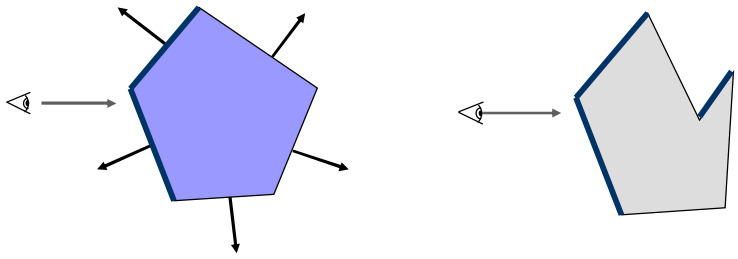
7. Iluminación

- Es imprescindible la activación de la Eliminación de Partes Ocultas (EPO) para una correcta iluminación.
  - Pasos a seguir en OpenGL para su activación:

Inicializar OpenGL	glutInitDisplayMode(GLUT_RGB | GLUT_DEPTH);
Borrar z-Buffer	glClearDepth (1.0); glClear (GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL_DEPTH_BUFFER_BIT);
Activar EPO	glEnable(GL_DEPTH_TEST);

7. Iluminación

- Optimización mediante eliminación de la cara trasera



void glCullFace (GLenum modo) donde modo toma el valor GL_BACK o GL_FRONT para especificar las caras que no se consideran para el cálculo de la eliminación de partes ocultas

```
....
glCullFace(GL_BACK);
glEnable(GL_CULL_FACE);
...
```

7. Iluminación

- Problema con el uso de CullFace

7. Iluminación

- Pasos para realizar la iluminación de una escena
  - Definir las luces (características). Una luz es un objeto más de la escena (ModelView)
  - Habilitar la iluminación (glEnable (GL_LIGHTING) obsoleto desde la versión 3.0)
  - Usar normales a las caras o a los vértices según el modo de suavizado
  - Definir los materiales de los objetos
  - Cambiar el modelo de iluminación

7. Iluminación

- Creación de luces en una escena.

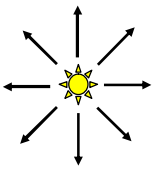
void glLight {if}[v] (GLenum n_luz, GLemun p_luz, TYPE parametro) crea una luz siendo n_luz el índice de la luz que puede se expresa con los nombres GL_LIGHTO, GL_LIGHT1, ...GL_LIGHT7. Las características de la luz se fijan con p_luz y parámetro indica el valor de la característica, que puede ser un real o un vector.

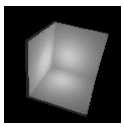
Valores de p_luz (entre llaves se indica el valor por defecto):

GL_AMBIENT {(0.0,0.0,0.0,1.0)}	intensidad ambiente en RGBA.
GL_DIFFUSE {(1.0,1.0,1.0,1.0)}	intensidad difusa en RGBA.
GL_SPECULAR {(1.0,1.0,1.0,1.0)}	intensidad especular en RGBA.
GL_POSITION {(0.0,0.0,1.0,0.0)}	la posición de la luz se expresa con un vector (x,y,z,w), con w=0.0 se indica que la luz es direccional y con w=1.0 luz puntual.
GL_SPOT_DIRECTION {(0.0,0.0,-1.0)}	dirección de un cono de luz.
GL_SPOT_EXPONENT {0.0}	exponente de un cono de luz.
GL_SPOT_CUTOFF {180.0}	ángulo de corte de un cono de luz.
GL_CONSTANT_ATTENUATION {1.0}	constante de atenuación.
GL_LINEAR_ATTENUATION {0.0}	factor lineal de atenuación.
GL_QUADRATIC_ATTENUATION {0.0}	factor cuadrático.

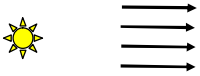
7. Iluminación

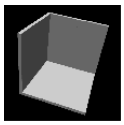
- Creación de luces en una escena.



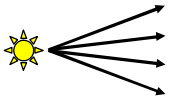


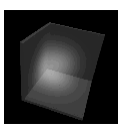
GL_POSITION->(p_x, p_y,p_z,1)

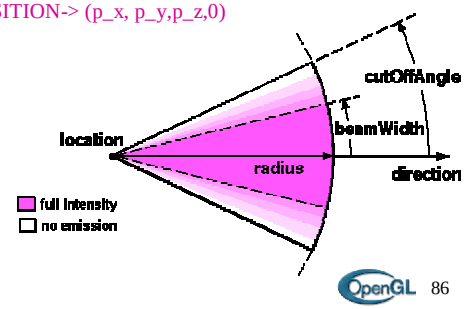




GL_POSITION-> (p_x, p_y,p_z,0)







7. Iluminación

- Creación de luces en una escena.

```
void luces ( )
{
Glfloatluzambiente [ ] = {0.3, 0.3, 0.3, 1.0},
        luzdifusa [ ] = {1.0, 1.0, 1.0, 1.0};

glLightfv {GL_LIGHT0, GL_AMBIENT, luz_ambiente);
glLightfv {GL_LIGHT1, GL_DIFFUSE, luz_difusa);
glEnable (GL_LIGHTING);
glEnable (GL_LIGHT0);
glEnable (GL_LIGHT1);
}


void posicion_luz1 ( )
{
GlfloatluzposicionGL_POSITION, luz_posicion);
}
```


7. Iluminación

- Control de la posición y orientación de una luz.
  - OpenGL trata a una fuente de luz como si fuera otra primitiva gráfica.
  - Cuando hacemos uso de glLightfv(...,GL_POSITION,...) y/o glLightfv(...,GL_SPOT_DIRECTION,...) la posición y/o dirección es transformada por la matriz de modelado actual.
  - Para que una luz permanezca estacionaria o fija ha de ser creada su posición después de conmutar a la pila de matrices de modelado:

```
....
glViewport ( ... );
glMatrixMode (GL_PROJECTION);
glLoadIdentity ( );
glOrtho ( ... );
....
glMatrixMode (GL_ModelView);
glLoadIdentity ( );
posicion_luz1( );
luces()
…
objetos( );
....
```

7. Iluminación

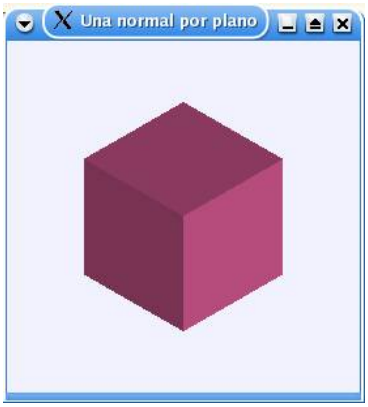
- Control de la posición y orientación de una luz.
  - Rotación y/o traslación de una la luz sin que éstas transformaciones afecten a los objetos de la escena.

```
....
glMatrixMode (GL_ModelView);
glLoadIdentity ( );
posicion_luz1( );
…
objetos( );
…

void posicion_luz1 ( )
{
GLfloat luz_posicion [ ] = {1.0, 1.0, 0.0 ,1.0};
glPushMatrix();
glTranslatef ( ... );
glRotatef ( angulo, ... );
glLightfv (GL_LIGHT0, GL_POSITION, luz_posicion);
glPopMatrix()
}
....
```


7. Iluminación

- Usando normales.

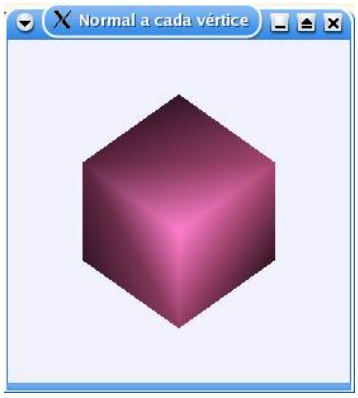
```
void objetos ( )
{
…
glShadeModel(GL_FLAT);
glEnable(GL_NORMALIZE);
glEnable(GL_LIGHTING);
…
glBegin(GL_QUADS);
        // Frente
    glNormal3f( 0.0f, 0.0f, 1.0f);
        glVertex3f(-1.0f, -1.0f,  1.0f);
        glVertex3f( 1.0f, -1.0f,  1.0f);
        glVertex3f( 1.0f,  1.0f,  1.0f);
        glVertex3f(-1.0f,  1.0f,  1.0f);
        // parte de Atras
    glNormal3f( 0.0f, 0.0f,-1.0f);
        glVertex3f(-1.0f, -1.0f, -1.0f);
        glVertex3f(-1.0f,  1.0f, -1.0f);
        glVertex3f( 1.0f,  1.0f, -1.0f);
        glVertex3f( 1.0f, -1.0f, -1.0f);
    …
glEnd();
…
}
```



7. Iluminación

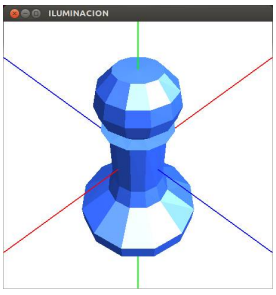
- Usando normales.

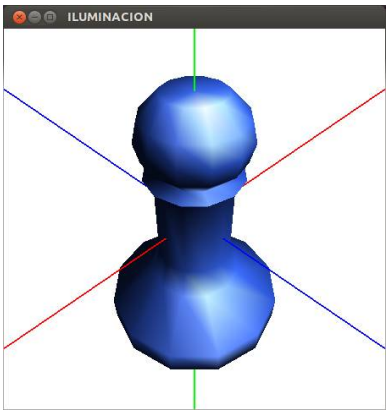
```
…
glShadeModel(GL_SMOOTH);
glEnable(GL_NORMALIZE);
glEnable(GL_LIGHTING);
…
glBegin(GL_QUADS);
        // Frente
    glNormal3f(-1.0f, -1.0f,  1.0f);
        glVertex3f(-1.0f, -1.0f,  1.0f);
    glNormal3f( 1.0f, -1.0f,  1.0f);
        glVertex3f( 1.0f, -1.0f,  1.0f);
    glNormal3f( 1.0f,  1.0f,  1.0f);
        glVertex3f( 1.0f,  1.0f,  1.0f);
    glNormal3f(-1.0f,  1.0f,  1.0f);
        glVertex3f(-1.0f,  1.0f,  1.0f);
        // parte de Atrás
    glNormal3f(-1.0f, -1.0f, -1.0f);
        glVertex3f(-1.0f, -1.0f, -1.0f);
    glNormal3f(-1.0f,  1.0f, -1.0f);
        glVertex3f(-1.0f,  1.0f, -1.0f);
    …
glEnd();
…
```



7. Iluminación

- Usando normales.






```
…
glBegin(GL_TRIANGLES);
for (i=0;i<n_c;i++)
   {
    for (j=0;j<3;j++)
       {n_v=malla->car[i].ind_ver[j];
        glNormal3f(malla->nor_v[n_v].coord[0], malla->nor_v[n_v].coord[1], malla->nor_v[n_v].coord[2]);
        glVertex3f(malla->ver[n_v].coord[0], malla->ver[n_v].coord[1], malla->ver[n_v].coord[2]);
       }
    }
glEnd();
…
```

7. Iluminación

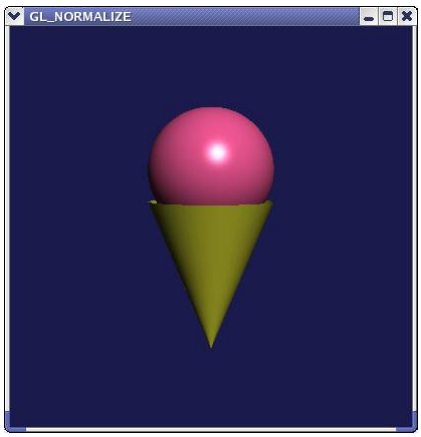
- Normalización.

```
void objetos ( )
{
…
// Esfera
glPushMatrix();
glTranslatef( 0.0f, 1.9f, 0.0f);
glScalef( 0.10f, 0.10f, 0.10f);
gluSphere(qobj,10.0,72,72);
glPopMatrix();

…
// Cone
glPushMatrix();
glTranslatef( 0.0f, -2.0f, -0.0f);
glRotatef( -90,1,0,0);
glScalef( 0.20f, 0.20f, 0.30f);
gluCylinder(qobj,0.0,5.0,12,36,2);
glPopMatrix();
…
}
```

7. Iluminación

- Normalización.

```
void objetos ( )
{
…
glEnable(GL_NORMALIZE);
glEnable(GL_LIGHTING);
…
// Esfera
glPushMatrix();
glTranslatef( 0.0f, 1.9f, 0.0f);
glScalef( 0.10f, 0.10f, 0.10f);
gluSphere(qobj,10.0,72,72);
glPopMatrix();
…
// Cone
glPushMatrix();
glTranslatef( 0.0f, -2.0f, -0.0f);
glRotatef( -90,1,0,0);
glScalef( 0.20f, 0.20f, 0.30f);
gluCylinder(qobj,0.0,5.0,12,36,2);
glPopMatrix();
…
}
```



7. Iluminación

- Definiendo el material de los objetos.

void glMaterial{if}[v] (GLenum cara, GLenum p_cara, TYPE parametro) especifica el material con el que está construido un objeto. La variable cara puede ser GL_FRONT, GL_BACK, o GL_FRONT_AND_BACK para indicar a que caras del objeto se aplica el material. Las características del material de se fijan con p_cara y parametro indica el valor de la característica, que puede ser un real o un vector.

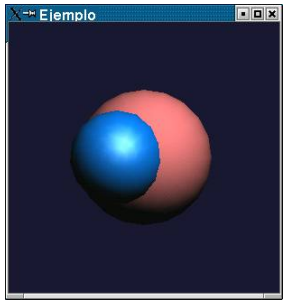
Valores de p_cara (entre llaves se indica el valor por defecto):

GL_AMBIENT {(0.2,0.2,0.2,1.0)}	color ambiental del material en RGBA.
GL_DIFFUSE {(0.8,0.8,0.8,1.0)}	color difuso del material en RGBA.
GL_AMBIENT_AND_DIFFUSE	se fijan al mismo tiempo los colores ambiental y difuso.
GL_SPECULAR{(0.0,0.0,1.0,1.0)}	color especular del material en RGBA.
GL_SHININESS {0.0}	exponente de Phong. Está entre 0.0 y 128.0.
GL_EMISSION{0.0,0.0,0.0,1.0}	color emisivo del material. Se utiliza para simular fuentes de luz.
GL_COLOR_INDEXES {0,1,1}	índices ambiente, difuso y especular.

7. Iluminación

- Definiendo el material de los objetos.

```
void luces ( )
{ Glfloat     luz_difusa[]={1.0,1.0,1.0,1.0 },
              luz_especular[]={1.0,1.0,1.0,1.0 },
              luz_posicion[]={5.0,10.0,15.0,1.0};

glLightfv {GL_LIGHT1, GL_DIFFUSE, luz_difusa);
glLightfv {GL_LIGHT1, GL_SPECULAR, luz_especular);   ⬅
glLightfv {GL_LIGHT1, GL_POSITION, luz_posicion);
glEnable (GL_LIGHTING);
glDisable (GL_LIGHT0);
glEnable (GL_LIGHT1); }

void objetos ( )
{ GLfloat     mat_difuso1[]={1.0,0.5,0.5,1.0 },
              mat_difuso2[]={0.0,0.5,1.0,1.0 },
              mat_especular2[]={0.6,0.6,0.6,1.0},
              mat_brillo2=20;

glMaterialfv(GL_FRONT, GL_DIFFUSE,mat_difuso1);
glutSolidSphere(1.0,20,20);
glMaterialfv(GL_FRONT, GL_DIFFUSE,mat_difuso2);
glMaterialfv(GL_FRONT, GL_SPECULAR,mat_especular2);   ⬅
glMaterialf(GL_FRONT, GL_SHININESS,mat_brillo2);
glTranslatef(-0.4,0.0,0.7);
glutSolidSphere(0.7,15,15); }
```



7. Iluminación

Material	GL_AMBIENT	GL_DIFFUSE	GL_SPECULAR	GL_SHININESS
Brass	0.329412 0.223529 0.027451 1.0	0.780392 0.568627 0.113725 1.0	0.992157 0.941176 0.807843 1.0	27.8974
Bronze	0.2125 0.1275 0.054 1.0	0.714 0.4284 0.18144 1.0	0.393548 0.271906 0.166721 1.0	25.6
Polished Bronze	0.25 0.148 0.06475 1.0	0.4 0.2368 0.1036 1.0	0.774597 0.458561 0.200621 1.0	76.8
Chrome	0.25 0.25 0.25 1.0	0.4 0.4 0.4 1.0	0.774597 0.774597 0.774597 1.0	76.8
Copper	0.19125 0.0735 0.0225 1.0	0.7038 0.27048 0.0828 1.0	0.256777 0.137622 0.086014 1.0	12.8
Polished Copper	0.2295 0.08825 0.0275 1.0	0.5508 0.2118 0.066 1.0	0.580594 0.223257 0.0695701 1.0	51.2
Gold	0.24725 0.1995 0.0745 1.0	0.75164 0.60648 0.22648 1.0	0.628281 0.555802 0.366065 1.0	51.2
Polished Gold	0.24725 0.2245 0.0645 1.0	0.34615 0.3143 0.0903 1.0	0.797357 0.723991 0.208006 1.0	83.2
Pewter	0.105882 0.058824 0.113725 1.0	0.427451 0.470588 0.541176 1.0	0.333333 0.333333 0.521569 1.0	9.84615
Silver	0.19225 0.19225 0.19225 1.0	0.50754 0.50754 0.50754 1.0	0.508273 0.508273 0.508273 1.0	51.2
Polished Silver	0.23125 0.23125 0.23125 1.0	0.2775 0.2775 0.2775 1.0	0.773911 0.773911 0.773911 1.0	89.6
Emerald	0.0215 0.1745 0.0215 0.55	0.07568 0.61424 0.07568 0.55	0.633 0.727811 0.633 0.55	76.8
Jade	0.135 0.2225 0.1575 0.95	0.54 0.89 0.63 0.95	0.316228 0.316228 0.316228 0.95	12.8
Obsidian	0.05375 0.05 0.06625 0.82	0.18275 0.17 0.22525 0.82	0.332741 0.328634 0.346435 0.82	38.4
Pearl	0.25 0.20725 0.20725 0.922	1.0 0.829 0.829 0.922	0.296648 0.296648 0.296648 0.922	11.264
Ruby	0.1745 0.01175 0.01175 0.55	0.61424 0.04136 0.04136 0.55	0.727811 0.626959 0.626959 0.55	76.8
Turquoise	0.1 0.18725 0.1745 0.8	0.396 0.74151 0.69102 0.8	0.297254 0.30829 0.306678 0.8	12.8
Black Plastic	0.0 0.0 0.0 1.0	0.01 0.01 0.01 1.0	0.50 0.50 0.50 1.0	32
Black Rubber	0.02 0.02 0.02 1.0	0.01 0.01 0.01 1.0	0.4 0.4 0.4 1.0	10

7. Iluminación

- Cambiando el modelo de iluminación.
  - Modelo de iluminación de OpenGL

Si la intensidad obtenida excede de 1 se trunca

$$I_{r,g,b} = E_{m(r,g,b)} + I_{a\_g(r,g,b)} K_{a\_m(r,g,b)} + \sum_i \left(\frac{1}{a_i + b_i d_{i,p} + c_i d_{i,p}^2} \right) (\text{efectos\_spotlight})_i \, I_{i(r,g,b)}$$

$$I_{i(r,g,b)} = I_{a\_i(r,g,b)} K_{a\_m(r,g,b)} + I_{d\_i(r,g,b)} K_{d\_m(r,g,b)} \max(\vec{N}_p \cdot \vec{L}_i, 0) + I_{s\_i(r,g,b)} K_{s\_m(r,g,b)} \max(\vec{N}_p \cdot \vec{H}_i, 0)^n$$

7. Iluminación

- Cambiando el modelo de iluminación.
  - Modelo de iluminación de OpenGL

$I_{a\_g(r,g,b)}$	intensidad ambiental de la luz
$E_{m(r,g,b)}$	emisividad del material
$K_{a\_m(r,g,b)}, K_{d\_m(r,g,b)}, K_{s\_m(r,g,b)}$	constantes ambiental, difusa y especular del material
$I_{a\_i(r,g,b)}, I_{d\_i(r,g,b)}, I_{s\_i(r,g,b)}$	colores ambiental, difuso y especular de la luz i
$\vec{N}_p \cdot \vec{L}_i$	producto escalar de la normal al punto p y el vector de la luz i
$\vec{N}_p \cdot \vec{H}_i$	producto escalar de la normal al punto p y el vector H de la luz i
a_i, b_i, c_i	factores de atenuación constante, lineal y cuadrático de la luz i
$d_{i,p}$	distancia entre la luz i con el punto p
$(efectos\_spotlight)_i$	1 si la luz i no es de tipo spotlight

7. Iluminación

- Cambiando el modelo de iluminación.

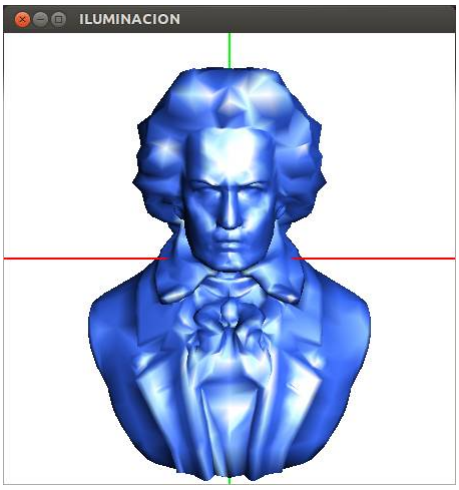
void glLightModel{if}[v] (GLenum p_iluminacion, TYPE parametro) permite controlar como las luces activas afectan a la iluminación de la escena.
La variable p_iluminacion puede ser GL_LIGHT_MODEL_AMBIENT, GL_LIGHT_MODEL_LOCAL_VIEWER o GL_LIGHT_MODEL_TWO_SIDE y parametro indica el valor de la característica, que puede ser un entero, un real o un vector.

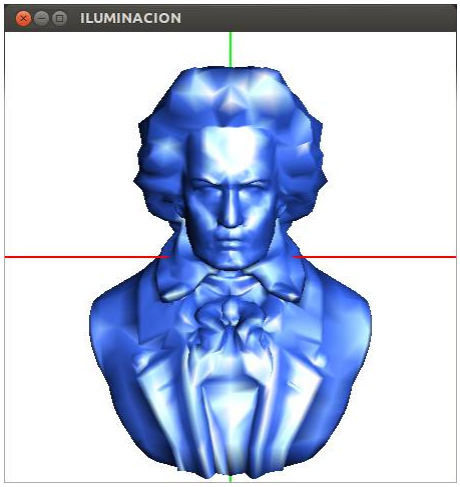
GL_LIGHT_MODEL_AMBIENT define la intensidad una luz ambiental global y sus valores son del tipo RGBA

GL_LIGHT_MODEL_LOCAL_VIEWER modifica el cálculo de las reflexiones especulares. El observador está en Z infinito respecto del sistema de coordenadas del observador (GL_FALSE, valor por defecto) o a una distancia finita (GL_TRUE)

GL_LIGHT_MODEL_TWO_SIDE define si la luz debe iluminar también la parte trasera de las caras (GL_TRUE).

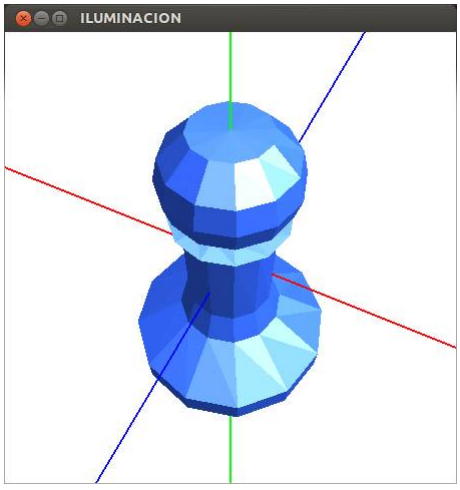
7. Iluminación

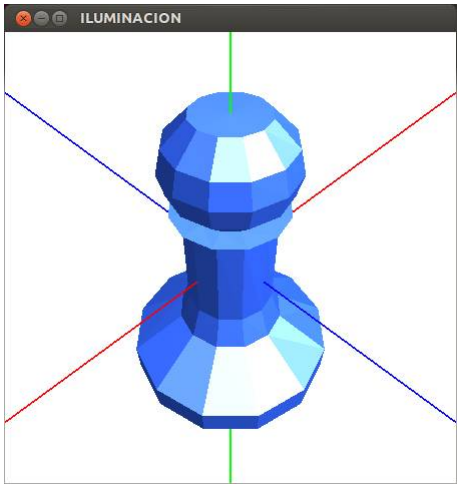





```
...
glLightModeli(GL_LIGHT_MODEL_LOCAL_VIEWER,
                GL_TRUE);
...
```


7. Iluminación

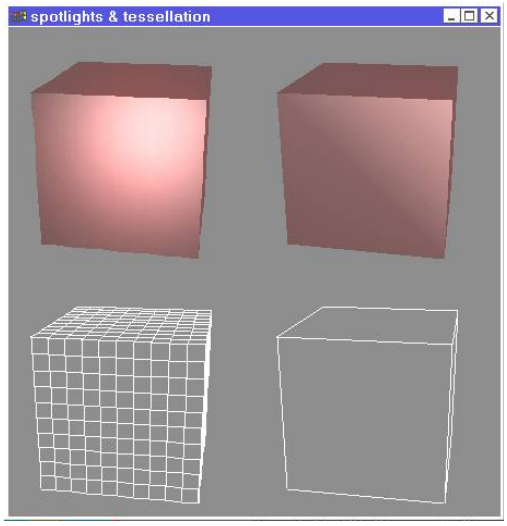





```
glShadeMode(GL_FLAT);
...
glLightModeli(GL_LIGHT_MODEL_LOCAL_VIEWER,
                GL_TRUE);
...
```

7. Iluminación

- La importancia del número y tamaño de las caras.



8. Texturas

- Pasos para utilizar una imagen como textura
  - Cargar la imagen. OpenGL no dispone de funciones para ello.
  - Habilitar uso de texturas
  - Especificar la imagen usada como textura de OpenGL
  - Indicar como la textura se aplica (filtros, repetición)
  - Especificar las coordenadas de textura (texels) para los vértices de los objetos (explícita y procedural)

8. Texturas

- Activar o desactivar la aplicación de texturas.

```
glEnable(GL_TEXTURE_2D);
...
glDisable(GL_TEXTURE_2D);
```

- Especificar la imagen usada como textura

void glTexImage2D (GLenum objetivo, GLint nivel, GLint componentes, GLsizei ancho, GLsizei alto, GLint borde, GLenum formato, GLenum tipo, const GLvoid *texels) donde:
objetivo normalmente vale GL_TEXTURE_2D,
nivel indica el nivel de detalle de la textura (habitualmente vale 0),
componentes indica que componentes de color que se usan (GL_LUMINANCE, GL_LUMINANCE_ALPHA, GL_DEPTH_COMPONENT, GL_RGB o GL_RGBA),
ancho y alto especifican el tamaño de la imagen usada como textura y deben ser potencia de 2 (como mínimo una imagen ha te tener 64x64 píxeles),
borde indica si se utiliza un borde en la textura (1) o no (0) (normalmente es 0),
formato describe los formatos de los píxeles de la imagen (los mismos que en glReadPixels()),
tipo es el tipo de datos usado para los píxeles (GL_BYTE, GL_UNSIGNED_BYTE, GL_SHORT, GL_UNSIGNED_SHORT, GL_INT, GL_UNSIGNED_INT, GL_FLOAT),
*texels un puntero a la imagen de la textura.

8. Texturas

- Especificar como la textura se aplica
  - Filtrado.

void glTexParameteri (GLenum objetivo, GLenum nombre, GLint parametro) donde:

objetivo normalmente vale GL_TEXTURE_2D,
nombre puede valer GL_TEXTURE_MAG_FILTER (si se especifica el filtro para cuando la textura está lejos) o GL_TEXTURE_MIN_FILTER (si se especifica el filtro para cuando la textura está cerca),
parametro indica el tipo de filtro a aplicar que puede ser GL_NEAREST (el texel con coordenadas más cerca del centro del píxel es él que se usa) o GL_LINEAR (se aplica un filtrado bilineal usando una matriz 2x2 de texels para cada píxel).

```
...
glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MAG_FILTER, GL_NEAREST);
glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MIN_FILTER, GL_NEAREST);
...
```

8. Texturas

- Especificar como la textura se aplica
  - Repetición.

void glTexParameterf (GLenum objetivo, GLenum nombre, GLint parametro) donde:

objetivo normalmente vale GL_TEXTURE_2D,
nombre puede valer GL_TEXTURE_WRAP_S (coordenadas X de la textura) o GL_TEXTURE_WRAP_T (coordenadas Y de la textura),
parametro indica la forma de repetición de la textura que puede ser GL_CLAMP (se repite el borde de la textura), GL_CLAMP_TO_EDGE (se ignora el borde), GL_REPEAT (se repite la textura completa) o GL_MIRRORED_REPEAT (se invierte la orientación de la textura en los bordes).

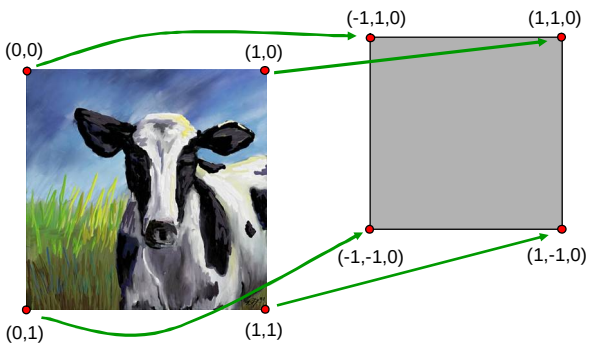
```
...
glTexParameterf(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_WRAP_S, GL_REPEAT);
glTexParameterf(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_WRAP_T, GL_REPEAT);
...
```


8. Texturas

- Especificar la correspondencia entre las coordenadas de la imagen usada como textura y los vértices de los objetos.

void glTexCoord2{f,d} ({GLfloat, GLdoueble} s, {GLfloat, GLdouble} t)

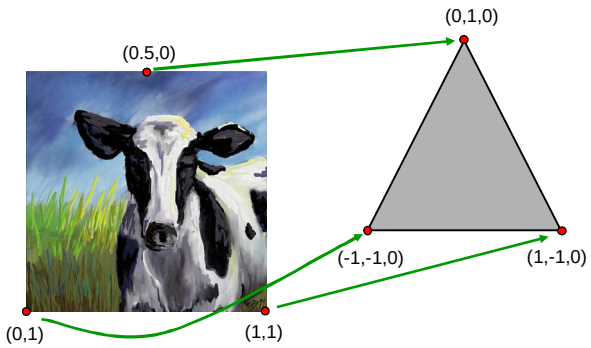
```
...
glBegin(GL_QUADS);
    glNormal3f( 0.0, 0.0, 1.0);
    glTexCoord2f(0.0, 1.0);
    glVertex3f(-1.0, -1.0, 0.0);
    glTexCoord2f(1.0, 1.0);
    glVertex3f( 1.0, -1.0, 0.0);
    glTexCoord2f(1.0, 0.0);
    glVertex3f( 1.0, 1.0, 0.0);
    glTexCoord2f(0.0, 0.0);
    glVertex3f(-1.0, 1.0, 0.0);
 glEnd();
...
```



8. Texturas

- Especificar la correspondencia entre las coordenadas de la imagen usada como textura y los vértices de los objetos.

```
...
glBegin(GL_POLYGON);
    glNormal3f( 0.0, 0.0, 1.0);
    glTexCoord2f(0.0, 1.0);
    glVertex3f(-1.0, -1.0, 0.0);
    glTexCoord2f(1.0, 1.0);
    glVertex3f( 1.0, -1.0, 0.0);
    glTexCoord2f(0.5, 0.0);
    glVertex3f( 0.0, 1.0, 0.0);
glEnd();
...
```



8. Texturas

- Especificar la correspondencia entre las coordenadas de la imagen usada como textura y los vértices de los objetos.

8. Texturas

- Ejemplo.

```
...
#define Ancho_max 512
#define Alto_max 512
GLubyte imagen[Ancho_max][Alto_max][3];
...

void CargaImagen (char *nombre, int N, int M,
                  GLubyte imagen[ ][ ][3])
{
int i, j;
FILE *file;

file=fopen(nombre,"rb");
if (file==NULL)
   {printf("Error fichero\n"); exit(1); }
      for (i = 0; i < N; i++) {
         for (j = 0; j <M ; j++) {
         fread(&Imagen[i][j], sizeof(unsigned char), 3, file);
      }
   }
fclose(file);
}
...
```

```
...
void init_textura (void)
{
CargaImagen("imagen.rgb",imagen,256,256);
glEnable(GL_DEPTH_TEST);
glTexImage2D(GL_TEXTURE_2D, 0, 3,
             256, 256, 0,
             GL_RGB, GL_UNSIGNED_BYTE,
             &Imagen[0][0][0]);
glTexParameterf(GL_TEXTURE_2D,
                GL_TEXTURE_MAG_FILTER,
                GL_LINEAR);
glTexParameterf(GL_TEXTURE_2D,
                GL_TEXTURE_MIN_FILTER,
                GL_LINEAR);
glEnable(GL_TEXTURE_2D);
}
...
```


8. Texturas

- Ejemplo (continuación).

```
...
void init_luces (void)
{
GLfloat ambient[] = {0.5, 0.5, 0.5, 1.0};
GLfloat position[] = {0.0, 0.0, 1.0, 0.0};

GLfloat mat_diffuse[] = {0.9, 0.9, 0.9, 1.0};
...
glEnable(GL_LIGHTING);
glEnable(GL_LIGHT0);
glLightfv(GL_LIGHT0, GL_AMBIENT, ambient);
glLightfv(GL_LIGHT0, GL_POSITION, position);
...
glMaterialfv(GL_FRONT, GL_DIFFUSE, mat_diffuse);
}
...
void objeto (void)
{
glBegin(...)
   glNormal3f(...);
   glTexCoord2f(...);
   glVertex3f(...);
   ...
glEnd();
}
```

```
...
void display (void)
{
glClear (GL_COLOR_BUFFER_BIT |
GL_DEPTH_BUFFER_BIT);
glMatrixMode( GL_MODELVIEW);
...
objeto();
...
}
...
int main (int argc, char** argv)
{
...
init_luces();
init_textura():
...
}
```

8. Texturas

- Aplicación procedural de texturas a objetos.
  - Se utiliza la función de generación de coordenadas de textura

void glTexGen{ifd}[v](GLenum coordenadas, GLenum nombre, GLint parametro) donde:

coordenadas puede valer GL_S o GL_T

nombre puede ser GL_TEXTURE_G_MODE, GL_OBJECT_PLANE o GL_EYE_PLANE.

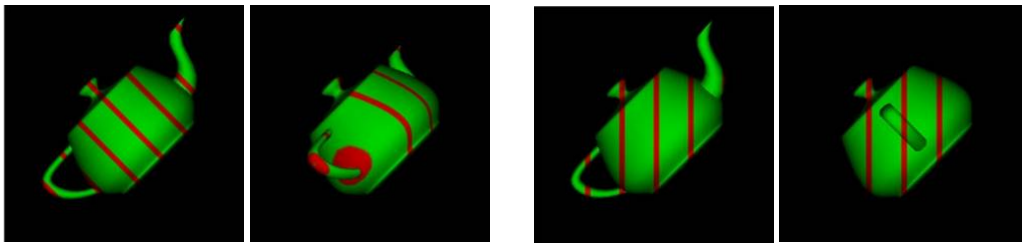
parametro indica como se ha de calcular la transformación de la textura. Cuando fijamos la variable nombre=GL_TEXTURE_G_MODE, parametro puede valer GL_OBJECT_LINEAR, GL_EYE_LINEAR, GL_SPHERE_MAP o GL_NORMAL_MAP. Si fijamos nombre bien a GL_OBJECT_PLANE o bien a GL_EYE_PLANE, parametro ha de ser un vector que contenga los coeficientes de la ecuación de un plano Ax+By+Cz+D=0

  - Se activa esta generación de coordenadas de textura

```
…
glEnable(GL_TEXTURE_GEN_S);
glEnable(GL_TEXTURE_GEN_T);
…
```


8. Texturas

- Aplicación procedural de texturas a objetos.
  - Con GL_OBJECT_LINEAR la textura se mueve con en objeto
  - Con GL_EYE_LINEAR las coordenadas de textura se calculan conrespecto al observador



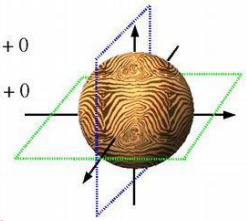
8. Texturas

- Aplicación procedural de texturas a objetos.
  - Ejemplo 1

```
…
static GLfloat plano_s[4]={1.0, 0.0, 0.0, 0.0},
               plano_t[4]={0.0, 1.0, 0.0, 0.0};
…
CargaImagen(…);
glTexImage2D(GL_TEXTURE_2D, 0, 3, …,
                …, 0, GL_RGB, GL_UNSIGNED_BYTE,
                &ColorImagen[0][0][0]);
```

$S = 1x + 0y + 0z + 0$

$T = 0x + 1y + 0z + 0$



```
glTexParameterf(GL_TEXTURE_2D,GL_TEXTURE_MAG_FILTER,GL_NEAREST);
glTexParameterf(GL_TEXTURE_2D,GL_TEXTURE_MIN_FILTER,GL_NEAREST);
glTexParameterf(GL_TEXTURE_2D,GL_TEXTURE_WRAP_S,GL_REPEAT);
glTexParameterf(GL_TEXTURE_2D,GL_TEXTURE_WRAP_T,GL_REPEAT);
glEnable(GL_TEXTURE_2D);

glTexGeni(GL_S,GL_TEXTURE_GEN_MODE,GL_OBJECT_LINEAR);
glTexGenfv(GL_S,GL_OBJECT_PLANE,plano_s);
glTexGeni(GL_T,GL_TEXTURE_GEN_MODE,GL_OBJECT_LINEAR);
glTexGenfv(GL_T,GL_OBJECT_PLANE,plano_t);
glEnable(GL_TEXTURE_GEN_S);
glEnable(GL_TEXTURE_GEN_T);
…
glutSolidSphere(2.8,24,24);
```

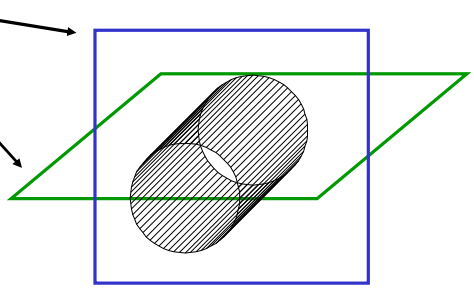

8. Texturas

- Aplicación procedural de texturas a objetos.
  - Ejemplo 1 (continuación). Problema en la aplicación de la textura

8. Texturas

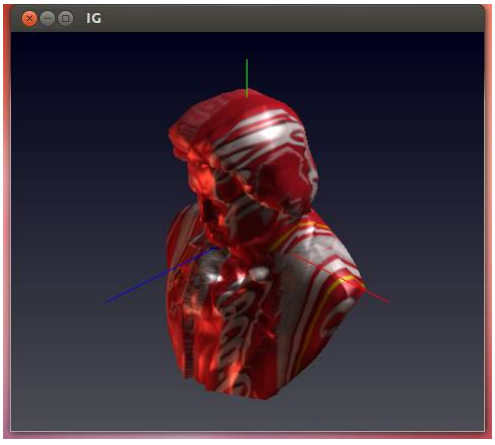
- Aplicación procedural de texturas a objetos.
  - Ejemplo 2

```
…
static GLfloat plano_s[4]={0.0, 0.0, 1.0, 0.0},
                plano_t[4]={0.0, 1.0, 0.0, 0.0};
…
qobj = gluNewQuadric();
gluQuadricDrawStyle(qobj,GLU_FILL);
gluCylinder(qobj,2.5,2.5,3.5,24,2);
….
```



8. Texturas

- Aplicación procedural de texturas a objetos.
  - Objeto PLY



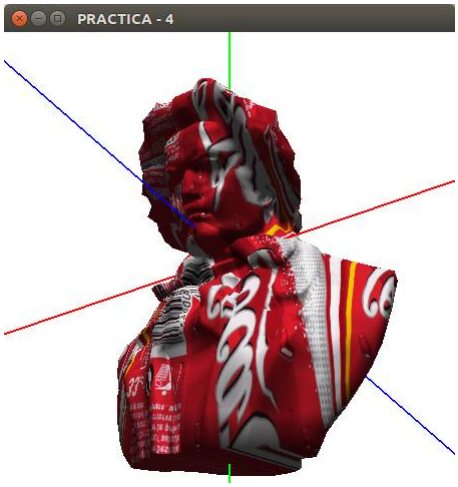
8. Texturas

- Aplicación procedural de texturas a objetos.
  - Objeto PLY


```
…
static GLfloat
      plano_s[4]={1.0, 0.0, 0.0, 0.0},
      plano_t[4]={0.0, 1.0, 0.0, 0.0};
…
```


8. Texturas

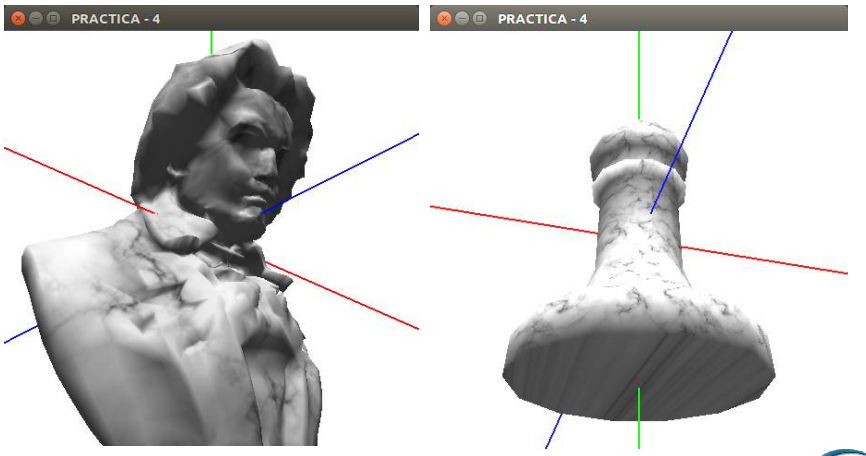
- Aplicación procedural de texturas a objetos.
  - Objeto PLY




```
…
static GLfloat
      plano_s[4]={1.0, 0.0, 0.0, 0.0},
      plano_t[4]={0.0, 1.0, 0.0, 0.0};
…

// Se calculan los valores máximos y
// mínimos de los vértices de la figura
plano_s[0]/=(max_x-min_x);
plano_t[1]/=(max_y-min_y);
```

8. Texturas

- Aplicación procedural de texturas a objetos.
  - Objeto PLY y objeto por revolución con textura natural



8. Texturas

- Usando más de una textura.
  - OpenGL puede usar varias texturas pero solo una estará activa
  - Para diferenciar las texturas se les asigna un identificador

`void glGenTextures( GLsizei n, GLuint * ind_texturas)` donde:

n es un número entero
ind_texturas es un puntero a un array de enteros sin signo. Devuelve en ind_texturas los identificadores asignados a las n texturas

```
GLuint id_t;
//  Crea un solo identificador
glGenTextures(1, &id_t);
```

```
GLuint  id_t[N] ;
// Crea varios idendificadores
glGenTextures(N, id_t);
```

8. Texturas

- Usando más de una textura.
  - Cambiando la textura activa

void glBindTexture(GLenum objetivo, GLuint ind_textura) donde:

objetivo es normalmente GL_TEXTURE_2D
ind_textura es el identificador de textura a activar

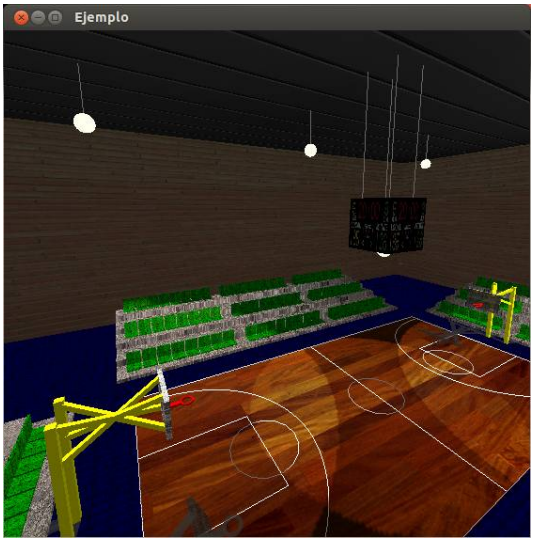
```
// cubo con texturas distintas en sus caras
GLuint  id_t[6] ;
glGenTextures(6, id_t);
…
glBindTexture(GL_TEXTURE_2D,id_t[0]);
CargarImagen(…);
glTexImage2D(…);
...
glBindTexture(GL_TEXTURE_2D,id_t[1]);
CargarImagen(…);
glTexImage2D(…);
…
```

```
…
glBindTexture(GL_TEXTURE_2D,id_t[0]);
// cara frontal del cubo
glBegin(GL_QUADS);
   glTexCoord2f(0.0,0.0); glVertex3f(-1.0, 1.0, 1.0);
   …
glEnd();
// seleccionar otra textura
glBindTexture(GL_TEXTURE_2D,id_t[1]);
glBegin(GL_QUADS);
    glTexCoord2f(0.0,0.0f); glVertex3f(1.0,1.0,1.0);
    ….
glEnd();
...
```


8. Texturas

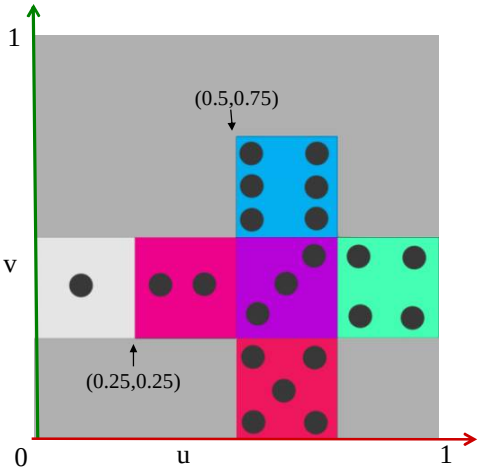
- Usando más de una textura.

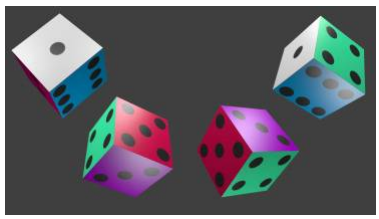
Andrés Campos Guijarro
FIG curso 2010



8. Texturas

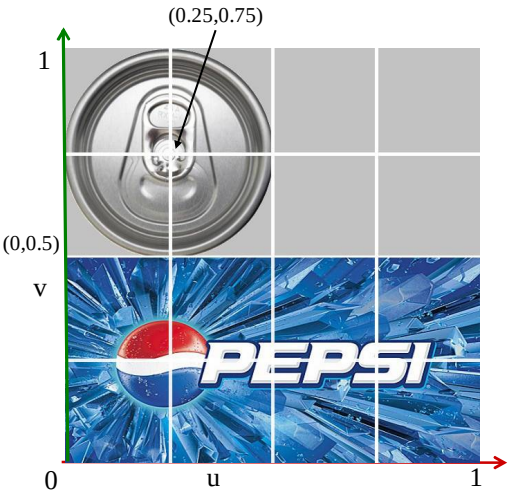
- Trucos. Usando una única textura

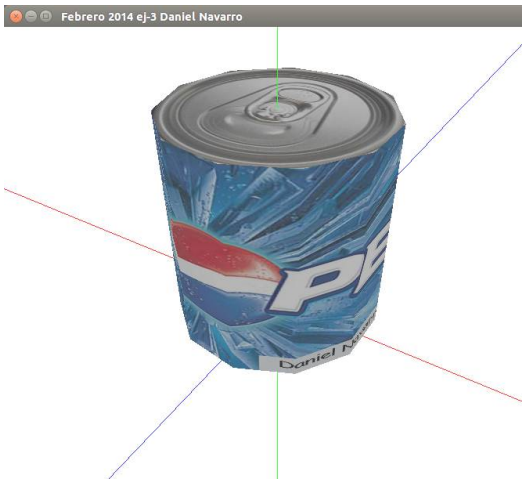




8. Texturas

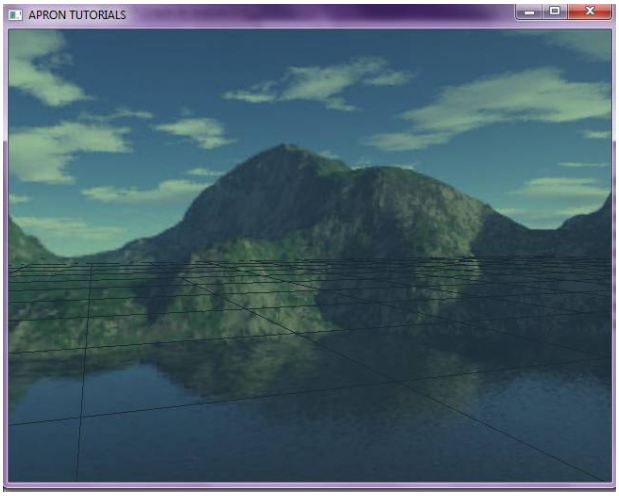
- Trucos. Usando una única textura

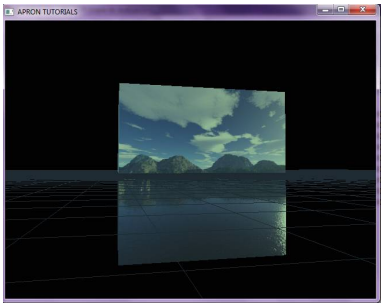




8. Texturas

- Trucos. Skybox

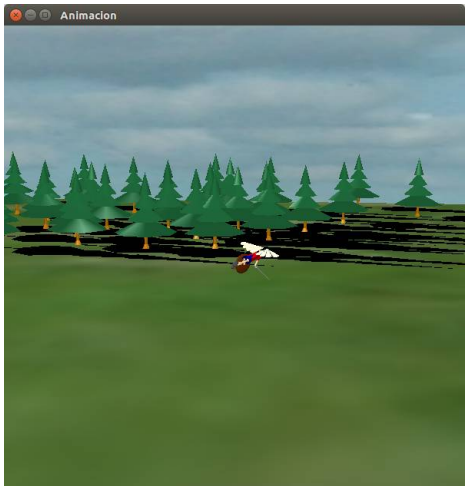




http://www.morrowland.com/apron/tut_gl.php

8. Texturas

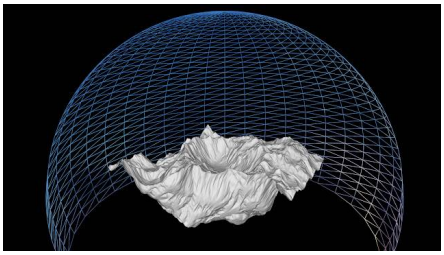
- Trucos. Skybox

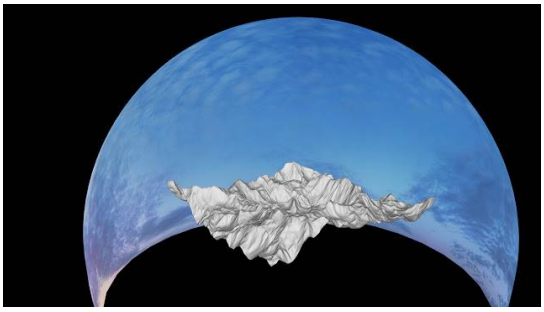


Juan Marfil Bustos
FIG curso 2006

8. Texturas

- Trucos. Skysphere





9. Selección

- Pasos para realizar una selección
  - Indicar un "buffer de selección" que será el que contenga el resultado de la selección. Se usa glSelectBuffer().
  - Entrar en el modo selección con glRenderMode(GL_SELECT).
  - Inicializar la pila de nombres que designaran los elementos a seleccionar. Se usa glInitNames() y glPushName().
  - Definir el volumen de vista para la selección, de modo que haya una pequeña ventana de selección (mínimo un píxel).
  - Dibujar la escena asignado nombres a los elementos que se quieran seleccionar,
  - Salir del modo de selección y procesar el "buffer de selección".

9. Selección

- El “buffer de selección” es un vector de números naturales y se crea antes de entrar al modo de selección
- Puede ser local a un procedimento o global

```
#define tam_buffer  100
…
void pick(…)
{
GLuint selectBuf[tam_buffer]={0};
…
// declarar buffer de selección
glSelectBuffer(tam_buffer, selectBuf);
…
}
```


9. Selección

- OpenGL tiene tres modos de funcionamiento:
  - GL_RENDER es el modo por defecto
  - GL_SELECT devuelve los nombres o identificadores de los elementos seleccionados
  - GL_FEEDBACK devuelve información geométrica de los elementos dibujados

void glRenderMode(GLenum modo) donde modo es GL_RENDER, GL_SELECT, GL_FEEDBACK

```
void pick(…)
{
Glint hits;
…
// activar selección
glRenderMode(GL_SELECT);
// hacer selección
…
// desactivar selección
hits=glRenderMode(GL_RENDER);
…
}
```

9. Selección

- Inicializar la pila de nombres

void glInitNames(void) borra la pila de nombres o identificadores para la selección, dejándola vacía

void glPushName(GLint id) donde id es el nombre asignado a un elemento de la escena. El valor inicial debe ser cero

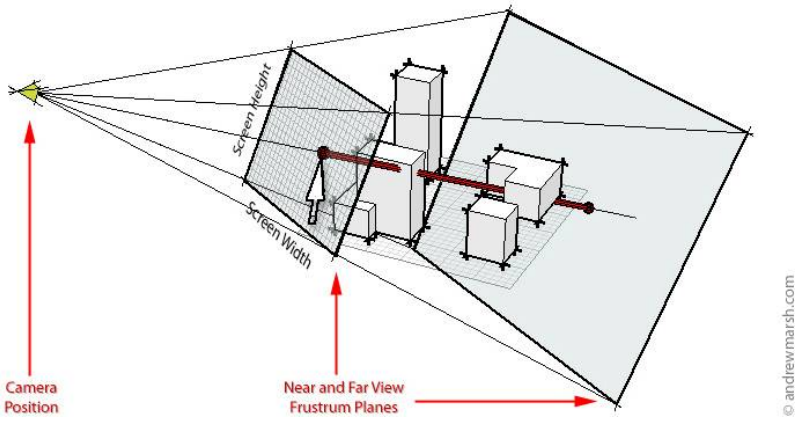
```
void pick (…)
…
glRenderMode (GL_SELECT);
// inicializar pila de nombres
glInitNames();
glPushName(0);
…
}
```


9. Selección

- Definir el volumen de vista para la selección
  - Se tiene que calcular una matriz de proyección restringida a una pequeña región del viewport alrededor del cursor usado en la selección
  - En el modo de selección solo se hace el dibujado de la escena para esta pequeña región del viewport
  - Esta matriz de proyección se llama matriz de selección (picking)
  - En la selección se determina que elementos gráficos están más cerca del cursor
  - Se realiza la transformación de coordenadas de dispositivo (región del viewport) a coordenadas de vista (región de selección)
  - Se usa la función gluPickMatrix() para calcular la matriz de selección

9. Selección

- Definir el volumen de vista para la selección



http://andrewmarsh.com/blog/2011/12/04/gluunproject-p3d-and-opengl-sketches

9. Selección

- Definir el volumen de vista para la selección

void gluPickMatrix(GLdouble X, GLdouble Y, GLdouble ancho, GLdouble alto, Glint viewport[4])
esta función calcula la matriz de selección que se multiplica por la matriz almacenada en la pila GL_PROJECTION, donde:

X, Y es el centro de la región de selección, expresado en coordenadas de dispositivo,

ancho, alto tamaño en píxeles de la región de selección

viewport[4] datos del viewport

```
void pick(...)
{
GLint Viewport[4];
...
// obtener datos viewport
glGetIntegerv (GL_VIEWPORT, Viewport);
...
// crear matriz de selección
glMatrixMode (GL_PROJECTION);
glLoadIdentity ();
gluPickMatrix ( x, Viewport[3] - y, ancho, alto, Viewport);
glFrustum(Min_x,Max_y,Min_y,Max_y,Front_plane,Back_plane);
...
```

9. Selección

- Dibujar la escena asignando nombres
  - OpenGL usa una pila de números naturales como nombres para los elementos de una escena
  - Dos elementos gráficos tienen nombre distintos si el contenido de la pila es distinto

`void glLoadName(GLuint iden)` coloca en el tope de la pila el valor indicado por `iden`

`void glPushName(GLuint iden)` apila el nombre `iden`

`void glPopName(void)` desapila un nombre

`void glInitNames(void)` borra la pila de nombres

9. Selección

- Dibujar la escena asignando nombres
  - Identificando objetos

```
void dibujar_escena(int modo)
{
…
If (modo==GL_SELECT) glLoadName(1);
dibujar_objeto1();
If (modo==GL_SELECT) glLoadName(2);
dibujar_objeto2();
…
}
```

  - Identificando elementos

```
…
for (i=0;i<n_caras;i++)
   {glLoadName(i);
    glBegin(GL_TRIANGLES);
        glVertex3f();
          …
   glEnd();
  }
…
```

9. Selección

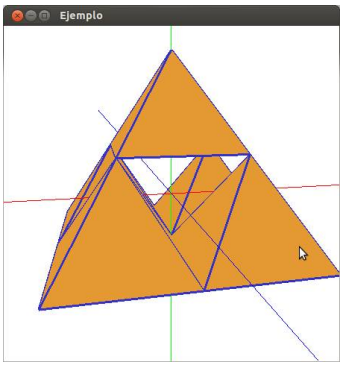
- Dibujar la escena asignando nombres
  - Estableciendo una jerarquía con glPushName y glLoadName

```
// Dibujo de un tablero de ajedrez
...
for ( i=0;i<7;i++ )
     {glPushName(i);
      glTranslatef(1.0,0.0,0.0);
      glPushMatrix();
      for (j=0;j<7;j++)
           {glLoadName(j);
            glTranslatef(0.0,1.0,0.0);
            pintar_casilla();
           }
      glPopName();
      glPopMatrix();
     }
```


9. Selección

- Ejemplo

```
void draw_objects(int modo)
{
glTranslatef(0.0,-0.4,0.0);
glPushMatrix();
glTranslatef(0.0,0.8,0.0);
if (modo==GL_SELECT) glLoadName(1);
draw_solido(piramide1,0.2,0.2,0.8,1);
// se cambia el color cuando se selecciona
draw_solido(piramide1,piramide1->r,piramide1->g,piramide1->b,2);
glPopMatrix();

…

glPushMatrix();
glTranslatef(0.5,0.0,-0.5);
if (modo==GL_SELECT) glLoadName(5);
draw_solido(piramide5,0.2,0.2,0.8,1);
draw_solido(piramide5,piramide5->r,piramide5->g,piramide5->b,2);
glPopMatrix();
}
```



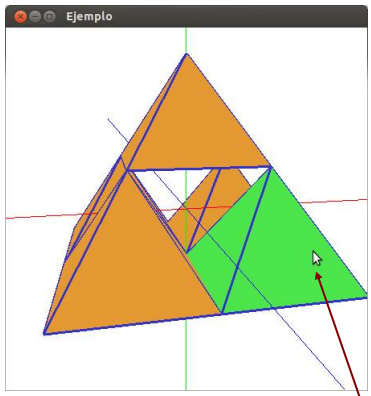
9. Selección

```
void pick (int x, int y)
{ GLuint selectBuf[100]={0};
  GLint viewport[4], hits=0;
  // Declarar buffer de selección
  glSelectBuffer(100, selectBuf);
  // Obtener los parámetros del viewport
  glGetIntegerv (GL_VIEWPORT, viewport);
  // Pasar OpenGL a modo selección
  glRenderMode (GL_SELECT);
  glInitNames();  glPushName(0);
  //  Fijar la transformación de proyección para la selección
  glMatrixMode (GL_PROJECTION);
  glLoadIdentity ();
  gluPickMatrix (x,(viewport[3] - y),5.0, 5.0, viewport);
  glFrustum(-Window_width,Window_width,-Window_height,Window_height,Front_plane,Back_plane);
  // Dibujar la escena
  draw_scene();
  // Pasar OpenGL a modo render
  hits = glRenderMode (GL_RENDER);
  // Restablecer la transformación de proyección
  glMatrixMode (GL_PROJECTION);
  glLoadIdentity();
  glFrustum(-Window_width,Window_width,-Window_height,Window_height,Front_plane,Back_plane);
  //  Procesar el contenido del buffer de selección
  procesar_hits(hits, selectBuf);
 // Dibujar la escena para actualizar cambios
  draw_scene(); }
```


9. Selección

- Ejemplo

```
void procesar_hits(GLint hits, GLuint *names)
{
…
// mostrar contenido de la pila
printf("%d hits:\n", hits);
for (i = 0; i < hits; i++)
        printf("Número: %d\n"
                "Min Z: %d\n"
                "Max Z: %d\n"
                "Nombre en la pila: %d\n",
                 (GLubyte)names[i * 4],
                 (GLubyte)names[i * 4 + 1],
                 (GLubyte)names[i * 4 + 2],
                 (GLubyte)names[i * 4 + 3]);
printf("\n");

switch (names[0+3])
          {case 1:
….
// procesar el cambio de color

…
}
```



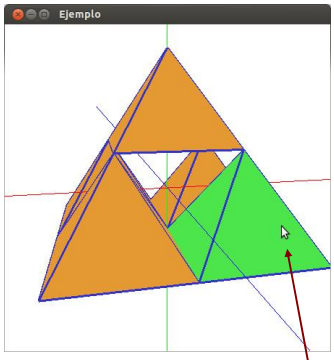

```
1 hits:
Número: 1
Min Z: 0
Max Z: 0
Nombre en la pila: 3
```

Posición cursor

Contenido de la pila de nombres para la pirámide seleccionada

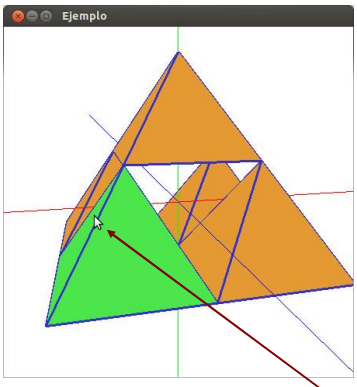
9. Selección

- Ejemplo




```
1 hits:
Número: 1
Min Z: 0
Max Z: 0
Nombre en la pila: 3
```

Posición cursor




```
2 hits:
Número: 1
Min Z: 0
Max Z: 0
Nombre en la pila: 2
Número: 1
Min Z: 0
Max Z: 0
Nombre en la pila: 4
```

Posición cursor

9. Selección

- Interpretar datos de la pila de nombres
  - Se almacena la información en bytes
  - Para cada elemento gráfico seleccionado tenemos:

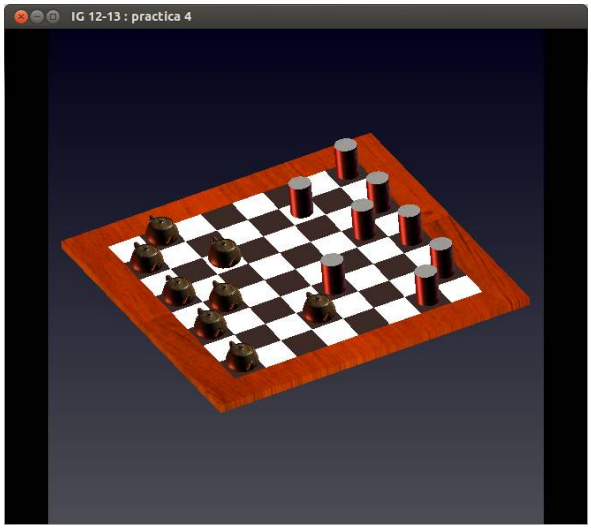
Número de nombres en la pila	Z mínimo	Z máximo	nombre	nombre	...	nombre

Ejemplo: dos elementos seleccionados, uno con una pila de nombres de tamaño 1 y el otro con pila de tamaño 4

1	Z mínimo	Z máximo	nombre1	4	Z mínimo	Z máximo	nombre1	nombre2	nombre3	nombre4

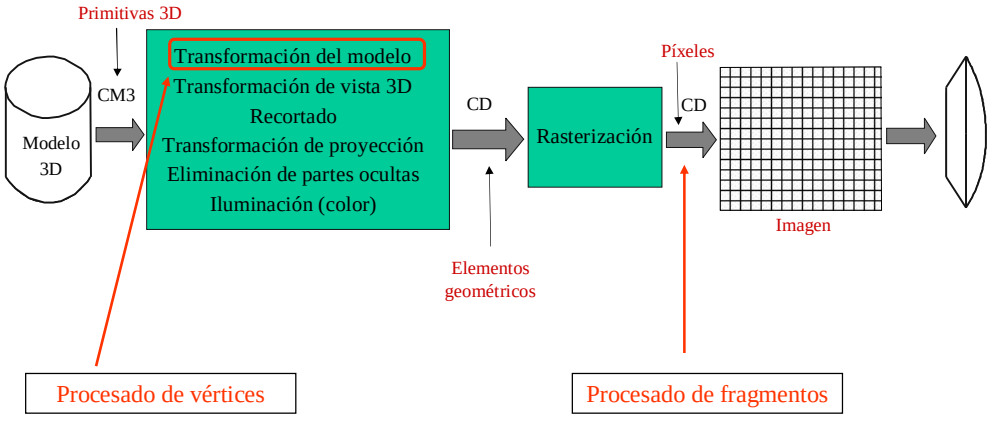
9. Selección

- Ejemplo



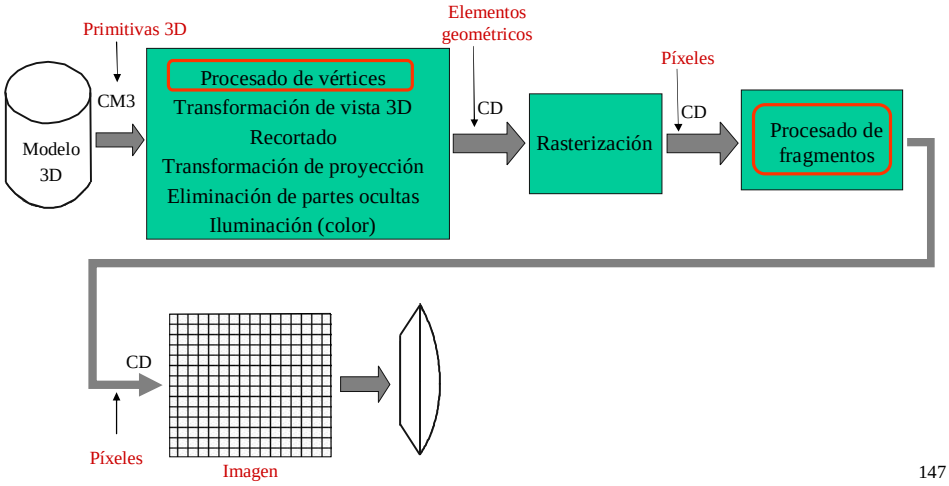
10. Lenguaje de shading

- Definición. Procesado gráfico fijo



10. Lenguaje de shading

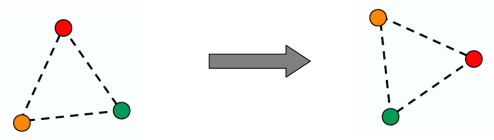
- Definición. Procesado gráfico programable



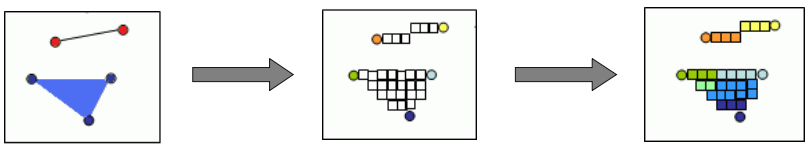
147

10. Lenguaje de shading

- Procesado de vértices o "Vertex Shader"



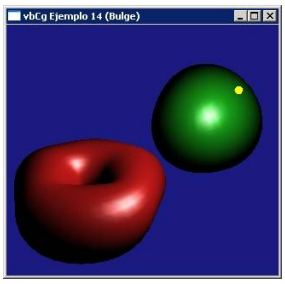
- Procesado de fragmentos o "Fragment Shader"



148

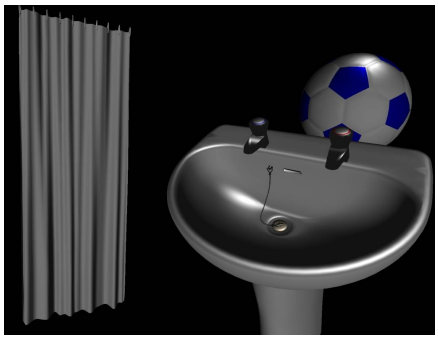
10. Lenguaje de shading

- Vertex Shader



10. Lenguaje de shading

- Fragment Shader



10. Lenguaje de shading

- Cg de Nvidia (histórico)
- GLSL OpenGL Shading Language
- HLSL High-Level Shader Language (usado con Direct3D)
- RSL Renderman Shading Language
- Houdini VEX (vector expression)

10. Lenguaje de shading

- GLSL "OpenGL Shading Language". Aparece a partir de OpenGL 2.0
- Su especificación procede de OpenGL ARB "Architecture Review Board" (consorcio de empresas del que depende la evolución de OpenGL)
  - http://www.kronos.org
- Características de GLSL similares a un lenguaje de programación
  - Lenguaje basado en C++
  - Tipos de datos básicos y definidos por el usuario
  - Operadores, expresiones, estructuras, funciones, sentencias
  - Directivas al compilador

10. Lenguaje de shading

- Tipos de datos

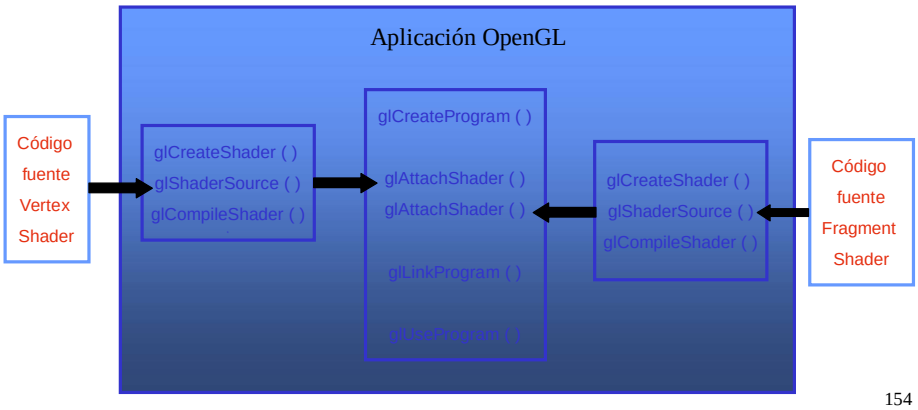
void, bool, int, uint, float

vec2	vector de dos números tipo **float**
vec3	vector de tres números tipo **float**
vec4	vector de cuatro números tipo **float**
bvec2	vector de dos números tipo **bool**
bvec3	vector de tres números tipo **bool**
bvec4	vector de cuatro números tipo **bool**
ivec2	vector de dos números tipo **int**
ivec3	vector de tres números tipo **int**
ivec4	vector de cuatro números tipo **int**
mat2	matriz 2×2 de números tipo **float**
mat3	matriz 3×3 de números tipo **float**
mat4	matriz 4×4 de números tipo **float**
mat2x2	como **mat2**
mat2x3	matriz 2x3 (columnasxfilas) tipo **float**
mat2x4	matriz 2x4 (columnasxfilas) tipo **float**
mat3x2	matriz 3x2 (columnasxfilas) tipo **float**
mat3x3	como **mat3**
mat3x4	matriz 3x4 (columnasxfilas) tipo **float**
mat4x2	matriz 4x2 (columnasxfilas) tipo **float**
mat4x3	matriz 4x3 (columnasxfilas) tipo **float**
mat4x4	como **mat4**
sampler1D	enlace a una textura 1D
sampler2D	enlace a una textura 2D
sampler3D	enlace a una textura 3D
samplerCube	enlace a una textura a aplicar a las caras de un cubo
sampler1DShadow	
sampler2DShadow	

153

10. Lenguaje de shading

- Creación de shaders
- Se han de crear dos programas (vertex y fragment shaders) que se enlazan con una aplicación OpenGL



154

10. Lenguaje de shading

- Ejemplo (Vertex Shader) (ejemplo.vert) (versión GLSL hasta 1.3)

```
uniform float temperatura_menor;
uniform float temperatura_rango;

/* el calificativo attribute indica una variable que cambia para cada vértice */
attribute float  vertex_temp;

/* el calificativo varying indica una variable accesible tanto para el vertex como el fragment
shader */
varying float temperatura;

void main ( )
{
   temperatura=(vertex_temp-temperatura_menor)/temperatura_rango;

   /* instrucción principal de un vertex shader: multiplica una matriz por los vértices */
   gl_Position=gl_ModelViewProjectionMatrix*gl_Vertex;
}
```

155

10. Lenguaje de shading

- Ejemplo (Fragment Shader)(ejemplo.frag)(versión GLSL hasta 1.3)

```
precision highp float;
uniform vec3 color_mas_frio;
uniform vec3 color_mas_calido;

/* el calificativo varying indica una variable accesible tanto para el vertex
como el fragment shader */
varying float temperatura;

void main ( ) {
  /* interpolación del color según el valor de la temperatura */
  vec3 color=mix(color_mas_frio, color_mas_calido, temperatura);

  /* función principal de un fragment shader:  color aplicado a los
     fragmentos */
  gl_FragColor=vec4(color, 1.0);
}
```

156

10. Lenguaje de shading

- Ejemplo (aplicación OpenGL)

```
/* variables globales */
GLuint prog=0;
GLuint  vertexShader;
GLuint  fragmentShader;
```

```
void Shaders( )
{
   const GLchar *vertexFile="ejemplo.vert",
   const GLchar *fragmentFile="ejemplo.frag";

   vertexShader=glCreateShader(GL_VERTEX_SHADER);
   glShaderSource(vertexShader, 1, &vertexFile, 0);
   glCompileShader(vertexShader);

   fragmentShader=glCreateShader(GL_FRAGMENT_SHADER);
   glShaderSource(fragmentShader, 1, &fragmentFile, 0);
   glCompileShader(fragmentShader);

   prog=glCreateProgram( );
   glAttachShader(prog, vertexShader);
   glAttachShader(prog, fragmentShader);
   glLinkProgram(prog);
   glUseProgram(prog);
}
```

157

10. Lenguaje de shading

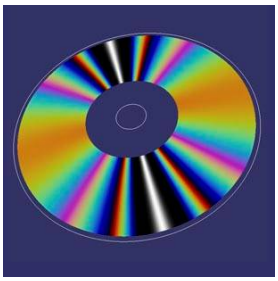
- Ejemplo (aplicación OpenGL)

```
main(int argc, char **argv)
{
   char file_vert[]="ejemplo.vert",
        file_frag[]="ejemplo.frag";

   ...
   glutInit(&argc, argv);
   glutCreateWindow(" Shader ");

   readShaderSource(file_vert, &vertexFile);  /* función para leer el shader */
   readShaderSource(file_frag, &fragmentFile);
   Shaders();
   ...
   glutReshapeFunc(reshape);
   glutDisplayFunc(display);
   glutMainLoop();

   return 0;
}
```

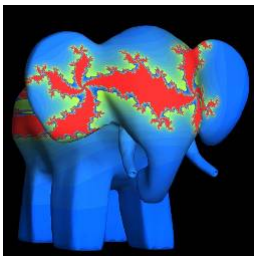
158

10. Lenguaje de shading

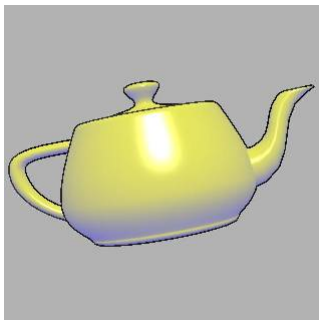
- Ejemplos de shaders



Difracción



Conjunto Julia



Shader de Amy y Bruce Gooch

10. Lenguaje de shading

- Entornos de desarrollo que Facilitan la creación de Shader
- AMD GPU PerfStudio
  http://developer.amd.com/tools-and-sdks/graphics-development/gpu-perfstudio/
- Kick.js Shader Editor (editor online)
  http://www.kickjs.org/example/shader_editor/shader_editor.html
- GeexLab y GLSL Hacker
  http://www.geeks3d.com/geexlab/
  http://www.geeks3d.com/glslhacker/

10. Lenguaje de shading

- Ejemplo de diferencias entre GLSL 1.3 y GLSL 1.4

```
varying vec3 nor;
void main()
    {
     vec4 v = vec4(gl_Vertex);
    nor = gl_NormalMatrix * gl_Normal;
    gl_Position = gl_ModelViewProjectionMatrix * v;
   }
```

```
attribute vec3 vertex;
attribute vec3 normal;

uniform mat4 _mvProj; //  matriz model-view-projectionx
uniform mat3 _norm; // matriz de normales

varying vec3 nor;
void main()
    {
     nor = _norm * normal;
     gl_Position = _mvProj * vec4(vertex, 1.0);
   }
```


10. Lenguaje de shading

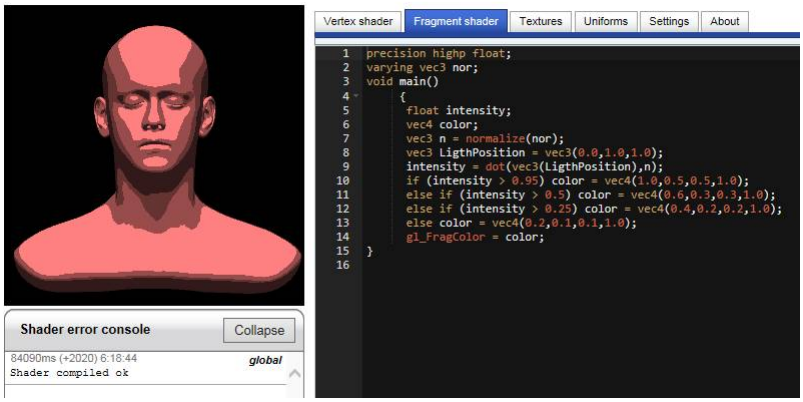
- Ejemplo de diferencias entre GLSL 1.3 y GLSL 1.4

```
varying vec3 nor;
void main()
    {
     float intensity;
     vec4 color;
     vec3 n = normalize(nor);
     intensity = dot(vec3(gl_LightSource[0].position),n);
     if (intensity > 0.95) color = vec4(1.0,0.5,0.5,1.0);
    else if (intensity > 0.5) color = vec4(0.6,0.3,0.3,1.0);
    else if (intensity > 0.25) color = vec4(0.4,0.2,0.2,1.0);
    else color = vec4(0.2,0.1,0.1,1.0);
    gl_FragColor = color;
}
```

```
precision highp float;
varying vec3 nor;
void main()
    {
     float intensity;
     vec4 color;
     vec3 n = normalize(nor);
     vec3 LigthPosition = vec3(0.0,1.0,1.0);
     intensity = dot(vec3(LigthPosition),n);
     if (intensity > 0.95) color = vec4(1.0,0.5,0.5,1.0);
     else if (intensity > 0.5) color = vec4(0.6,0.3,0.3,1.0);
     else if (intensity > 0.25) color = vec4(0.4,0.2,0.2,1.0);
     else color = vec4(0.2,0.1,0.1,1.0);
     gl_FragColor = color;
}
```

10. Lenguaje de shading

- Ejemplo de shader con Kick.js Editor



10. Lenguaje de shading

- Ejemplo de shader con Shdr Editor