



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PASEO VIRTUAL POR LA ZONA**

**ARQUEOLÓGICA DE**

**XOCHICALCO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**INGENIERO EN COMPUTACIÓN**

**P R E S E N T A N :**

**JOSÉ NOÉ DELGADILLO LÓPEZ**

**CARLOS JAVIER GONZÁLEZ RODRÍGUEZ**

**MIGUEL ANGEL JACOBO ROMERO**



**DIRECTOR DE TESIS:**

**ING. J. FRANCISCO SALGADO ROGRÍGUEZ**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, D. F. 2008.**

## **DEDICATORIAS.**

### **A Dios.**

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

### **A mi madre Lucía.**

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

### **A mi padre Javier.**

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A la **Universidad Nacional Autónoma de México** y en especial a la **Facultad de Ingeniería** por permitirme ser parte de una generación de triunfadores y gente productiva para el país.

**Carlos Javier**

### **A Dios**

... por darme la oportunidad de existir.

### **A mis padres**

... por los valores que me inculcaron, por su enorme paciencia y por darme la oportunidad de realizarme en la vida.

### **A mi hermano Jesus**

... por su apoyo incondicional y fraternidad.

### **A mi hermana Maria Magdalena**

... por sus consejos y cariño que siempre me ha ofrecido.

**José Noé**

**A Dios:**

Por darme la fuerza espiritual para salir adelante.

**A mis padres:**

Cuando me equivoco me ayudan, cuando dudo me aconsejan y siempre que los necesito están a mi lado. Muchas gracias.

**A mis hermanos:**

Porque sin su apoyo no hubiera llegado a este momento de mi vida. GRACIAS.

**A DJ VANYARO:**

Gracias por las rolas, “uuuuuhhhhhh que rolon”.

**A mi novia Nubia:**

Gracias por ayudarme en momentos complicados, y aunque estés lejos de mi, yo te siento a mi lado.

**Miguel Angel.**

**A nuestros amigos.**

Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos: **Angeles Diaz Genaro Nicolas, Moreno Lucio Ivan, Tudela Garcia Ruth Alma Estefania, Gonzalez Ramos Osvaldo Ivan, Garcia Diaz Jose Hugo, Ponce Garcia Jose Israel, Rosas Madrid Mauricio ,Nefreros Amaya Gonzalo, Medrano Riviera Victor Hugo, Sandoval Hernandez Ulises Andres, Arreguin Solis Anabel, Medina Martinez Cristian Alexis**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a todos nuestros profesores de la Universidad Nacional Autónoma de México por sus conocimientos aportados y ejemplos de profesionalidad que nos servirán para desempeñar orgullosamente nuestra carrera.

A nuestro asesor Ing. Francisco Salgado Rodríguez por su confianza al aceptarnos para llevar a cabo este proyecto, y más que nada por su guía y paciencia.

A nuestros amigos de la Facultad que nos apoyaron en todo momento y que siempre estuvieron ahí para darnos consejos o una muestra de afecto para salir adelante.

Y a todos aquellos que hicieron posible la elaboración de este trabajo.

Muchas Gracias....

# ÍNDICE

---

## **CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.**

I.1 INTRODUCCIÓN. ....	1
------------------------	---

## **CAPÍTULO II DEFINICIÓN Y PROBLEMÁTICA.**

II.1 DEFINICIÓN Y PROBLEMÁTICA. ....	5
--------------------------------------	---

## **CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO.**

III.1 SISTEMAS DE REALIDAD VIRTUAL.....	9
III.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE REALIDAD VIRTUAL.....	9
III.1.2 CAPACIDAD SINTETICA.....	9
III.1.3 INTERACTIVIDAD.....	10
III.1.4 TRIDIMENSIONALIDAD.....	12
III.1.5 ILUSIÓN DE REALIDAD.....	14
III.2 DEFINICIÓN. ....	14
III.3 MECANISMOS BÁSICOS DE LA REALIDAD VIRTUAL.....	14
III.3.1 GRÁFICOS TRIDIMENSIONALES. ....	15
III.3.2 ESTEREOSCOPIA. ....	15
III.3.2.1 TÉCNICAS DE ESTEREOSCOPIA.....	16
III.3.2.1.1 ANAGLIFOS. ....	16
III.3.2.1.2 SISTEMA CROMATEK. ....	17
III.3.2.1.3 EFECTO PULFRITCH.....	17
III.3.2 SIMULACION DE COMPORTAMIENTO. ....	18
III.3.4 NAVEGACIÓN EN LOS SISTEMAS DE REALIDAD VIRTUAL. ....	20
III.3.5 TÉCNICAS DE INMERSION. ....	22

## ÍNDICE

---

III.4 DISPOSITIVOS Y ARQUITECTURA DE LOS SISTEMAS DE REALIDAD VIRTUAL.....	23
III.4.1 HARDWARE. ....	24
III.4.1.1 DISPOSITIVOS DE ENTRADA. ....	24
III.4.1.2 DISPOSITIVOS DE SALIDA. ....	25
III.4.1.3 ARQUITECTURA DE HARDWARE. ....	27
III.4.1.4 ARQUITECTURA DE SOFTWARE.....	28
III.5 ASPECTOS MULTIMEDIA. ....	29
III.5.1 SIMILITUDES Y DIFERENCIAS ENTRE REALIDAD VIRTUAL Y MULTIMEDIA.....	31
 <b>CAPÍTULO IV MARCO TECNOLÓGICO</b>	
IV.1 PRINCIPIOS BÁSICOS DE COMPUTACIÓN GRÁFICA.....	34
IV.1.1 SISTEMAS COORDENADOS Y DE REFERENCIA.....	34
IV.1.2 MODELADO.....	35
IV.1.2.1 TIPO DE SUPERFICIES ....	35
IV.1.2.2 SUPERFICIES POLIGONALES.....	35
IV.1.2.3 SUPERFICIES PATCH.....	36
IV.1.2.3 SUPERFICIES NURBS ....	37
IV.1.3 CONCEPTOS BÁSICOS DEL MODELADO POLIGONAL.....	38
IV.1.3.1 CONCEPTOS BÁSICOS DEL MODELADO DE PATCH'S ....	40
IV.1.3.2 MODELADO CON NURBS ....	41
IV.1.4 MANIPULACIÓN DE ESTURUCTURAS EN TERCERA DIMENSIÓN.....	42
IV.1.4.1 TRANSLACIÓN. ....	44
IV.1.4.2 ESCALAMIENTO. ....	44

## ÍNDICE

---

IV.1.4.3 ROTACIÓN.....	45
IV.2 ILUMINACIÓN. ....	46
IV.2.1 COMPONENTES DE LA ILUMINACIÓN. ....	47
IV.2.2 TIPOS DE LUCES. ....	49
IV.3 TEXTURIZACIÓN.....	50
IV.3.1 LOS MAPAS Y LAS COORDENADAS DE MAPEO. ....	50
IV.3.1.1 MAPEO. ....	51
IV.4 CÁMARAS. ....	52
IV.4.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS CÁMARAS. ....	53
IV.4.2.1 DISTANCIA FOCAL. ....	53
IV.4.2.2 CAMPO VISUAL. ....	53
IV.4.3 VISTAS DE UN OBJETO 3D. ....	54
IV.5 EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA REALIDAD VIRTUAL.....	55
IV.5.1 VISIÓN. ....	55
IV.5.2 INTERACCIÓN.....	56
IV.5.3 AUDIO. ....	58
IV.5.4 SIMULADORES.....	59
<b>CAPITULO V ANÁLISIS</b>	
V.1 SELECCIÓN DE LA ZONA ARQUEOLÓGICA. ....	62
V.2 PROGRAMAS DE DESARROLLO DEL PASEO VIRTUAL. ....	63
V.2.1 3D STUDIO MAX 5. ....	63
V.2.2 VIRTOOLS. ....	64
V2.3 ADOBE PHOTOSHOP. ....	64
V2.4 ADOBE AUDITION.....	65

## ÍNDICE

---

V.3 COMPONENTES DEL PASEO VIRTUAL POR LA ZONA ARQUEOLÓGICA DE XOCHICALCO. ....	66
V.3.1 PERSONAJE. ....	66
V.3.2 ¿PORQUE SOLO UN PASEO Y NO UNA RECONSTRUCCIÓN ?.....	67
V.3.3 PARTES DEL PASEO VIRTUAL. ....	68
V.3.3.1 INICIO. ....	71
V3.3.2 INFORMACIÓN XOCHICALCO. ....	72
V.3.3.3 JUEGO. ....	73
V.3.3.4 VISTA RÁPIDA. ....	74
V.3.3.5 CONTROLES. ....	75
<b>CAPÍTULO VI DESARROLLO.</b>	
VI DESARROLLO. ....	79
VI.1 MODELADO DEL PASEO VIRTUAL.....	79
VI.1.1 PIRÁMIDES.....	79
VI.2 CREACIÓN DEL PERSONAJE. ....	84
VI.3 ANIMACIÓN.....	88
VI.3.1 MANIPULACIÓN DE JERARQUÍAS ....	89
VI.3.2 PIVOTES Y ROTACIÓN ....	90
VI.3.3 ESQUELETOS Y JERARQUÍAS ....	91
VI.3.4 MANIPULACIÓN DE JERARQUÍAS ....	92
VI.3.4.1 CINEMÁTICA DIRECTA.....	93
VI.3.4.2 CINEMÁTICA INVERSA ....	93
VI.4 TEXTURIZACIÓN. ....	94
VI.4.1 TIPOS DE MAPEO ....	93



## ÍNDICE

---

VI.4.2 TEXTURIZACIÓN CON UVW MAPPING Y MESH SELECT.....	95
VI.5 LUCES.....	97
VI.5.1 LUCES EN EL PASEO VIRTUAL.....	97
VI.5.2 LUCES EN LABERINTO.....	100
VI.6 PROBLEMAS DE APLICACIÓN.....	101
VI.6.1 SONIDO EN EL PASEO RÁPIDO.....	101
VI.6.2 OBSERVATORIO.....	102
VI.6.3 COLISIONES CON LAS PAREDES.....	102
VI.6.4 SOMBRA DEL OBSERVATORIO.....	103
VI.6.5 ÍNDICE.....	107
VI.7 EXTRAS.....	109
VI.7.1 ILUMINACIÓN Y APARICIÓN DE LAS ANTORCHAS.....	111
VI.7.2 RECORDS.....	112
<b>CAPÍTULO VII ALCANCES.</b>	
VII ALCANCES.....	118
<b>CAPÍTULO VIII CONCLUSIONES.</b>	
VIII CONCLUSIONES.....	122
<b>CAPÍTULO IX GLOSARIO.</b>	
IX GLOSARIO.....	126
<b>CAPÍTULO X BIBLIOGRAFÍA.</b>	
X BIBLIOGRAFÍA.....	130

# I INTRODUCCIÓN

La realidad virtual en nuestros tiempos es una herramienta fundamental para el desarrollo de software educativo y esto se logra a través de software de desarrollo 3D y herramientas gráficas de computación.

La aplicación de la realidad virtual en nuestro país está empezando, por ello es necesario ser pioneros en la utilización de estos conocimientos y dirigirlos hacia la creación de nuevos proyectos útiles para la sociedad.

Con el tiempo las formas de impartir la educación tienden a evolucionar para mejorar y aprovechar los conocimientos impartidos, una de las aplicaciones de innovación es Enciclomedia, que es un sistema de enseñanza electrónica a través de una computadora, un pizarrón electrónico y un proyector, los maestros y alumnos tienen acceso en el salón de clases a los siguientes materiales: los libros de texto gratuitos, un sitio web del maestro con el avance programático, ficheros, desarrollo profesional, papelería y demás. Los paseos virtuales pueden dar un gran potencial a este tipo de sistemas, por eso la importancia en el desarrollo de estos.

La lejanía de algunos pueblos y comunidades con los principales centros arqueológicos hace a los paseos virtuales convenientemente aplicables para la mejor difusión de la cultura. Este tipo de paseos también ayudan a ampliar nuestros conocimientos sobre las antiguas culturas prehispánicas de nuestro país.

En la actualidad, la difusión del conocimiento a distancia es fundamental, y por esta razón, pensamos que a futuro puede ser implementado este paseo virtual como una aplicación web, esto es mediante la segmentación en módulos

independientes de todo el PV que se podrá acceder en cualquier parte del mundo, probando con esto la gran versatilidad en la aplicación de los paseos virtuales.

Gracias a la carretera de la información los paseos virtuales, y otras aplicaciones virtuales, son las bases de algunas compañías dedicadas no solo a la investigación sino también al entretenimiento, a la educación, al desarrollo de simuladores, etc., con gran éxito, lo cual da pie a una gran industria, probando que el manejo de esta tecnología no está limitada a sectores de investigación, sino también puede ser aplicado para el entretenimiento y la difusión del conocimiento.

## II DEFINICIÓN Y PROBLEMÁTICA.

Implementar el paseo virtual de la Zona Arqueológica de Xochicalco que nos ayude a recorrer la zona completa, como un apoyo educativo y mejor entendimiento de nuestra cultura ya que en estos tiempos no solo basta tener la información y con ayuda de software de desarrollo tridimensional se puede realizar entornos interactivos y así que la información sea captada de mejor manera.

Con ayuda de software de desarrollo 3D y herramientas gráficas de computación realizaremos la construcción de las estructuras que se encuentran en la zona arqueológica de Xochicalco para poder ser visualizadas como están actualmente.

Apoyándonos en fotografías tomadas a la maqueta y construcciones ubicadas en El Museo de la Zona de Xochicalco, así como la opinión de arqueólogos, se realizó el paseo virtual de la Zona Arqueológica de Xochicalco, utilizando aplicaciones de computación gráfica tales como 3D Studio Max 5 para el modelado tridimensional, PhotoShop para la edición de imágenes, Virtools para el desarrollo de la navegación y la interactividad. Para la mezcla y edición de audio se utilizó el programa Adobe Audition 2.0.

Se realizó el modelado en 3d Max porque ya teníamos conocimientos sobre su funcionamiento así como su facilidad en la creación y manipulación de objetos 3d. En cuanto al manejo de imágenes se decidió utilizar PhotoShop por su gran versatilidad en efectos. Con respecto a la navegación se desarrolló en Virtools Dev3 se hizo uso de este programa por su práctico modo de programación por bloques y su compatibilidad al momento de exportar objetos y animaciones de 3d Max a Virtools. En el caso del Audio nos apoyamos con la aplicación Adobe Audition ya que se contaba con algunos conocimientos básicos de su manejo.

A diferencia de los demás paseos virtuales realizados como temas de tesis, nuestro paseo virtual consta de una interactividad en diferentes partes del recorrido, se despliega información, sonido interactivo, sombra en tiempo real, efecto de luz.

Toda la zona está hecha como un solo escenario, lo cual nos beneficia al no tener que cargar nuevos escenarios. La información que se presenta es tanto escrita como narrada, no sólo es el paseo virtual sino que cuenta con varias secciones que nos ayudan a obtener mayor información sobre la zona. Se tomó en cuenta el tiempo para recorrer la zona por esta razón se incluyó un paseo rápido el cual no llevará más de 10 minutos para hacer el recorrido completo. Se tiene un juego que es independiente del paseo virtual ya que no es necesario entrar a este para jugar.

Nuestro mayor reto fue el hacer que las imágenes fueran lo más parecidas a las que hay en la zona de Xochicalco pero no fue posible, se requerían imágenes más complejas y el manejo de cámaras.

## **III MARCO TEÓRICO.**

### **III.1 SISTEMAS DE REALIDAD VIRTUAL.**

#### **III.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE RV.**

“La definición de sistema de realidad virtual engloba cuatro diferentes conceptos:

- Capacidad sintética.
- Interactividad.
- Tridimensionalidad.
- Ilusión de realidad.”<sup>1</sup>

#### **III.1.2 CAPACIDAD SINTÉTICA.**

“En un simulador, las imágenes que en cada momento se le presentan al usuario no están almacenadas en ninguna parte. Se les llaman imágenes sintéticas, son generadas en tiempo real por la computadora de acuerdo a la posición que en ese momento ocupa el usuario dentro del mundo virtual.

Puesto que el usuario tiene una libertad casi ilimitada de movimiento, pudiendo situarse en casi cualquier punto del mundo virtual, resultaría imposible calcular y almacenar de antemano las imágenes correspondientes a todas y cada una de las posibles posiciones.

---

<sup>1</sup> GONZALES DEL PINO, LUIS MANUEL. Realidad Virtual, Madrid, España, 1995, Editorial Paraninfo, 20-21pp

En lugar de ello la computadora mantiene una base de datos donde almacena la forma de cada uno de los objetos y posición que ocupan.

Es decir, el mundo virtual no es solo una entidad, sino que está descompuesto en una serie de objetos. Las imágenes se sintetizan a partir de cada uno de los componentes.

Los sistemas de realidad virtual contienen una reproducción abstracta del mundo virtual: cuales son los objetos que lo componen, dónde están situados, cuáles son sus representaciones gráficas o sonoras, etc., a partir de la cual se genera la información que interactuará con el usuario.”<sup>2</sup>

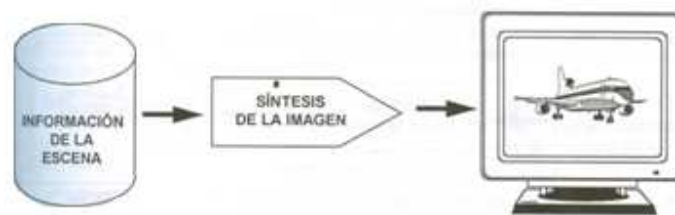


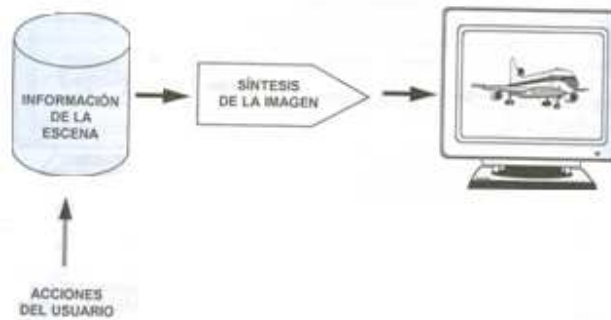
Fig. III.1 síntesis de una escena<sup>3</sup>

### III.1.3 INTERACTIVIDAD.

“Mientras el usuario de un sistema de RV no pudiera influir sobre el mundo virtual de ninguna forma o cambiar su punto de vista de la escena, no sería conveniente sintetizar las imágenes, porque bastaría con grabar de antemano la película de lo que el usuario va a ver.

<sup>2</sup> GONZALES DEL PINO, LUIS MANUEL. Realidad Virtual, Madrid, España, 1995, Editorial Paraninfo, 20-21pp

<sup>3</sup> GONZALES DEL PINO, LUIS MANUEL. Realidad Virtual, Madrid, España, 1995, Editorial Paraninfo

Fig. III.2 aplicación interactiva<sup>4</sup>

El usuario de un sistema RV dispone de una mayor o menor dosis de control pudiendo influir sobre lo que el sistema va mostrándole.”<sup>5</sup>

Existen dos tipos de interacción entre el sistema y el usuario:

Uno de estos tipos de interacción es cuando el usuario se desplaza por el mundo virtual y mueve objetos, realizando acciones como efectuar un disparo u otra acción que desaparezca algún objeto, varíe su posición o su forma gráfica, a esto se le llama **interacción dinámica**.

Esta es aplicada al momento de hacer nuestro recorrido con el personaje ya que tenemos obstáculos, botones que aparecen automáticamente y efectúan una acción determinada definiendo así el uso de este tipo de interacción.

El otro tipo de interacción es la **navegación**, cuando el sistema es automático y no es posible que el usuario intervenga en el o simplemente que solo pueda cambiar el escenario o su punto de vista dentro de este.

En este caso el usuario sería un mero espectador de la escena, pero no completamente pasivo: puede desplazarse por la misma para contemplarla desde otro ángulo, o desde otra posición. Este tipo de aplicación, donde el usuario no

<sup>4</sup> GONZALES DEL PINO, LUIS MANUEL. Realidad Virtual, Madrid, España, 1995, Editorial Paraninfo

<sup>5</sup> GONZALES DEL PINO, LUIS MANUEL. Realidad Virtual, Madrid, España, 1995, Editorial Paraninfo, 20-21pp



tiene a su alcance ninguna otra forma de interacción, a parte de las facilidades de navegación, recibe el nombre de **paseo virtual**.

La utilizamos cuando entramos a la **vista rápida** de la zona ya que solo podemos observar sin poder interactuar.

Un aspecto fundamental dentro de un sistema de RV es la **latencia**. Esto es el tiempo que tarda en responder nuestra aplicación al momento en el que hacemos una acción y el instante en que la maquina actualiza los datos y los manda a la pantalla para que los vea el usuario.

La latencia tiene una considerable importancia, porque en algunos sistemas puede llegar a tener una magnitud suficiente como para causar molestias físicas a los usuarios.



Fig. III.3 aplicación de un paseo virtual<sup>6</sup>

#### III.1.4 TRIDIMENSIONALIDAD.

“El aspecto de profundidad es necesario para un sistema de RV y éste debe estar dentro de nuestro sistema no importando si es simulado.

Es necesario hacer una pregunta para saber si nuestro sistema cumple con la condición de tridimensionalidad. “A la hora de calcular la imagen que se presenta

<sup>6</sup> GONZALES DEL PINO, LUIS MANUEL. Realidad Virtual, Madrid, España, 1995, Editorial Paraninfo

en la pantalla, *¿efectúa el sistema algún tipo de proyección de los objetos sobre ella?*<sup>7</sup>

Mientras sea *sí* la respuesta, el objeto que se encuentra en nuestro sistema tiene profundidad, esto es que tendrá asociado aspectos que solo se ven en mundos 3d esto es que dependiendo la distancia variaría su tamaño.

Si es *no*, entonces el sistema es conocido como 2d ya que no hace ningún tipo de proyecciones y la generación de imágenes será bidimensional

Esto es que por naturaleza el usuario podrá reconocer en que entorno se encuentra, ya sea 3d o 2d según sea el caso.

“Una de las principales claves de la profundidad, es la variación del tamaño aparente de los objetos con la distancia al observador, efecto que se conoce con el nombre de **perspectiva lineal**.

El **paralaje**, que es el fenómeno por el cual al desplazar lateralmente la cámara, los objetivos más cercanos parecen desplazarse más que los que están a una mayor distancia de la cámara.

Otro es el **efecto luminoso**, los objetivos parecen de tonalidad más clara al momento de estar más cerca y más difusa cuando se está más alejado. Este efecto es conocido con el nombre de perspectiva atmosférica. Por ello, para reforzar la sensación de profundidad los objetos oscuros deben colocarse delante de fondos claros.

Por último existe el **efecto de neblina**, a través del uso adecuado de la profundidad de campo se puede obtener un efecto similar al anterior obtenido con la tonalidad. Cuando los objetos distantes aparecen desenfocados en la imagen,

---

<sup>7</sup> GONZALES DEL PINO, LUIS MANUEL. Realidad Virtual, Madrid, España, 1995, Editorial Paraninfo, 24 pp.

se acentúa la profundidad de la misma, ya que se ven menos nítidos, los objetos parecen más lejanos. “<sup>8</sup>

### III.1.5 ILUSIÓN DE REALIDAD.

No basta con las condiciones anteriores, sino que nuestro mundo virtual tiene que ser lo más parecido al mundo real.

Esta condición no permite trazar un límite estricto entre lo que es y lo que no es un sistema de realidad virtual. Existen multitudes de factores que influyen en la creación de una ilusión de realidad, y los sistemas de realidad virtual emplean mecanismos diversos para lograrlos.

## III.2 DEFINICIÓN.

“La realidad virtual abarca, hoy en día, distintos tipos de sistemas, aplicaciones y tecnologías, de forma que la tarea de definirlo de manera precisa no es imposible.

Podemos definir un sistema de realidad virtual como:

**Un sistema interactivo que permite sintetizar un mundo**

**tridimensional ficticio creando en el usuario una ilusión de realidad.”**<sup>9</sup>

## III.3 MECANISMOS BÁSICOS DE LA RV.

Son cinco mecanismos básicos en los sistemas de realidad virtual, para satisfacer nuestra definición.

- Gráficos tridimensionales.

---

<sup>8</sup> GONZALES DEL PINO, LUIS MANUEL. Realidad Virtual, Madrid, España, 1995, Editorial Paraninfo, 24-25 pp.

<sup>9</sup> GONZALES DEL PINO, LUIS MANUEL. Realidad Virtual, Madrid, España, 1995, Editorial Paraninfo, 19 pp.

- Técnicas de Estereoscopia.
- Simulación de comportamiento.
- Navegación en los sistemas de realidad virtual.
- Técnicas de inmersión.

### III.3.1 GRÁFICOS TRIDIMENSIONALES.

“Los sistemas de RV sintetizan las imágenes a partir de estos objetos incluidos en el mundo virtual, y teniendo en cuenta el estado de estos y la posición del usuario.

A la hora de generar la imagen, se parte de una lista de objetos del mundo virtual, con su correspondiente definición de forma y propiedades gráficas. A partir de esto, se efectúa una serie de transformaciones geométricas donde se tienen en cuenta la posición del objeto y la del usuario, de forma que al proyectarlo en la pantalla aparezca con la adecuada perspectiva. Por otro lado se efectúan una serie de cálculos para determinar el color de cada punto del objeto, tal y como lo verá el usuario, teniendo en cuenta aspectos de iluminación que hay en la escena, la forma en que el objeto refleja la luz, etc.

Teniendo como resultado una imagen de la escena, vista por el usuario, y su calidad dependerá de las características gráficas de los objetos y de los recursos de procesamiento que dediquemos.”<sup>10</sup>

### III.3.2 ESTEREOSCOPIA.

“Es cualquier técnica capaz de recoger información visual tridimensional o de crear la ilusión de profundidad en una imagen. La ilusión de la profundidad en una imagen bidimensional es creada presentando una imagen ligeramente diferente para cada ojo, como ocurre en nuestra forma habitual de ver la realidad. El usuario puede continuar percibiendo la información de profundidad porque dichas imágenes que se han calculado proyectando la información de tres dimensiones que compone la escena, con lo que contienen la serie de claves de profundidad.

---

<sup>10</sup> GONZALES DEL PINO, LUIS MANUEL. Realidad Virtual, Madrid, España, 1995, Editorial Paraninfo, 24-25 pp

Una forma de acentuar la "realidad" de la imagen consiste en utilizar técnicas de estereoscopia. Las técnicas de estereoscopia permiten al usuario no solo percibir las claves de profundidad, sino además ver las imágenes efectivamente en relieve."<sup>11</sup>

### III.3.2.1 TÉCNICAS DE ESTEREOCOPIA.

“La percepción tridimensional es básicamente creada por el cerebro gracias a que cada ojo recoge una información diferente de una misma realidad. Y es precisamente esta diferencia la que el cerebro es capaz de interpretar y analizar para generar una sensación de volumen de un o unos objetos o una escena que está siendo captada por sistema visual humano.

Existen muchas técnicas distintas para lograr hacer llegar cada imagen al ojo que le corresponde. En la creación de estas sensaciones espaciales intervienen aspectos tanto de la visión monocular como de la visión binocular. Éstas características son potenciadas artificialmente para conseguir "recrear" la denominada tercera dimensión."<sup>12</sup>

#### III.3.2.1.1 ANÁGLIFOS.



Fig.III.4 Anáglifo<sup>13</sup>

“Los anáglifos son estereofotografías tomadas o tratadas con filtros de distintos colores sobrepuestos en una sola imagen. Se observan por medio de lentes llamados anáglifos, los cuales tienen un filtro de diferente color para cada ojo.

<sup>11</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Estereoscop%C3%ADa>

<sup>12</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Estereoscop%C3%ADa>

<sup>13</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Estereoscop%C3%ADa>

La misión de estos filtros es hacer llegar a cada ojo únicamente la imagen que le corresponde. Así se consigue “filtrar” las imágenes y conseguir el efecto deseado y necesario para que el cerebro pueda interpretar tridimensionalidad ya que tendremos una imagen diferente en cada ojo. “<sup>14</sup>

### III.3.2.1.2 SISTEMA CROMATEK.

“El sistema cromatek utiliza lo que se conoce como rejilla de difracción. La rejilla de difracción funciona de manera semejante a un prisma de cristal: la luz que la atraviesa se descompone en colores que cambia de ángulo según su tonalidad ya que está asociada a su frecuencia y por tanto a su longitud de onda. Éste cambio de ángulo que cada color sufre al ser difractado incide en el ojo y hace que los objetos parezcan tener una profundidad distinta según su color. El inconveniente es que para que la desviación del ángulo al difractarse sea notoria respecto a la luz directa que llega al otro ojo, las imágenes deben tener colores intensos; por lo que el rango cromático que podremos utilizar queda limitado.”<sup>15</sup>

### III.3.2.1.3 EFECTO PULFRITCH.

“El sistema pulfritch está basado en un dato fisiológico respecto al cerebro y dice que éste tarda un poco más en procesar las imágenes oscuras que las claras. Así si se pone un filtro oscuro en un solo ojo y se observa un objeto en movimiento, el cerebro tardará más tiempo en procesar las imágenes procedentes de este ojo. Por lo que si la escena que observamos está en continuo movimiento lateral, la imagen del ojo con filtro parecerá estar en una posición o ángulo distinto con respecto al observado directamente sin filtro, que tendrá la imagen procesada instantes antes.

La gran ventaja de esta técnica es que las imágenes pueden verse de manera normal si no se utilizan los filtros; pero tiene un inconveniente, y es que requiere que todo el tiempo exista movimiento lateral y en el mismo sentido. Si no, no se

---

<sup>14</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Estereoscop%C3%ADa>

<sup>15</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Estereoscop%C3%ADa>

percibirá el retraso interpretativo por parte del cerebro, del ojo filtrado respecto al ojo directo.”<sup>16</sup>

### III.3.3 SIMULACIÓN DE COMPORTAMIENTO.

La simulación en un sistema de RV puede tener dos cometidos diferentes. Uno es, la simulación que puede emplearse para generar el comportamiento de algún objeto o sistema del mundo real.

La apariencia de realidad del sistema viene inmediatamente determinada por la fidelidad con la que el sistema de RV reproduzca el comportamiento del sistema real. Puesto que el primero es una copia del segundo, el usuario siempre tiene un marco de referencia al que acudir para valorar la "realidad" del sistema de RV.

En aquellos otros casos donde los objetos simulados no tengan un equivalente demasiado directo en el mundo real, la apariencia de realidad del sistema vendrá dada por factores más subjetivos. En general, un comportamiento rico de los objetos, la coherencia del mismo o un alto grado de interactividad contribuirán a aumentar el realismo del sistema.

Dentro de nuestro paseo virtual se tienen algunos aspectos con los que se logra una mayor simulación de la realidad, como es el caso de la sombra que proyecta cada una de las pirámides, así mismo se puede observar la falta de luz en las caras de las pirámides donde no incide la luz. Otro de estos factores que nos dan más realismo son las colisiones que se tienen con todos los objetos dentro del paseo virtual, también se puede mencionar la interactividad del cambio en el sonido al momento de pisar un suelo de textura distinta.

“Estos son los factores que nos ayudan a que la simulación de la realidad dentro de un paseo virtual sean más semejante a nuestro mundo real.

El resultado será en la representación (gráfica o de otro tipo) de los objetos. Los objetos podrán variar su posición, cambiar de forma o emitir sonidos.

---

<sup>16</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Estereoscop%C3%ADa>

Un comportamiento de un objeto que no tenga traducción en algo que el usuario pueda percibir es algo completamente innecesario.

La simulación de comportamiento dependerá del tipo de aplicación, puede ser más o menos compleja, y tener mayor o menor importancia. Así en una aplicación de diseño arquitectónico, los requerimientos de simulación pueden ser pequeños, mientras que es necesario un tratamiento gráfico de alta calidad. En las aplicaciones de visualización científica, por el contrario, es posible que la mayor parte de la capacidad de proceso del sistema se dedique a la simulación de magnitudes físicas, teniendo la calidad de la imagen una importancia relativamente menor.”<sup>17</sup>

Un ejemplo de esto es la texturización de nuestra zona arqueológica la cual debe tener calidad muy alta para poder tener un mayor realismo, que ocurre en las texturas de la piel de nuestro personaje.

Esto causó ciertos problemas ya que nuestras texturas eran de alta calidad y al ponerlas en nuestra ciudad, disminuía el rendimiento de la navegación (medida en cuadros por segundo o FTP del inglés Frames per Second), por lo que se tuvo que bajar la calidad de las imágenes lo cual resta la calidad a las mismas.

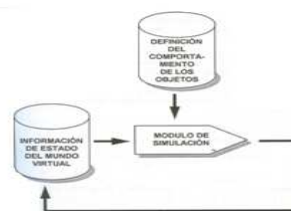


Fig. III.5 simulación de comportamiento<sup>18</sup>

### III.3.4 NAVEGACIÓN EN LOS SISTEMAS DE REALIDAD VIRTUAL.

<sup>17</sup> GONZALES DEL PINO, LUIS MANUEL. Realidad Virtual, Madrid, España, 1995, Editorial Paraninfo, 28-29 pp.

<sup>18</sup> GONZALES DEL PINO, LUIS MANUEL. Realidad Virtual, Madrid, España, 1995, Editorial Paraninfo



Existen dos tipos de dispositivos para la navegación: **dispositivos de control** y **dispositivos de localización**.

**Los dispositivos de control** el usuario puede controlar de manera clara hacia donde quiere dirigirse. Utilizando joystick o las teclas de cursor de la computadora, para manipular a nuestro personaje dentro del paseo. También podrá utilizar las teclas del cursor para variar su orientación dentro de una escena, sin moverse de posición.

**Los dispositivos de localización**, utilizando un dispositivo que permita conocer la posición y orientación real del usuario, el sistema puede variar de acuerdo con ellas la posición y orientación dentro del mundo virtual.

Lo anterior es fundamental para el desarrollo de paseos virtuales, nuestro sistema de control se lleva a cabo utilizando el teclado siendo nuestro sistema de control sencillo de manipular.

Para el sistema de localización se pensó que sería una manera muy práctica el tener varias cámaras que nos dieran distintas vistas para poder ubicar a nuestro personaje y hacer más vistoso este paseo virtual teniendo cuatro distintas vistas, una lateral, una en primera persona, en tercera persona y una última que es una vista aérea que nos da la referencia en donde estamos situados dentro de este paseo.

“Independientemente del tipo de dispositivo que se emplee, el incluir en un sistema de RV facilidades de navegación tiene dos consecuencias.

Una es la información gráfica, sonora, etc. del mundo virtual que el sistema que presente, dependerá de la posición en que el usuario esté. El sistema presentará las imágenes al usuario desde un adecuado punto de vista; los objetos situados "delante del usuario" aparecerán en la pantalla, mientras que los situados "detrás" no lo harán. Los sonidos de los sucesos más próximos al usuario tendrán mayor volumen que los de los sucesos distantes, los objetos aparecerán en la pantalla tanto más pequeños cuanto más alejados se encuentren, etc.

La segunda consecuencia es que la propia posición del usuario puede afectar al estado del sistema, si es que este realiza alguna simulación de comportamiento. Es posible, por ejemplo, que determinados objetos reaccionen ante la proximidad del usuario o que determinadas variables globales de estado se vean afectadas.<sup>19</sup>

Dentro de nuestro paseo se tiene información que se puede visualizar al momento de pasar por alguna zona de importancia, presenta un botón que dice **información** y al momento de darle clic nos manda hacia la información de la pirámide o lugar en el que estemos, la cual es narrada y escrita. Se puede anular la narración y solo poder ver el texto, después de leer el contenido se tiene otro botón que nos regresa a la zona para poder seguir nuestro paseo.

Para un sistema de RV, la posición del usuario tiene un doble significado:

1. Se trata de una variable de estado más, que hay que tener en cuenta a la hora de efectuar la simulación del mundo virtual.
2. La posición del usuario determina como se deben representar las escenas.

La navegación puede estar sujeta a una serie de restricciones, impuestas por los desarrolladores.

Algunas de ellas pueden ser propia a la lógica del mundo virtual, como el hecho de que no pueda atravesarse una pared (por muy virtual que sea) o que solo pueda caminar por los lugares o planos que tengan atributo de piso o simplemente que no se caiga cuando este en alguna plataforma.

---

<sup>19</sup> GONZALES DEL PINO, LUIS MANUEL. Realidad Virtual, Madrid, España, 1995, Editorial Paraninfo, 30-31 pp.

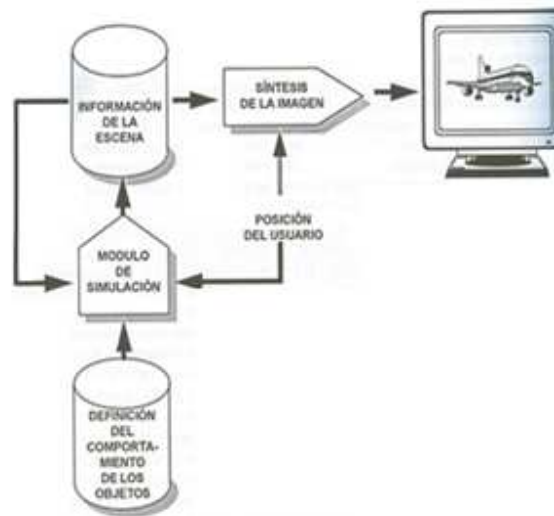


fig. III.6 influencia de la posición del usuario.<sup>20</sup>

### III.3.5 TÉCNICAS DE INMERSIÓN

Las técnicas de inmersión consisten en aislar al usuario de los estímulos procedentes del mundo real circundante, con el fin de acentuar la apariencia de realidad de la aplicación.

Los sistemas de RV se pueden clasificar en tres categorías diferentes, según el grado de inmersión que proporcionan:

**Sistemas inmersivos**, donde el usuario utiliza un dispositivo de visualización que aísla completamente del entorno, como puede ser un casco virtual.

**Sistemas proyectivos**, donde la inmersión se consigue encerrando al usuario en un lugar en el que se emplean una o más pantallas.

**Sistemas no inmersivos**, donde el sistema de RV se muestra en una pantalla normal de una computadora, haciendo que el usuario no pierda sensación del exterior.

<sup>20</sup> GONZALES DEL PINO, LUIS MANUEL. Realidad Virtual, Madrid, España, 1995, Editorial Paraninfo

Nuestro paseo virtual es un sistema no inmersivo ya que solo necesitamos un monitor y una computadora para poder realizar nuestro paseo virtual, sin tener otro dispositivo que nos haga sentir que no estemos en nuestro escritorio.

Se decidió hacerlo así ya que tendría una mayor portabilidad y sería más accesible a la comunidad ya que solo basta tener una computadora sin tener que comprar otros dispositivos para poder visitar Xochicalco desde su casa.

## **III.4 DISPOSITIVOS Y ARQUITECTURA DE LOS SISTEMAS RV.**

“Los cinco mecanismos permitirán caracterizar los sistemas de RV, y trazar los límites entre lo que es y lo que no es una aplicación de RV.

Un sistema que haga uso de las cinco técnicas será, sin lugar a dudas, un sistema de RV. Pero eso no quiere decir que si uno de los cinco mecanismos está ausente, el sistema no sea de RV.

Existe una cierta graduación en cuanto a la importancia de los distintos mecanismos.

En algunos casos las facilidades de navegación y la generación de gráficos 3D son requisitos indispensables para poder considerar que un cierto sistema es de RV.

Hay aplicaciones donde puede estar ausente la simulación de comportamiento, o que no sean inmersivas, o donde no se empleen técnicas de estereoscopia.

A causa de esto es posible que una de dichas características este ausente de un sistema de RV. Ahora bien, sería necesario pensárselo dos veces antes de

calificar de RV a una aplicación en la que dos de estos tres mecanismos faltarán de manera simultánea.”<sup>21</sup>

### III.4.1 HARDWARE.

“ Un sistema de RV estará básicamente constituido por:

- Dispositivos de entrada, con los cuales se tendrá la comunicación entre nuestro sistema de RV y el usuario.
- Una serie de dispositivos de salida, nos da la referencia de donde nos encontramos dentro del sistema RV.
- Un centro de procesamiento, encargada de realizar las tareas de simulación, y el control de la entrada y salida de los datos. “<sup>22</sup>

#### III.4.1.1 DISPOSITIVOS DE ENTRADA.

“El usuario se comunica con el sistema a través de dos tipos de dispositivos, como ya antes hemos mencionado:

- Dispositivos de localización.
- Dispositivos de control.

Los dispositivos de localización su principal aplicación en los sistemas de RV es la de censar la dirección en la que el usuario está mirando.

Dispositivos de control existen tres tipos básicos de órdenes: comandos de navegación, comandos de interacción con los objetos y comandos de manipulación del estado del sistema. “<sup>23</sup>

---

<sup>21</sup> GONZALES DEL PINO, LUIS MANUEL. Realidad Virtual, Madrid, España, 1995, Editorial Paraninfo, 33 pp.

<sup>22</sup> GONZALES DEL PINO, LUIS MANUEL. Realidad Virtual, Madrid, España, 1995, Editorial Paraninfo, 33 pp

<sup>23</sup> GONZALES DEL PINO, LUIS MANUEL. Realidad Virtual, Madrid, España, 1995, Editorial Paraninfo, 33 pp

### III.4.1.2 DISPOSITIVOS DE SALIDA.

Los dispositivos hoy en día empleados en aplicaciones de RV se clasifican en:

- Dispositivos de presentación.
- Dispositivos de sonido.
- Dispositivos de realimentación táctil y cinestésica.
- Dispositivos móviles.

Los dispositivos de presentación tienen como objetivo mostrar al usuario la información de carácter gráfico generada por el sistema.

El ejemplo más común que existe es el uso de monitores.

Las aplicaciones inmersivas, por su parte, suelen hacer uso de periféricos especializados, como los cascos de RV o los sistemas de binoculares.

El sonido tiene una gran importancia a la hora de dotar de apariencia de realidad a un sistema de RV.

Por ejemplo existe el llamado sonido 3d el cual crea una sensación de que el sonido proviene de diferentes lugares del mundo virtual, provocando un mayor grado de inmersión.

Los dispositivos de realimentación táctil y cinestésica permiten estimular el sentido del tacto y las resistencias mecánicas de los objetos.

Un ejemplo donde se hace uso de este tipo de dispositivos es donde se puede resolver o bien con el teclado o con el diseño en relieve. Se trata de la escala musical básica. Si el diseño se hace teniendo en cuenta la accesibilidad, a cada escalón se le asignará una tecla; pero si nos encontramos con este tipo de ejercicios y no es accesible por el teclado podemos realizar un diseño en relieve y marcar las zonas de los escalones, las únicas con las que se puede interactuar, para que el discapacitado visual pueda realizar el ejercicio.

Fig. III.7 creación de relieve<sup>24</sup>

Los dispositivos móviles se emplean únicamente en sistemas de carácter proyectivo o inmersivo, y tienen por objeto someter al usuario a movimientos lo más reales posible dentro del mundo virtual. “

Un ejemplo Clásico de este tipo de dispositivo lo encontramos en los simuladores de vuelo que generan el movimiento que se produciría si estuviéramos dentro de un avión.

Fig.III.8 simulador de vuelo<sup>25</sup>

<sup>24</sup> <http://observatorio.cnice.mec.es/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=318>

<sup>25</sup> [www.aviacol.net](http://www.aviacol.net)

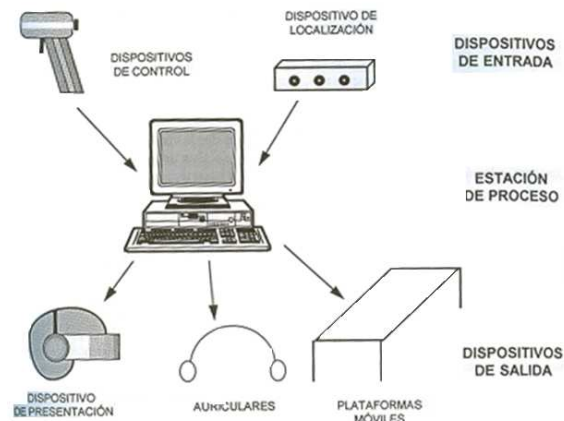


fig.6 Configuración de un sistema de RV

Fig. III.9 Configuración de un sistema RV<sup>26</sup>

### III.4.1.3 ARQUITECTURA DE HARDWARE.

“En esta configuración, a la tarjeta madre, que alberga el procesador principal, se conectan los distintos módulos necesarios para implementar la interfaz con los dispositivos periféricos: unas tarjetas gráficas, que generan las imágenes de la escena, una tarjeta controladora de sonido 3D y otra tarjeta controladora para el dispositivo de localización utilizado.

El tipo de controladores que se utilicen dependerán de cada aplicación en concreto. Por otro lado, pueden existir controladores adicionales (para joysticks, plataformas móviles), tarjetas de conversión analógico/digital para captura de datos, o cualquier otro tipo de tarjeta requerido por los periféricos concretos que el sistema esté empleando.

El procesamiento gráfico mantendrá algún tipo de estructura de datos consistente, básicamente, en una lista de objetos con sus correspondientes posiciones y representaciones gráficas. El procesamiento principal actualizará dicha lista con los resultados de las simulaciones efectuadas e informará al procesamiento gráfico de cuando puede comenzar a sintetizar la escena.

<sup>26</sup> GONZALES DEL PINO, LUIS MANUEL. Realidad Virtual, Madrid, España, 1995, Editorial Paraninfo



En ocasiones es posible que la tarjeta gráfica utilizada solo realice parte del proceso de la síntesis. <sup>27</sup>



fig. III.10 Un ejemplo de arquitectura de hardware<sup>28</sup>

Una vez que se ha hablado tanto de los dispositivos de salida así como de una arquitectura básica de hardware se puede hacer mención de cómo funcionaría nuestro paseo virtual, el cual comprenderá en cuanto dispositivos de salida con el uso de un monitor para el aspecto de la presentación gráfica y bocinas para el sonido, los dos principales dispositivos de entrada que se usarán será un Mouse para la selección en los menús y ejecución de botones así como movimiento de cámaras en algunas zonas, y un teclado para el movimiento del personaje e inserción de texto en la parte del laberinto.

#### III.4.1.4 ARQUITECTURA DE SOFTWARE.

“Además del sistema operativo de la plataforma elegida, el sistema incorporará una serie de drivers o librerías para el control de los dispositivos de entrada/salida utilizados.

Tanto el sistema operativo como los drivers y librerías gráficas utilizadas tienen como misión liberar a la aplicación de las tareas asociadas al control directo del hardware, así como implementar determinados algoritmos especializados (generación de gráficos, generación de sonido 3D, localización) cuyos detalles de

<sup>27</sup> GONZALES DEL PINO, LUIS MANUEL. Realidad Virtual, Madrid, España, 1995, Editorial Paraninfo, 34-35 pp.

<sup>28</sup> GONZALES DEL PINO, LUIS MANUEL. Realidad Virtual, Madrid, España, 1995, Editorial Paraninfo

funcionamiento no tienen por qué ser conocidos por el programador de aplicaciones. Dichos algoritmos estarán normalmente optimizados para el hardware concreto que se esté utilizando.

La arquitectura de software típico de un sistema de RV se muestra en la fig. III.II.<sup>29</sup>



fig. III.II Arquitectura de software de una computadora<sup>30</sup>

## III.5 ASPECTOS MULTIMEDIA.

Como ya se ha mencionado anteriormente los paseos virtuales pueden ayudar para la difusión de la cultura, enseñanza, etc. por lo que cabe hacer una breve mención del concepto multimedia.

La multimedia consiste en el uso de diversos tipos de medios para transmitir, administrar o presentar información. Estos medios pueden ser texto, gráficas, audio y video, entre otros.

Cuando se usa el término en el ámbito de la computación, nos referimos al uso de software y hardware para almacenar y presentar contenidos, generalmente usando una combinación de texto, fotografías e ilustraciones, videos y audio.

<sup>29</sup> GONZALES DEL PINO, LUIS MANUEL. Realidad Virtual, Madrid, España, 1995, Editorial Paraninfo, 34-35pp.

<sup>30</sup> GONZALES DEL PINO, LUIS MANUEL. Realidad Virtual, Madrid, España, 1995, Editorial Paraninfo

En realidad estas aplicaciones tecnológicas son la verdadera novedad al respecto, y lo que ha popularizado el término, ya que como podemos observar la multimedia está presente en casi todas las formas de comunicación humana.

El beneficio más importante de la multimedia es que permite enriquecer la experiencia del usuario o receptor, logrando una asimilación más fácil y rápida de la información presentada. Esto es bastante claro en las aplicaciones de tipos formativas o educacionales. Prácticamente todas las empresas y organizaciones importantes hoy en día emplean el "e-learning" o "computer based training CBT" (instrucción asistida por computadora) para capacitar a sus empleados. No sólo se reducen costos, sino que además le permiten avanzar al alumno a su propio ritmo, repitiendo y enfatizando aquellas lecciones más difíciles. Esto permite también la educación a distancia, desde una computadora con acceso a Internet; este tipo de aplicaciones es común por ejemplo para las líneas aéreas, que capacitan a sus pilotos desde sus distintas bases alrededor del mundo.

Tipos de información multimedia:

**Texto:** sin formatear, formateado, lineal e hipertexto.

**Gráficos:** utilizados para representar esquemas, planos, dibujos lineales.

**Imágenes:** son documentos formados por píxeles. Pueden generarse por copia del entorno (escaneado, fotografía digital) y tienden a ser ficheros muy voluminosos.

**Animación:** es una simulación de movimiento producida mediante imágenes que se crearon una por una; al proyectarse sucesivamente estas imágenes (denominadas *cuadros*) se produce una ilusión de movimiento, pero el movimiento representado no existió en la realidad.

**Vídeo:** Presentación de un número de imágenes por segundo, que crean en el observador la sensación de movimiento. Pueden ser sintetizadas o captadas.

**Sonido:** puede ser hablada, música u otros sonidos.



fig. III.12 dispositivos multimedia<sup>31</sup>

### III.5.1 SIMILITUDES Y DIFERENCIAS ENTRE RV Y MULTIMEDIA.

Como hemos visto la RV se puede considerar dentro de las aplicaciones multimedia ya que también utilizan mayoría de dispositivos en común y ambas están enfocadas a la difusión de la información, entretenimiento, etc., pero la RV fuerza al máximo los diferentes dispositivos y tipos de información multimedia, dando al usuario un mayor grado de inmersión que lo que proporciona la multimedia.

Como se ha dicho, la RV necesita dos requisitos indispensables: las facilidades de navegación y la generación de gráficos 3D, requisitos indispensables para poder considerar a un sistema de RV.

Después de ver un poco de las relaciones entre la RV y la multimedia se puede analizar que nuestro Paseo Virtual de Xochicalco hace uso de la multimedia ya que presenta textos, hace uso de audio, así como el uso de diferentes dispositivos de entrada y salida, es decir que hace un uso tanto de hardware como de software para la presentación de información, pero el PV tiene una característica especial que hace que se considere no solo como un simple sistema multimedia sino como un Sistema RV, que es la presentación de gráficos 3D generados al momento y la navegación a través de estos.

<sup>31</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Estereoscop%C3%ADa>

---

## IV MARCO TECNOLÓGICO.

### IV.1 PRINCIPIOS BÁSICOS DE COMPUTACIÓN GRÁFICA.

#### IV.1.1 SISTEMAS COORDENADOS Y DE REFERENCIA.

*Sistema coordinado.* Conjunto de valores que nos sirven para definir la posición de un punto cualquiera, respecto de otro punto llamado *origen*.

*Sistema de referencia.* Conjunto de ejes o planos que coinciden en un punto común denominado *origen*.

Lo más pequeño que se puede dibujar en el espacio 3D es un punto. Cada punto queda definido por un grupo único de tres números llamados coordenadas. Las tres coordenadas de un punto de este espacio representan la altura, el ancho y la profundidad, y cada una corresponde a un solo eje del espacio. Este sistema de coordenadas básico es el denominado sistema de coordenadas cartesiano.

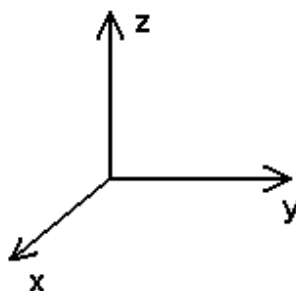


Fig. IV.1 sistema coordinado

Los sistemas coordenados de referencia los podemos encontrar en los dos softwares de desarrollo 3D que usamos en la implementación de la tesis, existe una pequeña variante dentro del sistema coordinado de cada una de las dos herramientas, en el caso de 3d max la cota es el eje “z” y en virtools la cota es “y”, también podemos observar que existen tanto un eje coordinado local para cada objeto que está en pantalla como un eje coordinado global.

## IV.1.2 MODELADO

### IV.1.2.1 TIPO DE SUPERFICIES

“Cuando se modela, se pueden utilizar diferentes superficies para crear un personaje, estas incluyen polígonos, patch’s, y superficies NURBS. Entendiendo los conceptos básicos de los polígonos, patch’s, y NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines), estos permitirán trabajar en casi cualquier paquete.

La superficie que se elija para la construcción de un personaje depende de una serie de factores: parte de esta decisión está basada en el software, si nuestra aplicación soporta solo superficies poligonales, otro factor puede ser el número de aplicaciones, que significa que hay algunos paquetes que son mejores en el modelado de un tipo u otro. Un personaje en un entorno de juego, por ejemplo, puede ser necesario usar superficies poligonales simplemente porque el motor de juego sólo soporta polígonos.”<sup>32</sup>

### IV.1.2.2 SUPERFICIES POLIGONALES

“Los polígonos son simplemente triángulos o rectángulos, que se representan en un plano y definen un área pequeña de la superficie del modelo.

Un gran beneficio del modelado poligonal es en el número de los diferentes tipos de superficie que se pueden definir. Los NURBS y el modelado base-patch, se limitan a superficies que son topológicamente simples, como un cilindro o una

---

<sup>32</sup> GEORGE MAESTRI, CHARACTER ANIMATION 2 VOL 1 ,New Rides, EU 1999 pp 21-24

esfera. Con el fin de crear objetos más complejos. Este dilema topológico no lo tiene el modelado por polígonos. El modelado poligonal, tiene libertad para hacer su superficie tan compleja como queramos.”<sup>33</sup>

Los modelos poligonales tienen tres elementos básicos: vértices, aristas y polígonos. Un vértice es un único punto, una arista es una línea que une dos vértices, y un polígono es una superficie definida por tres vértices o aristas.

### IV.1.2.3 SUPERFICIES PATCH

“Un patch es una superficie que tiene curvas en las aristas. Estas curvas, a su vez, definen una superficie curva. Estas pueden ser llamadas por diferentes nombres: lineales, cardinales, B-spline y Bézier, pero también puede ser llamado por su grado.

El grado de la curva se refiere a la fórmula matemática utilizada para representarla. Cuanto mayor sea el grado de la curva, mayor será la complejidad del cálculo para crearla. La forma más fácil de recordar el orden de la curva, es que el grado de estas es uno menos que el número de puntos necesarios para definirla. Por lo tanto, una de primer grado necesariamente se define de dos puntos, una de segundo grado tiene tres puntos, y así sucesivamente.



Fig. IV.2 Curva lineal<sup>34</sup>

Una curva lineal es una serie de líneas que conectan los puntos de control. Las curvas que definen la superficie son equivalentes a las aristas en una superficie poligonal.



<sup>33</sup> GEORGE MAESTRI, CHARACTER ANIMATION 2 VOL 1 ,New Rides, EU 1999 pp 21-24

<sup>34</sup> GEORGE MAESTRI, CHARACTER ANIMATION 2 VOL 1 ,New Rides, EU 1999

Fig. IV.3 Curva cardinal<sup>35</sup>

Una curva cardinal es aquella que pasa a través de los puntos de control. Cada punto también tiene un control de la tangente.

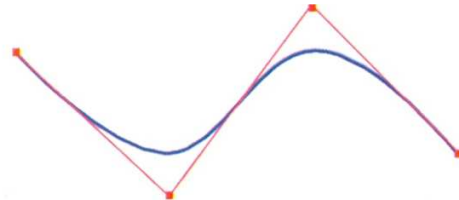
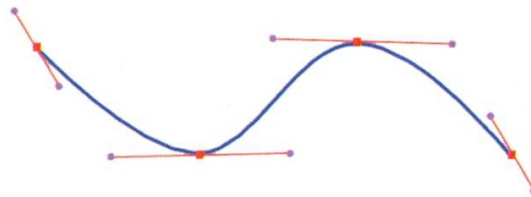


Fig. IV.4 Curva B-spliner

Una curva B-spliner pasa raramente a través de sus puntos de control, y teniéndolos alejados de la curva puede hacer la manipulación de una superficie un poco difícil.

Fig. IV.5 Curva Bezier<sup>36</sup>

Una curva Bezier es similar a las usadas en programas de dibujo. La curva pasa por la superficie a través de cada punto de control, y cada punto tiene dos controles tangenciales para ajustar el peso de la curva de cualquier lado de la pendiente.”<sup>37</sup>

### IV.1.2.3 SUPERFICIES NURBS

“NURBS es una extensión de una curva B-spline.

<sup>35</sup> GEORGE MAESTRI, CHARACTER ANIMATION 2 VOL 1 ,New Rides, EU 1999

<sup>36</sup> GEORGE MAESTRI, CHARACTER ANIMATION 2 VOL 1 ,New Rides, EU 1999

<sup>37</sup> GEORGE MAESTRI, CHARACTER ANIMATION 2 VOL 1 ,New Rides, EU 1999 pp 24-27



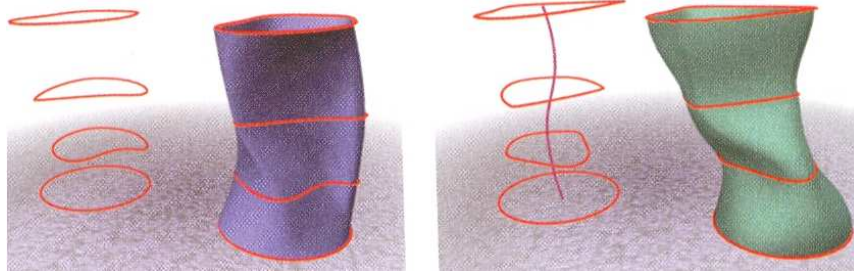


Fig. IV.6 Creación de figuras con NURBS<sup>38</sup>

La gran diferencia con una superficie NURBS es el término no uniforme, significa que cada vértice también puede afectar a la curvatura de la superficie con mayor precisión. También permite a una superficie ser más simple, ya que un menor número de puntos es necesario para definir la misma superficie.

En muchos casos, NURBS puede ser manipulado de la misma manera que otros tipos de patches.

### IV.1.3 CONCEPTOS BÁSICOS DEL MODELADO POLIGONAL

El modelado poligonal consta de tres elementos básicos: vértice, arista, y polígono.

#### Vértices

Representan un solo punto en el espacio y son objetos de una dimensión. Dos vértices pueden ser conectados para crear aristas.

<sup>38</sup> GEORGE MAESTRI, CHARACTER ANIMATION 2 VOL 1 ,New Rides, EU 1999

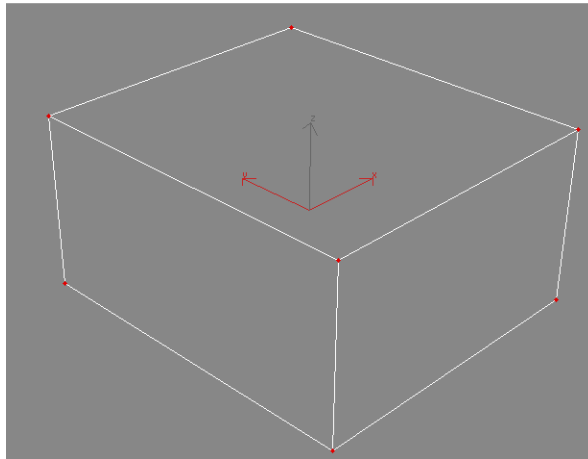


Fig. IV.7 vértices

### Arista

Son definidas por dos vértices. Al ver un objeto en modo de malla, sólo ves las aristas. Cuando tres o más aristas están conectadas, crean un polígono.

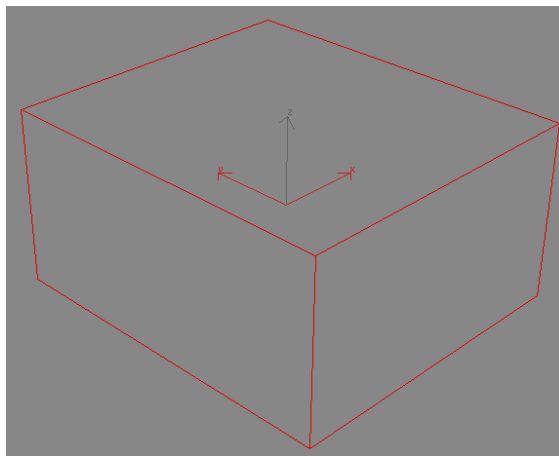


Fig. IV.8 Aristas

### Polígonos

Están definidos por tres o más aristas. Son planos y también son objetos tridimensionales. Para que un objeto se construya es necesario usar polígonos.

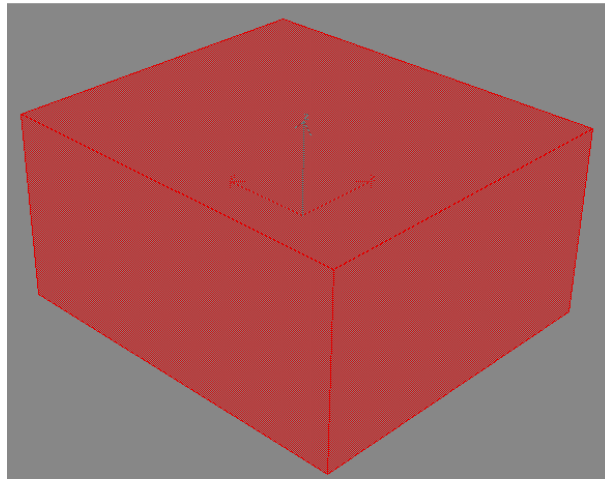


Fig. IV.9 Polígonos

Hay una serie de operaciones que se pueden realizar en un polígono. Ocultar un polígono, eliminar el polígono, colapsar un solo vértice entre otras operaciones.

Cuando se modela una superficie poligonal, o cualquier superficie, siempre hay que comenzar con una pequeña cantidad de detalle y al ir trabajando sobre ella estar aumentando la calidad del modelado. La mayoría de los modelos poligonales al comenzar son formas primitivas, como un cubo o una esfera, y de estas formas se comenzara a añadiendo detalles a la superficie según sea necesario.

#### IV.1.3.1 CONCEPTOS BÁSICOS DEL MODELADO DE PATCH'S

El modelado de patch es otra forma de crear personajes. Los patch están definidos por las superficies curvas, como lineales, cardinales, B-spline, o Bézier que se vieron anteriormente.

##### SUPERFICIES REGULARES

La forma más fácil de crear la superficie con un patch es una superficie regular. Se trata de una superficie lisa que es, básicamente, un solo patch.

Una de las ventajas de las superficies regulares es una texturización fácil y rápida. Las coordenadas U y V de la superficie pueden ser directamente las coordenadas X e Y de una imagen. Se puede crear un objeto utilizando una superficie regular, no es necesario aplicar la conversión de coordenadas a la superficie, tal como haría con una superficie poligonal irregular.”<sup>39</sup>

### IV.1.3.2 MODELADO CON NURBS

“Las NURBS (B-splines racionales no uniformes), son representaciones matemáticas de geometría en 3D capaces de describir cualquier forma con precisión, desde simples líneas en 2D, círculos, arcos o curvas, hasta los más complejos sólidos o superficies de forma libre en 3D. Gracias a su flexibilidad y precisión, se pueden utilizar modelos NURBS en cualquier proceso, desde la ilustración y animación hasta la fabricación.

Las NURBS pueden representar con precisión objetos geométricos estándar tales como líneas, círculos, elipses, esferas y toroides, así como formas geométricas libres como carrocerías de coches y cuerpos humanos. La cantidad de información que requiere la representación de una forma geométrica en NURBS es muy inferior a la que necesitan con otro tipo de superficies.

Una curva NURBS se define mediante cuatro elementos: grados, puntos de control, nodos y regla de cálculo.

#### GRADO

Un grado es un número **entero positivo**, este número normalmente es 1, 2, 3 ó 5 pero puede ser cualquier número entero positivo. Las líneas NURBS son grado 1, los círculos son grado 2 y la mayoría de las formas libres son grado 3 ó 5.

#### PUNTOS DE CONTROL

Los puntos de control son una lista de puntos de grado+1 que definen la curva.

---

<sup>39</sup> GEORGE MAESTRI, CHARACTER ANIMATION 2 VOL 1 ,New Rides, EU 1999 pp 27-45

## NODOS

Los nodos son una lista de números de grado+N-1, donde N es el número de puntos de control.

## REGLA DE CÁLCULO

La regla de cálculo de una curva utiliza una fórmula matemática que toma un número y asigna un punto.

La regla de cálculo NURBS es una fórmula que comprende el grado, los puntos de control y los nodos. <sup>40</sup>

## IV.1.4 MANIPULACIÓN DE ESTURUCTURAS EN TERCERA DIMENSIÓN.

“En un espacio tridimensional hay tres transformaciones elementales que son la rotación, el escalamiento y la translación. Estas transformaciones puede ser representadas mediante una matriz, y un sistema de transformación puede ser combinado con otro sistema de transformación. Decimos que una transformación puede estar compuesta de varias transformaciones lineales.

Los objetos están definidos en un sistema coordenado tridimensional (3D) el cual por convención es de un sistema de la mano derecha. Un sistema de mano derecha o sistema de mano izquierda son sistemas 3D aplicados por convención, aunque en los sistemas computacionales gráficos aún se utiliza el sistema coordenado de mano izquierda. La diferencia entre estos dos sistemas es en esencia la cota.

---

<sup>40</sup> GEORGE MAESTRI, CHARACTER ANIMATION 2 VOL 1 ,New Rides, EU 1999 pp 27-45

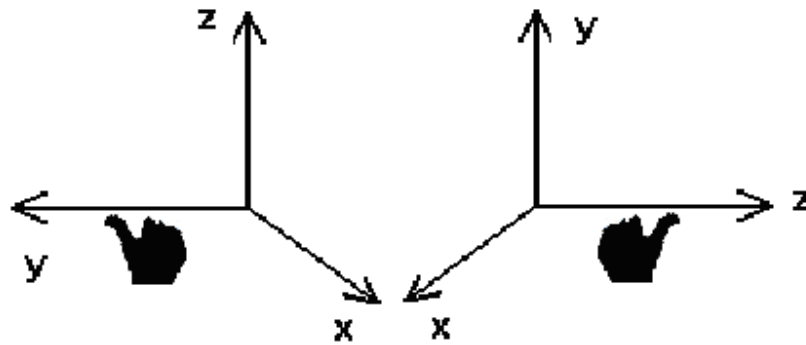


Fig. IV.10 sistemas coordenados de mano derecha e izquierda

En algunos casos es conveniente saber en qué sistema coordenado estarán definidos los objetos.

Un conjunto de vértices en 3D que pertenece a un objeto puede transformarse en otro conjunto de puntos con una transformación lineal. Ambos conjuntos de puntos pueden permanecer al mismo sistema coordenado. La notación matricial es utilizada en la computación gráfica, esta representa a un punto ó un vector como una columna de una matriz, precedida por la matriz de transformación T.

Usando la notación matricial, un punto V es transformado bajo las transformaciones, escalamiento y rotación como:

$$V'=V+D$$

$$V'=SV$$

$$V'=RV$$

Donde D es un vector de translación, S y R son matrices de escalamiento y rotación respectivamente.

Estas operaciones son comúnmente usadas para la transformación en gráficas computacionales.

En animación un cuerpo puede experimentar solo rotación, translación y escalamiento cuando se está creando.”<sup>41</sup>

#### IV.1.4.1 TRANSLACIÓN.

“La translación se puede conocer como una multiplicación de matrices, como en las otras dos transformaciones puede ser:

$$V'=TV$$

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & T_x \\ 0 & 1 & 0 & T_y \\ 0 & 0 & 1 & T_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$

Esta especificación implica que el objeto es trasladado en tres dimensiones aplicando un desplazamiento  $T_x$ ,  $T_y$  y  $T_z$  de cada uno de los vértices que definen el objeto. La notación matricial es una forma de escribir el con junto de ecuaciones.”<sup>42</sup>

$$x' = x + T_x$$

$$y' = y + T_y$$

$$z' = z + T_z$$

#### IV.1.4.2 ESCALAMIENTO.

“El conjunto de transformaciones es completado con el escalamiento y la rotación.

El escalamiento es expresado como:

$$V'=SV$$

<sup>41</sup> WATT ALAN, 3D Computer Graphics, 3<sup>ra</sup> edición, Pearson Education Addison-Wesley, 2 pp.

<sup>42</sup> WATT ALAN, 3D Computer Graphics, 3<sup>ra</sup> edición, Pearson Education Addison-Wesley, 2 pp

$$S = \begin{bmatrix} S_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$S_x$ ,  $S_y$  y  $S_z$  son factores de escalamiento. Para uniformar el escalamiento  $S_x = S_y = S_z$ , puede estar representado por el siguiente conjunto de ecuaciones:

$$x' = x \cdot S_x$$

$$y' = y \cdot S_y$$

$$z' = z \cdot S_z$$

Aplicado a todos los vértices del objeto. <sup>43</sup>

#### IV.1.4.3 ROTACIÓN.

“En la rotación de un objeto en un espacio 3d se necesita especificar un eje de rotación que puede tener alguna orientación en el espacio 3D, pero es más fácil considerar la rotación paralela a uno de los ejes coordenados. Las matrices de transformación para la rotación en sentido contrario a las manecillas de reloj, tomando como referencia los ejes  $x$ ,  $y$  y  $z$  son:

$$R_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R_y = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R_z = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

La matriz de transformación para la rotación sobre el eje Z es equivalente al siguiente conjunto de ecuaciones.

<sup>43</sup> WATT ALAN, 3D Computer Graphics, 3<sup>ra</sup> edición, Pearson Education Addison-Wesley, 3-4 pp.



$$X' = x \cos \theta - y \sin \theta$$

$$Y' = x \sin \theta + y \cos \theta$$

$$Z' = Z^{44}$$

Después de que se analizaron las diferentes transformaciones geométricas básicas es bueno observar cómo se aplican en un software de desarrollo 3D, en éste caso Virtools y 3dMax, como ya se mencionó en la definición de problemática, 3DMax se usará para el modelado; es necesario el uso de transformaciones geométricas, sólo que estas están implícitas en la manipulación de formas y no las ve el usuario en pantalla, pero si es necesario hacer mención que sin estas matrices de transformación sería imposible lograr el modelado de cualquier cosa, en 3d max podemos aplicar estas transformaciones de forma independiente a cualquier componente de un objeto 3D, en cambio en Virtools solo podemos aplicarlo a un objeto completo, es decir, que las transformaciones serían aplicadas al conjunto de aristas, vértices o caras que formen el objeto 3D que queremos modificar.

## IV.2 ILUMINACIÓN.

La iluminación es una parte fundamental para otorgarle realismo a un objeto 3D, es el uso de métodos ó modelos de iluminación con los que se pueden generar sombras, reflexiones ó simplemente una iluminación general del objeto.

El uso de estos métodos o modelos de iluminación requieren un procesamiento extra para el cálculo de intensidades de luz como es en el caso de generaciones de sombras. Uno de los modelos mas usados es el modelo de L'ambert.

---

<sup>44</sup> WATT ALAN, 3D Computer Graphics, 3<sup>ra</sup> edition, Pearson Education Addison-Wesley, 4-5 pp.

## IV.2.1 COMPONENTES DE LA ILUMINACIÓN.

“Según el **Modelo de L’ambert**, la iluminación cuenta con tres principales componentes y está representado por la ecuación

$$I = I_a K_a + I_d K_d \cos \theta + K_s (\overline{N} | H)^n :$$

- **Componente difuso**
- **Componente ambiental**
- **Componente especular**

**Componente difusa.** Es el color que refleja un objeto cuando recibe la iluminación adecuada, entendiendo por iluminación adecuada la luz natural o artificial directa que permite que el objeto sea visible. La componente difusa es ese color al que nos referimos en relación a un objeto real; por ejemplo, "ese coche es rojo".

Su expresión matemática es:

- $I_T = I_d K_d \cos \theta$ , Existe luz y sombra.

Donde:

$I_d$  es la intensidad de la fuente luminosa puntual.

$K_d$  es el coeficiente de reflexión difusa.

$\theta$  es el ángulo para el efecto de sombreado

**Componente ambiental.** Es el color de un objeto cuando está a la sombra. Estamos hablando del color que refleja el objeto cuando está iluminado por la luz ambiental y no por una luz directa. La componente ambiental depende del tipo de iluminación.

Su expresión matemática es:

- $I_T = I_a K_a$ , No existe sombra, existe luz en todos los objetos.

Donde:

$I_a$  es la intensidad de la fuente luminosa ambiental.

$K_a$  es el coeficiente de reflexión ambiental.

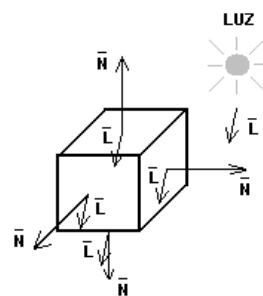
**Componente especular.** Debe ser igual al color de la fuente luminosa principal, o igual a la componente difusa con un valor más alto y menos saturación, con el objetivo de conseguir un efecto más natural. En definitiva la componente especular, es el color de los resaltes de un objeto brillante, producto de los reflejos de las luces que iluminan la superficie.

Su expresión matemática es:

$$\cos \theta = \frac{\bar{N} \cdot \bar{L}}{|\bar{N}| \cdot |\bar{L}|}, \text{ si } |\bar{N}| = |\bar{L}| = 1$$

Entonces

$$\cos \theta = \bar{N} \cdot \bar{L}$$



- $I_T = K_s (|\bar{N}|H)^n, H = \frac{(L \cdot V)}{2}$ , Tipo espejo.

Donde:

$|\bar{N}|$  Es a la normal del reflejo de la luz.

$K_s$  Es la intensidad de la fuente luminosa

$H$  Es el vector intermedio entre la fuente luminosa y el observador (se le conoce como la dirección de reales máximos).

$V$  Es la dirección al punto de observación.

$L$  Es la constante para la fuente luminosa

$n$  Es el exponente de reflexión especular del material. <sup>45</sup>

Así como las transformaciones geométricas, las componentes de iluminación son necesarias para que el modelo que se realice se pueda ver de cierta forma, en el caso de nuestra tesis se utilizó la componente difusa, en esta componente se le

<sup>45</sup> Apuntes Básicos de la Materia Animación por Computadora

asigna la textura que va a proyectar cuando reciba una fuente de luz, esto se hace en 3d Max.

## IV.2.2 TIPOS DE LUCES.

### “OMNI

Es un tipo de luz que ilumina en todas direcciones dentro de una escena.

- Puntual, Omni (tipo foco). Posición (x,y,z)



Fig. IV.11 representación de luz omni

### LUZ DIRECCIONAL

Es una luz que apunta hacia una dirección especificada dentro de una escena

- Direccional, Direct (tipo luz solar)

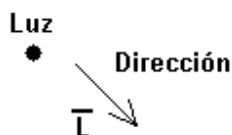


Fig. IV.12 representación de luz direccional

Este tipo de iluminación es usado en la escena de los laberintos para poder tener una iluminación un poco realista, es decir, que hubieran partes en el laberinto que tuvieran un poco más de luz que en otras.

### LUZ SPOT

Este tipo de luz es similar a la direccional, con la diferencia que este tipo de luz ilumina como una linterna o las luces de los reflectores de los teatros.”<sup>46</sup>

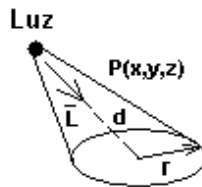


Fig. IV.13 representación de luz spot

En cuanto al uso de luces, el tipo de luz que se utilizó fue tanto omni como direccional que fueron asignadas dentro de virtools, las luces direccionales fueron acomodadas de tal forma que las caras frontales, laterales, traseras y superiores de la zona fueran iluminadas.”

## IV.3 TEXTURIZACIÓN.

Los materiales sirven para dar una apariencia a los objetos, pero son las texturas las que hacen que la escena parezca real. Las texturas son esas imágenes que representan la apariencia de los objetos que podemos encontrar a nuestro alrededor. Las texturas nos ayudan a dar realismo a los objetos que componen la escena.

### IV.3.1 LOS MAPAS Y LAS COORDENADAS DE MAPEO.

“Los mapas tienen una orientación espacial, lo que nos obliga a que cuando apliquemos un material con mapas a un objeto debemos especificarle unas coordenadas de mapeo mediante sus ejes UVW locales. En definitiva, las coordenadas de mapeo especifican como se proyecta una imagen sobre el material, si como una "calcomanía" o si se repite en mosaico o de forma simétrica.

<sup>46</sup> Apuntes Básicos de la Materia Animación por Computadora

Debido al nombre de los ejes locales, las coordenadas de mapeo también se conocen como coordenadas UV o UVW. Estas letras identifican las coordenadas del objeto en su propio espacio, al contrario que las coordenadas XYZ, que definen la escena en su conjunto, es decir, hacen referencia a las coordenadas universales. <sup>47</sup>

Este método de asignación de texturas a objetos es usado para todos los objetos mostrados en el recorrido, desde construcciones de pirámides hasta bloques de piedra que se encuentran esparcidos en toda la zona.

### IV.3.1.1 MAPEO

“El mapeo es un procedimiento matemático que proyecta mapas, efectos y fondos sobre los objetos. Hay distintos tipos de mapeos:

- **El mapeo procedimental** utiliza las coordenadas de una superficie para generar proyecciones y variaciones en dos o tres dimensiones.
- **El mapeo difuso** transfiere la proyección de una imagen bitmap o un mapa procedimental a la superficie de un objeto 3D.
- **El mapeo de relieve** crea la ilusión de aspereza de la superficie perturbando las normales al emplear los valores de intensidad de un mapa.
- **El mapeo de desplazamiento** utiliza los valores de intensidad de un mapa para crear una aspereza "real" en una superficie desplazando las caras.
- **El mapeo de entorno** rodea a los objetos de un mapa para generar rápidamente reflejos de la superficie.
- **El trazado de rayos** (ray trace) simula la acción de una serie de rayos de luz rebotando de un objeto a otro para crear reflexiones de alta precisión entre las superficies. <sup>48</sup>

---

<sup>47</sup> DIAZ JOSE MANUEL, 3D Max5 Edición Especial, 1<sup>ra</sup> Edición, Prentice Hall, 236pp.

<sup>48</sup> DIAZ JOSE MANUEL, 3D Max5 Edición Especial, 1<sup>ra</sup> Edición, Prentice Hall, 237-238pp.

Básicamente el texturizado y el mapeo se utilizó en la tesis para asignar imágenes planas sobre superficies en 3D; para asignar imágenes de piedras sobre los modelos de las pirámides, en este caso se usó un mapeo difuso.

## IV.4 CÁMARAS.

“Las cámaras nos permiten presentar la escena desde un determinado punto de vista. En el momento en que hay definida al menos una cámara, es posible sustituir cualquiera de las vistas por una vista de cámara, que muestra la vista ofrecida por la cámara y su objetivo. Las vistas de cámara resultan útiles, primero para hacerse una idea de la escena tridimensional desde la vista de una cámara, y en segundo lugar para editar las geometrías y configurar adecuadamente la escena para su posterior renderización.

Hay dos tipos de cámara:

- **Cámaras con objetivo.** Son cámaras que se sitúan para visualizar un objeto y lo que lo rodea. Una cámara de este tipo está compuesta por el cuerpo de la cámara y su objetivo, dos partes que podemos seleccionar de forma independiente.

Aunque ambos componentes se pueden animar por separado con el fin de conseguir interesantes efectos, estas cámaras están pensadas para quedarse quietas en un lugar y que sea el objetivo el que se mueva. En las vistas, las cámaras con objetivo aparecen representadas mediante un icono de dos componentes que identifican la propia cámara y el objetivo de la misma.

- **Cámaras libres.** Las cámaras libres ofrecen una vista de la zona que se encuentra directamente delante de la cámara y representan la mejor opción cuando se pretende animar una cámara a lo largo de una trayectoria. Una cámara libre solo está compuesta por la propia cámara, por lo que su objetivo no es posible seleccionarlo de forma independiente. En las vistas,

las cámaras libres aparecen como un icono de una sola pieza que representa la cámara y su campo visual. <sup>49</sup>

En el software de 3D max, fueron necesarios estos dos tipos de cámara para hacer pruebas de varios puntos de vista para una mejor apreciación de la zona arqueológica.

En la parte de “Visita Rápida” del recorrido, fue usada la cámara de tipo libre para poder hacer el recorrido de los 3 niveles de la zona. Se usaron 3 cámaras diferentes, todas de tipo libre, para realizar la acción deseada.

## IV.4.2 CARACTERISTICAS DE LAS CÁMARAS.

### IV.4.2.1 DISTANCIA FOCAL.

“**La distancia focal** del objetivo es la distancia entre el objetivo y la superficie sensible a la luz. Esta distancia determina la cantidad de escena que aparece en la vista.

Una distancia focal baja incluye mayor parte de la escena, mientras que una distancia focal alta incluye menor cantidad de escena, pero muestra los objetos más distantes con mayor nitidez. La distancia focal siempre se mide en milímetros.

### IV.4.2.2 CAMPO VISUAL.

El campo visual (Field of View, FOV) es el ángulo descrito por un cono imaginario cuyo vértice coincide con la ubicación de la cámara. Este campo se mide en grados respecto al horizonte y está directamente relacionado con la distancia focal del objetivo. Cuando más grande es el objetivo, más estrecho se hace el FOV, mientras que las lentes de distancia focal más corta, o más grande (35mm ó inferior) ofrecen un gran campo visual. <sup>50</sup>

---

<sup>49</sup> DIAZ JOSE MANUEL, 3D Max5 Edición Especial, 1<sup>ra</sup> Edición, Prentice Hall, 238-240pp.

<sup>50</sup> Apuntes Básicos de la Materia Animación por Computadora.



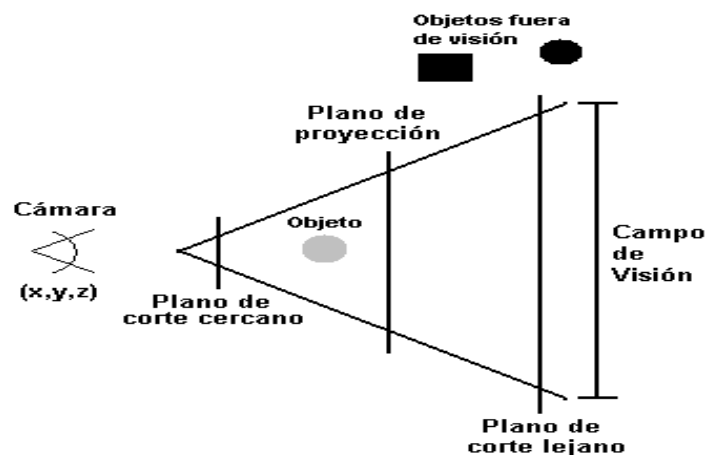


Fig. IV.14 campo visual de una cámara

Estas características de las cámaras las podemos ver muy bien cuando se implementaron las cámaras dentro de Virtools, como ejemplos tenemos tanto la cámara de primera persona y tercera persona, en ambas, el plano de corte se colocó a una distancia considerablemente grande del punto de referencia para poder ver toda la zona y que no se viera ese plano de corte, otra característica es el plano de corte cercano, en la cámara de primera persona el plano de corte se colocó ligeramente lejano a su punto de referencia para evitar el efecto de atravesar las pirámides, y para la cámara de tercera persona se dejó intacto.

### IV.4.3 VISTAS DE UN OBJETO 3D.

“Un punto de vista, es una posición del espacio que representa la ubicación del observador.

Las vistas más usadas en la representación de un objeto 3D son las siguientes:

- Superior. Esta vista tiene dispuesto el eje X en horizontal, el eje Y en vertical y el eje Z "saliendo de la pantalla" hacia el usuario (recuerde que el eje Z es el eje que representa la profundidad).
- Anterior. Esta vista coloca el eje X en horizontal, el eje Z en vertical y el eje Y saliendo de la pantalla.

- Izquierda. Esta vista se explica por sí sola. Este visor coloca el eje Y en horizontal, el eje Z en vertical y el eje X saliendo de la pantalla.
- Perspectiva. Este visor está destinado a darnos una visión 3D del modelo.”<sup>51</sup>

Las vistas, como ya se mencionó, son la posición en que vemos los objetos y éstas son comunes en los programas de desarrollo 3D; trabajan en conjunto con las cámaras antes mencionadas, para el caso de nuestra tesis dentro de Virtools, se utilizaron cámaras con vista en perspectiva ya que es como nosotros observamos las cosas, pero también utilizamos la vista superior y lateral tanto en Virtools como en 3d max, estas vistas nos fueron muy útiles para acomodar objetos dentro de la zona arqueológica y para el modelado de dichos objetos.

## IV.5 Equipos utilizados para la RV.

### IV.5.1 VISIÓN

“La realidad virtual en el área de la visión, trabaja básicamente con dos tipos de implementos: cascos y boom, este último es un equipo que consiste en un brazo mecánico que sostiene un display a través del cual al girarlo se puede observar el entorno del mundo virtual en el que se está; debido a que su peso es soportado por el brazo mecánico y no por el usuario, como ocurre con el casco, este puede ser un equipo de mayor complejidad y contenido electrónico, lo cual se traduce en ventajas tales como la obtención de una mejor recreación del ambiente virtual.

Visión estereoscópica: Es la sensación de ver una determinada imagen en 3 dimensiones, esto se logra haciendo una representación igual para cada ojo de la imagen que se va a observar, estas representaciones son posteriormente proyectadas desde un mismo plano y separadas una distancia que está determinada por la distancia a la cual se encuentra el observador del plano de las imágenes.

---

<sup>51</sup> Apuntes Básicos de la Materia Animación por Computadora.

Desde este punto de vista, también existen equipos de visión monocular a través de los cuales se visualizan los objetos en la forma habitual.

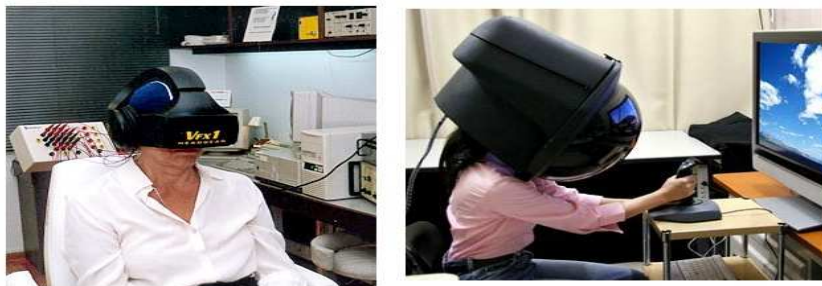


Fig. IV.15 casco de realidad virtual<sup>52</sup>

Binoculares: Son equipos que constan de una pantalla individual para cada ojo, para el funcionamiento de la visión estereoscópica, es necesario tener un equipo que tenga esta característica; para equipos de visión monoscópica, esta característica es opcional. Así mismo, también existen equipos monoculares, los cuales constan de una sola pantalla para ambos ojos.<sup>53</sup>

## IV.5.2 INTERACTUAR.

En la actualidad la realidad virtual está haciendo uso de guantes y trajes como medio para interactuar en un ambiente virtual, para lograr esto, los dispositivos se comportan inicialmente como dispositivos de entrada que le permiten a la computadora conocer la ubicación del usuario dentro del ambiente virtual, así mismo, le permiten al usuario ubicarse en el medio e interactuar con él y en algunos casos recibir ciertos estímulos donde estos dispositivos se convierten en dispositivos de salida.

En el caso de nuestra tesis, No se logró una interactividad en la cual el usuario pudiera sentir las texturas de las piedras, el viento , o simplemente sentir que pisa verdaderamente el pasto, lo que se hizo solo fue tener los aspectos básicos de

<sup>52</sup> [www.10goto10.net/?p=623](http://www.10goto10.net/?p=623)

<sup>53</sup> William R. Sherman, Alan B. Craig. *Understanding Virtual Reality. Interface, Application, and Design.* Morgan Kaufmann,

comparación con la realidad sin llevarlo a un punto de interactividad máxima. Los aspectos interactivos que tenemos son:

- Colisión con cada uno de los objetos existentes en el paseo.
- Sonido dinámico al pasar por distintos tipos de suelo de igual forma al momento de aplaudir dentro de la zona, ya que hay un lugar específico en la zona donde cambia su sonido.
- Simulación de incandescencia del sol cuando se mira de frente a éste.

En algunas aplicaciones se puede tener sensaciones o estímulos que pueden ser:



Fig. IV.16 guantes virtuales, lentes y pantalla 3d<sup>54</sup>

Sensación de estar sosteniendo un objeto que se ha cogido dentro del ambiente virtual, esto se logra gracias a unas almohadillas que se inflan en el guante y dan la sensación de percibir un peso. También se puede llegar a percibir la rugosidad y forma propias de objetos situados en el interior del ambiente virtual, lo cual se logra gracias a que algunos dispositivos tienen partes de aleaciones con memoria que tras variaciones en la temperatura toman formas que se les han practicado con anterioridad.

Pero en el caso de nuestro paseo virtual no aplicamos nada de esto, ya que esto sería otro tema de tesis a desarrollar.

<sup>54</sup> [www.10goto10.net/?p=623](http://www.10goto10.net/?p=623)

### IV.5.3 AUDIO.

Los audífonos son el equipo básico empleado para escuchar los sonidos propios de un ambiente virtual. Tales como:

- Audífonos convencionales: Son los audífonos de uso más común, a través de estos se escucha el sonido simulado de los objetos sin identificar auditivamente el punto de ubicación del mismo.

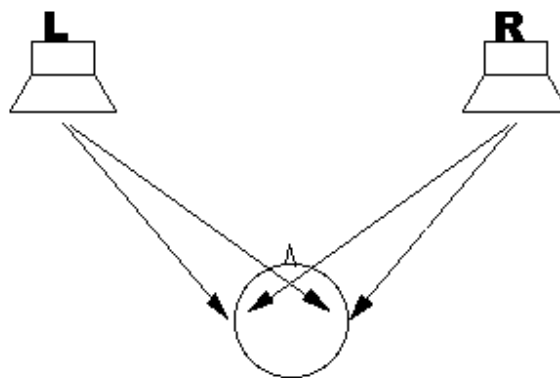


Fig. IV.17 campo auditivo humano

- Convolotron: Estos audífonos además de simular el sonido propio de los objetos, simulan la ubicación de los mismos dentro del ambiente virtual.

El sonido en nuestro pasero virtual es estéreo si mayor complicación, pero sin dejarlo a un lado se puso sonido ambiental al igual que las narraciones correspondientes de la información y en la opción de Vista Rápida, así como en la introducción de nuestro paseo virtual.

Fig. IV.18 convolvotron<sup>55</sup>

#### IV.5.4 SIMULADORES.

Las cabinas virtuales, son grandes aparatos en los que se sumerge al usuario como si maniobrara dentro de un vehículo (simuladores de vuelo, submarinos, etc.).

Fig. IV.19 cabinas de simulación de RV<sup>56</sup>

<sup>55</sup> [www.lpi.tel.uva.es](http://www.lpi.tel.uva.es)

<sup>56</sup> [blogs.ya.com](http://blogs.ya.com), [www.adventia.org](http://www.adventia.org)

## **V ANÁLISIS.**

### **V.1 SELECCIÓN DE LA ZONA ARQUEOLÓGICA.**

Dado la importancia de las zonas arqueológicas en nuestro país y el desarrollo de la RV en las últimas décadas, es necesario dar un impulso a la difusión de estos espacios que son parte de nuestro pasado y nuestras raíces, ayudándonos de la computación y técnicas de desarrollo en aspectos 3D y entornos virtuales.

Se decidió realizar un paseo virtual por la zona arqueológica de Xochicalco por su gran hermosura e interés en los esculpido en los lados de algunos edificios, y por ser una de las principales zonas arqueológicas de México. El templo de la Serpiente Emplumada tiene finas y estilizadas representaciones del dios Quetzalcoatl, en un estilo que incluye una aparente influencia teotihuacana y maya. Se piensa que Xochicalco debió haber tenido una comunidad de artistas provenientes de otras partes de Mesoamérica.

Otros monumentos en el sitio son: templos piramidales, palacios, los juegos de pelota, temazcales, una inusual fila de altares circulares y una cueva con escalones labrados hacia el interior del observatorio. También hay algunas estelas esculpidas; algunas de ellas han sido removidas de sus lugares originales.

Se tomaron en cuenta todos estos aspectos y su cercanía con el D.F. que facilitarían la recopilación de información para el desarrollo del paseo virtual.

---

## V.2 PROGRAMAS DE DESARROLLO DEL PASEO VIRTUAL.

Hay muchos programas para el desarrollo de 3D, pero para la elaboración de nuestro paseo virtual se aplicaron los siguientes programas, para el modelado se utilizó **3D Studio Max 5**, para la navegación e interactividad del paseo se usó **Virtools Dev 3**, la edición de texturas en **Photoshop** y por último para el manejo de audio se utilizó **Adobe Audition 1.5**. A continuación se dará una breve explicación de cada una de las herramientas así como el porque de su uso.

### V.2.1 3D STUDIO MAX 5

**3D Studio Max** es un programa de creación de gráficos y animación 3D desarrollado por Autodesk Media & Entertainment (Anteriormente conocidos como Discreet y Kinetix). Fue desarrollado como sucesor para sistemas operativos Win32 del 3D Studio creado para DOS. Kinetix fue más tarde fusionada con la última adquisición de Autodesk, Discreet Logic.

Tiene muchas ventajas este software, una de ellas es la facilidad de modelado de objetos en 3d, pudiendo manipular los vértices, caras, aristas, etc., esto ayudó a la realización del modelado de las pirámides, el escenario, árboles, el personaje, etc. Otra razón por la que se utilizó este software fue la gran facilidad para texturizar los objetos, de la misma forma se pudo exportar toda la ciudad de Xochicalco y nuestro personaje Nelly a Virtools (programa para la navegación e interactividad).

Dispone de una sólida capacidad de edición, una gran variedad de plug-in's.

Este programa en definitiva es uno de los mejores modeladores 3d, más orientado a videojuegos con el que se han hecho enteramente con él, juegos como la saga Tomb Raider y la saga Sprintel Cell, y la mayoría de los juegos de Ubisoft, incluido el magnífico Crysis y FarCry. Con él también se crearon películas enteras de animación como ToyStory, Los Increíbles, Buscando a los Robinson, y parte de FinalFantasy..



## V.2.2 VIRTOOLS.

La elección de utilizar virtools se debió al gran potencial y facilidad para desarrollar entornos virtuales, el manejo de escenas, por su programación por bloques que es muy sencilla y su enorme manejo de tipos de variables que van desde entidades 3D hasta simples variables de enteros, flotantes etc. También cuenta con un gran manejo de operaciones del tipo aritmético y vectorial.

Algo muy útil es su modo de edición ya que se puede observar todo el entorno virtual en el que se está trabajando de manera gráfica, como ya se mencionó anteriormente, la forma de programar es por bloques, estos bloques generan diferentes comportamientos y se encuentran organizados por grupos, entre los cuales tenemos, manejo de luces, interfaces de usuario, manejo de personajes, de animaciones, de cámaras, entre otros. En general son bloques de comportamientos, constan de entradas y salidas de activación así como de apagado, también cuentan con entradas y salidas de variables. Lo que podemos encontrar dentro de cada uno de estos bloques si pudiéramos abrirlos es código en C++, una gran ventaja, es que, si es necesario crear nuestro propio bloque de programación, este puede ser creado con el lenguaje de programación que trae Virtools, VSL (*virtools scripting language*) que es muy similar a C++ con algunas diferencias como no permitir el manejo de memoria o el de apuntadores.

Virtools puede ser empleado de manera indistinta para el desarrollo de paseos virtuales, videojuegos y simulaciones.

Una vez que se han visto las ventajas que tiene este software, fueron utilizadas para desarrollar toda la parte interactiva entre el personaje y la zona, así como la presentación de la información y la inclusión del audio ya editado.

## V2.3 ADOBE PHOTOSHOP.

**Adobe Photoshop** es una aplicación informática de edición y retoque de imágenes, bitmap (bmp,jpeg, gif, png ,etc), elaborada por la compañía de software Adobe.

Photoshop en sus primeras versiones trabajaba en un espacio bitmap formado por una sola capa, donde se podían aplicar toda una serie de efectos, textos, marcas y tratamientos.

A medida que ha ido evolucionando el software ha incluido diversas mejoras fundamentales, tratamiento extensivo de tipografías, control y retoque de color, efectos creativos, etc.

Photoshop se ha convertido, casi desde sus comienzos, en el estándar mundial en retoque fotográfico, pero también se usa extensivamente en multitud de disciplinas del campo de diseño y fotografía, como diseño web, composición de imágenes bitmap, estilismo digital, fotocomposición, edición y grafismos de vídeo y básicamente en cualquier actividad que requiera el tratamiento de imágenes digitales.

Photoshop fue usado dentro de la tesis para la creación y retoque de texturas de la zona así como las del personaje.

## V2.4 ADOBE AUDITION.

Es una aplicación en forma de estudio destinado para la edición de audio digital, creado por Adobe Systems que permite la edición y mezclado de ondas multipista, no-destructivo como destructivo.

Adobe Audition, permite la edición de espacio de frecuencia, vista de proyecto CD, edición básica de videos e integración con Adobe Premiere, y muchas otras mejoras en otras funciones.

Básicamente la utilización de este editor de audio se debió a que se tenían algunos conocimientos previos de su uso y a que se podía editar el espacio de frecuencia de una manera sencilla, el editor fue utilizado para hacer algunas correcciones a las explicaciones narradas así como la edición de algunos de los sonidos incluidos dentro del paseo virtual.

---

## V.3 COMPONENTES DEL PV POR LA ZONA ARQUEOLÓGICA DE XOCHICALCO.

### V.3.1 PERSONAJE.

¿Porque Nelly?

Dado que en la mayoría de los paseos virtuales los personajes que se llegan a incluir son hombres se decidió que nuestro personaje principal sea Nelly, la cual nos va contando cada unos de los aspectos más importantes de esta fantástica ciudad llamada Xochicalco. Es arqueóloga de la UNAM, su gran experiencia en este ámbito nos ayudará a entender un poco más de nuestras raíces. El nombre no tiene un porque, simplemente fue un nombre tomado al azar.

Características Nelly

Nelly tiene seis distintos movimientos, que son aplaudir, caminar, correr, esperar, vuelta a la derecha y vuelta a la izquierda.

Estos movimientos que se tomaron en cuenta se deben a que la zona es muy grande y si sólo caminara sería tedioso el paseo.

El movimiento de aplaudir se implementó porque dentro de la zona hay un lugar donde gracias a la acústica al aplaudir se provoca un sonido peculiar.

La animación “espera” es sólo si no hace ningún movimiento el usuario. Nelly esperará hasta que el usuario decida visitar cualquier zona de Xochicalco.

Nelly cuenta con cuatro cámaras las cuales la siguen en todo momento, que son:

- Primera persona. Con la cámara de primera persona podemos ver a detalle todos los objetos, por ejemplo los relieves de la Pirámide de las Serpientes Emplumadas y a detalle el paisaje.

- Vista lateral de Nelly. La cámara de vista lateral nos sirve para ver más de cerca a Nelly.
- Vista desde arriba. Sirve para saber su ubicación dentro de la zona.
- La cámara de vista aérea sirve para ubicar a Nelly en todo momento, ubicar lo que hay a nuestro alrededor y no perdernos en el recorrido.

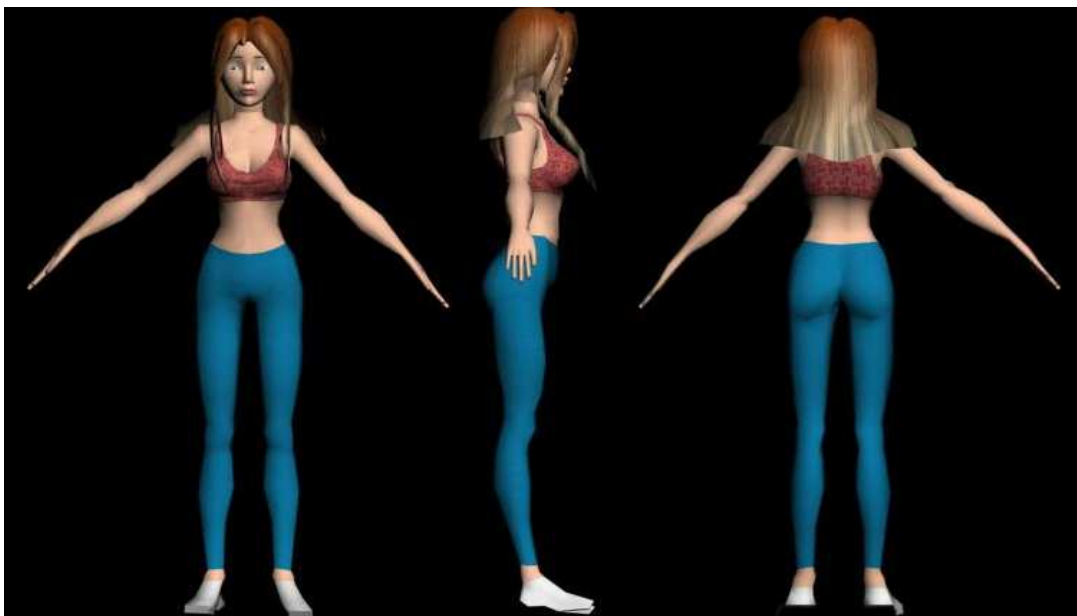


Fig. V.1 modelado de Nelly

### V.3.2 ¿PORQUE SÓLO UN PASEO Y NO UNA RECONSTRUCCIÓN?

Uno de las complicaciones que se tuvo para realizar esta tesis fue la falta de información acerca de la zona, no se tenía la información suficiente para realizar una reconstrucción, ya que sólo algunas de las pirámides estaban reconstruidas. Sin embargo se decidió que dentro de nuestro PV se tuviera una reconstrucción completa de la pirámide de mayor importancia de la zona, la Pirámide de las Serpientes Emplumadas.

La única información con la que se contó fue la representación en maqueta de la zona como está en la actualidad, libros y folletos con medidas de la zona arqueológica y especificaciones de algunas de las pirámides de Xochicalco.

Otras de las razones por la que no realizamos una reconstrucción de la zona arqueológica de Xochicalco es para darle un poco más de realismo a nuestro paseo. Se dejó tal y como están las ruinas, para que si en algún futuro los usuarios que pasen por nuestro recorrido virtual de Xochicalco, asistan a esta zona arqueológica, se les haga familiar y puedan tener un mayor aprecio a esta zona, y disfrutar todo el esplendor de esta hermosa ciudad-fortaleza Xochicalco.

### V.3.3 PARTES DEL PV.

Después de hacer el análisis del paseo virtual, se tuvieron varios puntos a desarrollar, uno de ellos fue la manera en la que tendríamos que mostrar la información, quien sería el protagonista del recorrido, la interactividad y el nivel de inmersión de nuestro PV.

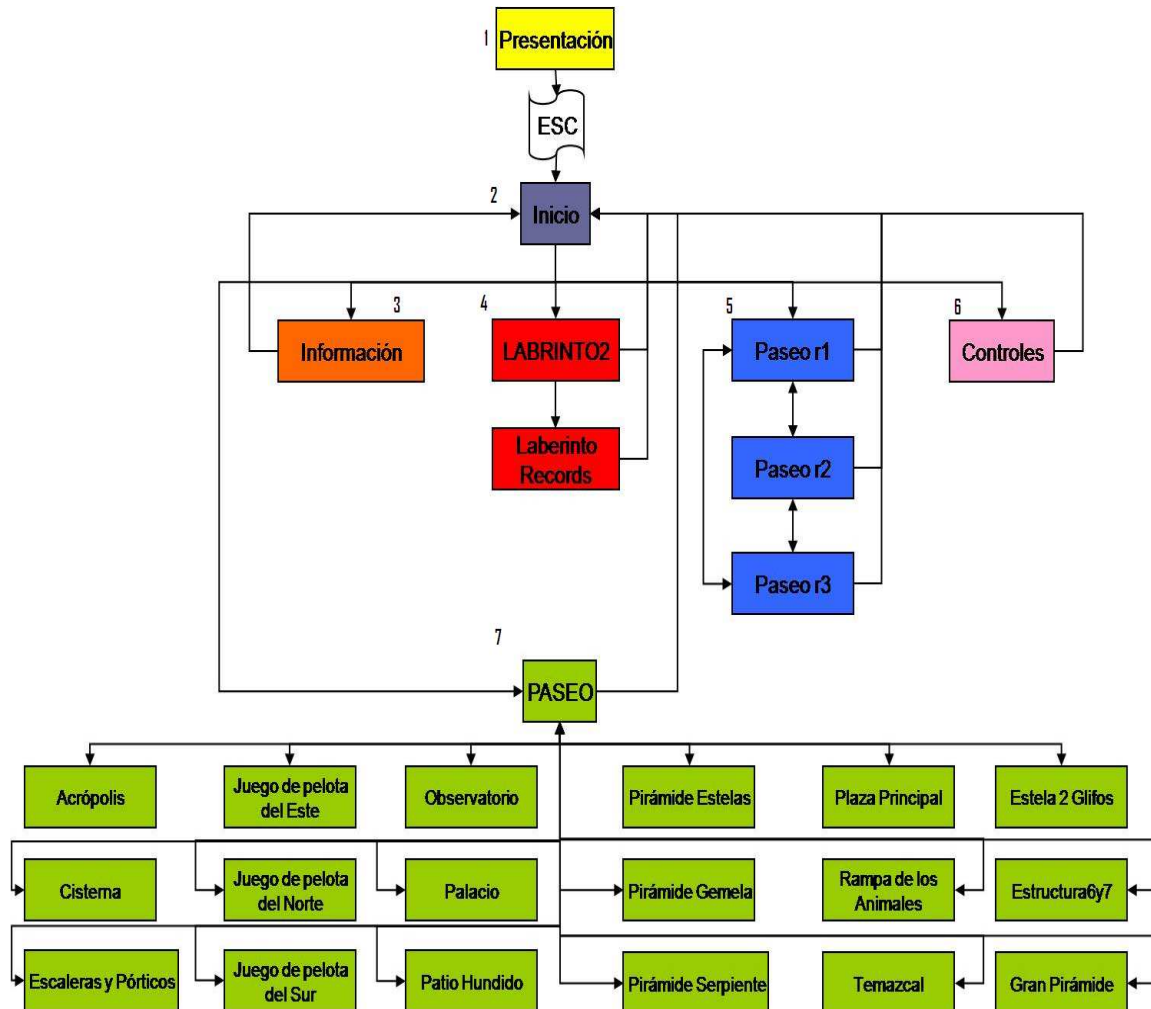
Para que nuestro PV fuera más rico en contenido y entretenimiento se concluyó que debería tener lo siguiente:

- **Inicio**
- **Información Xochicalco**
- **Juego**
- **Vista rápida**
- **Controles**
- **Créditos**



Fig. V.2 pantalla principal del PV por Xochicalco

## DIGRAMA DE FLUJO DE ESCENAS



En el diagrama anterior se tiene la distribución completa de todas las escenas utilizadas dentro de la tesis, cada color indica a que parte del proyecto, la explicación es la siguiente:

1. Amarillo: Se refiere al video introductorio cuando se inicia la aplicación.
2. Azul Marino: Es la pantalla de inicio donde se encuentran los diferentes botones.

3. Naranja: Este color indica la escena donde se presenta la información meramente escrita.
4. Rojo: Indica las escenas correspondientes al juego.
5. Azul: Éstas tres escenas corresponden a la visita rápida
6. Rosa: En esta escena se muestra el funcionamiento de de los controles utilizados en el paseo virtual.
7. Verde : Este conjunto de escenas comprenden la parte central del paseo, la escena paseo es donde se puede recorrer la zona y el resto es donde se presenta la información de cada una de las pirámides

### V.3.3.1 INICIO.

Es el botón que iniciará el recorrido por la Zona arqueológica de Xochicalco, podremos adéntranos a ésta ciudad gracias a nuestra guía la arqueóloga Nelly que nos llevará a conocer toda esta zona maravillosa, podremos correr , caminar y tener una vista en primera persona, para aumentar el realismo en el recorrido.

Se tiene aspectos fundamentales para la interactividad del paseo y la difusión de nuestra cultura.

La interactividad aplicada en nuestro PV facilita la navegación por toda la zona arqueológica, como por ejemplo subir a las pirámides, recorrer partes de la zona a las que no se tiene acceso en la zona arqueológica de Xochicalco, como es la Rampa de los Animales, entrar al Temazcal, subir por la Gran Pirámide, etc,. Cada vez que nos acerquemos a una zona de importancia o a una pirámide, aparecerá un botón de información en la parte inferior izquierda de la pantalla, se diseñó así para no interrumpir constantemente el recorrido y dar al usuario la opción de ver la información cuando desee, en cambio si fuera automático la aparición constante de la información sería molesto para nuestros usuarios.

La narración y el texto de la información se pusieron juntos ya que nuestros usuarios pueden tener alguna discapacidad auditiva y así no importando la



narración ellos podrán leer los datos y tener, al igual que todos, un entendimiento de la zona en su totalidad.

Esta parte es esencial para nuestra tesis, así que se puso énfasis en el modelado y la texturización de la zona para darle más realismo, la zona consta también de sombra en aquellos edificios que lo requirieron, tomando en cuenta la posición de la luz usada como nuestro sol para proyectar sombras, se modificaron estas sombras para que solo la parte que no recibiera luz se mostrará un poco más oscura que las demás, Nelly también cuenta con sombra propia. Ya que se tienen sombras en los edificios y en Nelly.

Ya teniendo las sombras, se agregó un efecto de sol para dar un mayor realismo al recorrido, este efecto consta de un resplandor que es proyectado en la cámara en turno.

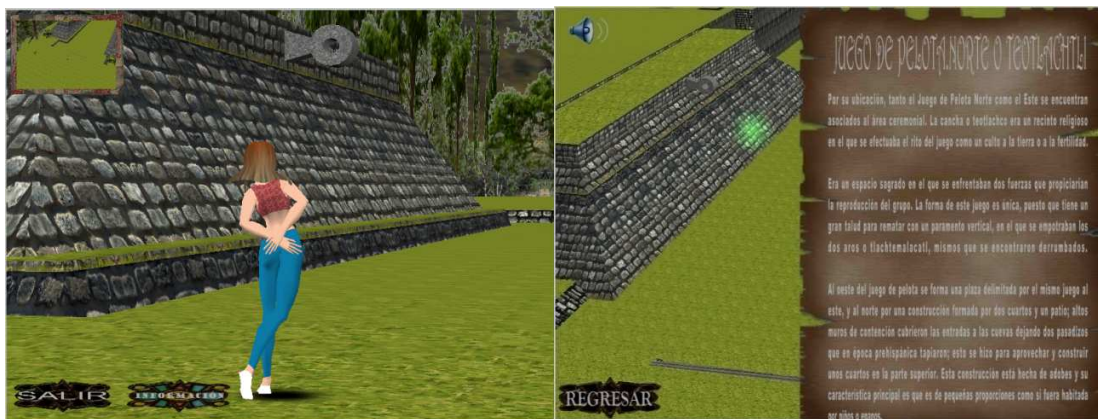


Fig. V.3 PV por xochicalco

### V3.3.2 INFORMACIÓN XOCHICALCO.

La información es muy importante para nuestro objetivo de tesis, ya que pretendemos difundir parte de nuestra cultura, y por esta razón se enfatizó en la elaboración y selección de los datos para dar al usuario más información acerca de Xochicalco.

En esta opción tendremos toda la información de una manera más profunda de cada una de las pirámides y sitios de importancia en la zona. Se realizó un índice de cada uno de los sitios de importantes de la zona, el cual se activa con el botón

de índice, este se despliega de la parte izquierda de la pantalla, saliendo y mostrando los nombres de las pirámides y lugares de interés de Xochicalco.

Al seleccionar uno de ellos, el índice automáticamente se retraerá hacia la izquierda ocultándose, y se mostrará en la pantalla la información seleccionada por medio de textos en imágenes, y para activar este índice nuevamente solo es necesario hacer clic en el botón que dice “INDICE”. Si no se quiere utilizar el índice sólo basta con presionar el botón de “SIGUIENTE” para avanzar en el despliegue de los datos de la zona de Xochicalco.

Se tiene un botón de “SALIR” el cual nos llevara a menú principal de nuestro PV.

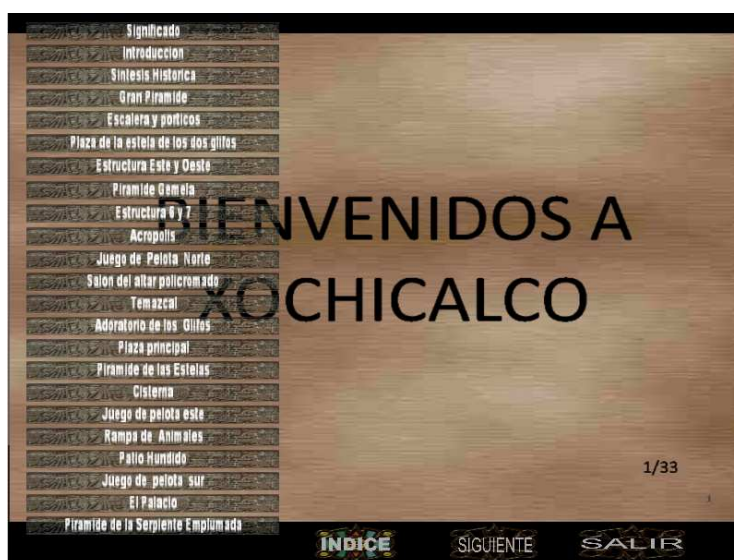


Fig. V.4 pantalla de informacion de Xochicalco

### V.3.3.3 JUEGO.

Para hacer más interesante el programa en su totalidad se tomó la decisión de realizar un juego, el cual fuera de interés para nuestros usuarios, concluimos que el juego sería un laberinto. Para agregarle algún reto, se incluyó un cronómetro el cual al momento de acabar dicho laberinto se detendrá y pedirá un nombre para registrar el tiempo realizado, este sistema de records sólo grabará los mejores seis.

Se tiene cuatro laberintos diferentes los cuales cambian aleatoriamente, además se nota una diferencia entre día y noche, también se tienen antorchas que tienen uno de tres estados, apagadas, encendidas u ocultas, esto varía de acuerdo al laberinto

La navegación es en primera persona, se maneja con las flechas del cursor. También tenemos un mapa para saber nuestra ubicación y tener la noción hacia dónde vamos y no perdernos tan fácilmente y poder hacer menos tiempo.



Fig. V.5 juego laberinto

#### V.3.3.4 VISTA RÁPIDA.

La vista rápida es un recorrido resumido de toda la zona, fue pensado para los usuarios que no tienen mucho tiempo para hacer un recorrido normal, por toda la zona, para aquellos que realizaron la visita.

Se dividió en tres partes, debido a sus grandes dimensiones. Cada uno de estos, está narrado por nuestra arqueóloga Nelly quien explicará y mencionará las partes más importantes de cada una de estas secciones.

Otra de las razones por las que se realizó esta vista rápida, es la comodidad de ver toda la zona explicada y narrada, sin tener que mover el ratón o teclear algo, lo único que debemos hacer es ver y admirar toda la ciudad-fortaleza, y dejarse llevar por su belleza y admirar sus construcciones. En pocas palabras la única interacción que tiene el usuario es la selección del nivel que se quiere recorrer.

No se realizó algún tipo de información escrita ya que si se desea profundizar en cada una de las pirámides y estructuras, está el paseo por toda la zona con ayuda de Nelly o esta la parte de información de Xochicalco, la cual es mas explicita sobre todas las pirámides de nuestra ciudad fortaleza.



Fig. V.6 vista rapida por Xochicalco

### V.3.3.5 CONTROLES.

En esta parte de nuestro PV se mencionará cuales son las teclas para hacer los distintos movimientos de Nelly, también se señalan todos los componentes que hay en las distintas etapas o faces de nuestro PV, explicando los botones de salir, información, regresar, los botones de la vista rápida, los botones del menú, así como las características de la pantalla en el PV y en el laberinto.

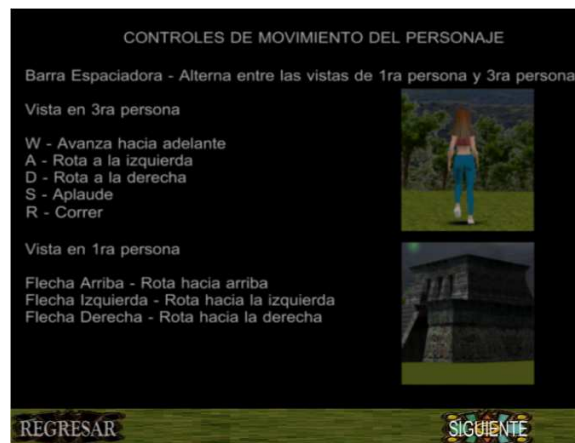


Fig. V.7 explicación controles del PV

## **VI DESARROLLO.**

### **VI.1 MODELADO DEL PV.**

Para poder hacer la navegación y empezar a interactuar con el entorno se tuvieron que modelar todos los objetos de la zona, como pirámides, basamentos, árboles etc., así como la texturización de toda la zona. También se modeló a Nelly, así como todas sus animaciones, correr, caminar, dar vuelta y esperar.

Gracias a 3D Max 5 se pudieron realizar estos modelos para exportarlos a nuestra herramienta de navegación e interacción VIRTOOLS.

A continuación veremos cómo es que se realizaron estos modelos y la texturización de toda la zona arqueológica de Xochicalco y también de nuestra guía Nelly.

#### **VI.1.1 PIRÁMIDES.**

Para realizar el modelado de las pirámides fueron necesarias algunas referencias, se necesitaron fotos frontales y laterales para obtener de esta forma su representación tridimensional. A partir de una caja que es transformada en polígonos editables, podemos modificarla hasta obtener la pirámide que estamos realizando.

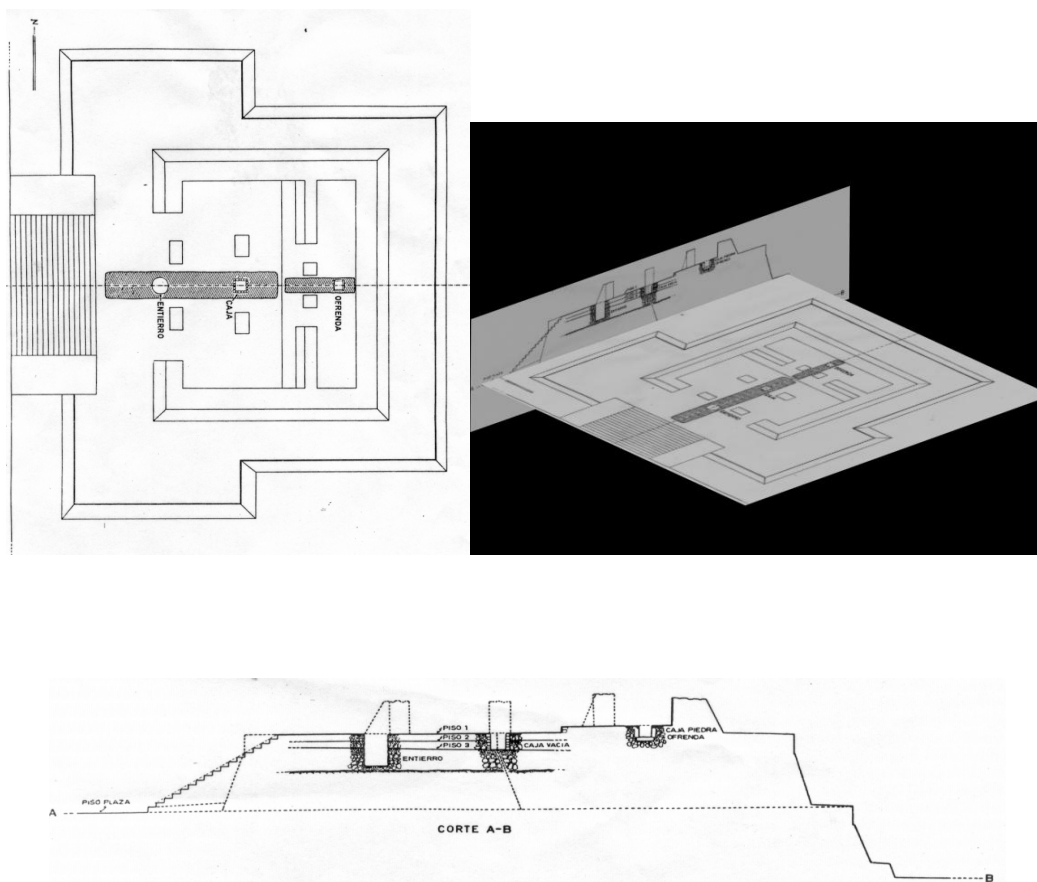


Fig. VI.1 imagen frontal y lateral de la pirámide

Como podemos ver en la Fig. VI.1, los planos son colocados perpendicularmente para tener referencia de cómo está el objeto que se quiere modelar. También nos sirve para ver la profundidad y con esto poder hacer la pirámide que queremos sabiendo que nuestro modelo se asemeja a la real.

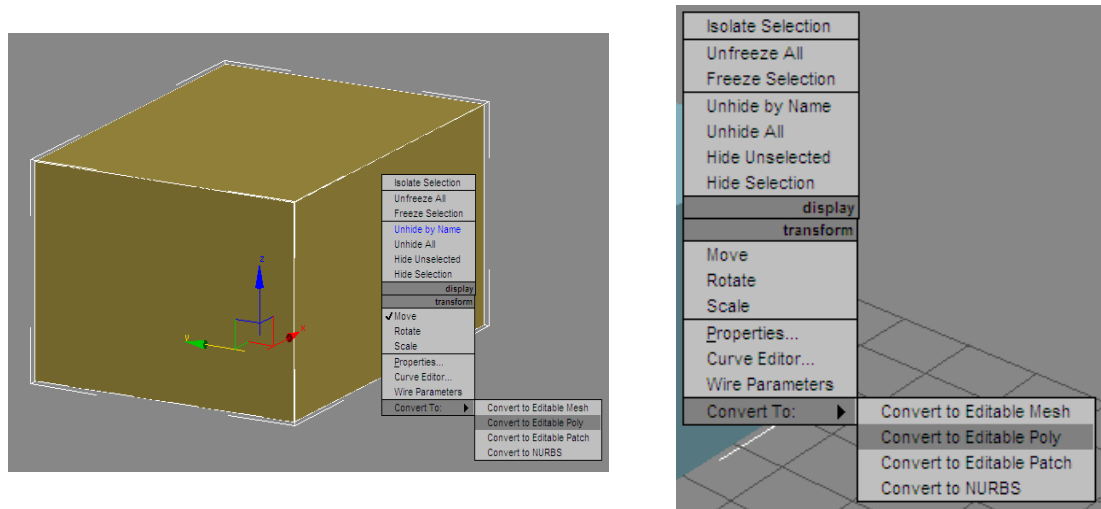


Fig. VI.2 creación de polígonos editables

Para transformar una figura geométrica en un polígono editable se utilizan los siguientes comandos:

- Dar clic derecho en la forma geométrica
- Dar clic izquierdo en “convert to:”
- Dar clic izquierdo en “convert to editable poly”

En la Fig. VI.3 podemos ver cómo queda la base de la pirámide, teniendo nuestro polígono editable e imágenes de la parte frontal y lateral de la pirámide, iniciaremos con la construcción de la misma.

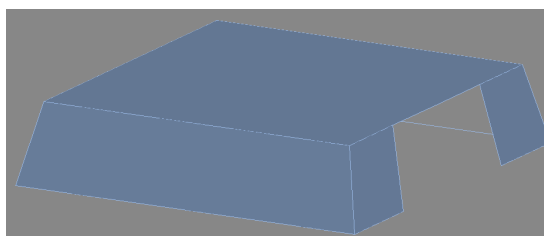


Fig. VI.3 base de pirámide



La mayoría de las pirámides tienen escaleras que son hechas a partir de cajas, se eliminan las caras que no sean necesarias, ya que sólo se necesitan las caras que formen a los escalones.

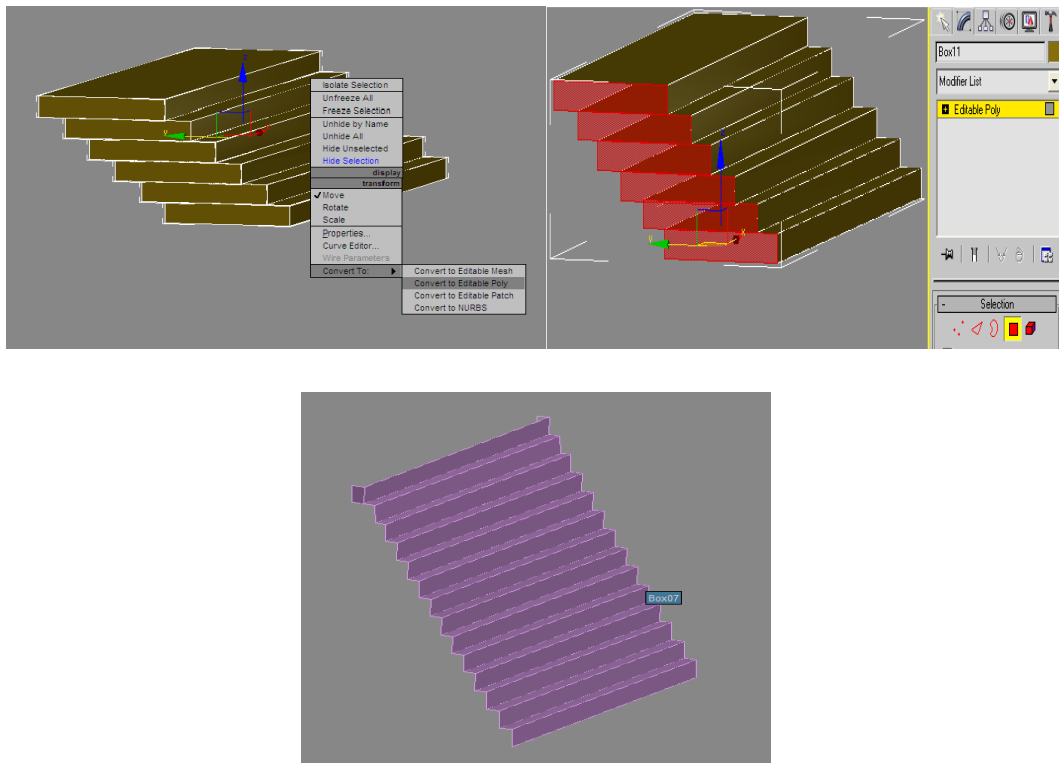


Fig. VI.4 creación de escaleras

Teniendo la base y las escaleras de nuestra pirámide se toma en cuenta que no se deben traslapar ya que al momento de renderizar los objetos se ve un efecto de “parpadeo” (la máquina de render no sabe que polígono renderizar) cuando se navegue en la zona.

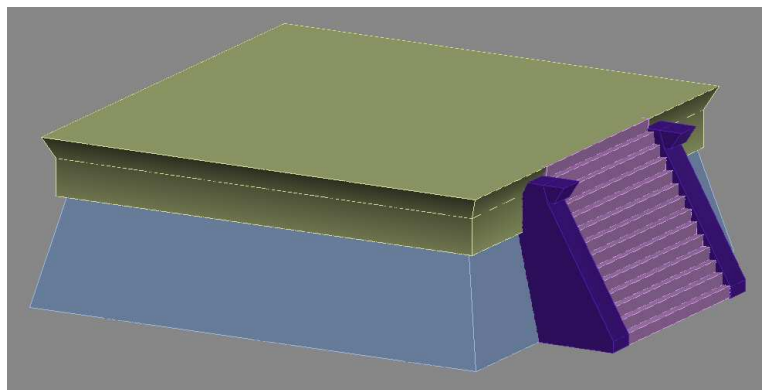


Fig. VI.5 base completa de la pirámide

Ya teniendo la base y la escalera se podrá seguir con el modelado de la siguiente etapa de la pirámide. Debemos tomar en cuenta al momento de exportar nuestras pirámides que es lo que se debe renderizar y que es lo que vamos a ver, no tiene ningún sentido poner polígonos que no se vayan a ver, por esta razón todas nuestras pirámides estarán hechas como si fuera un cascarón, ya que no es necesario dejarles los polígonos que están en la parte de abajo de todos los objetos como se puede ver en la Fig. VI.6.

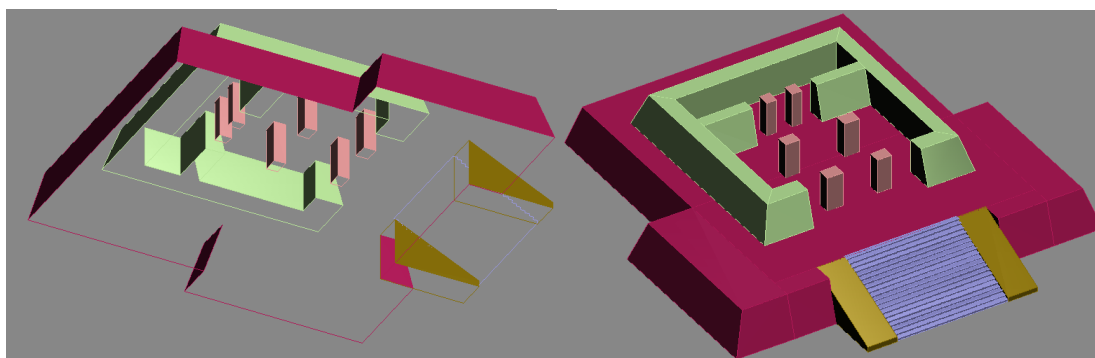


Fig. VI.6 eliminación de caras inferiores

Con esto aseguramos que no se estén procesando polígonos innecesariamente y hacer nuestro recorrido más fluido y más eficiente. Esta zona está construida en un cerro, por lo que fue necesario modelarlo para lograr una mayor semejanza con

la zona arqueológica original. Esto fue un inconveniente ya que no se sabía cómo diseñarlo para que quedara de acuerdo a la zona arqueológica.

Se tuvo que hacer la reproducción del cerro a través de plataformas, las cuales son solo cajas apiladas asemejando a un cerro y eliminando polígonos no necesarios.

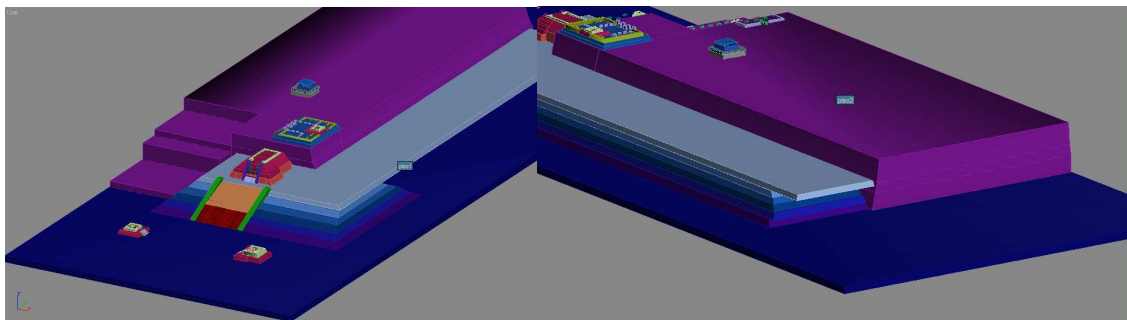


Fig. VI.7 creación de cerro a través de plataformas

## VI.2 CREACIÓN DEL PERSONAJE.

Antes que nada se deben tener realizados los blueprints o plantillas; para el modelo se usan dos plantillas, una debe ser una vista frontal y otra lateral como se muestra en la Fig. VI.8.

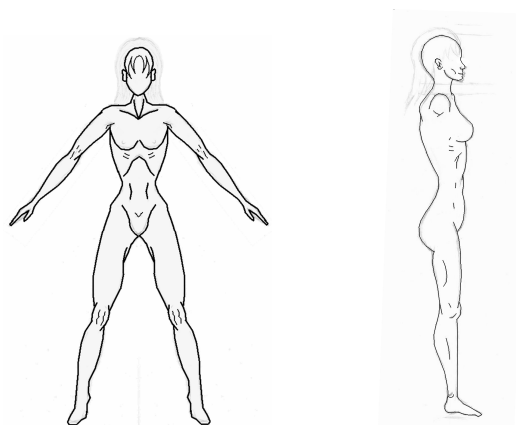


Fig. VI.8 planillas frontal y lateral del personaje

Por comodidad las plantillas deben ser sin ropa ya que así al añadirle las prendas se tendrá un volumen más realista en todo el cuerpo.

Las plantillas al pasarlas al programa de 3d Max, deben ser texturas de dos planos que se encuentren perpendiculares entre ellos para que a partir de las plantillas se empiece a construir la figura del personaje.

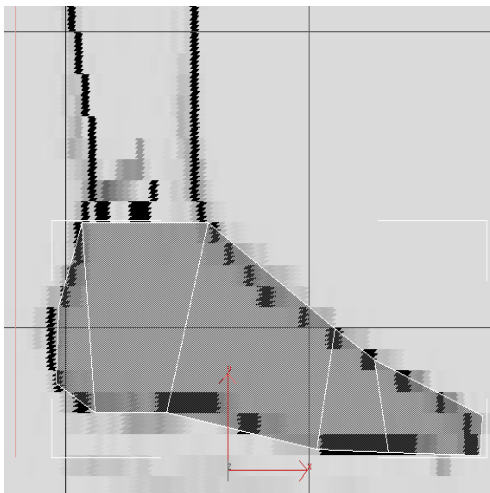
Ya con las plantillas en el ambiente de 3d Max podemos empezar a modelar al personaje, a partir de primitivas 3d simples, para nuestro caso usaremos cajas.

El método usado aquí para el modelado, es el LPM (modelado con pocos polígonos) esto es porque será más eficiente la manipulación del personaje al momento de animarlo en Virtools, es decir, al tener menos polígonos la compilación de cada movimiento será más rápida y por lo tanto más realista.

Al modelar el personaje lo que estamos haciendo es deformar la primitiva básica para que asuma la estructura que deseamos, en base a esto se realizará todo el cuerpo del personaje.

Trabajaremos en las vistas frontal y lateral del programa ya que en estas vistas se encuentran los planos con las plantillas del personaje.

Empezaremos a modelar por los pies, ya que nos será más fácil la construcción del personaje.



A partir de la vista lateral empezamos a deformar las cajas hasta que asuma la forma del pie.

La deformación de la caja es a partir de sus vértices y la creación de nuevos vértices y de aristas para tener una mejor manipulación de la caja.

Como podemos ver en la figura Fig. VI.9, la caja empieza a asumir la forma del pie, tomando en cuenta siempre que debe ser con el menor número posible de polígonos.

Fig. VI.9 creación del pie

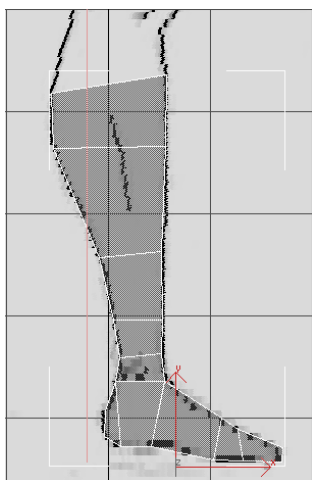


Fig. VI.I0 creación de la pierna

A partir del pie podemos realizar la pierna, extruyendo la parte superior del mismo y ajustando vértices. Podemos extruirlo por partes, así tendremos una forma más semejante a la plantilla del personaje.

No debemos olvidar que todo esto se está realizando en una vista lateral, nunca se está alternando con otras vistas, esto es para hacer más práctico el modelado y no perder de vista el objetivo que se desea, que es asemejar nuestro modelo al personaje.

Hay que tomar en cuenta que en algunas partes del cuerpo se van a tener flexiones como en rodillas, pliegue entre pierna y abdomen, codos, etc.; por lo que hay que dejar más polígonos en estas partes del cuerpo, es decir, más aristas y vértices, ya que se tendrá una mejor manipulación del personaje y no se deformará al animarlo.

Ya que hayamos terminado el modelado de la pierna en la vista lateral podemos pasar a la vista frontal y continuar el modelado hasta terminar con una forma muy parecida a nuestra plantilla; esto se usará para cualquier parte del cuerpo.

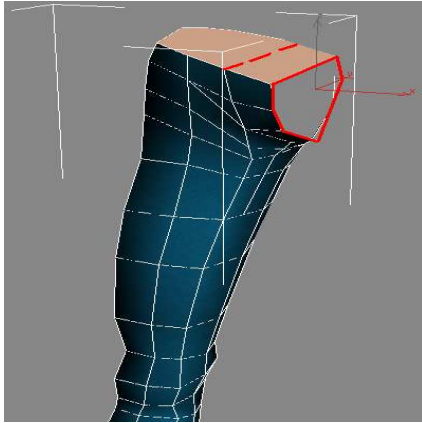
Ya que se tiene la mitad del cuerpo, podemos hacer una copia simétrica para la otra mitad.



Fig. VI.I1 simetría

Ya que se tiene la copia de la pierna, ahora hay que unir las para que a partir de estas se pueda realizar el abdomen y lo demás.

En esta parte hay que tomar en cuenta varios puntos importantes:



No debemos dejar caras internas en nuestro modelado ya que la manipulación posterior será complicada y no será efectiva.

Como podemos observar en la Fig. VI.12 se ha borrado la cara interna de la pelvis, la cual se unirá a su semejante de la otra pierna. Al decir que se unirá es que se colapsarán los vértices de cada lado, es decir, dos vértices se harán uno mismo, con lo cual se tendrá una sola geometría y no dos diferentes.

Fig. VI.12 cara eliminada de pelvis

El triángulo a la izquierda sobre el pliegue de la ingle se debe evitar pues nos daría una mala subdivisión de la zona. Insertando dos vértices y volviendo invisible una arista y visible otra, el problema está resuelto.

Siguiendo estos pasos podemos continuar realizando el modelado del cuerpo hasta tener un modelo parecido al de la Fig. VI.13.

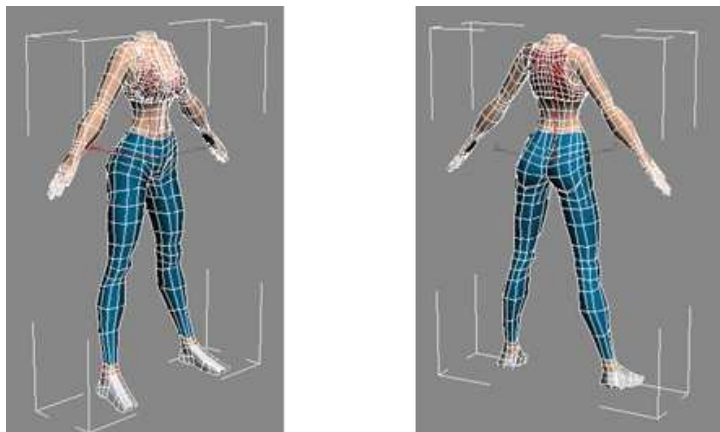


Fig. VI.13 modelado de cuerpo terminado

Las manos pueden realizarse por separado de igual manera y después se pueden añadir al cuerpo.

## VI.3 ANIMACIÓN

“Dependiendo de cómo se diseña nuestro personaje, tenemos una sola malla que se deformará por un sistema esquelético. Necesitamos encontrar una manera de conectar la malla y el esqueleto del personaje. Si se quiere que la mano se mueva con el brazo y las piernas al movimiento con las caderas, podemos pegar a nuestro personaje un esqueleto y usar una jerarquía de movimientos. Una jerarquía es simplemente una manera de decir a la computadora cómo las partes de nuestro personaje se ligan. Por ejemplo, la jerarquía dice a la computadora que el hueso del pie está conectado con el hueso de la pantorrilla, el hueso de la pantorrilla conectado con el hueso del muslo y así sucesivamente.”<sup>28</sup>

“Técnicamente, la jerarquía es como un árbol, con cada conexión formando una rama. Puede también ser pensado como los directorios jerarquizados y las carpetas que se encuentran en la computadora. El pie es una subcarpeta de la pantorrilla, y la pantorrilla una subcarpeta del muslo, etc.

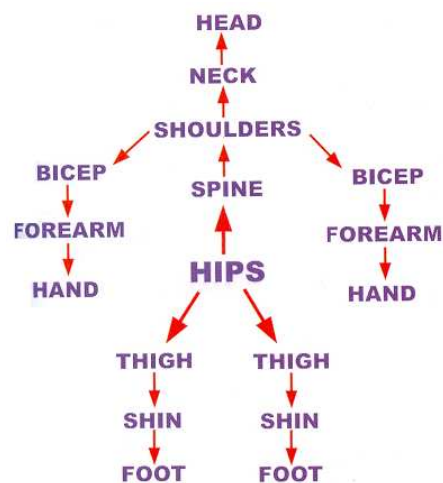


Fig. VI.14 Jerarquía básica del esqueleto<sup>49</sup>

<sup>48</sup> GEORGE MAESTRI, CHARACTER ANIMATION 2 VOL 1 ,New Rides, EU 1999 pp 118

<sup>49</sup> GEORGE MAESTRI, CHARACTER ANIMATION 2 VOL 1 ,New Rides, EU 1999

### VI.3.1 MANIPULACIÓN DE JERARQUÍAS

Cuando se manipula una jerarquía, moviendo a los padres se mueven a los hijos, esto también se conoce como *cinemática directa*. En un ambiente de cinemática inversa sucede lo contrario, moviendo a los hijos se mueven los padres. En un ambiente de cinemática directa, si se mueve una ramita (hijo), por ejemplo, moveremos la rama (padre) o el tronco. Pero, si se mueve el tronco, incluyendo ramas y ramitas, se moverán. Justo como un árbol, una jerarquía debe tener un padre, y que sólo este controle el resto de las ramas. Esto anterior es igualmente aplicado para el cuerpo de nuestro personaje. En un esqueleto humano, el tronco es casi siempre las caderas o la pelvis. La pelvis está cerca del centro de gravedad del cuerpo humano, que lo hace un buen candidato para ser padre de los demás huesos.

Existen ocasiones en las que necesitamos crear una jerarquía quebrada. Esto realmente mantiene algunas de las articulaciones separadas para ayudar en la animación.

Un personaje con un vestido, por ejemplo, puede tener las piernas como objetos separados, a esto se le llama jerarquía separada.<sup>50</sup>

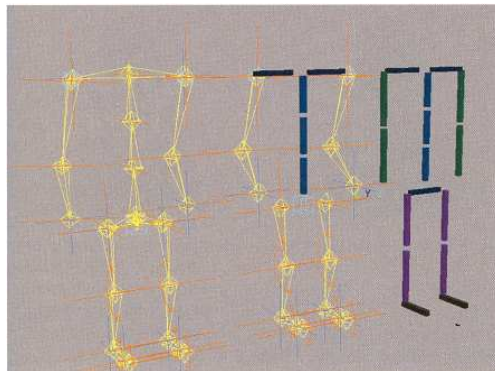


Fig. VI.15 Representación del esqueleto en 3D<sup>51</sup>

<sup>50</sup> GEORGE MAESTRI, CHARACTER ANIMATION 2 VOL 1 ,New Rides, EU 1999 pp 120-123



## VI.3.2 PIVOTES Y ROTACIÓN

“Al colocar un esqueleto a un personaje dividido en segmentos, necesitamos decir a nuestro software cómo rotan las articulaciones del cuerpo de nuestro personaje. La pantorrilla, por ejemplo, rota sobre la rodilla. Cuando creamos un objeto, tal como un modelo de una pantorrilla, la computadora no tiene ninguna manera de saber que es dicho objeto, y tampoco sabe si rota sobre la rodilla, sólo es cuestión de asignar un punto pivote a un punto arbitrario, que sea el centro físico del objeto.

## VI.3.3 ESQUELETOS Y JERARQUÍAS

Una malla de cualquier personaje no tiene segmentos, así que sus articulaciones deben ser deformadas. En esta situación, el esqueleto se utilizará más a menudo para deformar la malla. El esqueleto se construye de huesos y articulaciones que son generalmente de forma tetraédricos y no se renderizan.

El esqueleto cabrá dentro de la malla y será semejante a los huesos verdaderos, y entonces el esqueleto estará conectado a una jerarquía como en los ejemplos anteriores. Los huesos son sólo objetos que nos ayudan para el comportamiento. Actúan simplemente como guía para la deformación de las articulaciones.

Muchas aplicaciones también permiten a los esqueletos ser hechos de objetos regulares. Estos objetos pueden ser cualquier tipo de geometría, pero la mayoría de la gente utiliza simplemente las cajas porque son fáciles de modelar. Como con los huesos, las cajas actúan como guías para el plug-in de la deformación de

---

<sup>51</sup> GEORGE MAESTRI, CHARACTER ANIMATION 2 VOL 1 ,New Rides, EU 1999

las articulaciones. Ya que los objetos regulares son visibles al render, estos deben ser ocultados antes de que se renderice el personaje.”<sup>52</sup>

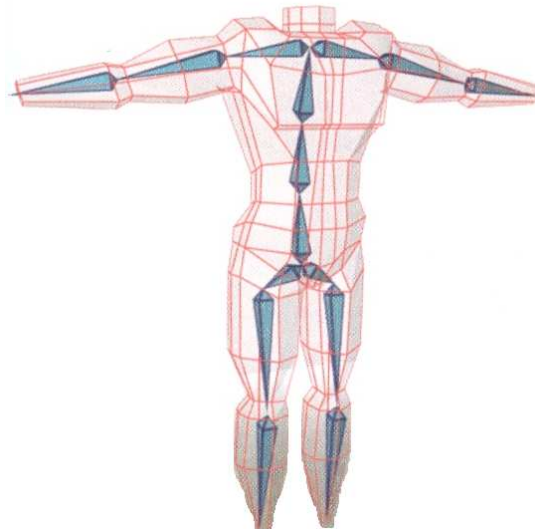


Fig. VI.16 Personaje con esqueleto<sup>53</sup>

### VI.3.4 MANIPULACIÓN DE JERARQUÍAS

“Cuando un personaje o un esqueleto están conectados a una jerarquía, las articulaciones pueden ser manipuladas. Hay dos estrategias para hacer esto: cinemática directa y cinemática inversa. Cada uno tiene sus propias desventajas y ventajas. Se construyen muchos objetos para manipularlos usando la cinemática directa y otras piezas usando la cinemática inversa.

<sup>52</sup> GEORGE MAESTRI, CHARACTER ANIMATION 2 VOL 1 ,New Rides, EU 1999 pp 124-125

<sup>53</sup> GEORGE MAESTRI, CHARACTER ANIMATION 2 VOL 1 ,New Rides, EU 1999

### VI.3.4.1 CINEMÁTICA DIRECTA

La cinemática directa (FK) manipula al personaje. Si se mueve la pelvis, el cuerpo entero se mueve; si se rota el codo, solo la mano se mueve. Cuando se utiliza la cinemática directa, puede realizarse esto, a excepción de la pelvis, rotando las articulaciones de nuestro personaje es la única manera de mover las partes del cuerpo. Si se desea poner la manos del personaje juntas, por ejemplo, primero rota el hombro, después el codo, luego la muñeca y por ultimo los dedos, trabajando de manera que la jerarquía sea de arriba hacia abajo. Cada rotación mueve la mano más cerca a la otra mano. No puede tomar simplemente la mano y ponerla frente a la otra mano, porque el brazo no la seguirá.

### VI.3.4.2 CINEMÁTICA INVERSA

La cinemática inversa (IK) es simplemente otra manera de manipular un personaje. Si la disposición es correcta, esta puede ser el sueño del animador. Es el contrario exacto de la cinemática directa, porque el movimiento de los hijos rota a los padres. La cinemática inversa es simple utilizar por ejemplo la mano del personaje cuando aplaude, y el resto del brazo sigue automáticamente cuando la mueve. Esta acción simple es más compleja de lo que se piensa, sin embargo, el software debe solucionar las rotaciones para todas las articulaciones de modo que parezca natural. Afortunadamente, la mayoría de las aplicaciones avanzadas tienen características para asistir a IK, tal como una función que simplifica el movimiento mientras que la articulación se acerca al límite.”<sup>54</sup>

---

<sup>54</sup> GEORGE MAESTRI, CHARACTER ANIMATION 2 VOL 1 ,New Rides, EU 1999 pp 124-125

## VI.4 TEXTURIZACIÓN.

### VI.4.1 TIPOS DE MAPEO

Una vez que ya se ha modelado todo lo necesario como pirámides, escaleras, árboles, personaje, etc., es necesario aplicarles texturas para crear un mayor realismo, es decir, para una pirámide hay que aplicar una textura de piedra en los muros.

Para conseguir esto es necesario hacer una proyección de las texturas 2D sobre un material que a su vez será asignado a un objeto 3D.

Un material es la apariencia característica que tendrá un objeto como puede ser vidrio, cromo, madera o cualquier otra cosa.

Cuando es aplicado un material con texturas a un objeto debemos especificar para éste unas coordenadas de mapeo mediante los ejes coordenados UVW locales del objeto. Las coordenadas de mapeo especifican como se va a proyectar el mapa sobre un material, como si fuese una calcomanía, si existirá repetición o de forma simétrica. Debido al nombre de estos ejes locales, las coordenadas de mapeo también se conocen como UV o UVW.

La definición de mapeo es el procedimiento matemático necesario para la proyección de las texturas sobre objetos 3d.

Existente diferentes tipos de formas de mapeo tales como plano, cubico, cilíndrico y esférico, los cuales se explican a continuación:

- Mapeo plano:

Se transforma la textura en un plano. Para alinear la textura sobre el plano se requieren rotaciones, traslaciones y escalamientos.

El mapeo plano es adecuado para superficies con caras planas, como pueden ser los objetos cúbicos o planos.

- Mapeo cúbico:

Es una variante del mapeo plano, ya que continúa proyectando la imagen de forma plana, pero aplicando la textura desde los tres ejes coordenados.

- Mapeo cilíndrico:

Es el más conveniente para objetos cilíndricos como tubos, troncos, etc. No se producen distorsiones porque simplemente envuelve al objeto siguiendo uno de sus ejes.

- Mapeo esférico:

La textura se contrae en los polos de la imagen y se expande por el centro, por lo que las imágenes se distorsionan para adaptarse a la forma esférica.

Es el ideal para objetos esféricos de superficie lisa, como balones, globos, etc.

Para el texturizado de las pirámides, en su mayoría se utilizó un mapeo de tipo cúbico, para el fondo del paisaje se uso un mapeo combinado de mapeo cilíndrico y esférico, para el piso, escaleras y rampas se uso un mapeo plano

## VI.4.2 TEXTURIZACIÓN CON UVW MAPPING Y MESH SELECT.

El modificador UVW Mapping es una herramienta dentro de 3d max que nos ayuda a realizar uno de los mapeados ya antes mencionados, este modificador fue utilizado para texturizar la mayoría de nuestros objetos 3d.

Dentro de este modificador podemos variar la forma del mapeo (ya sea cúbico, cilíndrico, plano o esférico), las transformaciones geométricas de la forma del

mapeo (ya sea rotación, translación o escalamiento), así como la repetición o tiling de la imagen.

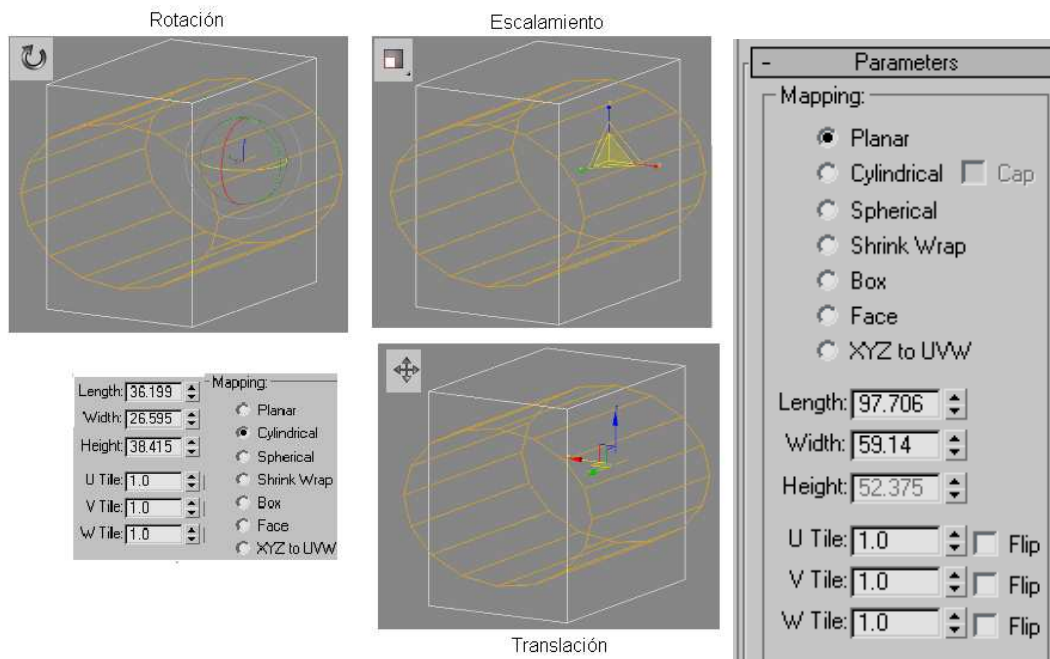


Fig. VI.17 formas de uvw map

Si el objeto a mapear se le quiere texturizar con varias imágenes es necesario seleccionar la malla a la cual se le asigna un ID (un número) para poder definir a que conjuntos de polígonos les corresponde dicha textura, para lograr esto se aplica el modificador “Mesh select”; cada vez que se quiera aplicar una textura diferente en la pila de modificaciones tiene que ir primero un “Mesh select”, y después el modificador de mapeo que se requiera.

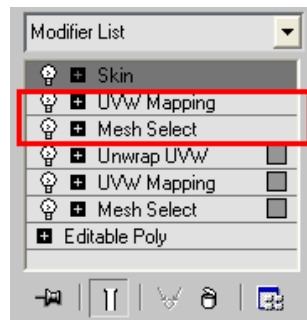


Fig. VI.18 texturización con uvw mapping y mesh select.

## VI.5 LUCES.

### VI.5.1 LUCES EN EL PASEO VIRTUAL.

Al momento de pasar la ciudad al virtools no se contaba con ninguna luz, y se pensó que la mejor forma de iluminar la ciudad era iluminándola con luces direccionales ya que se tendría una iluminación uniforme de todos los objetos sin importar el lugar donde se encuentren posicionadas.

La distribución de las luces es la siguiente:

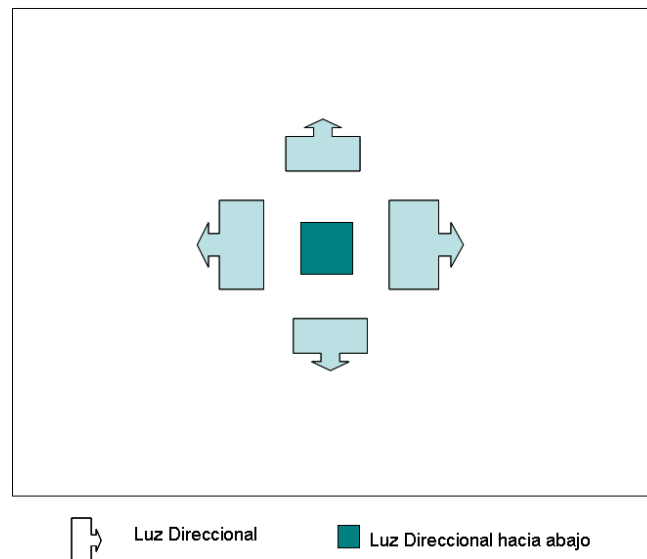


Fig. VI.19 posición de luces.

Dentro de la escena de paseo se usan 5 luces de tipo direccional y una más la cual nos da el efecto del sol con el reflejo que se presenta en la cámara, es decir los aros de luz que se notan al orientar la cámara hacia esta luz.

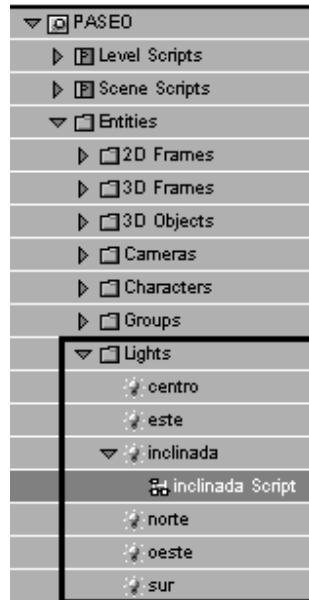


Fig. VI.20 luces del PV.

A las luces direccionales, las cuales son: centro, este, norte, oeste y sur, se les indica la posición y la orientación en la cual nos dará la luz en la escena tal como se muestra en la Fig VI.21.

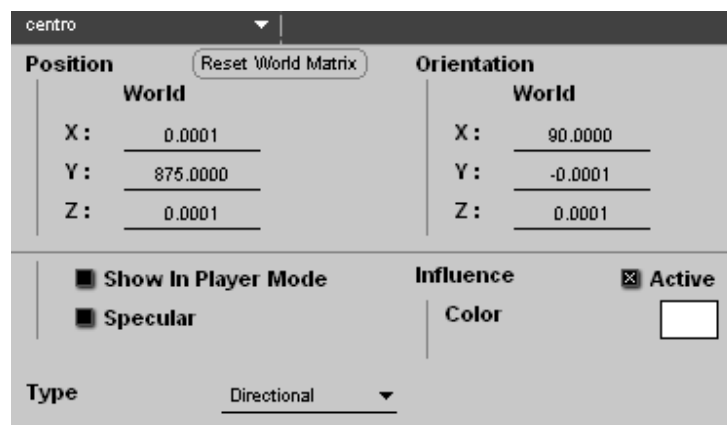


Fig. VI.21 atributo de foco(sol).



Una vez iluminada toda la ciudad, se tomó la decisión de poner una luz inclinada a 135° la cual simularía el sol.

La luz llamada “inclinada” es la del efecto del sol y se le crea un script el cual es el siguiente:

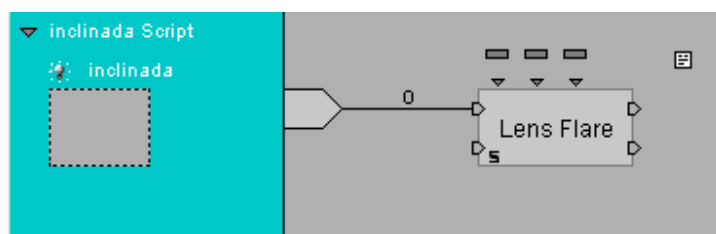


Fig. VI.22 script de efecto de sol

A una luz se le asigno un script llamado “inclinada script”, y dentro de este se encuentra un BB<sup>55</sup> llamado lens flare al que se le asigna un arreglo y una textura en la que llevará los diferentes aros que se reflejarán en la cámara.

Este es el arreglo en el que se personaliza cada uno de los aros que se reflejan en la cámara para dar el efecto de sol.

	0 : texture uv	1 : posicion	2 : color	3 : tamaño	4 : velocidad angular	5 : fade in	6 : fade out	7 : visible angle
0	(0,128),(128,256)	1.1000	210,148,124,80	1,1	1.0000	0	100	0:0
1	(128,128),(256,256)	0.5000	224,221,19,80	0.5,0.5	2.0000	700	400	0:0
2	(64,0),(128,64)	0.1000	50,200,50,155	0.1,0.1	3.0000	0	100	0:0
3	(64,0),(128,64)	-0.1300	200,50,50,155	0.1,0.1	4.0000	0	100	0:0
4	(64,0),(128,64)	-0.2500	255,255,100,255	0.1,0.1	5.0000	0	100	0:20
5	(128,128),(256,256)	-0.2500	50,155,50,80	0.4,0.4	0.0000	0	100	0:20
6	(64,0),(128,64)	-0.2500	255,255,100,255	0.1,0.1	0.0000	0	100	0:20
7	(64,0),(128,64)	-0.3000	155,155,0,80	0.3,0.3	0.0000	0	100	0:20
8	(0,128),(128,256)	-0.4500	120,50,120,80	0.5,0.5	0.0000	0	100	0:20
9	(64,0),(128,64)	-0.5200	255,200,255,255	0.1,0.1	0.0000	0	100	0:20
10	(64,0),(128,64)	-0.6000	0,0,150,80	0.6,0.6	0.0000	0	100	0:20
11	(0,128),(128,256)	-0.7000	100,50,30,100	0.25,0.25	0.0000	0	100	0:20
12	(0,128),(128,256)	-0.7500	50,100,80,80	0.22,0.22	0.0000	0	100	0:20
13	(128,0),(256,128)	1.0000	254,251,0,0	3,0.1	0.0000	0	100	0:20
14	(128,0),(256,128)	1.0000	245,255,0,128	1,1	1.0000	500	800	0:20
15	(128,128),(256,256)	0.0500	247,151,1,0	0.2,0.2	2.0000	700	400	0:10
16	(0,0),(64,64)	0.3300	255,0,0,128	0.5,0.5	2.0000	700	400	0:25

<sup>55</sup> BEHAVIOR BUILDING BLOCK (BB): es un bloque que realiza alguna función para solucionar alguna tarea.

Fig. VI.23 arreglo para hacer el efecto de sol

La segunda columna nos da la forma de cada aro, la tercera columna nos da la posición de cada aro, la cuarta columna el color de los mismos, la quinta columna el tamaño que tendrán, la sexta columna indica la velocidad angular, la séptima y octava columnas nos indican el tiempo de entrada y salida de los aros de luz en el campo de visión de la cámara, y la novena columna es el ángulo visible, es decir, dependiendo del ángulo en el que esté la cámara es el número de aros que se observaran.

## VI.5.2 LUCES EN LABERINTO.

Basándose en la forma de iluminación del paseo se aplicó una similar para el laberinto, esto es 4 luces, dos laterales, una superior, una de frente y una trasera. También se asignaron 3 luces de tipo omni para el efecto de la iluminación de las flamas de las antorchas.

La colocación de las luces es de la siguiente forma:

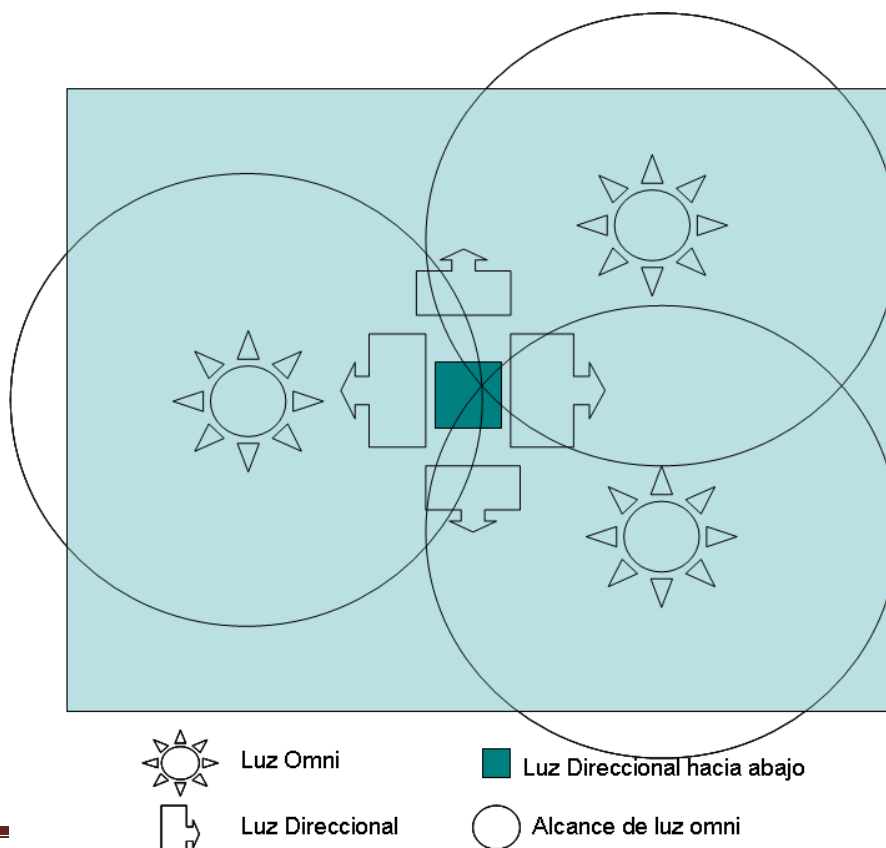


Fig. VI.24 posición de luces en laberinto

En las luces del juego, es decir en los laberintos, se tiene un script el cuál cumple con la función cambiar el color de la luz, según el laberinto, es decir, existen algunos laberintos en los cuales se encontrarán de día y otros de noche, de esto depende si las antorchas del laberinto estarán encendidas o apagadas y también si habrán antorchas en la escena. Esto último se explica con mayor detalle en el tema de Extras.

## VI.6 PROBLEMAS DE APLICACIÓN.

En la realización de nuestra tesis se tuvieron varios problemas, que afectaban la idea original del PV los cuales se mencionan a continuación.

### VI.6.1 SONIDO EN EL PASEO RÁPIDO.

Uno de estos problemas fue el sonido que se tiene en la parte del paseo rápido, existía un defasamiento entre la animación del recorrido y el sonido, cada vez que se quería iniciar alguna parte de éste.

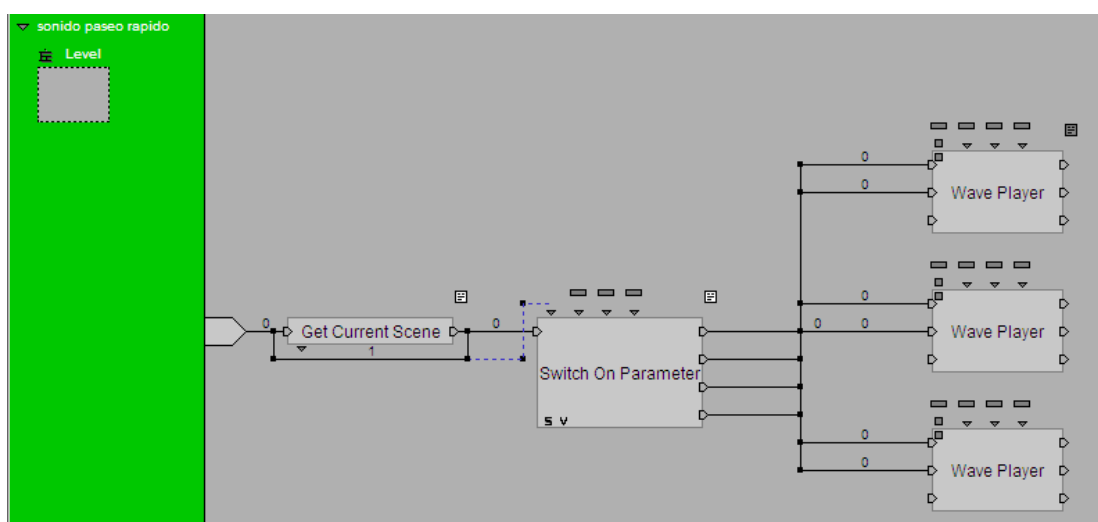


Fig. VI.25 script de sonido de vista rápida

Con este script de nivel (figura VI.25) se logró hacer que las narraciones y la animación comenzarán al mismo tiempo, básicamente su funcionamiento se basa en recibir un parámetro por medio del bloque “Switch On Parameter” y hacer la comparación con la serie de parámetros que fueron asignados en el bloque anterior, en cuando el parámetro ingresado sea igual a alguno de los que se tienen almacenados en el “Swich On Parameter” se activara el sonido correspondiente a ese parámetro, cualquier otro caso los sonidos estarán desactivados. Resumiendo lo anterior es como si se tuviese un Switch y un Case en un lenguaje de programación.

## VI.6.2 OBSERVATORIO.

El observatorio fue incluido en el paseo virtual ya que es uno de los lugares más significativos dentro de la zona arqueológica de Xochicalco, La característica de éste lugar es que cuenta con una chimenea por la cuál entra un az de luz el cuál al proyectar la sombra de la mano de una persona se aprecia en esta un efecto de los huesos de la mano.

Se tuvieron dos problemas principales en la construcción del observatorio:

- Las colisiones con las paredes
- Efecto de la sombra de la mano

## VI.6.3 COLISIONES CON LAS PAREDES.

Para solucionar el problema de las colisiones fue necesario modificar el modelo de manera que las caras de los polígonos del observatorio quedaran por la parte interna ya que de lo contrario la colisión no se respetaría, esto es una forma de invertir las normales

de cada uno de los polígonos del modelo, esto se realizó ya que con la normal definimos un plano y virtools necesita saber que ese plano existe por medio de su normal.

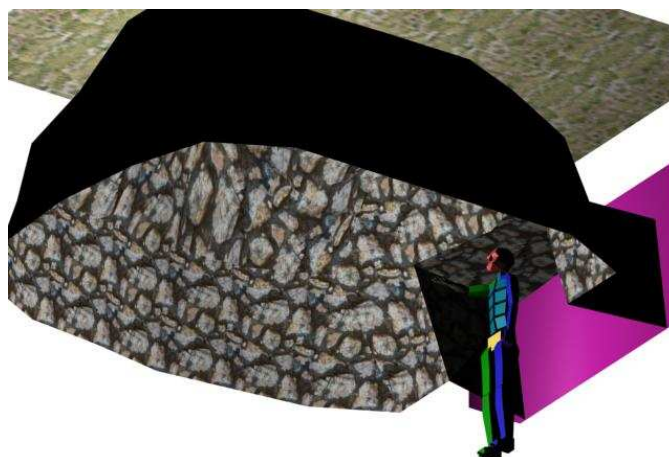


Fig. VI.26 observatorio

#### VI.6.4 SOMBRA DEL OBSERVATORIO.

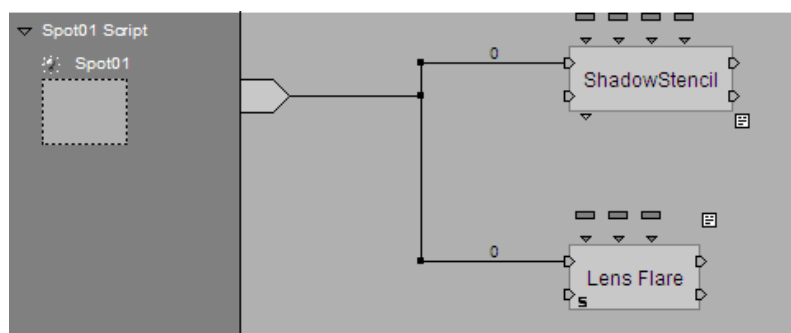
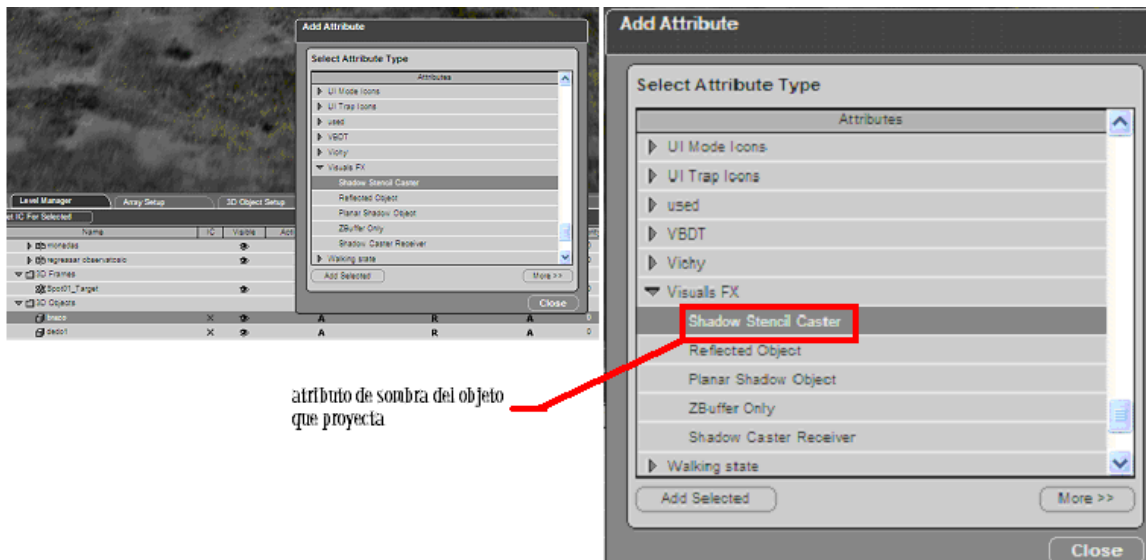


Fig. VI.27 script de sombra en tiempo real

Un efecto importante en el observatorio es la proyección de la sombra de la mano en el piso ya que así se encuentra en la zona, para generar una sombra más realista se decidió que fuese en tiempo real. Con el bloque Shadow Stencil se

genera una sombra en tiempo real de un objeto que contenga el atributo de Shadow Stencil Caster.



atributo de sombra del objeto  
que proyecta

Fig. VI.28 atributo de un objeto

A partir de éste bloque se observó que agregándole el atributo anterior (shadow stencil caster) al objeto correcto se puede generar la sombra de los huesos de la mano, para esto se modeló la mano y de manera independiente una malla que simulará los huesos.

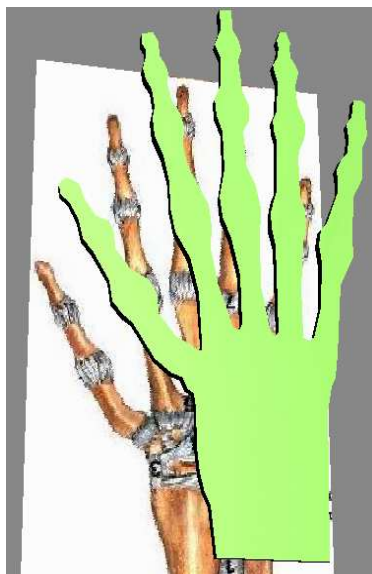


Fig. VI.29 esqueleto de la mano

Ya con los huesos y mano modelados se logra proyectar la sombra de los huesos en el piso en lugar de proyectar la sombra de la mano, otro problema el cual consiste en que se desea generar un círculo de luz sobre el piso; para lograr esto se modeló un plano con un hoyo en el centro que cubriera toda la parte superior del observatorio, a este plano se le dió el atributo de proyectar sombra (Shadow Stencil Caster). Al piso que va a recibir la sombra se le asigna el atributo de Shadow Caster para indicar que va recibir la proyección de una sombra.

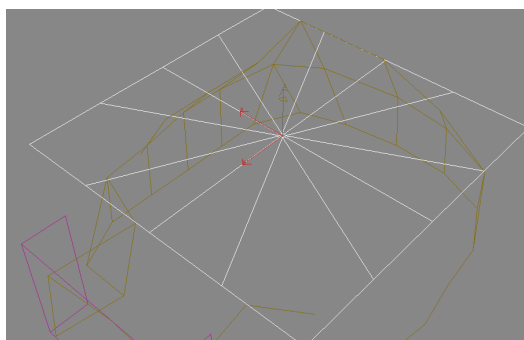


Fig. VI.30 Creación de la cúpula del observatorio.

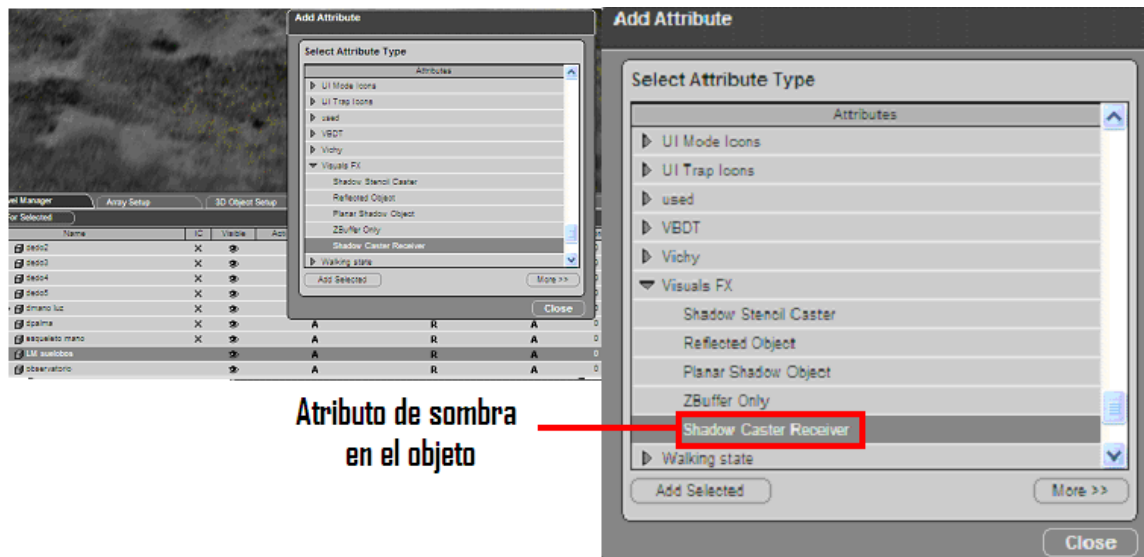


Fig. VI.31 atributo de un objeto

Ya con todo lo anterior aún existía un problema, que el color de la sombra de la mano no era uniforme al entrar en el az de luz y salir de él.



Fig. VI.32 prueba de sombra en tiempo real



Para solucionar esto, se aplicó un “static Light map” el cual hace los cálculos necesarios para generar en el piso la imagen de la sombra que es proyectada por los objetos seleccionados.

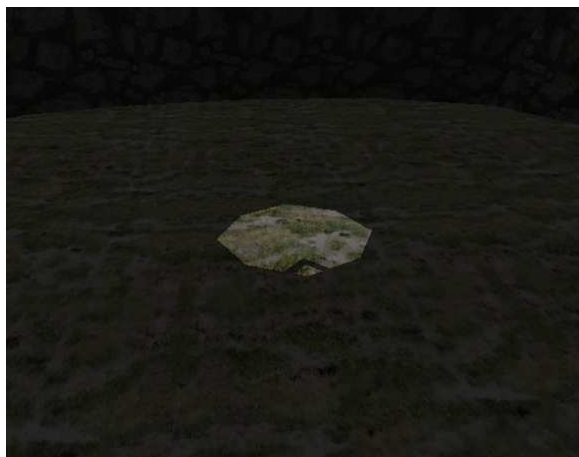


Fig. VI.33 generación de las sombras en el observatorio

Por último el observatorio se verá de la siguiente forma:



Fig. VI.34 sombra de la mano en el observatorio.

## VI.6.5 ÍNDICE.

En la sección “información” se tenía el problema de cómo se iba a presentar la información, por lo que se decidió presentarla por medio de un índice. Este índice se despliega de izquierda a derecha por medio de un botón, en este se encuentran los principales temas de la zona los cuales son los presentamos en forma de imagen.

Se realizó por medio de un script en el cual se pone como referencia un frame 2d que es el que contendrá cada uno de los nombres de las pirámides y zonas importantes. Con el bloque “get position” obtenemos sus coordenadas dentro de nuestra pantalla, estos datos se cargan al bloque “get component” que separa las coordenadas de la posición del frame 2d, ya que se tiene este dato se carga en el bloque “addition” y junto con el bloque “get width”, el cual toma el valor de la coordenada que tenemos pero en valor absoluto, y al momento que se hace la suma nos da la posición máxima que se moverá, el valor que sale del bloque “Addition” se carga en el bloque “Linear Progresión” que hace que se mueva en 1 segundo, la salida de este bloque va al bloque “Edit 2d Entity” con el que podremos mover el frame a nuestro gusto.

Y de igual manera es la misma operación al momento de regresarlo o esconder el índice solo que en vez de tener una bloque addition se pone un bloque subtraction para restar y volver a su posición original.

Todo esto funciona a través de mensajes los cuales son enviados cada vez que presionamos el botón de índice o se da clic en algún tema seleccionado.

El script usado es el siguiente:

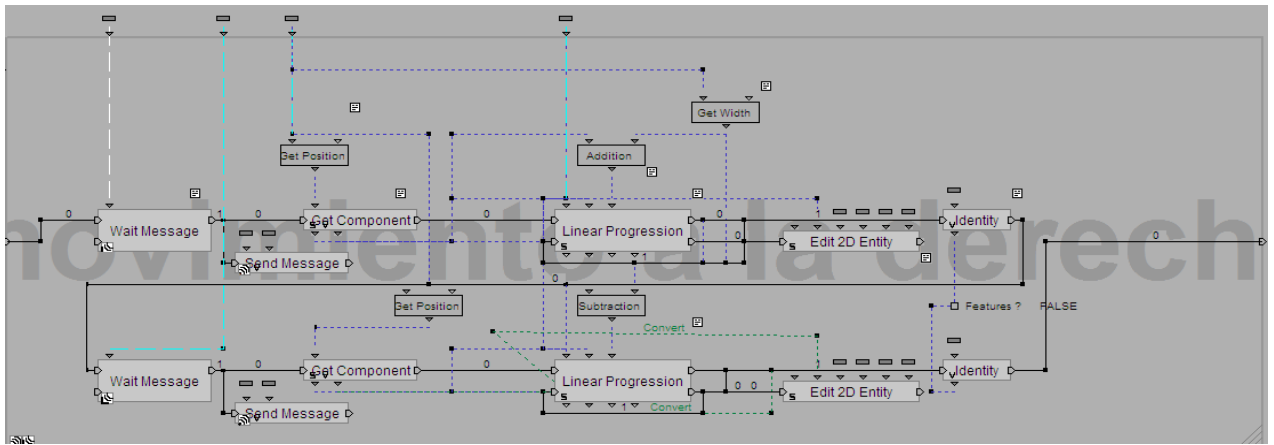


Fig. VI.35 script para realizar el índice

## VI.7 EXTRAS.

Aquí se mencionarán algunos de los scripts que dan una mayor atracción al paseo, como es el caso de los scripts del laberinto.

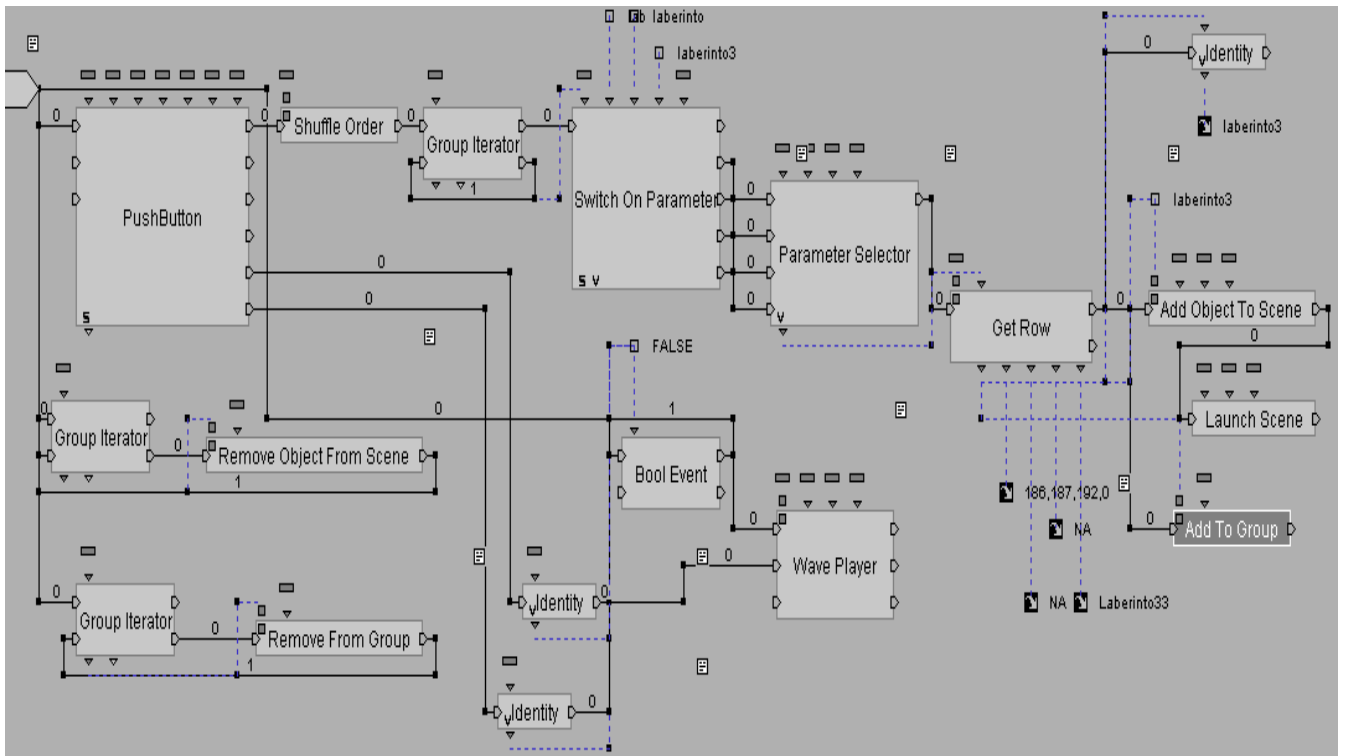


Fig. VI.36 script para hacer aleatorio los laberintos

Uno de los principales scripts para la realización del juego del laberinto fue el del botón de juego, ya que en este genera todas las condiciones que llevará la escena del laberinto.

Se parte de la elaboración de un arreglo que contiene el laberinto, el color de la luz en ese laberinto, el cielo que llevará y la imagen del mapa del laberinto, como se muestra en la siguiente figura:

	0 : laberinto	1 : Luz	2 : textura1	3 : textura2	4 : Mapa
0	laberinto3	186,187,192,0	SKY2	SKY1	Laberinto33
1	Laberinto4	255,255,255,0	SKY22	SKY11	Laberinto44
2	laberinto2	255,204,0,0	SKY2	SKY1	Laberinto22
3	laberinto	255,255,255,0	SKY22	SKY11	Laaberinto11

Fig. VI.37 arreglo de las características de cada laberinto

Se pensó realizarlo de esta forma ya que es más fácil manejar datos dentro de un arreglo que estar haciendo llamados de scripts diferentes para realizar una misma acción, en este caso el crear el ambiente del laberinto.

Los laberintos aparecerán de manera aleatoria; se hará la lectura de todos los laberintos, en una de las salidas nos indican que laberinto se encuentra en ese momento, este se enviará al probador, en las entradas se encontrarán los laberintos que queremos incluir, si el probador es igual a una de las entradas se activará la respectiva salida. Estas salidas activarán un BB que contendrá los números de columnas del arreglo, dependiendo de la entrada que se active será el número de columna que tendremos a la salida que sirve, para seleccionar la columna del arreglo y obtener los datos que se necesiten.

Estos datos son utilizados en otros scripts, como el de Records o en BB's como el add to group, el cual agregara a la Escena un laberinto.

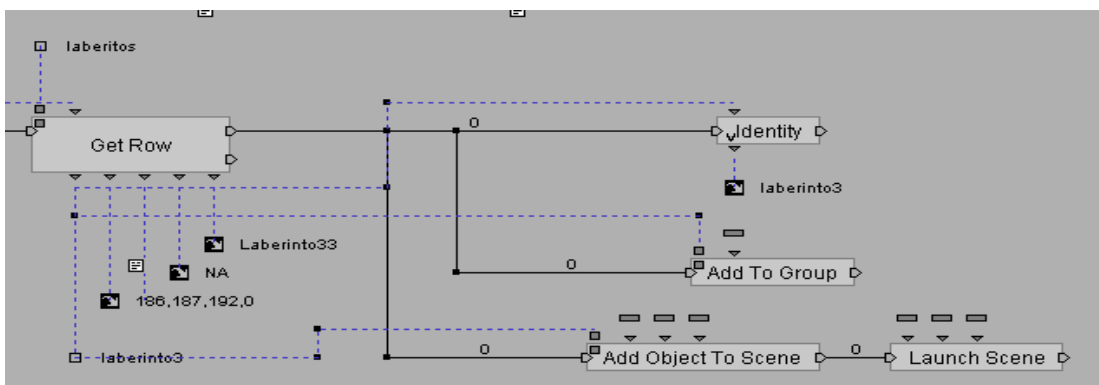


Fig. VI.38 script del record del laberinto

## VI.7.1 ILUMINACIÓN Y APARICIÓN DE LAS ANTORCHAS.

Como se ha mencionado, los datos que se obtienen del arreglo (fig. VI.37) son usados en diversos scripts y uno de estos es el script de la iluminación.

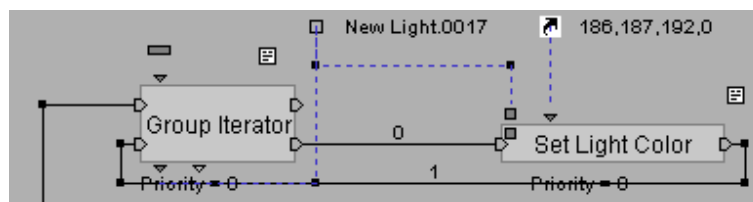


Fig. VI.39 script selección de color de la luz en el laberinto

Por medio de los bloques “Set Light Color” y “Group Iterator” que funciona como un for son asignados los colores de las luces que se utilizan en el laberinto.

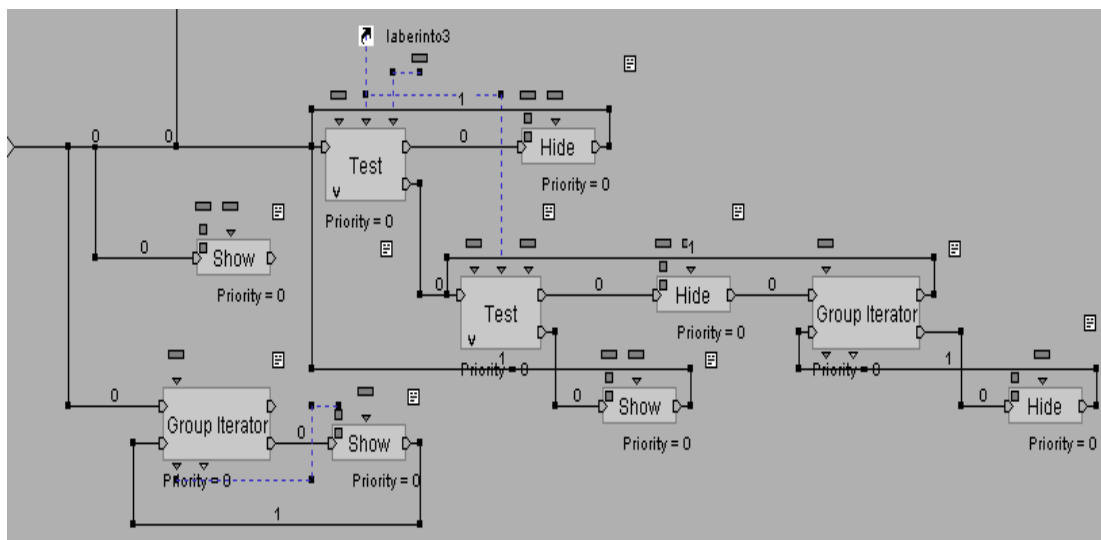


Fig. VI.40 script para poner u ocultar antorchas

El script de las antorchas se pensó de forma que con determinada entrada sean activadas o no las mismas. En el momento en que se cumple una de las condiciones (prendidas, apagadas o que no se encuentren en escena), las demás se anularán inmediatamente.

Este script (figura VI.40) lo que nos genera es si las antorchas que se encuentran en la escena estarán prendidas, apagadas o simplemente no se encontrarán dentro de la escena.

## VI.7.2 RECORDS.

Para los records se pensó implementar un sistema de almacenamiento de datos por medio de cadenas, es decir, un arreglo. Éste arreglo se almacena en un archivo de tipo texto para que posteriormente pueda ser cargado cada que se tenga acceso al recorrido.

Los records guardan los seis mejores tiempos y el nombre de los que realizaron dichos tiempos, estos tiempos son almacenados dentro de un arreglo. Para el desarrollo de los records fue necesario el manejo de arreglos dentro de virtools.

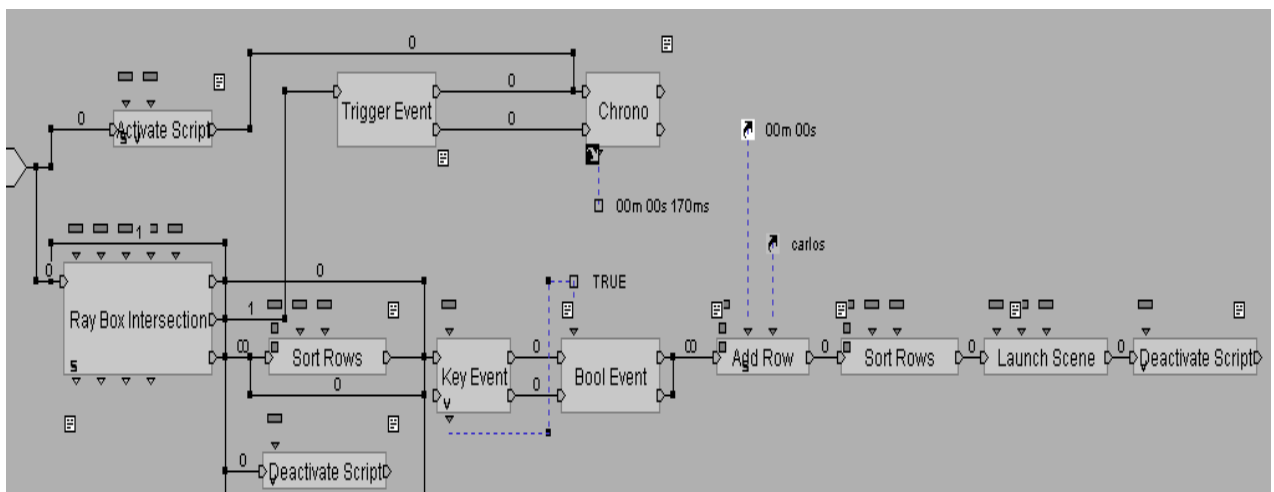


Fig. VI.41 scrip record

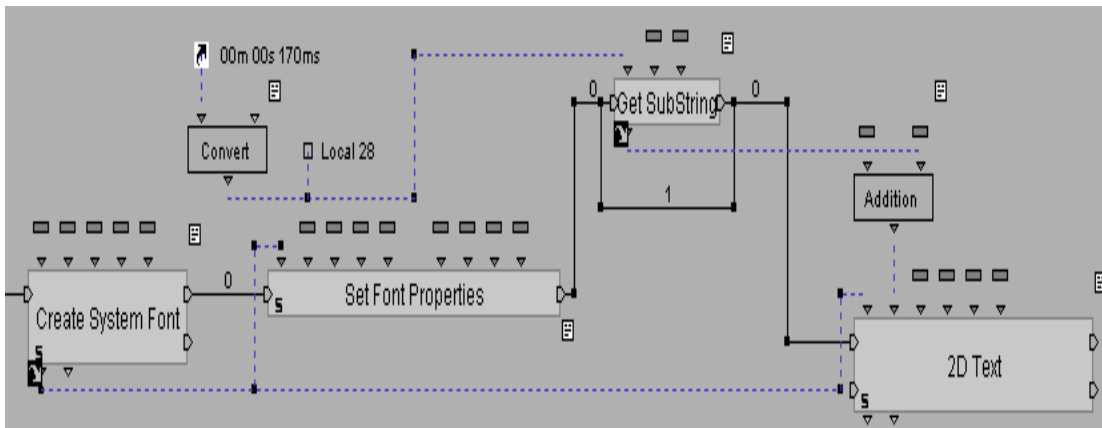


Fig. VI.42 scrip cronómetro

Otro aspecto importante que hay que hacer referencia es la introducción del nombre de quien consiguió el record, esto se consigue con el siguiente script:

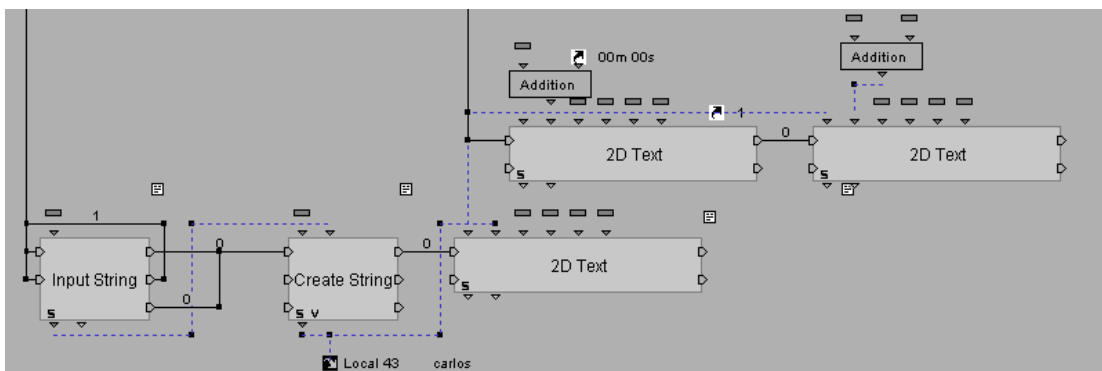


Fig. VI.43 scrip para introducir el nombre y tiempo al record



El “input String” lo que realiza es el almacenamiento de los caracteres que sean presionados en el teclado, este bloque debe estar en un ciclo para guardar una cadena de caracteres y no solo un carácter, la cadena que se ha guardado puede ser obtenida por una de las salidas que tiene en la parte inferior y utilizada en otros bloques.

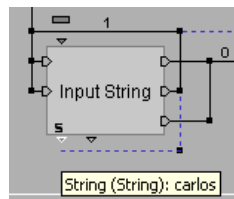


Fig. VI.44 script para escribir el nombre en el record

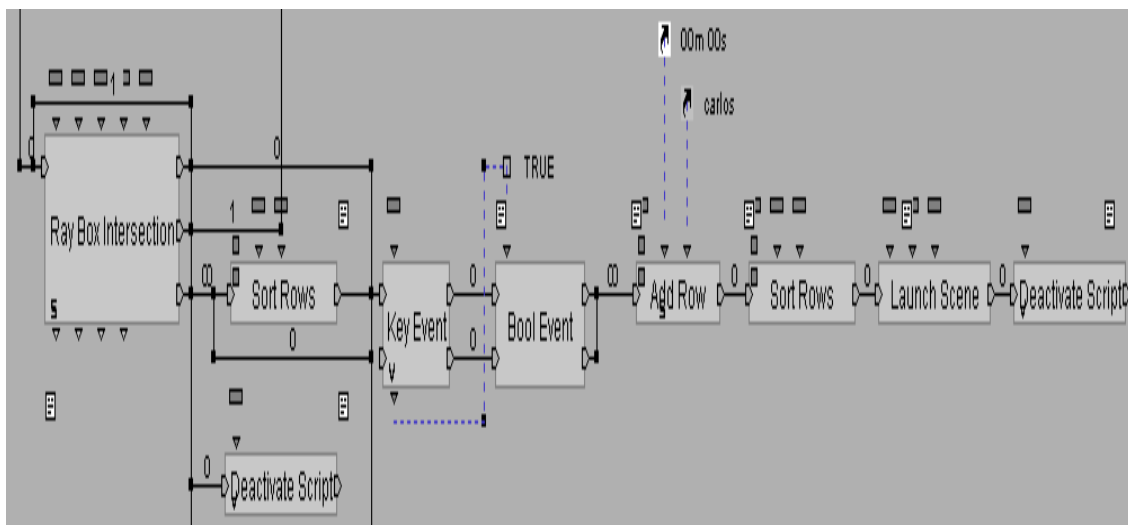


Fig. VI.45 script del final del laberinto

Una vez agregado el tiempo y el nombre al arreglo es nuevamente ordenado el arreglo para determinar si dicho tiempo quedara incluido en el arreglo; el paso siguiente es cambiar a la siguiente escena donde se despliegan los records.

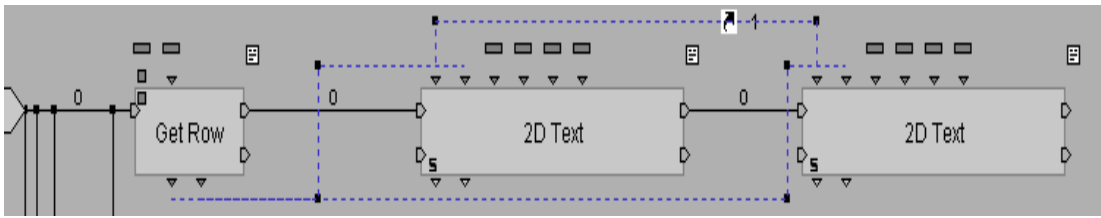


Fig. VI.46 script para poner en la pantalla los mejores tiempo

Para los records se pensó en crear un archivo txt en el cual se guardarán los mejores tiempos realizados en el recorrido de los laberintos y que cada que se realizara un mejor tiempo se desplace el último, es decir, el más alto.

La pantalla de records será desplegada durante 20 segundos esto se consiguió con el BB Timer el cual tomará el tiempo, este tiempo puede ser obtenido de su salida y enviado a un Test el que realizará la comprobación de la igualdad con los 20 segundos, una vez que esta condición se cumpla se hará un cambio a la escena de inicio, al hacer este cambio de escena el arreglo almacenado en la aplicación será guardado en un archivo de forma externa para que en un futuro sea posible cargar los records; antes de guardar el archivo, el arreglo es nuevamente ordenado para eliminar el último record, este script es el mostrado en la siguiente figura:

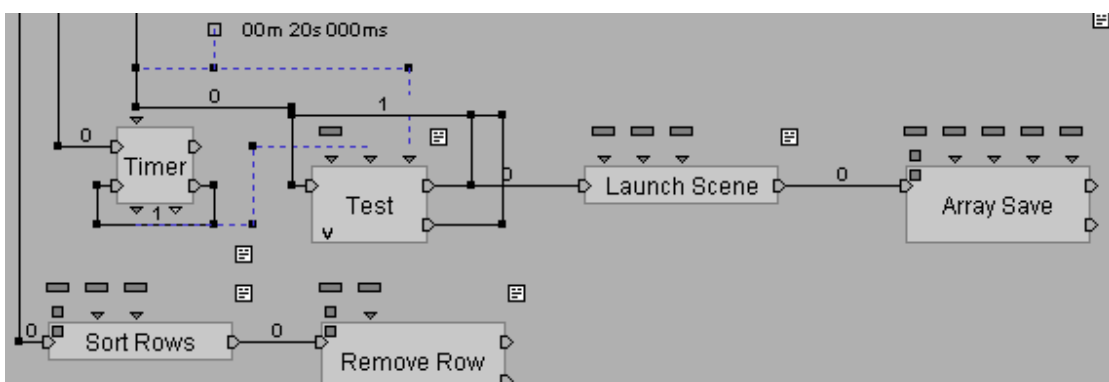


Fig. VI.47 script para guardar los records.



---

## VII ALCANCES.

La RV ha dejado de ser un patrimonio exclusivo de las películas de ciencia ficción. La simulación de ambientes tridimensionales por computadora con los que el usuario puede interactuar en tiempo real y de forma autónoma es hoy ya una posibilidad al alcance de todos.

Contando con las herramientas de Virtools y 3D Max, se logró hacer un PV de la Zona Arqueológica de Xochicalco que contiene lo siguiente:

Un menú el cual tiene cinco partes fundamentales:

- Inicio
  - Información
  - Vista rápida
  - Juego
  - Controles
- 
- Se tiene el recorrido por toda la zona de Xochicalco, la interactividad es total.
  - Incrementar, entre los alumnos, la cultura de las tecnologías de la información y la comunicación.
  - Dar a conocer que las herramientas de la RV no son exclusivas de la investigación sino también puede ser para el entretenimiento y difusión del conocimiento.
  - Facilitar el aprendizaje de los jóvenes acerca de nuestra historia.
  - Fomentar al aumento del turismo.

- Dar a conocer que no es difícil el desarrollo en 3d y que tienes una gran gama de posibilidades para explotarla, para el beneficio de la sociedad.
- Innovación en la forma de impartir el conocimiento para que no sea aburrido o tedioso, con ayuda de juegos interactivos dentro del PV.
- Se realizó un PV que tenga casi la misma calidad de los ya existentes.
- Saber que no es necesario tener cascos, guantes, lentes virtuales, etc., para poder sumergirte en un paseo virtual.

Sin duda la realidad virtual promete ser la nueva interfaz entre el ser humano y la computadora. Es una interfaz intuitiva y natural para el hombre, es decir, permitir al usuario final un estilo de trabajo más parecido al que usa al interactuar con objetos en su vida cotidiana, permitiéndole utilizar sus sentidos y habilidades.

---

## VIII CONCLUSIONES.

El desarrollo de ambientes virtuales adecuados para usos educacionales constituye un área muy poco explorada, aunque se conocen muchos ejemplos del empleo de simulaciones en programas de entrenamiento en las ramas militar, gubernamental e industrial en países desarrollados, usando alguna forma de RV. Es creciente el interés en todo el mundo acerca del uso de la tecnología de RV en la educación y el entrenamiento.

El uso de la RV para la elaboración de ambientes en 3d para fines educativos, resultan más eficientes en la enseñanza que los métodos tradicionales, ya que no se ve como un aprendizaje sino como un juego y se capta mejor el conocimiento.

La RV en la actualidad es muy importante para el desarrollo educativo y cultural de nuestro país, y gracias a las herramientas como son Virtools y 3D Studio Max , se pueden crear recorridos virtuales, de cualquier tipo, para poder difundir los sitios de mayor interés y ponerlos al alcance de todos, sin tener que salir de sus casas.

Con la ayuda de las aplicaciones Virtools y 3d Max se pudo realizar el PV por la zona arqueológica de Xochicalco, teniendo en mente que no solo el desarrollo de espacios en 3D estuviera sujeto a solo la investigación, siendo la educación y el fomento de nuestros sitios arqueológicos de nuestro país.

Se logró dar todas las características importantes de la zona, tales como la inclusión del observatorio, la pirámide de las serpientes, la gran pirámide, así como el peculiar sonido que se escucha al aplaudir enfrente de ésta, se consiguió incluir todas las pirámides principales que existen en la zona arqueológica, el paisaje que existe alrededor de la zona también fue incluido.

Puede servir perfectamente como una guía previa de lo que se encontrará en la zona real, además la sección de información es de gran utilidad cuando se quiere profundizar en la explicación de alguna de las pirámides.

No se pudo recrear la zona completamente, era muy difícil ya que se requeriría de una gran cantidad de imágenes ó de imágenes muy complejas y de gran tamaño para lograr un texturizado real, también lo irregular del terreno donde se encuentra Xochicalco influyó para no conseguir absolutamente la igualdad con la real ya que para conseguir este parecido es necesario una mayor cantidad de polígonos, con estos inconvenientes mencionados, si se pusieran en práctica influirían gravemente en el rendimiento del paseo.

Este PV puede ser la pauta para que futuras realizaciones de recorridos virtuales sean de mejor calidad y más eficientes, llegando al punto en que el usuario pueda navegar libremente por la zona realizada y tenga la información necesaria del lugar.

Este tipo de PV es algo que no solo se pueden dejar en un proyecto de titulación sino que pueden ser explotados mucho más en el mercado tanto comercial como cultural ya que sus aplicaciones pueden ser muy amplias y variadas, siempre y cuando se tenga el apoyo económico adecuado.

No se plantean limitaciones de edad en la aplicación de la tecnología de RV a la educación: con esta tecnología pueden beneficiarse a los usuarios desde el nivel primario hasta el universitario o cualquiera que desee usarlo. La tecnología de RV puede ser especialmente útil en la enseñanza de la Ingeniería y la Arquitectura, en el estudio de fenómenos climáticos y físicos, procesos y conceptos de las disciplinas básicas, el estudio y diseño de “modelos virtuales” y el entrenamiento mediante ambientes de simulación.

---

## IX GLOSARIO.

**BEHAVIOR BUILDING BLOCK (BB):** es un bloque que realiza alguna función para solucionar alguna tarea.

**BLUEPRINTS:** son imágenes que sirven de guía para realizar objetos en 3d, es una técnica de dibujo en la cual solo se muestran las proyecciones frontal, lateral, superior e inferior.

**ENTIDAD 3D:** cualquier objeto 3d que este dentro del entorno de Virtools.

**EXTRUIR:** es darle volumen algún polígono deseado.

**FRAME 2D:** es una entidad 2d dibujada en la pantalla con un algún material.

**ID's:** asignación de números a distintos segmentos de una malla.

**IMÁGENES, BITMAP, JPEG, GIF, PNG, ETC:** distintos tipo de formato para guardar y trabajar imágenes.

**IN SITU:** significa en el lugar.

**LOOP:** creación de ciclos dentro de los BB.

**LUZ OMNI:** su nombre completo es luz omni-potencial esto es que se les puede cambiar su intensidad y solo alumbrara en un cierto radio predeterminado.

**MALLA:** conjunto de polígonos conectados entre sí, que conforman un objeto ya sea 3D o 2D.

**MAPEAR:** La utilización de texturas es determinante para dar una apariencia real al material del que estén constituidos los modelos de la escena 3D.

**MATERIAL:** Un material es un color o textura que se puede asignar a la superficie o a las caras de un objeto de modo que aparezcan de cierta manera cuando esté renderizado. Los materiales afectan el color de objetos, su brillo, su opacidad, etcétera.

**MESH SELECT:** Selección de malla del objeto 3d por medio de id's para asignarles alguna textura.



**MODELADO:** Es la creación de algún objeto a partir de algún objetos primitivos, cubos, esferas, cilindros ect.

**PARAMETERS:** un parámetro es usado para trasferir datos entre comportamientos y adicionar información a un BB.

**PLUG-IN:** librerías externas las cuales pueden ser agregadas a las ya existentes en 3d Studio Max para una determinada aplicación.

**PV:** Paseo Virtual.

**RENDERIZACION:** Son cálculos complejos desarrollados por una computadora destinado a generar una imagen 2D a partir de una escena 3D.

**RENDER:** es el proceso de generar una imagen desde un modelo 3D.

**POLÍGONOS:** es una figura geométrica plana limitada por al menos 3 segmentos rectos consecutivos no alineados, llamados lados.

**SCRIPT:** representación grafica de un comportamiento aplicado a un elemento, representado en el diagrama esquemático.

**TEXTURIZAR:** Palabra más común para el termino mapear.

**TEXTURA:** una textura es una imagen en 2D que puede ser asignada a un objeto tridimensional. Le da la apariencia de materiales distintos. Usualmente, una textura es una fotografía de una verdadera textura.

**RV:** Realidad Virtual.

**UVW Mapping:** Aplicación de distintos tipos de mapeo ya sea cilíndrico, esférico, planar y cubica.

## X BIBLIOGRAFÍA.

- Xochicalco, Morelos.

**Gonzales Crespo, Norberto Xochicalco: guía / Norberto Gonzales Crespo; Silvia Garza Tarazona; Augusto Molina Montes p.95 Salvat 1994.**

**REF. CONSULTA.**

- Xochicalco Morelos.

**Piña Chan, Roman**

**Xochicalco: el mítico Tamoanchan Roman Piña Chan México INAH 1989  
80p.**

**REF. CONSULTA.**

- Xochicalco, Morelos.

**Antigüedades**

**Hirth Kennet G. Tiempo y Asentamiento en Xochicalco Kennet, Ann  
Cyphers Guillen .México UNAM Instituto de Investigación Antropológica  
1989 206p.**

**REF. CONSULTA.**

- Xochicalco Morelos Arqueología

**Saenz, Cesar A. Nuevas Exploraciones y hallazgos en Xochicalco.  
1965-1966 México INAH Departamento de Monumentos Prehispánicos.  
1976 51p. Informes del 13 y 12.**

**REF. CONSULTA.**

- **GONZALES DEL PINO, LUIS MANUEL.** Realidad Virtual, Madrid, España, 1995, Editorial Paraninfo

**REF. 1-10, 17-23, 26-30.**

- **WATT ALAN,** 3D Computer Graphics, 3<sup>ra</sup> edition, Pearson Education Addison-Wesley

**REF. 41-44.**

- **DIAZ JOSE MANUEL,** 3D Max5 Edición Especial, 1<sup>ra</sup> Edición, Prentice Hall

**REF. 49-47.**

- **William R. Sherman, Alan B. Craig.** *Understanding Virtual Reality. Interface, Application, and Design.* Morgan Kaufmann

**REF. 53.**

- **GEORGE MAESTRI,** CHARACTER ANIMATION 2 VOL 1 ,New Rides, EU 1999

**REF. 32-40, 57- 65.**

- **Manuel Escribano,** PROGRAMACIÓN DE GRAFICOS EN 3D,Editorial ADDISON-WESLEY IBEROAMERICANA, México 1995.

**REF. CONSULTA.**

- **Christian Immler,** EL GRAN LIBRO DEL 3D STUDIO V.4, Editorial MARCOMBO , México 1995.

**REF. CONSULTA.**

- **Edward Angel,** INTERACTIVE COMPUTER GRAPHICS, Editorial Addison Wesley, E.U 1997

**REF.CONSULTA .**

- **Apuntes Básicos de la Materia Animación por Computadora**  
REF. 45,46,50,51

## MESOGRAFÍA

<http://es.wikipedia.org/wiki/Estereoscop%C3%ADa> REF. 11-16, 31.

<http://observatorio.cnice.mec.es/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=318> REF. 24

[www.aviacol.net](http://www.aviacol.net) REF. 25

[www.10goto10.net/?p=623](http://www.10goto10.net/?p=623) REF. 52,54

[www.lpi.tel.uva.es](http://www.lpi.tel.uva.es) REF. 55

blogs.ya.com, [www.adventia.org](http://www.adventia.org) REF. 56