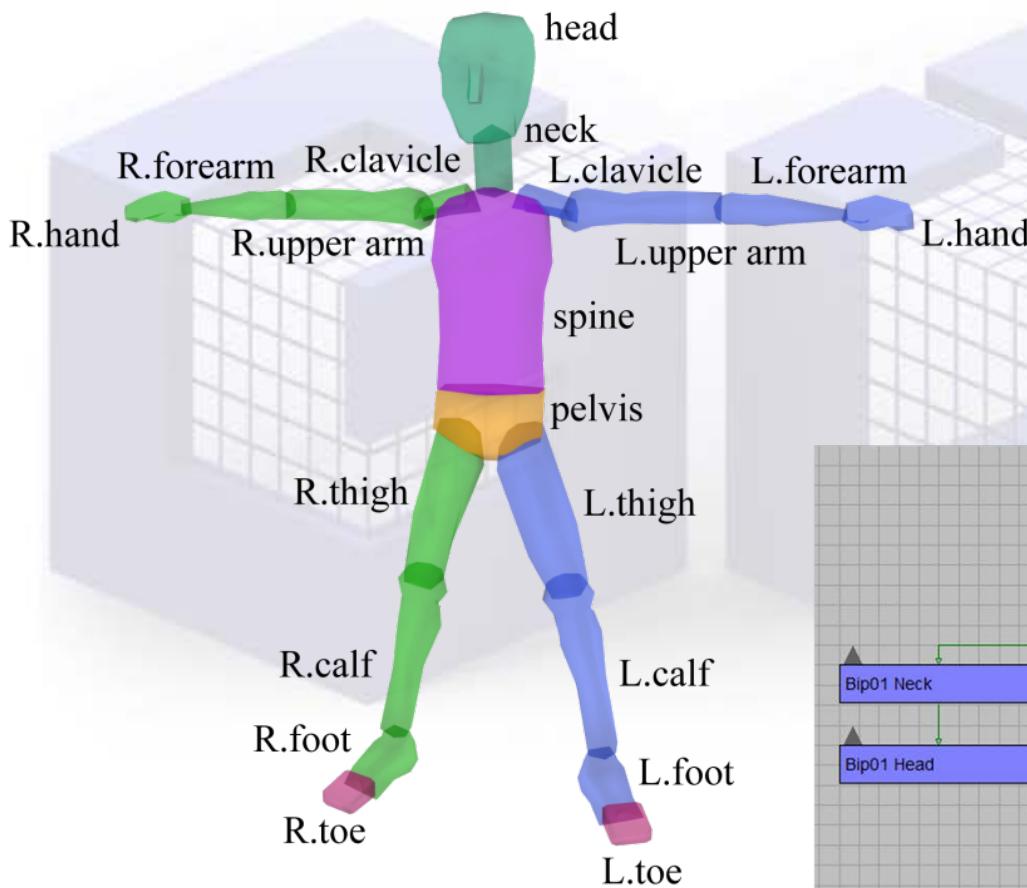
(b)



(c)



## ESQUELETOS: ESTRUCTURA





## RIGGING

**Rigging** se refiere a la construcción y preparación de un objeto, jerárquico normalmente, simple y animable, que controlará un esqueleto, que a su vez controlará a un objeto/personaje complejo.

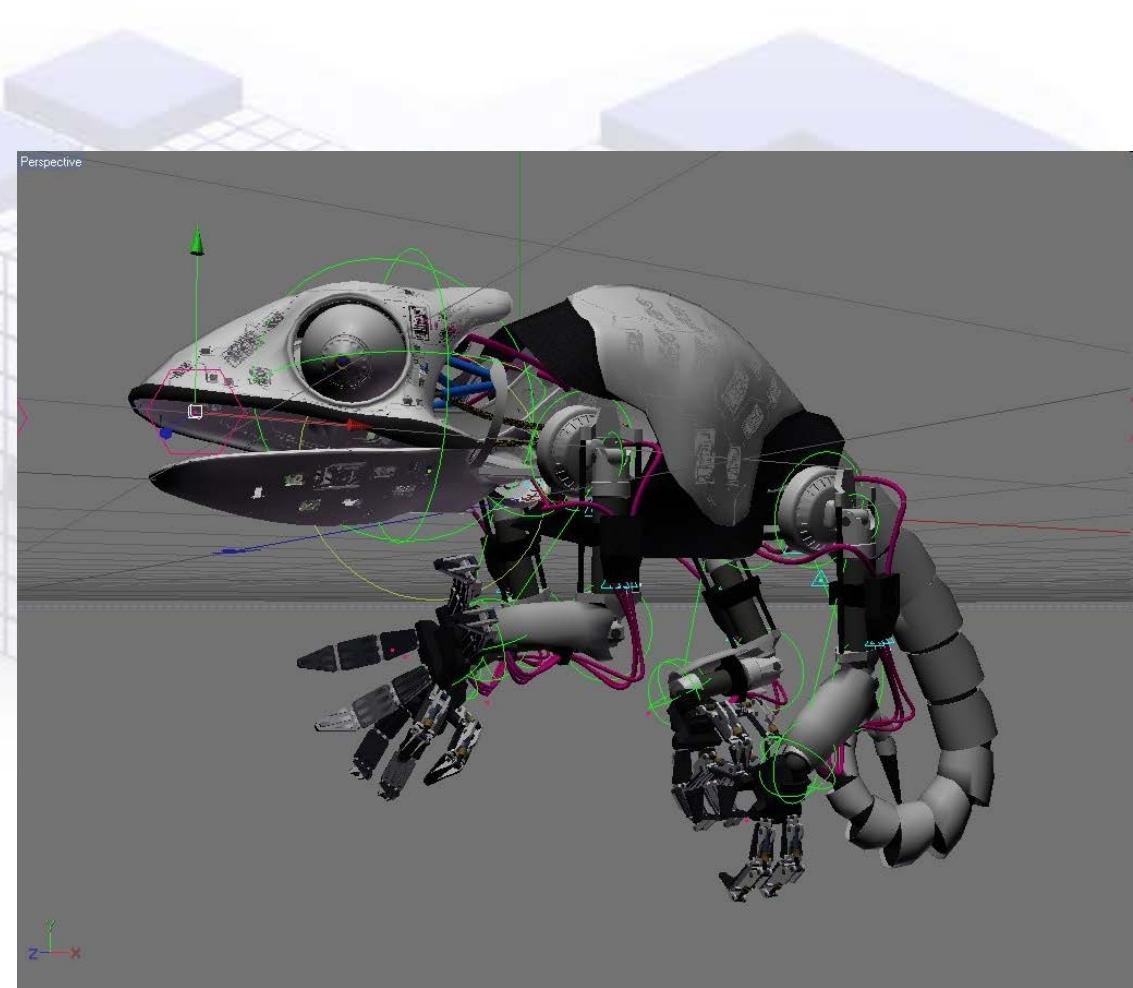
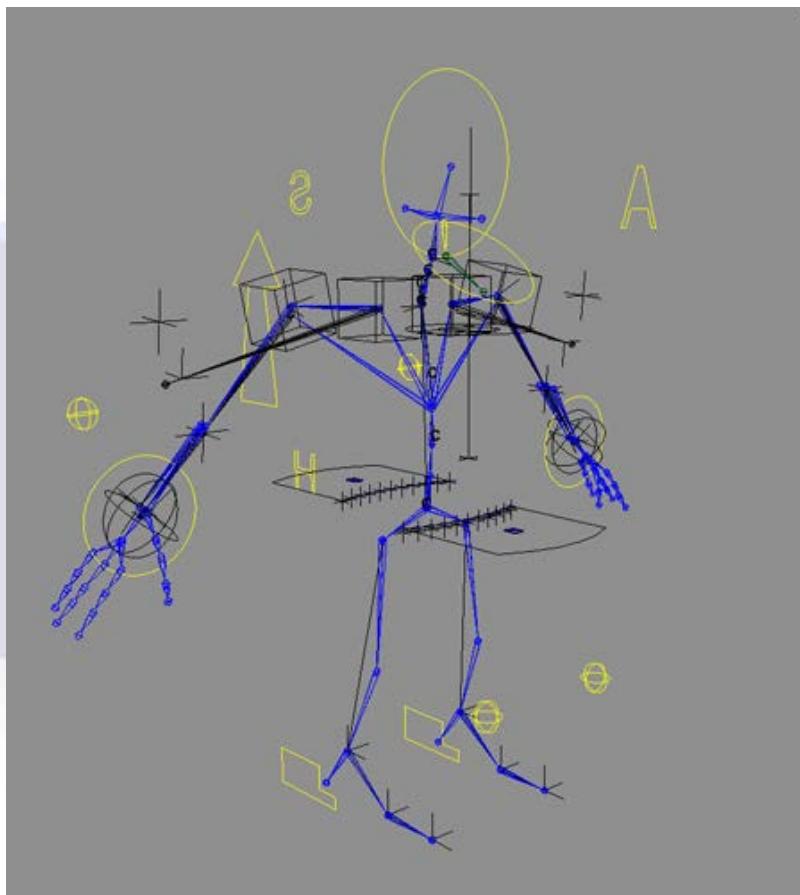
Un ‘rig’ tendrá numerosos grados de libertad (DOFs) que se puede utilizar para controlar diversas propiedades de un objeto.

Los DOFs pueden representar cosas como la rotación de la articulación del codo, el porcentaje que un párpado permanece abierto, o cualquier otra propiedad animable.

- El sistema de animación especifica valores para estos grados de libertad en el tiempo, animando así el ‘rig’.
- El ‘rig’ puede también controlar la animación secundaria de objetos tales como pelo o ropa.
- El sistema de ‘rigging’ normalmente encapsula otros sistemas, como el esqueleto, skinning, las expresiones faciales, ropa o cabello.
- Además, estos sistemas normalmente incluyen también la reproducción de animación, la cinemática inversa, la dinámica, la locomoción, y la generación de movimiento procedural.

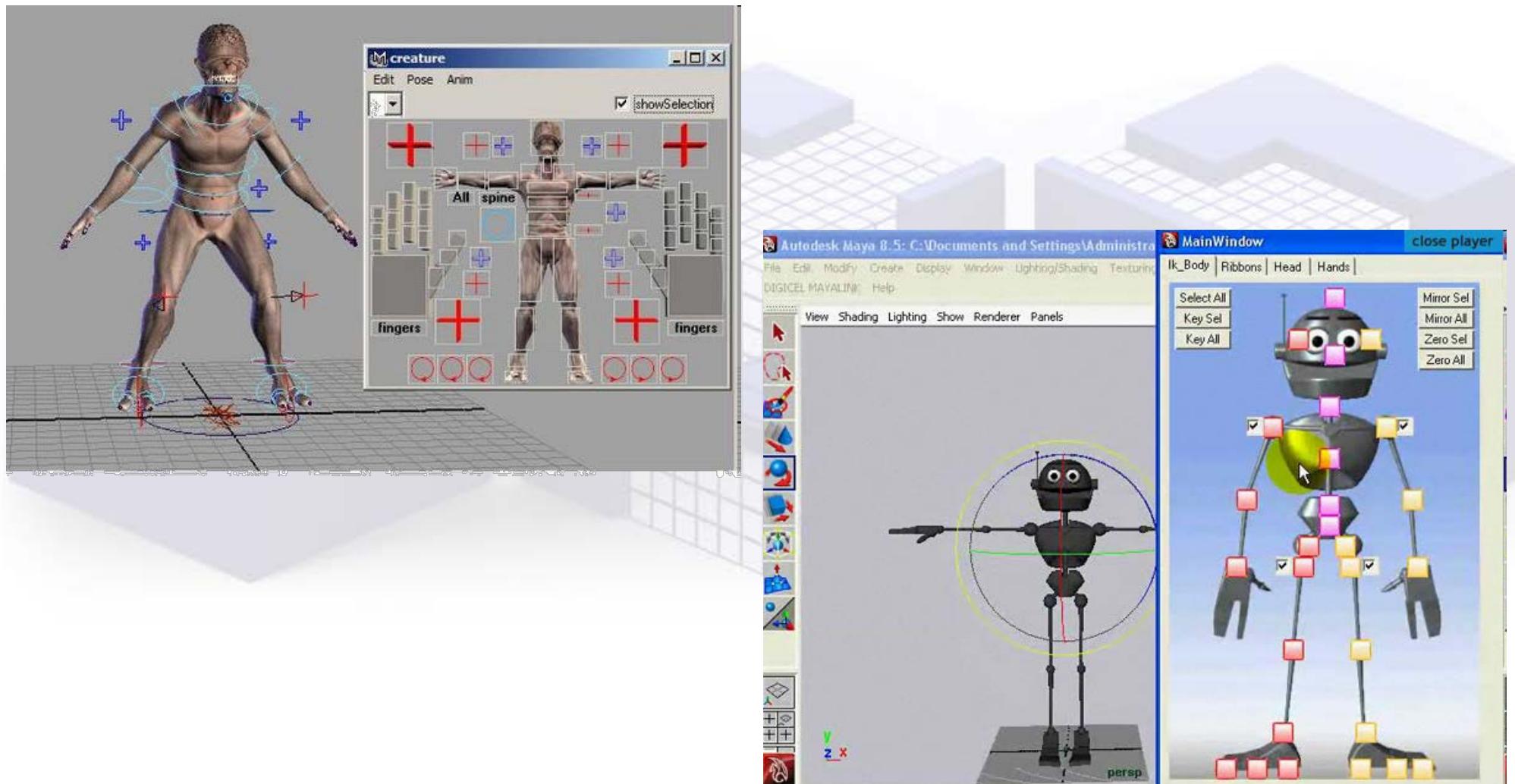


## RIGGING





## RIGGING





## CONCEPTOS SOBRE RIGGING

- DOF: Grados de libertad
- Joint / Articulaciones
- Esqueleto: huesos y relaciones
- Rig
- Skin
- FFD
- Morphing





## RIGGING

En última instancia, el rig toma valores DOF del sistema de animación y genera la pose de la geometría que representa el personaje en el espacio del mundo.

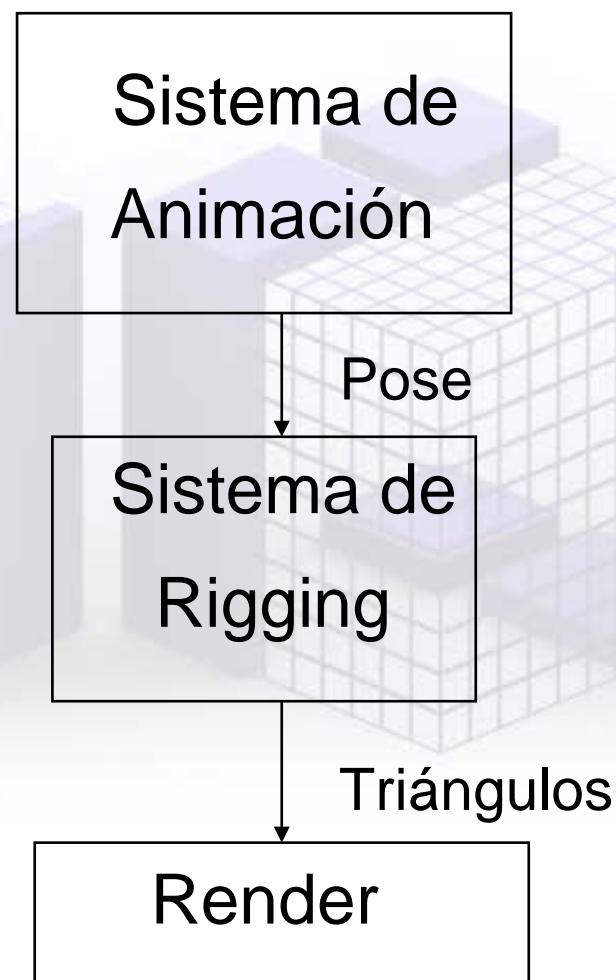
Esto puede involucrar:

- *Cálculo de matrices globales para articulaciones (que posan el esqueleto)*
- *Interpolación de vértices en espacio local (morphing)*
- *Transformando de vértices al espacio de del mundo (skinning)*

Esta geometría se visualiza entonces a través de un sistema de render (OpenGL ...)



## RIGGING Y ANIMACIÓN





## TIPOS DE CONTROLES

Además de controlar las articulaciones y objetivos de morphing, los controles del *rig* pueden extenderse para manipular cualquier parámetro que un animador quiera controlar.

Podemos tener controles para:

- Cambiar el color del personaje
- Abrir/cerrar todos los dedos de una mano a la vez
- Hacer que el pelo del personaje se erize
- Convertir el personaje de humano a monstruo
- Controlar la intensidad de una luz
- Controlar la creación de elementos en un sistema de partículas, ...



## AGRUPANDO DE CONTROLES

Podemos hacer que un DOF del *rig* controle varias propiedades. Por ejemplo:

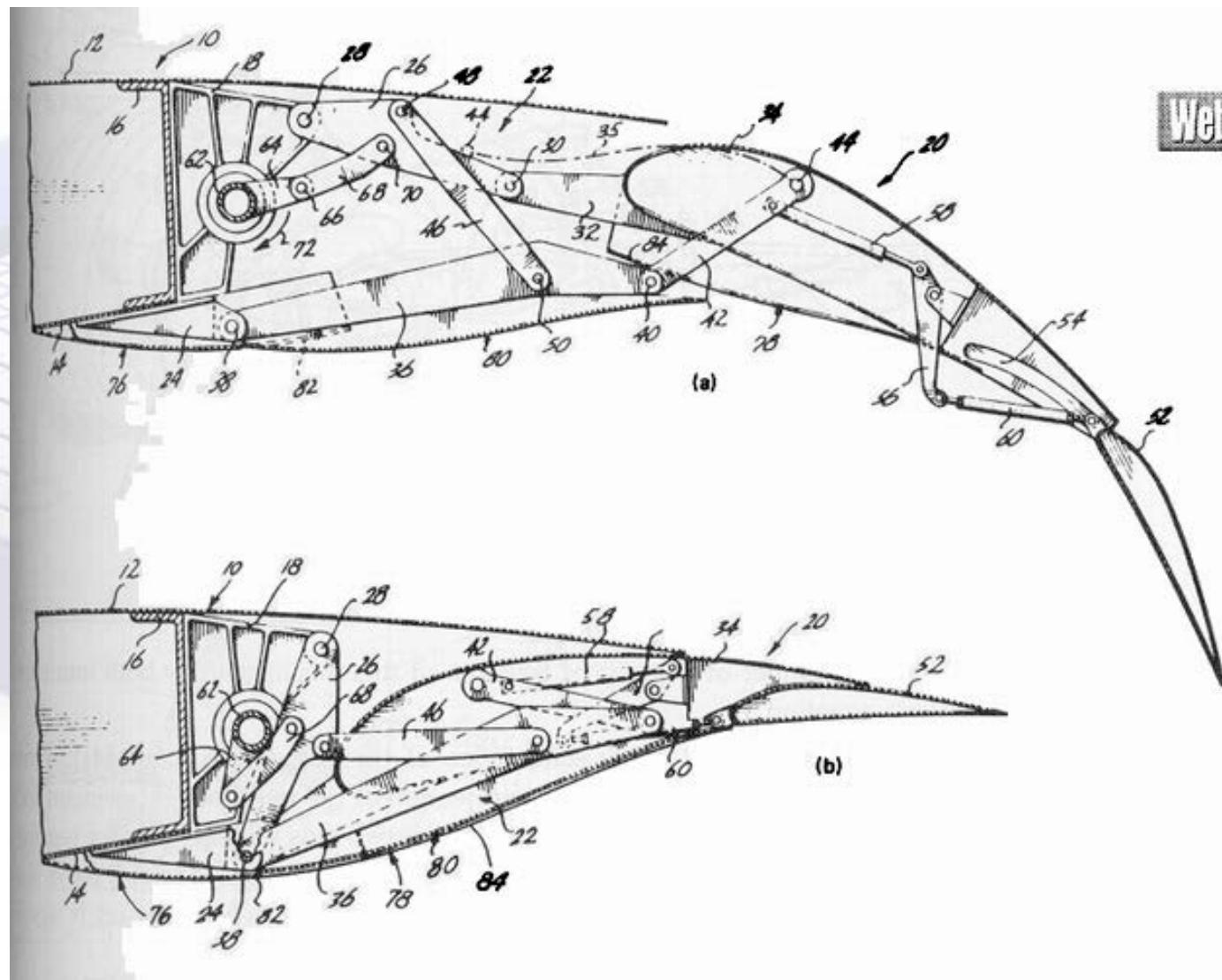
- Un DOF hace que todas las articulaciones de un dedo se flexionen/extiendan de forma simultanea
- Control tanto de la rotación del codo como de un *morph* para la deformación del bíceps
- Un DOF que gira varias vértebras en el cuello
- Un único control para la retracción del tren de aterrizaje de un avión.
- DOF para controlar un sistema mecánico
- Un DOF para controlar varios músculos individuales en un movimiento de sonrisa

Para mayor flexibilidad, es bueno ser capaz de tener el rango DOF controlado, por ejemplo entre 0 ... 1, y/o limitado en los movimientos del control

Para mayor flexibilidad, podemos utilizar expresiones ...



## AGRUPANDO DOFs





## EXPRESIONES EN LOS GRADOS DE LIBERTAD

Para mayor flexibilidad, es aconsejable poder ejecutar expresiones arbitrarias utilizando los valores DOF

Una expresión toma uno o más grados de libertad como entradas y establece un DOF externo como salida

Una expresión puede ser, literalmente, cualquier expresión matemática:

$$DOF[27] = DOF[3] * 6.0 - \sin(DOF[2]) + DOF[14]$$

En lugar de ser modificable en C++, para ver su efecto es mejor que las expresiones puedan ser interpretadas en tiempo de ejecución



## MAPEADOS EN LOS RIG

Un *rig* puede implementarse como un vector de punteros a DOFs

El orden de los DOFs es importante y debe ser coherente entre los sistemas de rigging y animación

Los controles de DOFs existen como objetos internos utilizados en el esqueleto, el sistema de morphing, y en expresiones.

Normalmente, tendríamos un único *rig* que controla todos los grados de libertad del personaje que queremos animar

Alternativamente, se podría:

- Tener un *rig* que controla un subconjunto de DOFs de un personaje
- Tener un *rig* que se puede mapear a más de un personaje
- Tener varios *rigs* diferentes para el mismo personaje que se utilizan para diferentes propósitos



## RIGGING MINIMALISTA

Es aconsejable utilizar el menor número de grados de libertad como sea posible para controlar un personaje o modelo.

Por qué?

- *Por mantener la interfaz de control lo más simple posible para los animadores.*
- *Reducir el número de datos de animación necesarios para reproducirla. Esto es especialmente importante en videojuegos ya que los datos de animación tienden a ocupar gran cantidad de espacio.*



## INTRODUCCIÓN AL SKINNING

Los modelos de los personajes 3D juegan un papel cada vez más importante en los videojuegos y animaciones.

Los modelos orgánicos son más complejos de controlar que los modelos rígidos.

- *Orgánico: seres humanos, humanoides, animales, etc ..*
- *Rígido: edificios, estructuras mecánicas, etc ..*

Son más complejo porque la malla que define la forma del modelo cambia constantemente a medida que el modelo se anima.



## INTRODUCCIÓN AL *SKINNING*

La malla de polígonos que animamos normalmente en un personaje o modelo orgánico complejo se entiende como una "piel", que está influenciado por la estructura de control interna del objeto (*rig*).

El "*Skinning*" es el proceso de definición de la malla (piel) sobre el *rig*.

Tradicionalmente, el *skinning* se hace en la CPU.

Pero a medida que los modelos de personajes en 3D aumentan su complejidad, este proceso se realiza en la tarjeta de vídeo mediante las clases *vertex shader* del hardware.



## ANTECEDENTES

Tradicionalmente se han usado dos métodos para animar un personaje usando una malla de tipo *piel*:

1. *Animación de fotogramas clave*: definimos múltiples posiciones del personaje en el tiempo y se mezclan de forma automática en el modelo para conseguir el resto de poses.
  - *Adecuado para modelos de baja poligonización.*
  - *Permite un control muy preciso de la animación.*
  - *Pero en los modelos de gran detalle puede necesitar mucha memoria.*



## ANTECEDENTES

2. *Palette Matrix Skinning*: Implica la modificación de los puntos individuales de la malla del personaje de forma ponderada por cada uno de los huesos que le afecten de un esqueleto. Sólo tenemos que guardar la animación del esqueleto en lugar de todas las posiciones de la malla en las distintas poses.

Los dos tipos de animación no son mutuamente excluyentes. Con frecuencia los sistemas de animación utilizan una combinación de ambos sistemas.

- *Claves*: para detalles finos por ejemplo en expresiones de la cara y manos si es necesario
- *Matrix Palette Skinning*: el resto de animaciones.



## FINALIDAD DE LOS HUESOS

De forma general, los huesos son representaciones del esqueleto de un personaje.

Al animar los huesos de un personaje, la piel hereda el movimiento de la estructura ósea interior y crea una animación del cuerpo.

La finalidad por tanto de los huesos es controlar la deformación de la superficie que hay sobre ellos.

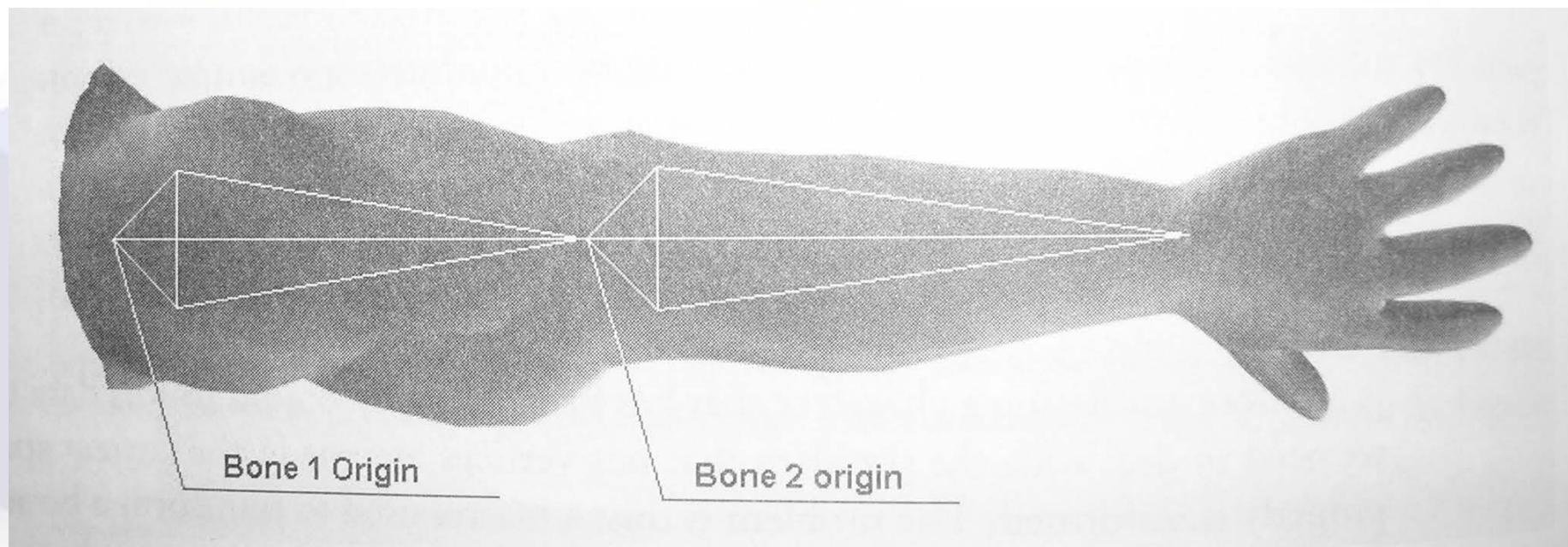


## CÓMO SE CREAN LOS HUESOS

- Los artistas crean un único modelo de la piel del personaje
- Crean bajo ella una estructura jerárquica que defina las articulaciones existentes
- Además, se puede duplicar la superficie de la piel y se cortar en trozos más pequeños (que definen partes del cuerpo) que se utilizan como los huesos.
- Los huesos se almacenan en una lista o estructura en árbol



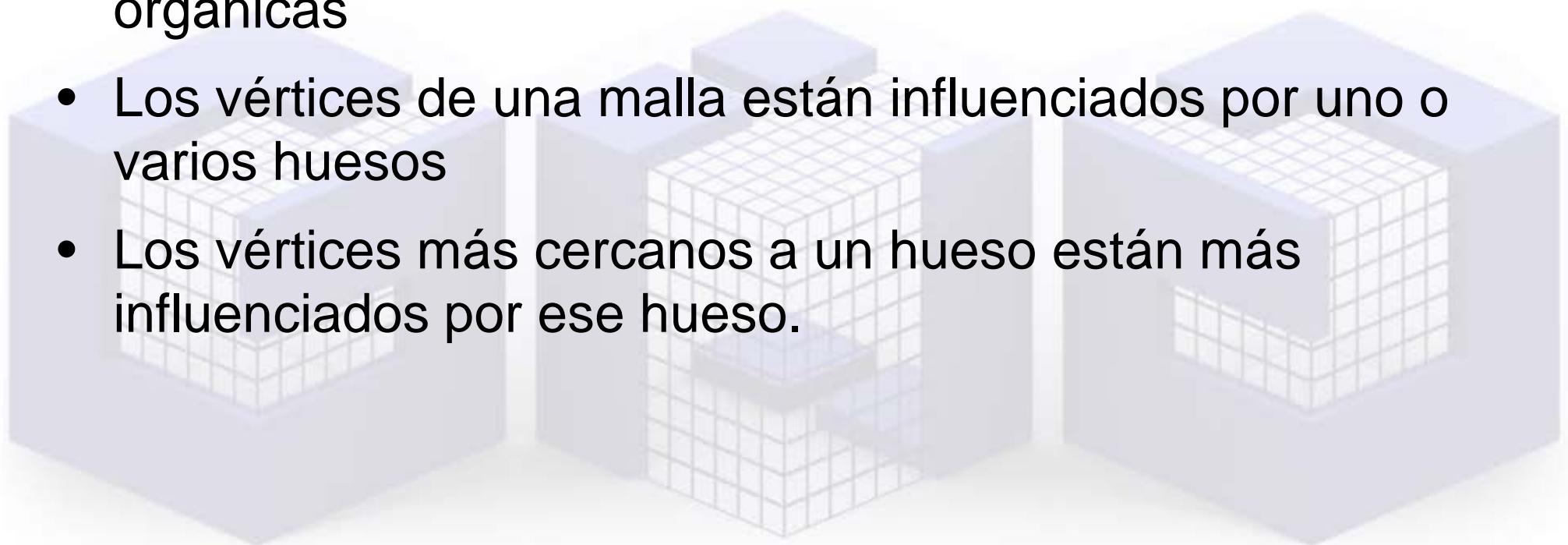
## EJEMPLO: HUESOS EN UN BRAZO





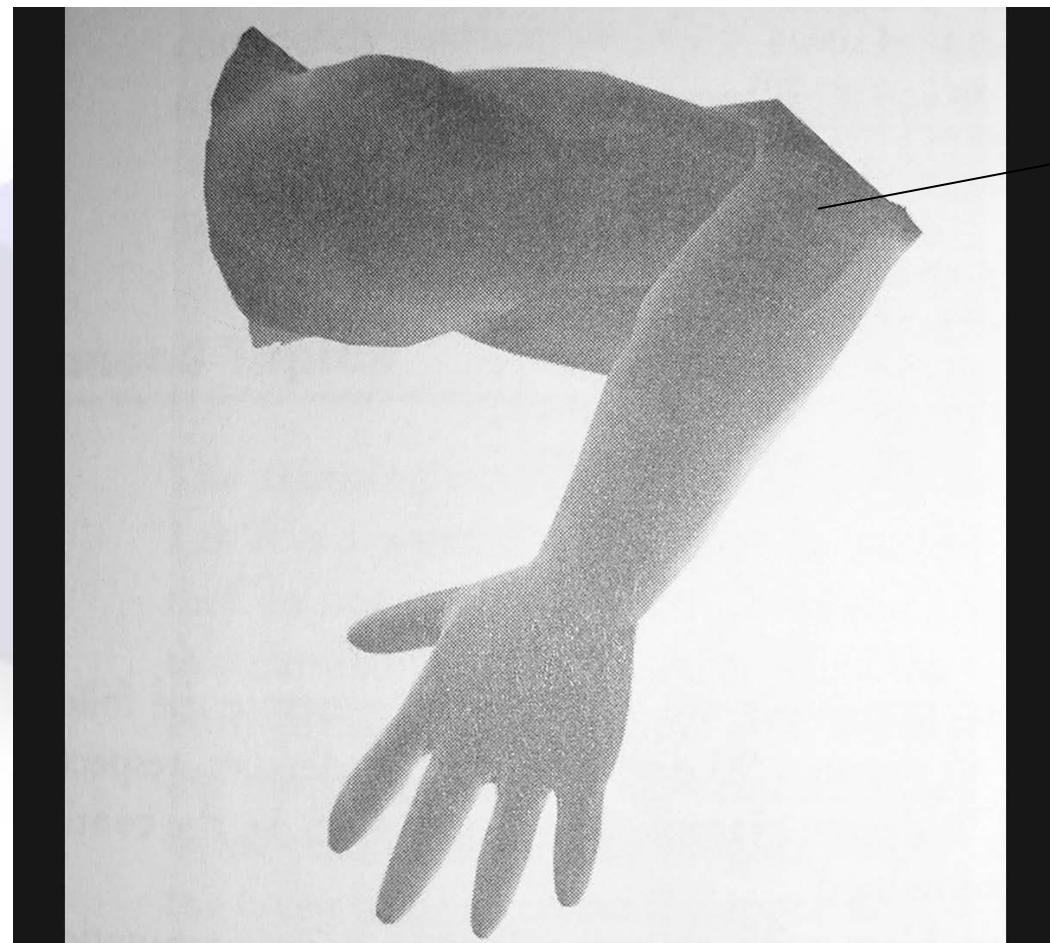
## SKINNING

- Es una forma de crear animaciones más realistas y orgánicas
- Los vértices de una malla están influenciados por uno o varios huesos
- Los vértices más cercanos a un hueso están más influenciados por ese hueso.





## EJEMPLO: MALLA DE UN BRAZO - INFLUENCIA DE 1 HUESO



Efecto de  
solapamientos no  
deseados



## INFLUENCIA MÚLTIPLE EN LA MALLA

- Añadimos nuevos huesos al control del vértice
- Añadimos pesos que indican cómo está afectado el vértice por cada hueso
- Con el fin de controlar totalmente la aplicación de la deformación de la malla según los huesos, tenemos que transformar cada hueso por cada matriz de transformaciones que lo afecten, y luego multiplicar el resultado por el peso correspondiente del hueso y se acumulan los resultados para aplicarlos a la modificación de los vértices afectados.



## SKINNING: MODIFICACIÓN DE ESTRUCTURA VERTICE

```
struct Vertex
```

```
{
```

```
    float s, t;
```

```
    float x, y, z;
```

```
    unsigned long color;
```

```
unsigned long boneIndex1;
```

```
    float weight1;
```

```
unsigned long boneIndex1;
```

```
    float weight;
```

```
...
```

```
}
```





## EVALUACIÓN DEL *SKINNING*

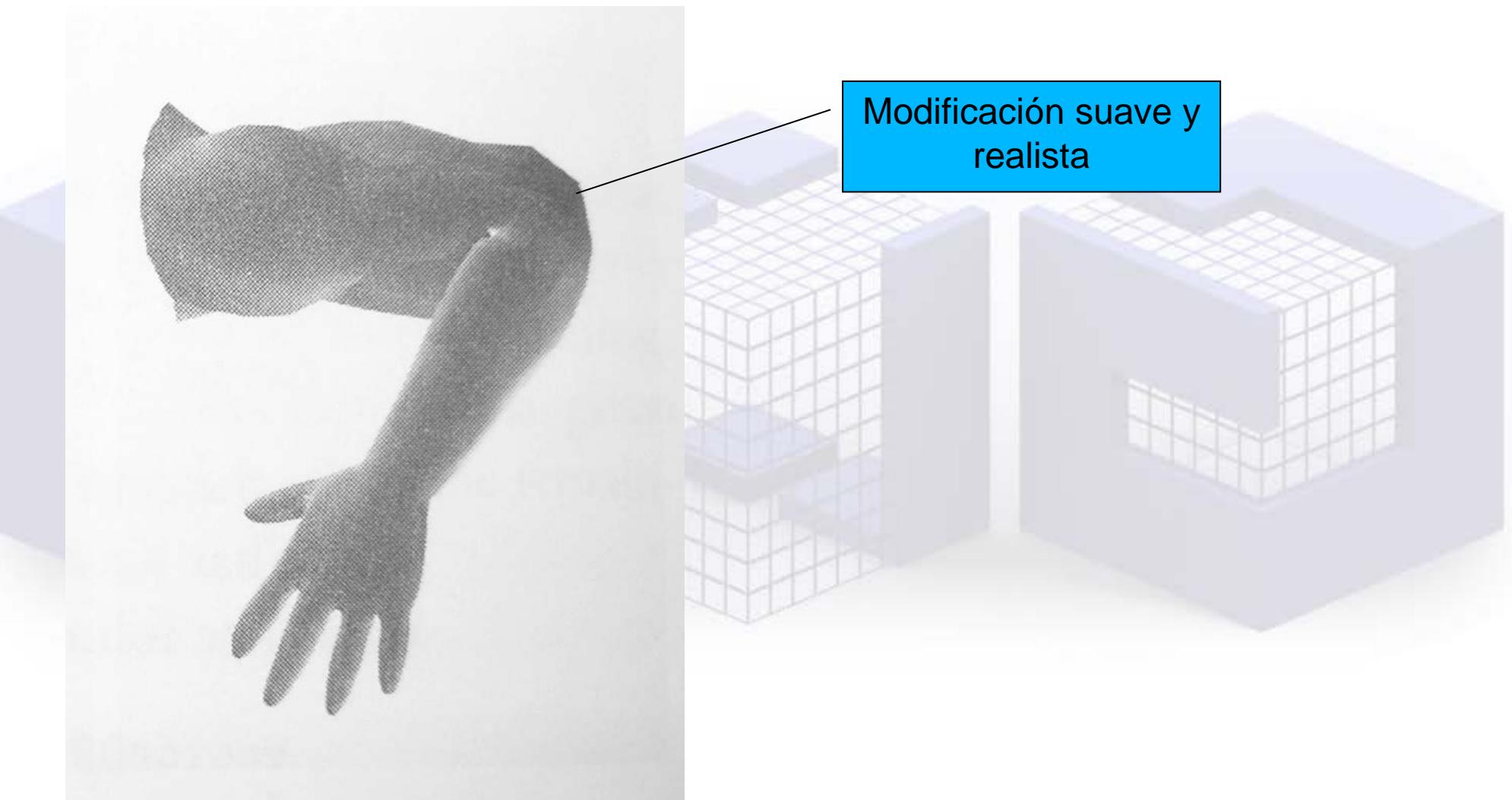
$$\begin{aligned} & (\text{vertex} * \text{matrix0} * \text{weight0}) + \\ & (\text{vertex} * \text{matrix1} * \text{weight1}) + \dots + \\ & (\text{vertex} * \text{matrixN} * \text{weightN}) \end{aligned}$$

Suma de todos los pesos = 1.0

Esto hace una interpolación lineal entre los vértices transformados por cada hueso



## MALLA CON SKINNING TOTAL





## POR QUÉ HACER EL *SKINNING* POR SOFTWARE?

El *skinning* por CPU aumenta la compatibilidad con una amplia gama de sistemas.

Si la GPU está haciendo demasiado trabajo con el render, el traslado del trabajo de *skinning* a la CPU puede producir un aumento de rendimiento.

Hacer que la CPU haga la primera etapa de la aplicación de *skinning* puede permitir el fácil acceso a la detección de colisiones y el cálculo de proyección de sombra, mientras dejamos a la GPU que haga la iluminación y los cálculos de recortado en la visualización.



## DEFINICIÓN DE SKINNING EN 3DS MAX

