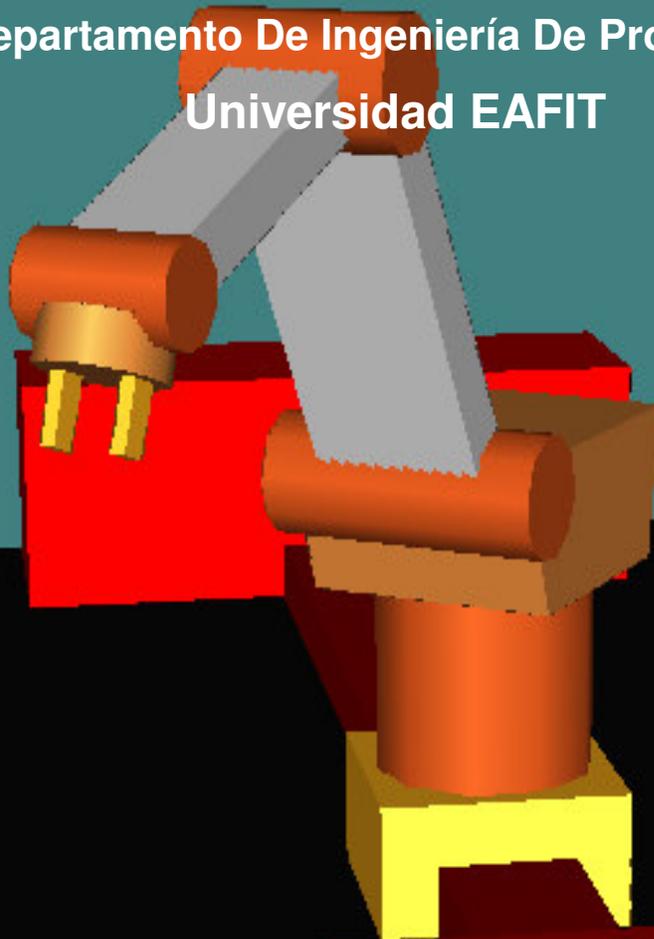


Ana María Franco   Carlos Rodríguez  
Departamento De Ingeniería De Producción  
Universidad EAFIT



MODELACIÓN Y ANIMACIÓN CON EL

# ROBOWORKS

VERSION 2.0



## COMO EMPEZAR A USAR EL ROBOWORKS

*Carlos A. Rodríguez A. carodri@eafit.edu.co  
Ana María Franco. afrancoc@eafit.edu.co  
Departamento Ingeniería de Producción  
Medellín-Colombia*

### INTRODUCCIÓN

#### **Que es el Roboworks?**

El Roboworks es un modelador tridimensional para la simulación de elementos mecánicos. Este programa permite al usuario realizar un modelo en 3D y animarlo desde el teclado, por medio de un archivo .dat creado por el usuario o por medio de archivos ejecutables creados en Matlab, C++, LabView, etc.

En esta guía aprenderemos a modelar con el Roboworks y a como utilizar el software de programación para el manejo del modelador.

#### **A quién esta dirigido el Roboworks?**

El Roboworks es útil para las personas relacionadas con la Robótica que tengan necesidad de simular movimiento desde un programa de control, ya sea para analizar los resultados ante un estímulo en un Robot o para tener una visión en tiempo real del movimiento de los componentes de un sistema mecánico.

#### **Quien es el creador de Roboworks y como puedo conseguirlo?**

El Roboworks es un software desarrollado por Chetan Kapoor, bajo la firma Newtonium. Para conseguir el software o resolver preguntas comunes sobre el software o la compañía visita las siguientes paginas electrónicas.

[www.newtonium.com](http://www.newtonium.com)

[www.newtonium.com/public\\_html/Products/RoboWorks/RoboWorks.htm](http://www.newtonium.com/public_html/Products/RoboWorks/RoboWorks.htm)

[www.newtonium.com/public\\_html/Products/RoboWorks/RoboWorks\\_faq.htm](http://www.newtonium.com/public_html/Products/RoboWorks/RoboWorks_faq.htm)

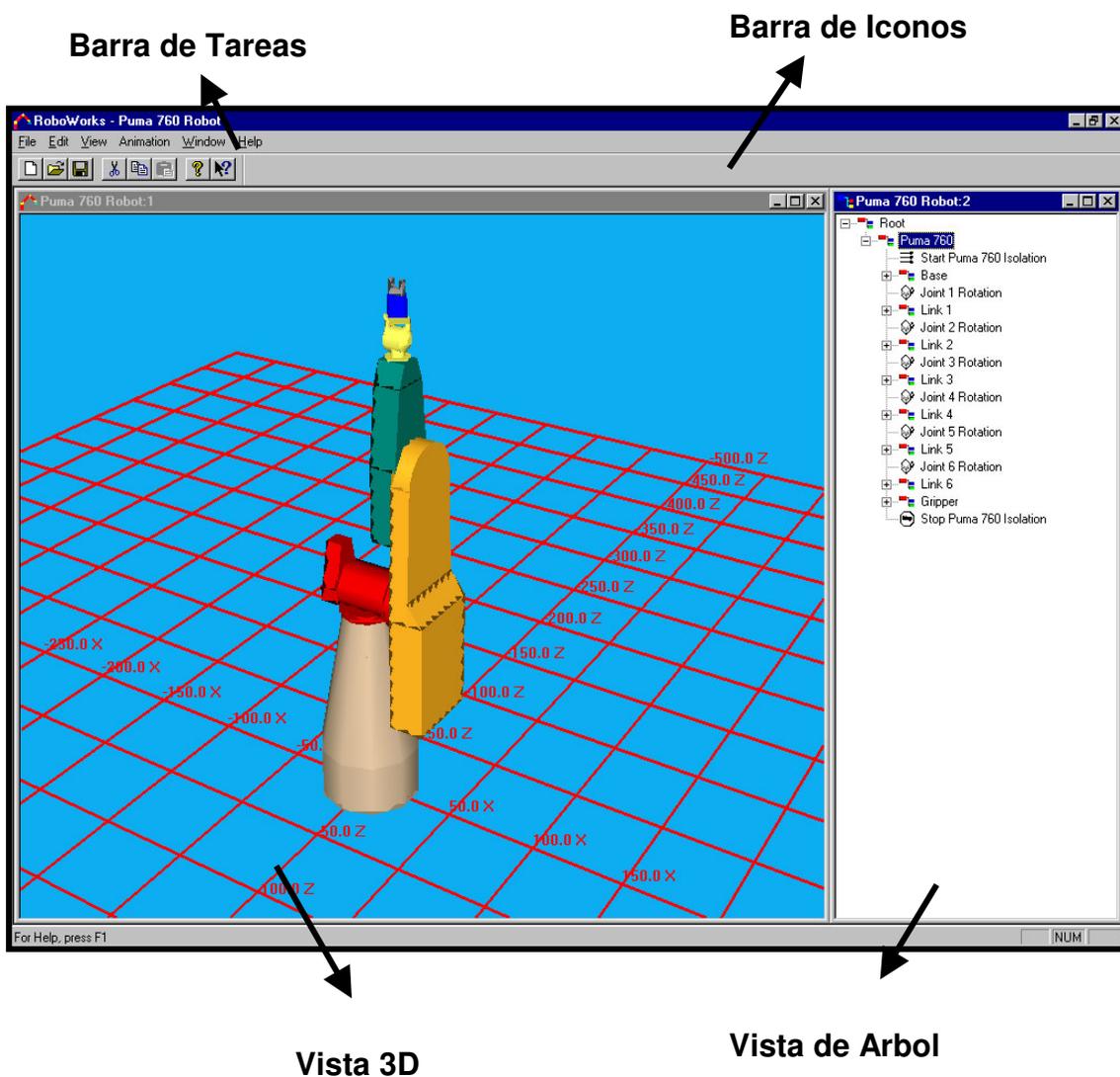
O envía un e-mail a [support@newtonium.com](mailto:support@newtonium.com)

## La interface gráfica del Roboworks

La interface gráfica del Roboworks consta de las siguientes partes:

Vista en 3D: En esta vista se puede ver en 3 dimensiones el estado en que se encuentra un modelo tridimensional. Desde esta ventana no se puede modificar el modelo, Esta solo sirve para ver la posición de todas las cosas.

Vista de Arbol: En esta vista se crearán todos los modelos. Cada forma visible en la pantalla 3D, se vera referenciada en esta vista, y solo desde esta ventana se pueden modificar sus parámetros.



Barra de Tareas: Ofrece las clásicas tareas de todo programa basado en Windows: Archivo, Editar, Ver, Ventana y Ayuda, además de la opción propia del Roboworks de Animación. Más adelante se explicaran las funciones de cada una de las tareas contenidas bajo estos menús.

Barra de Iconos: En la barra de Iconos Solo se encuentran los iconos que pertenecen a las aplicaciones generales de Windows, estos son: Nuevo, Abrir, Guardar, Cortar, Copiar, Pegar, Acerca del Roboworks y Ayuda. Más adelante se explicaran las funciones de cada una de las tareas contenidas bajo estos Iconos.

## COMO REALIZAR UNA MODELACIÓN EN ROBOWORKS?

Para empezar es necesario conocer la Ventana de vista en árbol, porque todos los modelos se realizarán en esta ventana.

### Ventana de vista de árbol

En la ventana de vista de árbol aparecerán todos los elementos de la modelación a medida que sean creados.

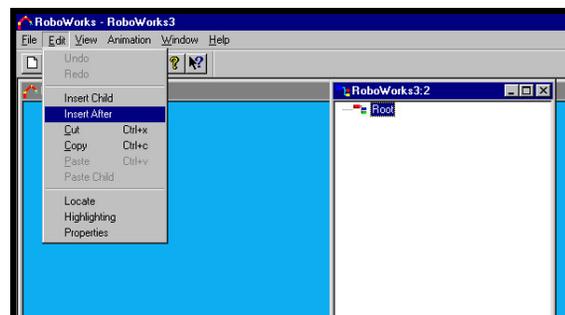
Existen 3 tipos de elementos que podemos crear en esta ventana: Formas, Transformaciones y otros.

En las Formas se encuentran las figuras básicas para realizar cualquier elemento tridimensional estas son: Cilindros, Conos, Discos, Esferas y Cubos.

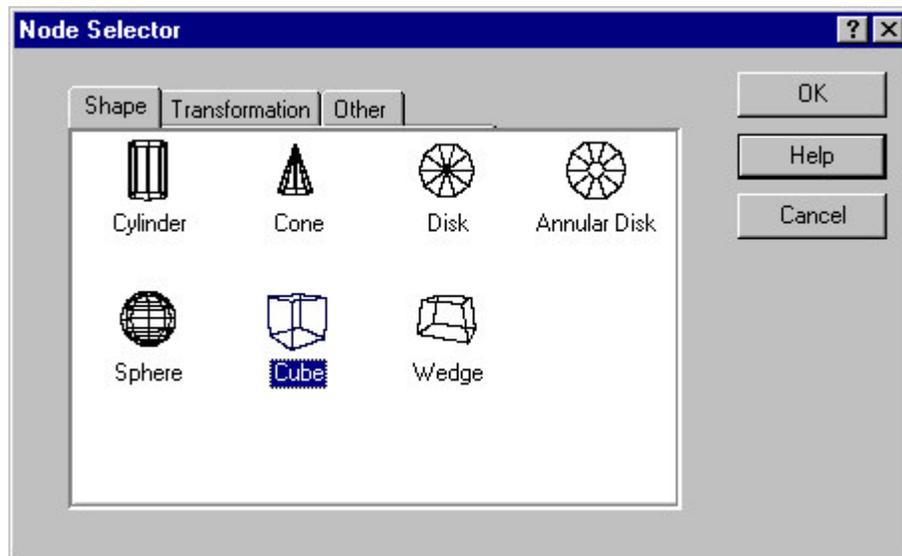
En las Transformaciones se encuentran todas las posibilidades de movimiento de una figura, como rotación y translación.

En Otras se encuentra la opción de crear grupos y seleccionar materiales para los sólidos.

Para insertar un elemento en esta vista se debe ir al menú "edit" mientras la vista se encuentre activada y seleccionar "insert child" después aparecerá una ventana que preguntará que es lo que se desea insertar. En

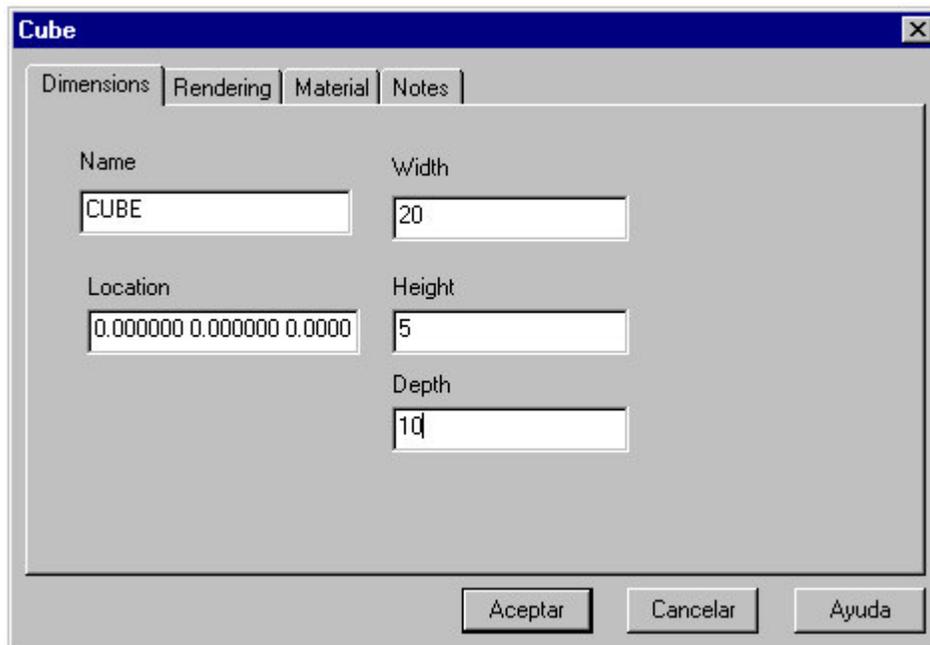


esta ventana se encontrarán los tres tipos de elementos mencionados anteriormente: formas, transformaciones y otros.



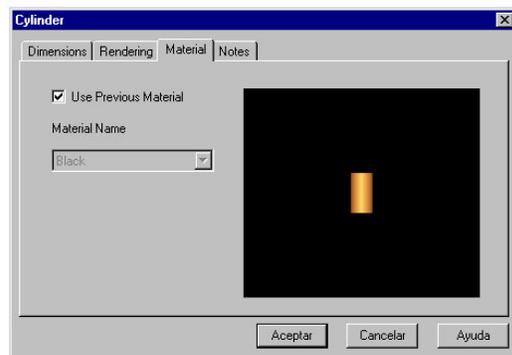
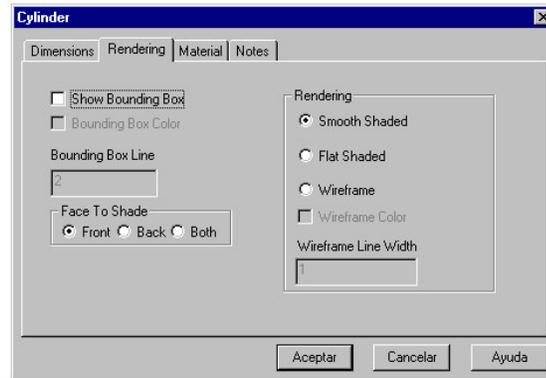
Inserte una forma, por ejemplo un Cubo: Seleccione el cubo entre los sólidos de la ventana "Shape" y de un doble click sobre este.

Aparece una nueva ventana que preguntará todos los datos sobre este cubo en este caso coloque el cubo en el punto 0,0,0 y le especifique unas dimensiones de 20x5x10



Además de la opción de dimensionar, que es necesaria para definir el objeto, existen otras dos opciones, las cuales son el rendering y el Material, estas dos opciones tienen valores predeterminados básicos, que no hacen necesario cambiar sus opciones, pero para efectos de aprendizaje, se estudiará que especifica cada una.

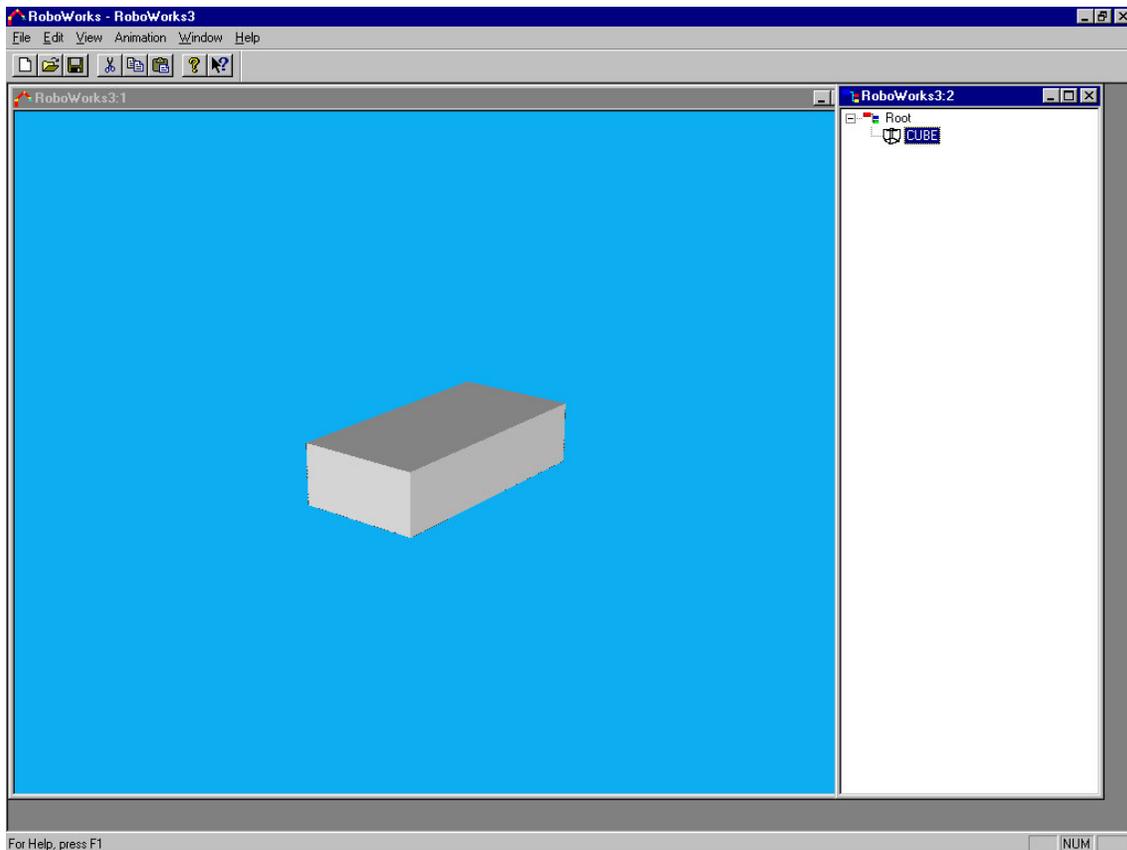
La ventana de rendering permite cambiar el sombreado de la pieza, normalmente se encuentra con el sombreado de todo el modelo. Las opciones son: sombreado suave, sombreado plano y alambrado. También permite visualizarlo solo como una figura no sólida, y visualizarlo sombreado la cara delantera la de atrás o las dos.



En Material se tienen dos opciones: definir un material solo para este modelo, o aplicarle el último material que se tiene definido, para definir un material se muestra una ventana que simula el color y la forma de la figura según las especificaciones dadas.

Volviendo al ejemplo, defina un material para el cubo y seleccione sombreado suave en el menú de rendering.

Seleccione "Aceptar" e inmediatamente se creará un cubo que se puede ver en la vista 3D y se podrán modificar sus propiedades desde la vista de árbol, dando un doble click sobre el elemento.



En el Roboworks toda modelación debe encontrarse referenciada al origen, de tal forma que si se realiza un cubo, se le debe especificar al Roboworks la distancia desde su centro al origen además de sus medidas para que el Roboworks lo pueda modelar, el cubo en este momento se encuentra en el punto 0,0,0 eso quiere decir que la cara superior del cubo se encuentra a 2.5 unidades del origen.

Los pasos para realizar cualquiera de las formas son iguales, El Roboworks preguntará que tipo de forma se desea y sus especificaciones, Ahora haga el intento de realizar una esfera justo sobre el cubo, recuerde que en este momento el centro del cubo esta en el origen.

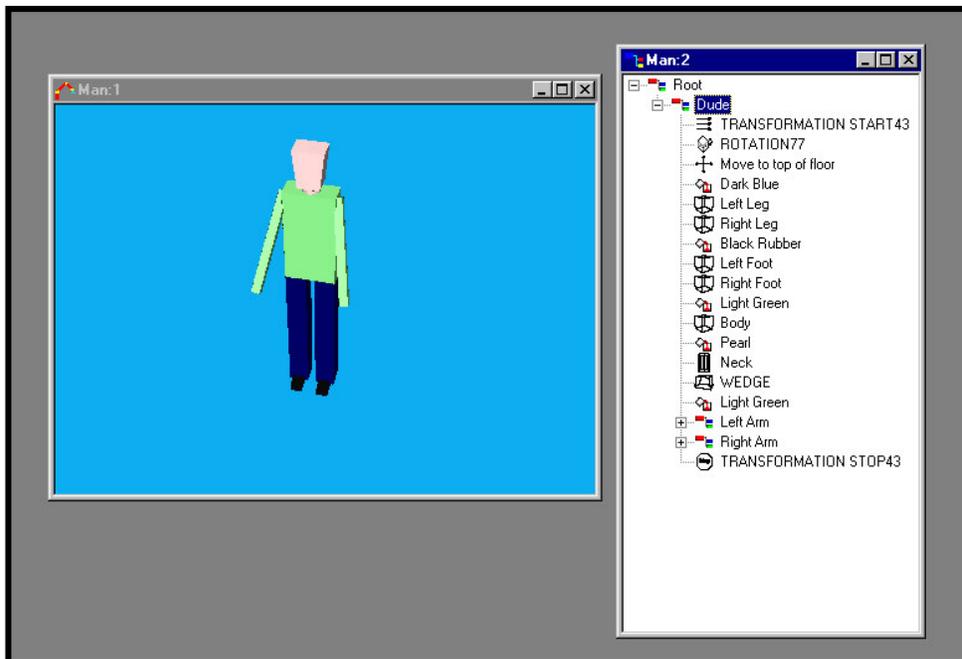
Desde el menú "edit" para la vista de árbol existen otras funciones además de la de insertar y existen dos modos de insertar figuras, En el modo "insertar hijo" insertaras si es posible un elemento dentro de un grupo, en el modo "insertar después" insertarás un elemento despues de un grupo. Entre las otras opciones

que ofrece se encuentra la de localizar un elemento en la vista 3D ("Locate"), el de resaltar los elemento seleccionados ("Highlighth"), modificar las propiedades de los elementos y las funciones clásicas de cortar, copiar y pegar.

Además de las formas, se pueden insertar grupos, en los cuales, se insertan elementos de una misma parte del ensamble y materiales que definen el color de las formas.

Ahora que ya sabe insertar elementos, estudiemos el siguiente ejemplo:

### Ejemplo: Figura Humana



Observe la configuración del muñeco:

Por ahora ignore las transformaciones ya que no han sido estudiadas.

Para empezar, cuando se define un material, todos los elementos que le sigan serán de este material a menos que se defina un material nuevo.

Primero se colocó un material azul oscuro.

Luego se dibujaron las dos piernas que en realidad son un par de rectángulos.

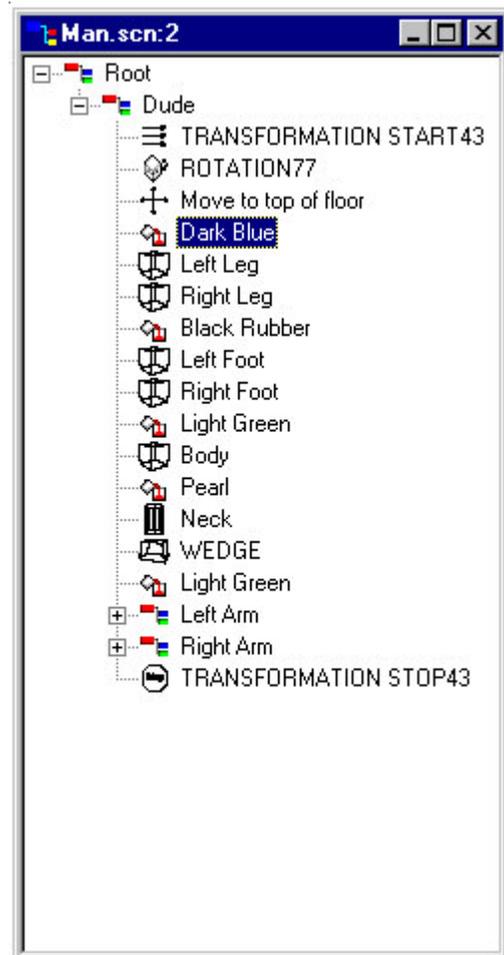
Las dos piernas son por consiguiente azules oscuras.

Después se define un nuevo material, caucho negro, con este se realizan los dos pies.

Con el material Verde claro se realiza el cuerpo.

Y para finalizar con el color perla se realiza un cilindro de cuello y un "wedge" de cabeza. El wedge es un polígono de seis caras donde 2 caras opuestas no son paralelas.

Los brazos son parte de una animación, por esta razón cada uno es un grupo conformado por varias transformaciones y un rectángulo inclinado.



## LA VENTANA EN 3D

La ventana en 3D ofrece opciones diferentes en el menú de edición, a las de la ventana de árbol, esta ventana sirve exclusivamente para ver la simulación que se ha planeado en la ventana de vista de árbol.

Las opciones del menú edit son:

1. Background: Esta opción permite modificar el color de fondo.
2. Autorotation: Esta opción pone a girar tu modelo continuamente.
3. Grid: Esta opción muestra una rejilla y por medio de esta, el sistema de referencia inicial.
4. Coordinate frames: Esta opción permite visualizar todos los orígenes creados por medio de transformaciones estáticas.
5. Antialias: Esta opción es útil para visualizar los sólidos con un renderizado de mayor calidad. No use esta opción si su PC no tiene una tarjeta gráfica lo suficientemente buena.
6. Interactive mode: Esta opción se divide en varias que permiten modificar el punto de vista del origen. Estas opciones son: rotación translación, zoom y "picking" que sirve para modificar las propiedades de los elementos del modelo por medio de un doble click sobre el elemento simulado.
7. Rendering: Permite modificar la forma en la que se desea que se encuentre el renderizado de tu modelo. Las tres opciones son: Alambrado, sombreado suave y sombreado plano.

8. Projection: Esta opción sirve para visualizar el modelo en vista perspectiva o en forma ortográfica, en perspectiva puedes ver como las líneas se alejan del horizonte, en forma ortográfica ves las medidas en tamaño real.
9. View: Permite visualizar el modelo desde las vistas comunes, arriba, abajo, al frente atrás, etc. Y también permite ver el dibujo en su posición original.
10. No Clear: Al seleccionar esta opción, y cambiar el punto de vista, el punto de vista anterior permanece y ves las dos posiciones simultáneamente.

## LAS TRANSFORMACIONES

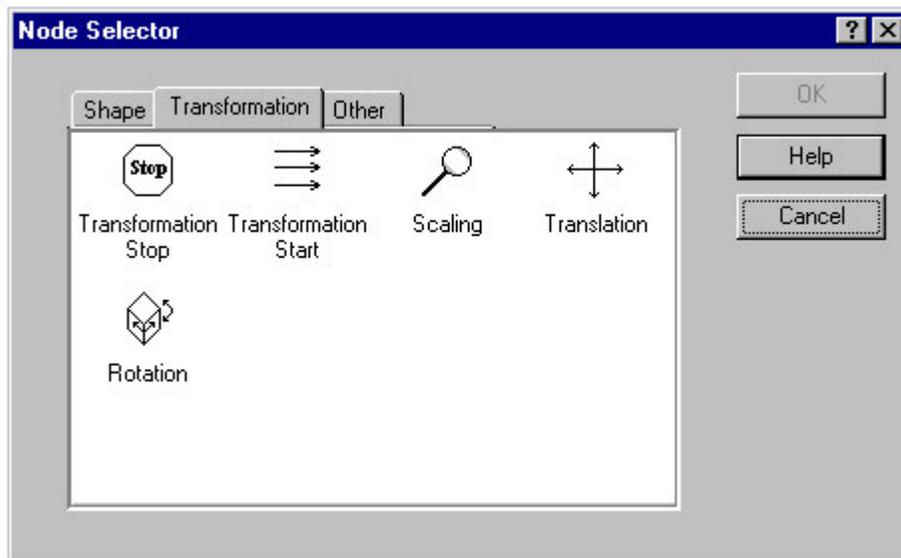
Existen dos tipos de transformaciones que utiliza el Roboworks: Las transformaciones estáticas y las transformaciones dinámicas.

Estas transformaciones son las que imprimen animación y movimiento al modelo.

### Las transformaciones estáticas

Estas transformaciones modifican el modelo al cambiar la posición del punto de referencia de los elementos del dibujo, en otras palabras, permite mover el origen, para hacer más sencilla la modelación y facilitar la animación.

Para insertar una transformación estática debe seleccionar desde la ventana de vista de árbol el menú edición, y luego la opción insertar después, de esta manera aparecen las opciones de insertar formas transformaciones u otros.



Observe cada opción:

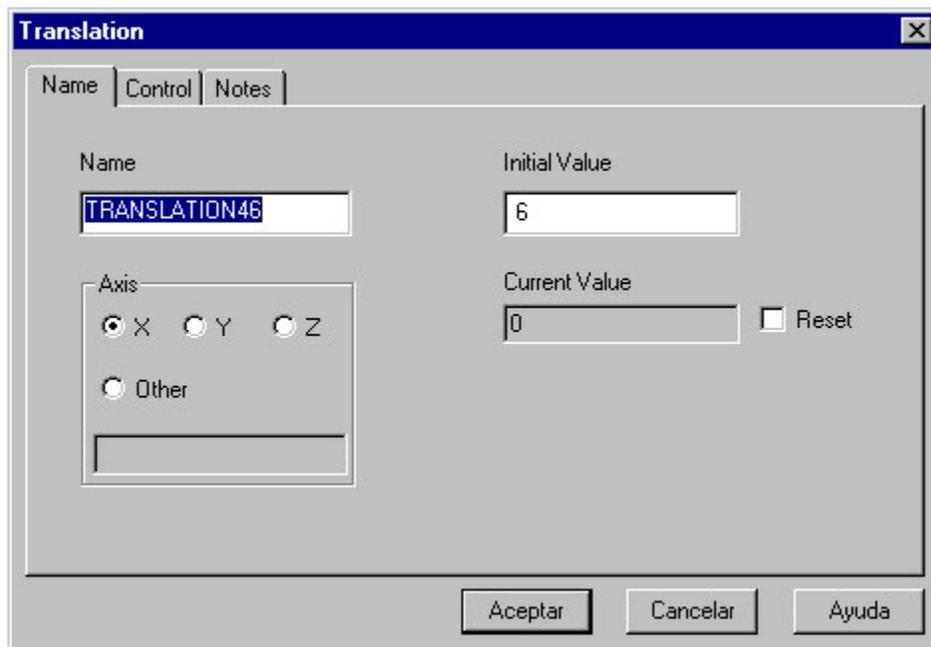
Para empezar trabaje con las más clásicas Translación y Rotación.

La translación sirve para desplazar el punto de referencia una distancia determinada, ya sea en el eje x, el eje y, o el eje z. Para desplazar el origen en

una dirección que contenga más de un eje, tendrá que desplazarse en un eje primero y luego en el otro.

Realice una translación:

Primero seleccione la opción translation en el menú "Node Selector" y aparecerá una ventana como la siguiente:

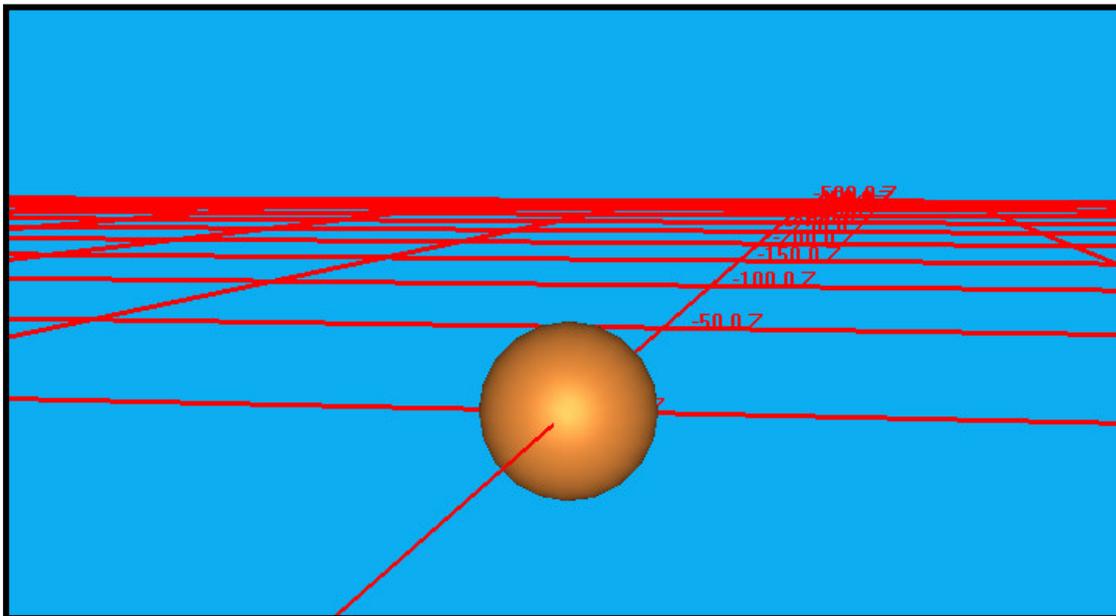


En esta ventana el RoboWorks pregunta en que eje se va a desplazar y cuanto. Desplace 6 unidades en el eje x, llenando la ventana como se muestra en el dibujo anterior. Por ahora no necesitará la ventana de control, así que no la use hasta más tarde.

Ahora cualquier objeto que se realice después de la transformación, se encontrara desplazado 6 unidades en el eje x.

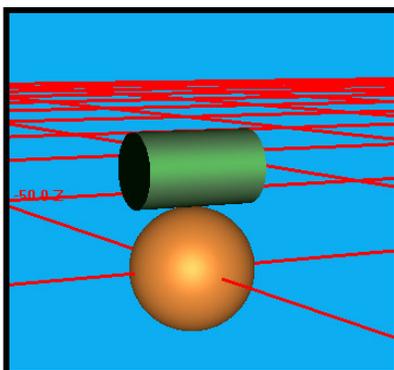
Realice un ejemplo en el RoboWorks:

Para empezar simule en la ventana de vista de árbol una esfera de 5 unidades de radio con centro en 0,0,0 y de un material color Bronce, active la Rejilla y deberá ver una figura así:

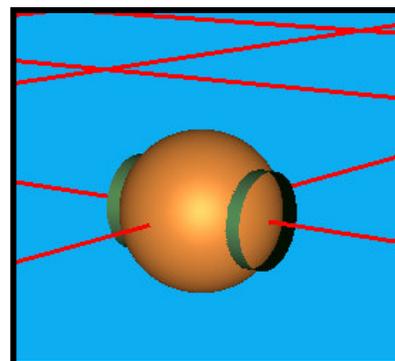


Ahora, después de la esfera agregue un nuevo material color verde y una transformación de translación en el eje Y, de 8 unidades, luego inserte un cilindro con orientación en el eje X de 3 unidades de radio, con radio constante y 10 unidades de largo, ubique esta figura en el punto 0,0,0.

El resultado será un cilindro desplazado 8 unidades hacia arriba! De no haber puesto la transformación habría obtenido un cilindro en el medio de la esfera, pero, gracias a la transformación, el cilindro está arriba de la esfera. Esto simplifica



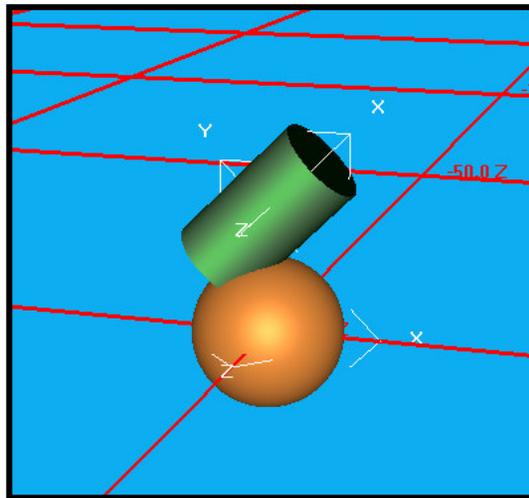
Simulación con Transformación



Simulación sin Transformación

enormemente el modelamiento pues así no es necesario recordar la posición de cada objeto con respecto al origen, y permite definir una posición con mayor sencillez.

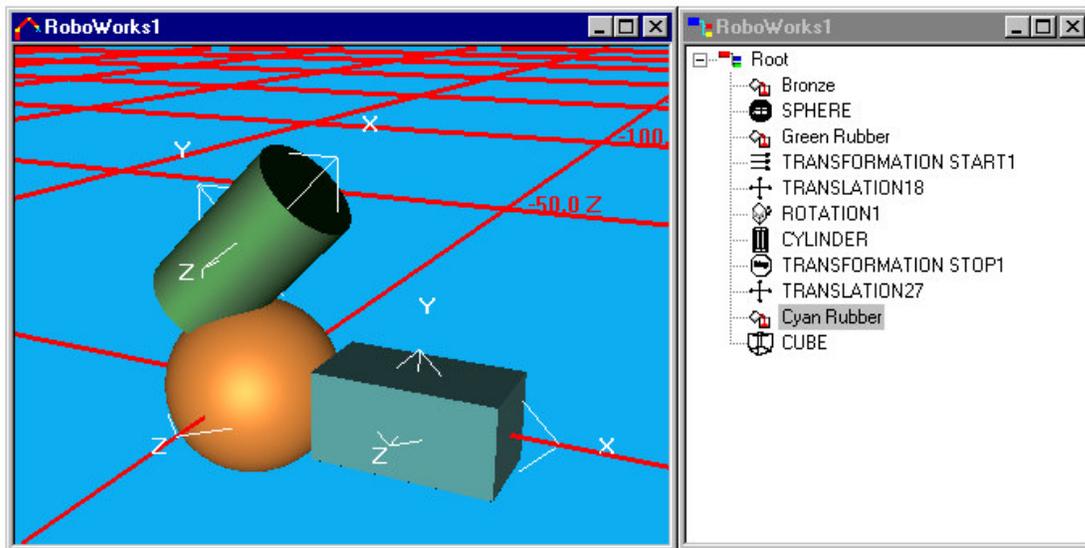
Otra opción es rotar el modelo, Así es posible realizar objetos inclinados, cosa que sin las transformaciones no se podría. Practique colocando el modelo en la posición que se muestra en la siguiente figura:



Para ayudarse en la modelación puede recurrir a la herramienta "Coordinate frames" que permite visualizar las posiciones que ha adoptado el eje de coordenadas en la simulación.

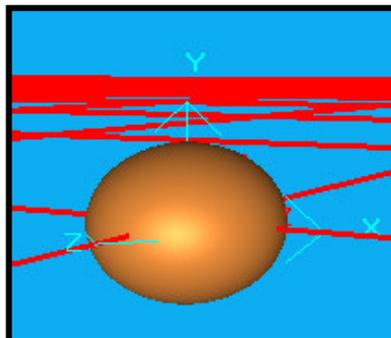
Las opciones "transformation Start" y "Transformation Stop" permiten Insertar varias transformaciones desde un mismo punto. Esto quiere decir, que, si se necesita colocar primero el cilindro inclinado arriba y luego un cubo al lado, no es necesario mover el origen hacia arriba, y luego volver abajo para llevarlo al lado, simplemente se le dice que al mover el origen hacia arriba empieza una transformación (colocando el Start antes de la transformación) y que pare la transformación al finalizar la creación del cilindro, con esto el origen vuelve a su lugar anterior a las transformaciones dentro del Start - Stop desde donde puedes crear nuevas transformaciones que lleven el punto de referencia al lugar deseado.

El siguiente es un ejemplo de esta situación:



Coloque un "Transformation Start" antes de mover el cilindro hacia arriba y de rotarlo en el eje Z, después de la creación del cilindro en este punto inserte un "Transformation Stop" con lo cual el sistema de coordenadas regresa a donde estaba antes de ser rotado y trasladado, en este caso el origen, y desde allí puede insertar una nueva transformación que le permita colocar el cubo azul a 10 unidades del origen.

Para terminar, la última Transformación que le permite realizar el Roboworks es la de "Scaling" esta sirve para escalar figuras, Esto resulta útil para deformar los modelos en una dirección determinada así, si se desea una esfera achatada en el eje Y solo se debe escalar en este eje, dejando los demás ejes sin cambios para obtener una figura como la siguiente:



Ahora que ya se entienden las transformaciones estáticas se seguirá con las transformaciones dinámicas.

### **Las transformaciones dinámicas**

Estas transformaciones no tienen un valor específico como lo tenían las transformaciones estáticas, en las dinámicas, la magnitud de la transformación es una variable que depende de las indicaciones dadas.

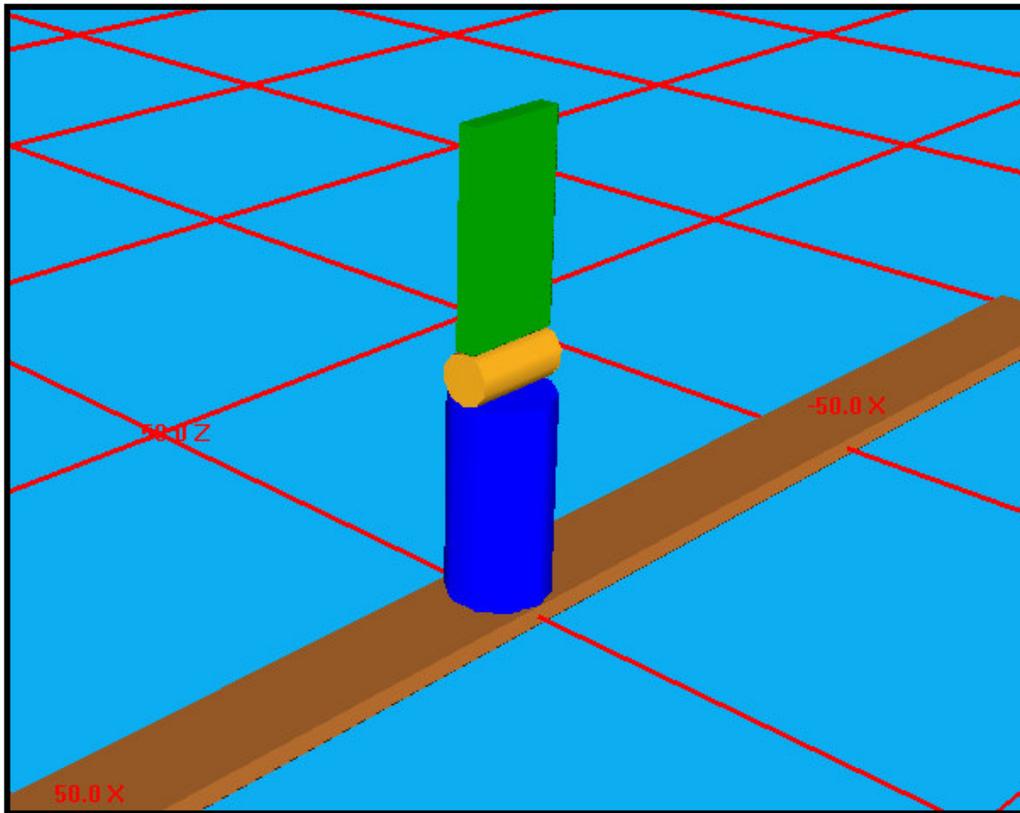
Gracias a que el valor de la transformación es variable, se obtiene la capacidad de cambiar la posición de los objetos que dependen de esta transformación, esto permite lograr la animación de los modelos, ya sea por medio de otro programa, el teclado o un archivo de datos generado por el usuario.

Las transformaciones dinámicas son las mismas que las estáticas, con la única diferencia que su valor es variable, así, por medio de estas transformaciones se puede trasladar, rotar o escalar un modelo de forma dinámica. Las opciones "Transformation Start" y "Transformation Stop" no pueden ser usadas dinámicamente, e igual que con las transformaciones estáticas, permiten regresar a un punto de referencia dado antes de haber creado nuevas transformaciones, esto permite animar dos partes del modelo de forma independiente.

Realice un ejemplo:

Simule un brazo mecánico capaz de rotar sobre si mismo, trasladarse en el eje X y girar en el Hombro su brazo.

Realice la modelación del brazo como mejor lo prefiera, recuerde colocar una plataforma por la cual se pueda desplazar y un eje que simule la articulación del brazo en la que se encontraría el hombro, En este ejemplo para facilitar las cosas se usará el modelo que se ilustra a continuación:

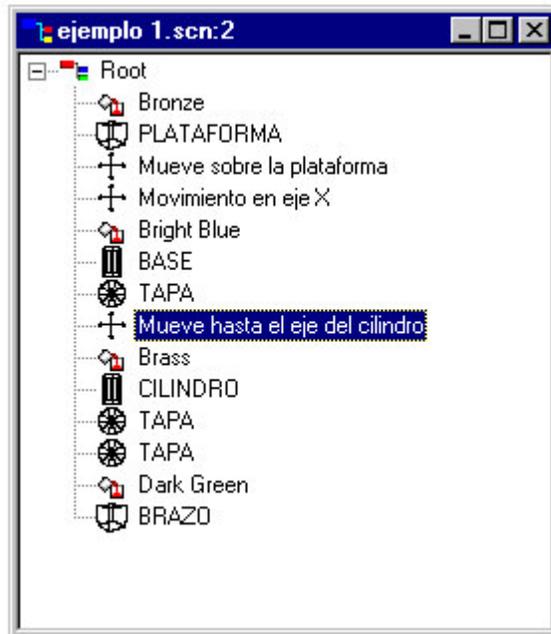


Este es un modelo sencillo que permite mostrar como lograr la animación, pero usted, que ya estas en capacidad de realizar cualquier modelación, puede imaginar y modelar un robot diferente a este.

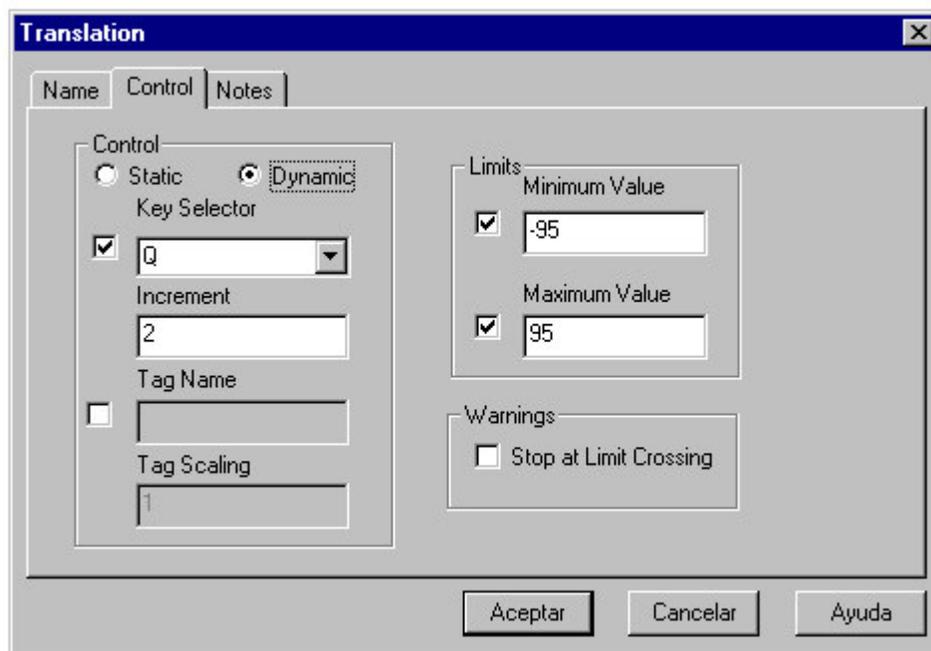
Recuerde que todas las transformaciones dependen de las transformaciones hechas con anterioridad, de tal forma que si quiere rotar el Brazo del robot sobre el eje en el cilindro, primero tendrá que mover el eje de coordenadas para que coincida con el eje del cilindro.

Ahora añádale las transformaciones dinámicas, estas transformaciones deben encontrarse antes de todos los objetos que se desee mover, así si se quiere trasladar el Brazo sin mover la plataforma, se debe colocar la transformación entre la modelación de la plataforma y la modelación del cilindro, así:

En la vista de árbol del modelo se puede ver entre la plataforma y la base la transformación que permite el movimiento en el eje X, esta es una transformación de traslación en el eje X, a la cual, en sus propiedades se le especifica que es dinámica y sus límites, para que no se salga de la plataforma.



Para cambiar las propiedades a la transformación Entre al crearla a la ventana de control, o haga doble click en ella y modifíquela las propiedades ya creada, la ventana que te aparecerá será como la siguiente:



En esta ventana se puede seleccionar el tipo de transformación, la transformación estática aparece predeterminada, seleccione la dinámica. Ahora el Roboworks permite seleccionar si se desea incluir un "Key Selector" y un "Tag Name" estas opciones dependen del tipo de animación que estás buscando, y las explicaremos

más adelante; también permite seleccionar unos límites para el movimiento de el modelo, y si se desea, que avise cuando el modelo se pasa de estos límites.

Bien, Coloque una transformación dinámica de rotación entre la plataforma y la base, y otra entre la base y el cilindro, eje de rotación del brazo, y ya está listo para empezar a animar!

## LA ANIMACIÓN

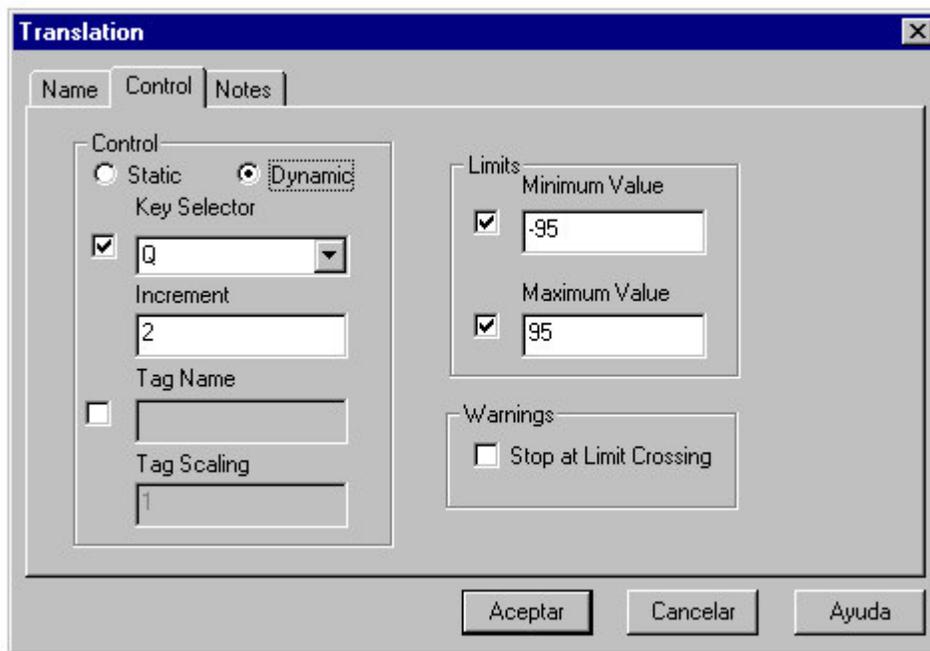
Como ya fue mencionado, existen 3 tipos de animaciones: Por el teclado, por un archivo de datos o por medio de otro programa.

Empiece por la más sencilla: La animación por teclado.

### Animación por Teclado

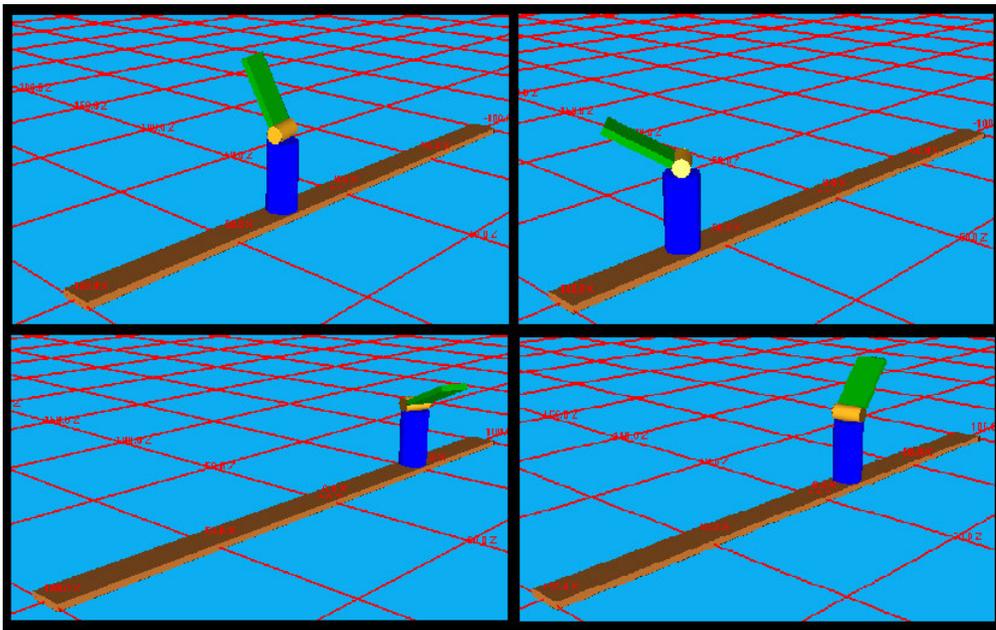
Para realizar cualquier animación se deben modificar las propiedades de las transformaciones dinámicas, que son las que permiten simular cualquier tipo de movimiento.

Siga con el ejemplo anterior. En la ventana de Control seleccione la opción "Key Selector" y en las opciones que dá seleccione cualquier letra del teclado en mayúscula. Debajo especifique la magnitud del incremento que desee darle y presione "Aceptar" con esto ya se puede Animar por medio del teclado con solo presionar en la vista en 3D la letra escogida.



Haga el intento con el ejemplo anterior, dele a sus transformaciones dinámicas una letra y después de seleccionar la vista en 3D, presione la letra, y para devolverse la letra y Shift simultáneamente.

Su modelo ya debe estar moviéndose! Si sus rotaciones no esta girando en el eje correcto, recuerde que debe definir un eje de rotación por medio de una transformación estática antes de colocar la rotación dinámica o sino el modelo girará con respecto al origen.



Ahora ya se puede pasar a la animación por medio de un archivo de datos.

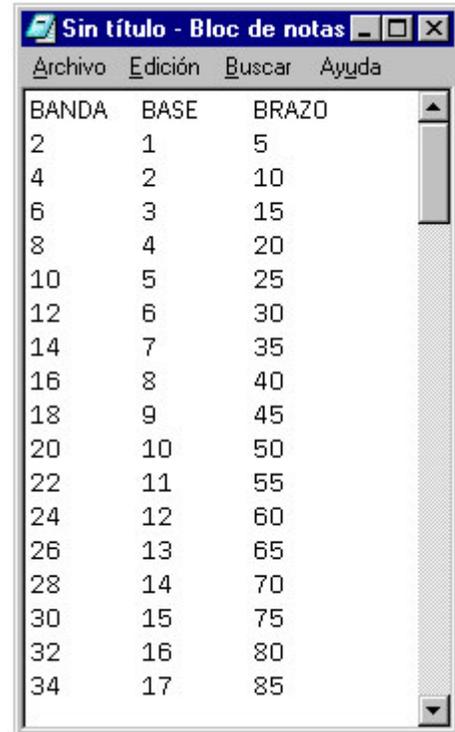
### **Animación por medio de un archivo de datos**

En este tipo de animación se debe generar la trayectoria de cada una de las transformaciones que hayan sido creadas, realizando una lista con los puntos por los que pasa, referenciados desde el origen.

Esto quiere decir que si va a mover el brazo treinta grados, debe hacer una lista que contenga puntos desde 0 hasta 30 en n pasos.

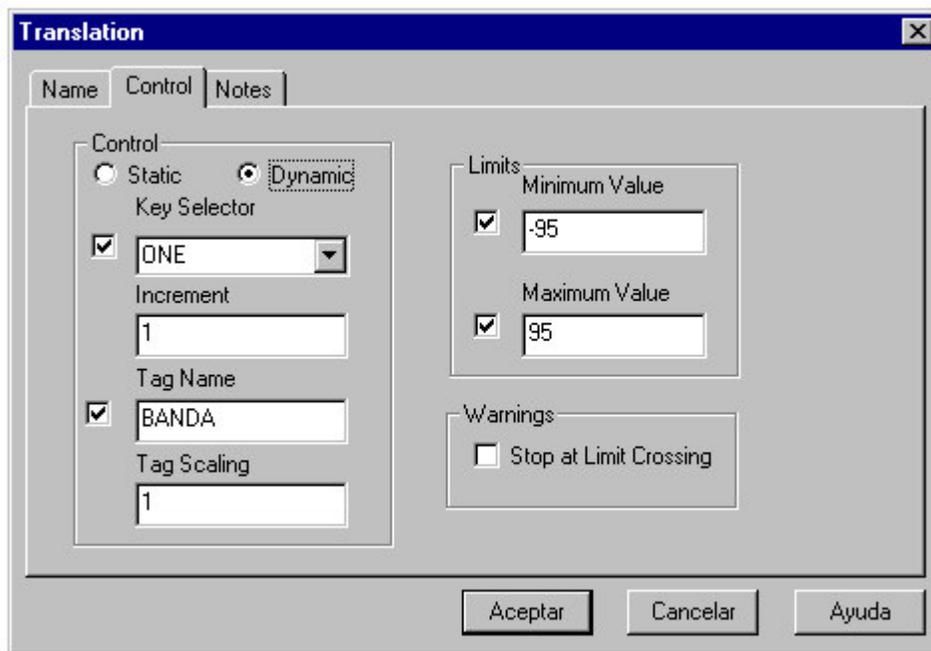
Aquí se puede ver un ejemplo de lista de trayectoria posible. Para poder utilizarlos debe guardar el documento como un archivo .dat.

Debe incluir en su lista los puntos por los que pasan todas las transformaciones simultáneamente, aun si se permanece sin movimiento por un momento, debe repetir el punto en donde se quedo, por el tiempo necesario.



BANDA	BASE	BRAZO
2	1	5
4	2	10
6	3	15
8	4	20
10	5	25
12	6	30
14	7	35
16	8	40
18	9	45
20	10	50
22	11	55
24	12	60
26	13	65
28	14	70
30	15	75
32	16	80
34	17	85

Ahora para poder animar se debe configurar la transformación dinámica de tal forma que el Roboworks pueda leer el archivo .dat.



The 'Translation' dialog box is shown with the 'Control' tab selected. It contains the following settings:

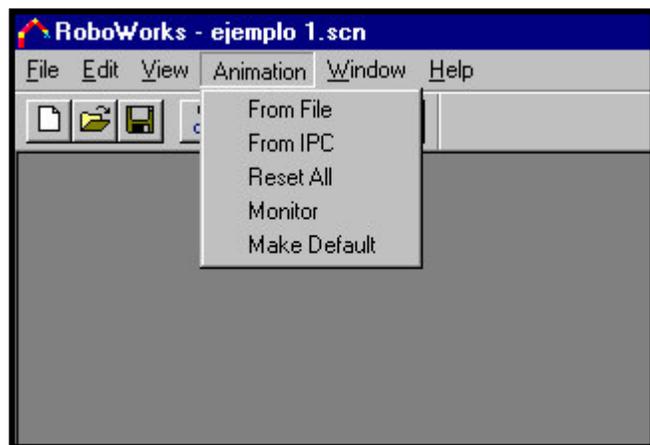
- Control:**  Static,  Dynamic
- Key Selector:**  ONE
- Increment:** 1
- Tag Name:**  BANDA
- Tag Scaling:** 1
- Limits:**  Minimum Value: -95,  Maximum Value: 95
- Warnings:**  Stop at Limit Crossing

Buttons at the bottom: Aceptar, Cancelar, Ayuda.

Se debe seleccionar un "Key Selector" que corresponda a un numero para identificar la Transformación dentro del grupo de transformaciones que fueron creadas, y se debe dar un "Tag Name" para identificar la columna de datos que contiene los cambios de posición de esta transformación.

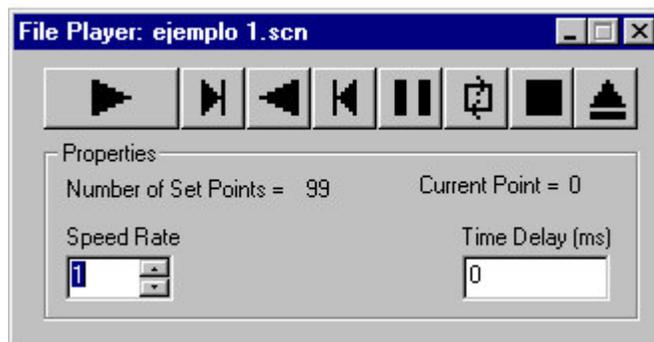
Al inicio de una lista de trayectoria se debe identificar con el "Tag Name" la columna que corresponde a la trayectoria que creaste, estos "Tag Name" deben coincidir con los que colocaste en cada transformación.

Ahora ya es posible explorar el menú de animación, haga click en este para ver las opciones que se presentan:



La primera es animación desde un archivo esta es la que se va a utilizar para decirle al Roboworks

cual es el archivo .dat en el cual guardaste tu recorrido, al seleccionar esta opción aparece una ventana que te pregunta en donde esta el archivo que tiene la animación, apenas lo seleccione, aparecerá la ventana de animación en donde se podrá poner a correr el recorrido que tenias planeado.



La segunda opción, "From IPC" debe ser seleccionada para animar desde otro programa, por ahora no la seleccione.

"Reset All" permite devolver la animación a su punto inicial, donde aun no se ha movido tu modelo.

"Monitor" presenta una ventana con la posición en todo momento de las transformaciones.

"Make Default" permite cambiar el punto inicial de la animación, permitiendo mover un modelo al lugar más conveniente.

Bien ya no es necesario saber más para realizar una animación desde un archivo, solo se debe generar el archivo .dat, modificar las propiedades de las transformaciones dinámicas, y seleccionar el archivo que tiene la animación desde el menú de animación en "From File".



Tag Name	Key N...	Tag V...
BANDA	Q	-34.00...
BASE	W	60.00...
BRAZO	E	-45.00...

Ahora ya es posible dedicarse a la animación desde otro programa, ya sea C++, Visual Basic, LabView, u otros.

### **Animación por medio de otro programa**

Esta opción es el mayor logro del Roboworks, Sus programadores la llaman RoboTalk, y consiste en una serie de librerías que te permiten programar desde otros programas, las trayectorias por las cuales se va a mover tu modelo en 3D.

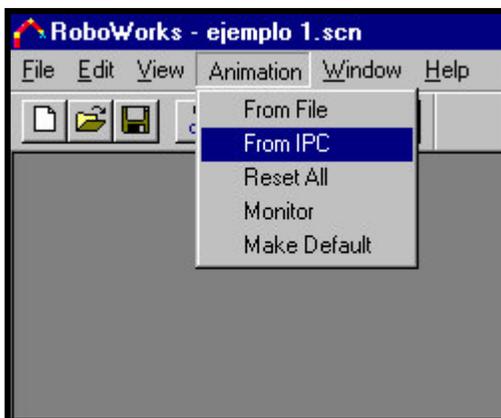
Gracias al RoboTalk se puede programar una trayectoria para una maquina en un software de programación y ver en el Roboworks como va a reaccionar ante los

comandos que se le den, Esto es muy útil pues permite realizar la programación del movimiento de una maquina sin la necesidad de moverla, reduciendo así las posibilidades de colisiones por fallas en la programación.

Las etiquetas dadas a las transformaciones de tu Robot permiten controlar desde un programa el movimiento resultante en el Roboworks. El RoboTalk está instalado como un .dll, junto con este se encuentran los archivos para la programación en Windows por medio del C++ o el Visual Basic, también se entregan los .vi para la programación en LabView.

Si se desea utilizar el programa desde una plataforma diferente a Windows, el RoboTalk entrega el código para que se programen las funciones en otro plataforma que no entienda .dll.

El Roboworks también permite por medio del TCP/IP controlar la simulación de la trayectoria, desde programas corriendo en computadores separados, mientras estos estén conectados por medio de Internet.



Para correr la simulación se debe activar la opción en el menú de animación "From IPC" y luego correr el programa ya compilado, la simulación se mostrará en el Roboworks.

A continuación se podrá ver la descripción de los códigos para los comandos principales del RoboTalk:

## CONNECT

```
int Connect(char* filename, char* ipAddress);
```

Esta función establece una conexión entre el programa controlador y el Roboworks. Para que esta conexión funcione, se debe tener la simulación abierta y la opción "From IPC" activada.

#### DISCONNECT

```
int Disconnect();
```

Esta función desconecta el programa del Roboworks, debe ser llamada antes de finalizar el programa.

#### GET TAG VALUES

```
int GetTagValues(char** tagNames , float* tagValues , unsigned int noTags );
```

Esta función llama los valores de las etiquetas definidas en las transformaciones.

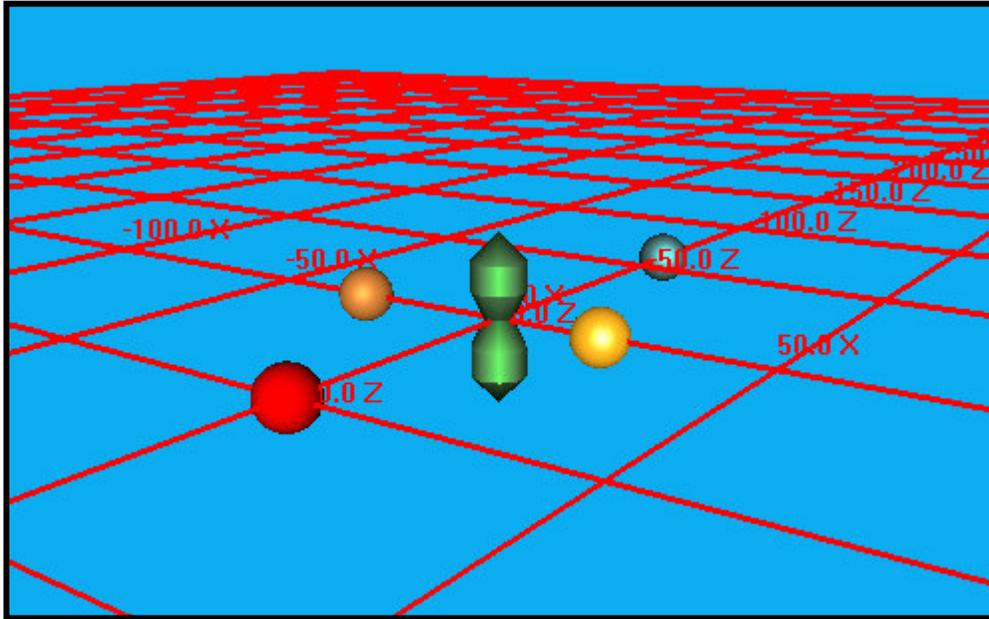
#### SET TAG VALUES

```
int SetTagValues(char** tagNames , float* tagValues , unsigned int noTags );
```

Esta función envía las etiquetas al Roboworks, con los valores que le corresponden a cada una, para poder animar el modelo en Roboworks.

## EJERCICIOS PRACTICOS

### Esferas Planetarias

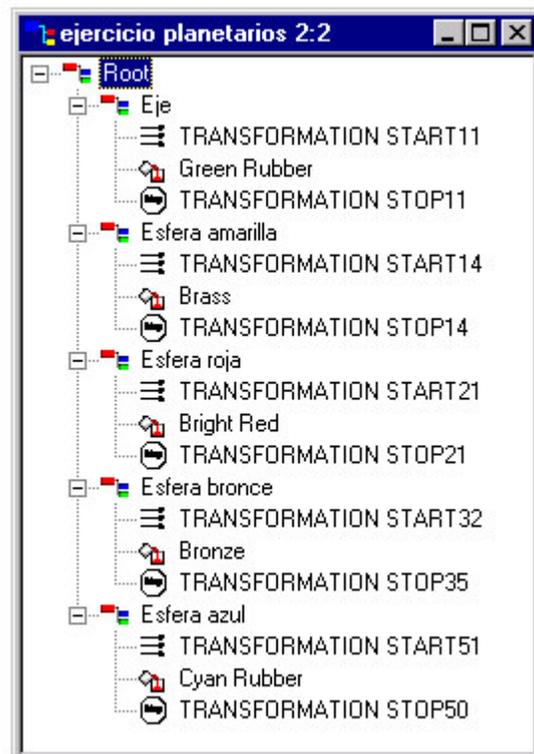


Realice el siguiente ejercicio de tal forma que las esferas de colores giren en torno al poste verde a diferentes velocidades y en diferentes sentidos, presionando únicamente la tecla Q en el teclado.

Bien empiece por la modelación.

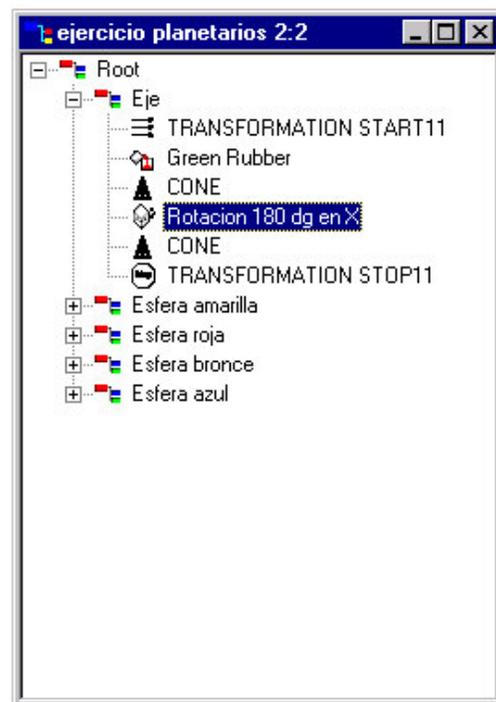
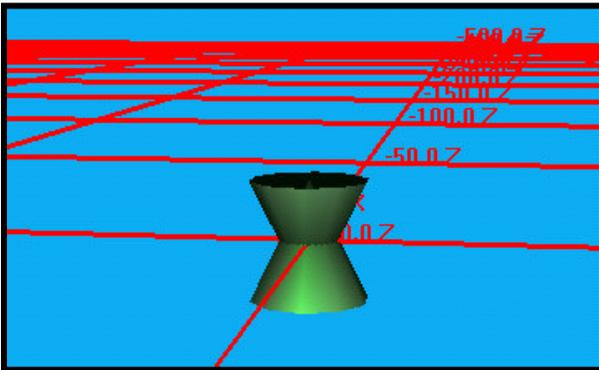
Para simplificar las cosas, realice un grupo por cada elemento del modelo, y en cada grupo defina un material.

Como se puede ver en la ventana a la derecha, hay 5 grupos diferentes de sólidos, donde se agrupan las partes principales de la modelación.

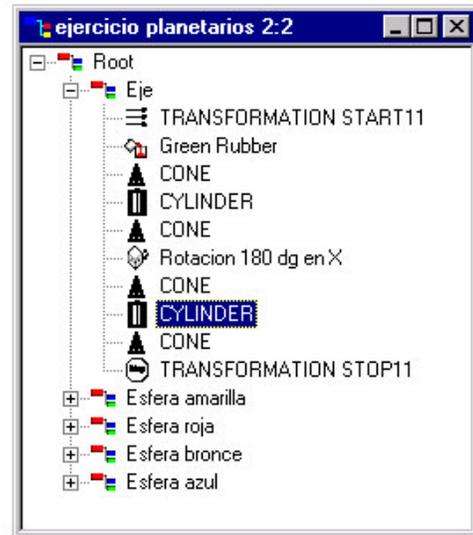
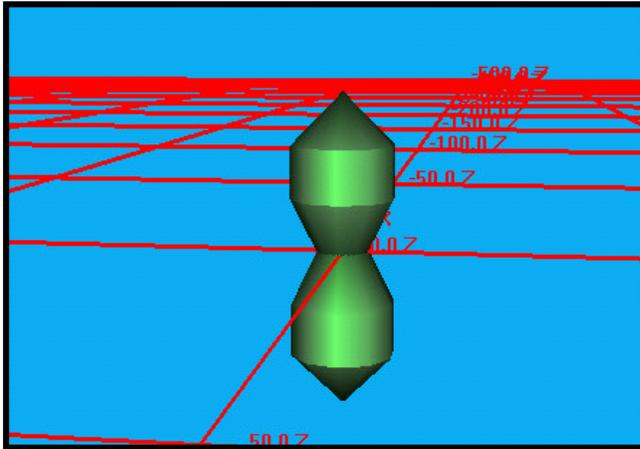


Para que las transformaciones que afectan a cada sólido no afecten a los demás, en cada grupo de elementos se definen un inicio de transformación y un final de transformación.

Para realizar el eje necesitará, inicialmente, 2 conos de 5 unidades de radio y 10 de alto, con uno de ellos invertido. Para poder hacer esto, deberá invertir el sistema de coordenadas rotándolo 180 grados en el eje X o Z. De esta manera se realiza la muesca del centro del eje.

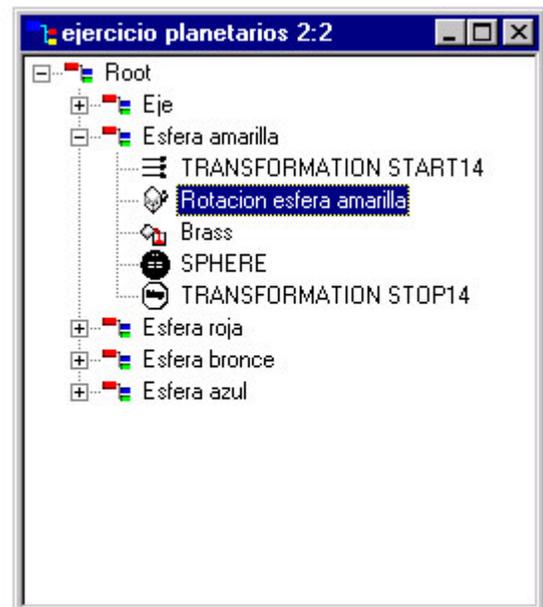
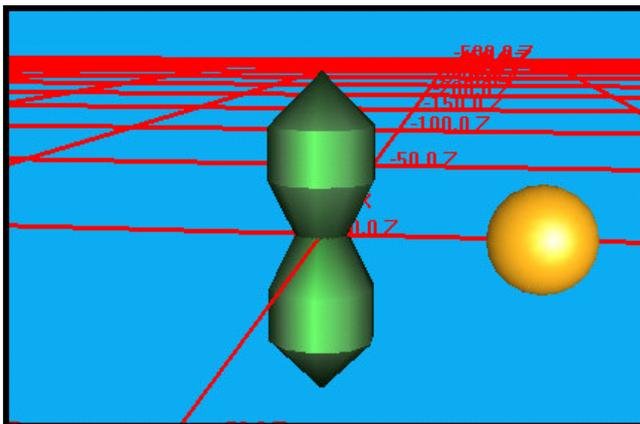


Encima de cada cono se realiza un cilindro de 5 unidades de radio y 5 unidades de alto y al final otro cono de 5 unidades de radio base y 5 unidades de alto.



Ya se ha realizado el eje, ahora solo es necesario realizar las esferas y las animaciones.

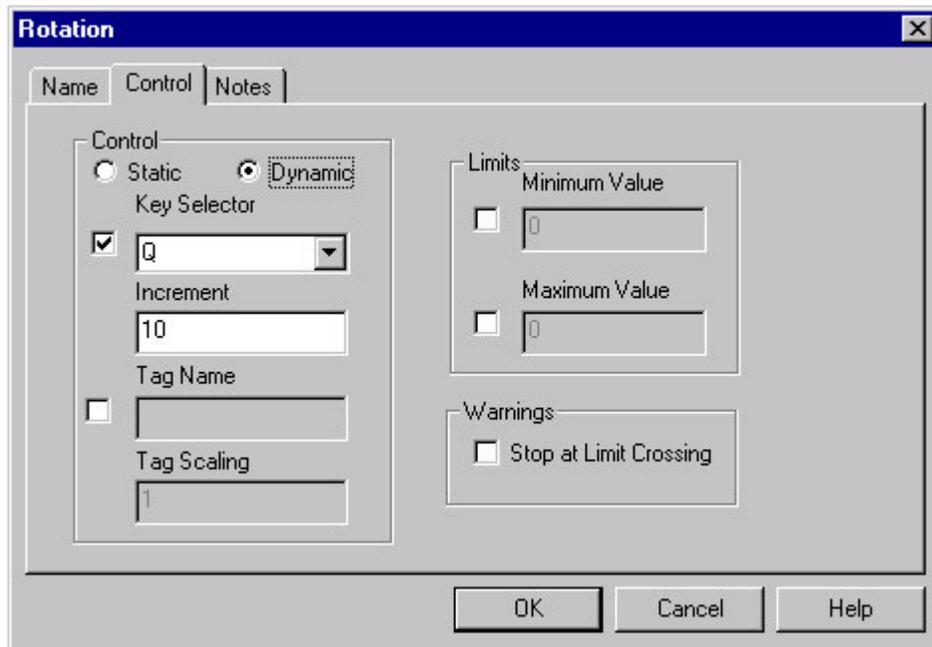
Al salir del grupo del Eje, volverá a tener las coordenadas como al inicio del programa, y gracias a esto no necesitará devolver los 180 grados en el eje X.



Cada esfera girará en torno al eje, así que debe dejarla referenciada a este.

Inserte la esfera amarilla: consiste en una esfera de 5 unidades de radio, en la posición 20 en X 0 en Y y 0 en Z con respecto al origen. No desplace la esfera por medio de una transformación estática, para conservar la referencia del origen, de tal forma que la esfera gire alrededor de este.

Para definir la animación, necesitará una rotación en torno al eje Y, al presionar la letra Q y con un incremento de 10 grados por segundo.



Ya puede probar como rota la esfera alrededor del eje al presionar la letra Q.

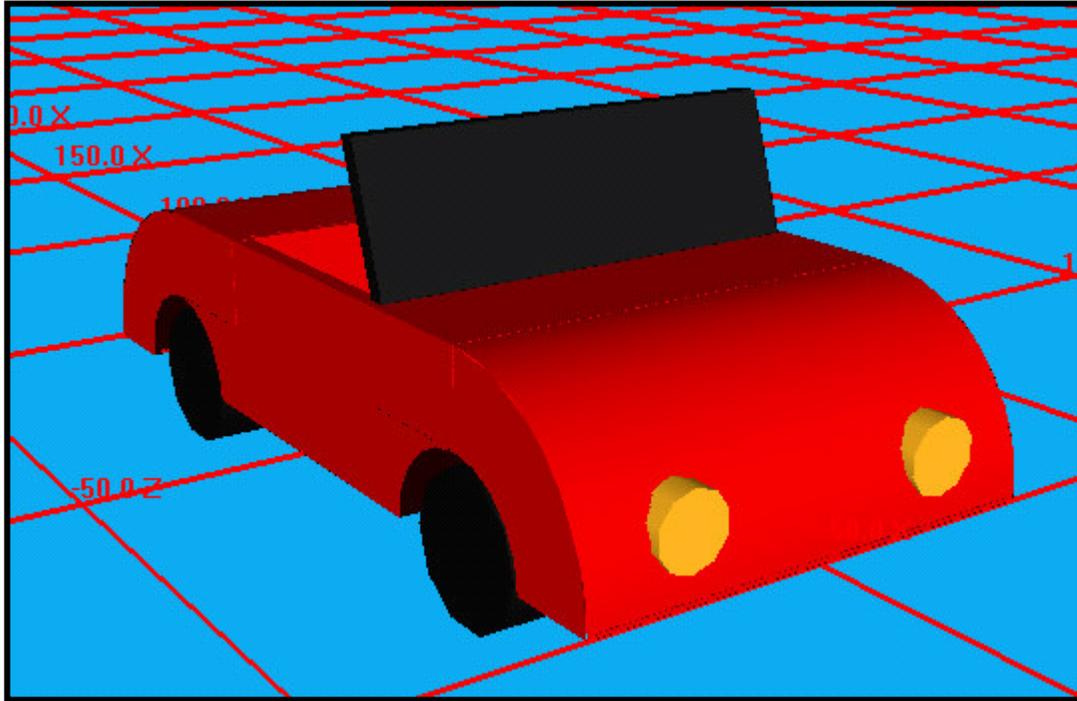
Realice el mismo proceso para las otras esferas cambiando las posiciones y el incremento en el ángulo de rotación según la siguiente tabla:

<b>Color Esfera</b>	<b>Posición X Y Z</b>	<b>Incremento en Rotación</b>
Amarilla	20 0 0	10
Roja	0 0 50	-6
Bronce	-30 0 0	-2
Azul	0 0 -60	5

Todas las transformaciones deben moverse por medio de la letra Q, ahora ya puede probar su animación de esferas planetarias.

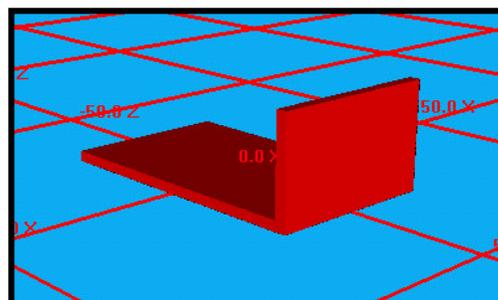
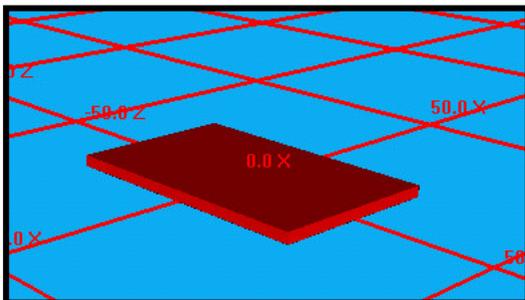
Bien ahora ya debe estar en capacidad para responder esta pregunta. ¿Que hubiera sucedido si no hubiésemos puesto un inicio de transformación y un final de transformación por cada esfera?

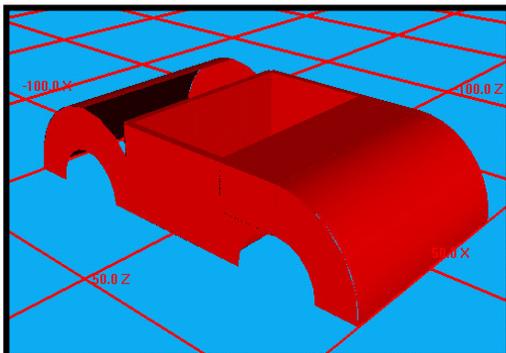
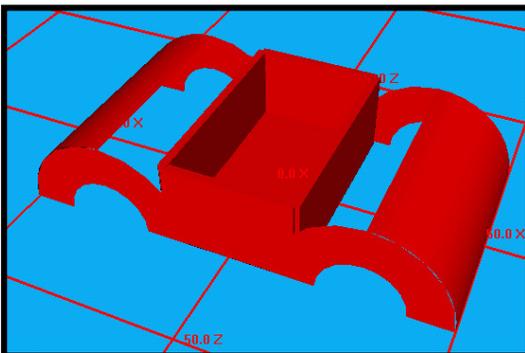
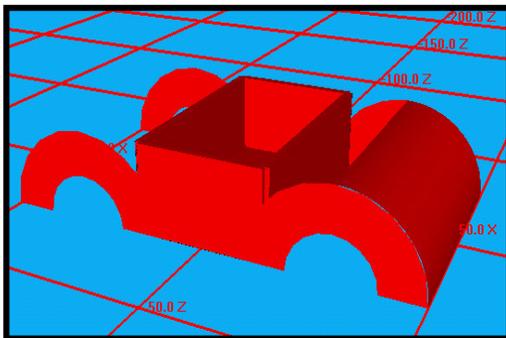
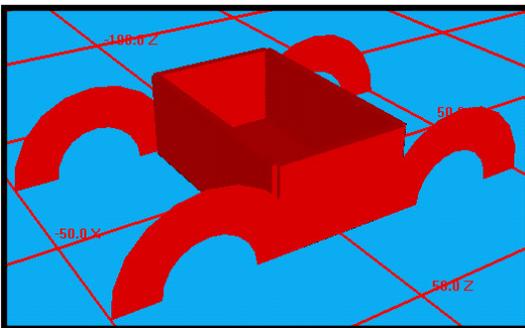
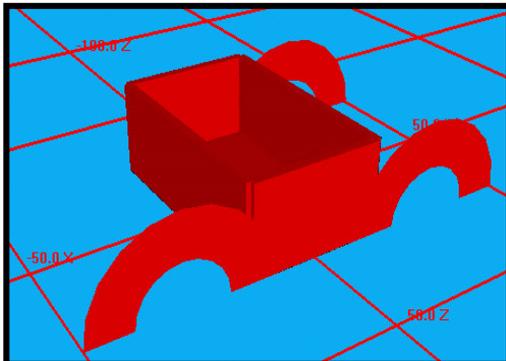
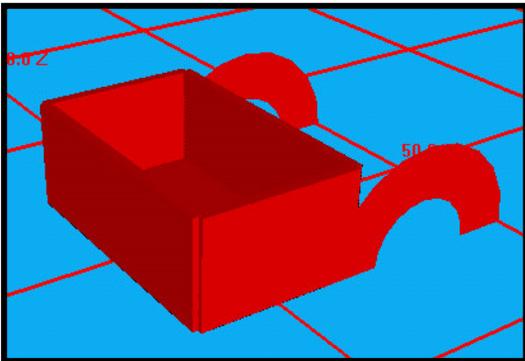
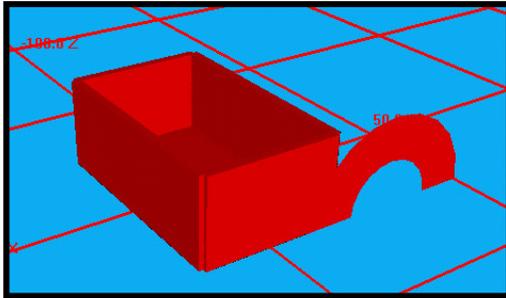
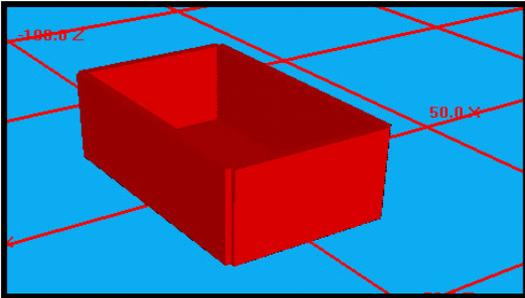
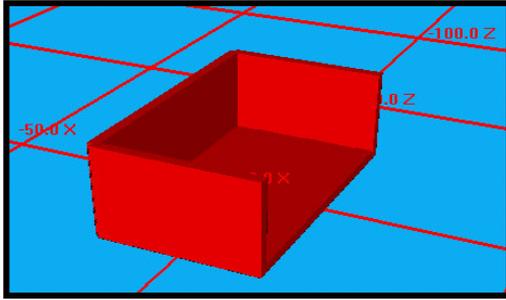
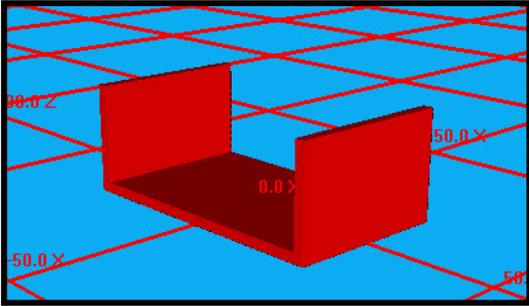
## Carrito

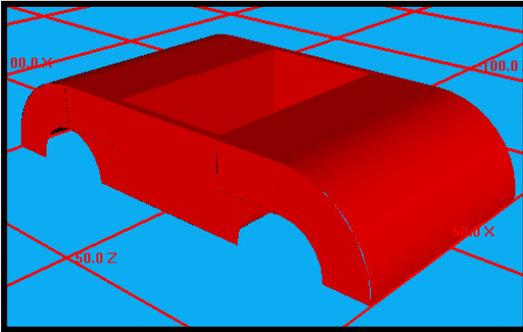


Para practicar la modelación de elementos complejos se va a modelar el carrito que se puede observar en la imagen superior.

Empiece por lo principal, la cabina, primero defina el material, el color del modelo es rojo brillante, pero dale el color que prefieras, luego realice la cavidad en la cual irían las sillas, a continuación podrás ver la secuencia de creación del modelo y luego encontrara una tabla con las posiciones y medidas de cada elemento, es recomendable que lo haga con sus propias medidas y que cree un carro con su propio estilo.

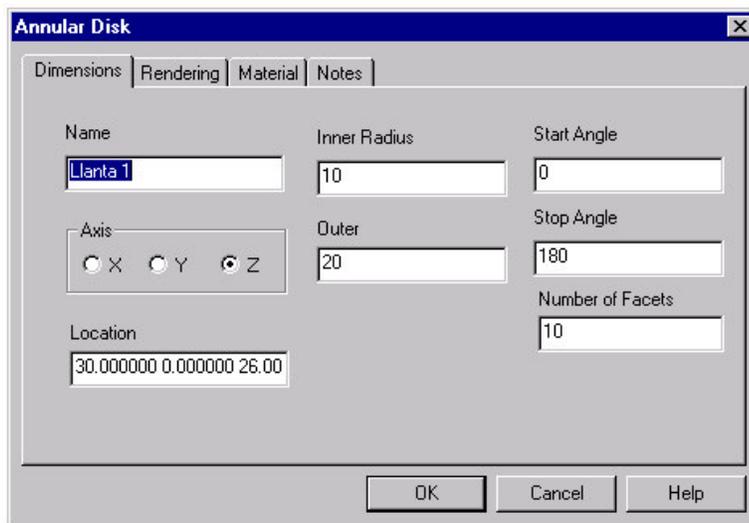




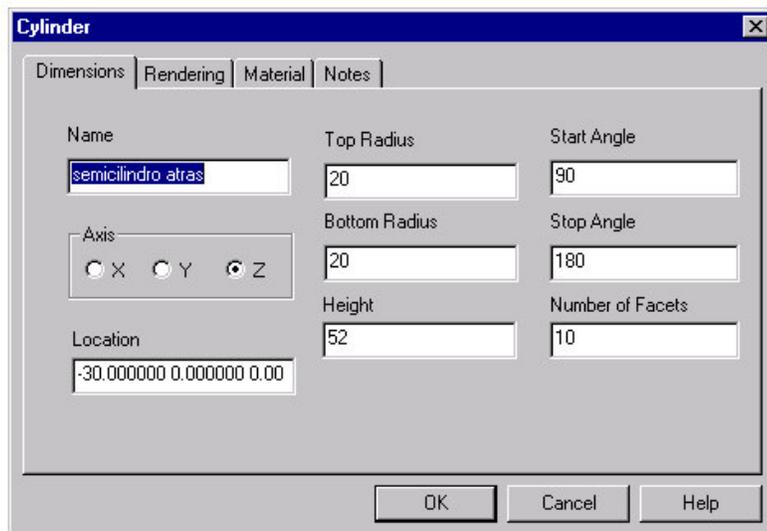


A continuación podrá ver como realizar los discos anulares y los cilindros. Las demás figuras son rectángulos, y todas las medidas de estos se encuentran en una tabla en la siguiente pagina.

Así se realizan los discos anulares: defina el diámetro interior y el exterior y posicione el disco en la misma cara de la puerta, para que sea solo media circunferencia, defina el ángulo final como 180.



Los cilindros funcionan igual, se debe dar un ángulo inicial y un ángulo final, de esta forma no dibujará el cilindro completo.



Si tiene problemas con el color de los discos anulares verifique en la propiedad de rendering del objeto, que la cara sombreada sea la correcta.

Elementos cúbicos del modelo:

NOMBRE	DIMENSION			POSICION		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Abajo	30	2	50	0	1	0
Puerta derecha	30	20	2	0	10	25
Puerta izquierda	30	20	2	0	10	-25
Placa frontal	2	20	50	-15	10	0
Placa atrás	2	20	50	15	10	0
Cubo adelante	15	10	52	22.5	15	0
Cubo atrás	15	10	52	-22.5	15	0

Discos Anulares:

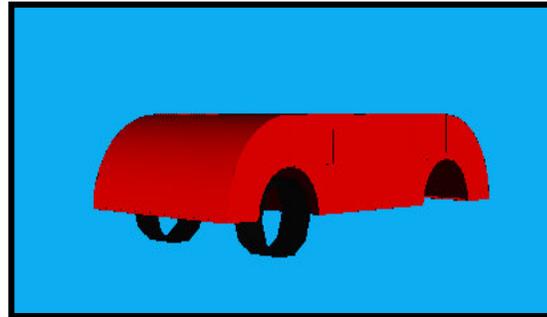
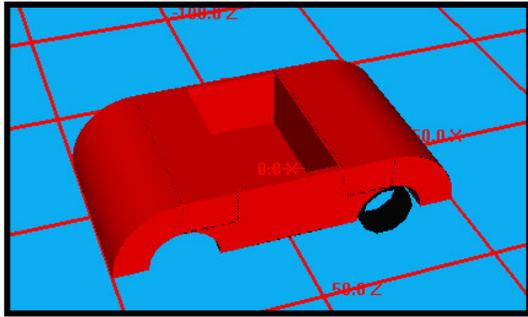
NOMBRE	DIMENSION					POSICION		
	Eje	Radio ext.	Radio int.	< inicial	< final	X	Y	Z
Llanta 1	Z	20	10	0	180	30	0	26
Llanta 2	Z	20	10	0	180	-30	0	26
Llanta 3	Z	20	10	0	180	30	0	-26
Llanta 4	Z	20	10	0	180	-30	0	-26

Cilindros:

NOMBRE	DIMENSION					POSICION		
	Eje	Radio	< inicial	< final	Profundidad	X	Y	Z
Adelante	Z	20	0	90	52	30	0	0
Atrás	Z	20	90	180	52	-30	0	0

¡Bien! Ahora a terminar el Carrito.

A continuación podrá ver las imágenes de la creación del resto del carrito.



Las llantas se realizan insertando cilindros de caucho negro cada uno, con un par de discos como tapas.

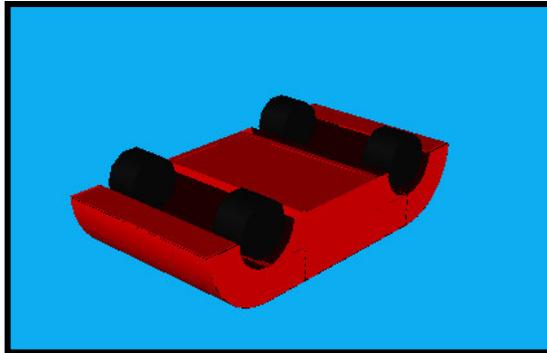
#### Cilindros de las llantas

NOMBRE	DIMENSIÓN			POSICIÓN		
	Eje	Radio	Longitud	X	Y	Z
Llanta 1	Z	8	10	30	0	20
Llanta 2	Z	8	10	-30	0	20
Llanta 3	Z	8	10	30	0	-20
Llanta 4	Z	8	10	-30	0	-20

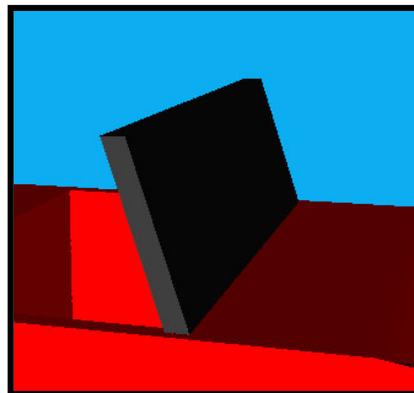
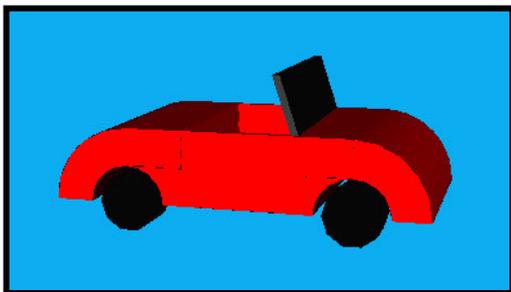
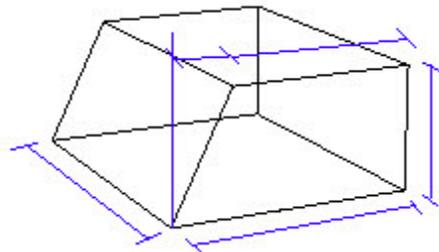
#### Discos de las Llantas

NOMBRE	DIMENSIÓN		POSICIÓN		
	Eje	Radio	X	Y	Z
Llanta 1 ext.	Z	8	30	0	25
Llanta 1 int.	Z	8	30	0	15
Llanta 2 ext.	Z	8	-30	0	25
Llanta 2 int.	Z	8	-30	0	15
Llanta 3 ext.	Z	8	30	0	-25
Llanta 3 int.	Z	8	30	0	-15
Llanta 4 ext.	Z	8	-30	0	-25
Llanta 4 int.	Z	8	-30	0	-15

Haga el intento: Coloque un par de tapas debajo del carro, para que se vea completamente cerrado.



Y ahora el vidrio. Este consiste en un "Wedge", para construirlo es necesario especificar una dirección de extrusión, una altura, las longitudes del lado de abajo y del lado de arriba, y la distancia de desviación entre estas dos líneas de tal forma que se obtiene una figura así:



Puede observar que esta es la figura que debemos hacer, un "Wedge" donde las longitudes superiores e inferiores son iguales y pequeñas, con una desviación hacia la derecha. A continuación sus especificaciones:

NOMBRE	DIMENSION						POSICION		
	Eje	Altura	L inf.	L sup.	Diferencia	Profundidad	X	Y	Z
Vidrio	Z	15	2	2	5	50	-15	27.5	0

Ya solo hacen faltan las luces, estas consisten en 2 cilindros con su respectivo disco de color amarillo, A continuación sus especificaciones:

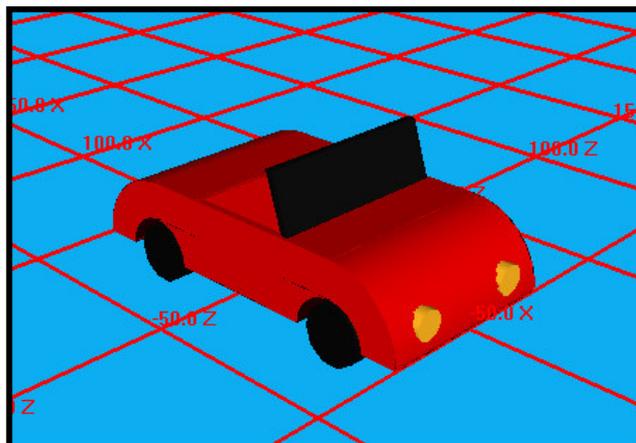
Cilindros:

NOMBRE	DIMENSION			POSICION		
	Eje	Radio	profundidad	X	Y	Z
Luz 1	X	4	5	-47.5	7	15
Luz 2	X	4	5	-47.5	7	-15

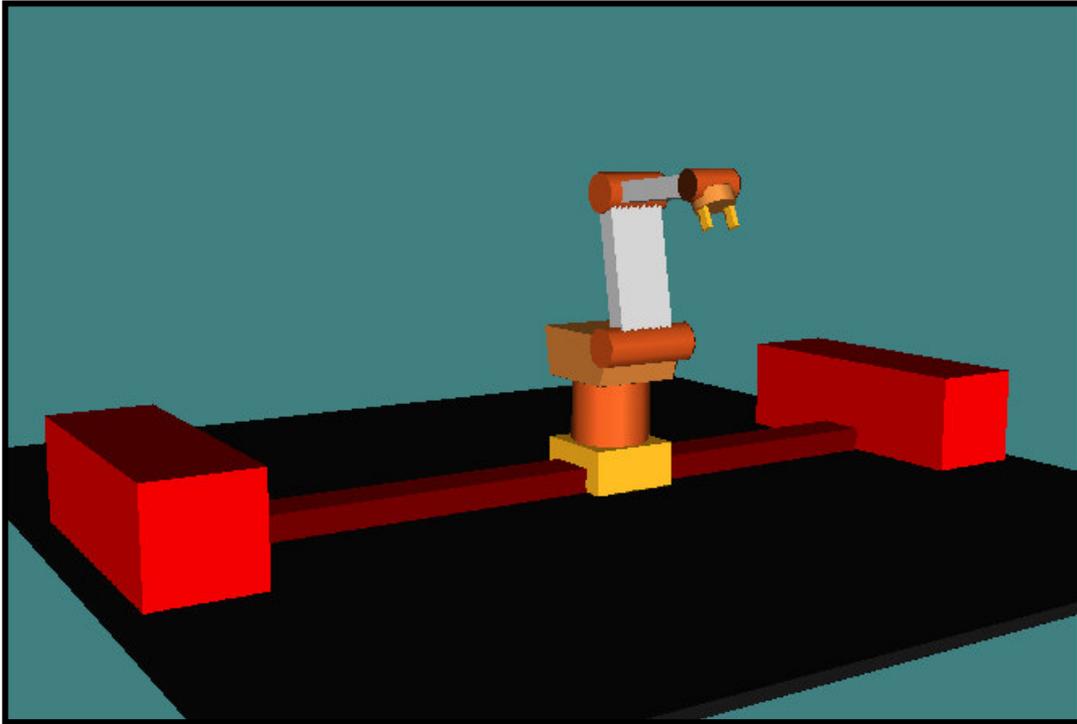
Discos:

NOMBRE	DIMENSION		POSICION		
	Eje	Radio	X	Y	Z
Luz 1	X	4	-50	7	15
Luz 2	X	4	-50	7	-15

Y ya se ha terminado el carrito. Como ejercicio, agréguele sillas y espejos.

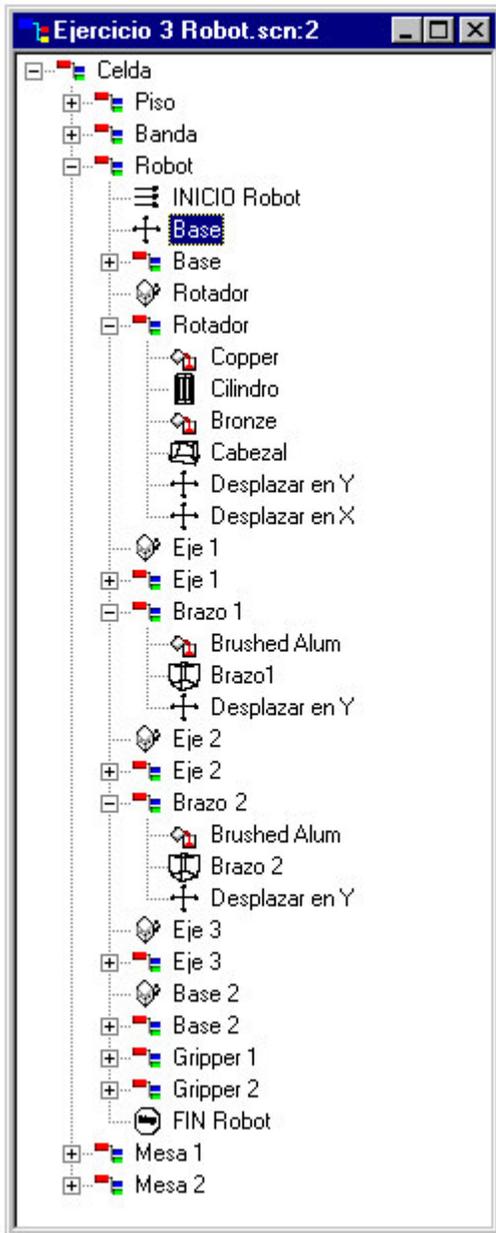


## Robot de 5 grados de Libertad



Aquí puede ver un Robot de 5 grados de libertad que se desplaza por una banda para tomar piezas de cada una de las mesas rojas. El objetivo de este ejercicio es simular el movimiento del robot por medio de un archivo .dat, Para ello deberá crear un Robot con desplazamiento en el eje Z por medio de una Banda, Rotación en el eje Y en la Base, tres juntas rotatorias que unen los dos brazos que conforman el Robot, Rotación en el gripper, y un gripper semejante a unas pinzas con movimiento independiente de cada una de ellas.

Ya está en capacidad de modelar el Robot así que nos concentraremos en la animación.



Los Elementos sin animación son bastante simples, las mesas, el piso y la banda consisten en cubos adecuados para el tamaño del Robot.

El Robot es el elemento más importante, ya que contiene en el, toda la animación.

Para independizar el movimiento del Robot de todos los demás elementos modelados, coloque un "Inicio de transformación" al empezar a modelar el Robot y termine la modelación de este, con un "Fin de Transformación".

Luego coloque una transformación dinámica de desplazamiento en el eje Y, esto permite que todo el Robot se mueva por el eje Y cuando lo especifique en el archivo .dat.

Antes del Rotador, que es el cilindro vertical que le sigue a la base, coloque la Rotación dinámica en el eje Y, y al finalizar la

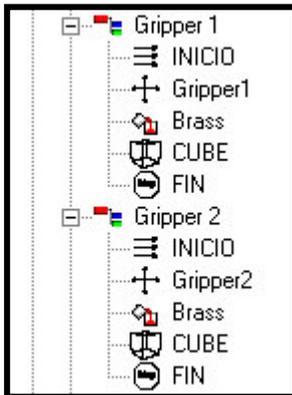
modelación del Rotador, mueva el punto de referencia hasta la posición que va a ocupar el primer eje de rotación.

Ahora ya puede poner a girar el eje 1, anterior a este, debe colocar una rotación dinámica en el eje Z, de tal forma que se pueda girar el brazo 1 sobre el eje que se acaba de modelar.

Luego de modelar el Brazo 1, vuelva a desplazar el eje de coordenadas hasta el eje 2 y coloque una Rotación dinámica antes del Eje 2, de tal manera que el brazo 2 gire en torno al eje 2, y no entorno al eje 1.

Realice la misma operación para el eje 3, traslade el eje de coordenadas hasta la localización del eje 3 y colóquele una Rotación dinámica, para que gire alrededor del eje Z.

Ahora dele a la Base 2, o base del gripper, la posibilidad de girar entorno a si misma, creando, antes de ella, una Rotación dinámica en el eje Y.



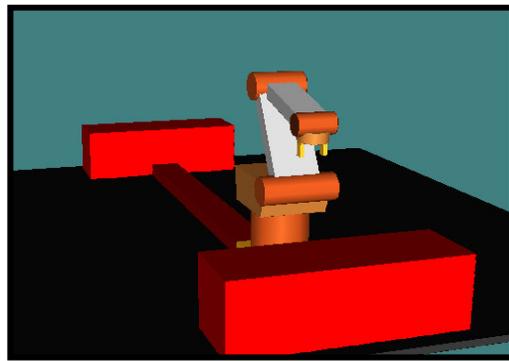
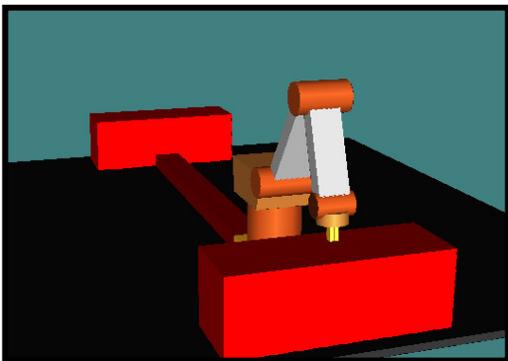
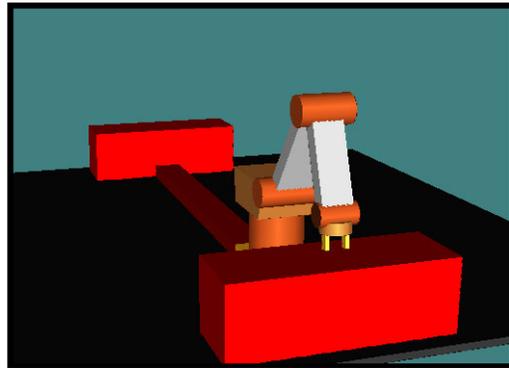
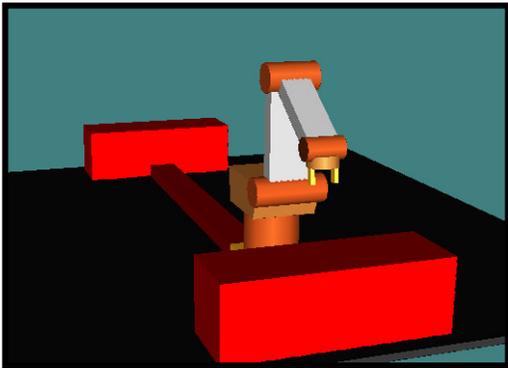
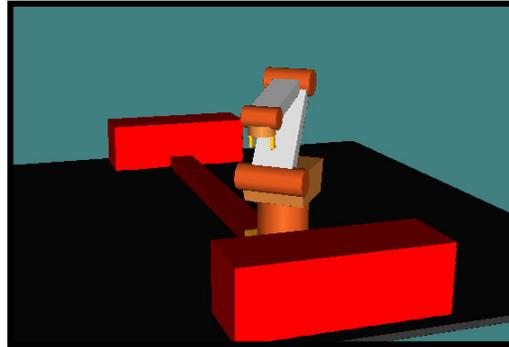
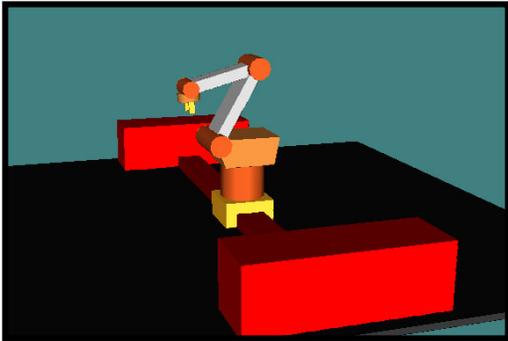
Para realizar el gripper primero debe colocarle a cada uno de los lados que componen las pinzas, un Inicio y Fin de Transformación, esto se hace para que aunque su posición dependa del resto del Robot, su posición no dependa del otro lado de la pinza, y así facilitar las cosas. Puede darles el mismo Tag name, y a uno de ellos un incremento negativo, de esta manera los sincroniza para que cierren y abran simultáneamente con un solo comando.

Ahora genere el archivo .dat.

A continuación es presentado el principio de la animación, recuerde que los de parámetros esta modelación probablemente no son iguales a los de la suya, así que mejor, genere su propia animación basándose en estos datos, pero no los copie, porque así, no le servirán.

BASE	ROTADOR	EJE1	EJE2	EJE3	BASE2	GRIPPER2	GRIPPER1
5.0	0.0	-30.0	135.0	80.0	0.0	0.0	0.0
10.0	0.0	-30.0	135.0	80.0	0.0	0.0	0.0
15.0	0.0	-30.0	135.0	80.0	0.0	0.0	0.0
20.0	0.0	-30.0	135.0	80.0	0.0	0.0	0.0
25.0	0.0	-30.0	135.0	80.0	0.0	0.0	0.0

30.0	0.0	-30.0	135.0	80.0	0.0	0.0	0.0
35.0	0.0	-30.0	135.0	80.0	0.0	0.0	0.0
40.0	0.0	-30.0	135.0	80.0	0.0	0.0	0.0
45.0	0.0	-30.0	135.0	80.0	0.0	0.0	0.0
50.0	5.0	-30.0	135.0	80.0	0.0	0.0	0.0
50.0	10.0	-30.0	135.0	80.0	0.0	0.0	0.0
50.0	15.0	-30.0	135.0	80.0	0.0	0.0	0.0
50.0	20.0	-30.0	135.0	80.0	0.0	0.0	0.0
50.0	25.0	-30.0	135.0	80.0	0.0	0.0	0.0
50.0	30.0	-30.0	135.0	80.0	0.0	0.0	0.0
50.0	35.0	-30.0	135.0	80.0	0.0	0.0	0.0
50.0	40.0	-30.0	135.0	80.0	0.0	0.0	0.0
50.0	45.0	-30.0	135.0	80.0	0.0	0.0	0.0
50.0	50.0	-30.0	135.0	80.0	0.0	0.0	0.0
50.0	55.0	-30.0	135.0	80.0	0.0	0.0	0.0
50.0	60.0	-30.0	135.0	80.0	0.0	0.0	0.0
50.0	65.0	-30.0	135.0	80.0	0.0	0.0	0.0
50.0	70.0	-30.0	135.0	80.0	0.0	0.0	0.0
50.0	75.0	-30.0	135.0	80.0	0.0	0.0	0.0
50.0	80.0	-30.0	135.0	80.0	0.0	0.0	0.0
50.0	85.0	-30.0	135.0	80.0	0.0	0.0	0.0
50.0	90.0	-25.0	130.0	75.0	0.0	0.0	0.0
50.0	90.0	-20.0	125.0	70.0	0.0	0.0	0.0
50.0	90.0	-15.0	125.0	65.0	0.0	0.0	0.0
50.0	90.0	-10.0	125.0	60.0	0.0	0.0	0.0
50.0	90.0	-5.0	125.0	55.0	0.0	0.0	0.0
50.0	90.0	0.0	125.0	50.0	0.0	0.0	0.0
50.0	90.0	5.0	125.0	45.0	0.0	0.0	0.0
50.0	90.0	10.0	125.0	40.0	0.0	0.0	0.0
50.0	90.0	15.0	125.0	35.0	0.0	0.0	0.0
50.0	90.0	20.0	125.0	30.0	0.0	0.0	0.0
50.0	90.0	25.0	125.0	25.0	0.0	0.0	0.0
50.0	90.0	30.0	125.0	20.0	0.0	0.0	0.0
50.0	90.0	35.0	125.0	15.0	0.0	0.0	0.0
50.0	90.0	35.0	125.0	15.0	0.0	0.2	-0.2
50.0	90.0	35.0	125.0	15.0	0.0	0.4	-0.4
50.0	90.0	35.0	125.0	15.0	0.0	0.6	-0.6
50.0	90.0	35.0	125.0	15.0	0.0	0.8	-0.8
50.0	90.0	35.0	125.0	15.0	0.0	1.0	-1.0
50.0	90.0	35.0	125.0	15.0	0.0	1.2	-1.2
50.0	90.0	35.0	125.0	15.0	0.0	1.4	-1.4
50.0	90.0	35.0	125.0	15.0	0.0	1.6	-1.6
50.0	90.0	35.0	125.0	15.0	0.0	1.8	-1.8
50.0	90.0	35.0	125.0	15.0	0.0	2.0	-2.0
50.0	90.0	35.0	125.0	15.0	0.0	2.2	-2.2



Con este ejercicio se termina El Manual de Manejo del Roboworks, Ya debe ser un experto con el Roboworks, ahora disfrute de sus diferentes aplicaciones.