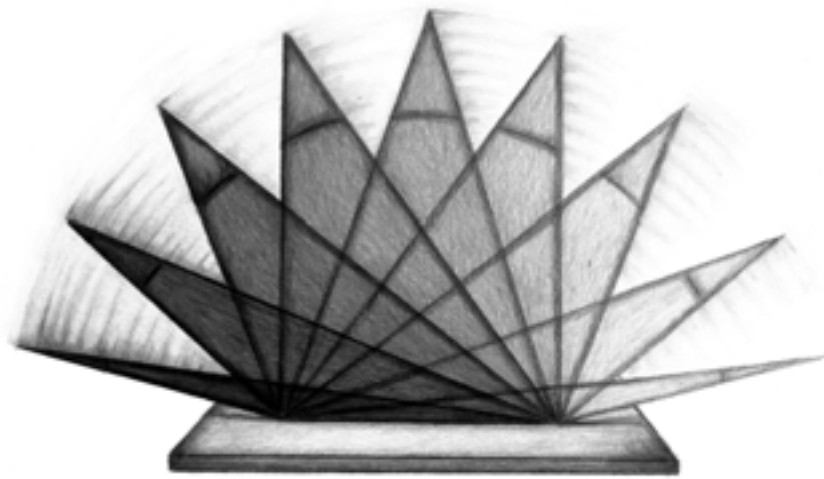


# Animación en 3D. Introducción





## Índice

---

<b>Etapa 1: Introducción a la animación en 3D</b> .....	5
<b>Animación 2D / animación 3D</b> .....	5
<b>Leyes de Newton aplicadas a la animación</b> .....	5
<b>Interpolación de valores</b> .....	6
<b>Interpolación lineal</b> .....	6
<b>Animación con fórmulas matemáticas</b> .....	7
<b>Interpolación de movimiento con aceleración / frenada</b> .....	9
<b>Etapa 2: Splines</b> .....	12
<b>Conceptos previos</b> .....	12
Extender una forma mediante la curva <i>spline</i> .....	13
Generar superficies con <i>splines</i> .....	14
Visualización en forma de gráfica .....	14
Creación de recorrido .....	15
<b>Curvas Spline</b> .....	15
Formación de <i>splines</i> .....	16
Principales usos .....	16
Tipos de <i>Spline</i> .....	17
<b>Splines en 3D Studio Max</b> .....	19
Formas .....	20
Líneas con diferentes aproximaciones .....	20
Rectángulos .....	20
Círculos con diferentes aproximaciones .....	21
Polígono de 8 lados (octágono) .....	21
Corona circular .....	21
<b>Etapa 3: Generación de objetos 3D mediante nurbs</b> .....	23
<b>Superficies nurbs</b> .....	23
Ventajas de las curvas <i>nurbs</i> .....	24
Teselado .....	25
<b>Conceptos sobre nurbs</b> .....	27
<b>Etapa 4: Animación con fotogramas clave (keyframes)</b> .....	29
<b>Introducción</b> .....	29
<b>Animación con fotogramas clave en 3D Studio Max</b> .....	29
Conceptos básicos .....	29
Actividad .....	31
<b>Track View</b> .....	34
Añadir, borrar y editar claves .....	36
Tangentes de clave .....	37
Tipos de tangente y sus comportamientos .....	38

<b>Etapa 5: Curvas de función</b> .....	41
<b>Curvas de función en 3D Studio Max</b> .....	41
Animación con 3 fotogramas clave .....	41
<b>Actividades</b> .....	44
Actividad de animación con fotogramas clave con Track View .....	44
Actividad de animación con fotogramas clave de un objeto solevado .....	54
<b>Etapa 6: Curvas multiplicadora y mitigadora</b> .....	58
<b>Curva multiplicadora</b> .....	58
Curva multiplicadora aplicada sobre un parámetro .....	59
Curva multiplicadora con pendiente positiva .....	60
Actividad de curvas multiplicadoras .....	61
<b>Curva mitigadora</b> .....	65
Cambio en la pendiente de la curva mitigadora 1 .....	66
Cambio en la pendiente de la curva mitigadora 2 .....	67
Los cambios de velocidad .....	67
<b>Edición de rangos</b> .....	68
<b>Tipos fuera de rango</b> .....	69
Funciones de los tipos de rango .....	70
<b>Edición de tiempo</b> .....	71

## Etapa 1: Introducción a la animación en 3D

### **Animación 2D / animación 3D**

---

La animación tridimensional (en adelante, “animación 3D”) no difiere tanto de la animación tradicional bidimensional en cuanto a objetivos y principios aplicados, aunque sí utiliza técnicas y programas específicos diferentes de los utilizados en 2D.

Los principios de animación clásicos utilizados en dibujos animados se aplican igualmente para animar un personaje tridimensional, si bien el nuevo medio da la posibilidad de tratar determinados aspectos referentes a la iluminación, la apariencia de los objetos (volumen, texturas), profundidad y perspectiva de la escenas que en el dibujo tradicional resultan imposibles o muy complejos de realizar.

A menudo, al realizar una animación 3D, se pretende simular el movimiento de los objetos o personajes de forma realista, tal y como se moverían en el mundo real, para que así el espectador se haga una idea exacta de cómo es ese objeto, el peso que tiene, perciba la velocidad y los cambios de ésta en los movimientos, dando así a entender cuál es la intención de un personaje al hacer un determinado gesto.

Por ello, es necesario aplicar las leyes físicas que rigen el movimiento simulándolas en el ordenador para obtener una animación convincente. Puede haber casos en los que justamente se persiga el efecto contrario al de un movimiento realista (por ejemplo, un movimiento a cámara lenta), pero aun así es importante poder controlar la animación y no obtener un resultado al azar.

### **Leyes de Newton aplicadas a la animación**

---

Las leyes de Newton determinan en gran medida el movimiento que tendrá un objeto y, por tanto, hay que tenerlas en cuenta si queremos recrear un movimiento de forma más o menos realista. Recordándolas, podríamos resumirlas en las siguientes:

1. Un cuerpo en reposo tiende a permanecer en reposo, mientras que uno que esté en movimiento permanecerá en movimiento, siempre que no se apliquen fuerzas externas.
2. El estado de movimiento o reposo se verá alterado al aplicar una fuerza externa, y el objeto se desplazará en la dirección de la fuerza.
3. Toda acción provoca una reacción igual y de sentido contrario.

Estas leyes aplicadas a la animación implican que un objeto que esté en reposo y empiece a moverse pueda estar sometido a diferentes fuerzas externas, como el empuje, la fricción, la colisión con otros objetos, etc. Para simular los cambios de velocidad a los que se vería sometido este objeto, el animador debe definir los valores adecuados para las posiciones principales (o claves) y la forma en que se interpolarán entre éstas, aunque también es posible llegar a automatizar este proceso, dejando que el ordenador aplique de forma precisa las leyes físicas mediante fórmulas matemáticas.

## Interpolación de valores

---

La interpolación de valores de cualquier tipo en un programa de animación (ya sean coordenadas, valores de intensidad de un foco, de escala, de color, etc.) es básica para que el animador sólo tenga que definir los valores importantes en determinados fotogramas (conocidos como “fotogramas clave”), simplificando todo el proceso y pudiendo controlar de forma precisa lo que pasa a lo largo de toda la animación.

En los siguientes ejemplos se muestra cómo, utilizando **Maxscript**, podemos definir las posiciones de un objeto en determinados fotogramas, que serán fotogramas clave.

El inconveniente de este sistema es que si se desea modificar la animación del objeto, para, por ejemplo, acentuar el efecto de aceleración, tendríamos que editar un gran número de fotogramas clave (o recalcular la fórmula); más adelante veremos cómo dejando que Max interpole los valores y utilizando herramientas para editar curvas podemos controlar y modificar de forma mucho más simple nuestra animación.

Aunque en las siguientes demostraciones teóricas y ejemplos prácticos nos refiramos a la interpolación de la posición, el concepto es aplicable a un parámetro cualquiera de la animación.

## Interpolación lineal

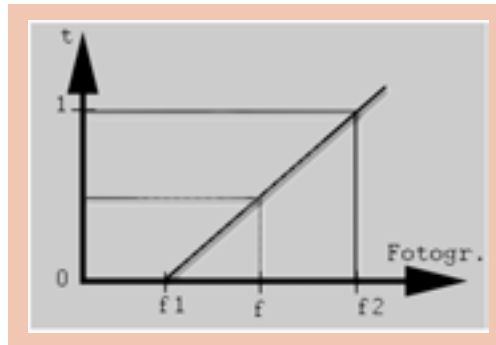
---

Este tipo de interpolación es la más básica y directa, ya que consiste en generar una serie de valores equidistantes entre los valores dados para dos fotogramas clave. Esta interpolación se consigue calculando la recta que une los valores en los fotogramas clave, y a partir de la ecuación de la recta será posible calcular cualquier valor para un fotograma intermedio.

Vamos a desarrollar matemáticamente la solución para la interpolación lineal.

Supongamos que conocemos los valores de posición para dos fotogramas determinados, a los que llamaremos  $f_1$  y  $f_2$ , y los valores correspondientes de posición son  $T_1(x_1, y_1, z_1)$  y  $T_2(x_2, y_2, z_2)$ .

Para poder calcular un valor intermedio, introducimos una variable auxiliar “t”, que puede variar entre 0 y 1:



con lo que las coordenadas para un punto “T(x,y,z)” se pueden obtener con las siguientes ecuaciones:

$$x = t \cdot x_2 + (1 - t) \cdot x_1$$

$$y = t \cdot y_2 + (1 - t) \cdot y_1$$

$$z = t \cdot z_2 + (1 - t) \cdot z_1$$

El valor de “t” lo obtenemos para un fotograma “f” con la siguiente fórmula:

$$t = (f - f_1) / (f_2 - f_1)$$

El procedimiento que debe seguirse para calcular un valor determinado para un fotograma “f” será el siguiente:

1. Calcular el valor de t, a partir de f, f<sub>1</sub> y f<sub>2</sub>.
2. Calcular T(x,y,z) utilizando los valores de t, T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>.
3. Situar el objeto en las coordenadas definidas por T(x,y,z).

## Animación con fórmulas matemáticas

A continuación, definiremos de forma matemática el movimiento para una esfera entre dos posiciones (arriba y abajo), utilizando el lenguaje MaxScript, que permite definir las coordenadas de posición para cualquier objeto en cualquier fotograma de la animación. Cargad el siguiente *script* y ejecutarlo (menú “Utilidades / Ejecutar guión”).

```
pelota=sphere radius:15
animate on
(
    for t=0 to 25 by 1 do
    (
```

```

        at time t pelota.pos=t*[0,0,10]
    )
    for t=25 to 50 by 1 do
    (
        at time t pelota.pos=( [0,0,250]+(t-25)*[0,0,-10] )
    )
)

```

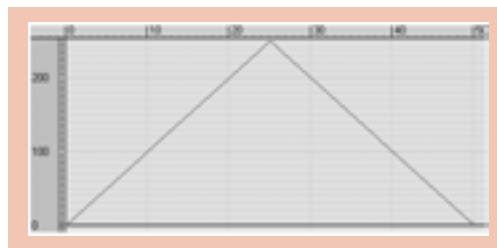
La instrucción “pelota=sphere radius:15” crea una esfera a la que podremos referirnos desde el programa con el nombre “pelota”.

La instrucción “**animate on**” creará fotogramas clave para cualquier parámetro que cambie dentro del bloque comprendido por los paréntesis, independientemente del estado del botón “Animar”.

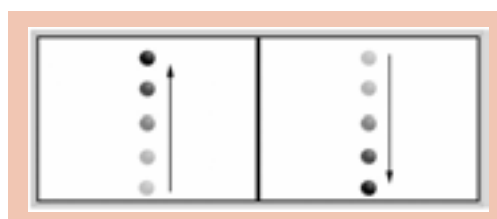
Los bucles crearán los valores de posición del objeto “pelota” en diferentes instantes de tiempo “t”, con la instrucción “at time t pelota.pos=(x,y,z)”.

Si representamos en una gráfica las coordenadas de posición del objeto a lo largo del tiempo, podremos hacernos una idea de cómo se mueve este objeto sin tener necesidad de darle al botón “play”, y, lo que es más importante, podemos ver inmediatamente los cambios de velocidad y la evolución de la animación globalmente, en todos los fotogramas a la vez.

El eje horizontal representa el tiempo (en fotogramas) mientras que el vertical representa la coordenada Z; la curva azul de la gráfica muestra cómo va cambiando la altura a la que se desplaza la pelota al transcurrir el tiempo:



De aquí podemos deducir cómo se mueve este objeto: va adquiriendo altura a una velocidad constante, hasta que se frena bruscamente al llegar al fotograma 25, donde tiene el valor de 250, para posteriormente empezar a bajar para llegar a 0 en el fotograma 50.





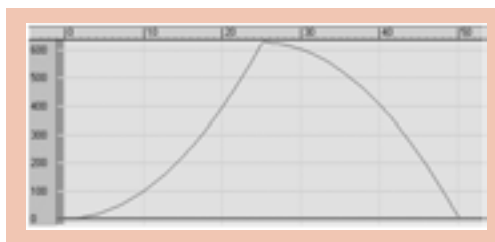
## Interpolación de movimiento con aceleración / frenada

El movimiento conseguido con la interpolación lineal no resulta natural en muchas ocasiones, ya que, según se deduce de la 2.<sup>a</sup> ley de Newton, los objetos no empiezan a moverse o a frenarse de repente, sino que van acelerando o frenando de forma gradual; por ello, la interpolación lineal no será válida para todos los casos, y habrá que utilizar otros tipos de interpolación si queremos simular el efecto debido a fuerzas como, por ejemplo, una aceleración, la gravedad, etc.

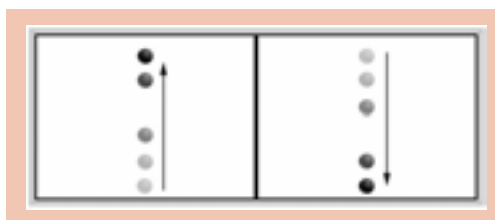
Cargad el siguiente *script* y ejecutadlo (menú “Utilidades / Ejecutar guión” )

```
pelota=sphere radius:15
animate on
(
  for t=0 to 25 by 1 do
  (
    at time t pelota.pos=t^2*[0,0,1]
  )
  for t=25 to 50 by 1 do
  (
    at time t pelota.pos=( [0,0,625]-(t-25)^2*[0,0,1]
  )
)
)
```

La gráfica que representa el movimiento resultante es la siguiente:



De la gráfica podemos deducir cómo se mueve este objeto: va adquiriendo altura a una velocidad que va aumentando gradualmente (acelera), hasta que se frena bruscamente al llegar al fotograma 25, para posteriormente empezar a bajar primero poco a poco y cada vez más rápido (aceleración), para llegar a 0 en el fotograma 50.

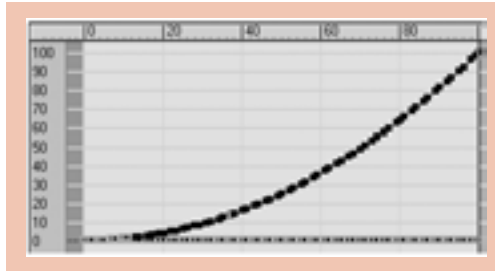


En los ejemplos anteriores, las rutinas en MaxScript se encargan de definir la posición del objeto para cada fotograma, por lo que realmente no se está interpolando entre fotogramas. Para ver cómo 3D Studio interpola automáticamente entre fotogramas clave, vamos a hacer que el paso del bucle no sea unitario, con lo que entre un fotograma clave y el siguiente habrá varios fotogramas interpolados por el mismo programa.

Empezaremos con un ejemplo donde cada fotograma es un fotograma clave, para ir reduciendo posteriormente el número de claves:

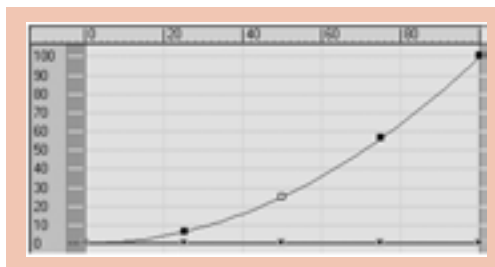
Observad cómo, aun reduciendo el número de fotogramas clave (que no de fotogramas totales), las curvas de posición se mantienen prácticamente idénticas:

```
objeto=sphere radius:10
animate on
(
  for t=0 to 100 do
  (
    at time t objeto.pos=((t^2)*[0,0,0.01])
  )
)
```



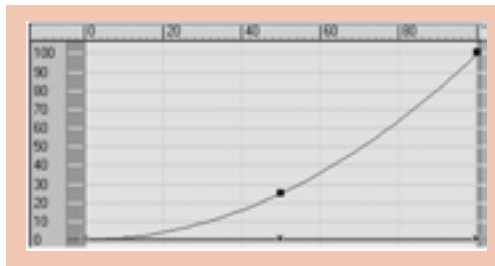
Es lo mismo, pero ahora sólo se van a generar 5 fotogramas clave (para los fotogramas 0, 25, 50, 75 y 100), haciendo que el bucle sólo se repita 5 veces (observad cómo el incremento del bucle es de 25).

```
objeto=sphere radius:10
animate on
(
  for t=0 to 100 by 25 do
  (
    at time t objeto.pos=((t^2)*[0,0,0.01])
  )
)
```



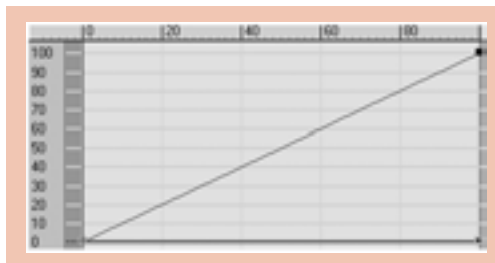
Es lo mismo, pero ahora sólo se van a generar 3 fotogramas clave, haciendo que el bucle sólo se repita 3 veces (observad cómo el incremento del bucle es de 50).

```
objeto=sphere radius:10
animate on
(
  for t=0 to 100 by 50 do
  (
    at time t objeto.pos=((t^2)*[0,0,0.01])
  )
)
```



La curva es exactamente igual que en el caso anterior, ya que la curva se encarga del suavizado. De aquí se deduce que el movimiento será exactamente igual que en el caso anterior.

En el límite, cuando sólo se generan 2 fotogramas clave (en el fotograma 0 y el 100) la curva se convierte en una recta.



Esta similitud en las curvas se debe a que el propio 3D Studio está generando una interpolación entre los fotogramas clave, ya que, por defecto, el método que utiliza para interpolar la animación entre fotogramas clave es el proporcionado por el controlador de animación "Posición Bezier" (que se estudia en el capítulo referente a los controladores) y que se basa en la generación de una curva llamada *spline* que pasa por los valores de los fotogramas clave y con la cual se generan los valores para los fotogramas intermedios.

Más adelante veremos cómo podemos definir, utilizando este controlador, la curvatura de las *splines* para así controlar la animación, sin tener que definir un elevado número de fotogramas clave.

En el siguiente capítulo veremos algunas nociones sobre este tipo de curvas, las *splines*, ya que resultan muy útiles en animación.

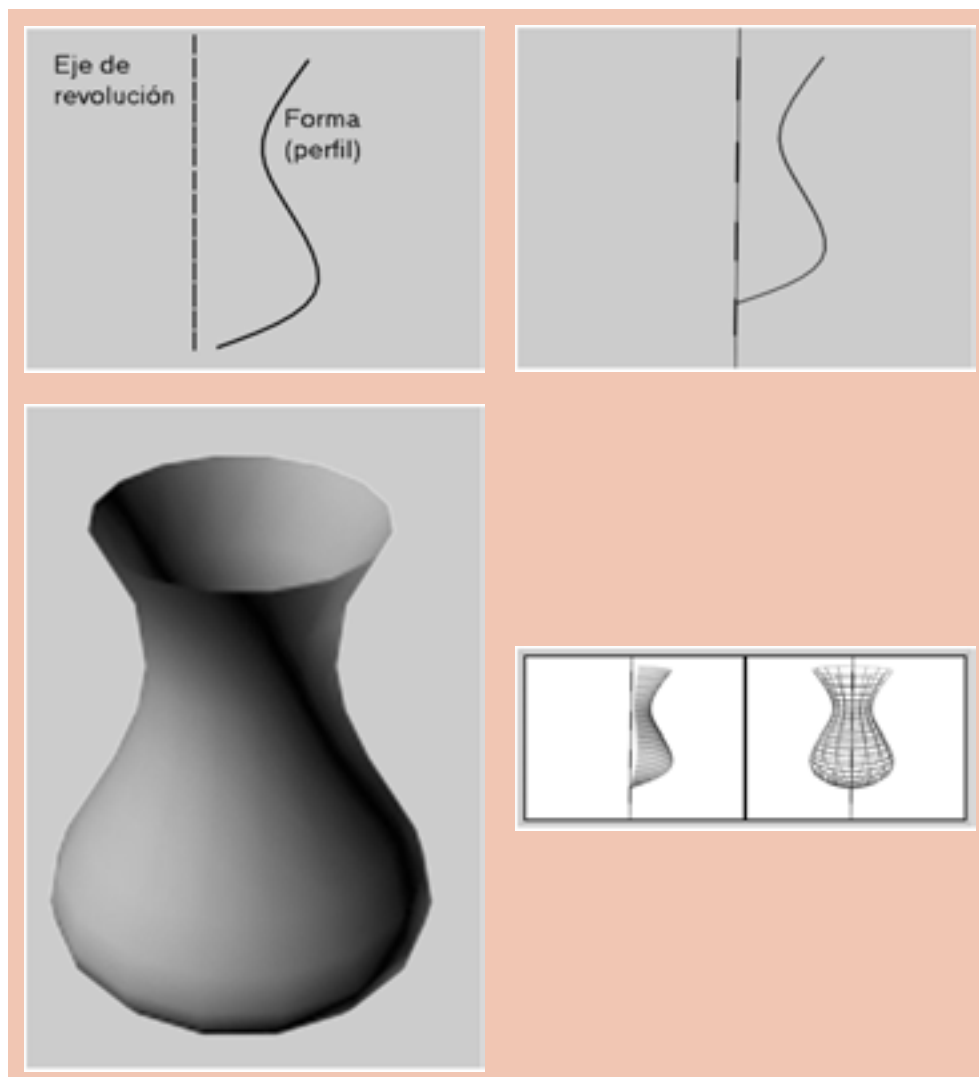
## Etapa 2: Splines

### Conceptos previos

Para construir y animar objetos tridimensionales hay técnicas que utilizan un tipo de curvas comúnmente denominadas *splines* que se obtienen a partir de funciones matemáticas.

Las aplicaciones de las curvas *spline* en los programas de animación (ya sean 2D ó 3D) son numerosas, tal como se verá a continuación.

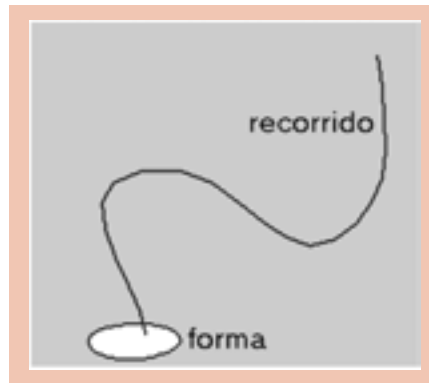
Por ejemplo, pueden ser la base para construir el perfil de un objeto, al que posteriormente se le dará volumen girando la curva alrededor de un determinado eje, tal como se hace con las superficies de revolución:



### Extender una forma mediante la curva *spline*

Otro tipo de objeto generado a partir de *splines* son los objetos obtenidos por el método de extender una forma a lo largo de una curva *spline*, llamados *objetos solevados* en algunos programas, y que también pueden ser animados para conseguir el efecto de crecimiento, movimiento siguiendo al recorrido, etc.:

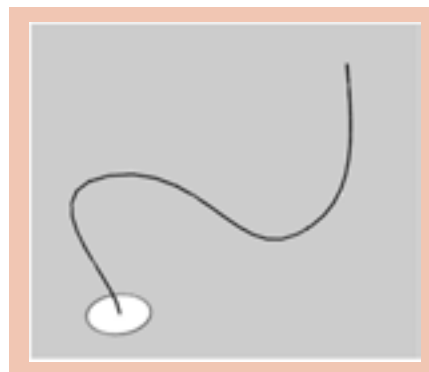
A esta técnica se la denomina a veces **generado por barrido**, y a la superficie creada, **superficie de barrido**, porque de hecho se “barre” una forma que genera una superficie. Esta superficie está formada por caras que se crean en el momento de generar el objeto solevado, a modo de recubrimiento, como si de una piel se tratase sobre un esqueleto:

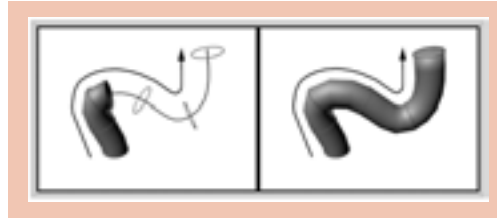


Tras aplicar a la forma la solevación a lo largo del recorrido, se obtiene un objeto tridimensional con volumen:



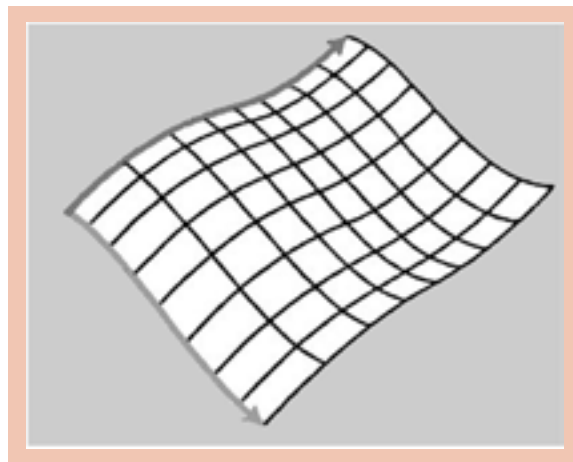
En este proceso, se ha “extruido” la forma circular a lo largo del recorrido, tal como se puede ver:





### Generar superficies con *splines*

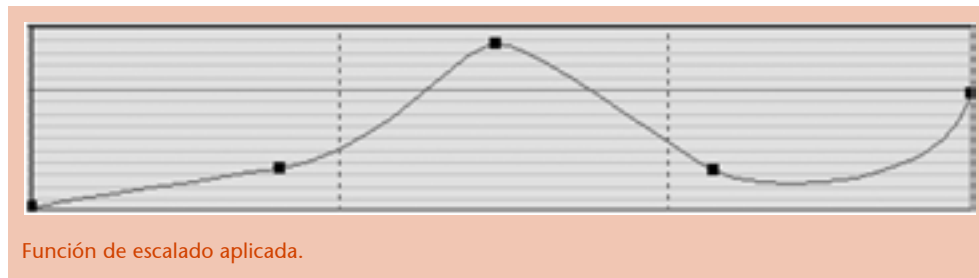
También pueden utilizarse para generar superficies, como intersección de dos o más curvas, para obtener superficies suaves y pudiendo controlar su geometría modificando las curvas generadoras:



### Visualización en forma de gráfica

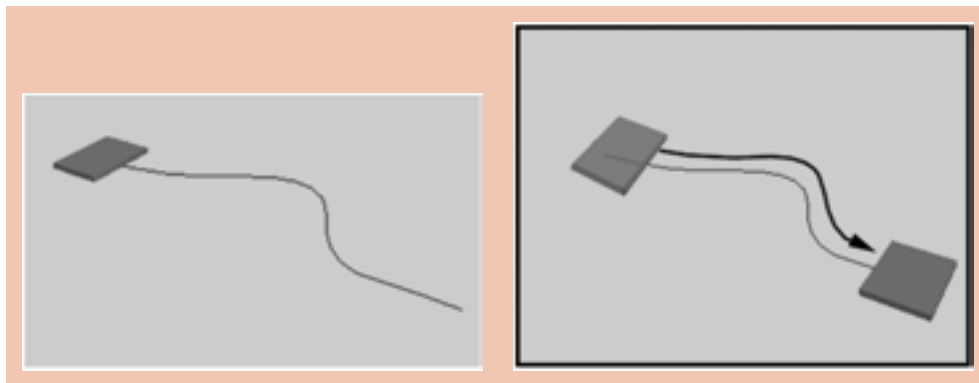
Otra posible aplicación es la de visualizar un valor determinado en forma de gráfica, mucho más clara y representativa que una simple lista de números, y que permiten al animador ajustar gráficamente cómo cambia un determinado parámetro a lo largo de la animación, viendo los máximos y mínimos y la rapidez e intensidad de los cambios de forma inmediata, o representar las deformaciones aplicadas sobre un objeto:



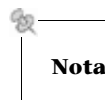


### Creación de recorrido

Una aplicación típica de las *splines* es crear el recorrido que servirá para animar la posición de los objetos cámaras y luces de la escena:



Por ello, a continuación se verán los conceptos principales relacionados con estas curvas.



#### Nota

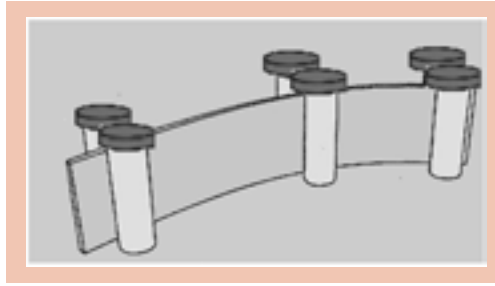
Las *splines* que se verán a continuación no están restringidas a un solo plano como aquí se representan, sino que pueden estar distribui-

das en el espacio tridimensional; esto será frecuente cuando se utilice una *spline* para definir la trayectoria de movimiento de un objeto en el espacio tridimensional.

### Curvas Spline

Una *spline* es una curva compuesta que se forma con secciones polinómicas que cumplen unas condiciones determinadas de continuidad en la frontera de las piezas, y queda definida por un conjunto de puntos; las curvas *splines* son curvadas normalmente, aunque pueden ser rectilíneas en tramos o en su totalidad.

En un principio, las *splines* se construían con una lamina flexible de madera o metal sujeta con clavos a una mesa, con lo que se obtenían curvas suaves:

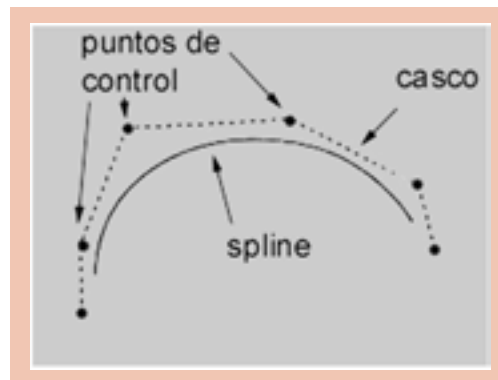


### Formación de *splines*

Actualmente, las *splines* se construyen matemáticamente en el ordenador a partir de una función cúbica polinómica que tiene la primera y segunda derivadas continuas en toda la curva; es, por tanto, una curva paramétrica, ya que queda definida por una serie de parámetros.

La forma de la *spline* viene determinada por los **puntos de control**, también llamados **vértices de control**; son necesarios un mínimo de 3 puntos para definir una *spline*; cada punto afecta a una determinada zona de la curva. La línea imaginaria que une los diferentes puntos de control mediante segmentos de rectas recibe el nombre de **casco** (la *spline* es la curva interpolada).

Con dos curvas *spline* ortogonales puede construirse una **superficie de spline** (por ejemplo, las curvas *nurbs*).



Hay que tener presente que para representar una *spline* algunos programas utilizan un conjunto de vértices y segmentos que conectan dichos vértices, haciendo la aproximación de la curva con muchos segmentos, por lo que la apariencia puede ser más o menos suave.

### Principales usos

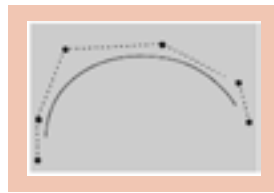
Las *splines* se utilizan principalmente para construir formas, recorridos (trayectorias de movimiento para los objetos, cámaras y luces), superficies 3D y representación y modificación de parámetros gráficamente.



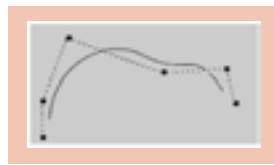
Las ventajas respecto a una **polilínea** (curva formada uniendo mediante rectas una serie de vértices) son:

- Sólo cambiando un punto cambia la forma de la curva.
- Representación de la curva muy compacta (es una fórmula matemática); ocupa poca memoria.
- Al estar expresada como una fórmula, se puede hacer un *zoom* sobre cualquier zona, y el resultado se recalculará con plena resolución, con lo que se obtendrán siempre curvas suaves.

Por ejemplo, dada la *spline* siguiente, definida por 6 puntos de control,



si se modifica la posición del cuarto vértice, cambiará la curva en la zona afectada por este punto:

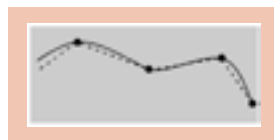


### Tipos de Spline

Existen diferentes tipos de *splines*, según los vértices que las definen:

- *spline* interpolada
- *spline* aproximada

1. **Spline interpolada:** la curva pasa por todos los puntos de control; es por ello útil cuando se necesita que la curva pase exactamente por unos puntos determinados, pero pueden producirse irregularidades y que la curva tenga bultos.



a) **Spline cardinal:** un tipo de *spline* interpolada es la *spline* cardinal, en el cual la curva pasa por todos los puntos menos por el primero y el último.



2. **Spline aproximada**: la curva no pasa por los puntos de control, sino que se acerca a ellos, permitiendo hacer curvas suaves, aunque los puntos no estén situados exactamente. Existen varios tipos:

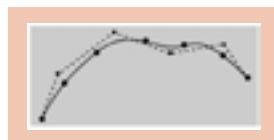
a) **B-spline** (de “*spline* básica”): los vértices de control sólo afectan a su región local de la curva o superficie. Se requieren 3 ó más puntos para generar la curva.



b) **Bézier**: curva inventada por Pierre Bézier para el diseño de carrocerías de coches de la marca Renault. La curva está definida por grupos de 4 puntos de control. Los puntos inicial y final tienen un vector tangente cuya dirección y magnitud determina la curvatura de la línea. Cambiando la dirección del vector, cambia la dirección de curvatura y cambiando la magnitud del vector varía el área afectada por el punto de control. Normalmente, sobre un punto de control se tienen dos vectores de direcciones opuestas trabajando como una unidad, y al girar uno gira el otro, para mantener la suavidad en el punto; si se desea producir una discontinuidad, tendrán que operar independientemente.



c) **Nurbs** (de “Non Uniform Rational *B-Splines*” o ‘*B-splines* racionales no uniformes’): en este tipo de *B-spline*, la curva pasa por el primer y último punto de control, pero no por los intermedios. Se dispone de una serie de **puntos de edición** directamente sobre la curva, de forma que es posible modificarlos cambiando su posición (para trabajar con más precisión) o se pueden modificar los puntos de control (tanto en posición como su peso) para trabajar de forma más global sobre toda la curva. Se combinan así las ventajas de las *splines* interpoladas con las de las *splines* aproximadas. Se estudiarán con más detalle al hablar de las **Superficies nurbs**.



Lo comentado hasta ahora es aplicable en general a cualquier programa que utilice *splines*, si bien cada *software* puede tener otros o diferentes tipos de *splines* y opciones particulares.

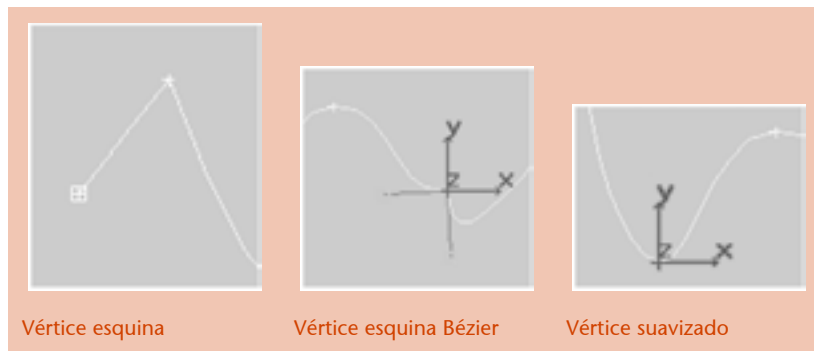
A continuación, veamos cómo son en 3D Studio las curvas *splines*.

## Splines en 3D Studio Max

La terminología que utiliza 3D Studio referente a las *splines* es la siguiente:

**Vértice:** punto en el espacio, que se conecta con otro vértice mediante un segmento. Existen 3 tipos de vértices: Bézier, Suavizado, Esquina. El vértice es un subobjeto (componente de un objeto) del objeto “**Formas**”.

Los tipos de vértice para las *splines* de 3D Studio son los siguientes:



Con los vértices tipo Bézier y Bézier esquina es posible tirar de las “asas de tangente” (cuadrados verdes) para cambiar la curva en ese punto.

**Segmento:** tramo de la *spline* situado entre dos vértices. Puede ser rectilíneo o curvo, dependiendo del tipo de vértices que se encuentran en sus extremos. Es un subobjeto del objeto “**Formas**”.

**Asas de tangente:** controles disponibles en los vértices del tipo Bézier (y Bézier esquina) para modificar la curvatura del segmento en la entrada y salida del vértice. En los de tipo Bézier actúan de forma conjunta, mientras que en los Bézier esquina pueden operar por separado.

**Pasos:** número de divisiones de un segmento curvo; permite hacer las curvas más o menos suaves, ya que todas las curvas construidas con las *splines* del menú “**Splines**” de 3D Studio son realmente aproximaciones con segmentos de recta (en el caso de las superficies *nurbs* se suavizará al hacer la representación). Al aumentar el número de pasos se hará más suave la curva, pero también aumentarán los vértices y caras generados cuando se construyan objetos tridimensionales. Si se establecen 0 segmentos, se tendrá una recta entre los dos vértices.

**Recorrido:** forma constituida por una sola *spline* utilizada como trayectoria para otro elemento (cámaras, solevados, etc.).

## Formas

El término **forma** en 3D Studio se refiere a un objeto compuesto por una o más *splines*.

Una forma no tiene volumen (es un conjunto de líneas que no tienen grosor). Por tanto, no es directamente representable, aunque dependiendo del programa existe la posibilidad de definir un grosor: en 3D Studio hay que activar la opción “Representable” en el apartado “General / Representación”.

Las formas se utilizan para generar objetos tridimensionales mediante diferentes técnicas:

- **Extrusión**
- **Solevación**
- **Revolución**

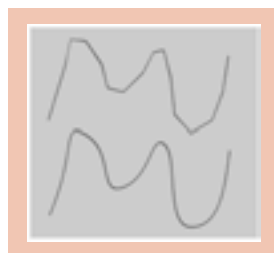
Las formas que pueden generarse pueden ser polígonos regulares definidos o de cualquier forma y combinaciones entre ellos.

---

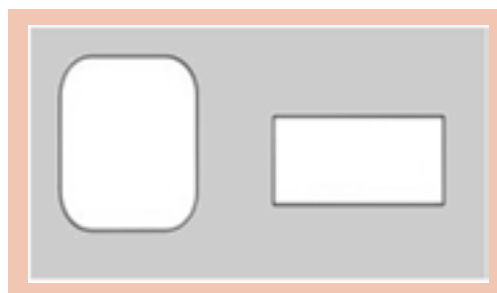
*En el ordenador, una forma curva puede ser construida a partir de una función matemática o ser una aproximación de la curva real mediante segmentos de recta; a mayor número (y menor longitud), más aproximada será la curva a la real.*

---

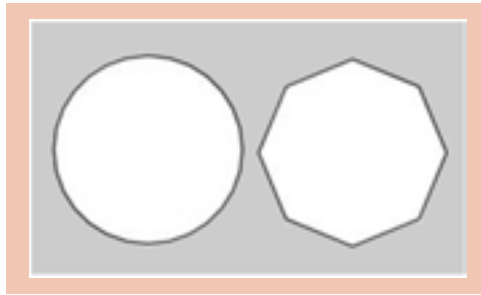
## Líneas con diferentes aproximaciones



## Rectángulos

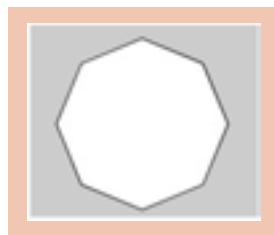


### Círculos con diferentes aproximaciones

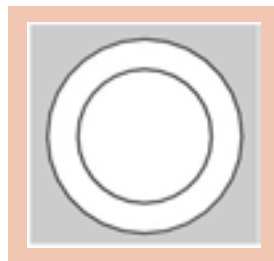


Observad que la figura de la derecha podría ser considerada como un octágono.

### Polígono de 8 lados (octágono)



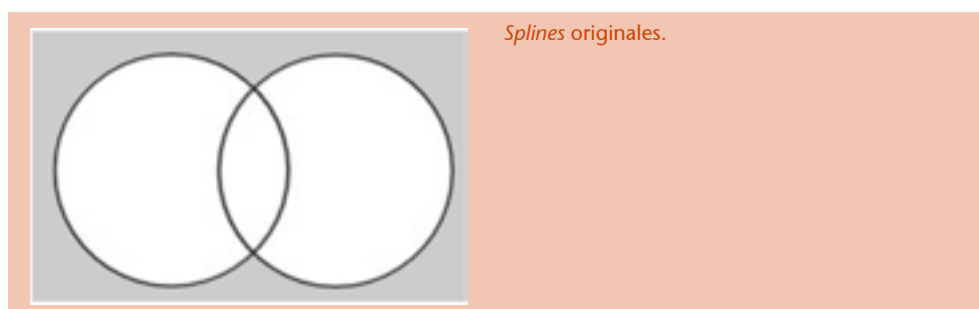
### Corona circular



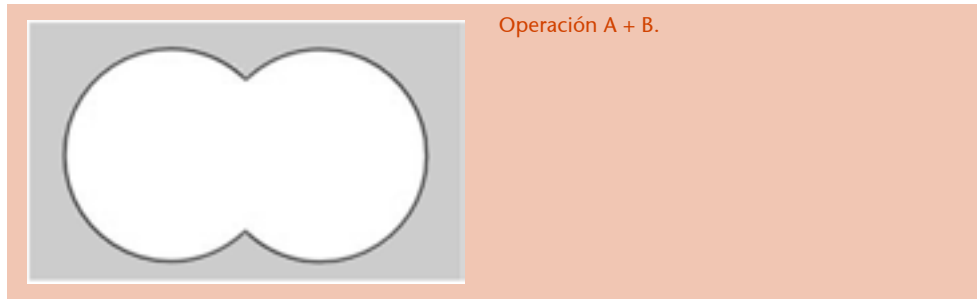
Es posible crear formas de cualquier apariencia, creándolas “a mano alzada” (con la herramienta de línea y otras predefinidas), modificando las curvas disponibles en el programa o bien combinando dichas curvas; sumándolas, restándolas y obteniendo otras nuevas a partir de su intersección. Si, por ejemplo, se parte de una forma que contenga dos *splines* circulares que se solapen, se pueden obtener varias formas como combinación.

Es posible crear formas de cualquier apariencia mediante operaciones booleanas.

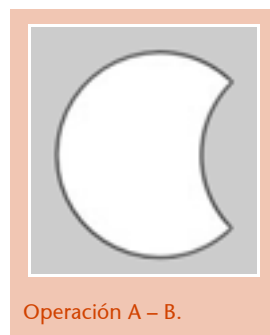
Si partimos de dos *splines* en forma de círculo, parcialmente solapadas, como se muestra a continuación, a las que llamaremos “A” y “B”, realizaremos una serie de operaciones con ellos:



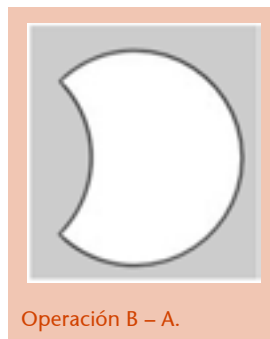
La suma de los dos círculos daría una nueva forma donde las líneas interiores desaparecen:



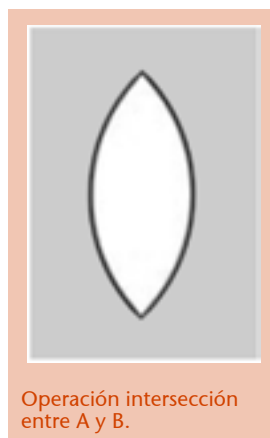
La resta del círculo de la izquierda al que se le ha quitado el de la derecha dará como resultado:



En el caso contrario al anterior, al círculo de la derecha se le ha quitado el de la izquierda.



La intersección de los dos círculos dará como resultado la forma que queda comprendida en el espacio común de los dos, en este caso en forma de lente:



## Etapa 3: Generación de objetos 3D mediante *nurbs*

### Superficies *nurbs*

Como se comentó para las curvas *nurbs*, el término es el acrónimo de *Non Uniform Rational Basis Spline* ('*B-splines* racionales no uniformes'); en este caso se trata de superficies generadas íntegramente a partir de *splines* del tipo *nurbs*, representadas de forma paramétrica.

Las curvas racionales (las curvas y superficies *nurbs*) son invariantes al aplicar sobre los puntos de control cualquiera de las transformaciones conocidas de traslación, escalado, rotación o perspectiva, y, por tanto, aplicando la transformación de perspectiva sobre dichos puntos, podrán utilizarse para generar la transformación de perspectiva de la curva original.

Si bien el funcionamiento de las *nurbs* es similar al de los objetos solevados, donde una serie de perfiles que constituyen el "esqueleto" son recubiertos por una "piel" en el momento de crear el objeto, las superficies *nurbs* conservan la información dada por las *splines* y generan el recubrimiento en el momento de hacer la representación, dándole mucho más detalle y consiguiendo una superficie mucho más suave y de aspecto más orgánico. Aunque en los visores se vea la superficie, no se han creado vértices y caras "reales". Esto, unido a las opciones que permiten modificar y animar las curvas y superficies *nurbs*, las convierten en una herramienta muy útil a la hora de hacer modelado y animación de personajes, o en el diseño de objetos donde las curvas suaves sean necesarias.



Aplicación de *nurbs* para modelado orgánico.



Ampliación detalle para observar suavidad de las curvas.

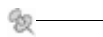


### Ventajas de las curvas *nurbs*

Las ventajas de las curvas *nurbs* pueden extrapolarse para las superficies generadas con dichas *splines*:

- Pueden representar cualquier forma, desde líneas a secciones cónicas y curvas de forma arbitraria y, por tanto, también las superficies que generan.
- Se posee un alto control sobre la forma de la curva / superficie, a partir de unos puntos de control con los que se controla la forma final.
- Pueden representar formas complejas con muy pocos datos, a diferencia de guardar la información de coordenadas de los vértices que constituyen una figura; por ejemplo, un círculo, si se almacena como segmentos, requiere una gran cantidad de coordenadas para que tenga suficiente definición, mientras que con curvas *nurbs* tan sólo requiere 4 puntos.
- Al ser generadas matemáticamente son independientes de la resolución de pantalla.
- Son fácilmente animables, animando únicamente los puntos de control.

La generación de este tipo de superficies se realiza a partir de complejas fórmulas matemáticas, y las opciones para su creación en cualquier programa de 3D acostumbran a ser abundantes, por lo que se hará tan sólo una reseña.



Tan sólo para ver la complejidad de los cálculos que implica la generación de las *nurbs*, a continuación se presentan las fórmulas matemáticas que definen una curva y superficie *nurbs*:

Para generar una **curva *nurbs*** la fórmula que la define es:

$$C(t) = \frac{\sum_{i=0}^n N_{i,p}(t)w_i P_i}{\sum_{i=0}^n N_{i,p}(t)w_i}$$

donde:

- $N_{i,p}$  es la función básica *B-spline*
- $P_i$  son los puntos de control
- $w_i$  es el peso del punto  $P_i$
- $P_i^h$  es un punto homogéneo



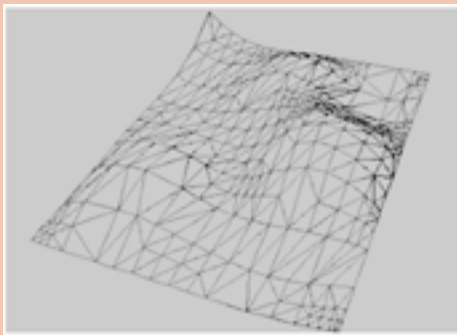
Para generar una **superficie nurbs** de grado  $(p,q)$  donde:

$$S(u, v) = \frac{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n N_{i,p}(u) N_{j,q}(v) w_{i,j} P_{i,j}}{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n N_{i,p}(u) N_{j,q}(v) w_{i,j}}$$

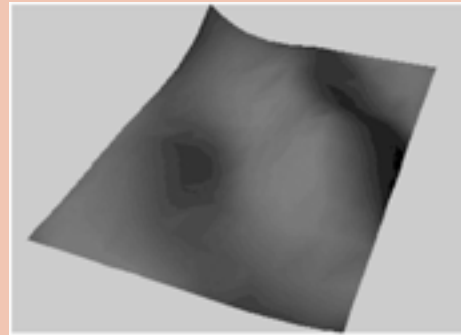
- $N_{i,p}$  y  $N_{j,q}$  son las funciones básicas *B-spline*
- $P_{i,j}$  son los puntos de control
- $w_{i,j}$  es el peso del punto  $P_{i,j}$
- $P_{i,j}$  es un punto homogéneo

## Teselado

Como se ve, para calcular cualquier punto de la superficie hay que hacer bastantes cálculos, teniendo en cuenta los pesos de los puntos de control y las curvas *B-spline* que definen la forma, pero se consigue una superficie totalmente suave; no obstante, para representar la superficie en pantalla, la mayoría de programas acaban dividiéndola en caras poligonales y aumentando su número allí donde sea necesario según la forma y la proximidad a la cámara; este procedimiento se conoce como **teselado**:

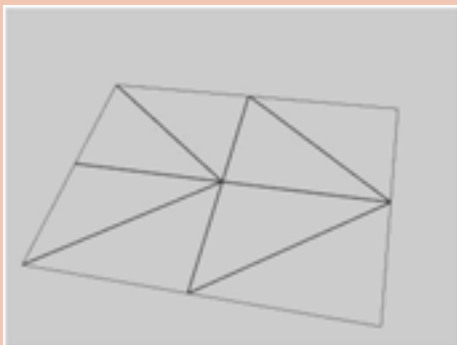


Superficie *nurbs* en representación alámbrica.

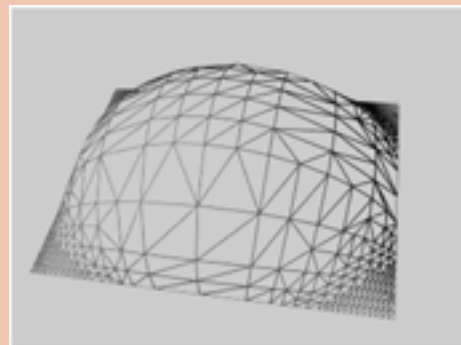


Superficie *nurbs* en representación en sombreado.

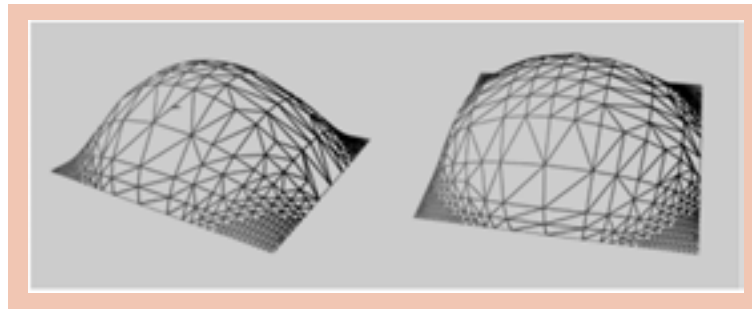
Aquí puede observarse cómo la superficie se adapta creando más caras donde es necesario:



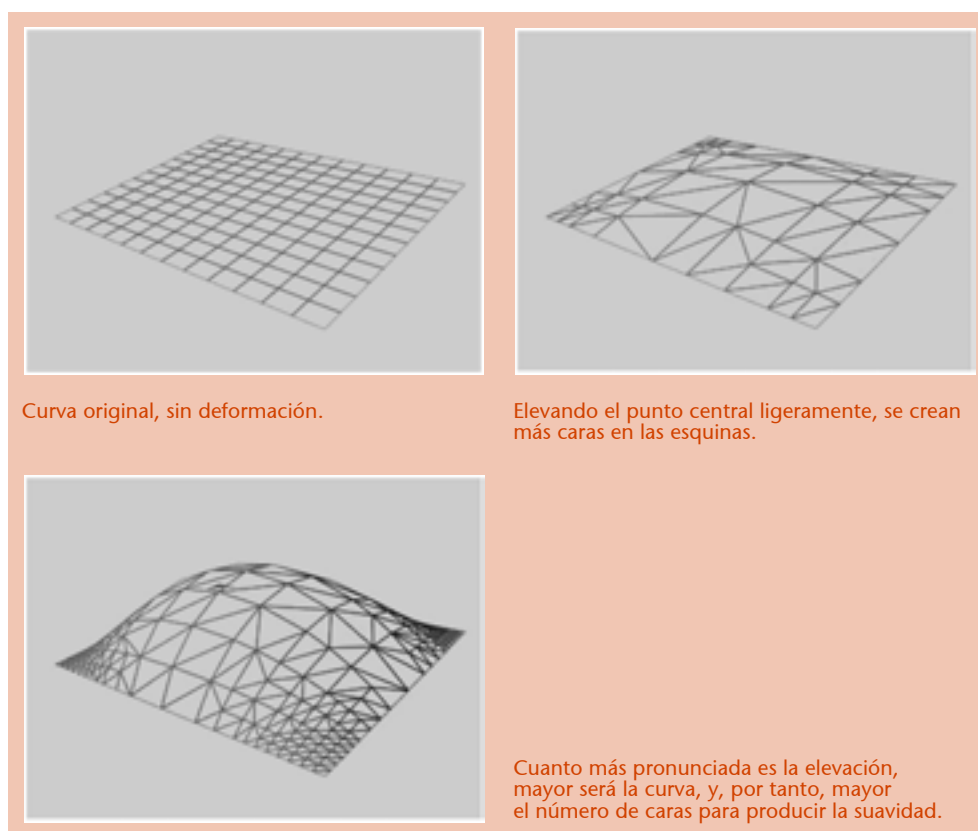
Superficie de  $3 \times 3$  puntos.



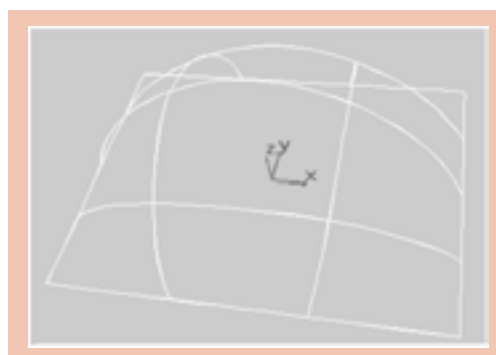
La superficie con el punto central elevado.



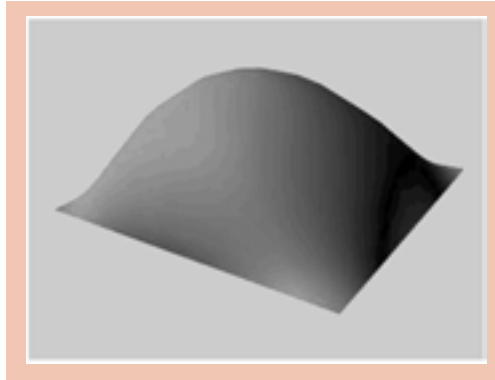
Como podemos ver, al deformar la superficie en determinados puntos, son necesarias más caras para producir la curvatura de forma más suave. Observad cómo al elevar el punto central en una superficie, en las esquinas se crean más caras y de menor tamaño para poder representar mejor la curvatura:



Éstas son las curvas que constituyen el “esqueleto” de la superficie anterior, con el punto central elevado:



Y éste sería el recubrimiento que se genera al hacer una representación de la escena:



Haciendo una aproximación a la superficie, se observa cómo continúa siendo suave (por mucho que se acerque la cámara, se recalcula la superficie al hacer la representación):



Como se puede ver, el suavizado es perfecto a cualquier distancia, y muy indicado para representar superficies orgánicas.

### Conceptos sobre *nurbs*

---

Algunas definiciones necesarias para trabajar con *nurbs* ('*B-splines* racionales no uniformes'):

- ***B-spline*** ('*spline* básica'): curva creada con el método que interpola a partir de tres o más puntos.
- **Racional**: la ecuación que representa a la curva o superficie se expresa como relación entre dos polinomios y no como un único polinomio sumatorio.
- **No uniforme**: quiere decir que el ámbito de influencia del punto de control puede variar, es útil para modelar superficies irregulares.

- **Vértices de control (VC):** puntos que controlan la forma del objeto de forma local: al cambiar su peso o moverlos, no cambia ninguna parte del objeto situada fuera de los VC adyacentes.
- **Propiedad de “casco convexo”:** existe una celosía de control que conecta todos los VC, que rodea a la superficie.
- **Grado de la curva:** es el mayor exponente de la ecuación que expresa la curva; para las *nurbs* se trata de ecuaciones cúbicas, de grado 3.
- **Continuidad de la curva:** las curvas *nurbs* son continuas en todo su recorrido, no tienen ninguna interrupción. Una curva de tercer grado puede generar una curva continua, y si es de grado mayor, puede presentar irregularidades. Hay diferentes niveles de continuidad, expresados como  $C^n$ , donde  $n = 0$  para una curva que tenga un ángulo o cúspide.
- **Refinar la curva:** para conseguir un control más preciso sobre la forma de la curva, pueden añadirse más vértices de control; al hacerlo, la forma no varía inicialmente, pero los VC adyacentes se alejan del VC añadido.

## Etapa 4: Animación con fotogramas clave (*keyframes*)

### Introducción

---

La técnica de animación con **fotogramas clave**, también llamados **cuadros clave** o, para abreviar, **claves** (aunque el término más utilizado en el mundo de la animación es el de *keyframes* o *key*, en inglés) es la más básica y común a cualquier programa de animación, ya sea 2D ó 3D, pero no por ello la menos potente, ya que permite un control exacto de la animación por parte del animador, a costa de un trabajo mayor.

En un programa de 3D, los fotogramas clave pueden guardar diferentes tipos de información: la posición, rotación y escalado de un objeto, la intensidad de un foco de luz, el color de fondo de la escena, el brillo de un material; en definitiva: cualquier propiedad susceptible de ser animada. En 3D Studio, todo (o prácticamente todo) es animable.

Por ello, se estudiará inicialmente la técnica de animación con cuadros clave de forma directa y utilizando el **Track View** para modificar las propiedades de la animación.

Una vez que el animador ha definido los fotogramas clave, el programa se encarga de generar los **fotogramas intermedios**, utilizando diferentes técnicas de interpolación; dependiendo de cómo se haga esta interpolación de valores, los cambios se producirán de forma más o menos rápida, acelerándose, desacelerándose, etc.

Como se ha dicho, la información de la animación se graba en los fotogramas clave, siendo el animador el encargado de definir los parámetros que se animarán, y el ordenador, el encargado de generar los valores intermedios para estos parámetros; no obstante, el animador tiene también la posibilidad de especificar cómo se realizarán estos cambios entre claves, para producir aceleraciones, cambios bruscos de velocidad y posición; en la sección “**Tangentes de clave**” pueden verse diferentes formas de interpolar valores entre claves.

### Animación con fotogramas clave en 3D Studio Max

---

#### Conceptos básicos

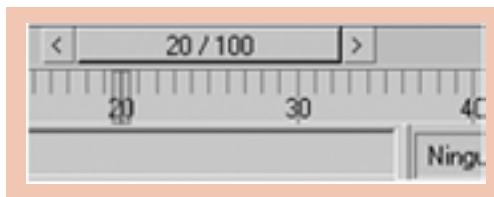
- **Animar:**

Al activar el botón “**Animar**” que se encuentra en la parte inferior derecha de la pantalla, 3D Studio grabará cualquier cambio que se realice en la escena:



- **Regulador de tiempo:**

Al cambiar la posición de un objeto, su rotación o escala, se creará un fotograma clave para el fotograma actual, que es el que viene determinado por la posición del botón “Regulador de tiempo” (o “barra de fotogramas” en la parte inferior de la pantalla):



En el ejemplo mostrado, estamos situados en el fotograma número 20 de los 100 que dura la animación.

- **Configuración de tiempo:**

Por defecto, las animaciones tienen 100 fotogramas, pero esto puede cambiarse a voluntad, accediendo a la ventana de configuración de tiempo, pulsando el icono “Configuración de tiempo”.



Se mostrará la ventana de opciones siguiente:



En la sección “Animación”, el campo “Longitud” permite alargar o acortar el **segmento de tiempo activo** de la animación (los fotogramas “visibles” sobre los que se trabaja en la animación), añadiendo más fotogramas al final de nuestra animación (si hemos escogido una duración mayor que la actual) o recortando (y perdiendo) por el final si la duración es menor que la actual.

También es posible expandir o comprimir la animación actual para que dure más (se reducirá la velocidad de movimiento de los objetos) o menos (se acelerarán los cambios) con la opción de “Reescalar tiempo”.

- **Reproducir:**

Una vez que se ha creado el fotograma clave, se desactiva el botón “Animar” si no es necesario crear ninguno más, para evitar la creación de claves indeseadas.

Al reproducir la animación (dando al botón “Reproducir” de los controles de visores) podrá observarse la animación, y cómo el objeto se transforma entre los fotogramas clave.

También puede reproducirse la animación fotograma a fotograma, arrastrando el botón “Regulador de tiempo”, siendo posible observar las claves porque en los visores los objetos aparecen enmarcados en blanco, indicando que tienen algún tipo de valor memorizado.

## Actividad

Como ejemplo, realizad la siguiente animación, siguiendo paso a paso el proceso descrito a continuación:

- **Objetivos:**

Esta actividad está pensada para aprender, de una manera sencilla y mediante un ejemplo, la creación de animación con la técnica de los fotogramas clave (más adelante se estudiará el controlador de posición Bézier, que es el que se está utilizando por defecto al hacer esta animación).

- **Enunciado:**

Se trata de hacer una pequeña animación con una esfera que realizará un movimiento senoidal (como ondas).

La animación mediante cuadros clave y con el controlador de posición Bézier es la manera más directa de animar, ya que el animador define las claves y el controlador genera las interpolaciones entre las claves de la animación, aplicando una curva de animación Bézier.

- **Resolución:**

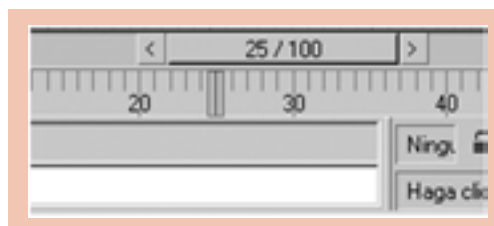
1. Crear una esfera, aproximadamente, de radio 25.
2. Activar el botón “Animar”.



3. Situar la esfera en el centro de coordenadas (0,0,0). Para situar objetos en coordenadas concretas, hay que acceder al cuadro de dialogo del botón “seleccionar y mover” para introducir coordenadas mediante el teclado. Para que aparezca dicho cuadro de dialogo, hay que pulsar el botón “seleccionar y mover”; para activarlo, a continuación, se debe situar el cursor encima del botón activado y pulsar el botón derecho del ratón. Automáticamente, se crea la primera clave de la animación con los valores que se han introducido.



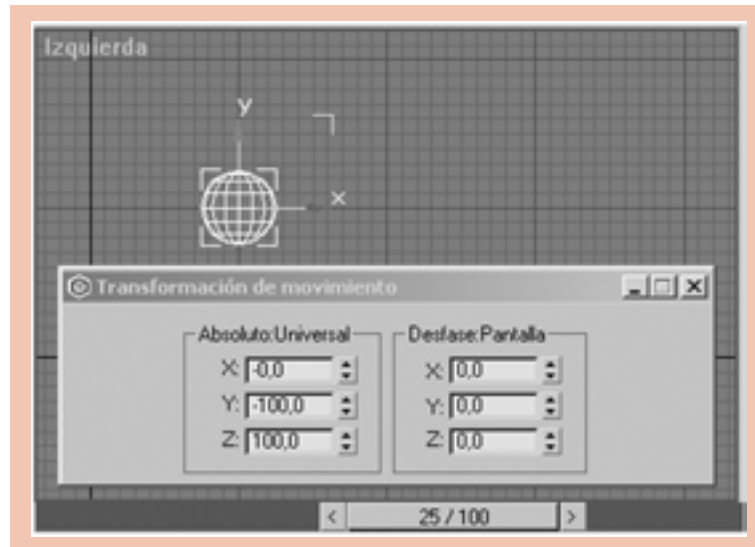
4. Ir al fotograma 25, desplazando la barra del regulador de tiempo, situada en la parte inferior.



5. Desplazar la esfera a las coordenadas  $X = 0$ ,  $Y = -100$ ,  $Z = 100$ , teniendo en cuenta el visor “izquierda” e introduciendo las coordenadas en el cuadro de diálogo,

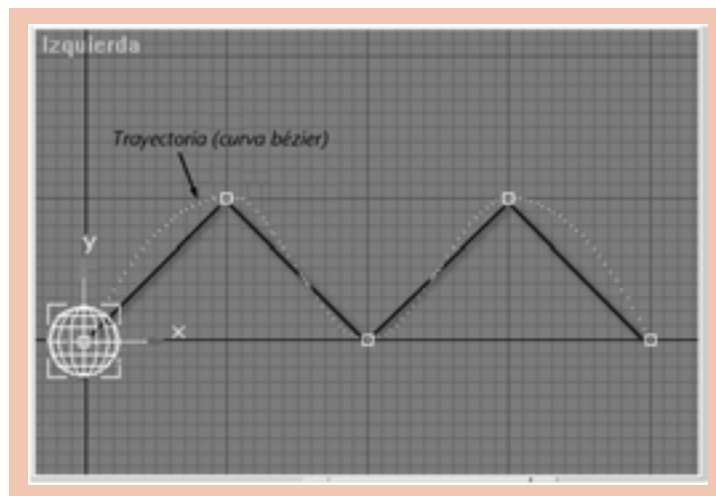
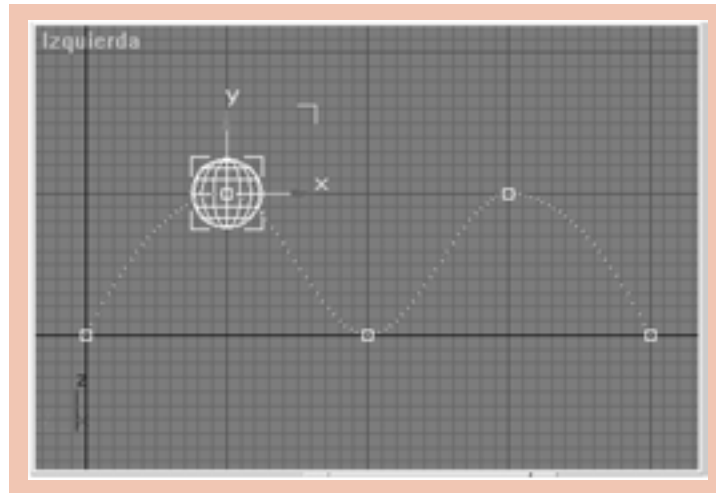


como en el paso 2. Aunque también se puede desplazar la esfera manualmente a dichas coordenadas, a unas coordenadas aproximadas, aquí se hará con unas coordenadas exactas. Automáticamente, se crea la segunda clave de la animación con los valores que se han introducido.

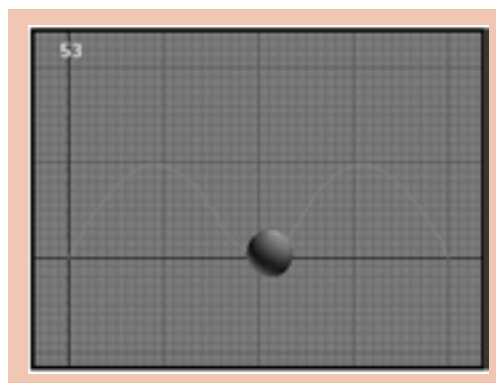


6. Ir al fotograma 50.
7. Desplazar la esfera a las coordenadas  $X = 0$ ,  $Y = -200$ ,  $Z = 0$ , de la misma forma que en el paso 5. Automáticamente, se crea la tercera clave de la animación con los valores que se han introducido.
8. Ir al fotograma 75.
9. Desplazar la esfera a las coordenadas  $X = 0$ ,  $Y = -300$ ,  $Z = 100$ , de la misma forma que en el paso 5. Automáticamente, se crea la cuarta clave de la animación con los valores que se han introducido.
10. Ir al fotograma 100.
11. Desplazar la esfera a las coordenadas  $X = 0$ ,  $Y = -400$ ,  $Z = 0$ , de la misma forma que en el paso 5. Automáticamente, se crea la quinta y última clave de la animación con los valores que se han introducido.
12. Desactivar el botón "Animar".
13. Pulsar el botón de "play" para ver la animación.

Si se han seguido los pasos correctamente, la animación resultante tiene que ser la esfera describiendo un movimiento ondulado. Aproximadamente, como se observa en la siguiente imagen:



En la animación resultante apreciable en el visor “izquierda” se ha recreado la trayectoria, aunque en la representación final no se mostrará:

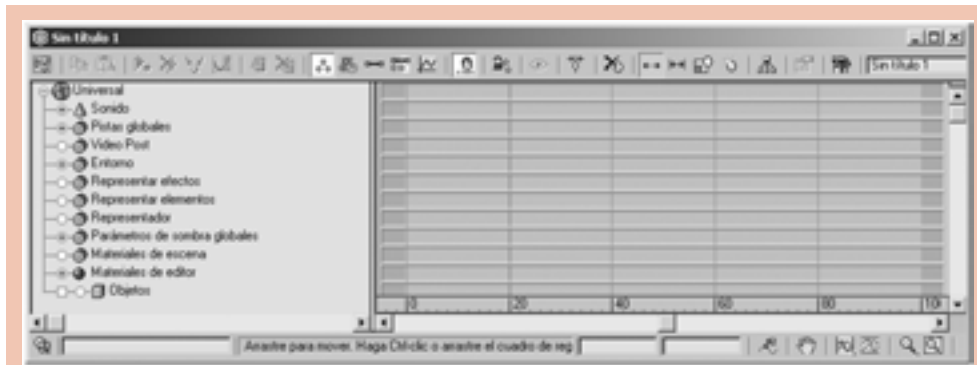


## Track View

---

El Track View (‘vista de pistas’) es la ventana desde la cual se controlan todos los parámetros de la animación.

Al abrir el Track View se muestra la siguiente ventana:



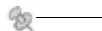
Ventana Track View.

Al entrar en el Track View, estamos por defecto en el modo “**Editar claves**”, aunque puede cambiarse a otros modos según la tarea que deba realizarse.

En la parte izquierda de la ventana se muestran, de forma jerárquica, todos los elementos de la escena, pudiendo acceder a cualquier parámetro particular de un elemento, simplemente desplegando las ramas del árbol jerárquico hasta llegar al nivel del parámetro deseado; y la pista a ese nivel representa los cambios de dicho parámetro en el tiempo.

En la parte derecha de la ventana, se muestran las diferentes pistas, donde el eje horizontal representa el tiempo en fotogramas, según marca la escala graduada en la parte superior de la ventana.

El segmento de tiempo activo (los fotogramas que dura la animación) está representado en color gris claro.



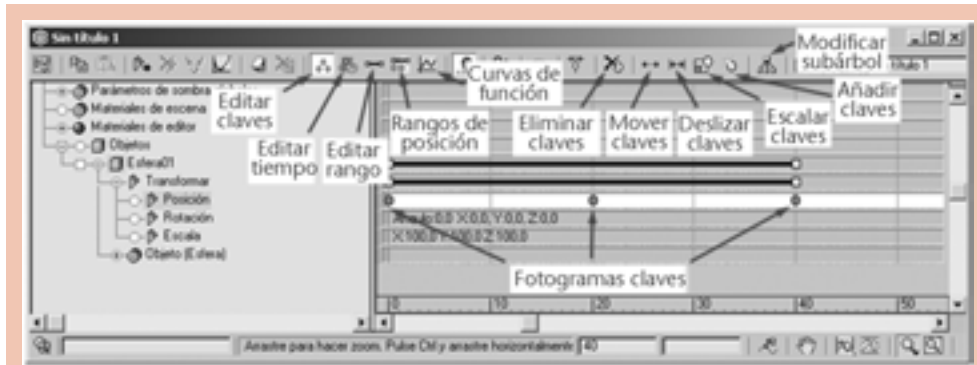
Es posible tener varias ventanas de Track View abiertas simultáneamente, para poder trabajar en diferentes secciones de la animación, o con diferentes objetos.

Resulta muy útil estar visualizando los visores a la vez que se opera con el Track View, por lo que se aconseja trabajar con dos moni-

tores: en uno se muestra sólo el Track View, mientras que en el otro se visualiza la animación en los visores. Si sólo se dispone de un monitor, puede aumentarse la resolución, o situar el Track View en uno de los visores, cambiando la distribución y el número de visores desde el menú “Personalizar/Configuración de visores/Formato”.

Si la escena contiene animación creada con el botón “**Animar**” activado y habiendo hecho dos cambios de la posición de una esfera para los fotogramas 0 ( $X = 75, Y = 0, Z = 0$ ), 20 ( $X = 75, Y = 0, Z = 80$ ) y 40 ( $X = 75, Y = 0, Z = 0$ ), se visualizarán los fotogramas clave como pequeños puntos en color gris para los fotogramas 0 (siempre el fotograma 0 será un cuadro clave, a no ser que se elimine o desplace), 20 y 40, en la

rama “**Posición**” dentro de la rama “**Transformar**” de la esfera, tal como se puede apreciar:



Ventana Track View en el modo “**Editar Claves**”.

### **Añadir, borrar y editar claves**

Es posible crear la animación directamente en la ventana Track View añadiendo, borrando y editando las claves en la pista que se desee. Una clave seleccionada aparece como un punto de color blanco, y con el botón de la derecha se podrá editar su valor.

Para **añadir una clave**, hay que pulsar el icono resaltado y, situando el cursor sobre la pista deseada, hacer un clic sobre el fotograma deseado:



Para **borrar una o varias claves**, hay que seleccionarlas con el cursor y pulsar el icono “**Eliminar claves**”:



Se puede **acceder a la información memorizada en un fotograma clave**, pulsando el botón de la derecha sobre el punto gris que representa el fotograma clave; al seleccionarlo, éste se pondrá en color blanco (como cualquier elemento seleccionado en 3D Studio), y aparecerá la siguiente ventana:



Información de fotograma clave.

Presionando el botón “**Avanzado**” pueden observarse y modificarse algunas propiedades avanzadas del fotograma clave:



Desde los campos “**Valor de X**”, “**Valor de Y**”, “**Valor de Z**”, es posible cambiar manualmente (introduciendo directamente el valor o con las flechitas) las coordenadas memorizadas en el fotograma clave, y estos cambios se verán reflejados en los visores si el fotograma actual (el fotograma indicado por el botón “**Regulador de tiempo**”) coincide con el fotograma clave que estamos editando.

### Tangentes de clave

Otro factor que debe tenerse en cuenta es cómo se realiza la interpolación entre fotogramas clave, ya que los cambios de valor entre fotogramas clave pueden producirse de forma lineal, cambiar bruscamente, exponencialmente o que el usuario defina gráficamente cómo se producen estos cambios; para ello se utilizan las “**Tangentes de clave**”, a las que se accede presionando los recuadros inferiores “**Dentro**” y “**Fuera**”:



“**Dentro**” define cómo se realiza la interpolación entre el fotograma clave anterior y el actual, mientras que “**Fuera**” definirá cómo se tiene que realizar la interpolación entre el actual y el siguiente:



Los tipos de tangente de clave para un fotograma clave no tienen que ser iguales; el tipo de tangente de clave "Fuera" para una clave y el "Dentro" del siguiente cuadro clave puede ser igual o no, como en el caso en que se requiera que los cambios empiecen despacio y vayan acelerándose en el tiempo, en que se escogería una combinación "lento-rápido".

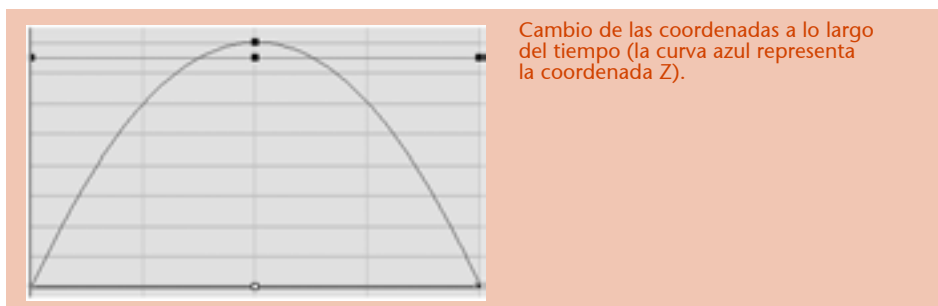
### Tipos de tangente y sus comportamientos

Los diferentes tipos de tangente y su comportamiento son los siguientes:

- **Tipo Suavizar:**



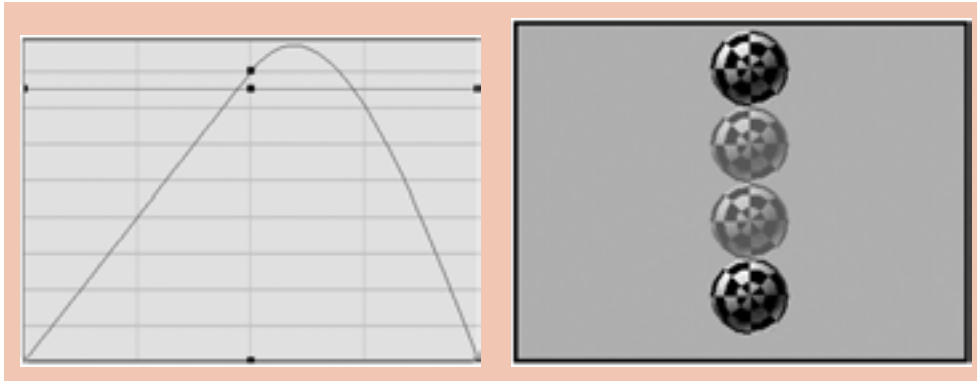
Provoca una interpolación regular de los valores entre claves; si se representan los valores de las coordenadas a lo largo del tiempo mediante una gráfica, es más fácil hacerse una idea de cómo cambia un parámetro con el tiempo; para ello, se utiliza el modo de representación "Curvas de función" que se verá en la siguiente etapa, pero que ahora se utilizará para visualizar y demostrar el efecto al cambiar el tipo de tangente:



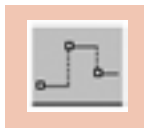
- **Tipo Lineal:**



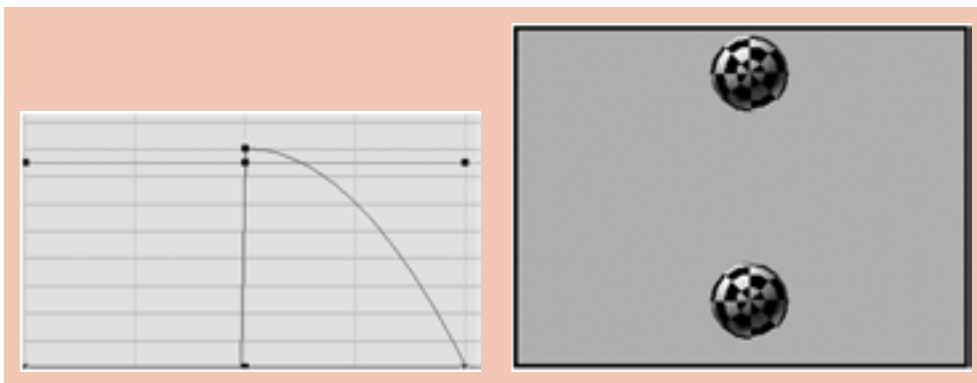
Provoca una interpolación lineal de los valores entre claves.



- **Tipo Paso:**



Provoca una interpolación brusca de los valores entre claves (cambia de forma binaria), en forma de escalón.



- **Tipo Rápido:**



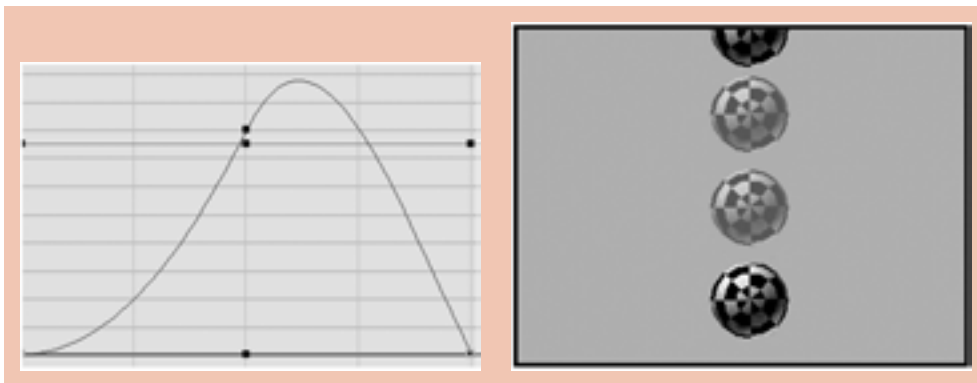
Provoca una interpolación que se acelera alrededor de la clave.

- **Tipo Lento:**



Provoca una interpolación que se desacelera alrededor de la clave.

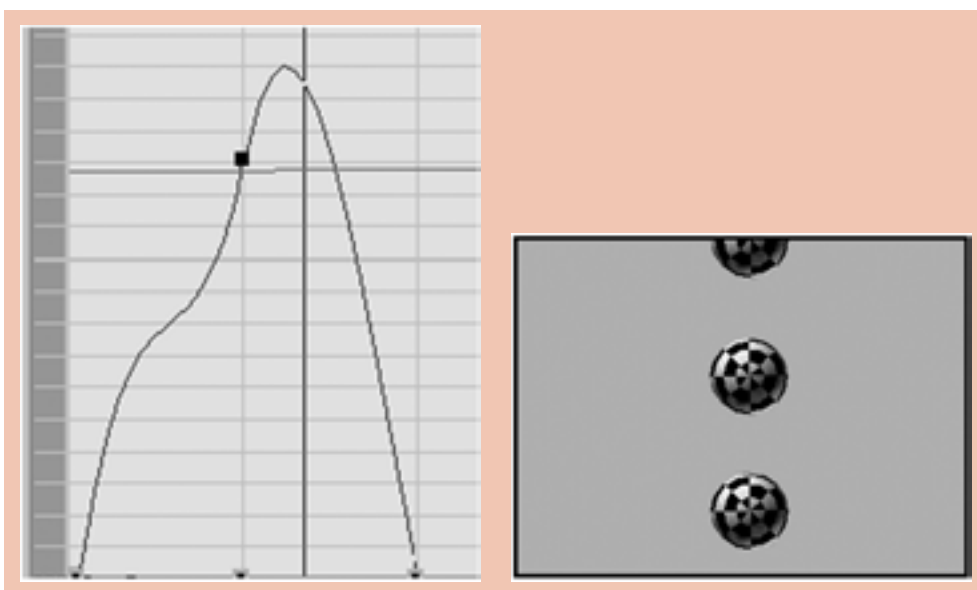
La combinación de estos dos últimos tipos es habitual para producir los efectos de aceleración y desaceleración de movimiento:



- **Tipo Sistema Personalizado:**



Hace que aparezcan las asas de tangente, de forma que el animador puede controlar la curva en la clave, y por tanto la pendiente en las proximidades, con lo que se puede hacer más plana o más pronunciada.





## Etapa 5: Curvas de función

### Curvas de función en 3D Studio Max

En la etapa anterior hemos visto cómo la representación de los cambios de las coordenadas de posición mediante gráficas facilita la comprensión del movimiento de un objeto. La mayoría de los programas de animación permiten utilizar este tipo de representación del movimiento como complemento a la visualización directa de la animación en pantalla, con la opción de editar estas gráficas manualmente y trabajar de forma más cómoda y precisa que editando fotograma a fotograma.

En 3D Studio es posible mostrar de forma gráfica cómo cambian los parámetros de animación, activando el icono que conmuta al modo de representación de curvas de función:



Continuando con el ejemplo de la etapa anterior, si se tiene la rama de “**Transformación/Posición**” seleccionada, en la zona de las pistas se mostrarán tres curvas (una de color rojo, otra, verde, y la otra, azul) que representan las componentes X, Y y Z respectivamente.



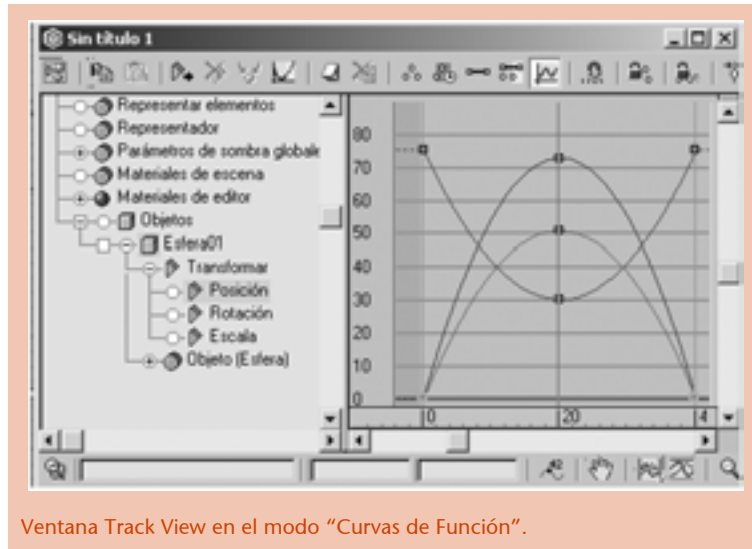
Como norma general, 3D Studio representa los parámetros en diferentes colores; en este caso, las componentes RGB corresponden a las coordenadas XYZ.

También aparecerán nuevos iconos en la barra de iconos del Track View:



### Animación con 3 fotogramas clave

Para una animación con tres fotogramas clave donde un objeto esfera se mueve en los tres ejes, lo que se mostrará en el Track View es lo siguiente:

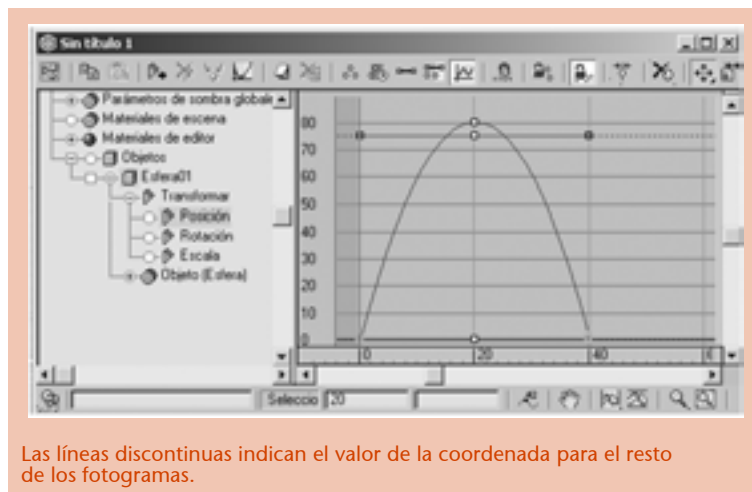


Se puede observar que los puntos que representaban los fotogramas clave han sido sustituidos por curvas, que reflejan el cambio que sufren las coordenadas a lo largo del tiempo; estos cambios se producen interpolando los valores memorizados en los fotogramas clave, de forma más o menos suavizada, ya que el controlador que se ha aplicado por defecto es el **controlador de posición Bézier**, con lo que las curvas son *splines* (como las que se pueden dibujar y editar desde la creación de objetos tipo *spline*).

Supongamos, por ejemplo que tenemos una esfera que tenga tres cuadros claves con las siguientes posiciones:

	Clave 1 (fotograma 0)	Clave 2 (fotograma 20)	Clave 3 (fotograma 40)
Coordenada X =	75	75	75
Coordenada Y =	0	0	0
Coordenada Z =	0	80	0

El movimiento que realizará será un bote hasta alcanzar la altura de 80 unidades, no estando la esfera en el origen, sino desplazada 75 unidades en el eje X durante toda la animación. Activando la representación de curvas de función, se verá lo siguiente:

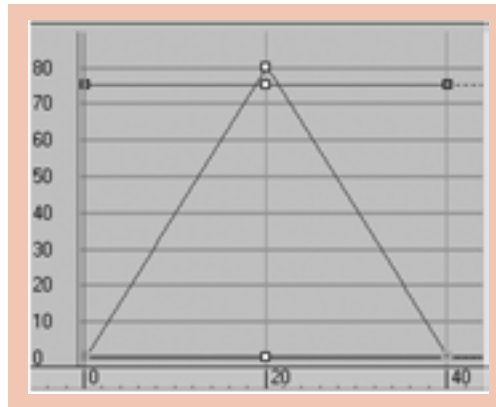


Observad cómo el movimiento reduce su velocidad al acercarse a la posición más elevada, debido a que el parámetro representado por la curva azul (la componente Z) para ese margen de tiempo (alrededor del fotograma 20) no cambia tan rápidamente.

Si ahora cambiamos las tangentes de clave para las tres claves, escogiendo la “lineal”,



la representación de la posición en el modo “**curvas de función**” muestra el siguiente aspecto:



La curva azul indica que los cambios de la componente Z se producen de forma lineal durante todos los fotogramas, no habiendo cambios de velocidad.

En la animación final, la velocidad es constante, dando al movimiento un aspecto mecánico.

Vemos cómo, dependiendo del tipo de tangente de clave seleccionado, los valores interpolados entre fotogramas clave pueden variar, ya que varía la curva que los genera, afectando al movimiento entre fotogramas clave; la elección de uno u otro tipo de interpolación va a ser muy importante para conseguir los efectos de cambio de velocidad en el movimiento o en cualquier otro parámetro que se esté interpolando.

## Actividades

---

### Actividad de animación con fotogramas clave con Track View

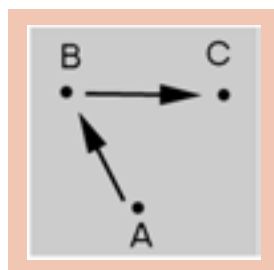
Vamos a realizar unas actividades complementarias en las que se aplicará y pondrá en práctica lo estudiado hasta el momento.

#### Objetivos:

Conocer la técnica de animación con fotogramas clave, profundizando en la utilización del Track View, y cómo representar la escena para conseguir un vídeo de la animación. Se supone un conocimiento previo de las técnicas de modelado, creación de materiales, iluminación y enfoque de escenas, y, como éste no es el objetivo de la actividad, se trabajará con escenas simples, dejando al estudiante la tarea de texturizar e iluminar la escena correctamente.

#### Enunciado:

Se trata de crear la animación de un texto que se moverá en pantalla, desde una coordenada "A" (el origen de coordenadas), hasta una coordenada "B" y de ésta a una coordenada "C" nuevamente.

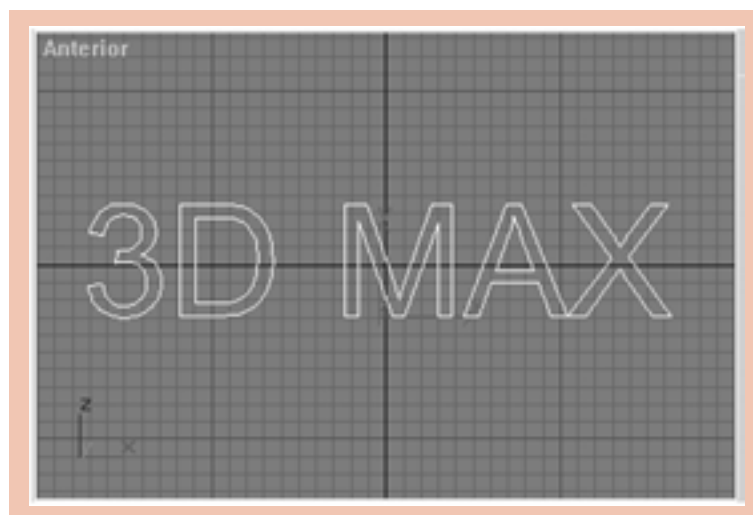


#### Resolución:

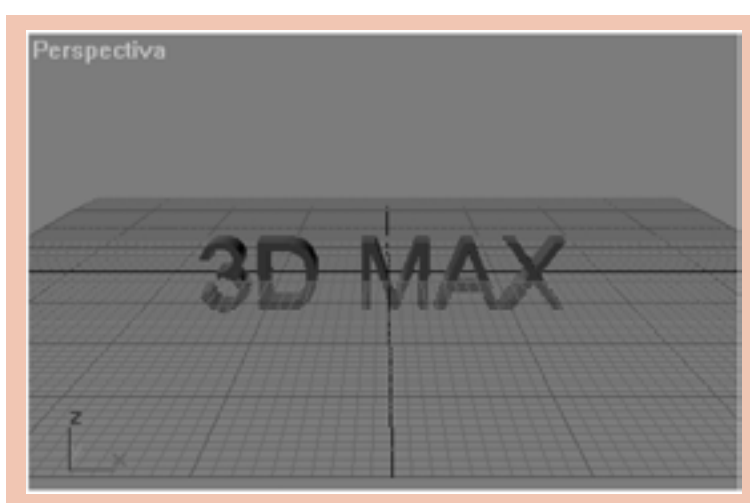
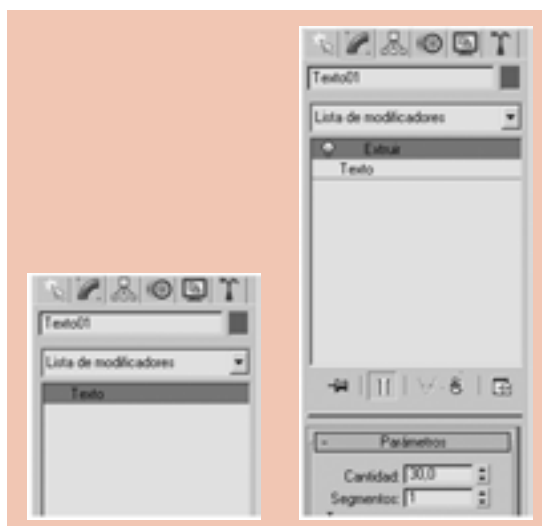
1. En primer lugar habrá que crear el objeto que se va a animar, que en este caso serán unas letras con volumen con el texto "3D MAX"; lo que vamos a hacer es un tipo de animación conocida como *flying logos* ('logotipos voladores'), útil para presentaciones. Para crear el texto, accedemos al menú de "Crear / Formas" y pulsando el botón "Texto" introducimos el texto "3D MAX":



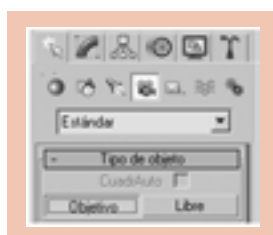
2. Seguidamente, creamos el texto en el visor “**Anterior**”, haciendo clic en el origen de coordenadas, para que quede centrado en el visor:



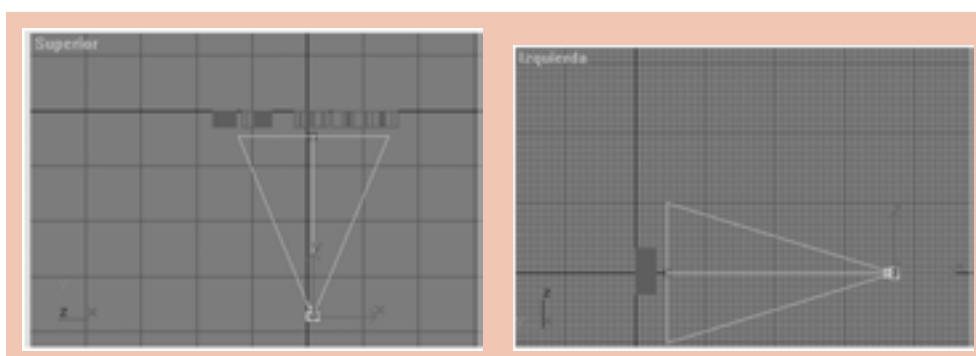
3. Para dar volumen a las letras, hay que extruir (elevar) el texto; para ello, con el objeto seleccionado, vamos al menú “**Modificar**” y desplegando la lista de modificadores, aplicamos el modificador “**Extruir**”, que se encuentra en la sección “**Edición de mallas**”, dando al parámetro “**Cantidad**” un valor suficiente hasta conseguir el efecto de volumen deseado (observad cómo adquiere volumen el texto en los visores a medida que se aumenta el parámetro con las flechitas):



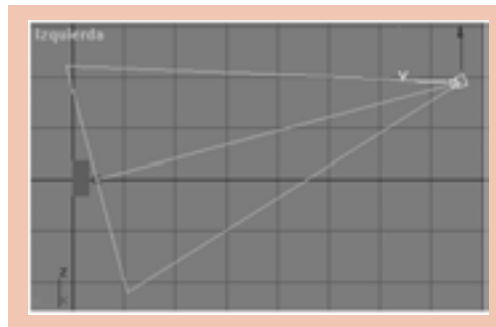
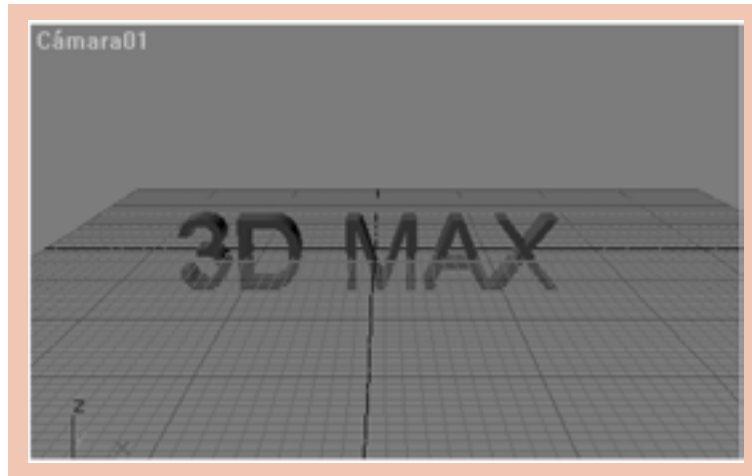
4. Desde el menú de "Crear" pulsamos el icono de "cámaras" para crear una cámara:



Vamos al visor superior y pulsando definimos la posición donde se encuentra la cámara; al soltar el botón y hacer un nuevo clic situaremos el cursor para definir hacia dónde apunta la cámara (el destino u objetivo de la cámara).

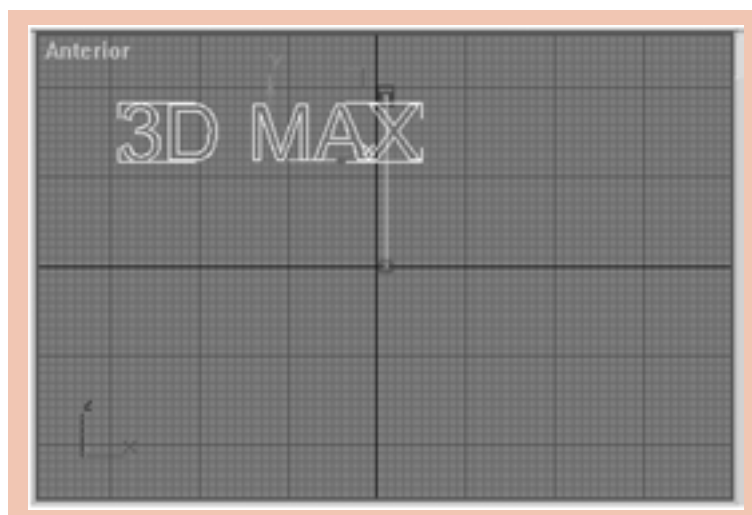


5. Sustituimos el visor de Perspectiva por el visor de Cámara (activando el visor con el botón de la derecha y pulsando la tecla “C” se conmuta a visor de cámara); enfocamos la escena para que las letras queden en la parte central del visor y abajo.

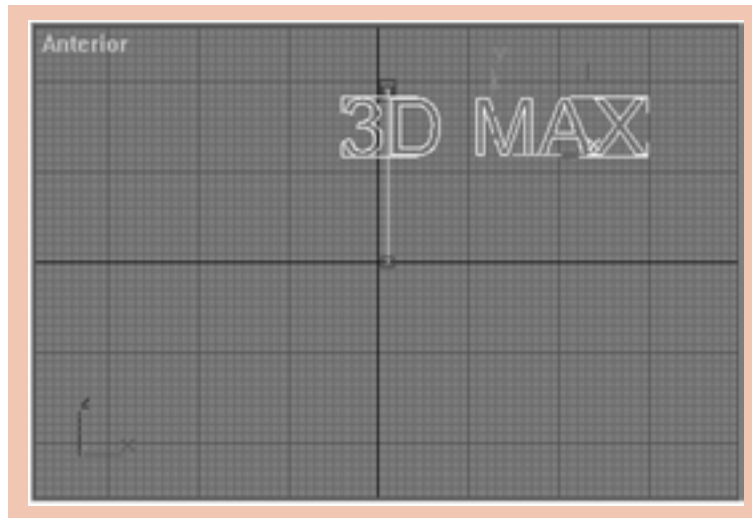


6. A continuación se va a crear un fotograma clave de movimiento; para ello, activamos el botón “Animar” (que se pondrá en rojo), y desplazamos el regulador de tiempo hasta el fotograma 20.

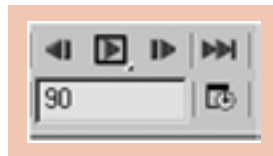
7. Estando en el fotograma 20, desplazamos el objeto hacia la esquina superior izquierda del visor anterior.



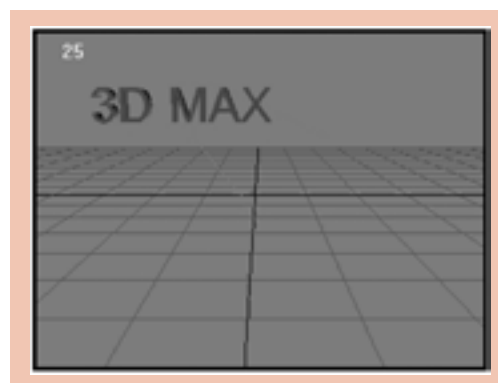
8. Repetimos el mismo procedimiento para el fotograma 90, situando las letras a la misma altura, pero en la parte derecha del visor:



9. Para visualizar la animación en un visor determinado, activamos el visor (pulsando sobre él con el botón de la derecha) y pulsando el botón “**Reproducir animación**”.



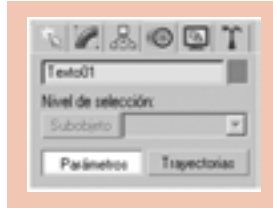
Es posible realizar una prueba de animación para hacerse una idea de cómo quedará la animación final, sin tener que esperar mucho tiempo a que se calculen las imágenes, seleccionado la opción “**Crear presentación preliminar**” del menú “**Representación**”. Como ejemplo de esta forma de representación de baja calidad, podemos ver la escena final a tiempo real, sin limitaciones ni saltos de fotogramas que pueden producirse al reproducir desde dentro de 3D Studio:



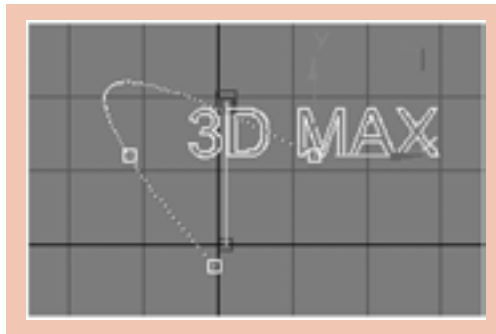
10. Al reproducir, puede observarse cómo la trayectoria que describe el objeto es una parábola, habiendo definido tan sólo 3 puntos. Para ver de forma gráfica la trayectoria que está siguiendo el texto, se hace lo siguiente:



- Con el objeto texto seleccionado, se va al menú **"Movimiento"** y se presiona el botón **"Trayectorias"**.



- En el visor anterior puede observarse la trayectoria de movimiento como una línea azul, donde la posición del objeto en los fotogramas clave está representada por unos pequeños cuadrados blancos, mientras que las posiciones para los fotogramas interpolados se representan como puntos.

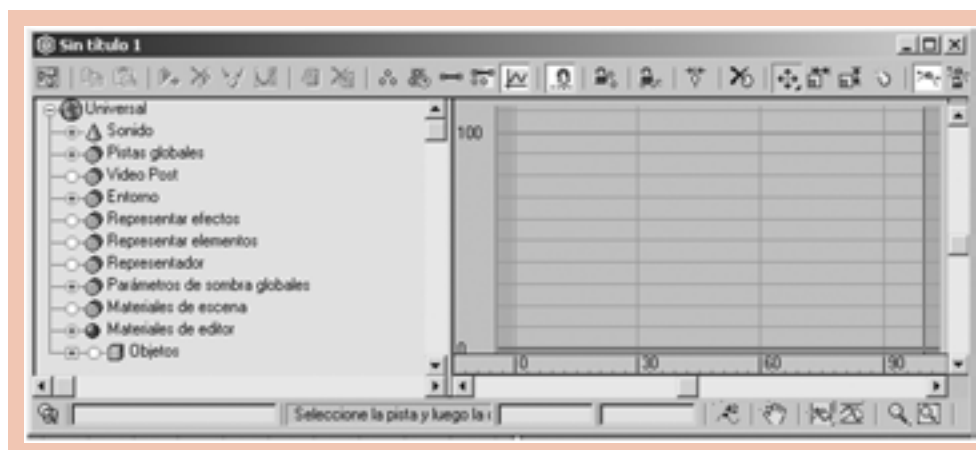


- Si los puntos están muy juntos quiere decir que el objeto se desplaza a una distancia menor que si los puntos están muy separados (a igual número de fotogramas), con lo que la velocidad del objeto resultará lenta; en esta trayectoria se observa cómo en la zona central (en la curva) los puntos están más concentrados, reduciendo la velocidad aparente cuando el objeto pasa por aquí.

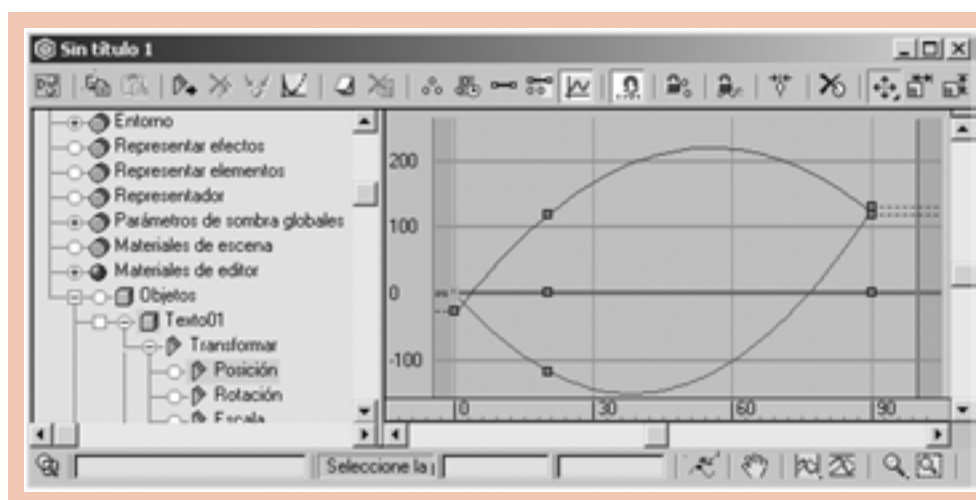
Aparte de los cambios de velocidad, hay otro punto importante que destacar en esta trayectoria: sin haber dibujado la parábola, sino tan sólo 3 puntos, 3D Studio ha creado un "suavizado" de la trayectoria (cuando lo que se pretendía es que fuesen movimientos en líneas rectas); esto se debe a que por defecto el controlador de movimiento aplicado es el Bézier, que interpola los valores entre cuadros clave utilizando las "curvas Bézier". Para visualizar gráficamente los valores de posición, se tiene que proceder de la siguiente forma:

11. Abrimos la ventana Track View, desde el menú **"Track View / Abrir Track View"** o pulsando el icono correspondiente de la barra de herramientas:





12. Para ver las curvas que representan los cambios de posición a lo largo del tiempo, se tiene que desplegar la rama de “**objetos**”, y dentro de ésta, la del objeto texto “**Texto01**” y a su vez la rama “**Transformar**” (se visualizarán los cuadros clave); una vez seleccionada la rama “**posición**”, hay que activar el icono “**Curvas de función**”:



Ahora aparecen 3 curvas de colores rojo, verde y azul, que corresponden a las coordenadas X, Y y Z respectivamente (si se tiene el eje de coordenadas Universal se observa que no ha habido desplazamiento en el eje de las Y, perpendicular a la pantalla), donde la curva verde (eje Y) vale 0 todo el rato; en cambio, para las componentes X (curva roja) y Z (curva azul) los valores van cambiando siguiendo la curva correspondiente: cuanto mayor sea la pendiente de esta curva, más rápido será el cambio en la posición, mientras que si la pendiente de esta curva es menor, implicará un movimiento más lento. También la suavidad de la curva en los puntos de inflexión (normalmente en los cuadros clave) determinará un movimiento más o menos rectilíneo.

Al seleccionar cualquiera de las curvas, se visualizarán los cuadros clave como cuadraditos negros (en los fotogramas 0, 20 y 90).

13. Para cambiar el tipo de interpolación, se cambiarán las “Tangentes de clave”, que es lo que define cómo se hace la interpolación de valores; habiendo seleccionado el fotograma 0 para cualquiera de las curvas (casualmente todas valen 0, ya que el objeto está en el origen de coordenadas 0,0,0 ó muy próximo a él) con el botón de la derecha, aparecerá la ventana de información de clave:

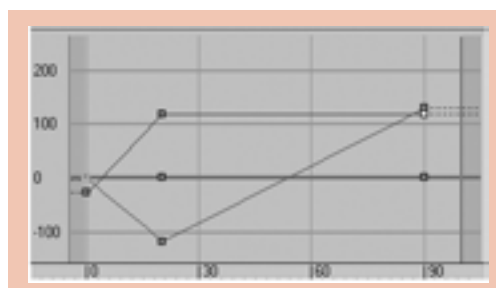


14. Al cambiar a la tangente de clave lineal, se apreciará un cambio en el suavizado de las curvas, que se vuelven más angulares. Empezamos por la tangente de entrada “Dentro”:



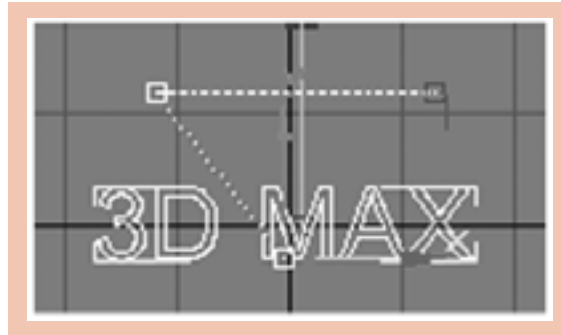
Realizamos este proceso también para la tangente de salida “Fuera”, y repetimos lo mismo para los dos siguientes cuadros claves (no es necesario cerrar esta ventana; se puede pasar a los siguientes o anteriores cuadros clave con las flechas de la parte superior izquierda de la ventana).

15. Las curvas finalmente quedarán de este modo:

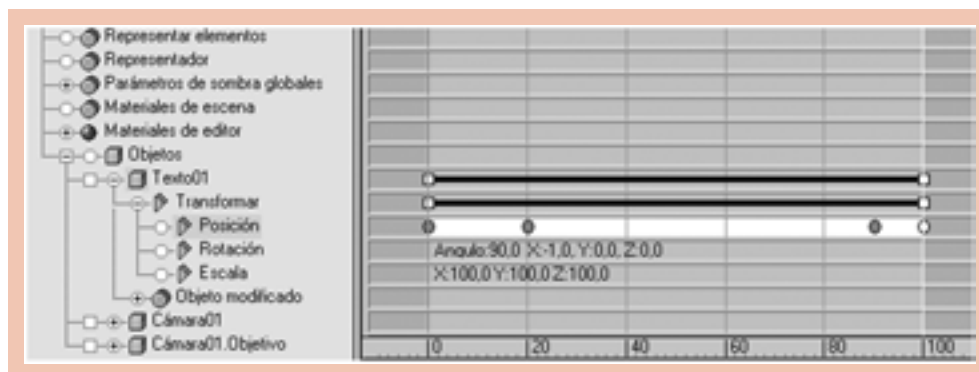


Se puede observar cómo ahora los cambios en los fotogramas clave se producen de forma brusca y no de la forma suave que dibujaba la curva Bézier inicial.

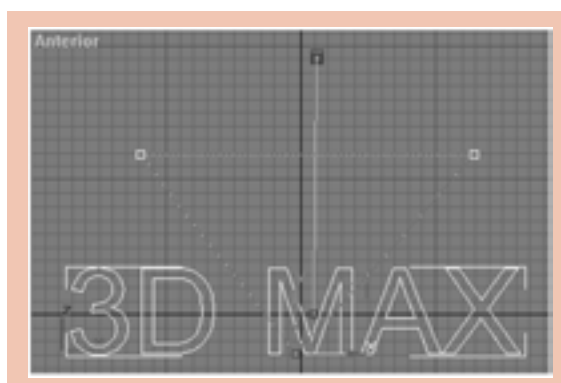
16. La trayectoria es ahora rectilínea, y se aprecia cómo desde el fotograma 0 hasta el 20 el objeto se mueve más rápido que del 20 al 90, ya que tiene menos tiempo para recorrer una distancia similar.



17. Como mejora de la animación, podemos hacer que acabe igual que empieza, para que al reproducir en bucle se produzca un ciclo completo. Para ello, vamos al Track View y creamos una copia del primer fotograma clave de la pista de “Posición” arrastrando el punto que representa la clave y manteniendo apretada la tecla de mayúsculas (o “Shift”) hasta llegar al fotograma 100, donde al soltar se creará una copia del cuadro inicial, y, por tanto, el objeto acabará en la misma posición que empieza:

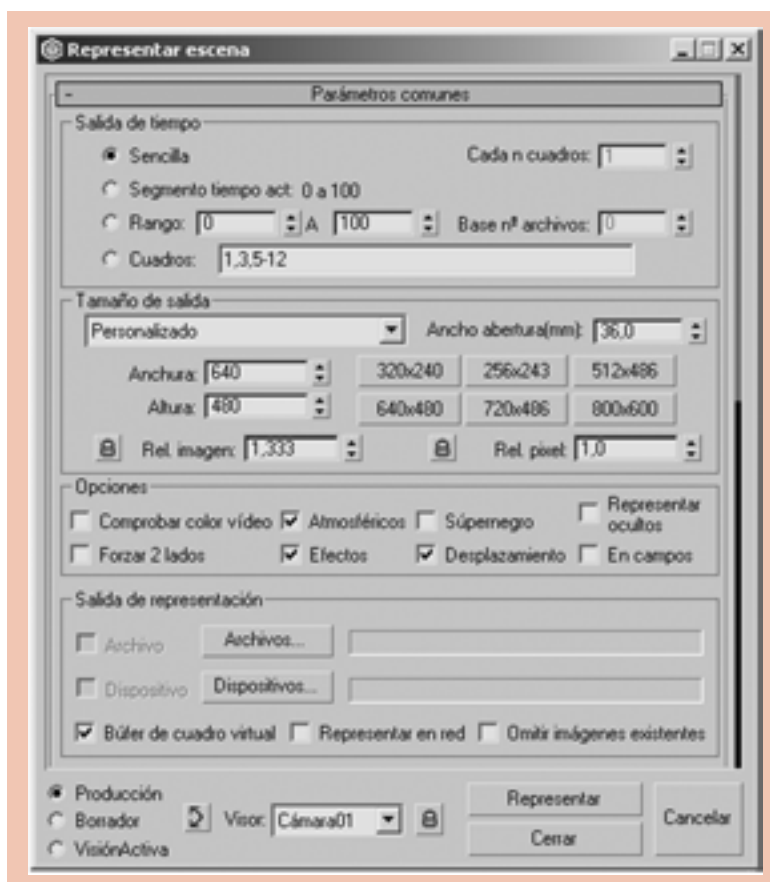


Al añadir esta clave, la trayectoria finaliza en la posición que empezó:



La previsualización de animación permite ver los cambios de velocidad entre claves.

18. El último paso, una vez que se está conforme con los cambios realizados, será la generación del fichero de vídeo con calidad (representando efectos, iluminación, texturas, etc. Las opciones de representación se estudiarán con detalle más adelante). Para ello, accederemos al menú “**Representación / Representar**” y aparecerá la siguiente ventana:

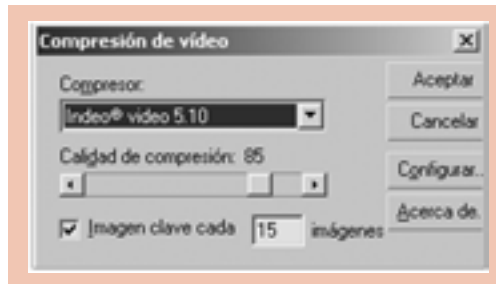


Dentro del apartado “**Salida de tiempo**”, escogeremos la opción “**Segmento de tiempo activo**”, para representar los 100 fotogramas de la animación.

Dentro del apartado “**Tamaño de salida**” escogeremos la resolución que se necesite para el vídeo de salida, siendo la de 320×240 apta para hacer pruebas (observad que todas tienen la relación de aspecto 4:3 necesaria para que ocupe toda la pantalla de un televisor sin deformarse).

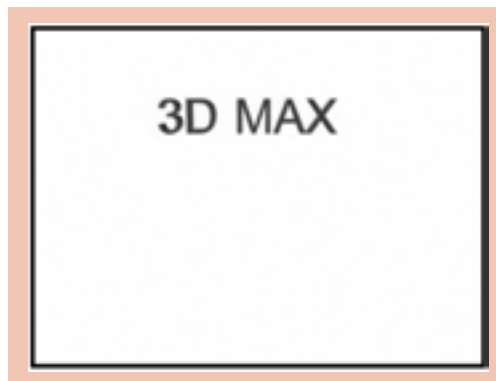
Por último, dentro del apartado “**Salida de representación**” especificaremos el tipo y nombre del fichero de salida, siendo en este caso válido el tipo “**Avi File**” y como nombre “**Texto.avi**”.

Al hacer clic en “**Aceptar**”, aparecerá la ventana “**Compresión de vídeo**”, donde se pide escoger un tipo de *codec* determinado y la calidad de la compresión (a mayor compresión, mayor pérdida de calidad de imagen):



19. Cuando todo está listo, y nos hemos asegurado de que el apartado “**Visor**” muestra la vista deseada, dando al botón “**Representar**” se inicia el proceso de cálculo de la imagen (el llamado *render*) fotograma por fotograma, hasta completar la secuencia. En cualquier momento podemos detener el proceso, con lo cual quedará el fichero de vídeo calculado hasta la imagen actual.

20. Una vez finalizado el cálculo, podemos abrir el fichero desde el mismo 3D Studio, con el menú “**Archivo / Ver archivo**”, o con el explorador.



### **Actividad de animación con fotogramas clave de un objeto solevado**

También es interesante ver cómo puede animarse la creación de los objetos, utilizando la técnica de cuadros clave para animar el recorrido de un objeto solevado, con lo que se facilita la tarea de animación, ya que en vez de tener que controlar y mover un gran número de vértices de la malla, el animador moverá unos pocos vértices del recorrido que crea el solevado, y el movimiento de éstos afectarán al solevado, como si de un esqueleto se tratase, tal como puede verse en este otro ejemplo:

#### **Objetivos:**

Aplicar la técnica de fotogramas clave, en este caso para animar un parámetro de un objeto (una forma “arco”) que a su vez genera un objeto solevado.

Demostrar así que es posible animar la creación de objetos o, lo que es lo mismo, un modelado animado.

### Enunciado:

Animar el recorrido utilizado para crear un objeto sollevado, un tubo en forma de arco, observando cómo afecta al objeto generado, para representar la creación animada de un sollevado.

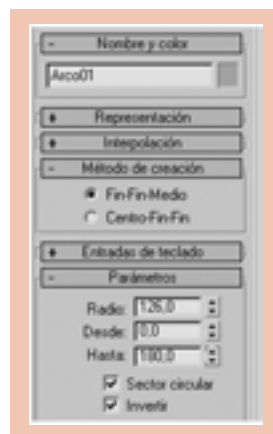
### Resolución:

Para realizar la animación, se partirá de un recorrido animado, en el que se verá cómo un arco de 180° se reduce hasta prácticamente desaparecer:

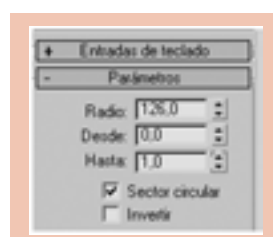
1. Creamos el recorrido en el visor “**Anterior**” y, justo después de crearlo, sin perder la selección, hacemos que tenga los siguientes valores (hay que memorizar las claves activando el botón “**Animar**”).

Parámetro:	fotograma 0	fotograma 100
“Desde”	0	0
“Hasta”	180	1

Para el fotograma 0:



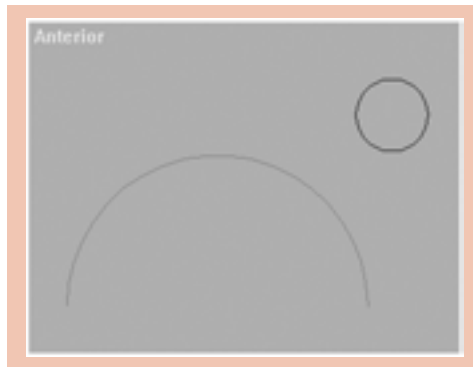
Para el fotograma 100 (botón “**Animar**” activado):



Así, lo que podrá observarse al pulsar en “reproducir animación” será una línea que se reduce hasta la nada:



2. Creamos la forma, que será un círculo, en el mismo visor “Anterior”.



3. Con el recorrido seleccionado, vamos al menú “Crear / Geometría / Objetos de composición” y pulsamos el botón “Solevado”:



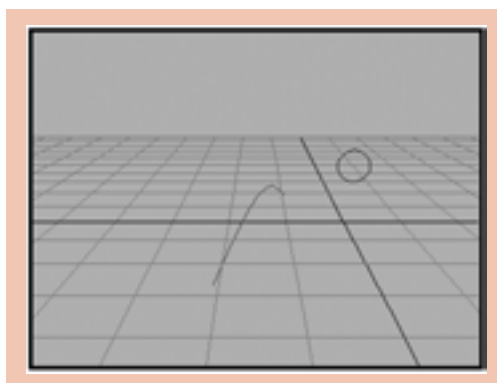
Presionamos el botón “Asignar forma”, y estando éste activado, al pasar el cursor por encima del círculo, el cursor cambia: seleccionamos el círculo como la forma



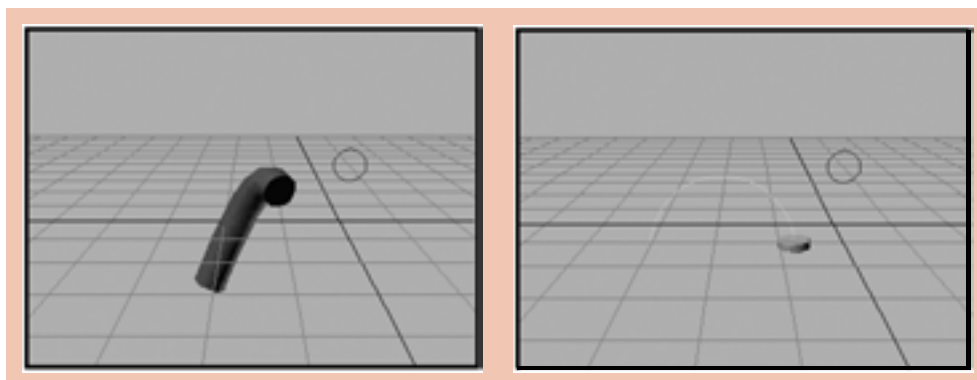
para el solevado; en el visor Perspectiva (por defecto el que está en el modo “Suavizado + resaltes”), se podrá observar el solevado con volumen:



5. Se ha conseguido animar el proceso de creación del solevado, y es posible aplicar esta técnica para cualquier objeto solevado construido a partir de un recorrido animable; de hecho, también es posible animar el recorrido animando los vértices que lo forman, accediendo desde el menú “**Modificar**” a escala de subobjeto “vértice” y creando claves para ellos; el recorrido constituye de por sí un esqueleto que mueve el forro del solevado (la “piel”), y es más fácilmente animable.



Una vez creado el solevado, al reproducir veremos lo siguiente:

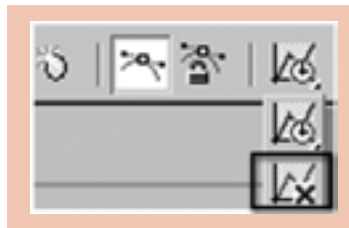


## Etapa 6: Curvas multiplicadora y mitigadora

### Curva multiplicadora

La curva multiplicadora permite multiplicar el parámetro sobre el cual se aplicó por una función definible por el usuario de forma gráfica (con una curva *spline*), con lo que el valor resultante en un instante determinado será el producto de los valores de las dos curvas para ese instante.

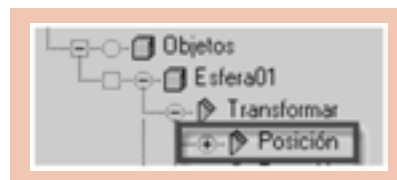
Para aplicar la curva multiplicadora, estando en el modo “**Curvas de Función**” seleccionamos la pista sobre la que se quiere aplicar y, manteniendo pulsado el icono “**Aplicar curva mitigadora**”, seleccionamos el icono destacado (el que tiene el símbolo de multiplicación):



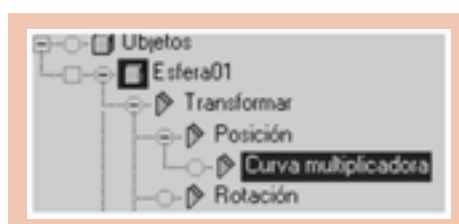
Aparecerán nuevos iconos:



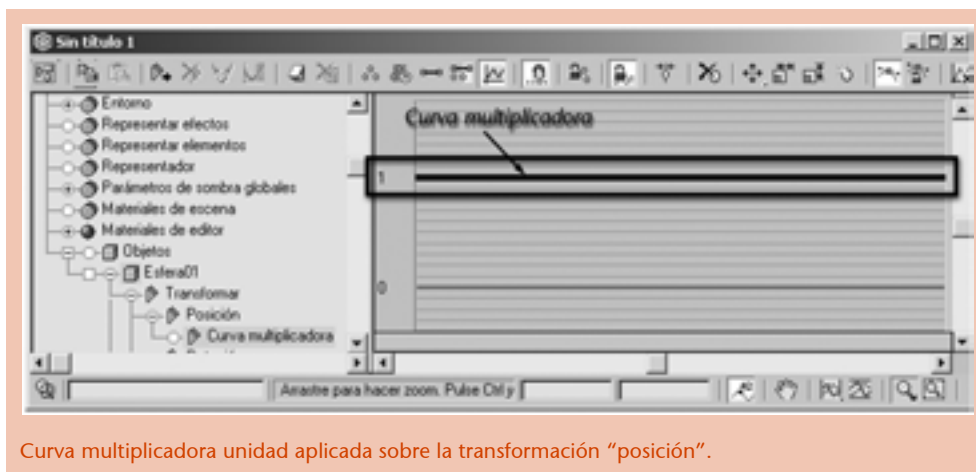
Ahora, la curva multiplicadora será visible en la rama correspondiente a la pista sobre la que se ha aplicado la curva:



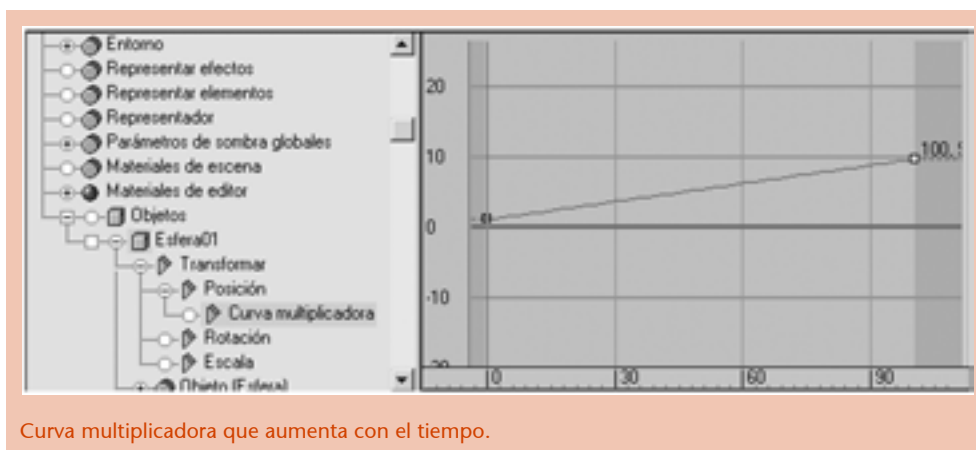
El símbolo “+” indica que hay otra sub-rama que, al desplegar y seleccionarla, nos mostrará en la zona de pistas la curva multiplicadora:



Por defecto, la curva multiplicadora es la unidad (una recta plana con valor constante 1, por lo que inicialmente no produce ningún cambio en la animación), pero puede modificarse cualquiera de sus extremos (o crear nuevos a lo largo del recorrido, para cambiar el perfil de la curva):

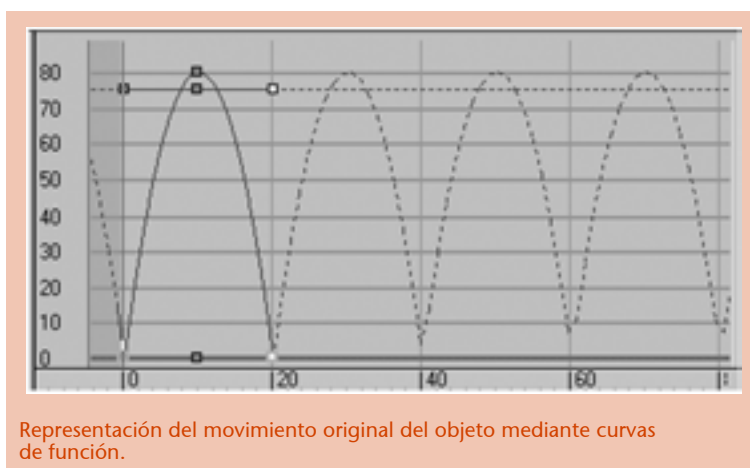


Si modificamos el valor final, podemos dar una pendiente cualquiera a la curva multiplicadora:



### Curva multiplicadora aplicada sobre un parámetro

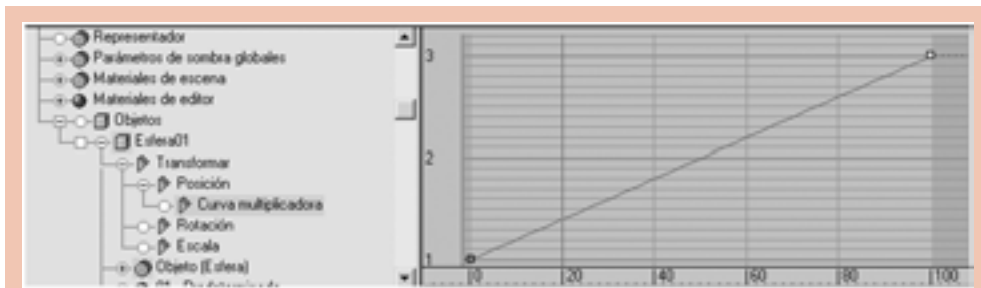
Para ver gráficamente cómo afecta una curva multiplicadora aplicada sobre un parámetro, observemos el efecto sobre un objeto con el siguiente movimiento:



Como puede verse en la gráfica anterior, se trata de un movimiento donde el objeto sube y baja cíclicamente (el objeto bota) según indica la componente Z (curva azul), disminuyendo su velocidad al alcanzar la cota más alta, para después descender acelerando; esto se consigue definiendo las tangentes de clave adecuadas para cada clave; para conseguir la repetición del bote en este caso se ha aplicado una repetición cíclica de los 20 primeros fotogramas, utilizando los “tipos fuera de rango” (se verá mas adelante).

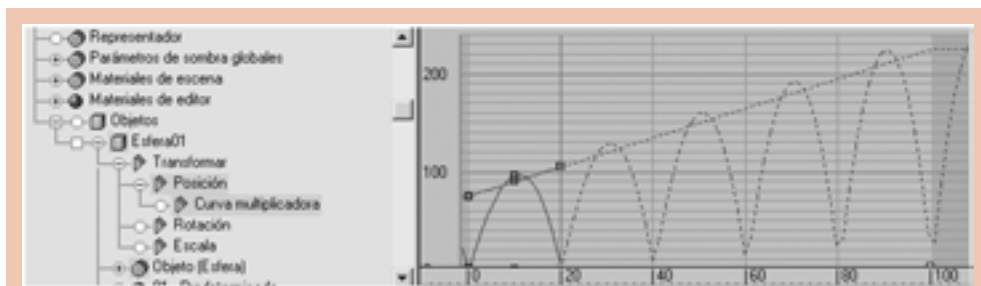
### Curva multiplicadora con pendiente positiva

Al aplicar una curva multiplicadora con pendiente positiva, como la que se muestra a continuación:



Función de la curva multiplicadora.

El resultado sobre las curvas que representan la posición del objeto será el siguiente:

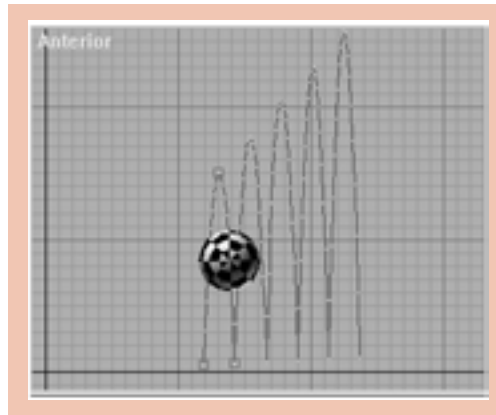


Resultado de aplicar sobre la transformación de posición la curva multiplicadora anterior.

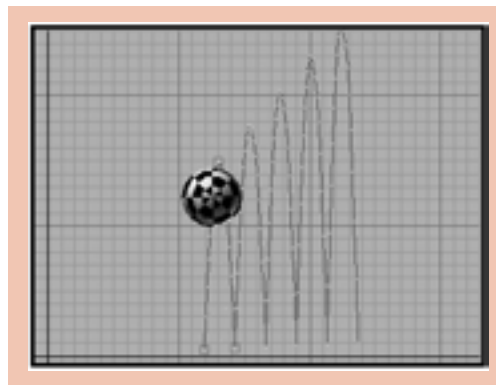


Es posible visualizar varias curvas de función una por una a la vez que se mantiene pulsada de diferentes pistas a la vez, seleccionando la tecla “Ctrl”.

Al multiplicar las dos funciones, el resultado son unas curvas que van amplificándose con el tiempo, resultando unos botes del objeto cada vez mayores, y añadiendo un desplazamiento lateral, debido a que el valor inicial no era cero, tal como puede verse en la imagen:



En la animación resultante puede observarse cómo el objeto va aumentando cada vez más la altura del bote (la coordenada representada por la curva azul de las curvas de función), desplazándose además hacia la derecha (la coordenada representada por la curva roja):



En el caso de que se quiera suprimir el efecto de la curva multiplicadora, hay que pulsar el icono “Eliminar curva mitigadora / multiplicadora”:



### Actividad de curvas multiplicadoras

#### Objetivos:

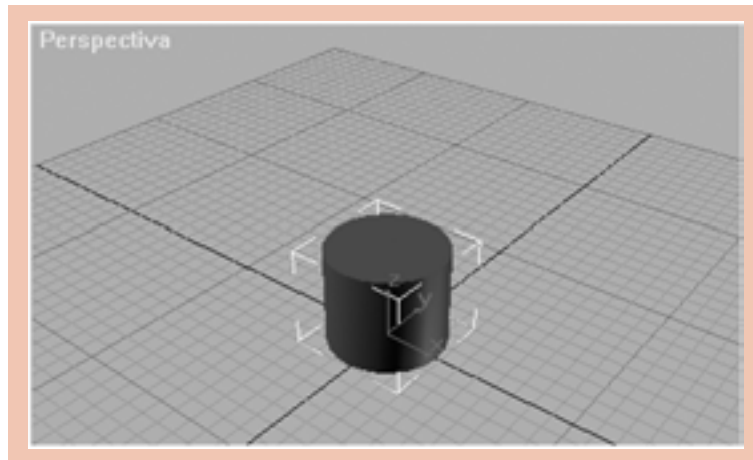
Aplicar los “tipos fuera de rango” y las curvas multiplicadoras para la creación de animaciones repetitivas, en las que un parámetro va cambiando a lo largo del tiempo.

#### Enunciado:

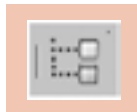
Hacer la animación de un cilindro del cual el radio aumentará y disminuirá repitiendo el ciclo, pero aumentando progresivamente en cada ciclo el radio máximo.

**Realización:**

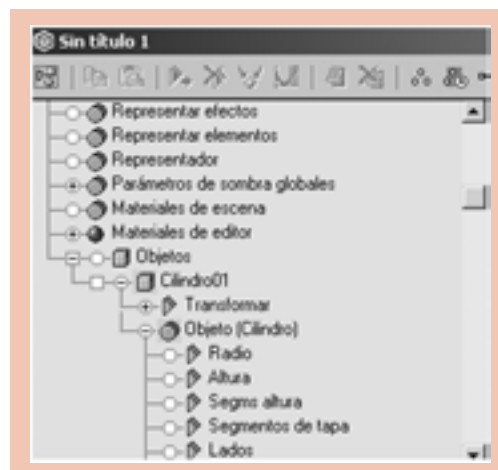
1. Creamos un cilindro de **Radio: 25** y **Altura: 50**.



2. Abrimos la ventana del Track View.

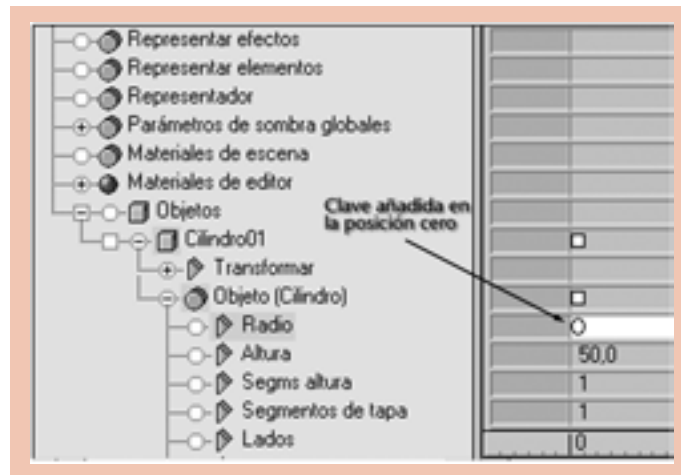


3. Vamos al parámetro "**Radio**" del cilindro.

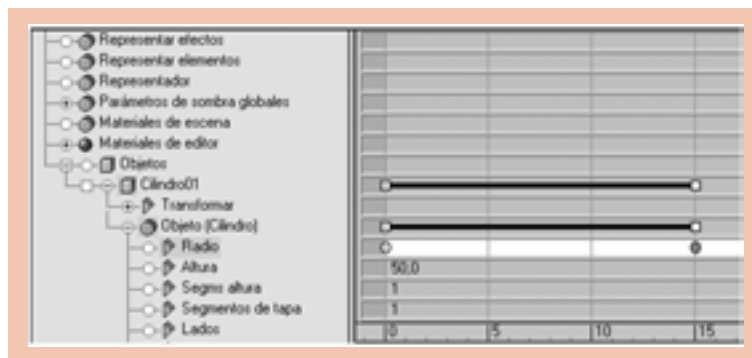


4. Añadimos una clave de animación o *keyframe*, mediante el icono "**añadir claves**", en la posición inicial (posición cero) de la pista del parámetro "**radio**" del cilindro.





5. Añadimos una segunda clave en la posición 15.



6. Seleccionamos la segunda clave y, con el cursor del ratón encima de la clave, pulsamos el botón derecho del ratón para acceder a las propiedades de la clave y modificar las propiedades estableciendo el parámetro “valor” a 40 (este parámetro es el valor del radio).



7. Cerramos el cuadro de diálogo de las propiedades de la segunda clave y seleccionamos el parámetro “Radio” del cilindro en el Track View.

8. Pulsamos sobre el icono “Tipos fuera de rango de curva paramétrica”, para acceder a un cuadro de diálogo donde se encuentran los diferentes tipos “fuera de rango”.



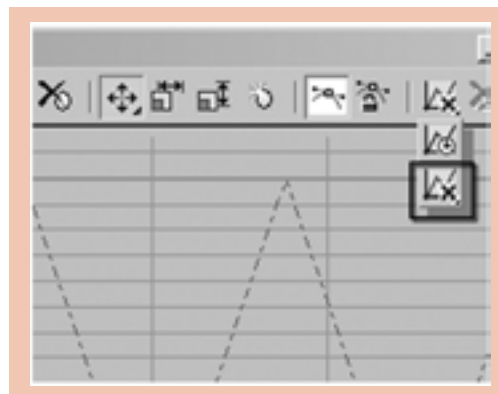
Se nos mostrará la siguiente ventana, de donde escogeremos el tipo fuera de rango “Pimpón”.



9. Con el parámetro “Radio” seleccionado, pasamos al modo de “curvas de función” pulsando el icono “Curvas de función”.



10. Con el parámetro “Radio” seleccionado, pulsamos el icono “Curva multiplicadora” para añadir una curva multiplicadora al parámetro “Radio” del cilindro.

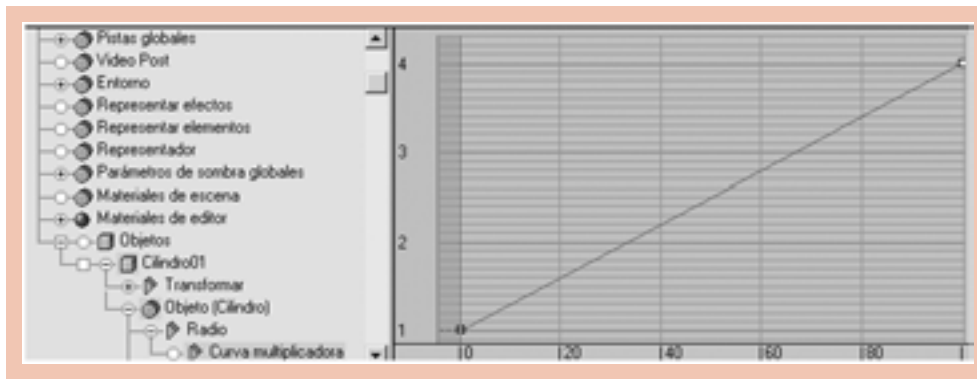


11. Seleccionamos el parámetro “curva multiplicadora” para visualizar la curva de función correspondiente a la curva multiplicadora.

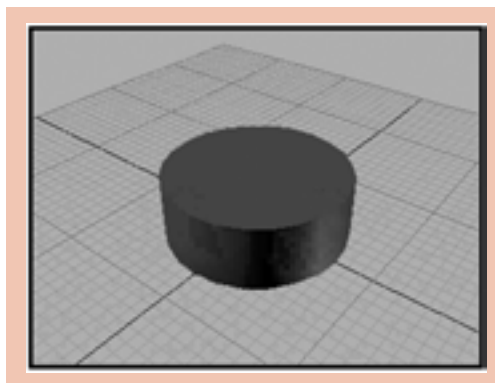


12. Editamos la curva multiplicadora, elevando el segundo punto de control hasta una altura, aproximada, de 4.





13. Pulsamos el botón de “reproducir animación” para visualizar el resultado:



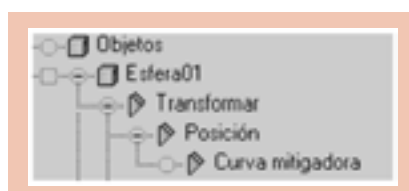
## Curva mitigadora

La curva mitigadora permite alterar la temporización del parámetro de la rama sobre la cual se aplicó, con una función definible por el usuario de forma gráfica. Con esto lo que se consigue es la posibilidad de acelerar el tiempo en un tramo determinado de la animación, y en otro expandirlo para que los cambios se produzcan más lentos (incluso “marcha atrás”).

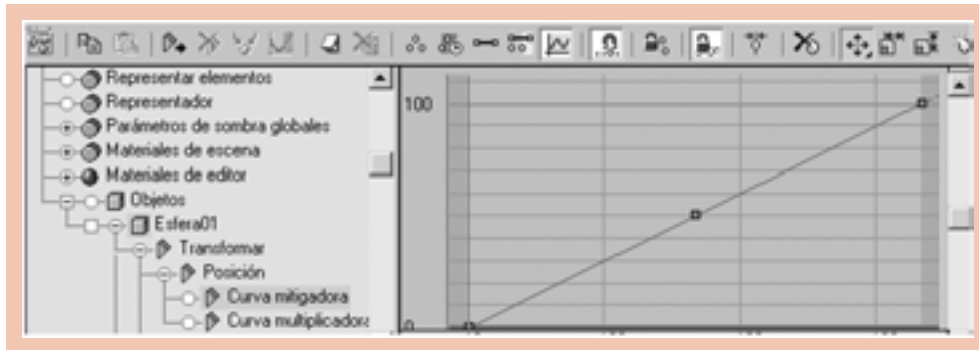
Para aplicarla sobre un parámetro seleccionado, debemos pulsar el icono “Aplicar curva mitigadora”:



Esto creará una nueva sub-rama dentro de la de rama que tuviésemos seleccionada en ese momento:

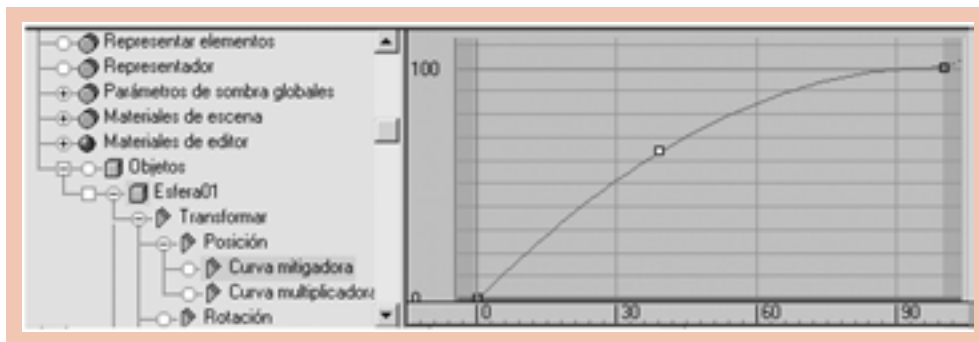


Por defecto tiene pendiente unidad, por lo que no se produce ningún cambio sobre el parámetro:

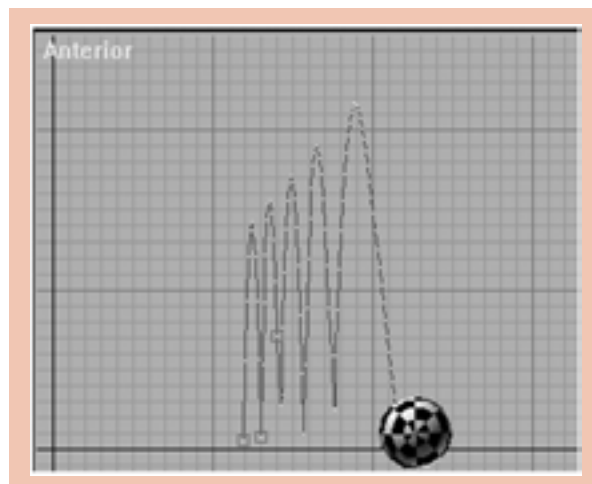


### Cambio en la pendiente de la curva mitigadora 1

Si se cambia la pendiente de la curva mitigadora de la siguiente forma (haciendo clic en medio de la curva puede desplazarse el vértice):

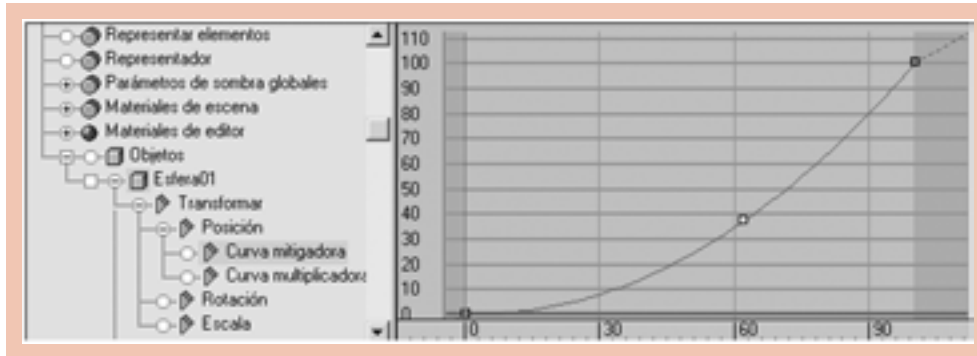


El resultado será un cambio en el cronometraje de la animación: empezará rápido para ir desacelerándose; observemos cuál sería la trayectoria que seguiría el objeto de nuestra animación:

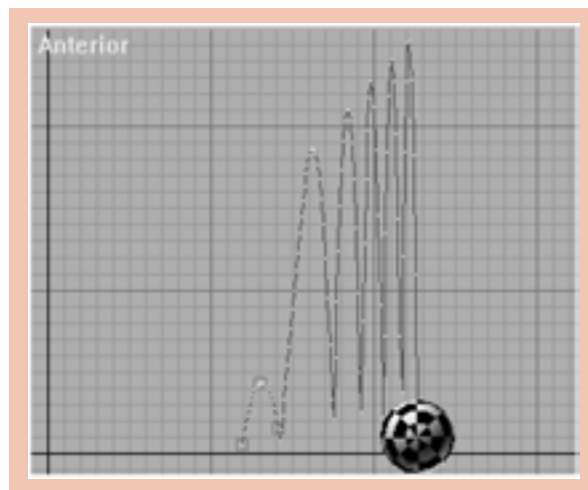


## Cambio en la pendiente de la curva mitigadora 2

Si se cambia la pendiente de la curva mitigadora de la siguiente forma:

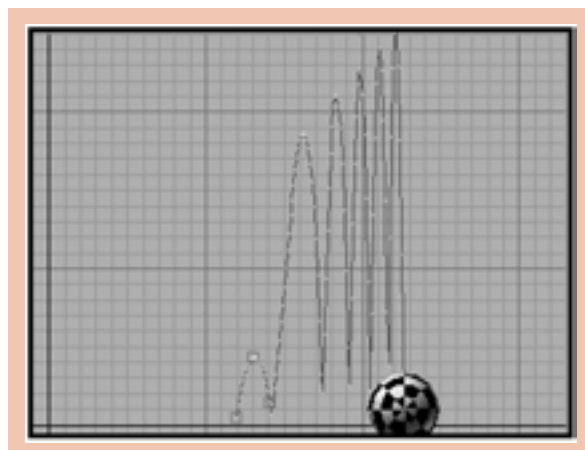


El resultado será una progresiva aceleración, ya que hacia el final se “comprime” el tiempo:



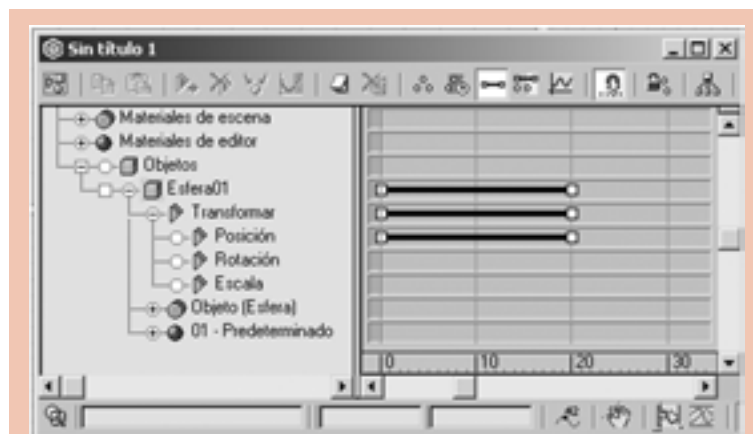
## Los cambios de velocidad

Los cambios de velocidad pueden apreciarse en la siguiente animación:



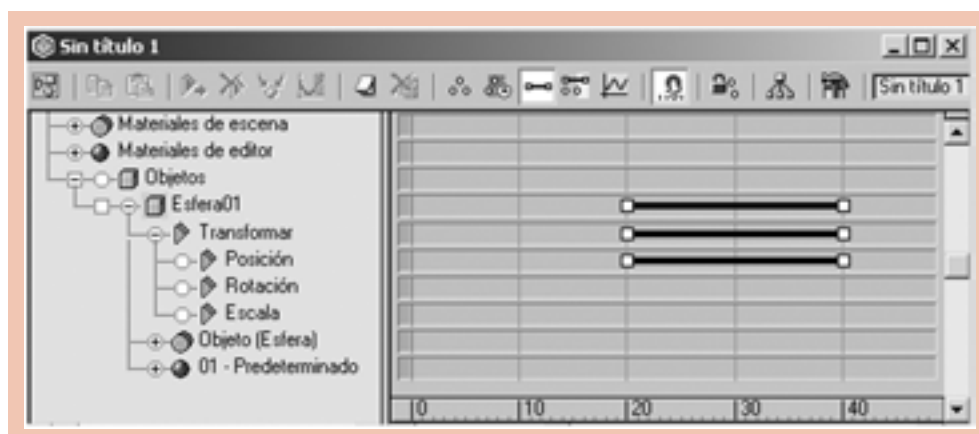
## Edición de rangos

Hasta el momento se ha estado trabajando en el modo “**Editar claves**”, pero es posible cambiar a un modo de edición en el que se opera sobre rangos de fotogramas; se trata del modo “**Editar Rangos**”.



Modo “**Editar Rangos**”.

En este modo no se pueden manipular las claves por separado, sino que se opera sobre un conjunto de fotogramas o “**rango**”, pudiendo arrastrar con la barra que representa el rango, o escalarla para aumentar o disminuir la velocidad de los cambios. Al desplazar en el tiempo un rango, se puede fácilmente hacer que una parte de la animación se produzca más pronto o más tarde. Por ejemplo, en el caso mostrado anteriormente, donde se tenía un rango de animación entre los fotogramas 0-20, si se arrastra en el modo de “**Edición de rangos**” la barra de la pista “**Transformar**” hasta el fotograma 20, la animación no se producirá hasta llegar a este fotograma, y durará hasta el 40:



## Tipos fuera de rango

Con los tipos fuera de rango, puede definirse cómo se comportará un parámetro determinado de la animación fuera del rango de fotogramas definido, para, por ejemplo, repetir cíclicamente un movimiento habiendo definido tan sólo un ciclo en unos fotogramas especificados en el rango, y esta animación se repetirá a lo largo del resto de la animación (una de las técnicas habituales en animación es utilizar los ciclos cuando un movimiento se repite varias veces, para ahorrar trabajo).

Para entender y apreciar el efecto de aplicar un tipo fuera de rango u otro, se recomienda trabajar en el modo de curvas de función; las zonas de la curva representadas con líneas discontinuas corresponden a los fotogramas fuera del rango, mientras que las líneas continuas representan el rango de fotogramas (escogidos desde el menú “Edición de rangos”).

El tipo definido por defecto es el “**constante**”, con lo que el valor que se mantiene fuera del rango será el de la última clave (para la animación que precede al rango) y el valor de la primera clave del rango para la animación que antecede al rango.

Para definir los tipos fuera de rango, habiendo seleccionado un parámetro pulsamos sobre el icono “**Tipos fuera de rango de curva paramétrica**”.



Se abrirá la ventana desde la que se puede escoger uno de los seis tipos posibles:

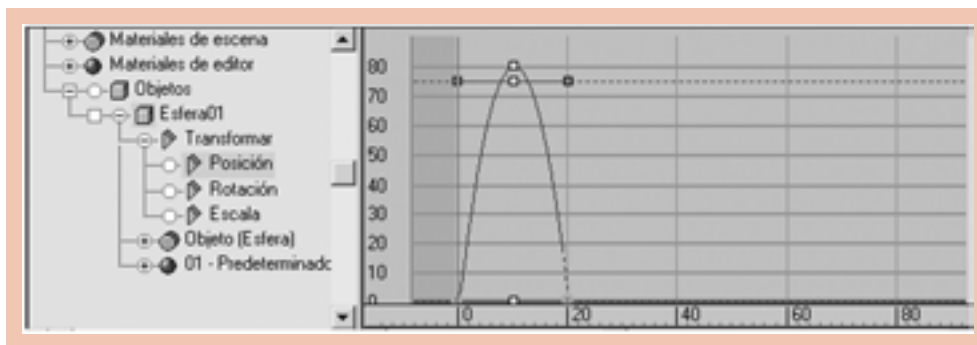


## Funciones de los tipos de rango

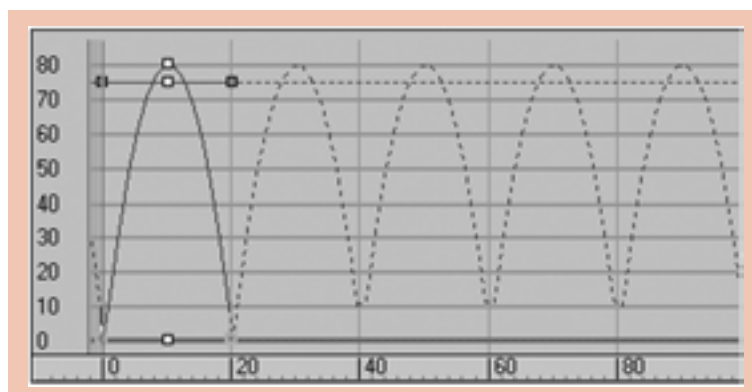
Brevemente, la función de cada tipo es la siguiente:

- **Constante:** hará que se mantenga, para el resto de la animación fuera del rango, el valor del último fotograma clave.
- **Ciclo:** hará que se repita cíclicamente la animación del rango para el resto de la animación.
- **Bucle:** hará que se repita cíclicamente la animación del rango para el resto de la animación, pero interpolando el valor entre el último fotograma clave y el primero.
- **Pimpón:** hará que se repita cíclicamente la animación del rango hacia adelante y hacia atrás.
- **Lineal:** hará que la animación entre y salga del rango a velocidad constante, proyectando el valor del último fotograma clave en una línea tangente a la curva.
- **Repetición relativa:** hará que se repita cíclicamente la animación del rango, pero añadiéndose a partir del último valor, provocando una acumulación que irá desfasando el movimiento.

Así, para un rango de fotogramas en el que se tenga un movimiento representado por la siguiente gráfica,



al aplicar un tipo fuera de rango “Ciclo”, el resultado es una repetición cíclica del rango de fotogramas inicial para el resto de la animación:



## Edición de tiempo

También es posible trabajar sobre “secciones” de tiempo, para alargar, comprimir o insertar tiempo en medio de una animación ya realizada.

Para entrar en este modo, tenemos que pulsar el icono “**Editar Tiempo**”:



Aparecerán nuevos iconos:



Editar Tiempo.

Para escalar una sección de tiempo, debemos pulsar el icono “**Seleccionar tiempo**”.



A continuación, seleccionamos la pista o pistas que se van a modificar, seleccionando el rango de tiempo requerido y con el botón “**Escalar Tiempo**” presionado.



Se arrastra para escalar la sección hasta el tamaño deseado.

