

Curso sobre Técnicas de Visualización
CEH-CEDEX, 10 junio de 2011

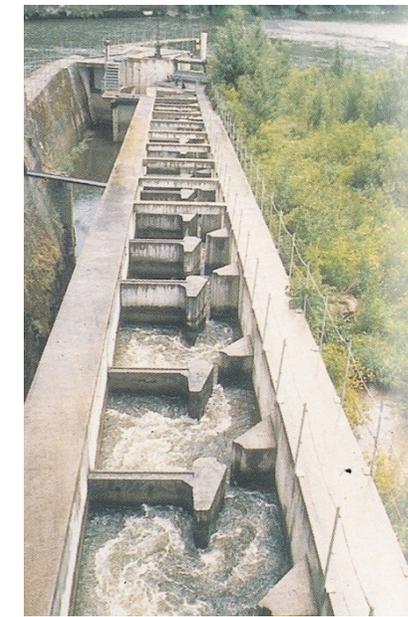
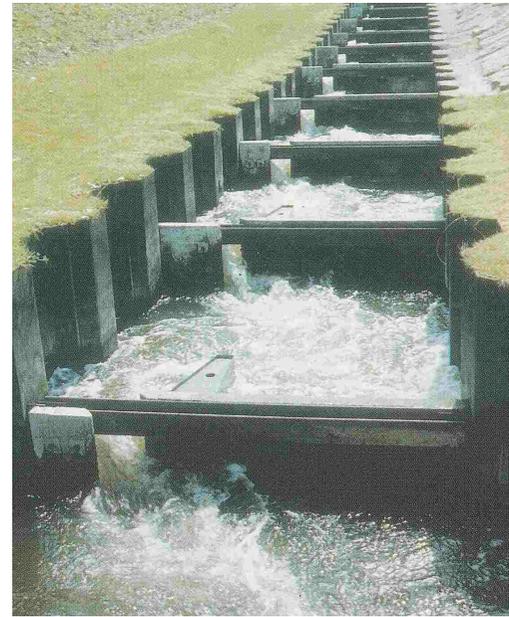
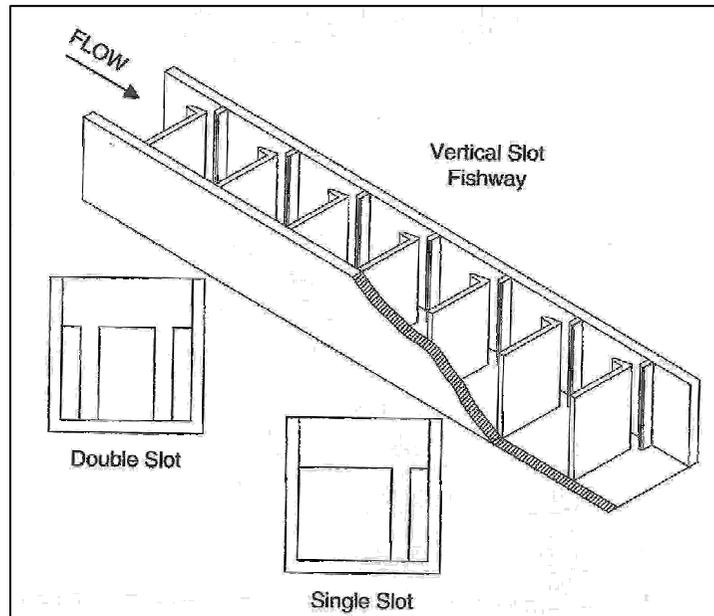
APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE IMAGEN ARTIFICIAL Y REDES NEURONALES PARA EL SEGUIMIENTO DEL REMONTE DE FAUNA PISCÍCOLA

Aplicación de técnicas de visión artificial y redes neuronales para el seguimiento del remonte de fauna piscícola

1. **Introducción**
2. **Dispositivo experimental**
3. **Procedimiento**
 - 3.1. **Calibración de las cámaras**
 - 3.2. **Segmentación de la imagen**
 - 3.3. **Detección del pez**
4. **Análisis de resultados**
5. **Conclusiones y futuros desarrollos**

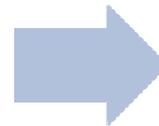
Introducción

Escalas de peces de hendidura vertical



E. hendidura vertical en río Sena y Dordoña (Larinier et al., 1998)

Características hidrodinámicas



Necesidades de las especies objetivo

Entorno hidrodinámico complejo, desconocimiento del comportamiento de las especies

Introducción

Objetivos del estudio

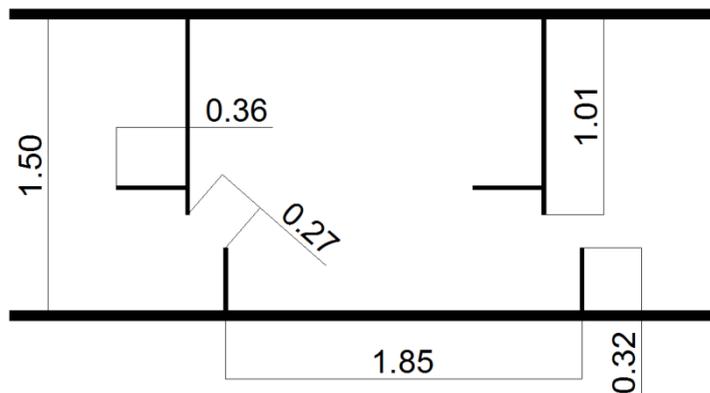
- **Análisis del comportamiento de diferentes especies piscícolas en estos ambientes artificiales**
- **Identificación de parámetros importantes para un paso de peces efectivo**
- **Desarrollo de nuevos criterios de diseño que tengan en cuenta las necesidades de los peces**



Mejor comprensión de la interacción entre los procesos biológicos y físicos involucrados en el remonte de una escala de hendidura vertical

Dispositivo experimental

Escala de peces de hendidura vertical del CEH-CEDEX



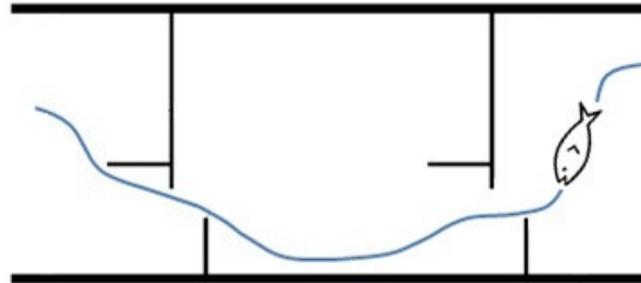
Dimensiones geométricas de las piscinas (m)

$L=20$ m $S=7.5\%$
 $B=1.5$ m $Q=250$ l/s
 $h=1$ m 11 piscinas

Dispositivo experimental

Técnicas de seguimiento

- Observación directa
- Métodos de marcaje: tecnología PIT-tag
- Técnicas de visión artificial



Observación directa

- Difícil por los altos niveles de turbulencia
- Altas necesidades de personal
- Generalmente se complementan las observaciones con grabaciones de vídeo

Dispositivo experimental

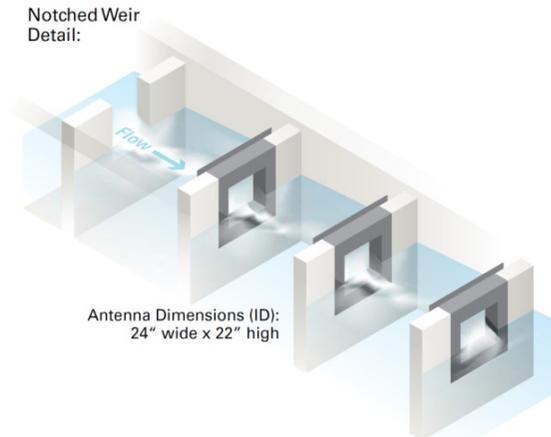
Técnicas de seguimiento

Métodos de marcaje: PIT (Passive Integrated Transponder)

- Desconocimiento de la trayectoria dentro de la piscina
- Necesario implantar los PIT tags en el animal



Roza Dam Fishway (river Yakima, WA)

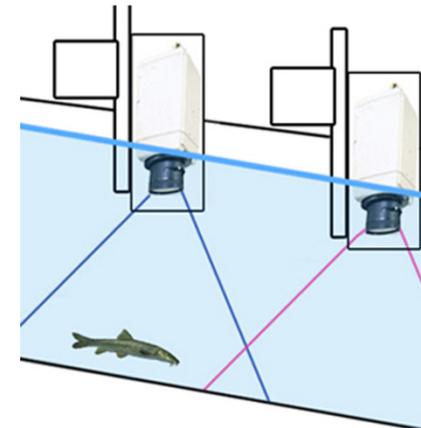


http://php.ptagis.org/wiki/index.php/Roza_Diversion_Dam

Dispositivo experimental

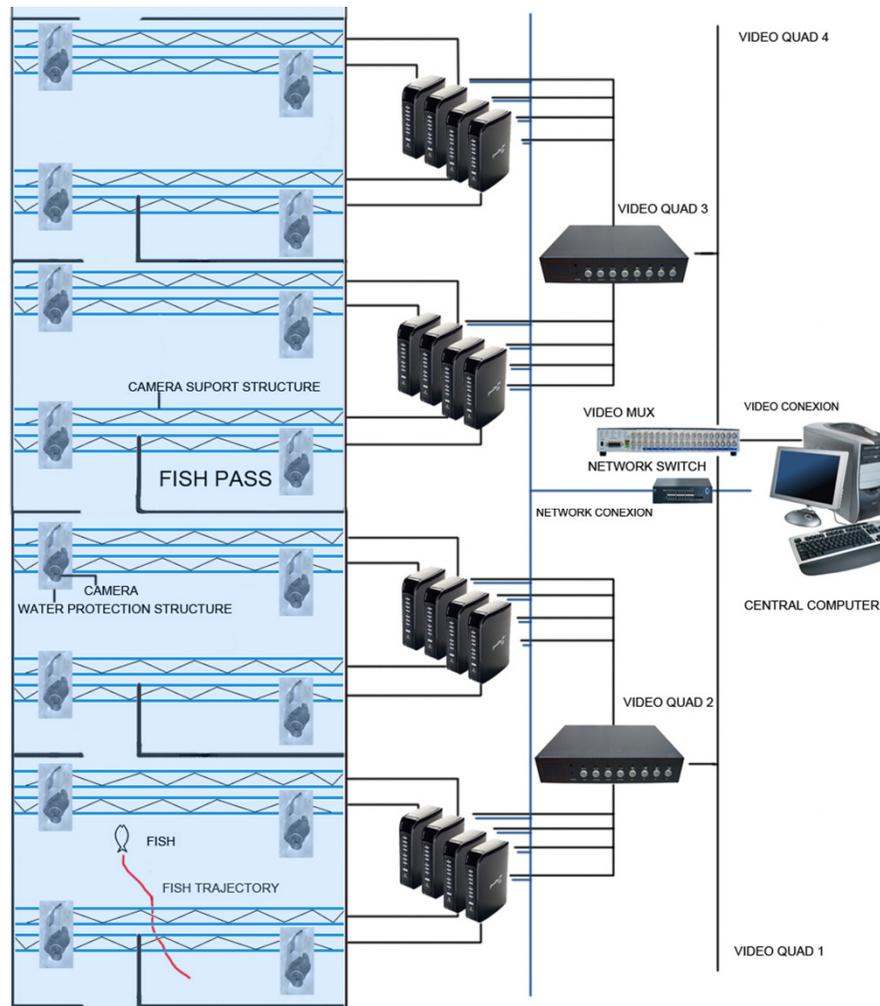
Técnicas de seguimiento

- Técnica menos intrusiva
 - Obtención de mayor cantidad de información y más precisa
 - Posible combinación con el uso de tecnología PIT tag
1. Infraestructura de grabación en vídeo de los ensayos
 2. Desarrollo de un sistema de visión artificial para el análisis automático de las imágenes



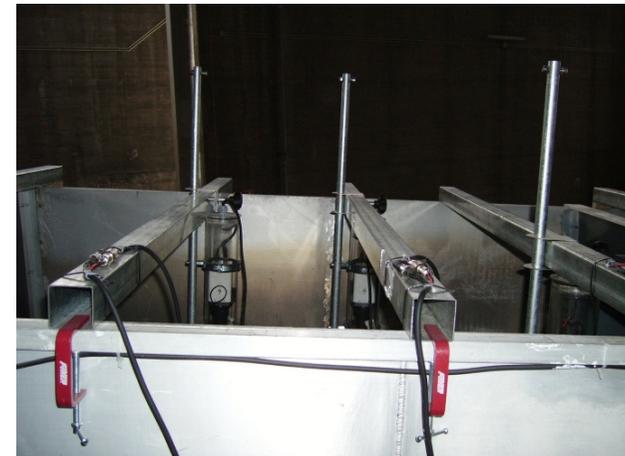
Dispositivo experimental

Sistema de adquisición de imágenes



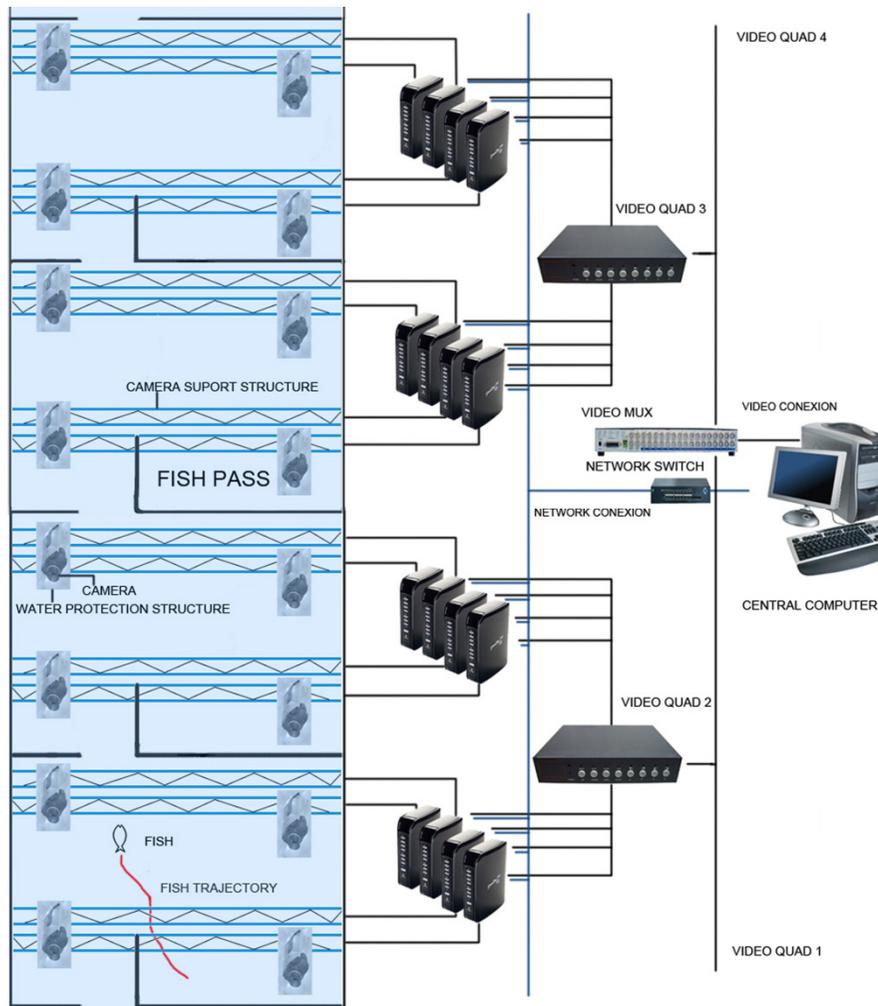
7 piscinas completas + entrada

- 29 cámaras, lente de 180º
- 29 carcasas de metacrilato
- 29 soportes metálicos



Dispositivo experimental

Sistema de adquisición de imágenes



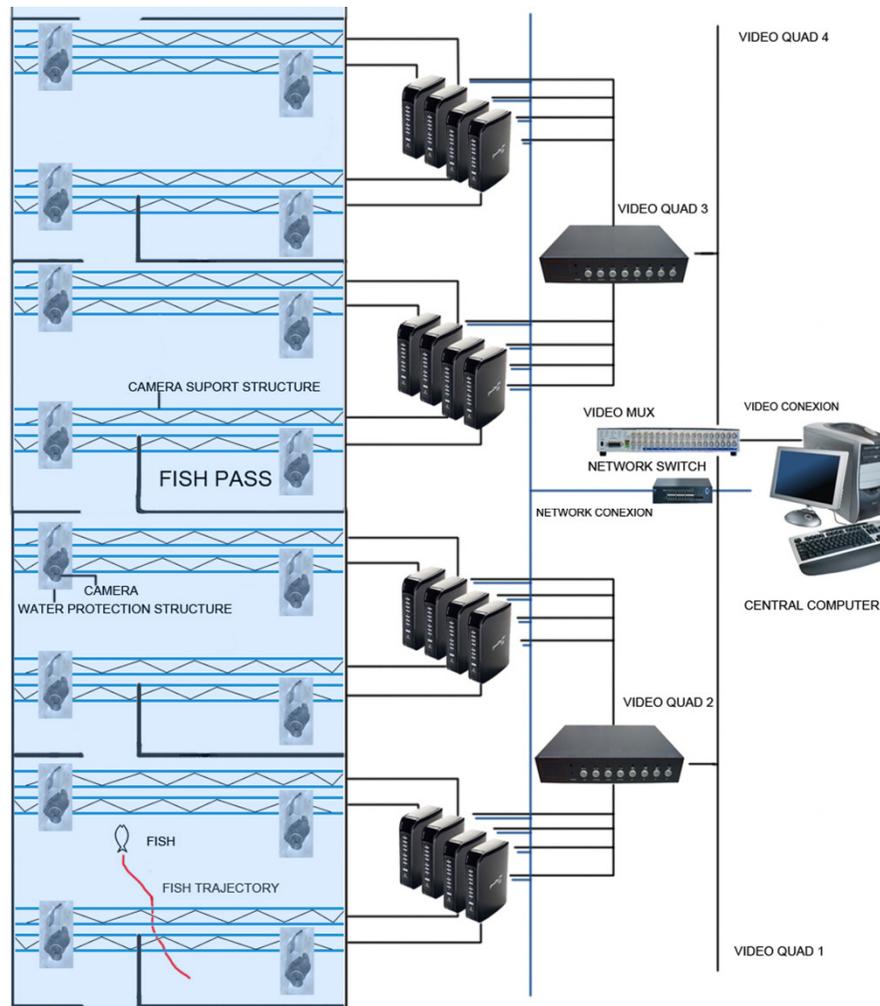
Sistema de grabación de datos

- 29 videograbadores de 500Gb
- 2 concentradores (switchs)
- 1 PC
- Sistema de sincronización



Dispositivo experimental

Sistema de adquisición de imágenes



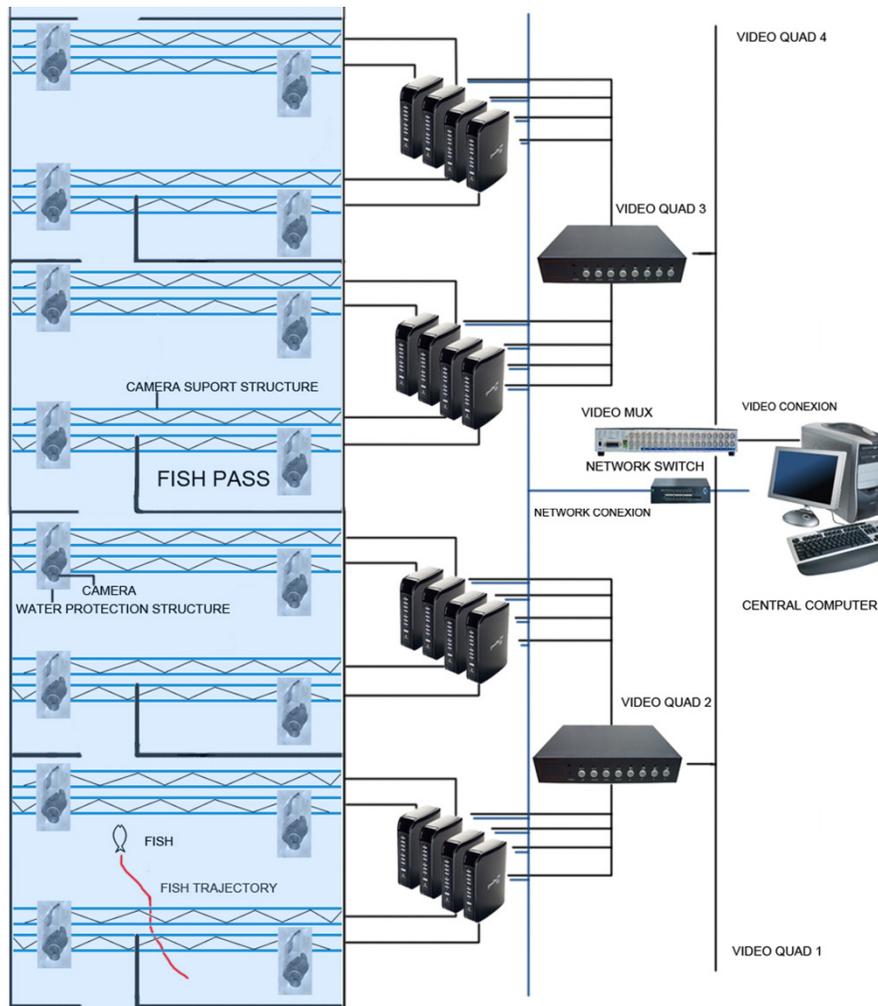
Sistema de visionado en tiempo real

- 4 interconectores (quads)
- 1 multiplexor (mux)
- 1 monitor de TV



Dispositivo experimental

Sistema de adquisición de imágenes

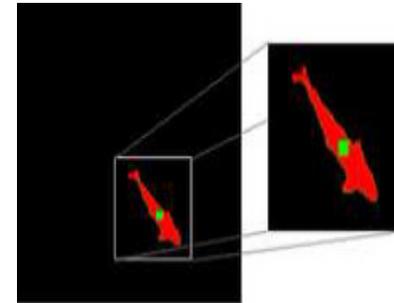
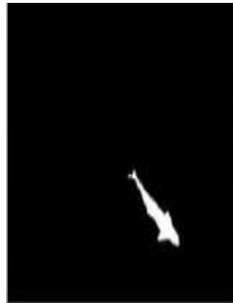


- 29 cámaras
- 29 carcacas de metacrilato
- 29 soportes metálicos
- 29 video grabadores
- 2 concentradores
- 1 ordenador
- 4 interconectores
- 1 multiplexor
- 1 monitor de televisión

Procedimiento

Fases

- **Calibración de las cámaras y creación de un modelo proyectivo para integrar las mediciones en un sistema común de coordenadas a escala real**
- **Segmentación de la imagen: RNA**
- **Detección del pez: técnicas de visión artificial**
- **Filtrado de los resultados**



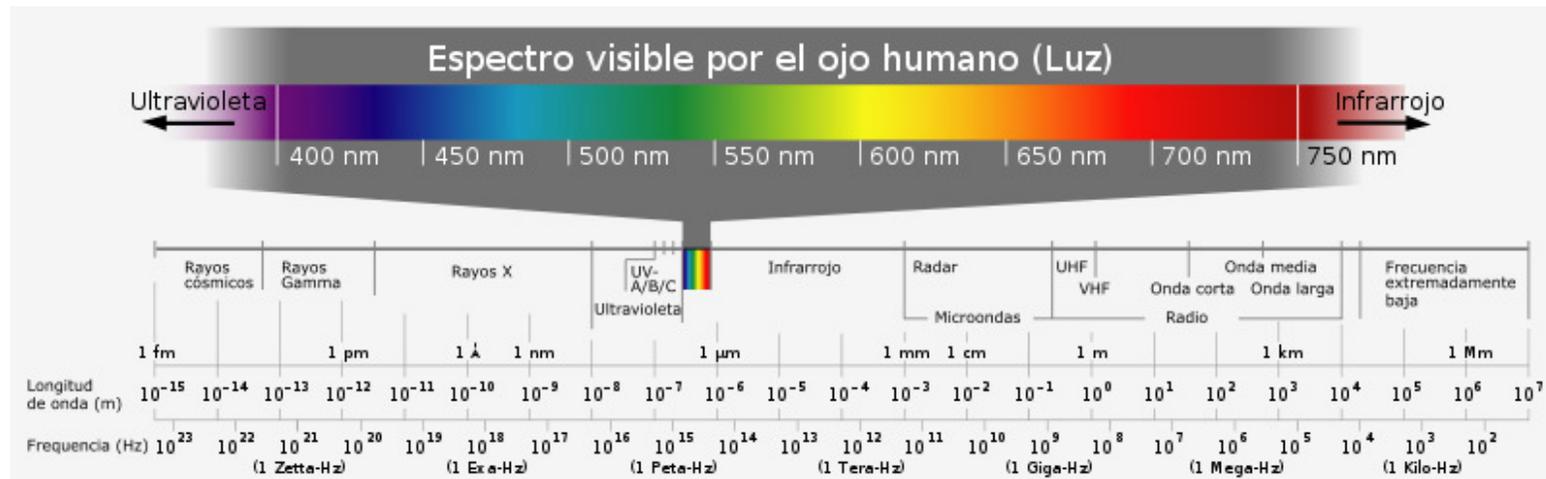
Procedimiento

La Imagen

Imagen

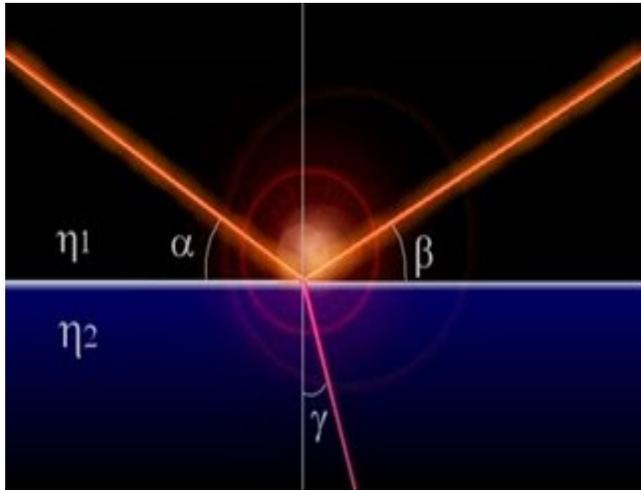
Una imagen es un conjunto de valores que representan la distribución espacial de un parámetro, en imagen convencional este valor representa el color.

El color es una percepción visual que se genera en el cerebro al interpretar las señales de los foto receptores de la retina y que a su vez interpretan las distintas longitudes de onda que captan de la parte visible del espectro electromagnético.



Procedimiento

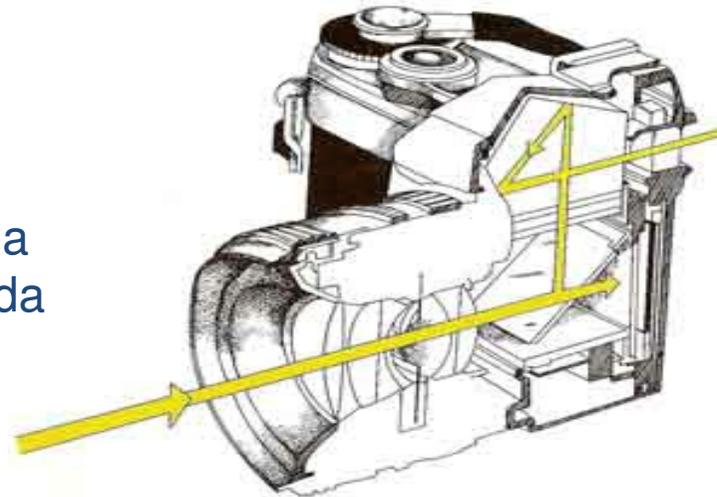
La Imagen



Todo cuerpo iluminado absorbe una parte de las ondas electromagnéticas y refleja las restantes.

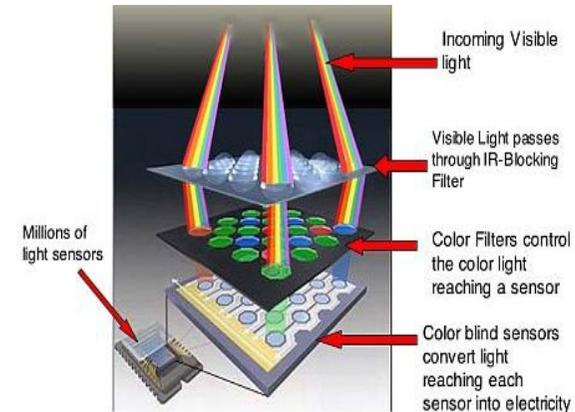
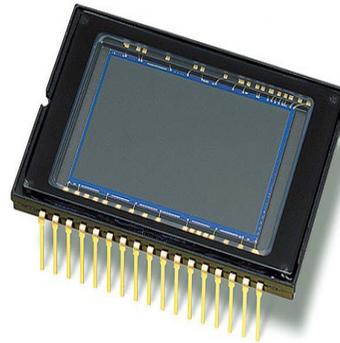
El color es la interpretación del cerebro de las longitudes de ondas reflejadas por un objeto.

El objetivo (lentes) de una cámara capta la luz y la envía a un sensor donde es medida por miles de foto detectores



Procedimiento La Imagen

Cada pixel de la imagen representa la medición de un foto detector en el sensor de la cámara



La resolución de la imagen (Mpx) viene determinada por el número de foto detectores del sensor

Los aspectos más importantes para la calidad de la imagen son:

- La óptica: (Luminosidad, Zoom, Distorsión, Profundidad de campo, Angulo de Visión)
- El tamaño del sensor (Mayor tamaño = Más luz y menos ruido).

Nota: Para un sensor de un tamaño dado, **Mayor resolución = Menor calidad de Imagen**

- Un sensor es una matriz de foto detectores y una imagen es una matriz de valores de color
- Una matriz puede analizarse y transformarse numéricamente.

Procedimiento Calibración de las cámaras

Transformaciones afines de la imagen

Se mantienen invariantes las líneas paralelas e la razón entre aéreas. 6 grados de libertad.

$$\begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_c \\ y_c \\ 1 \end{bmatrix}$$

Traslación

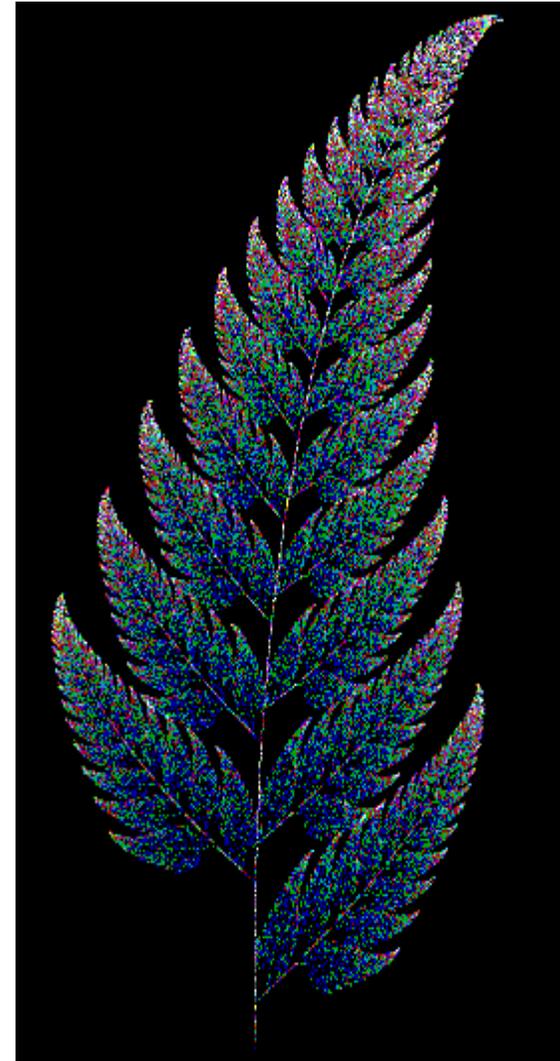
$$\begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & dx \\ 0 & 1 & dy \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_c \\ y_c \\ 1 \end{bmatrix}$$

Escalado

$$\begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} sx & 0 & 0 \\ 0 & sy & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_c \\ y_c \\ 1 \end{bmatrix}$$

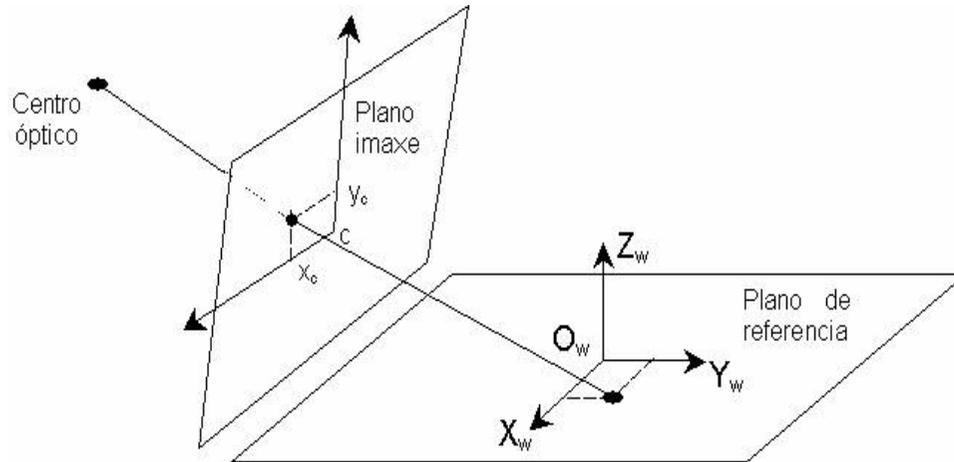
Rotación

$$\begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\text{sen} \theta & 0 \\ \text{sen} \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_c \\ y_c \\ 1 \end{bmatrix}$$



Procedimiento Calibración de las cámaras

Transformación proyectiva de la imagen (homografía)



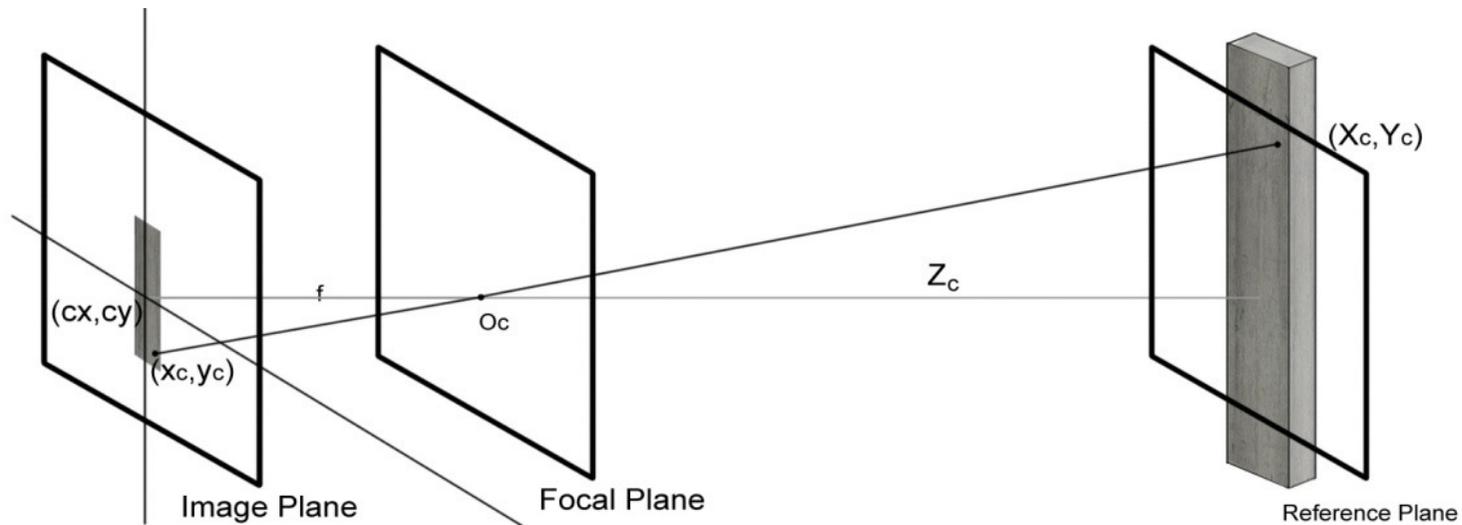
$$\begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ 1 \end{bmatrix} = \frac{\begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_c \\ y_c \\ 1 \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} g & h & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_c \\ y_c \\ 1 \end{bmatrix}}$$

Las líneas paralelas
no se mantienen. 8
Grados de libertad.



Procedimiento Calibración de las cámaras

Modelo de Cámara de Pin-Hole



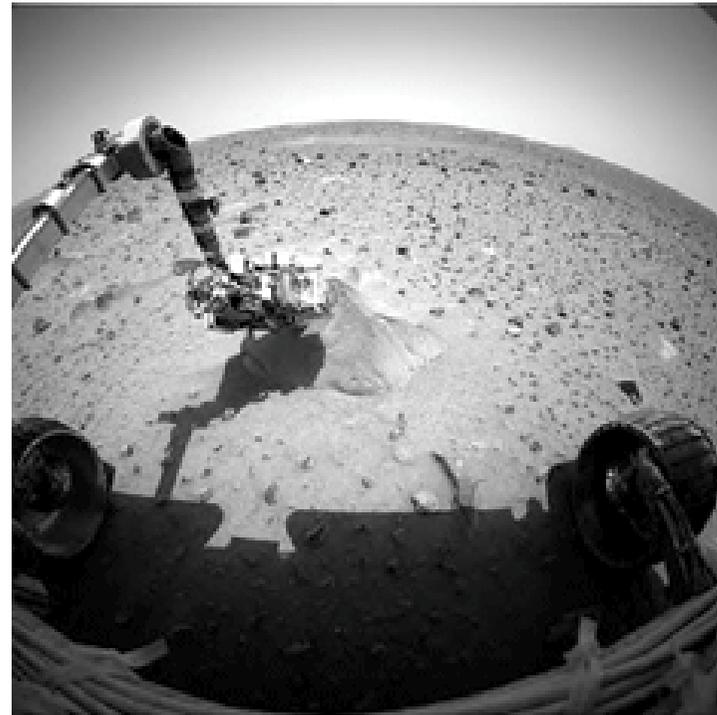
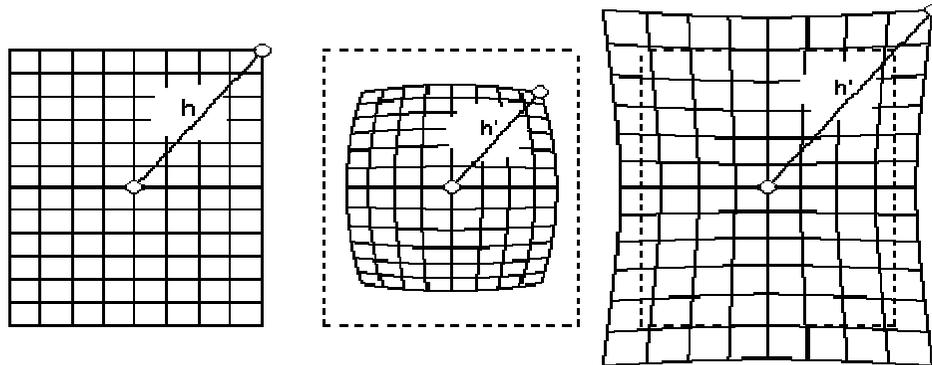
$$\begin{bmatrix} x_c \\ y_c \\ 1 \end{bmatrix} = M \times \begin{bmatrix} X_c / Z_c \\ Y_c / Z_c \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$M = \begin{bmatrix} f_x & 0 & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Transformación afín
de escalado y
traslación.

Procedimiento Calibración de las cámaras

Distorsiones de La Cámara



$$\begin{aligned}dr_x &= xk_1r^2 + xk_2r^4 \\dr_y &= yk_1r^2 + yk_2r^4 \\dt_x &= k_3(r^2 + 2x^2) + 2k_4xy \\dt_y &= 2k_3xy + k_4(r^2 + 2y^2)\end{aligned}$$

Modelos Paramétricos de Distorsión.

Procedimiento Calibración de las cámaras

Calibración de Camara [X]

Secuencia de Calibracion

Resolucion de Cadro: 2608 x 1952 (Píxeles)
Numero de Cadros: 11 (Frames)
Escalado Non definido

L:\PROYECTO\REPOSITORIO PRUE

Parametros Intrinsecos

Matriz da Camara:
[323343.752415, 0.000000, 1304.564669
0.000000, 360580.051802, 976.289292
0.000000, 0.000000, 1.000000]

Coefficientes de Distorsion:
[-275.525443, -0.003889, -0.069920, -0.042775]

Parametros Extrinsecos de Referencia

Matriz de Rotacion:
[0.999991, -0.004069, -0.001399
-0.003048, -0.899241, 0.437443
-0.003038, -0.437435, -0.899245]

Vector de Traslacion:
[-11.167790, -17.171116, 22308.359832]

Parametros Extrinsecos

Matriz de Rotacion:
[0.999991, -0.004069, -0.001399
-0.003048, -0.899241, 0.437443
-0.003038, -0.437435, -0.899245]

Vector de Traslacion:
[-11.167790, -17.171116, 22308.359832]

Patrons De Calibracion

Imaxe de Calibracion: 0
Imaxe de Calibracion: 1
Imaxe de Calibracion: 2
Imaxe de Calibracion: 3
Imaxe de Calibracion: 4
Imaxe de Calibracion: 5
Imaxe de Calibracion: 6
Imaxe de Calibracion: 7
Imaxe de Calibracion: 8
Imaxe de Calibracion: 9
Imaxe de Calibracion: 10

Xeometria do Patron

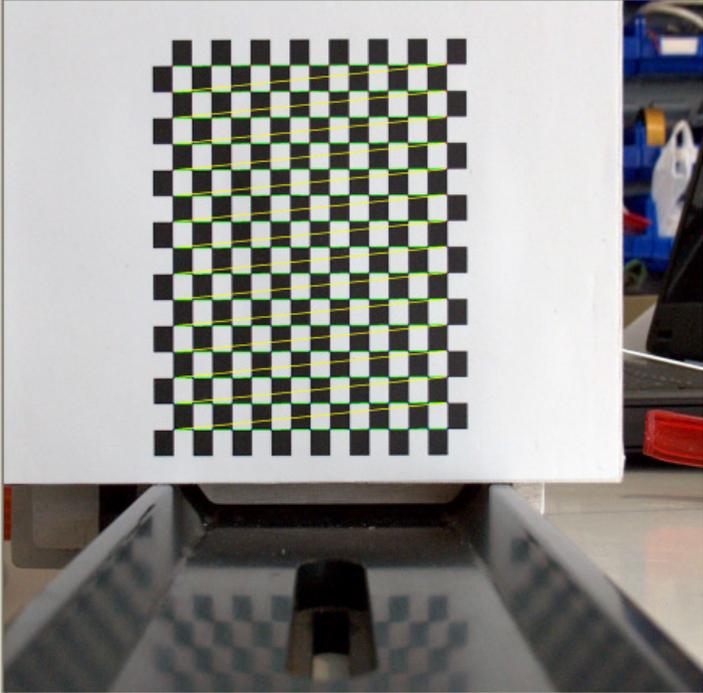
Casillas do Patron

X: (Nº Casillas)
Y: (Nº Casillas)

Tamaño de Casilla

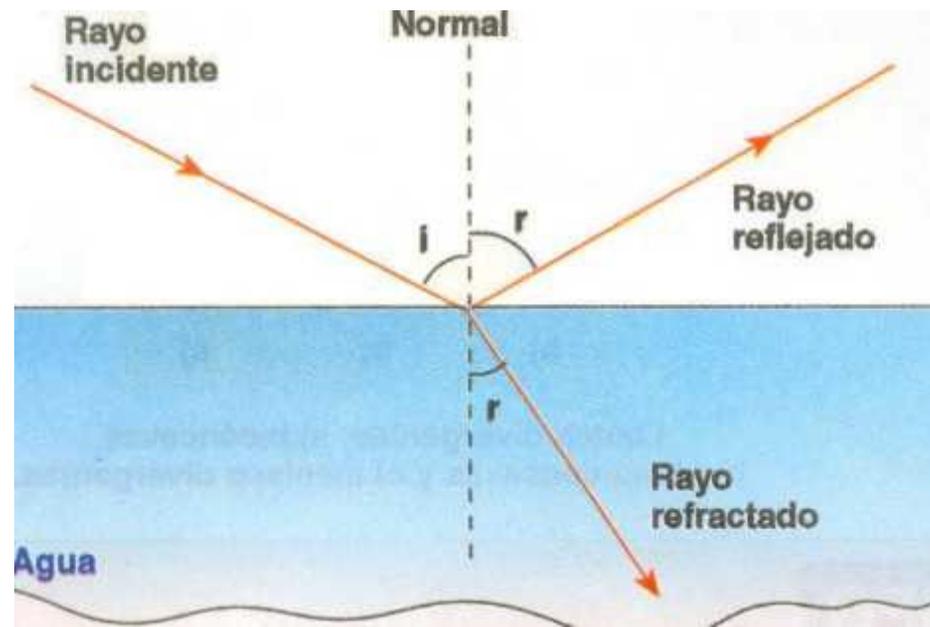
(mm)

Operacions de Calibracion



Procedimiento Calibración de las cámaras

Refracción de la luz en el agua

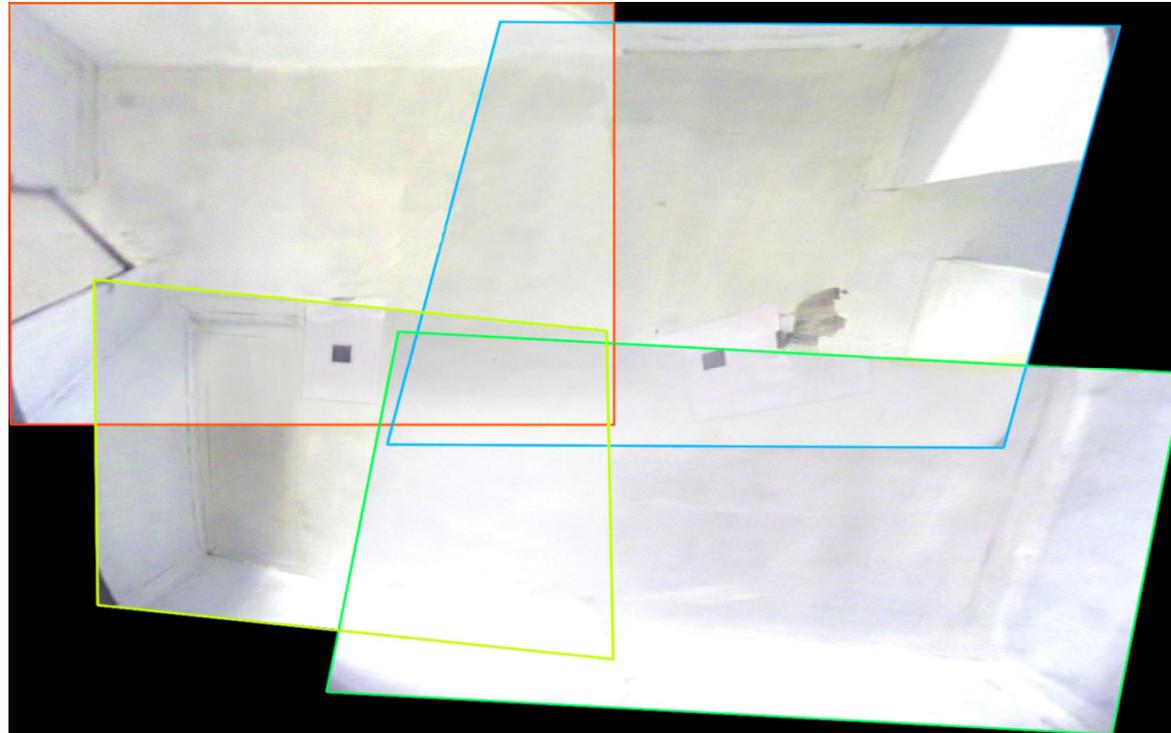


$$\begin{bmatrix} x_a \\ y_a \\ 1 \end{bmatrix} = M_2 \times \begin{bmatrix} x_b \\ y_b \\ 1 \end{bmatrix} \quad M_2 = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Modelo general afín
de refracción.

Procedimiento Calibración de las cámaras

Conversión a Espacio común

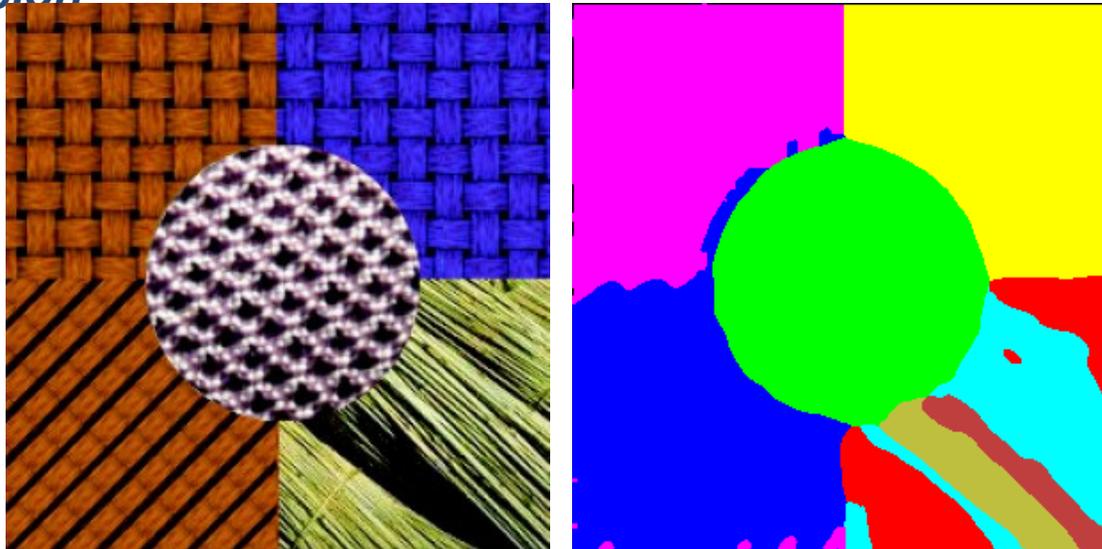


$$\begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ 1 \end{bmatrix} = \frac{\begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_c \\ y_c \\ 1 \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} g & h & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_c \\ y_c \\ 1 \end{bmatrix}}$$

Modelo homográfico
para fusión de
imágenes.

Procedimiento Segmentación de la imagen

Segmentación



Clasificación y etiquetado de los diferentes elementos de la imagen.

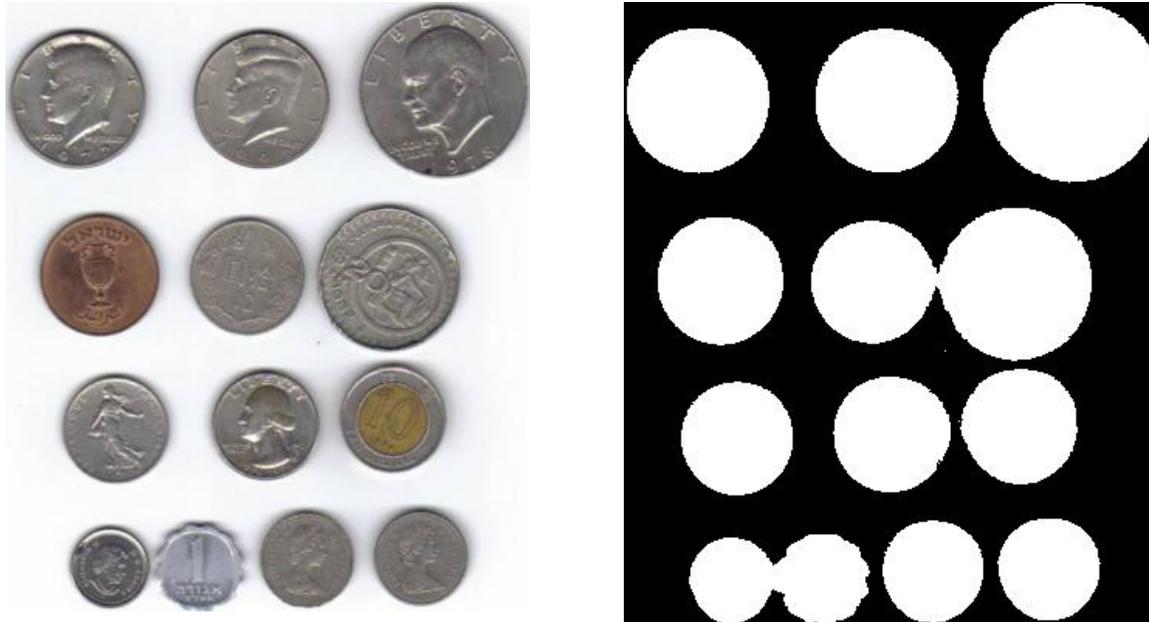
Separación de los diferentes objetos: Clasificando grupos de píxeles similares que representan el mismo cuerpo

Basado en: Diferencias de color, texturas, bordes, posición, movimiento los distintos objetos, modelos matemáticos de los cuerpos...

Procedimiento

Segmentación de la imagen

Segmentación por umbralización



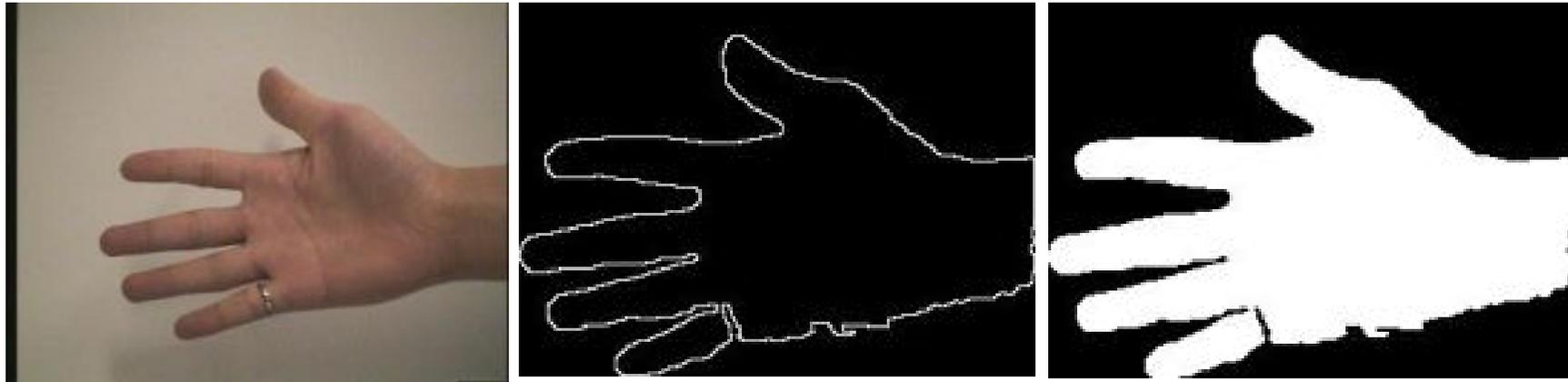
Cada pixel es clasificado (normalmente en las clases fondo y objeto) según su valor numérico

Se utiliza un umbral numérico (constante o variable) de modo que un pixel es clasificado como fondo o objeto si es mayor o menor que dicho umbral.

Procedimiento

Segmentación de la imagen

Segmentación basada en bordes

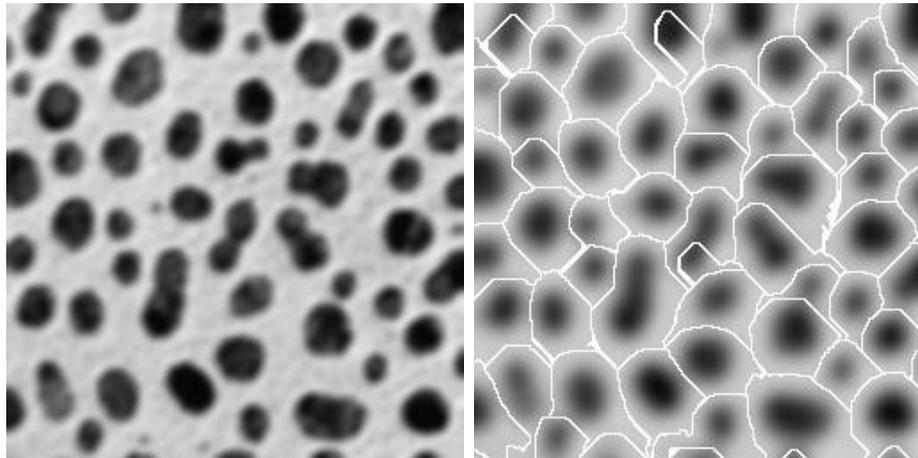


- 1 Detección de bordes buscando cambios bruscos en la imagen (Análisis del gradiente de la imagen).
- 2 Filtrado de bordes (Eliminar bordes innecesarios)
- 3 Procesado de bordes (Completar los bordes encontrados para definir contornos cerrados)
- 4 Segmentación de los contornos que describen los objetos

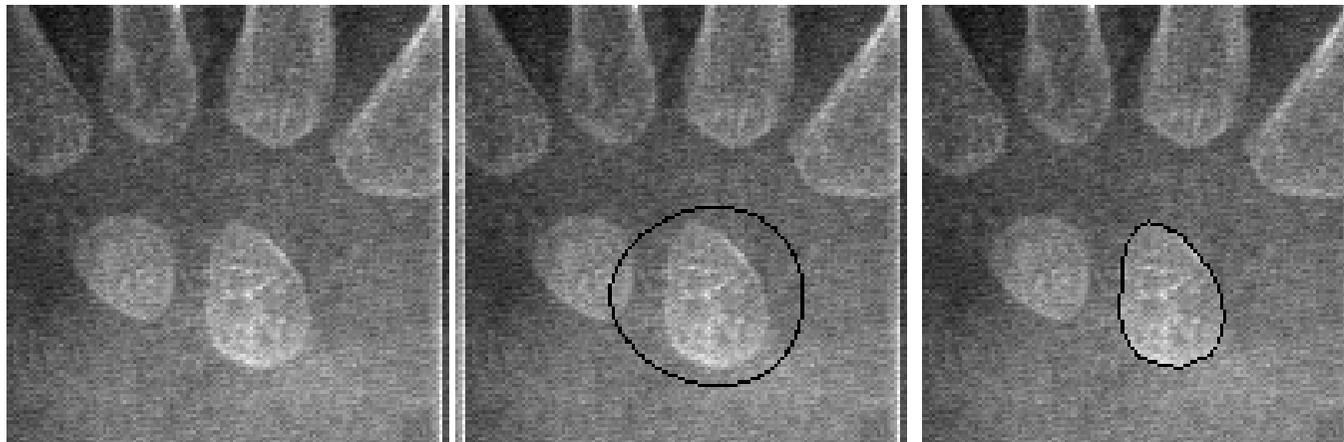
Procedimiento Segmentación de la imagen

Segmentación basada en regiones

Watershed



Modelos
deformables



Procedimiento Segmentación de la imagen

RNA

Las redes de neuronas artificiales son una herramienta de aprendizaje y procesamiento automático inspirado en la forma en que funciona el sistema nervioso de los animales.

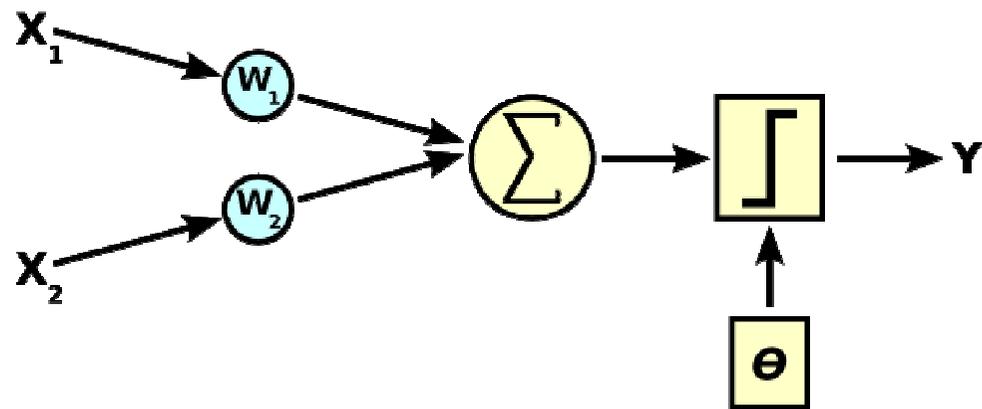
Sistema de interconexión de neuronas en una red que colabora para producir un estímulo de salida.

Cada neurona recibe una serie de entradas a través de interconexiones y emite una salida. Esta salida viene dada por tres funciones:

• **Función de excitación.** Suma de cada entrada (x_i) por el peso (w_i) de su conexión.

• **Una función de activación,** que modifica a la anterior.

• **Función de transferencia.** Acota la salida de la neurona . Interpretación de las salidas.



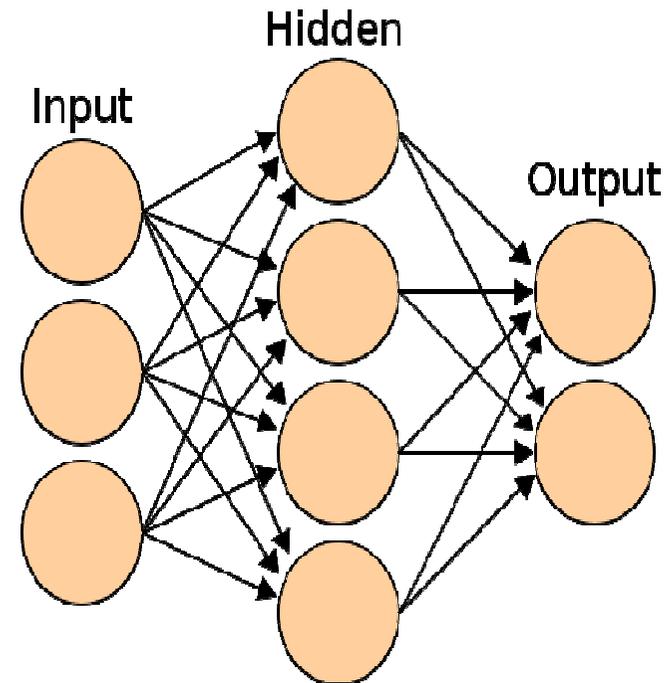
Procedimiento

Segmentación de la imagen

RNA

Las RNAs son sistemas adaptativos, tienen la capacidad de cambiar su estructura de acuerdo a los datos. Las RNAs se definen por tres parámetros:

- Arquitectura. El mapa de conexiones entre los diferentes elementos
- El proceso de aprendizaje (Automático, Supervisado...) El aprendizaje determina los pesos (w_i) de las conexiones y determinara la respuesta de la red.
- La función de activación.



Procedimiento

Segmentación de la imagen

RNA SOM

- Red neuronal inspirada en el cortex visual.
- Los valores del espacio de entrada, son transformados a un espacio de salida discreto (formado por un numero determinado de clases)
- La red es entrenada para clasificar patrones de datos
- Cada neurona responde a un patrón y neuronas cercanas responden a patrones similares.

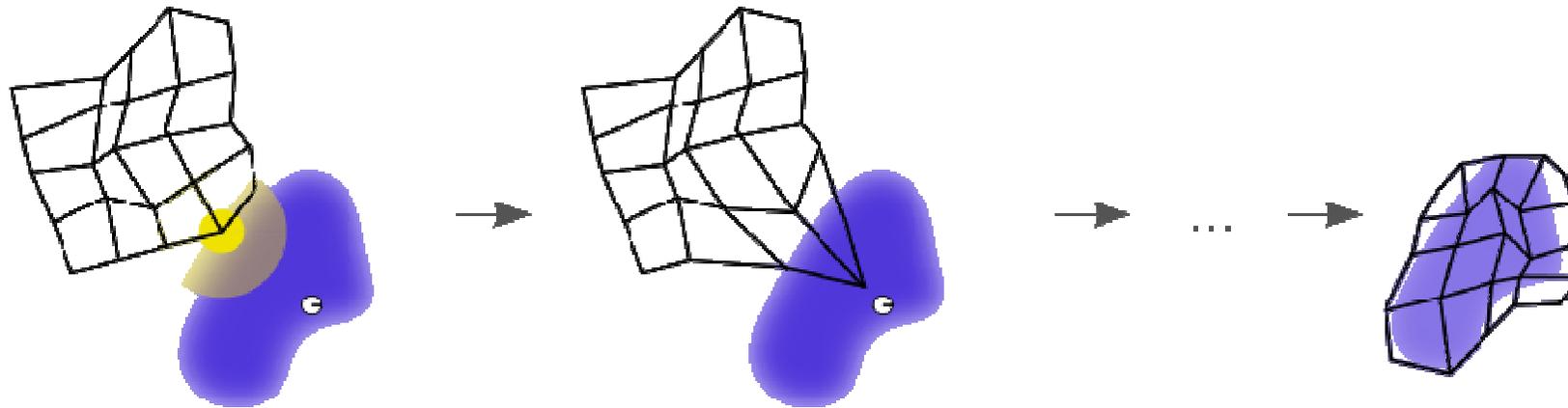
$$R^n \longrightarrow R^2, R^1$$



Procedimiento Segmentación de la imagen

Aprendizaje

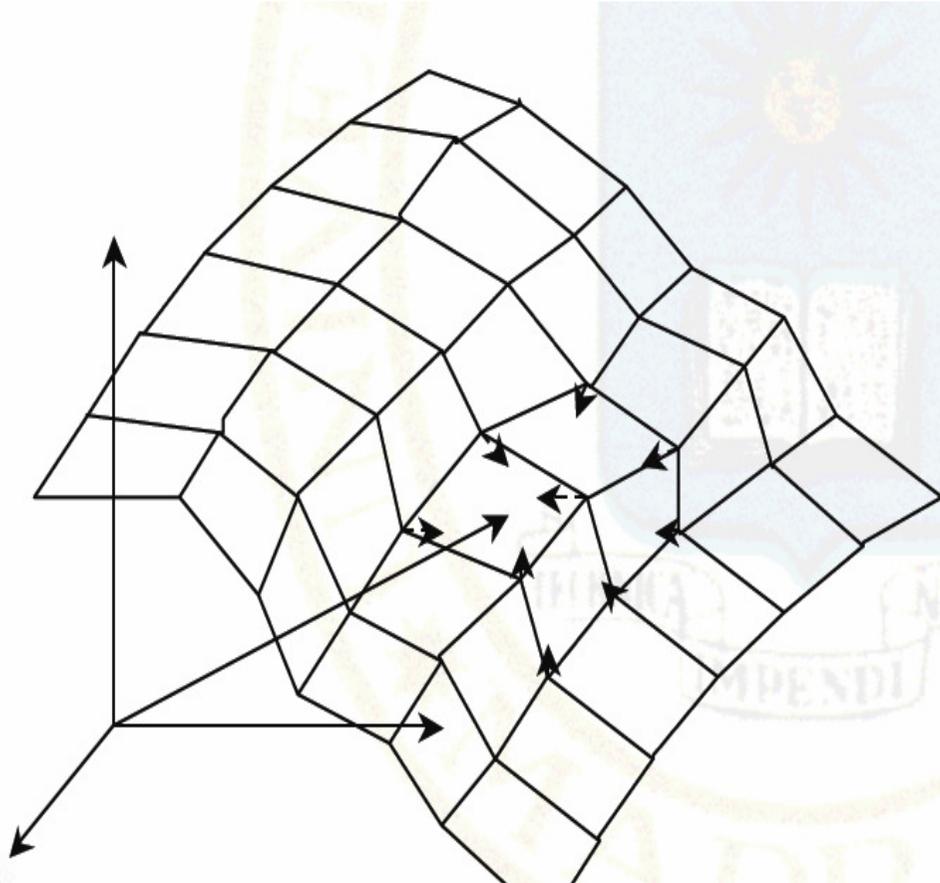
La red es entrenada para responder a cierto tipo de patrones numéricos



- Los pesos de la red se inicializan
- Se utilizan datos típicos (ejemplos) para entrenar la red
- Se asigna una neurona ganadora a cada patrón de entrenamiento
- Los pesos de las neuronas se modifican de acuerdo a la distancia con la neurona ganadora
- El proceso de entrenamiento se repite durante muchos ciclos modificando progresivamente la respuesta de la red

Procedimiento Segmentación de la imagen

Mapeado

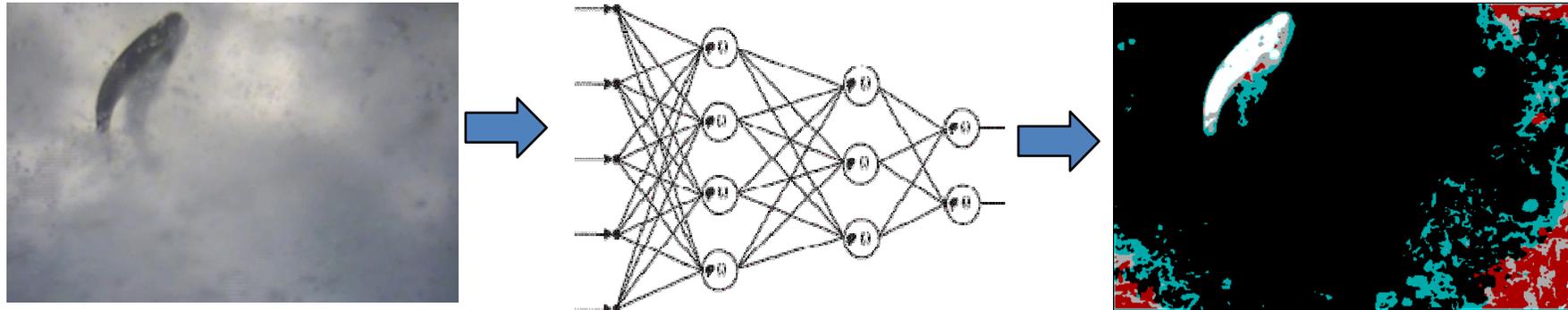


Un valor de entrada es asignado a una de las clases de salida según la neurona de la capa de salida que se active

Los pesos de la red neuronal determinan la correspondencia entre los espacios de entrada y salida

Puntos cercanos en el espacio de entrada activan neuronas cercanas en el espacio de salida y viceversa

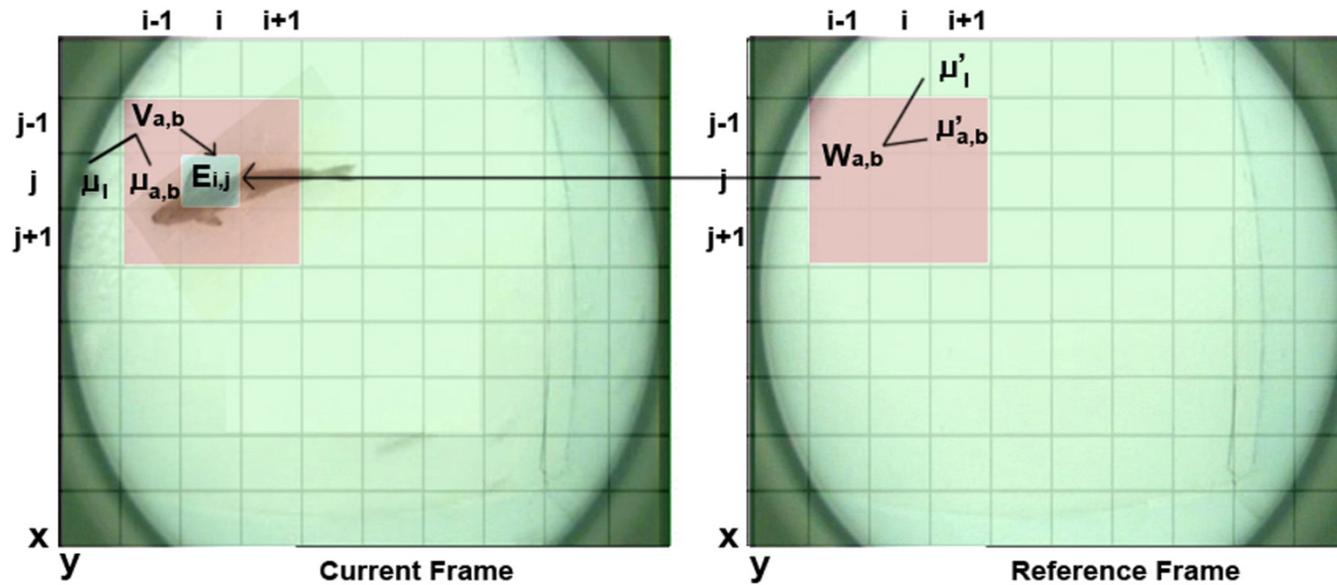
Procedimiento Segmentación de la imagen



- La RNA SOM clasifica los diferentes elementos de la imagen
- Se utilizan como entrada diferentes valores numéricos que describen cada punto de la imagen
- Las clases que representan el fondo y otros elementos sin interés son descartadas
- Las clases que describen mejor pez se utilizarán para marcar la posición posible del pez



Procedimiento Segmentación de la imagen



$$E_{i,j} = \{V_{a,b} \quad W_{a,b}\}_{(a,b) = \left[\left(i - \frac{N}{2}, j - \frac{N}{2} \right), \left(i + \frac{N}{2}, j + \frac{N}{2} \right) \right]}$$

$$V_{a,b} = \frac{\mu_{a,b}}{\mu_I} \quad W_{a,b} = \frac{\mu_{a,b}}{\mu_I} - \frac{\mu_{a,b}'}{\mu_I'}$$

$$\mu_{i,j} = \frac{\sum_{x,y}^{N_2} I(x,y)}{N_2} \quad \mu_{i,j}' = \frac{\sum_{x,y}^N I'(x,y)}{N}$$

$$(x,y) = \left[\left(i - \frac{N_2}{2}, j - \frac{N_2}{2} \right), \left(i + \frac{N_2}{2}, j + \frac{N_2}{2} \right) \right]$$

Procedimiento Segmentación de la imagen



Procedimiento Detección del Pez

Análisis de Objetos Segmentados

La imagen segmentada se convierte en una serie de valores que describen cada uno de los cuerpos conexos encontrados en la imagen

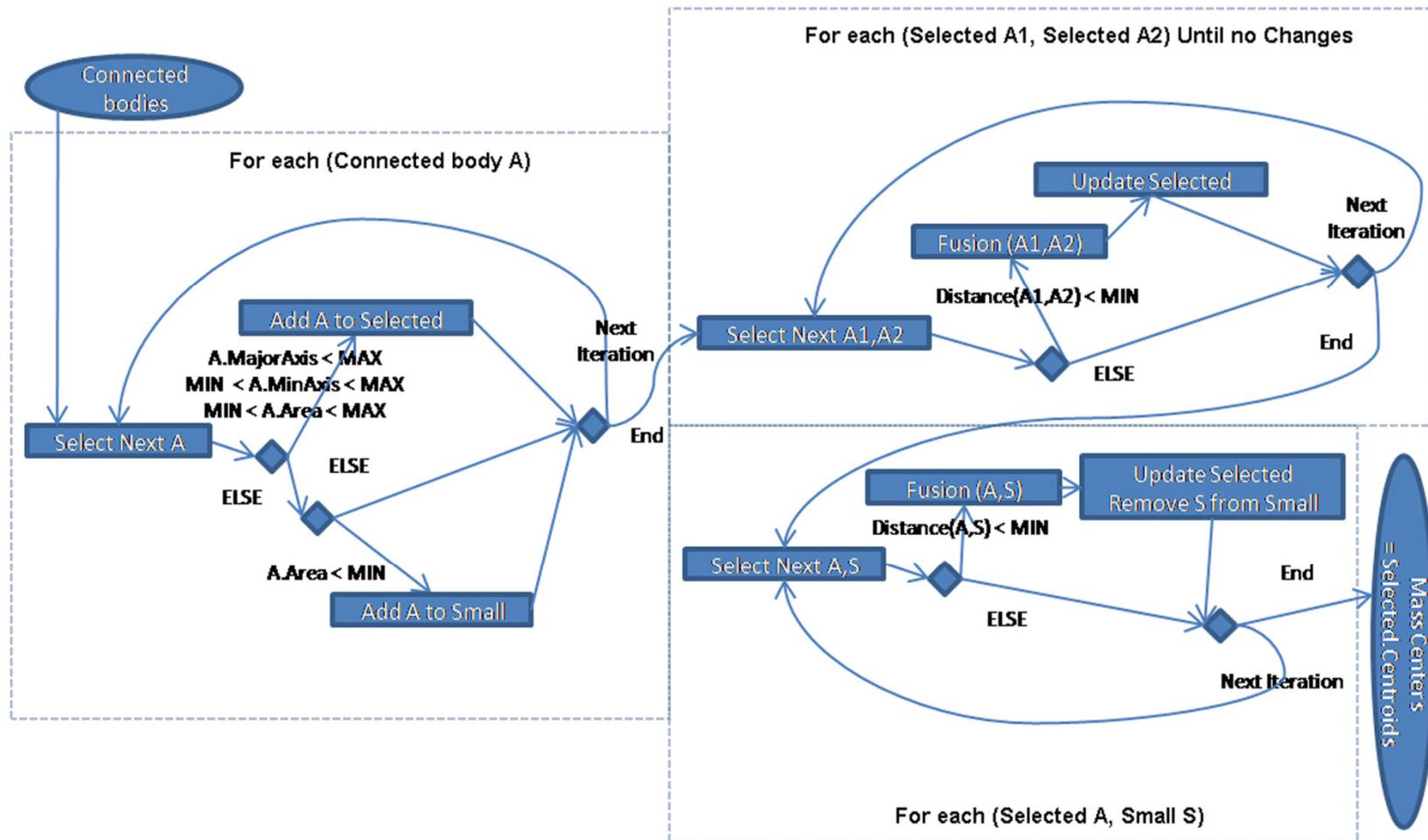
Cuerpo Conexo: Cada grupo de píxeles que ha sido segmentado por la red



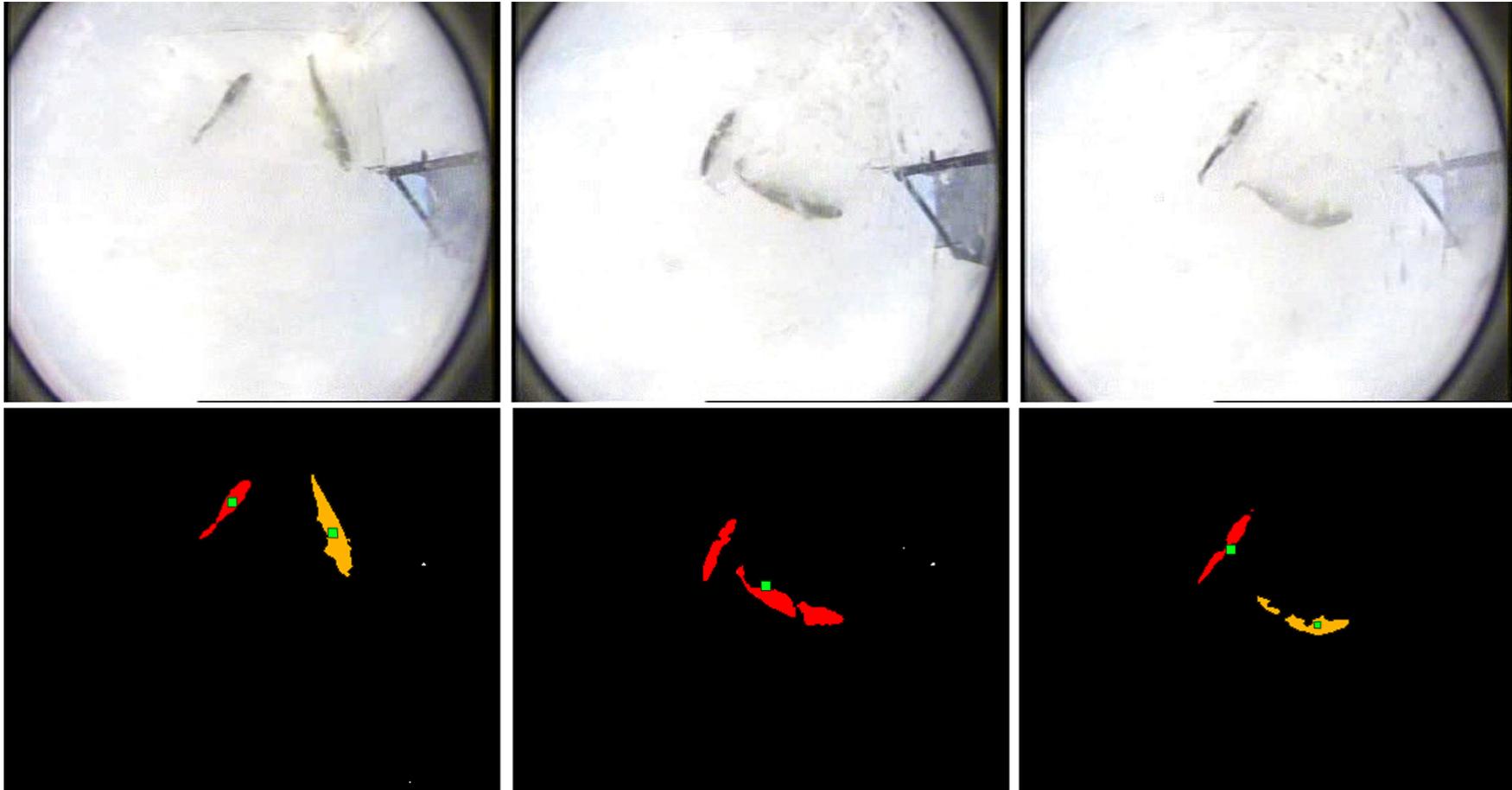
Atributos que describen el cuerpo:

- Número de píxeles que lo componen (área).
- Posición de su centro de masas.
- Ejes de la elipse mínima que contiene al cuerpo.

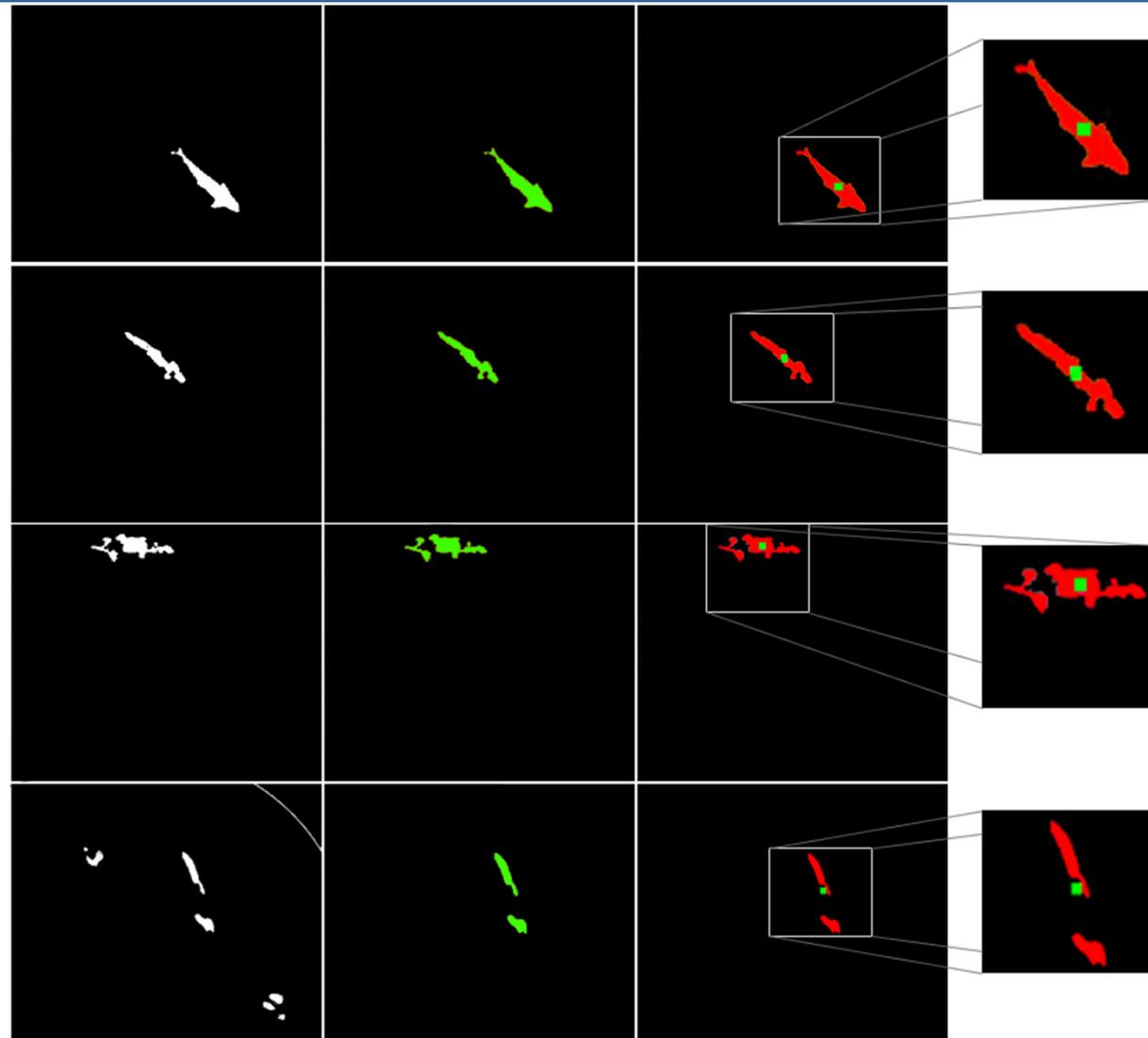
Procedimiento Detección del Pez



Procedimiento Detección del Pez



Procedimiento Detección del Pez



Análisis de resultados

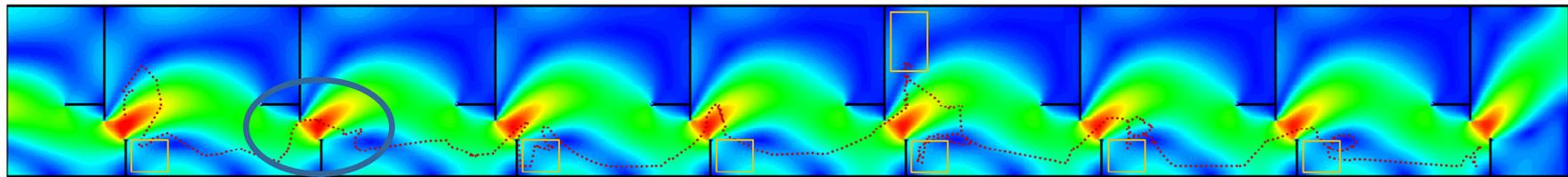
Comportamiento del pez

Identificación de la trayectoria seguida durante el ascenso

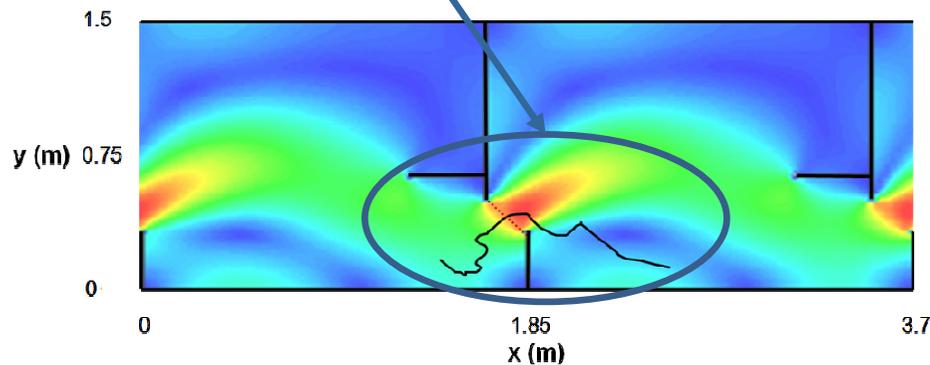
- **Vector de posición**

$$\left[(X_{t_0}, Y_{t_0}), (X_{t_1}, Y_{t_1}), \dots, (X_{t_i}, Y_{t_i}), \dots, (X_{t_N}, Y_{t_N}) \right]_{\min(\Delta t)=0.04s}$$

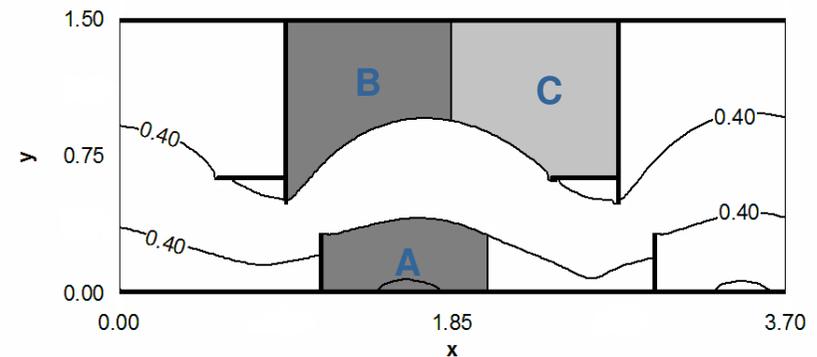
0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 (m/s)



Trayectoria completa



Paso de hendidura



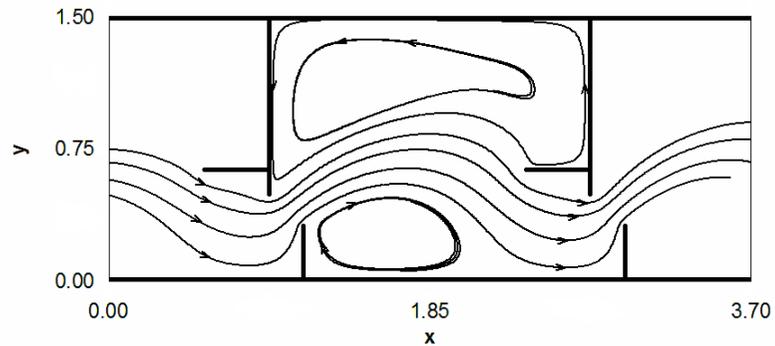
Zonas de descanso

Análisis de resultados

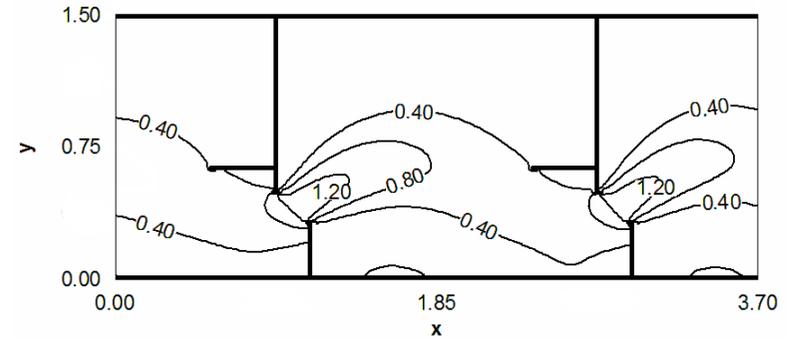
Comportamiento del pez

Zonas de descanso

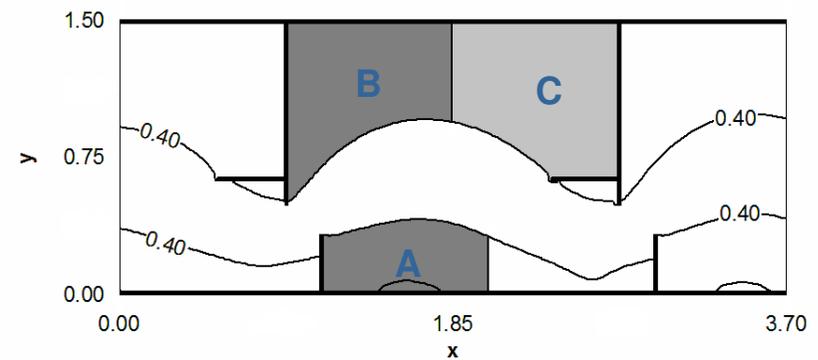
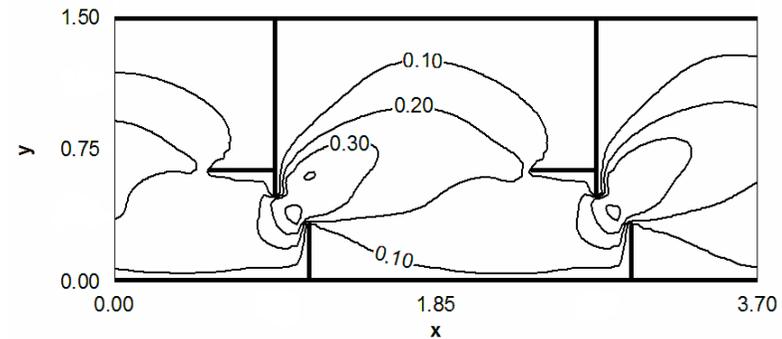
Líneas de corriente



Velocidades (m/s)



Energía cinética turbulenta (m^2/s^2)



Análisis de resultados

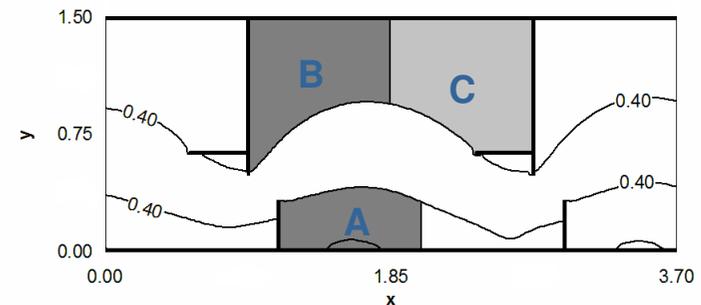
Comportamiento del pez

Análisis del comportamiento general

- Nº ejemplares que remontan completamente la escala
- Tiempo total de ascenso/ tiempo en cada piscina
- Posibles descensos de piscinas

Análisis de las zonas de descanso

- Frecuencia de utilización
- Tiempos de permanencia



	Frecuencia de uso (%)			Tiempo de permanencia (s)							
	Zona A	Zona B	Zona C	Zona A		Zona B		Zona C		Global	
				Media	σ	Media	σ	Media	σ	Media	σ
Trucha	57.4	42.6	0	411	424	413	406	0	-	412	412
Boga	100	0	0	340	340	0	-	0	-	340	340
Barbo	57.9	42.1	0	246	300	450	579	0	-	332	437

Análisis de resultados

Comportamiento del pez

Análisis de los pasos de hendidura

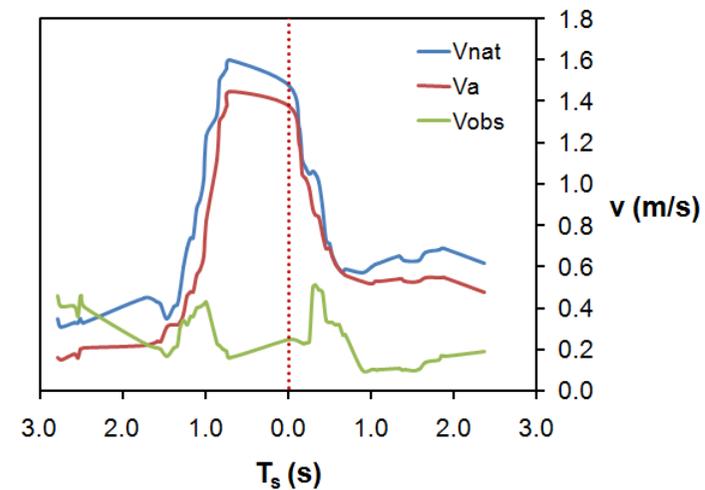
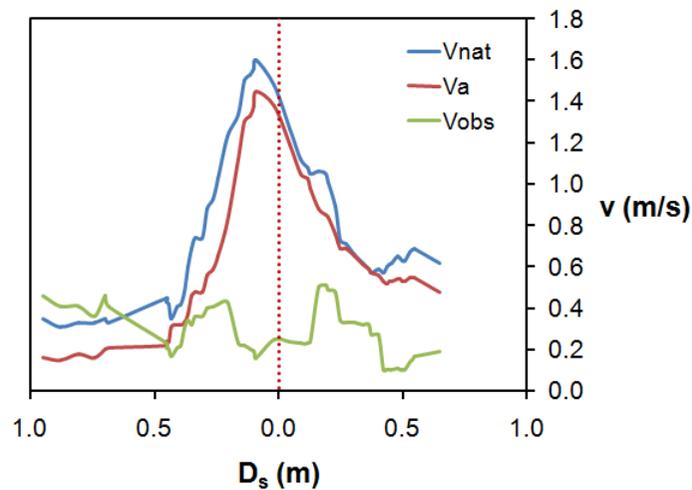
- Velocidad instantánea observada

$$V_{\text{obs}} = \frac{\sqrt{(X_{t_i} - X_{t_{i-1}})^2 + (Y_{t_i} - Y_{t_{i-1}})^2}}{t_i - t_{i-1}}$$

- Velocidad de natación

$$\bar{V}_{\text{nat}} = \bar{V}_{\text{obs}} - \bar{V}_a$$

↓
Velocidad del agua

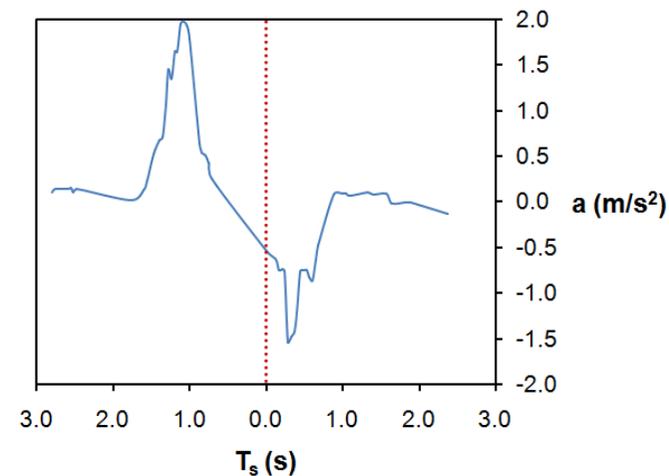
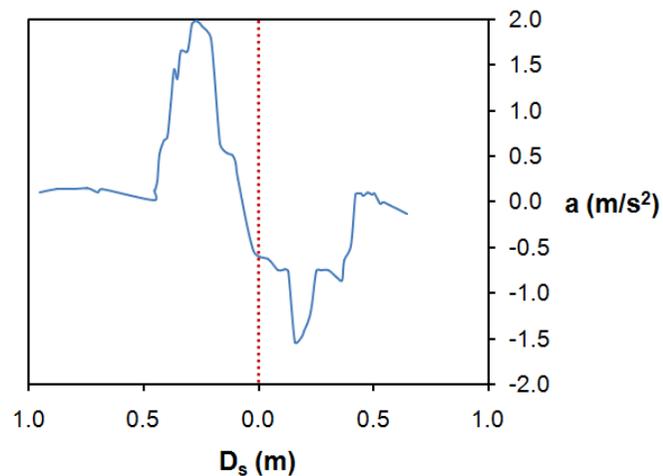


Análisis de resultados

Comportamiento del pez

■ Aceleración

$$A_i = \frac{(V_{\text{nat}})_{t_i} - (V_{\text{nat}})_{t_{i-1}}}{t_i - t_{i-1}}$$



■ Velocidades y aceleraciones máximas

	Velocidad de natación (m/s)		Aceleración (m/s ²)	
	Máx. media	σ	Máx. media	σ
Trucha	1.51	0.21	1.11	0.68
Boga	1.43	0.23	1.22	0.87
Barbo	1.51	0.27	1.04	0.6

Conclusiones y futuros desarrollos

Preproceso

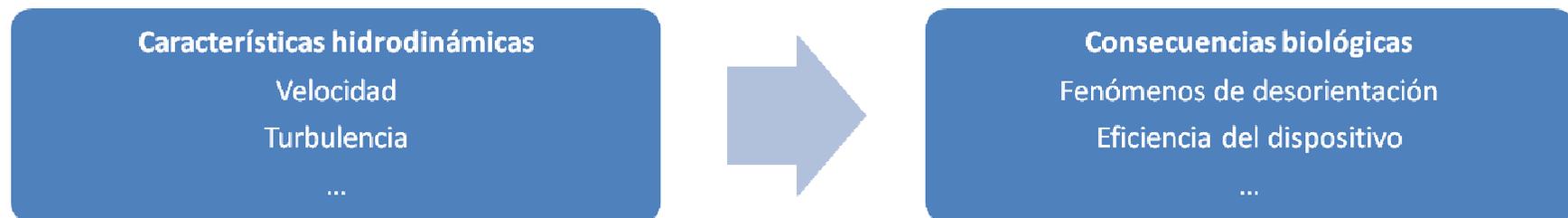
- Continucción de ensayos con distintas especies

Proceso

- Mejora de la precisión
- Mejora del tiempo de computación

Postproceso

- Desarrollo de curvas de respuesta para distintas especies y tallas





Muchas gracias por vuestra atención