Cámara

- Matriz de modelado y matriz de vista
- Transformaciones: relativas al sistema global o a la propia cámara
- Desplazamiento en cada uno de sus ejes
- Cambios en la dirección de vista
- Proyecciones: ortogonal y perspectiva
- Varios puertos de vista

Ana Gil Luezas
Departamento de Sistemas Informáticos y Computación
Facultad de Informática
Universidad Complutense de Madrid

Posición y orientación de la cámara

- Para colocar la cámara podemos establecer, en coordenadas cartesianas (globales), un punto para su posición (**eye**), el punto al que mira (**look**) y la inclinación (**up**):

```
glm::dvec3 mEye, mLook, mUp; // Atributos de la clase Camera
```

eye, look y up definen un marco de coordenadas: el marco de la cámara, o la matriz de modelado de la cámara.

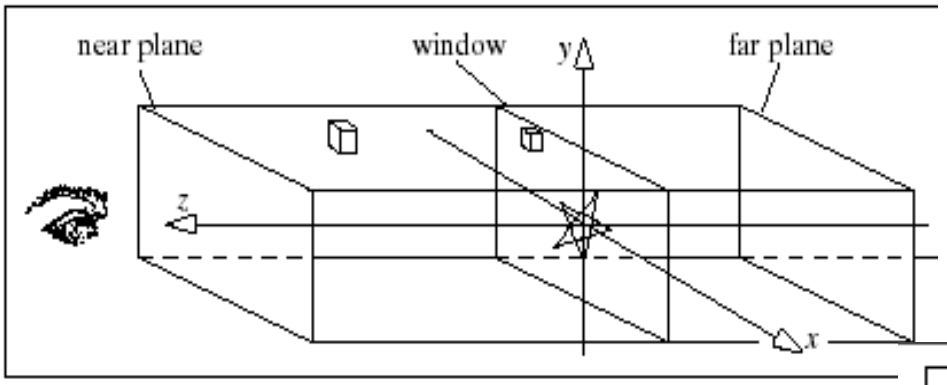
- lookAt(eye,look,up) genera la matriz de vista: la inversa de la matriz de modelado de la cámara

```
glm::dmat4 mViewMat = glm::lookAt(mEye, mLook, mUp);
                      // Atributo de la clase Camera
```

Posición y orientación de la cámara

Ejemplos: Los argumentos eye, look y up se dan en coordenadas globales.

```
mViewMat =  lookAt(mEye, mLook, mUp);
```

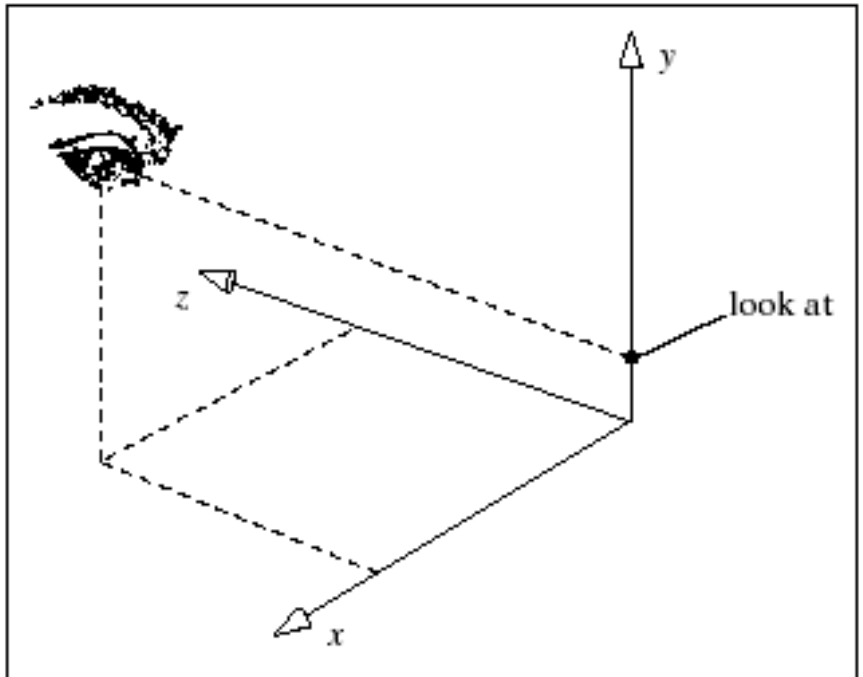


set2D() (vista Frontal):

```
mEye = dvec3(0, 0, 500);
mLook = dvec3(0, 0, 0);
mUp = dvec3(0, 1, 0);
```

set3D():

```
mEye = dvec3(100, 100, 100);
mLook = dvec3(0, 10, 0);
mUp = dvec3(0, 1, 0);
```



¿Vista cenital?

Marco de la cámara

- eye, look y up definen el marco de coordenadas Mc = (u, v, n, e) dado por:

n (z) = normalize(eye – look) // **-n** es la dirección de vista (front)

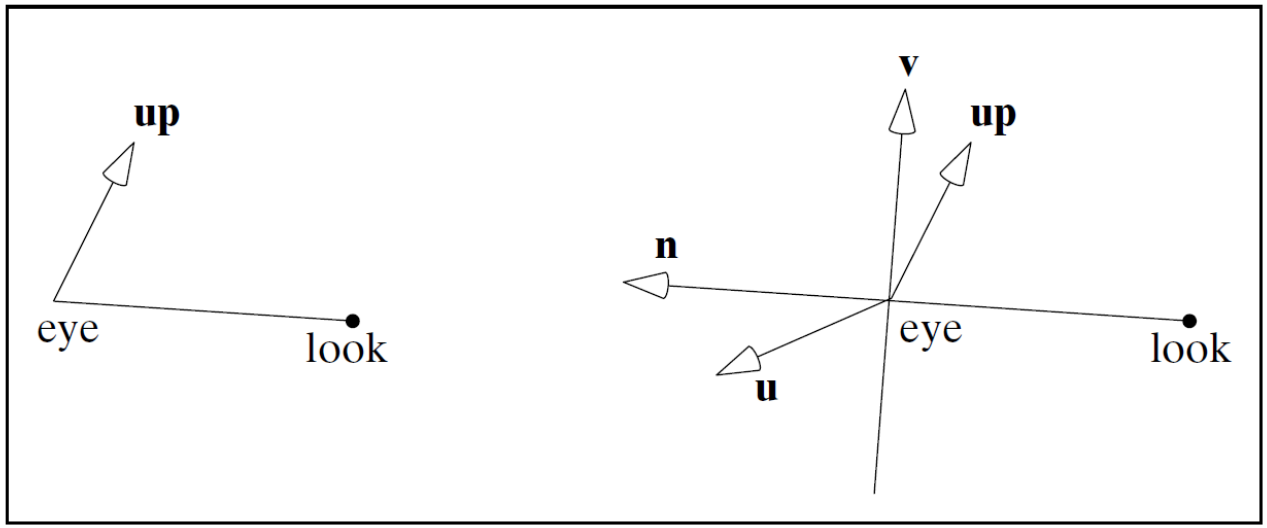
u (x) = normalize(cross(up, **n**)) // ortogonal a up y **n** (right)

v (y) = normalize(cross(**n**, **u**)) // ortogonal a **n** y **u** (upward)

e = eye

Matriz del marco (Mc)

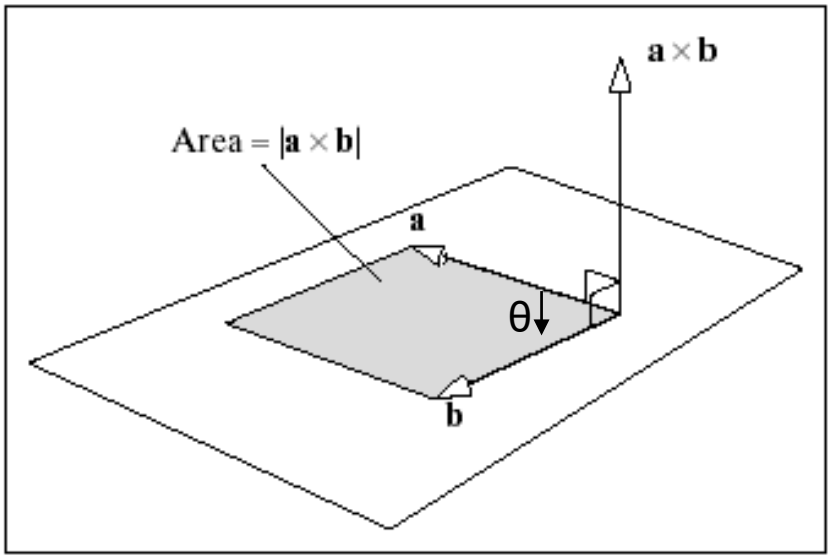
$$\begin{pmatrix} ux & vx & nx & ex \\ uy & vy & ny & ey \\ uz & vz & nz & ez \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$



Producto vectorial

cross(a, b) = -cross(b, a) =

$$\begin{vmatrix} i & j & k \\ ax & ay & az \\ bx & by & bz \end{vmatrix} = \begin{pmatrix} aybz - azby \\ azbx - axbz \\ axby - aybx \end{pmatrix}$$



|cross(a, b)| = |a| |b| sin θ

θ = 0 -> sin(0) = 0 -> a || b -> Error

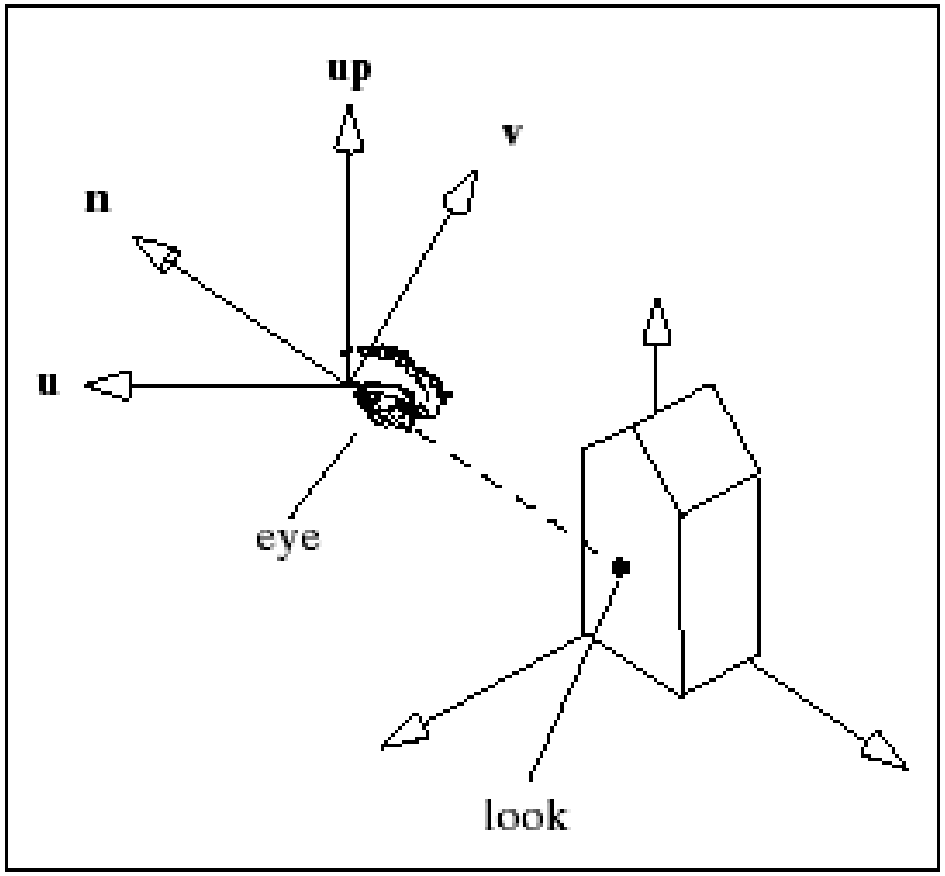
Regla de la mano derecha
o del sacacorchos

Producto escalar:

a . b = |a| |b| cos θ

θ = 90 -> cos(90) = 0 -> a _|_ b

Marco de la cámara



- La cámara mira hacia **–n**.
- El sistema (u, v, n) es ortonormal : vectores ortogonales de magnitud uno ->

  la inversa de la matriz 3x3 (u ,v, n) es la traspuesta.

$$Mc = \begin{pmatrix} ux & vx & nx & ex \\ uy & vy & ny & ey \\ uz & vz & nz & ez \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

- La matriz de vista (*V* = viewMat = lookAt(eye, look, up);) es la inversa del marco de la cámara (Mc)

$$V = \left(\begin{array}{ccc|c} ux & uy & uz & dx \\ vx & vy & vz & dy \\ nx & ny & nz & dz \\ \hline 0 & 0 & 0 & 1 \end{array}\right)$$

donde d = (-e . u, -e . v , -e . n)

$$Mc = \left(\begin{array}{ccc|c} ux & vx & nx & ex \\ uy & vy & ny & ey \\ uz & vz & nz & ez \\ \hline 0 & 0 & 0 & 1 \end{array}\right)$$

```
// Atributo de la clase Camera
// Ejes de la cámara

mRight = row(mViewMat, 0);
mUpward = row(mViewMat, 1);
mFront = - row(mViewMat, 2);
```

La clase cámara

- En la clase Camera añadimos los atributos:

```
dvec3 mRight, mUpward, mFront;
// para los ejes right=u, upward=v, front=-n
```

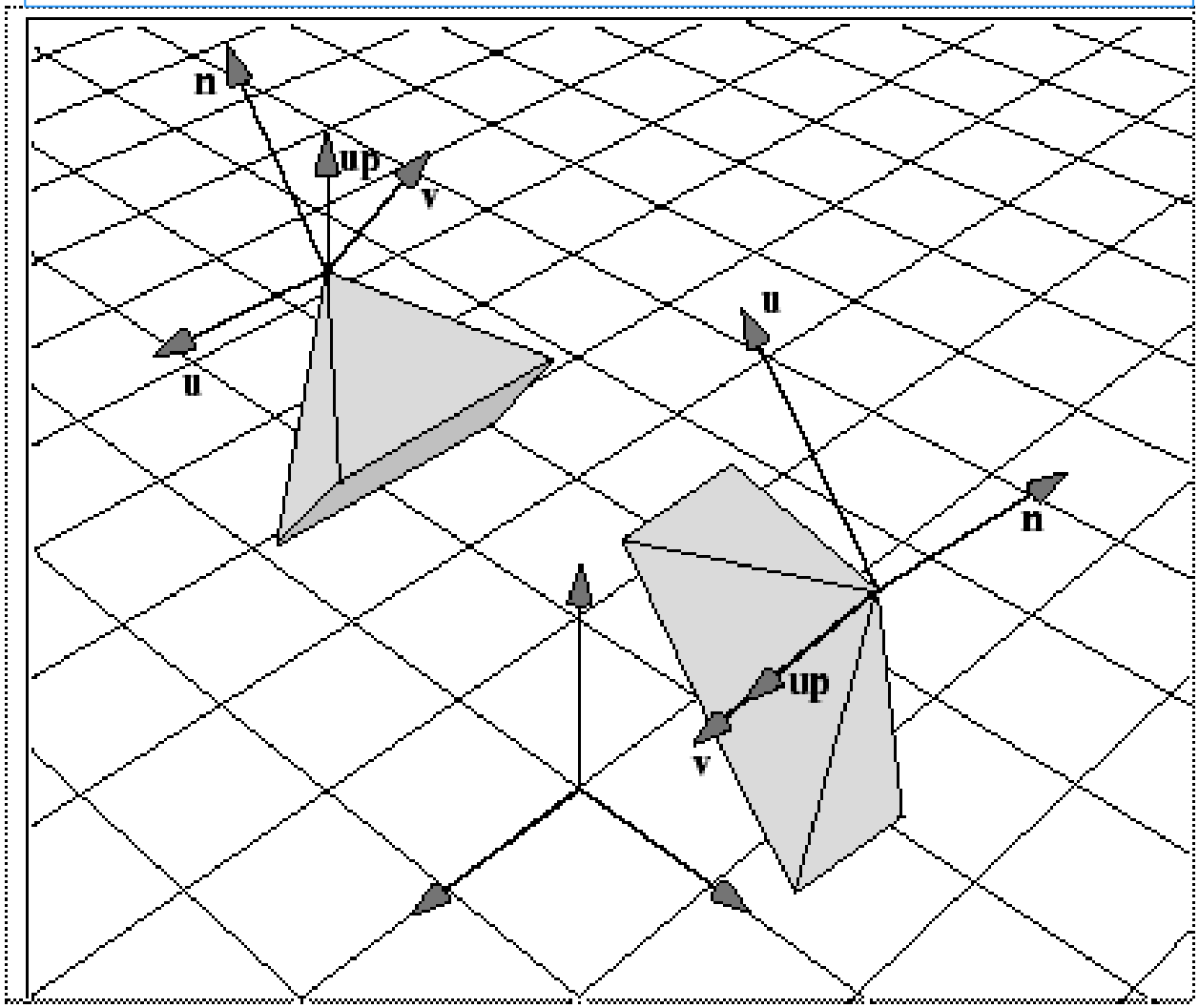
Y los métodos :

```
void Camera::setAxes() {
        mRight = row(mViewMat, 0);
        mUpward = row(mViewMat, 1);
        mFront = - row(mViewMat, 2);
}

void Camera::setVM() {
        mViewMat = lookAt(mEye, mLook, mUp);
        setAxes();
}
```

Transformaciones de la cámara

¿Relativas al sistema global o a la propia cámara?



Transformaciones de la cámara

¿Relativas al sistema global o a la propia cámara?

- Ejemplo: Trayectoria circular de la cámara alrededor de la escena, mirando al centro del círculo

```
eye.x = center.x + cos(radians(ang)) * radius;
eye.z = center.z + -sin(radians(ang)) * radius;
viewMat = lookAt(eye, center, dvec3(0, 1, 0));
```

- Ejemplo: Movimiento horizontal de la cámara en el eje X global

```
eye.x += incX;        -> Cambia la dirección de vista (-n = look - eye)
viewMat = lookAt(eye, look, up);
```

- Ejemplo: Movimiento horizontal en el eje **u** de la cámara

```
eye += u * cs;    -> Cambia la dirección de vista (-n = look - eye)
viewMat = lookAt(eye, look, up);
```

Relativos a la propia cámara

- Mover la cámara, cs unidades en uno de sus ejes
  - En el eje u: eye += u * cs
  - En el eje v: eye += v * cs
  - En el eje n: eye += n * cs

  También modifica la dirección de vista (-n = look - eye)

  Si no queremos cambiar la dirección de vista ->

  mover look de la misma forma que eye

- Mover look, cs unidades en los ejes de la cámara (modifica la dirección de vista)
  - En el eje u: look += u * cs
  - En el eje v: look += v * cs
  - En el eje n: look += n * cs

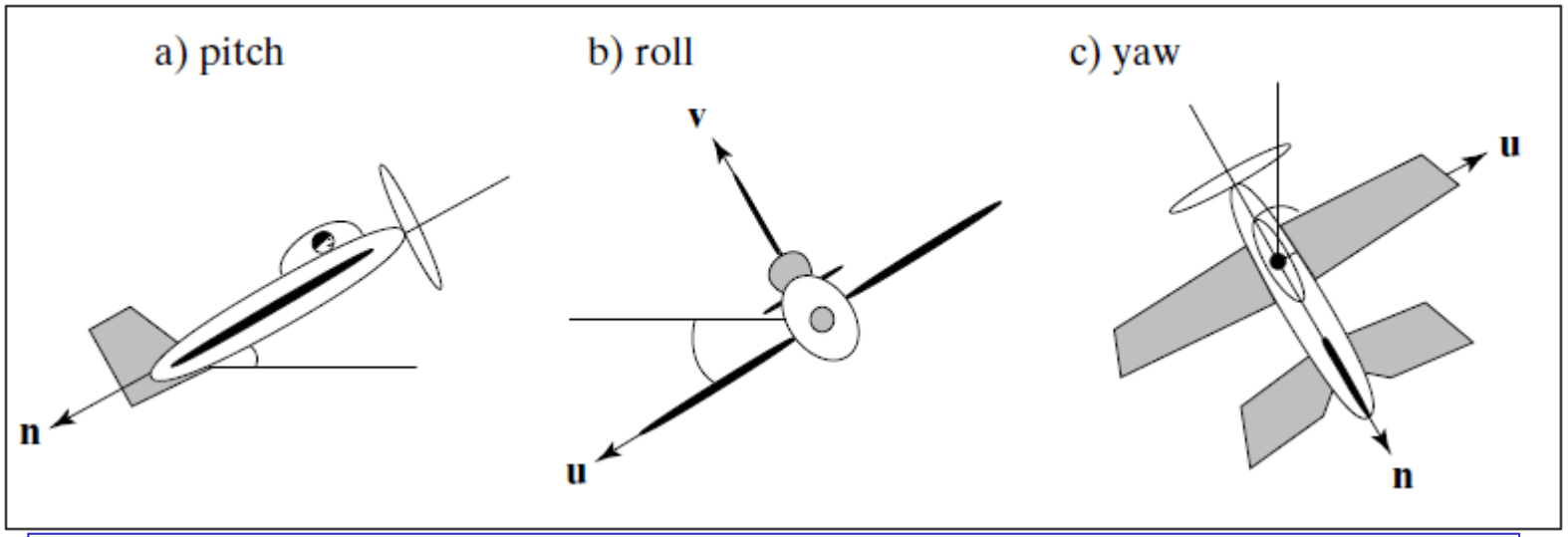
Desplazamientos de la cámara

- Desplazamientos en los ejes de la propia cámara

  Para desplazar eye en los ejes de la cámara, **sin cambiar** la dirección de vista:

```
void Camera::moveUD(GLdouble cs) {   // Up / Down
        mEye  += mUpward * cs;
        mLook += mUpward * cs;
        setVM();
}
void Camera::moveLR(GLdouble cs) {   // Left / Right
        ... }
void Camera::moveFB(GLdouble cs) {   // Forward / Backward
        ... }
```

Rotaciones de la cámara



Pitch (cabeceo): mirar hacia arriba y abajo.

Rotación en el eje u (eje X de la cámara)

Yaw (guiñada): mirar a izquierda y derecha.

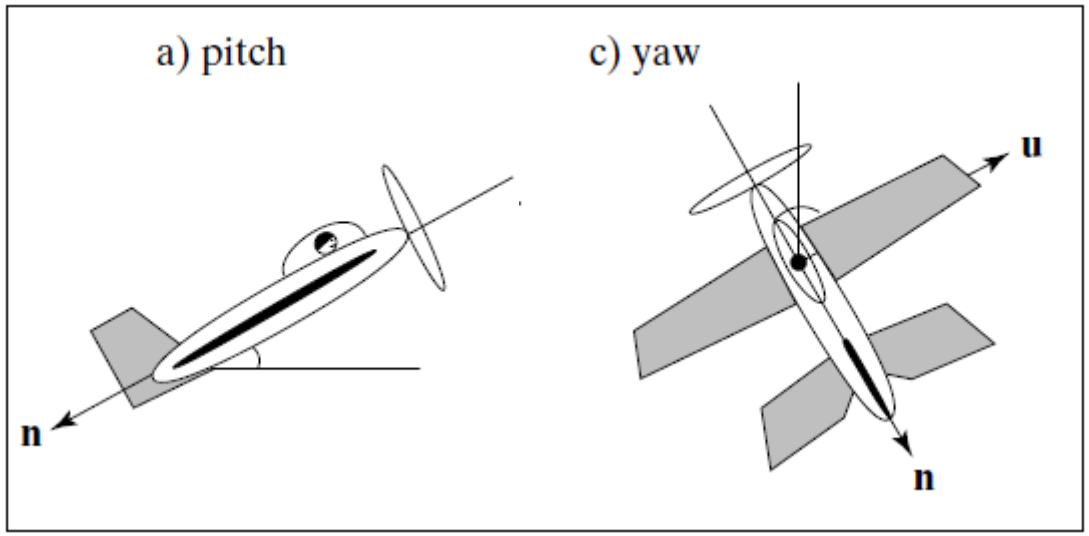
Rotación en el eje v (eje Y de la cámara)

Roll (alabeo): Rotación en el eje n (eje Z de la cámara)

Algunas de estas rotaciones producen cambios en la dirección de vista (front)

- **Si se cambia** la dirección de vista (front) desplazando look en los ejes de la cámara u y v, se pueden aproximar las rotaciones yaw y pitch:

```
void Camera::lookUD(GLdouble cs) {  // Up / Down
   mLook += mUpward * cs;
   setVM();
}
void Camera::lookLR(GLdouble cs) {  // Left / Right
   ... }
```



- Transformaciones relativas al sistema global

  Queremos realizar con la cámara una trayectoria circular alrededor de look

  Añadimos a la clase Camera atributos para gestionar el radio y el ángulo de la circunferencia: GLdouble mRadio, mAng;

  Y definimos un método para desplazar eye por la circunferencia, a la vez que se permite subir y bajar la cámara

```
void orbit (GLdouble incAng, GLdouble incY)  {
    mAng += incAng;
    mEye.x = mLook.x + cos(radians(mAng)) * mRadio;
    mEye.z = mLook.z  -  sin(radians(mAng)) * mRadio;
    mEye.y += incY;
    setVM();
}
```

Ejercicio 22

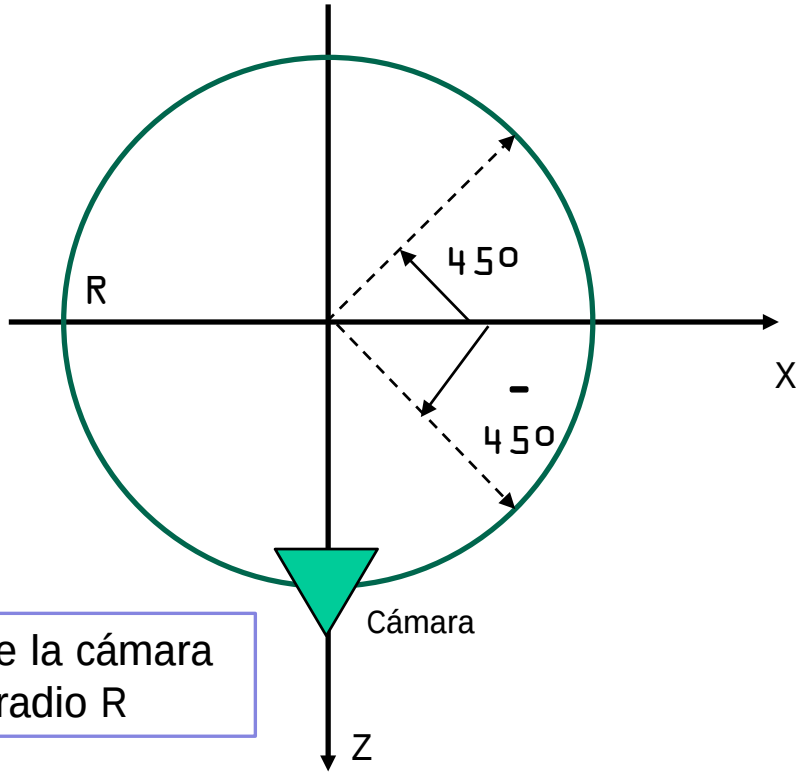
Si la cámara está en el eje X positivo, el ángulo es 0.

Si la cámara está en el eje X negativo, el ángulo es 180

Si la cámara está en el eje Z positivo, ...

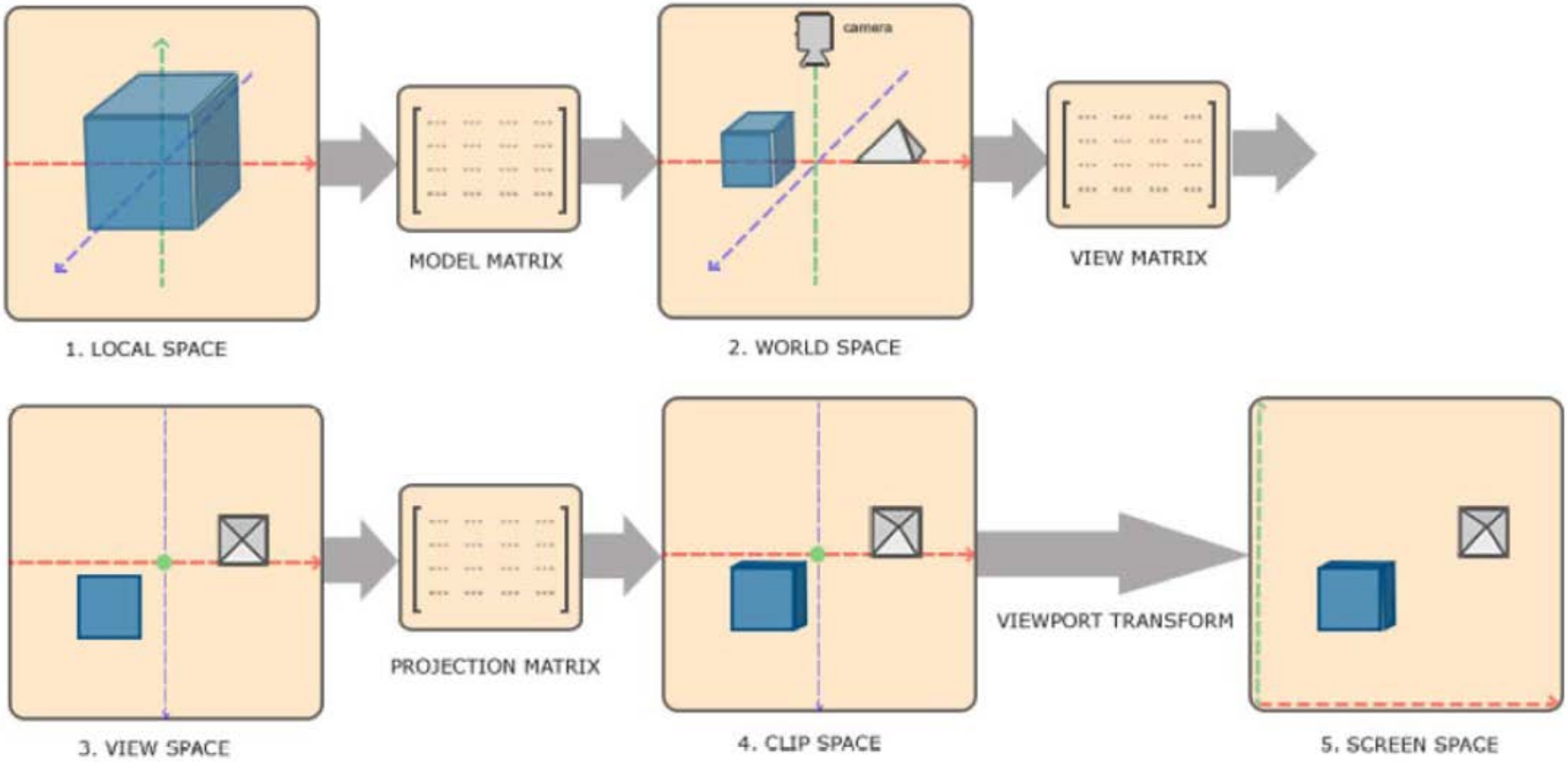
La cámara 2D está en el eje ...

La cámara 3D está en ...



Vista cenital de la órbita de la cámara alrededor del eje Y y radio R

Transformaciones




```
void Entity::render(dmat4 const& modelViewMat){
  dmat4 aMat = modelViewMat * mModelMat;
  upload(aMat);
  mesh -> render();
}
```

```
void Camera::uploadPM() {
  glMatrixMode(GL_PROJECTION);
  glLoadMatrixd(value_ptr(mProjMat));
  glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
}
```

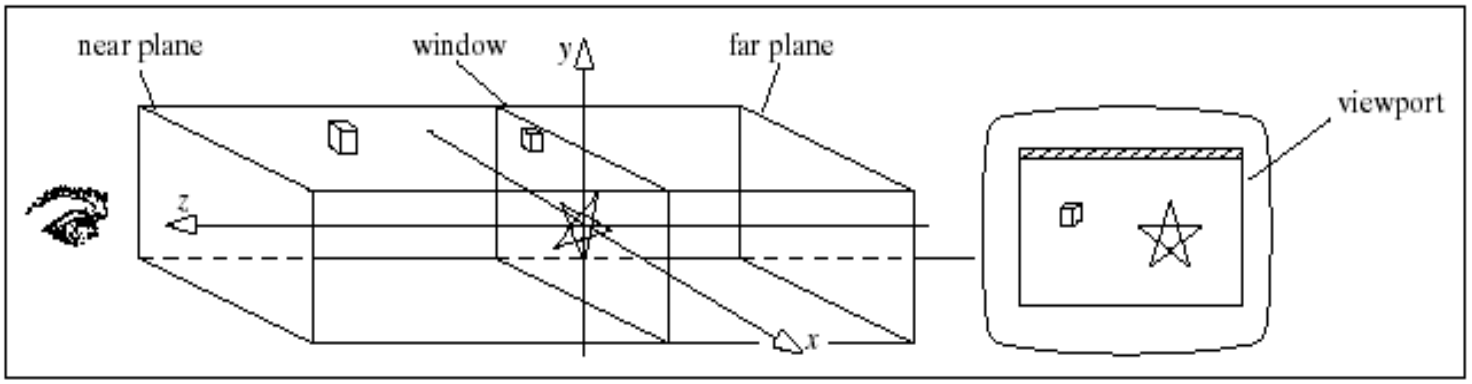
Volumen y plano de vista

- El volumen de vista (VV) se establece con respecto a la cámara.

  El volumen de vista define la matriz de proyección.

- El volumen de vista se delimita por dos rectángulos (cercano y lejano) perpendiculares al eje **n**. El plano cercano se asocia con el plano de proyección o plano (ventana) de vista.

- En el puerto de vista se mostrarán los objetos que quedan dentro del volumen de vista una vez proyectados sobre el plano de vista.



Proyección ortogonal y perspectiva

- Para establecer la matriz de proyección (mProjMat):

```
void Camera::uploadPM() {
        glMatrixMode(GL_PROJECTION);
        glLoadMatrix(value_ptr(mProjMat));
        glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
}
```

- Ortogonal: paralelepípedo en coordenadas de la cámara

```
mProjMat = ortho(xLeft, xRight, yBottom, yTop, mNear, mFar);
```

Ventana de vista — Distancias al ojo

- Perspectiva: pirámide truncada en coordenadas de la cámara

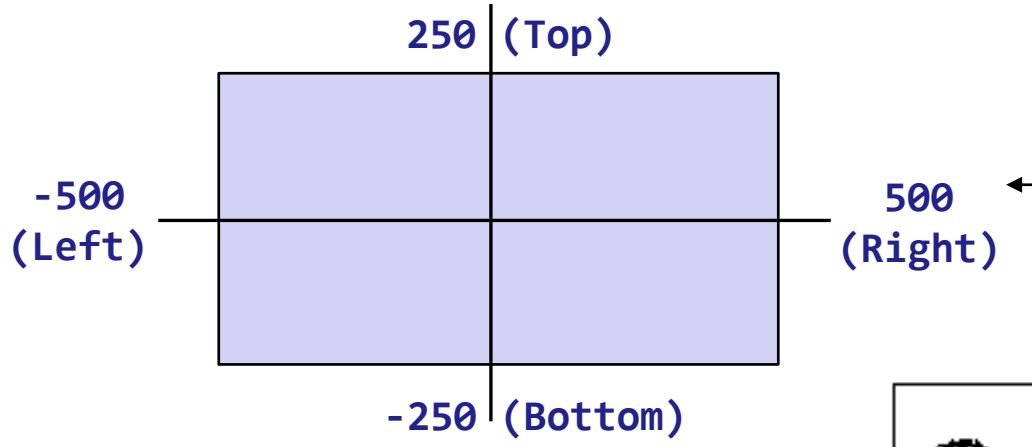
```
mProjMat = frustum(xLeft, xRight, yBottom, yTop, mNear, mFar);
```

Ventana de vista — Distancias al ojo

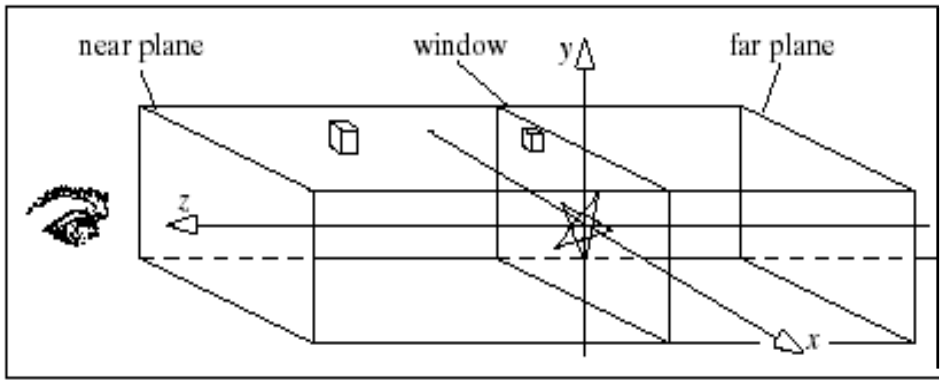
Proyección ortogonal

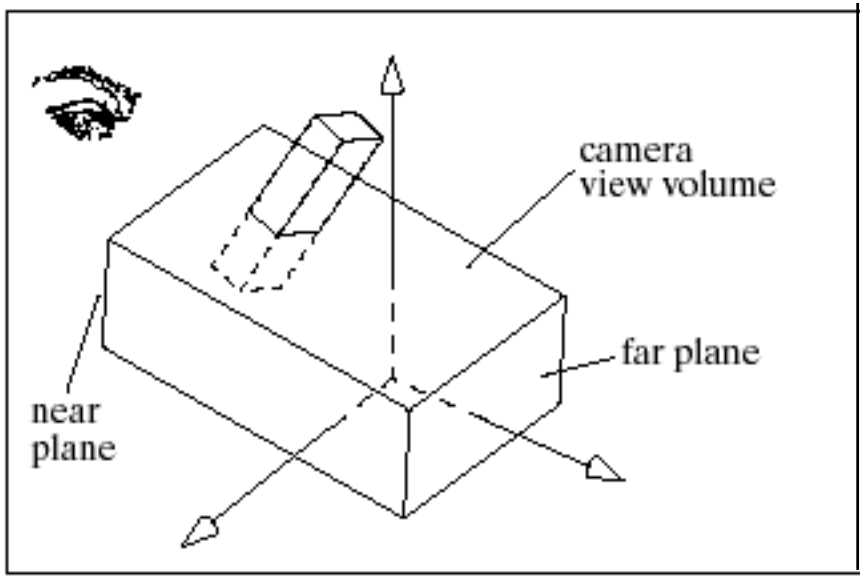
glm::ortho(Left, Right, Bottom, Top, Near, Far);
glm::ortho(-500, 500, -250, 250, 500, 10000);

En coordenadas de la cámara



Los rectángulos cercano y lejano son iguales y perpendiculares al eje n

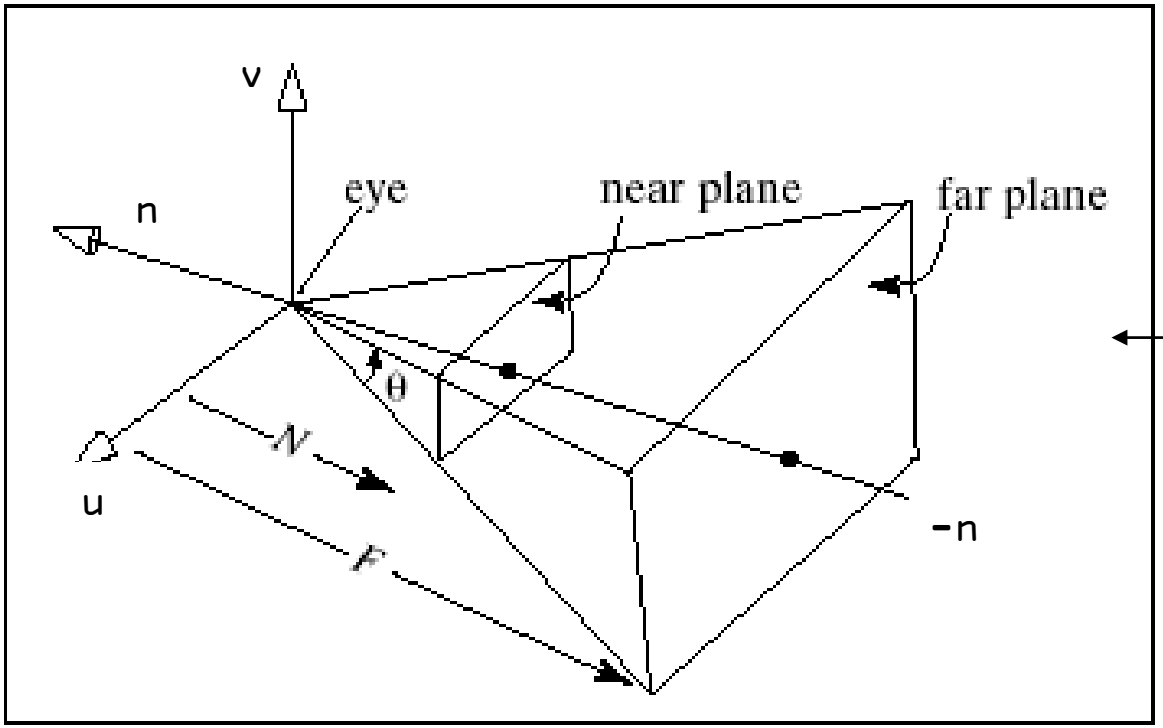




Proyección perspectiva

glm::frustum (-500, 500, -250, 250, 500, 10000);

El Rectángulo cercano en coordenadas de la cámara



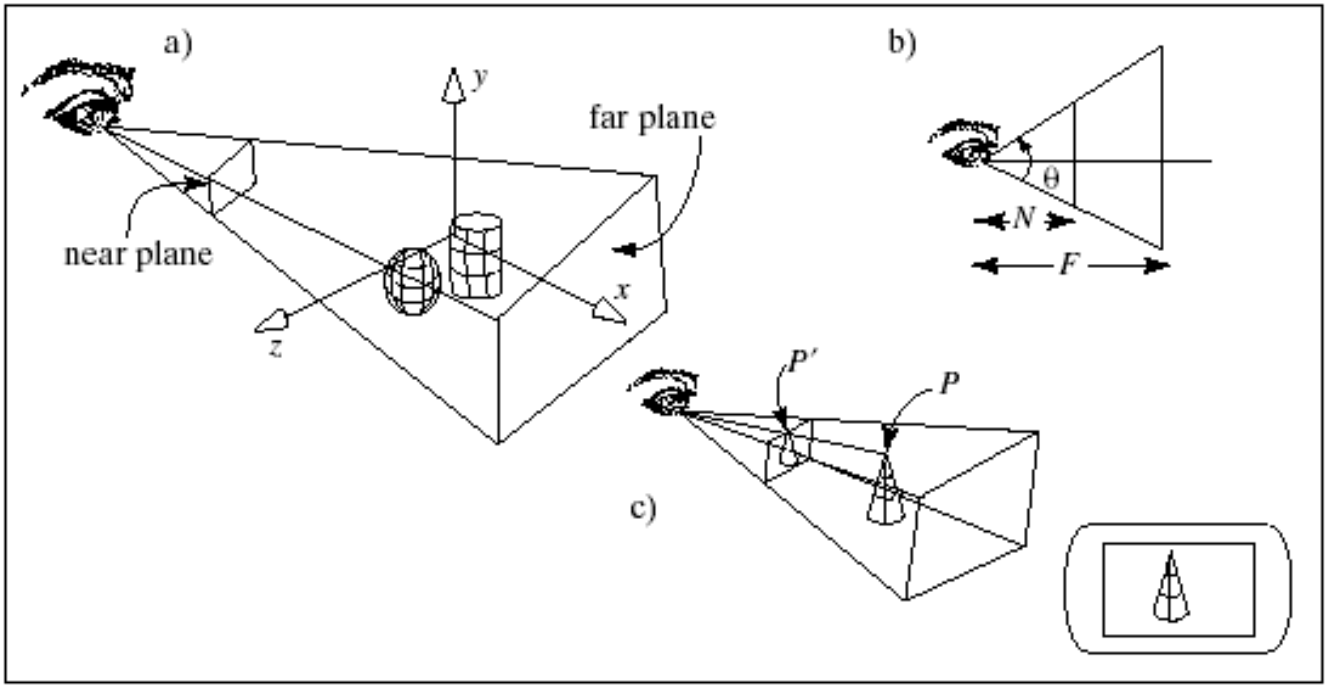
Rectángulos perpendiculares al eje n

El rectángulo lejano queda definido trazando las líneas de proyección que van desde el ojo, pasando por las cuatro esquinas del rectángulo cercano.

Es necesario que las distancias Far y Near cumplan: Far>Near>0.

Proyección perspectiva

La proyección de un vértice es la intersección con el plano cercano de la línea que va desde el vértice al ojo. Todos los puntos de una línea de proyección proyectan en el mismo punto.



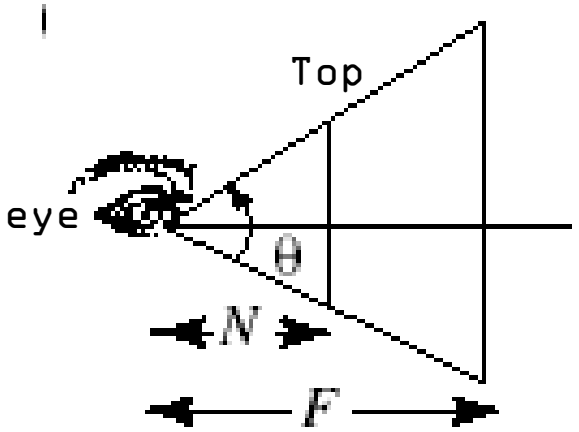
Nota: La matriz de proyección no realiza la proyección completa, deja pendiente la division perspectiva (en la 4ª coordenada w)

La posición de la cámara (eye), Near y Top establecen el ángulo del campo de visión en el eje Y (fovy).

tan(fovy/2) = Top / Near

Para fovy = 60: tan(30) = 0,5773 -> Near = 2 * Top

Para fovy = 90: tan(45) = 1 -> Near = Top



Proyección perspectiva

También podemos definir volúmenes en la proyección perspectiva con la función:

glm::perspective(Fovy, AspectRatio, Near, Far);

donde AspectRatio = Ancho/Alto, por ejemplo 4/3, 16/9

Equivale a

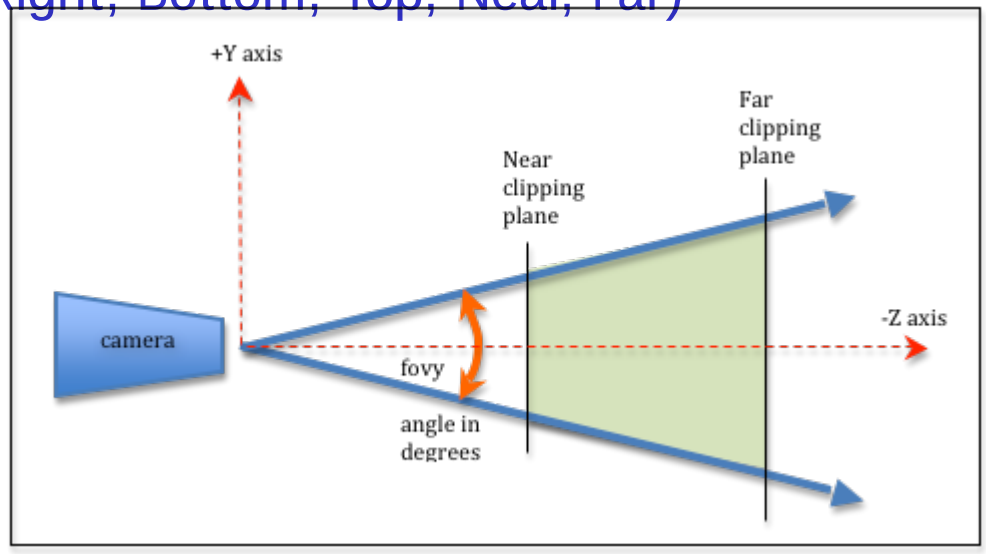
glm::frustum(Left, Right, Bottom, Top, Near, Far)

Top = Near . tan(Fovy / 2.0)

Bot = -Top

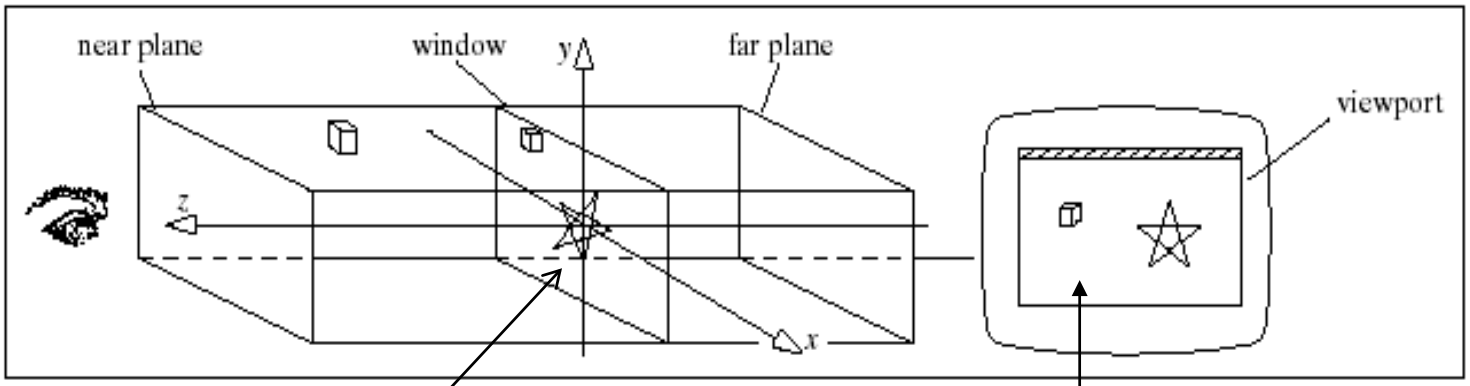
Right = Top . AspectRatio

Left = -Right



- La proyección obtenida en la ventana de vista se transfiere al puerto de vista establecido en la ventana de visualización.

Proyección ortogonal



Área visible, ventana o plano de vista

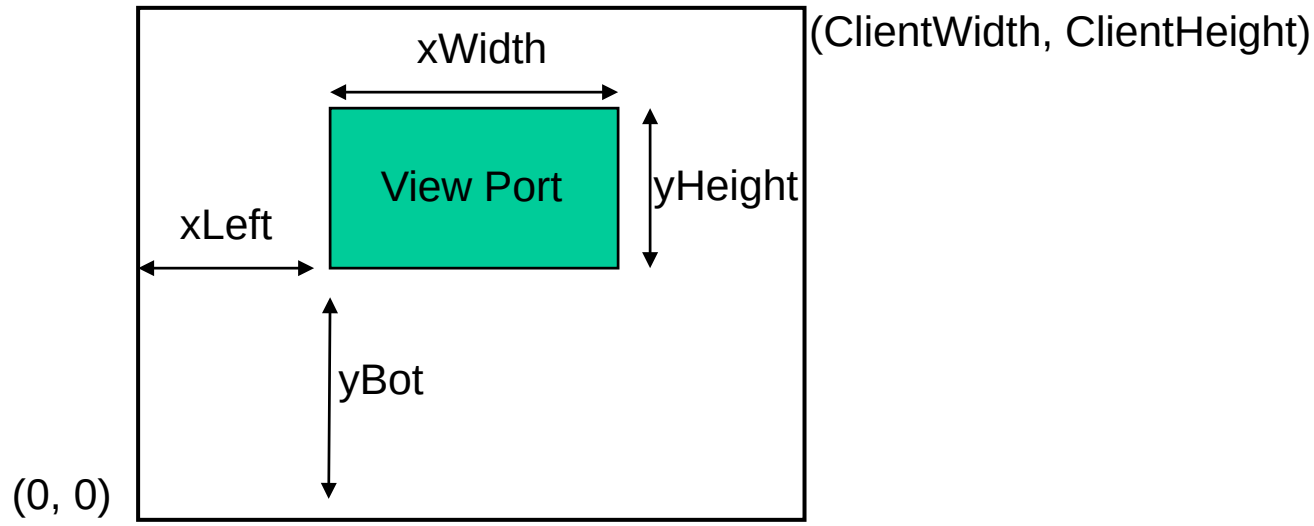
Puerto de vista en el dispositivo de salida

Puerto de vista (Vp)

- El puerto de vista es un rectángulo, del área cliente de la ventana, alineado con los ejes. Para fijar el puerto de vista:

```
void Viewport::upload() {
  glViewport(xLeft, yBot, xWidth, yHeight);
}
```

Los parámetros son de tipo entero (píxeles)

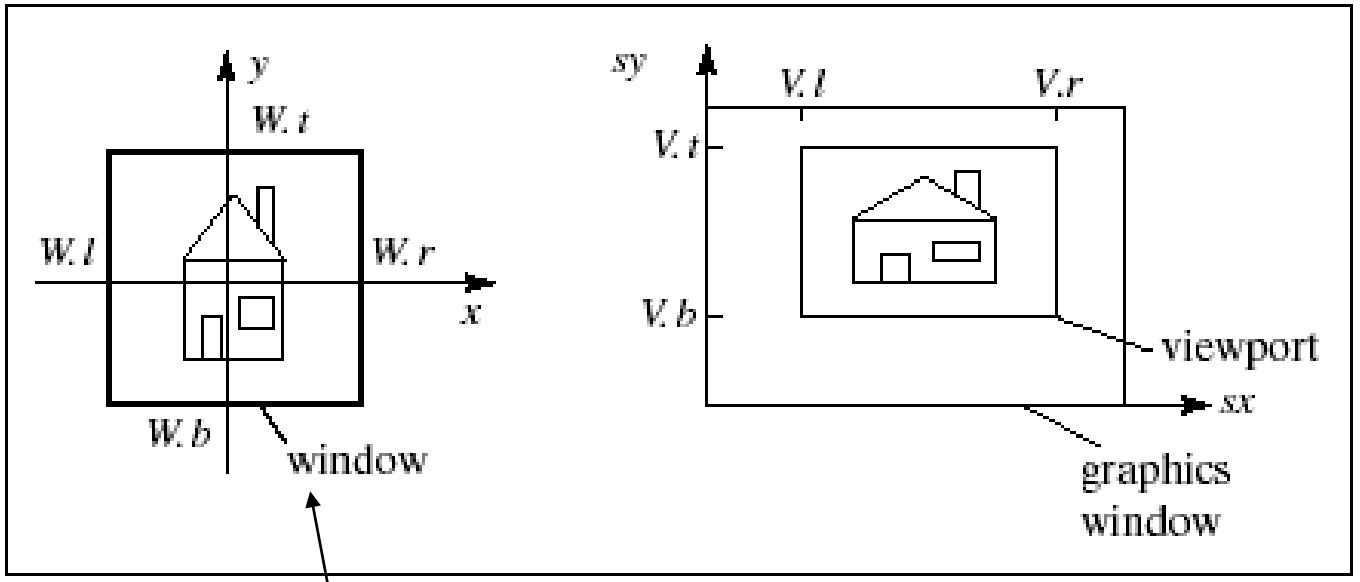


- Puerto de vista ocupando toda el área cliente de la ventana:

```
glViewport(0, 0, ClientWidth, ClientHeight);
```

Relación entre el plano de vista y el puerto de vista

- La relación entre el puerto de vista y el plano de vista establece una escala y una traslación. La escala puede deformar la imagen obtenida.
- Para una escala 1:1 ambos rectángulos deben ser del mismo tamaño.



Área visible, ventana o plano de vista

Eventos de la ventana y zoom

- void resize(int newWidth, int newHeight) { // IG1App

```
    mViewPort -> setSize(newWidth, newHeight); // Resize Viewport
    // Resize Scene Visible Area -> para que no cambie la escala
    mCamera -> setSize(mViewPort->width(), mViewPort->height());
}
```

- void key(unsigned char key, int x, int y) { // IG1App

```
  ...
  case '+':
     mCamera->setScale(+0.01);   // zoom in  (increases the scale)
     break;
  case '-':
     mCamera->setScale(-0.01);   // zoom out (decreases the scale)
     break;
  ...
  glutPostRedisplay(); }
```

Varios puertos de vista

- Podemos renderizar en varios puertos de vista para mostrar en la misma ventana:
  - Diferentes vistas de la misma escena
  - Distintas escenas

```
void display()  // IG1App
{
  glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL_DEPTH_BUFFER_BIT);   //-> una vez

  mScene->render(...);  //-> varias veces: cambiando el puerto de vista
                        //     y la cámara o la escena (-> ej. display4V)

  glutSwapBuffers();  //-> una vez
}
```

Varios puertos de vista

- Ejemplo: visualizar 4 vistas de la misma escena. Las vistas son: 2D, 3D, Cenital y la de la cámara que maneja el usuario con los eventos del ratón (el atributo mCamera de IG1App).

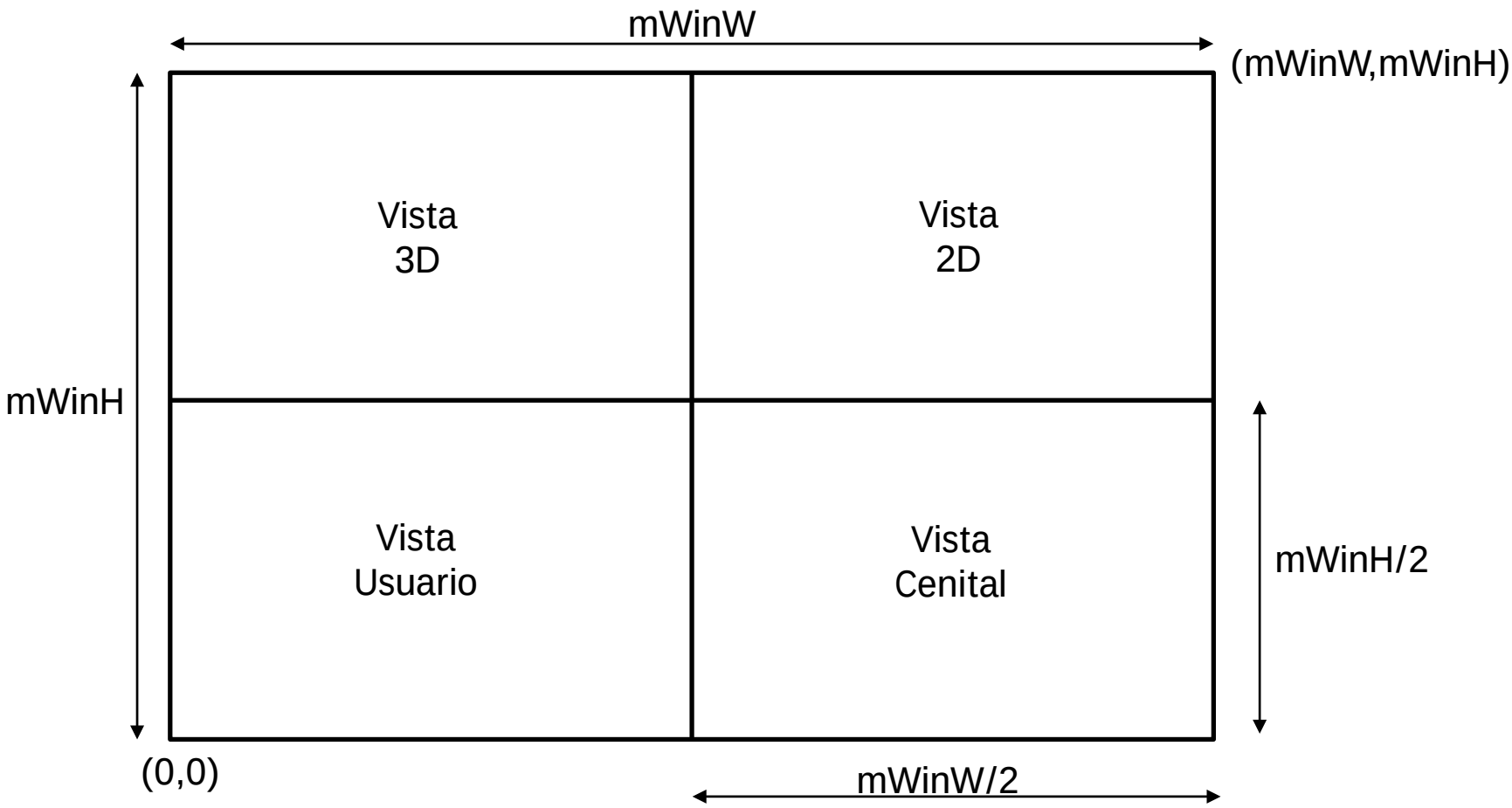
  Las 4 vistas comparten la proyección controlada por el usuario con los eventos de la aplicación, es decir:

  - Si el usuario establece una proyección perspectiva, las cuatro vistas serán con perspectiva
  - Si el usuario cambia la escala, las cuatro vistas tendrán la misma escala.

  Como todos los cambios que realiza el usuario se realizan sobre el atributo mCamera de la aplicación, usaremos la proyección de este atributo para las demás vistas, pero tenemos que colocar la cámara en distintas posiciones para las distintas vistas.

Varios puertos de vista: Ejemplo

Ventana de la aplicación (mWinW x mWinH)
con 4 puertos de vista (mWinW/2 x mWinH/2)



Varios puertos de vista: Ejemplo

```
void IG1App::display4V() { // se llama en display()
  // para renderizar las vistas utilizamos una cámara auxiliar:
  Camera auxCam = * mCamera; // copiando mCamera
  // el puerto de vista queda compartido (se copia el puntero)
  Viewport auxVP = * mViewPort; // lo copiamos en una var. aux. para
  // el tamaño de los 4 puertos de vista es el mismo, lo configuramos
  mViewPort->setSize(mWinW / 2, mWinH / 2);
  // igual que en resize, para que no cambie la escala,
  // tenemos que cambiar el tamaño de la ventana de vista de la cámara
  auxCam.setSize(mViewPort->width(), mViewPort->height());
  // vista Usuario ->
  // vista 2D ->
  // vista 3D ->
  // vista Cenital ->
  *mViewPort = auxVP; // restaurar el puerto de vista
}
```

→ NOTA

Varios puertos de vista: Ejemplo

vista Usuario

```
// el tamaño de los 4 puertos de vista es el mismo (ya configurado),
// pero tenemos que configurar la posición
mViewPort->setPos(0, 0);
// el tamaño de la ventana de vista es el mismo para las 4 vistas (ya
   configurado)
// y la posición y orientación de la cámara es la del usuario (ya
  configurado -> copiado de mCamera)
// renderizamos con la cámara y el puerto de vista configurados
mScene->render(auxCam);
```

→ NOTA: al usar una cámara auxiliar auxCam que comparte el puerto de vista con la cámara principal mCamera, el puerto de vista de la cámara principal quedará modificado. Por eso debemos restaurar el puerto de vista mViewPort, con los valores guardados en auxVP.
Otra opción sería añadir a la clase Camera métodos para copiar su configuración y no compartir el puerto de vista.

Varios puertos de vista: Ejemplo

vista 2D

```
// el tamaño de los 4 puertos de vista es el mismo (ya configurado),
// pero tenemos que configurar la posición
mViewPort->setPos(mWinW / 2, mWinH /2);
// el tamaño de la ventana de vista es el mismo para las 4 vistas (ya
   configurado)
// pero tenemos que cambiar la posición y orientación de la cámara
auxCam.set2D();
// renderizamos con la cámara y el puerto de vista configurados
mScene->render(auxCam);
```

vista 3D

```
// ...
```

Varios puertos de vista: Ejemplo

vista Cenital

```
// el tamaño de los 4 puertos de vista es el mismo (ya configurado),
// pero tenemos que configurar la posición
mViewPort->setPos(mWinW / 2, 0);
// el tamaño de la ventana de vista es el mismo para las 4 vistas (ya
   configurado)
// pero tenemos que cambiar la posición y orientación de la cámara
auxCam.setCenital();
// renderizamos con la cámara y el puerto de vista configurados
mScene->render(auxCam);
```