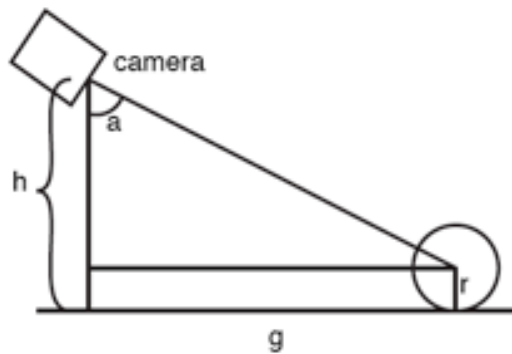
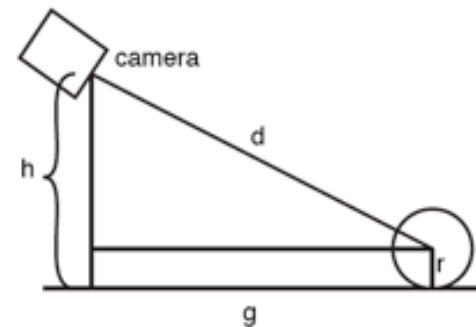


*Método 1*



$$g = h \cdot \tan(a)$$

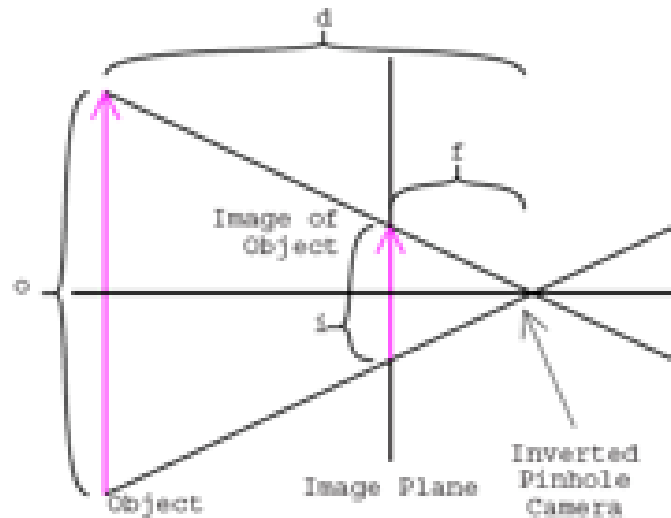
*Método 2*



$$g^2 = d^2 - (h - r)^2$$

- $h$  y  $a$  se obtienen considerando
  - Pose robot: inclinación (acelerómetros) + encoders
  - Pose cámara respecto al robot: encoders
- $d$  se obtiene de modelo cámara
- $r$  conocimiento a priori del objeto

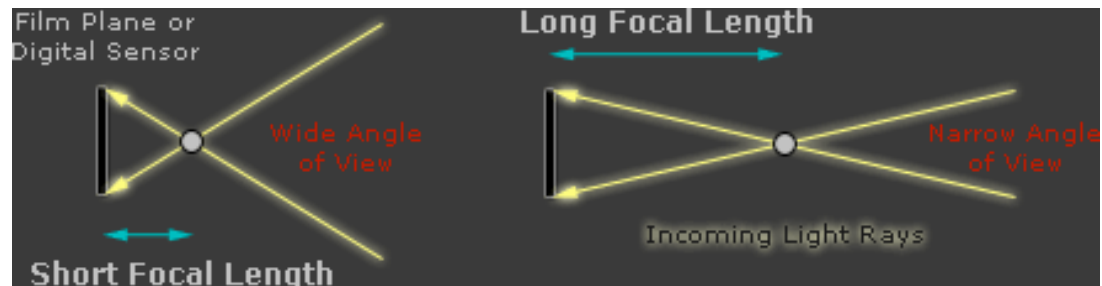
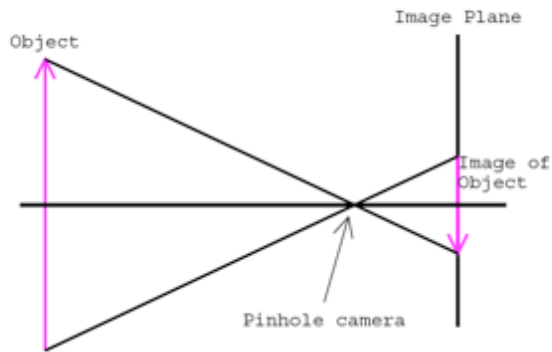
# Modelo de Cámara *Inverted Pinhole*



$$d = \frac{o \cdot f}{i}$$

- $f$  distancia focal (modelo cámara)
- $i$  tamaño objeto en imagen (medido)
- $o$  tamaño real del objeto (a priori)

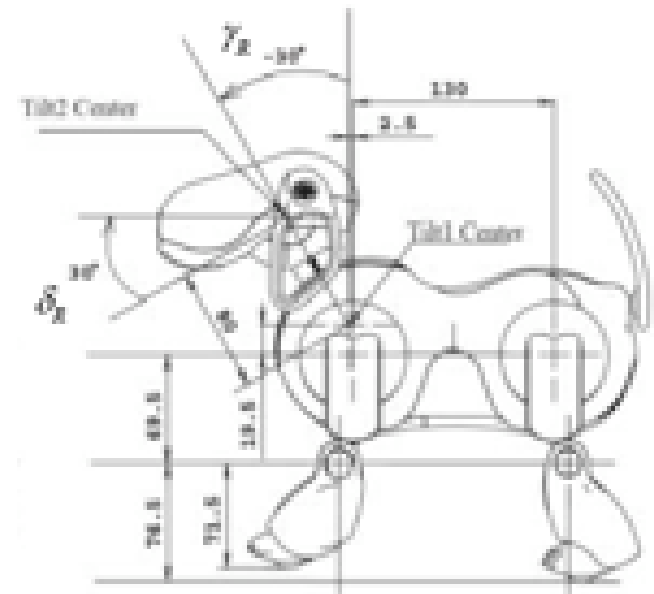
## The Pinhole Camera Model



# Ubicación de Cámara en Sistema de Referencia Global

	Definition	Source
Q	Position of the tilt1 center, in the global reference system (0,0,h)	Robot joints or fixed value
$\beta_R$	Pitch elevation angle of the robot's body, in the global reference system.	Accelerometers
$\gamma_R$	Tilt 1 angle (body-neck angle)	Robot joints
$\delta_R$	Tilt 2 angle (neck-head angle)	Robot joints
$\epsilon_R$	Head's pan angle (neck-head angle)	Robot joints
$l_1$	Neck's longitude, distance between the two e rotation centers of the neck (tilt 1 and tilt 2 rotation centers).	Robot geometry
$l_2$	Head's longitude, distance between tilt 2 rotation center and the camera (tip of the robot's nose).	Robot geometry

x: apunta hacia delante  
y: apunta hacia izquierda  
z: apunta hacia arriba



$$\mathbf{M}_a = \mathbf{T}_{xyz}(0,0,h)$$

$$\mathbf{M}_b = \mathbf{R}_y(\beta_R)$$

$$\mathbf{M}_c = \mathbf{R}_y(\gamma_R)$$

$$\mathbf{M}_d = \mathbf{T}_{xyz}(0,0,l_1)$$

$$\mathbf{M}_e = \mathbf{R}_z(\epsilon_R)\mathbf{R}_y(-\delta_R)$$

$$\mathbf{M}_f = \mathbf{T}_{xyz}(l_2,0,0)$$

$$\begin{pmatrix} x_0 & y_0 & z_0 \end{pmatrix}^T = \mathbf{M}_a \mathbf{M}_b \mathbf{M}_c \mathbf{M}_d \mathbf{M}_e \mathbf{M}_f \begin{pmatrix} x_{imagen} & y_{imagen} & z_{imagen} \end{pmatrix}^T$$

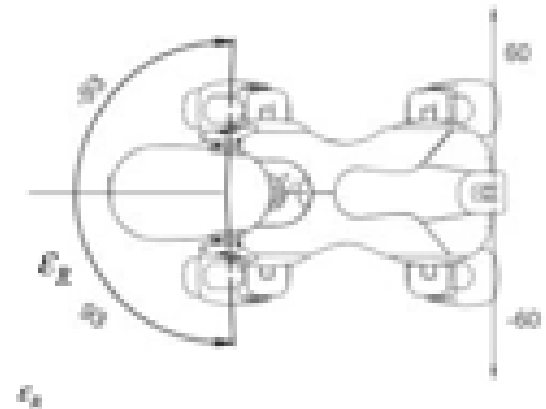
Proyectando coordenada de algún punto en imagen en sistema global, puede conocerse su ubicación espacial (ej. en piso =>  $z_0=0$ ).

$x_{imagen}$  = distancia

$y_{imagen}$  = "x" imagen \* R

$z_{imagen}$  = "y" imagen \* R

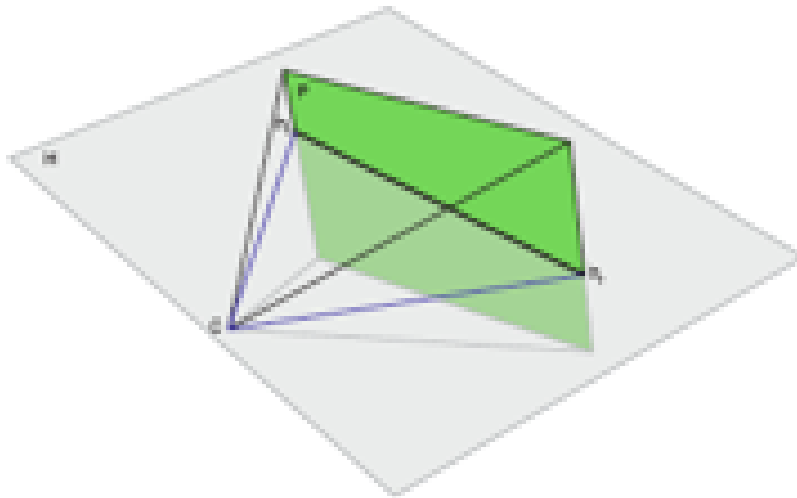
R: razón entre tamaño real objeto y tamaño objeto en imagen.



# Horizonte Visual

“línea formada por intersección entre el plano de proyección  $P$ , perpendicular al eje óptico y con centro en punto focal del lente, y plano  $H$ , paralelo al piso, pero a la altura de la cámara”

“determina los objetos en campo visual, a igual altura del punto focal”



$$h_l = \begin{pmatrix} \frac{s}{\tan \alpha} \\ s \\ z_l \end{pmatrix}, h_r = \begin{pmatrix} \frac{s}{\tan \alpha} \\ -s \\ z_r \end{pmatrix} \quad \text{(sistema coordenadas en imagen)}$$

$$i = \begin{pmatrix} x \\ y \\ 0 \end{pmatrix}$$

(coordenada de  $h_l$  en sistema coordenadas centrada en foco, con  $z$  apuntando en dirección negativa gravedad)

~~$$R \cdot i = h_l$$~~

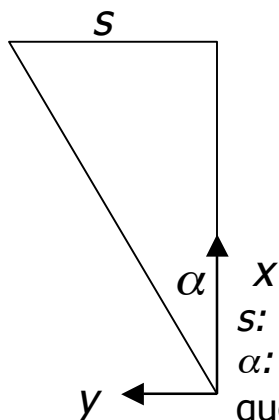
$$R \cdot h_l = i$$

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix}$$

sub-matriz de rotación de 3x3 de:  $M_a M_b M_c M_d M_e M_f$

$$z_l = -\frac{r_{32}s + r_{31}s \cdot \cot \alpha}{r_{33}}$$

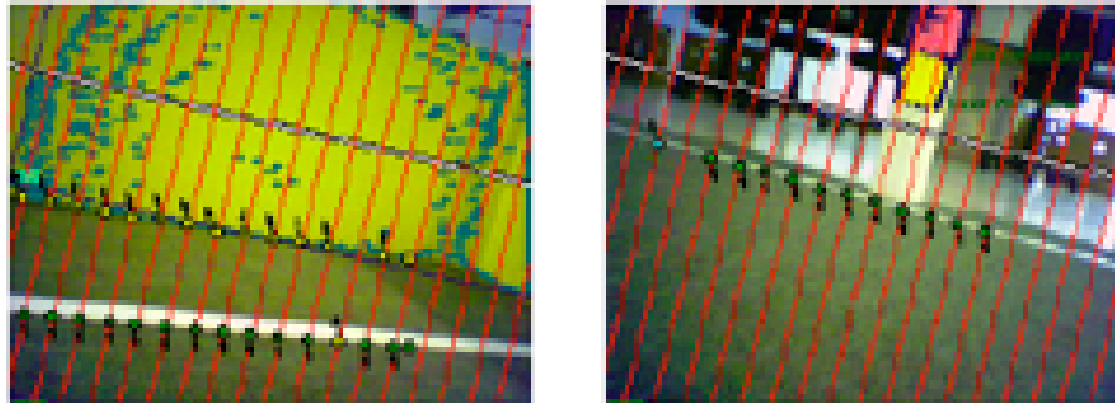
$$z_r = -\frac{-r_{32}s + r_{31}s \cdot \cot \alpha}{r_{33}}$$



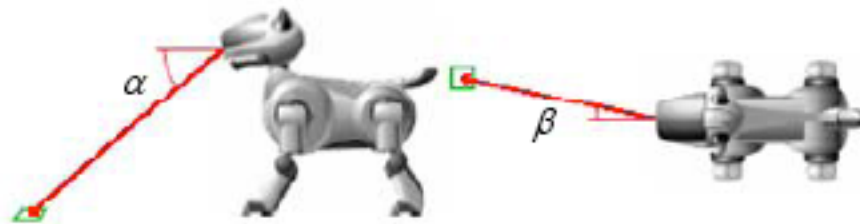
*x: apunta hacia adelante*  
*y: apunta hacia izquierda*  
*z: apunta hacia arriba*

$s$ : mitad resolución horizontal imagen  
 $\alpha$ : mitad del ángulo visión cámara, que depende de la distancia focal y de  $s$

## *Sonar Visual*



**Figure 2: Lines Detection.** Red lines correspond to the scan rays, while the white line represents the image horizon (see main text for a complete description).





Focal lengths are usually specified in millimetres (mm)