

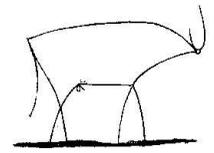
Segmentación con Información a Priori de Forma aplicada a Sistema de Valoración Cárnica

Proyecto de Fin de Carrera

Pablo Arias - Alejandro Pini
Gonzalo Sanguinetti - Pablo Sprechmann

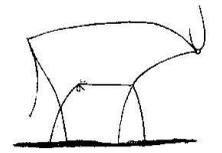
Instituto de Ingeniería Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Universidad de la República

Introducción

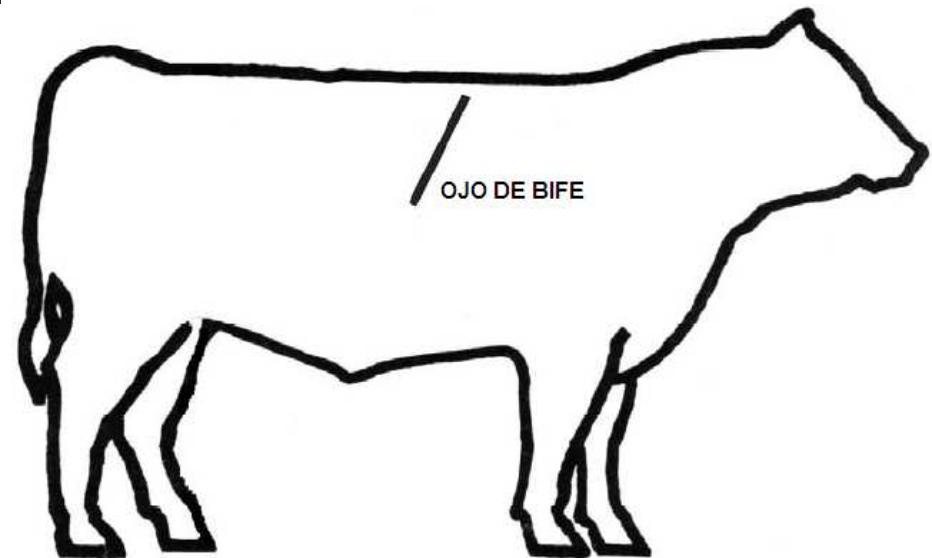


- Tutores: Pablo Cancela, Alvaro Gómez, Alicia Fernández, Gregory Randall
- Antecedente: “Sistema de Valoración Cárnica”
Proyecto de grado realizado por: Pablo Cancela, Fernando Reyes y Pablo Rodriguez.
- Proyecto CSIC: “Sistema de Valoración Cárnica”
Resp. Gregory Randall
- Convenio con el INIA

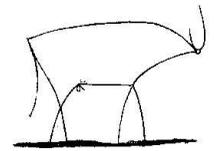
Introducción



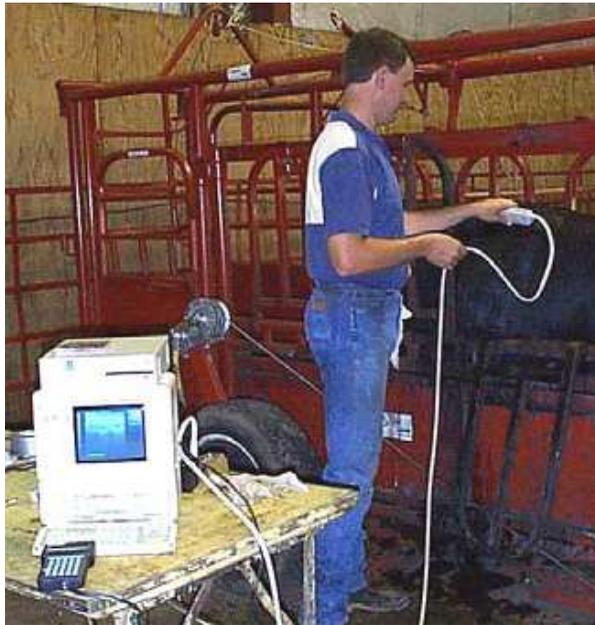
Problema: Medir el área del *ojo de bife*.



Introducción



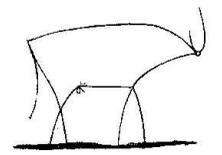
Técnica de medición



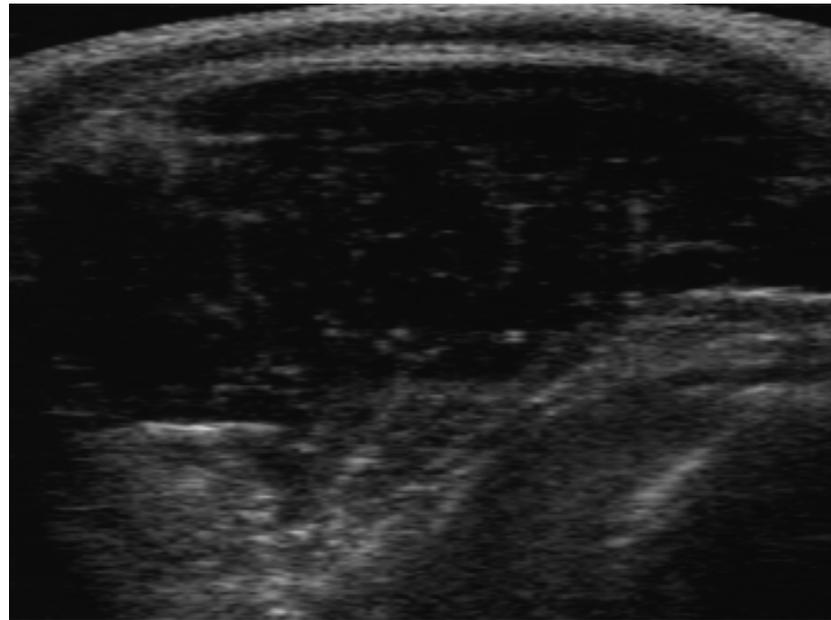
Ventajas:

- No intrusivo
- Muy económico

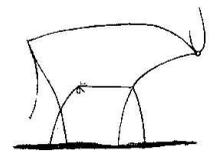
Introducción



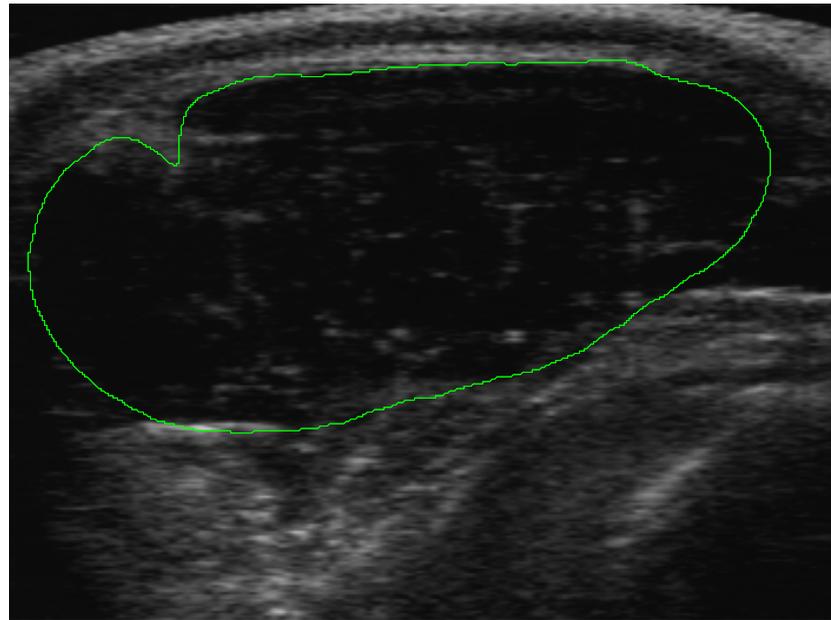
Técnica de medición



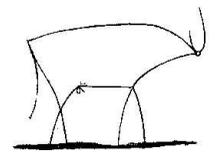
Introducción



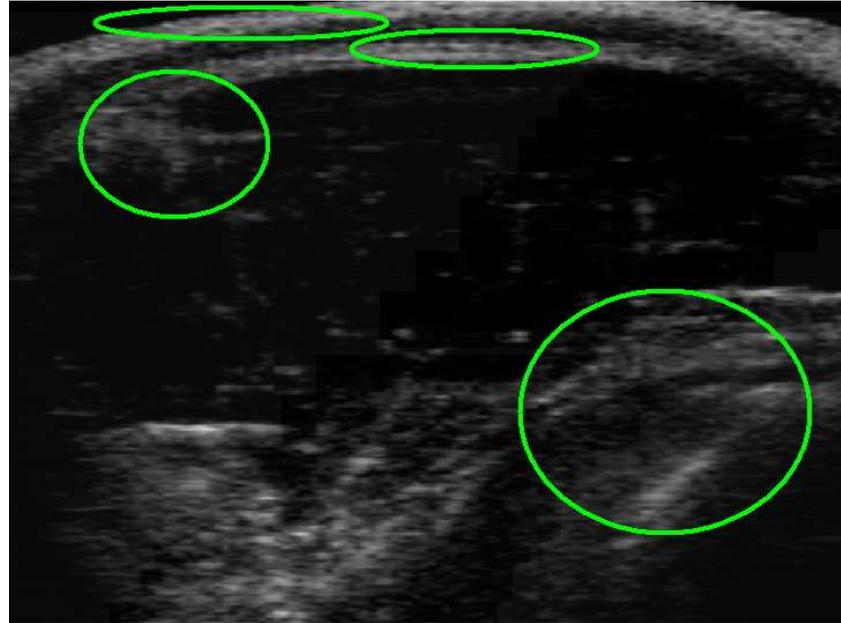
Técnica de medición



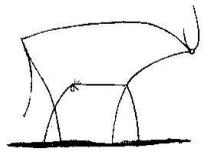
Introducción



Técnica de medición



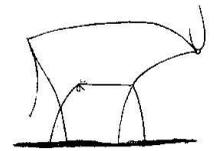
Introducción



¿Por qué es interesante automatizar la detección del ojo de bife?

- escalabilidad
- objetividad
- definir on-line si es apropiada la faena de la vaca

Introducción



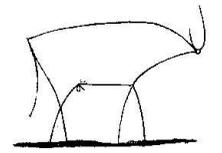
¿Por qué es interesante automatizar la detección del ojo de bife?

- escalabilidad
- objetividad
- definir on-line si es apropiada la faena de la vaca

Dificultades:

- imágenes muy ruidosas (bajo SNR)
- partes ocluidas, sin información
- no todos los bordes están bien definidos

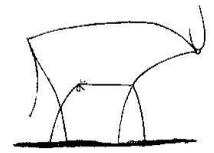
Introducción



Estrategia para la segmentación:

- aprender de cómo segmentan manualmente los expertos

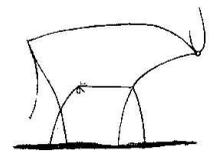
Introducción



Estrategia para la segmentación:

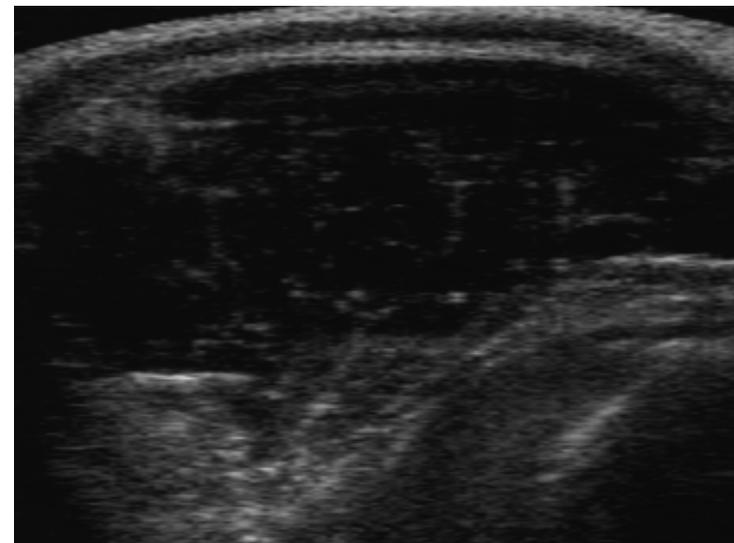
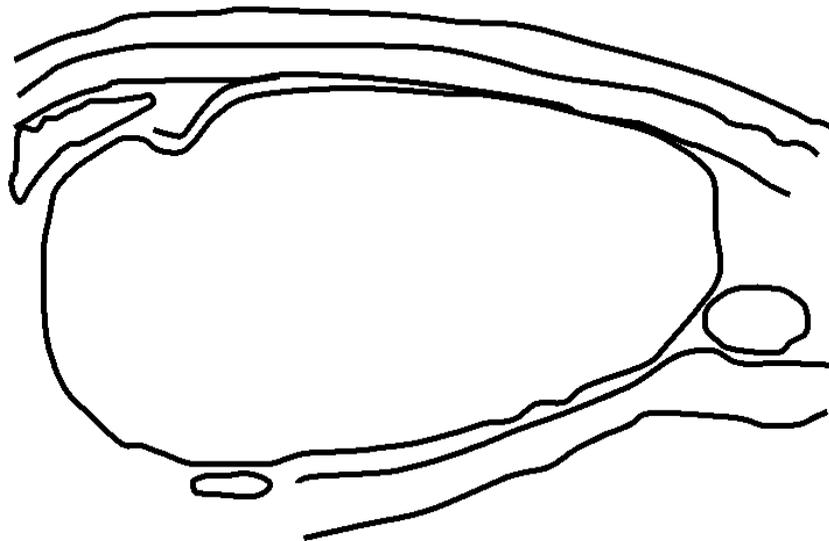
- aprender de cómo segmentan manualmente los expertos
- mirar los cambios en los tonos de gris de la imagen

Introducción

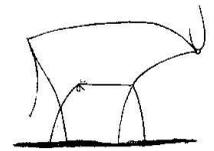


Estrategia para la segmentación:

- aprender de cómo segmentan manualmente los expertos
- mirar los cambios en los tonos de gris de la imagen
- introducir información de forma aprendida a priori

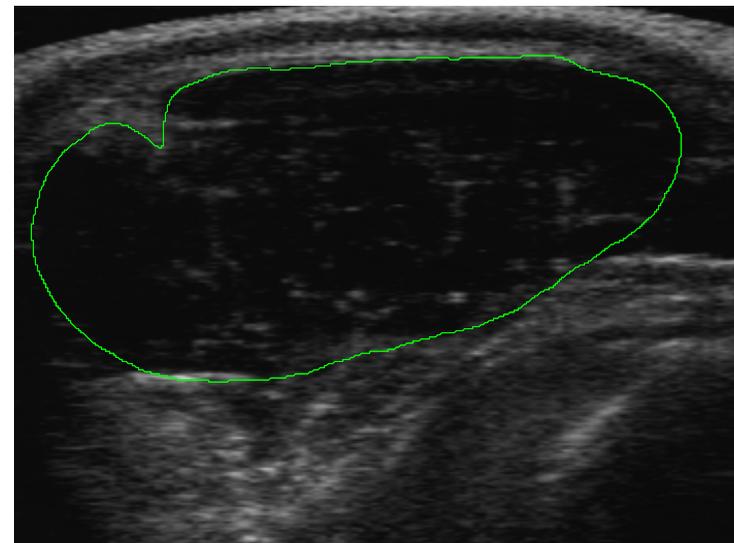
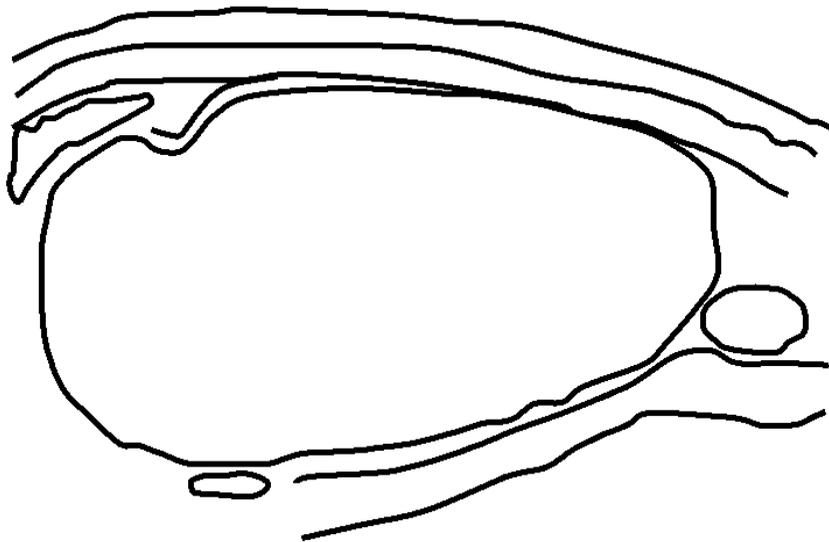


Introducción

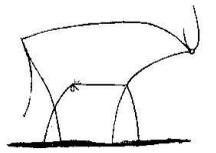


Estrategia para la segmentación:

- aprender de cómo segmentan manualmente los expertos
- mirar los cambios en los tonos de gris de la imagen
- introducir información de forma aprendida a priori



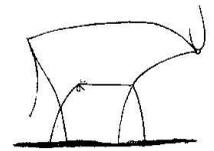
Introducción



Objetivos:

- Nueva versión del SVC más robusta, general y flexible que obtenga mejores resultados.

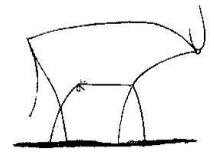
Introducción



Objetivos:

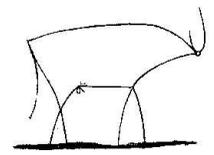
- Nueva versión del SVC más robusta, general y flexible que obtenga mejores resultados.
- Profundizar en la inclusión del conocimiento a priori de la forma del ojo de bife.

Introducción



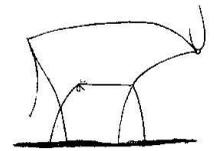
Objetivos:

- Nueva versión del SVC más robusta, general y flexible que obtenga mejores resultados.
- Profundizar en la inclusión del conocimiento a priori de la forma del ojo de bife.
- Definir una metodología y desarrollar una herramienta de validación automática.

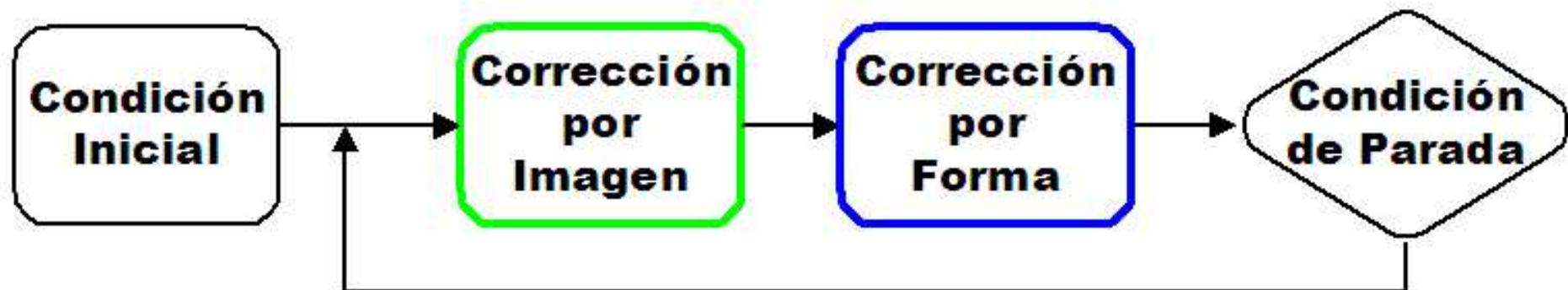


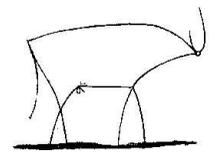
-
- Introducción
 - **Descripción del Algoritmo**
 - Corrección por Imagen
 - Corrección por Forma
 - Otras Mejoras
 - Validación
 - Conclusiones

Algoritmo de segmentación



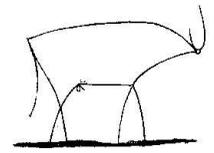
- Evolución de curvas (Snakes)
- Curvas representadas por puntos de control ordenados
- Corrección por imagen y forma de manera alternada e independiente



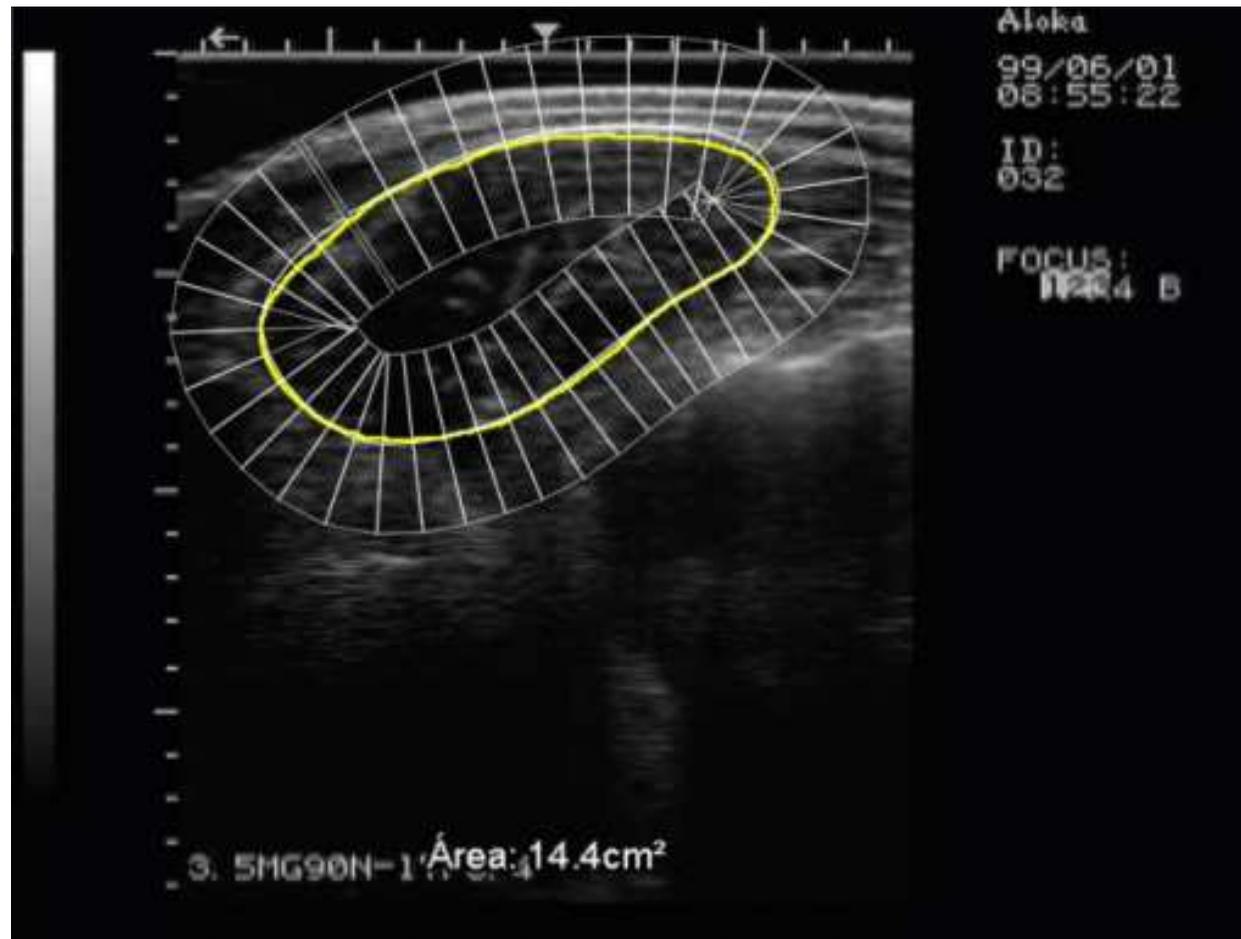


-
- Introducción
 - Descripción del Algoritmo
 - Corrección por Imagen
 - Corrección por Forma
 - Otras Mejoras
 - Validación
 - Conclusiones

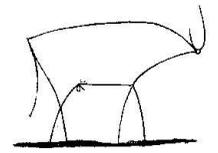
Corrección por Imagen



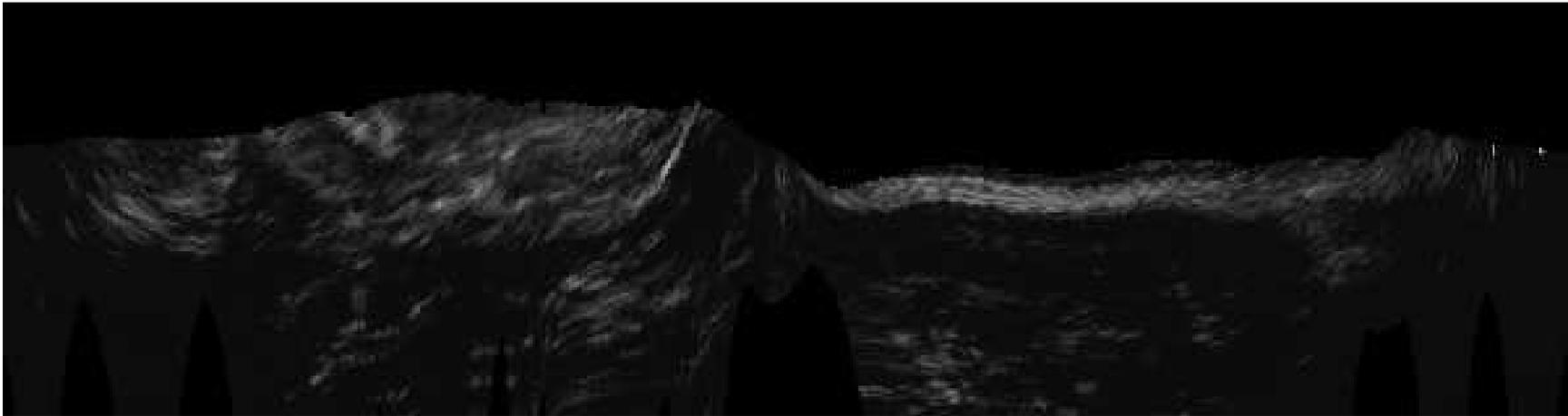
- La estrategia es mover los puntos de control hacia los bordes que se detecten en la imagen



Corrección por Imagen

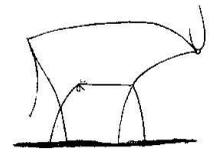


- Mapeo normal



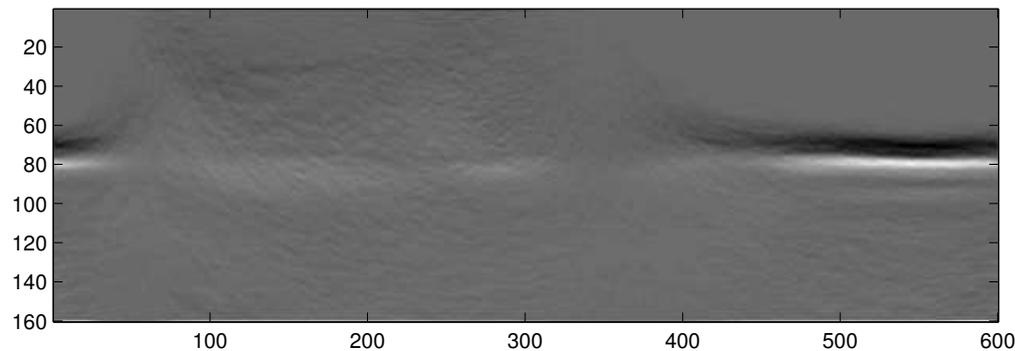
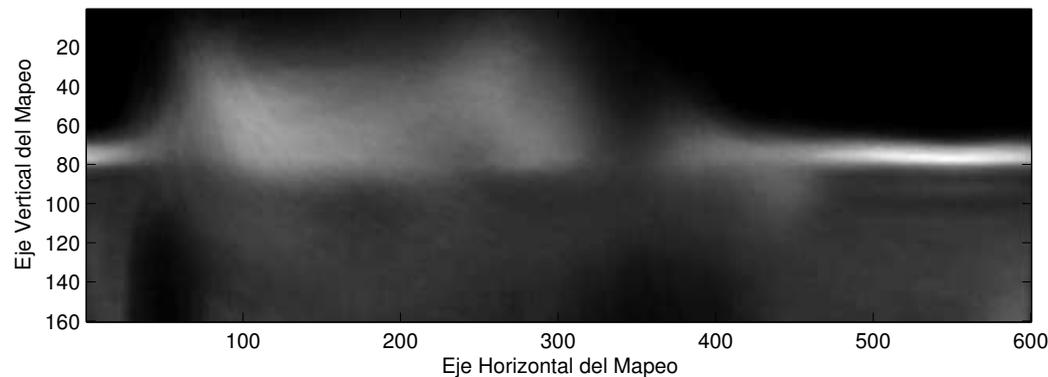
Los puntos de control en el mapeo normal se mueven hacia los bordes en dirección vertical

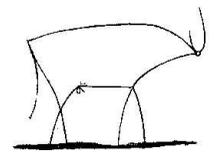
Corrección por Imagen



■ Ponderación local

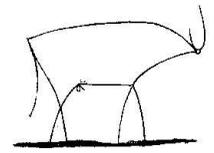
Se pretende darle más peso a la corrección por imagen en aquellos sectores donde los bordes están más definidos.





-
- Introducción
 - Descripción del Algoritmo
 - Corrección por Imagen
 - **Corrección por Forma**
 - Otras Mejoras
 - Validación
 - Conclusiones

Corrección por Forma



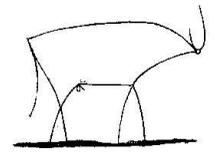
¿Cómo se puede caracterizar una forma?

Invarianza frente a:

- **Traslaciones**



Corrección por Forma



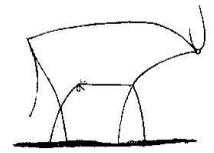
¿Cómo se puede caracterizar una forma?

Invarianza frente a:

- Traslaciones
- Rotaciones



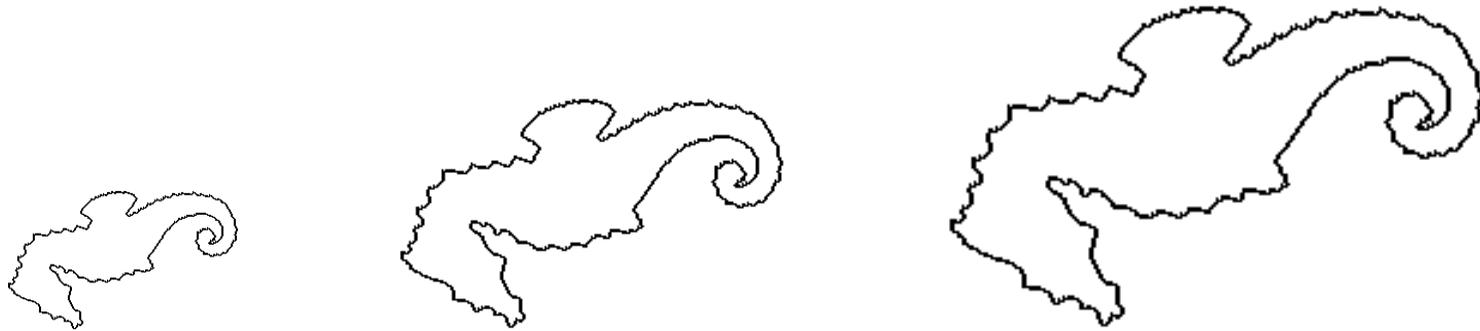
Corrección por Forma



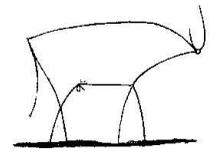
¿Cómo se puede caracterizar una forma?

Invarianza frente a:

- Traslaciones
- Rotaciones
- Escala

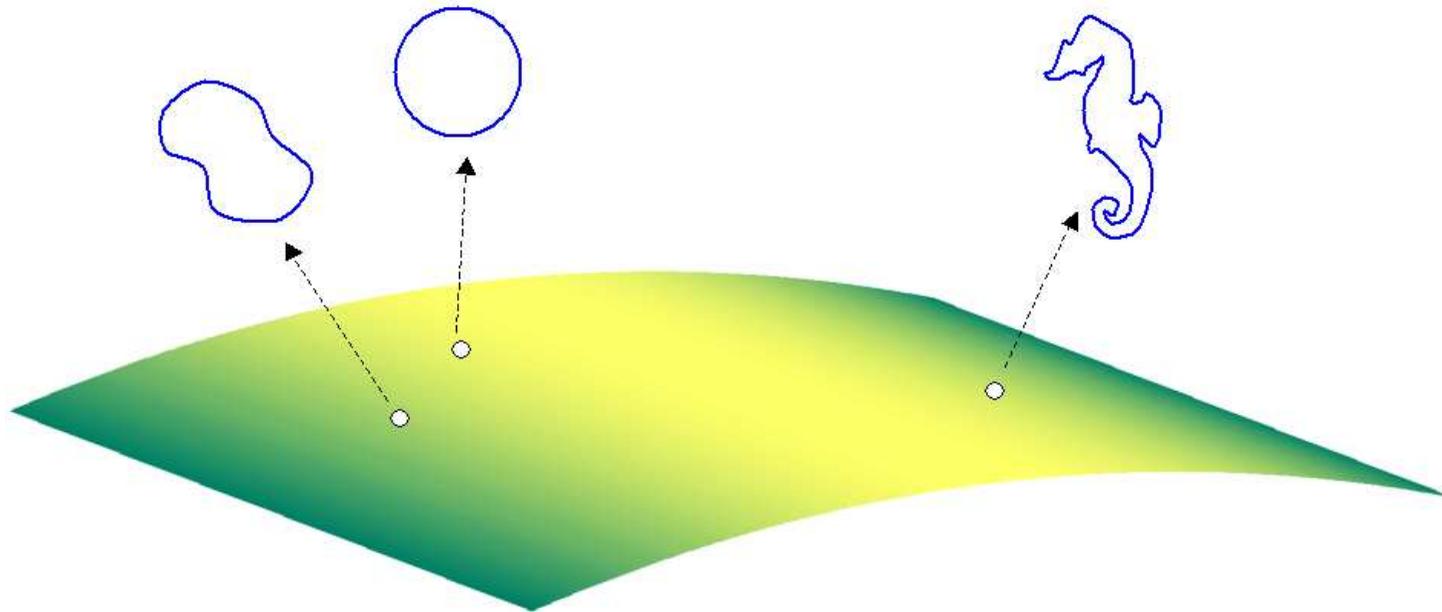


Corrección por Forma

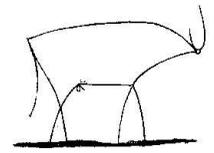


Espacio de Formas (\mathcal{S}):

Conjunto donde cada elemento representa un forma



Corrección por Forma



Espacio de Formas (\mathcal{S}):

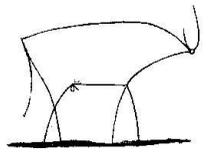
Conjunto donde cada elemento representa un forma

“Analysis of Planar Shapes Using Geodesic Paths on
Shape Spaces”

Srivasta, Klassen, Mio, Joshi

IEEE Tran. on Pattern Analysis & Computer Vision (Marzo, 2004)

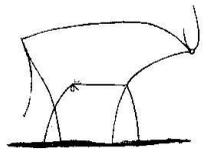
Corrección por Forma



Aplicaciones

- distancia entre formas

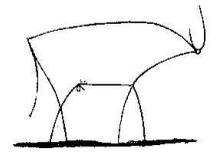
Corrección por Forma



Aplicaciones

- distancia entre formas
- interpolación entre formas

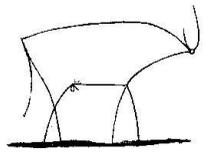
Corrección por Forma



Aplicaciones

- distancia entre formas
- interpolación entre formas
- posibilidad de calcular formas medias

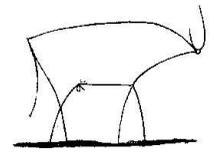
Corrección por Forma



Aplicaciones

- distancia entre formas
- interpolación entre formas
- posibilidad de calcular formas medias
- estadísticas alrededor de la forma media

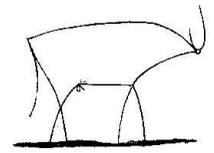
Corrección por Forma



Aplicaciones

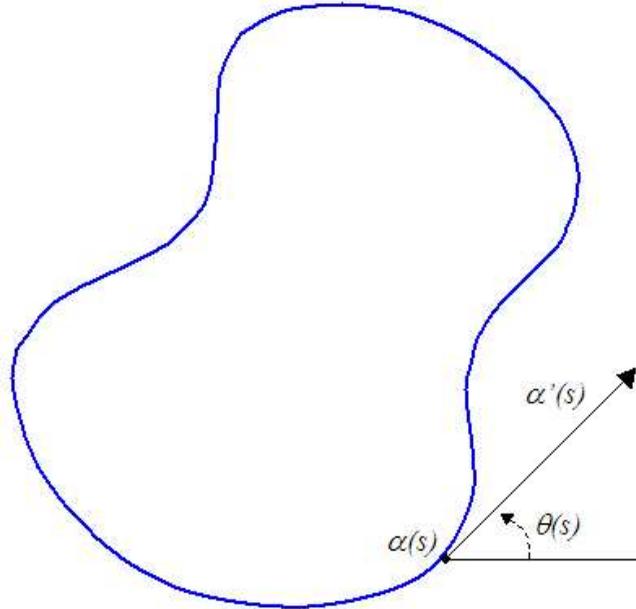
- distancia entre formas
- interpolación entre formas
- posibilidad de calcular formas medias
- estadísticas alrededor de la forma media
- clusters

Corrección por Forma



Las curvas se parametrizan por su longitud de arco:

$$\alpha : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}^2, \quad \text{período } 2\pi \quad |\alpha'(s)| = 1$$

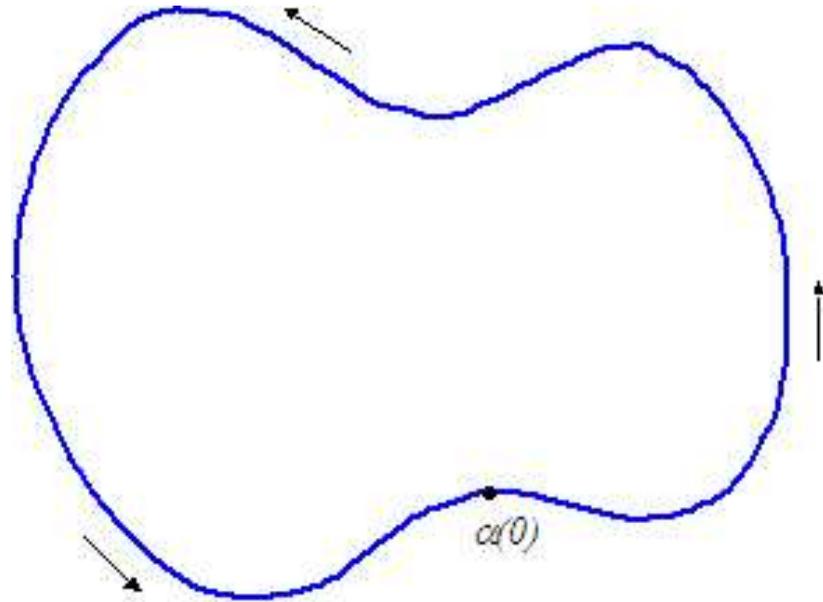
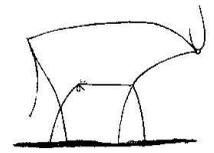


Luego,

$$\alpha'(s) = e^{j\theta(s)}, \quad \theta : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$$

Una forma se representa por su función directriz $\theta(s)$

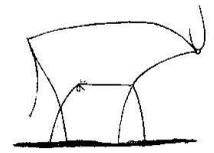
Corrección por Forma



Propiedad: $(\theta(s) + cte)$ es una rotación de θ , entonces para la invarianza a rotaciones se consideran curvas con igual valor medio de θ

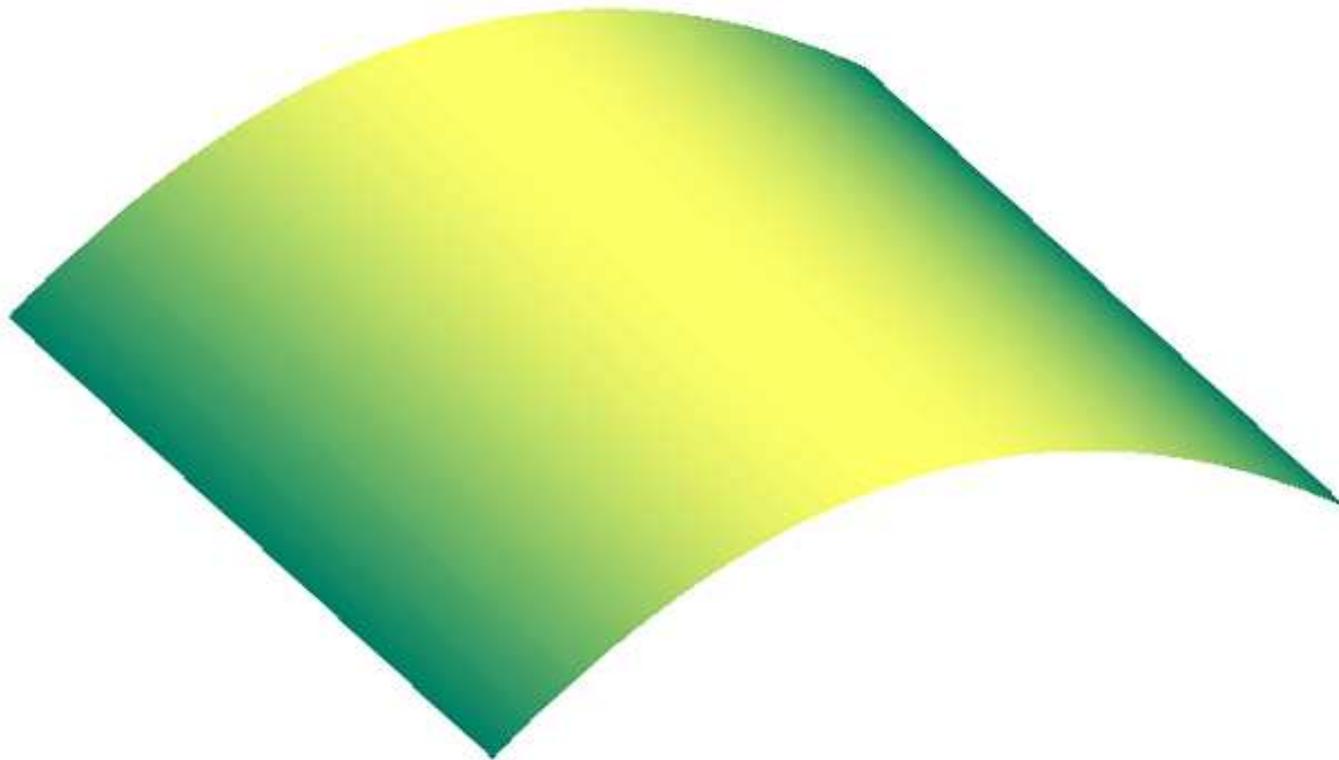
$$\bar{\theta} = \int_0^{2\pi} \theta(s) ds = \pi$$

Corrección por Forma

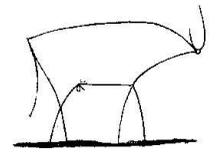


Estructura geométrica de \mathcal{S}

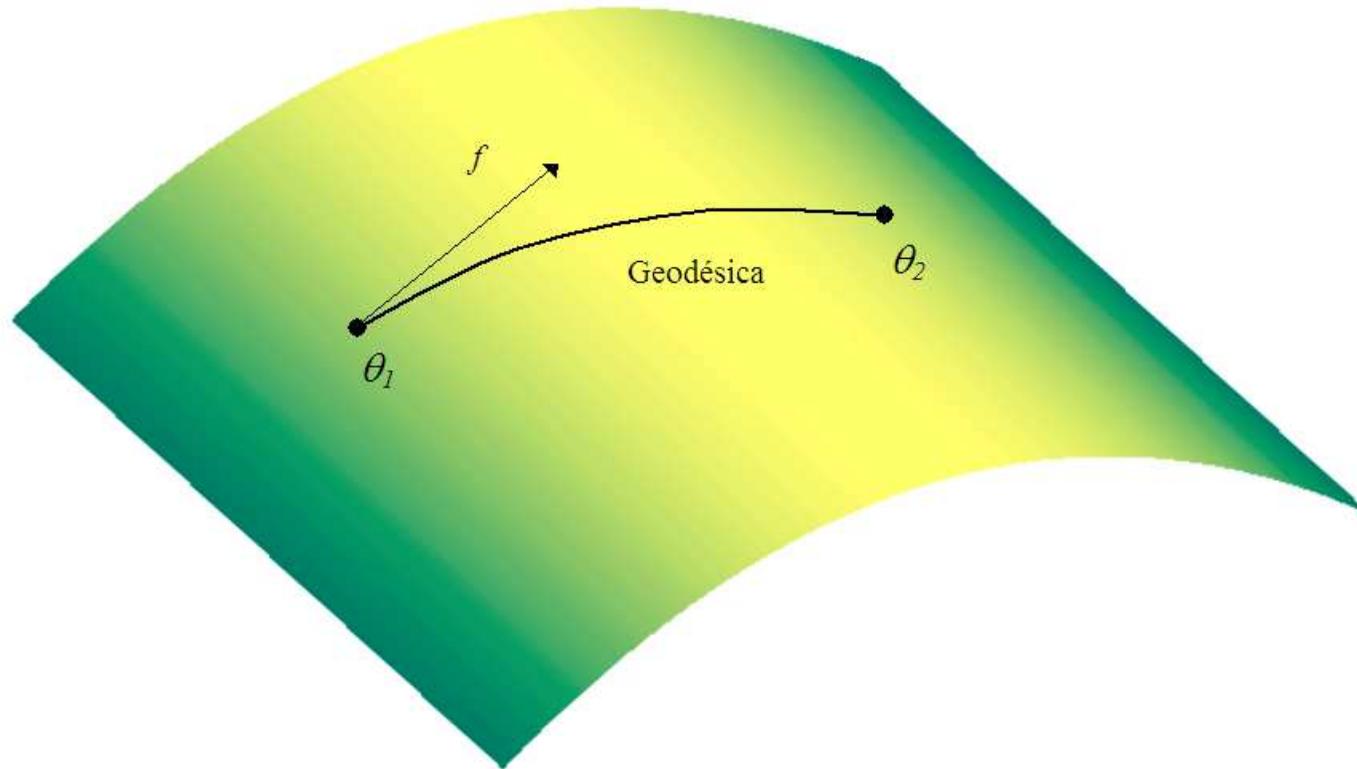
Se puede probar que \mathcal{S} es una variedad diferenciable.



Corrección por Forma

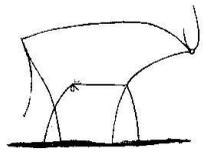


Geodésicas: “Caminos más cortos en \mathcal{S} ”



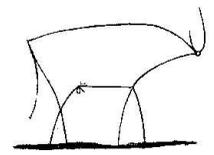
f vector tangente a la variedad en un punto determina un camino geodésico sobre \mathcal{S}

Corrección por Forma

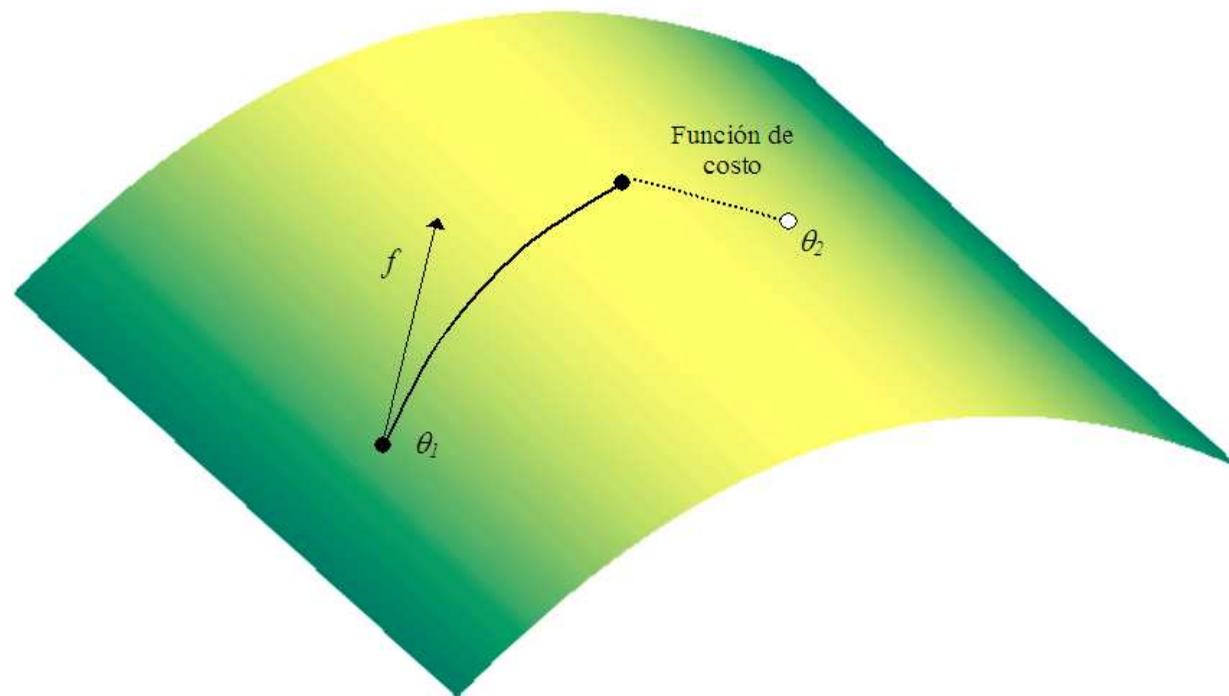


- ¿Cómo calculo una geodésica entre θ_1 y θ_2 ?:

Corrección por Forma

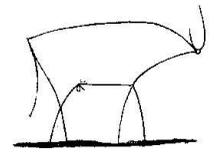


- ¿Cómo calculo una geodésica entre θ_1 y θ_2 ?:
- Minimizo función de costos:



Hallo una f tal que si parto desde θ_1 en la dirección determinada por f , llego a θ_2 .

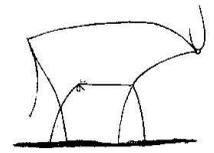
Corrección por Forma



Algunos detalles de la implementación

- Muestreo equiespaciado.

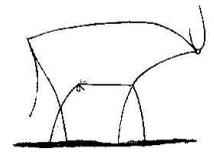
Corrección por Forma



Algunos detalles de la implementación

- Muestreo equiespaciado.
- Algoritmo de STD, para minimizar la función de costo.

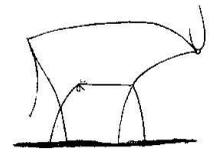
Corrección por Forma



Algunos detalles de la implementación

- Muestreo equiespaciado.
- Algoritmo de STD, para minimizar la función de costo.
- Condición inicial.

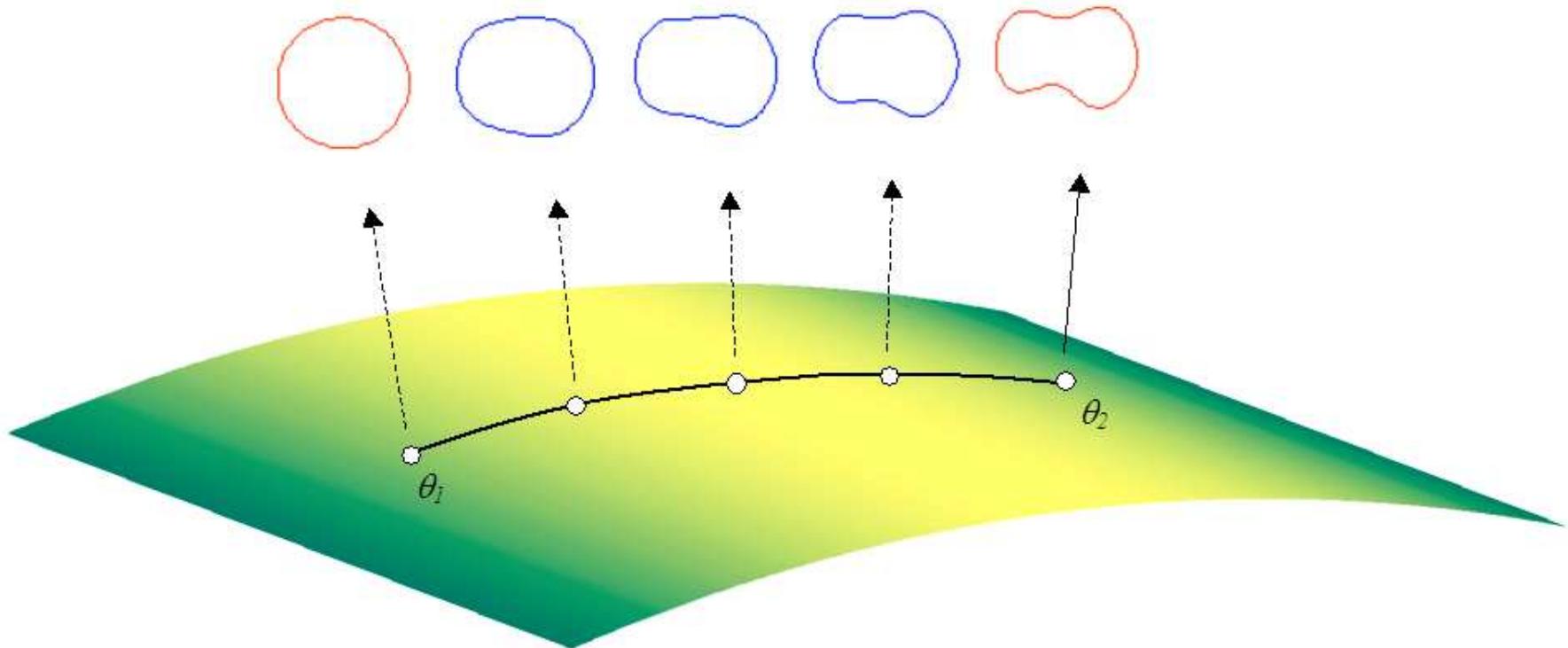
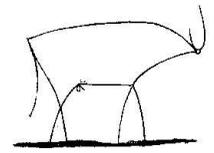
Corrección por Forma



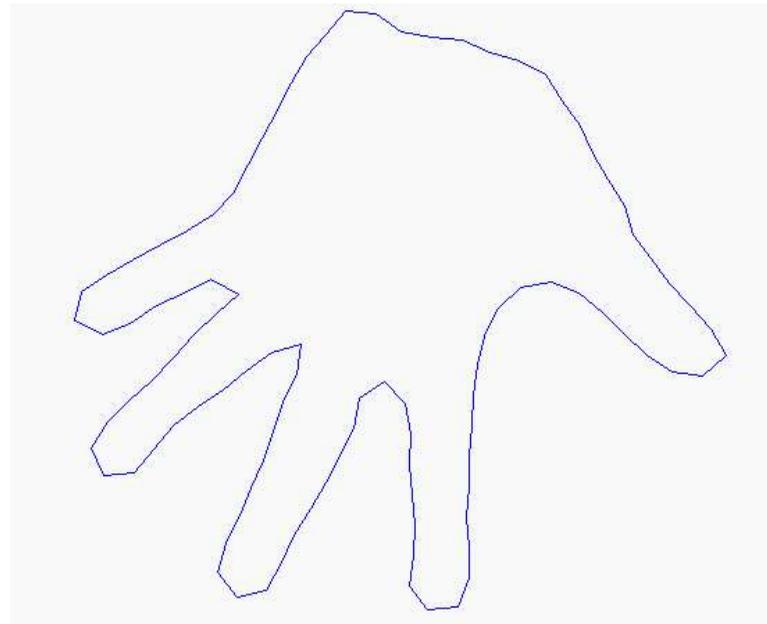
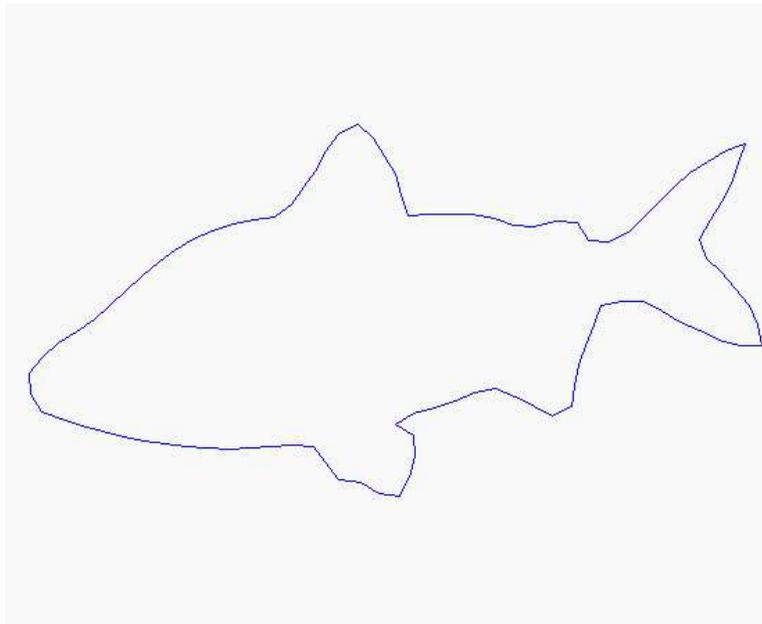
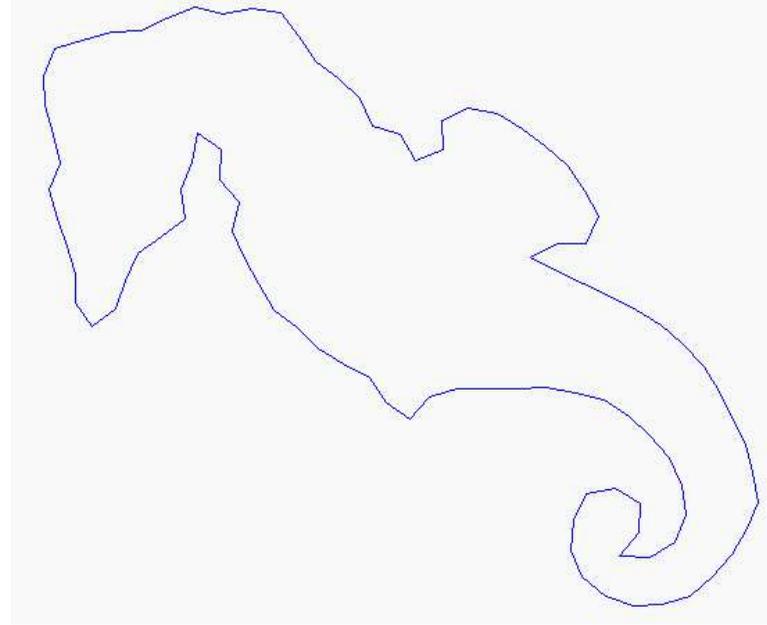
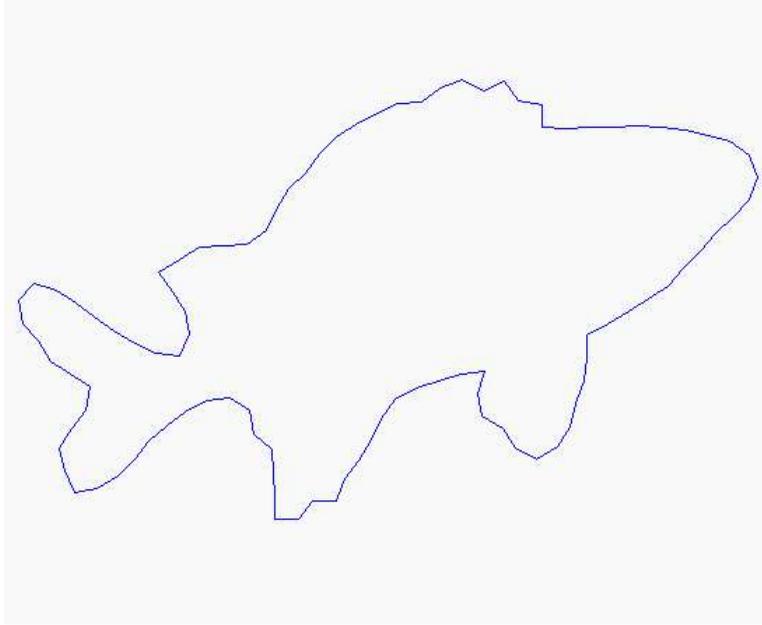
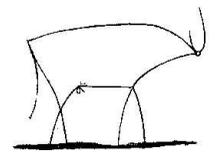
Algunos detalles de la implementación

- Muestreo equiespaciado.
- Algoritmo de STD, para minimizar la función de costo.
- Condición inicial.
- Implementado en C:
 - 1-10 seg cada geodésica en la base de pescados (DB de Univ de Surrey).
 - menos de 0.5 segundos entre ojos de bife.

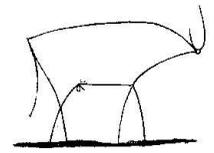
Corrección por Forma



Corrección por Forma



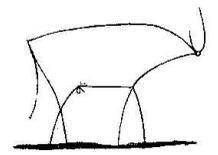
Corrección por forma



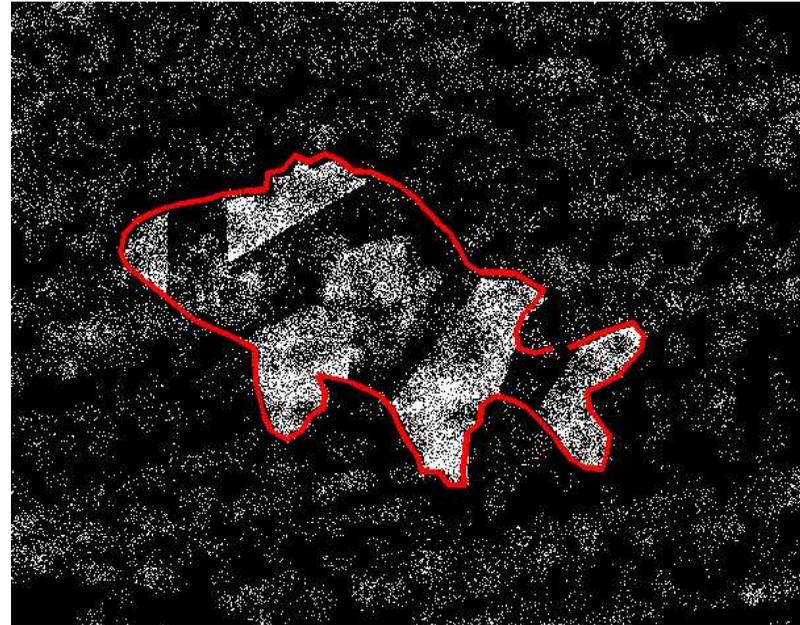
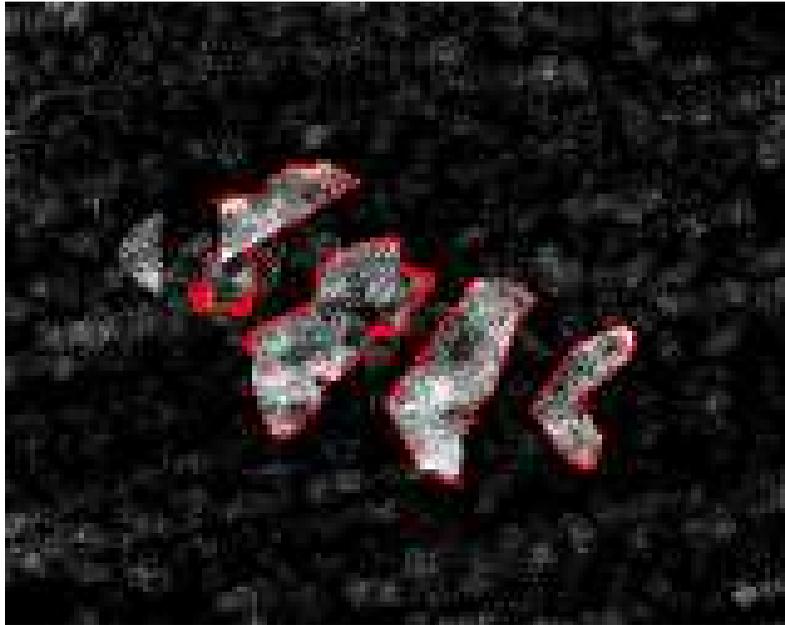
Ejemplo:

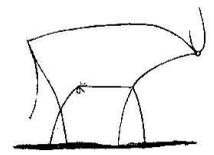


Corrección por forma

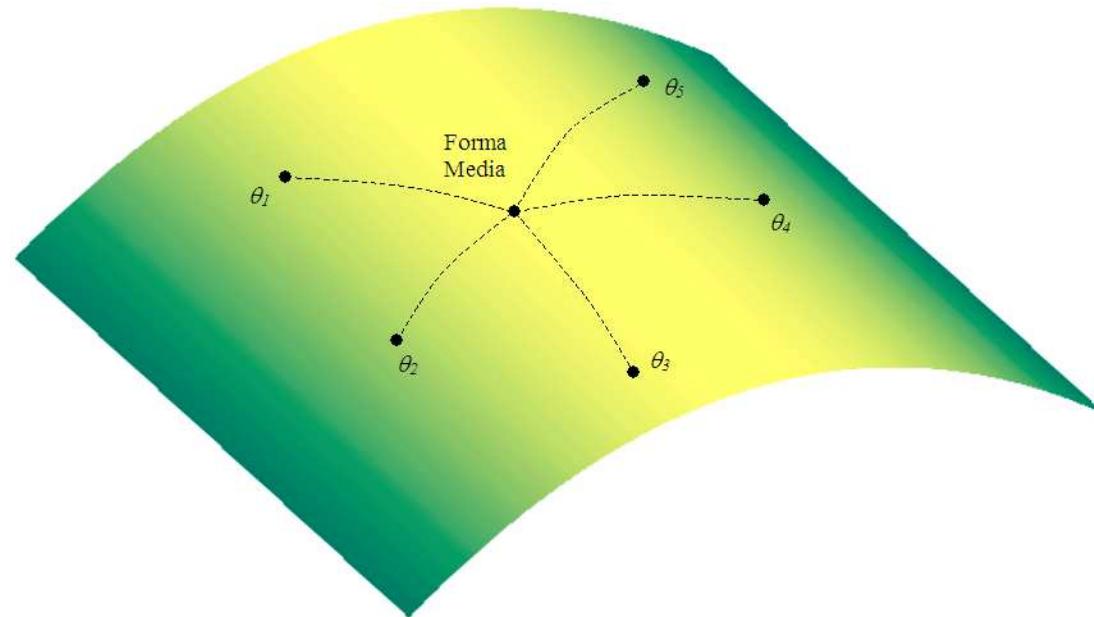


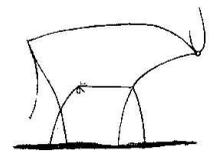
Resultados obtenidos:





Se calcula la media a un conjunto de formas



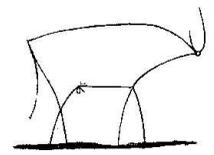


Se calcula la media a un conjunto de formas

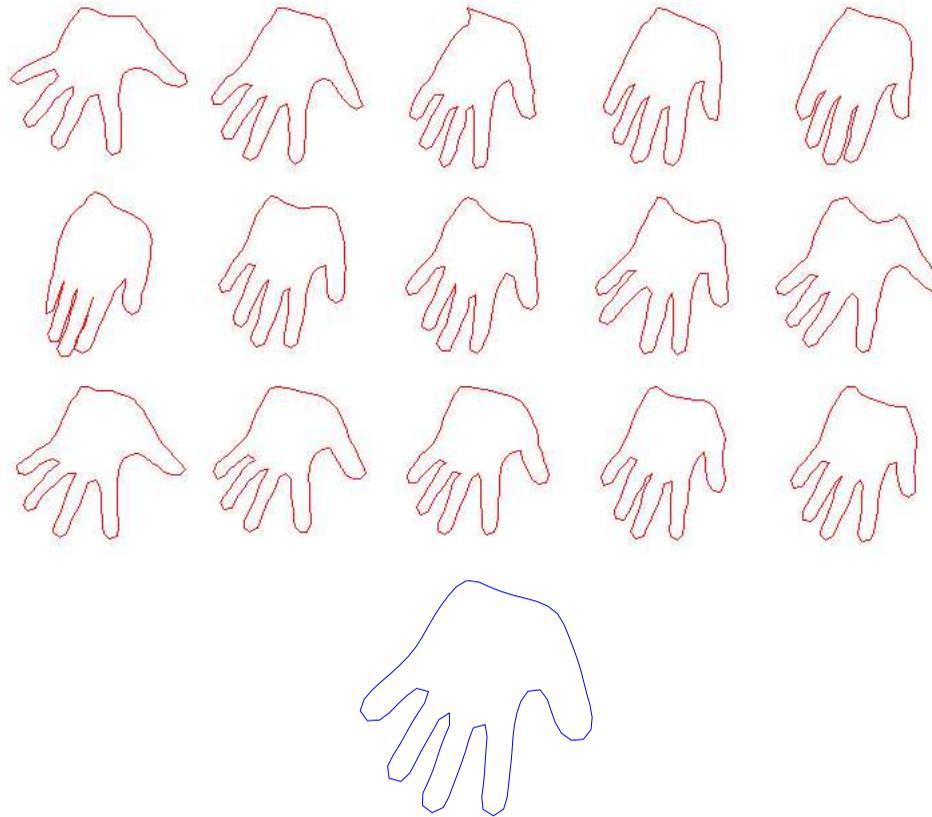
Sean $\{\theta_1, \dots, \theta_n\} \in \mathcal{S}$

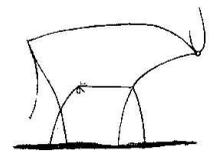
Media Intrínseca o de *Karcher*

- Minimizar: $V(\theta) = \sum_{i=1}^n d(\theta, \theta_i)^2$
- $d(\theta, \theta_i)$ es el largo de la geodésica que une θ y θ_i



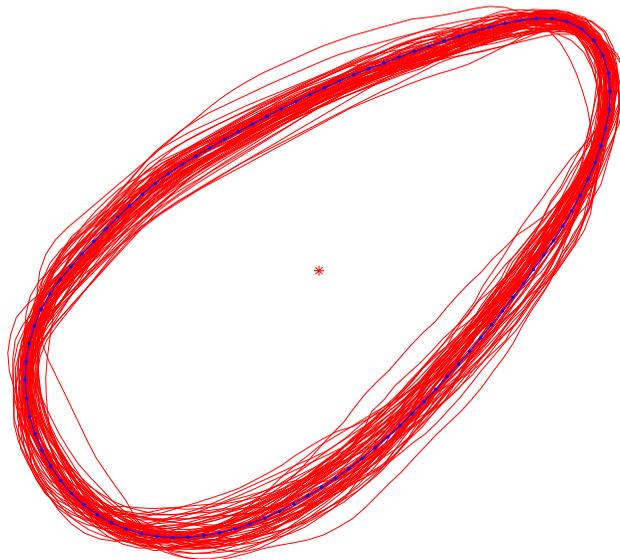
Ejemplo:

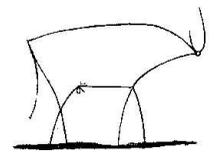




Hallamos la media para el ojo de bife a partir de las 600 ecografías.

- Se cuenta con datos de 10 cabañas.
- Todas las reses son de la misma raza.
- Las imágenes fueron interpretadas por dos expertos.

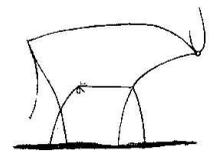




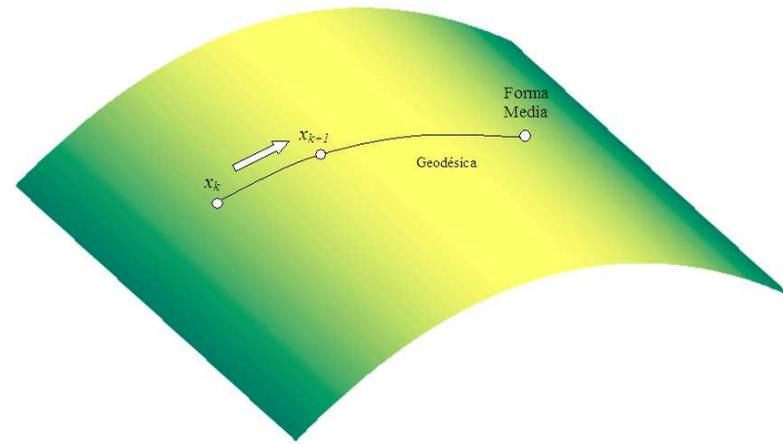
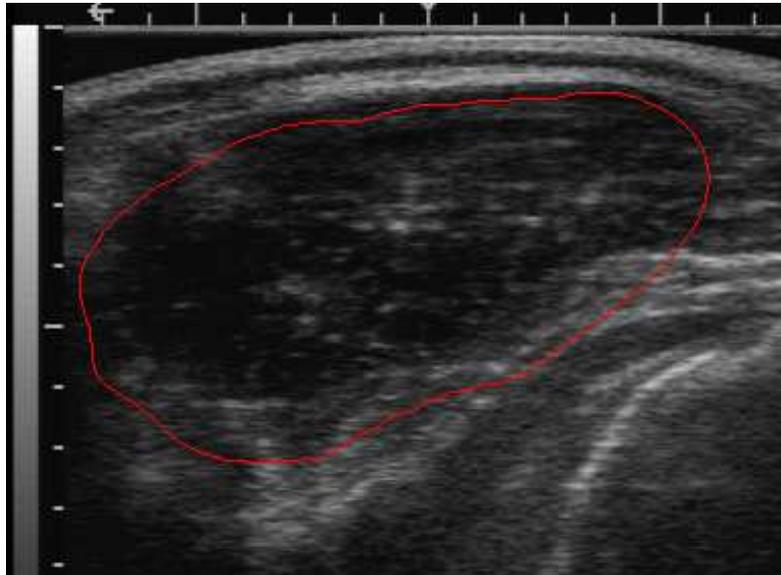
Hallamos la media para el ojo de bife a partir de las 600 ecografías.

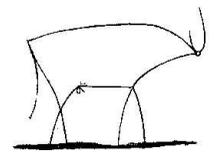
- Se cuenta con datos de 10 cabañas.
- Todas las reses son de la misma raza.
- Las imágenes fueron interpretadas por dos expertos.





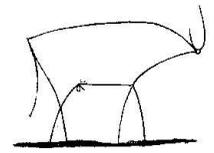
¿ Cómo incluir la forma media en la segmentación?





-
- Vuelta atrás
 - Punto fijo
 - Posición: se conserva el punto de control inicial
 - Orientación: valor medio de la función directriz constante
 - Escala: se mantiene el área de la curva
 - Marqués y Abrantes (MyA)

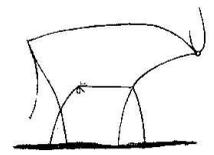
Corrección por forma



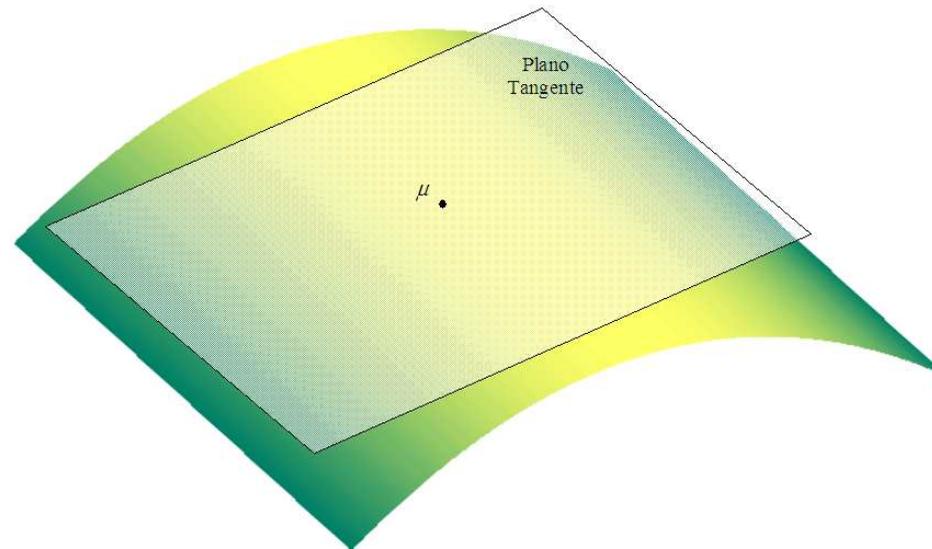
El aprendizaje consiste en estimar una función de densidad de probabilidad en el espacio \mathcal{S} .

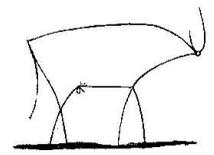
Problemas:

- No linealidad
- Dimensión infinita

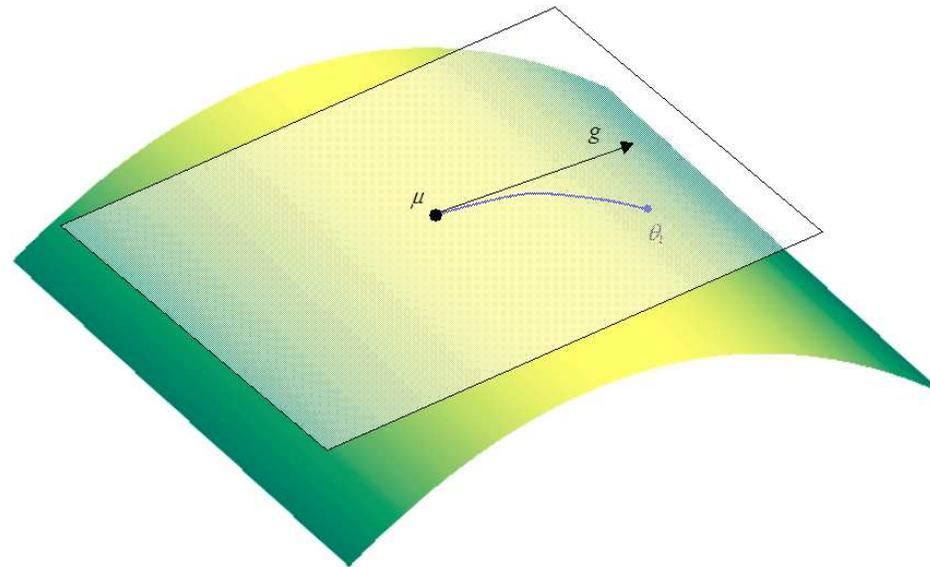


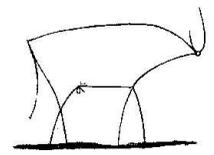
- No linealidad:
- Trabajamos en \mathcal{T}_μ , espacio tangente en la forma media μ hallada.





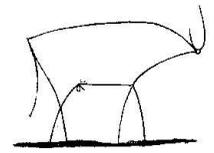
- No linealidad:
- Trabajamos en \mathcal{T}_μ , espacio tangente en la forma media μ hallada.





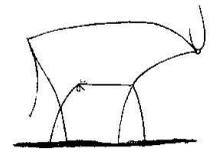
- No linealidad:
 - Trabajamos en \mathcal{T}_μ , espacio tangente en la forma media μ hallada.
- Dimensión infinita:
 - Trabajamos en V , espacio generado por $\{g_1, \dots, g_n\}$, representantes en \mathcal{T}_μ de las formas $\{\theta_1, \dots, \theta_n\}$.
 - Sea $\{e_1, \dots, e_m\}$ una base ortonormal de V .
 - El problema pueda asociarse a otro similar en R^m .

Corrección por forma

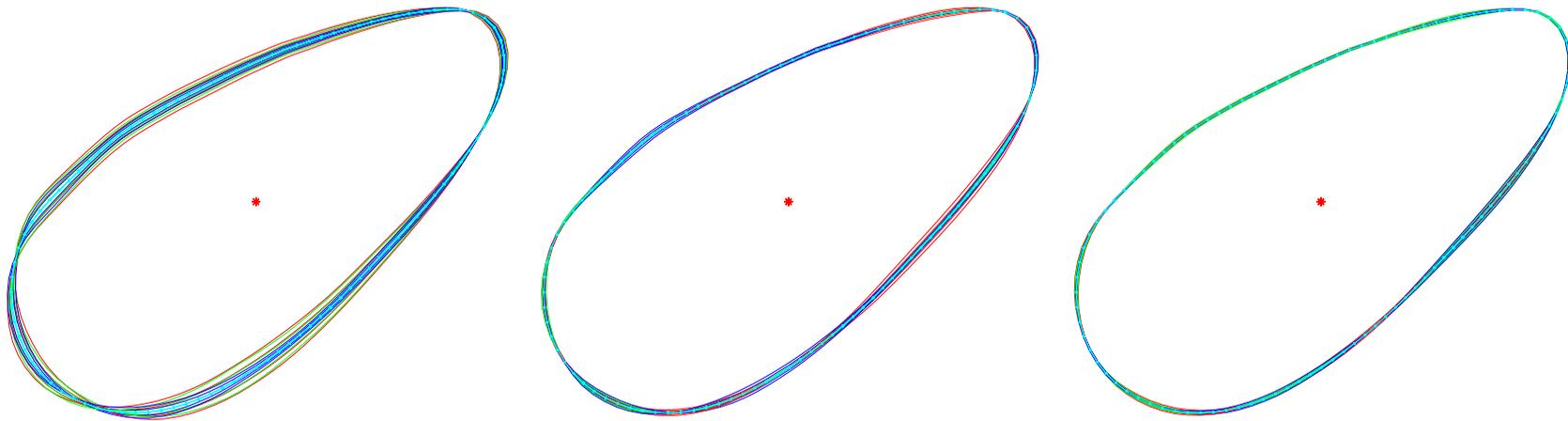


- Normal multivariada en \mathbf{x}
- Media nula y matriz de covarianza K
- Vectores y valores propios: direcciones principales

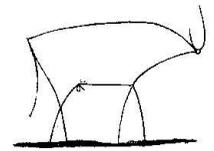
Corrección por forma



- Normal multivariada en x
- Media nula y matriz de covarianza K
- Vectores y valores propios: direcciones principales

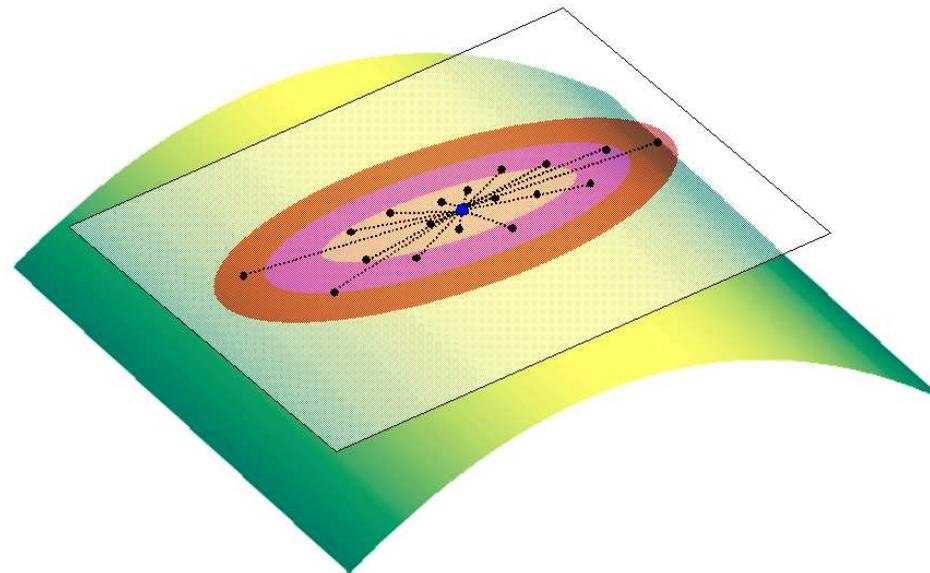


Corrección por forma

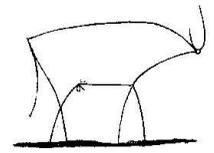


¿ Cómo incluir el modelo hallado en la segmentación?
Definimos una función de energía:

$$F(\mu, K, \theta) = \frac{x^T K^{-1} x}{2}$$

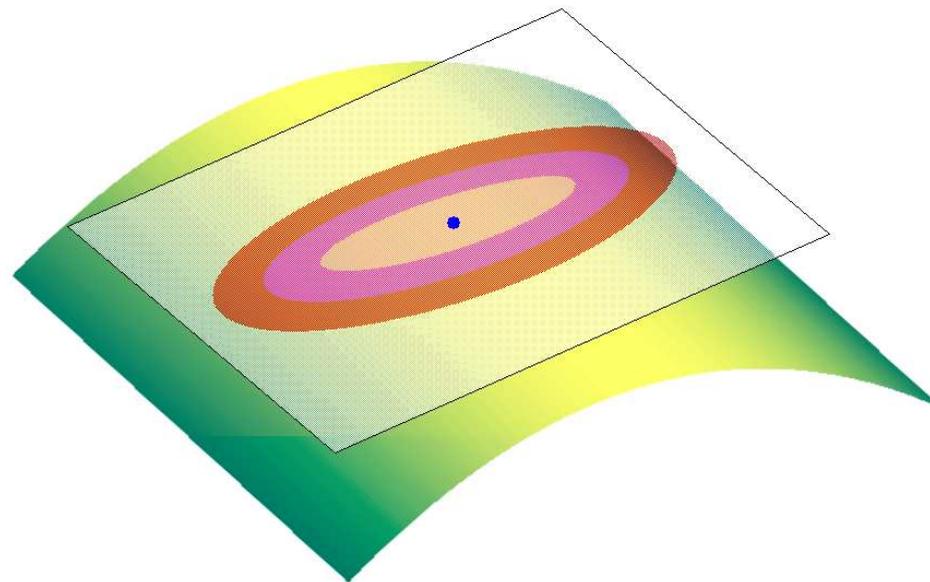


Corrección por forma

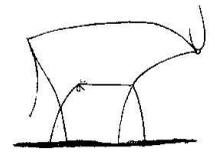


¿ Cómo incluir el modelo hallado en la segmentación?
Definimos una función de energía:

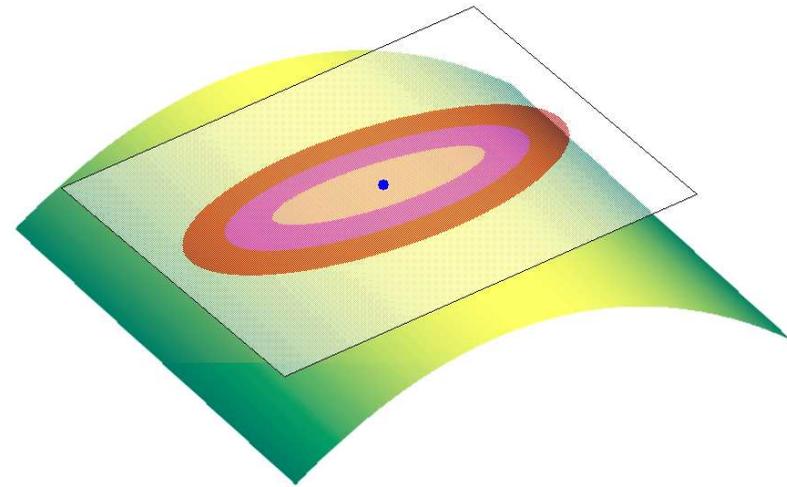
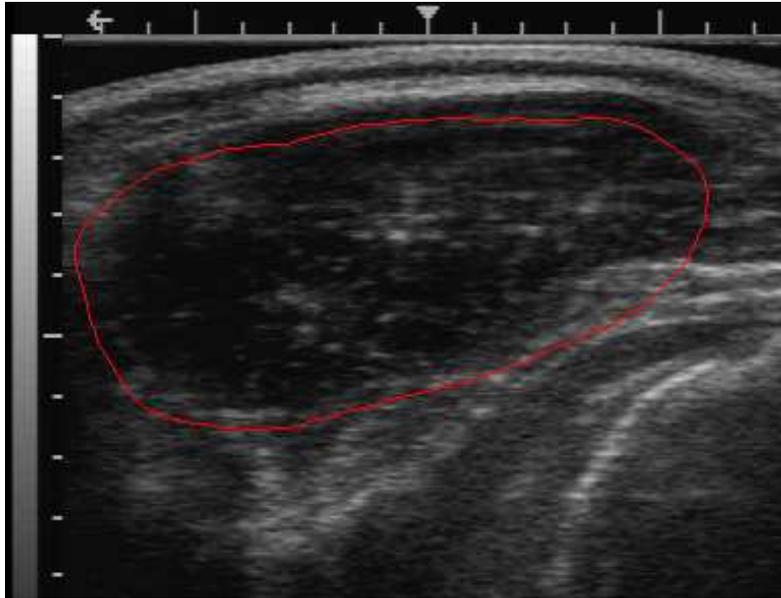
$$F(\mu, K, \theta) = \frac{x^T K^{-1} x}{2}$$



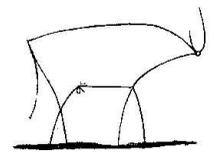
Corrección por forma



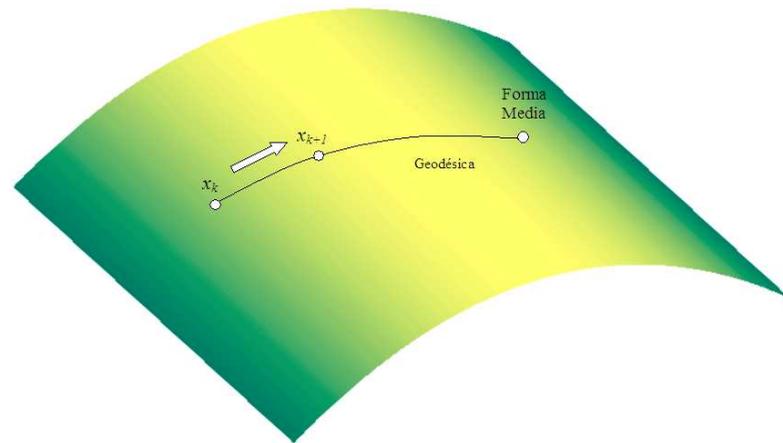
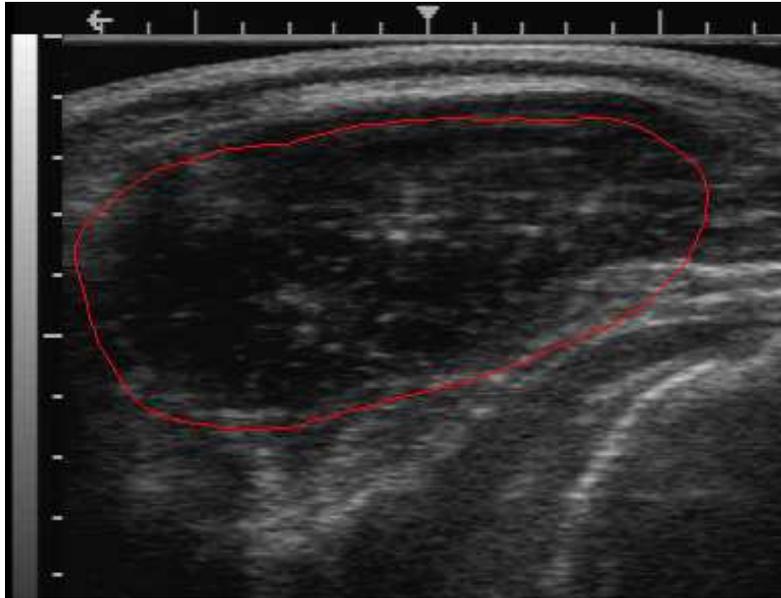
Corrección por forma:

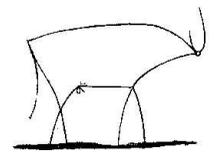


Corrección por forma



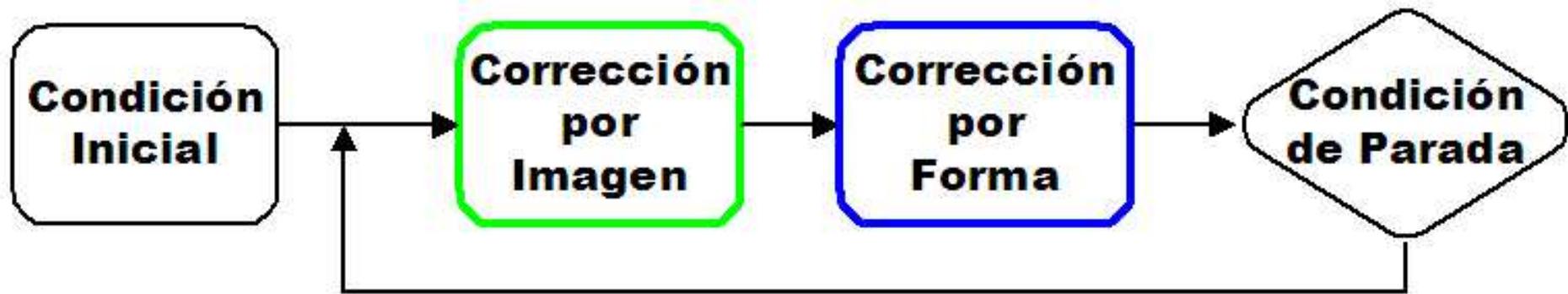
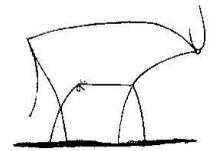
Corrección por forma:





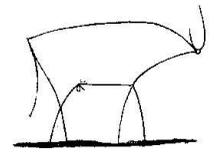
-
- Introducción
 - Descripción del Algoritmo
 - Corrección por Imagen
 - Corrección por Forma
 - Otras Mejoras
 - Validación
 - Conclusiones

Otras Mejoras

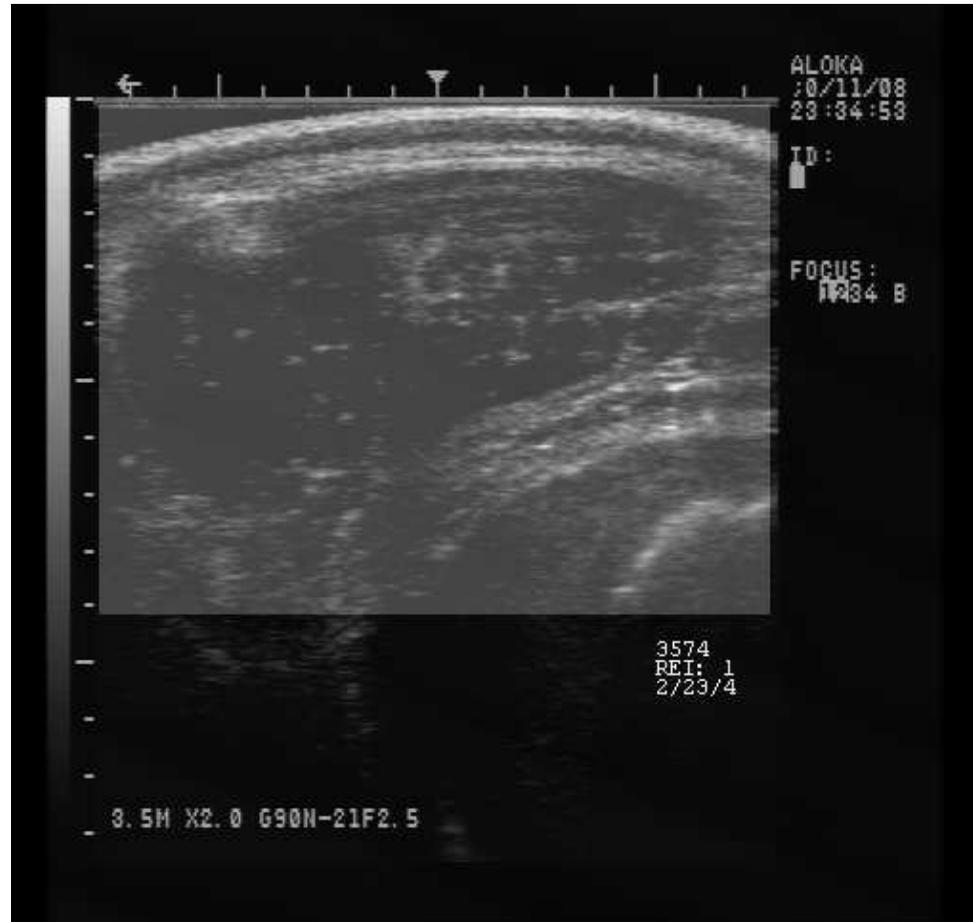


- Inicializar el algoritmo a partir de la forma media ajustada a la imagen
- Determinar un criterio de estabilidad en la curva

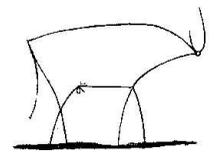
Preprocesado



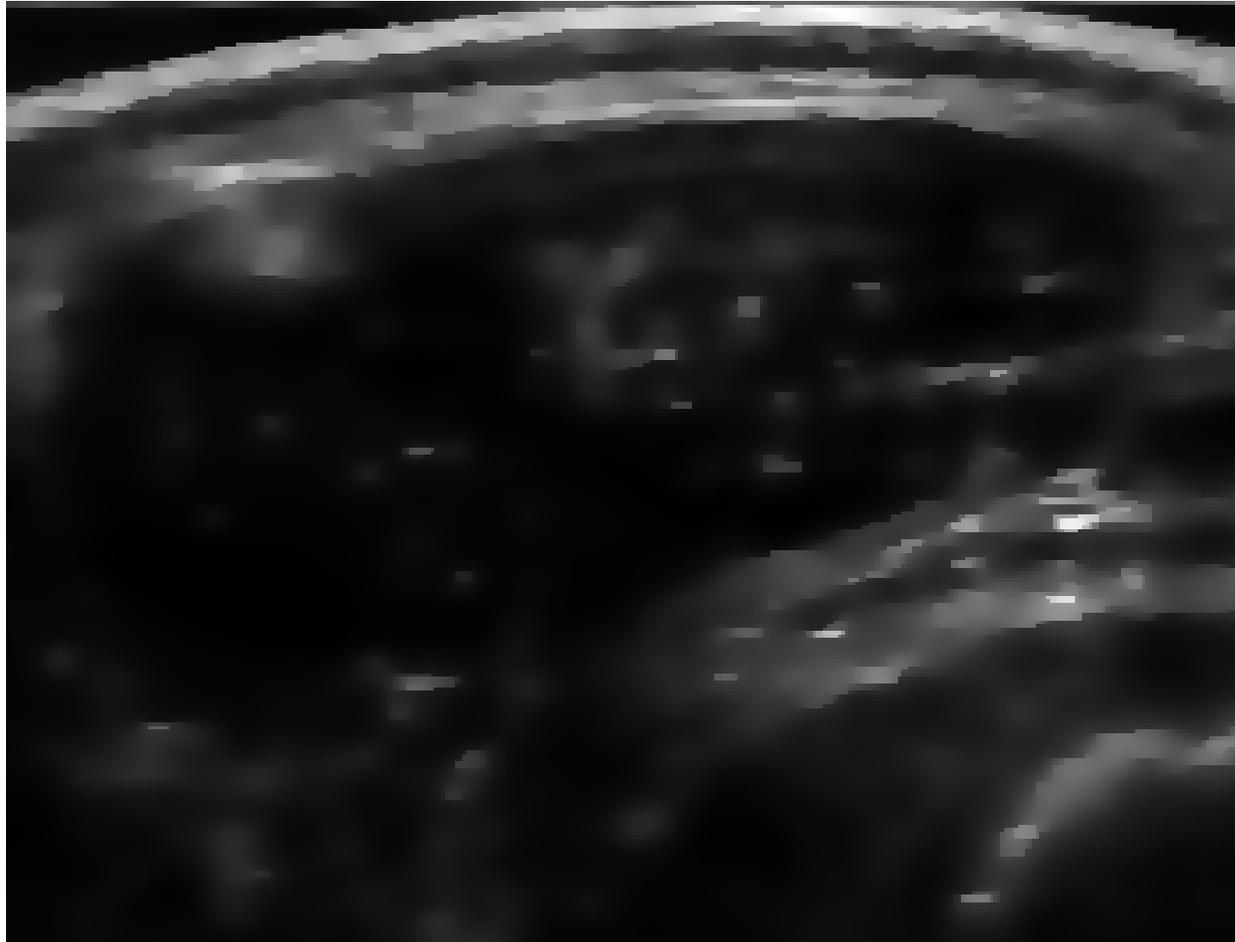
- Ecografía y región de interés



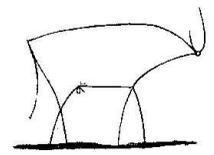
Preprocesado



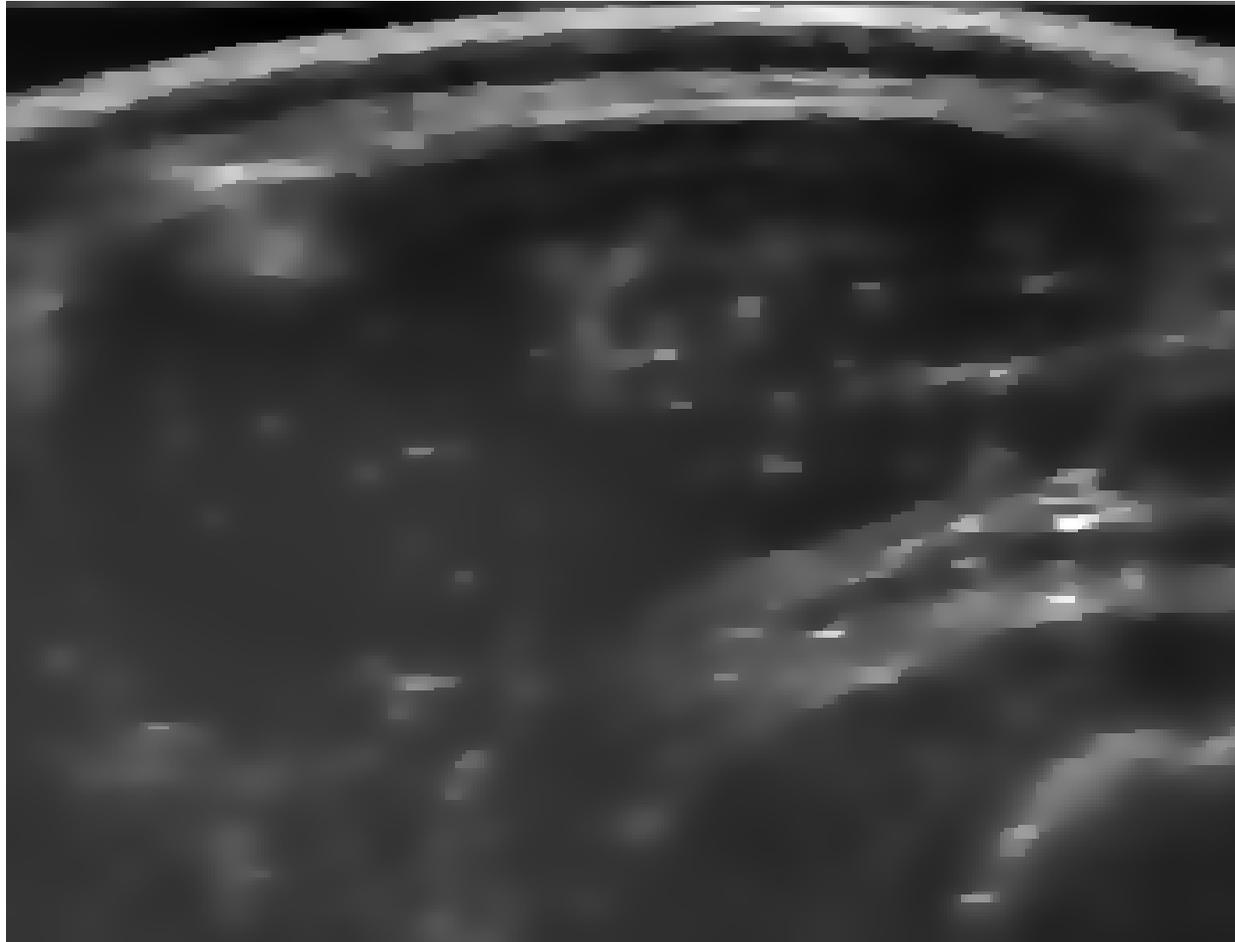
- Difusión anisotrópica



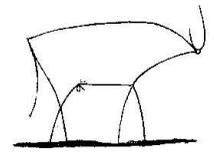
Preprocesado



- Filtrado pasa alto



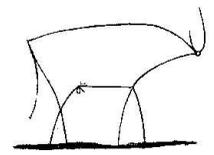
Preprocesado



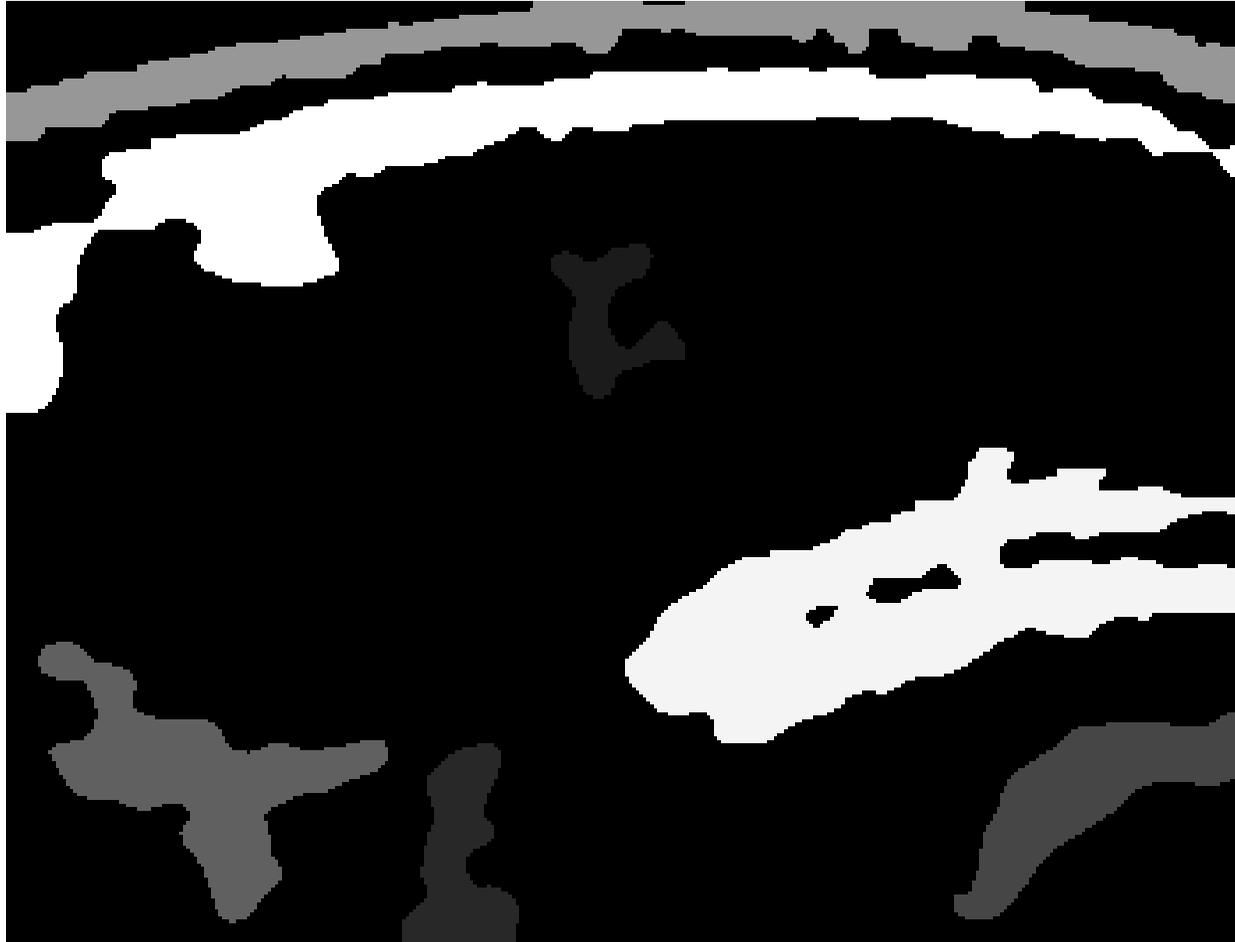
- Umbralizado y remoción de regiones pequeñas



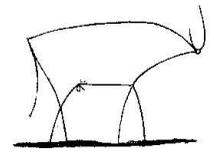
Preprocesado



- Etiquetado

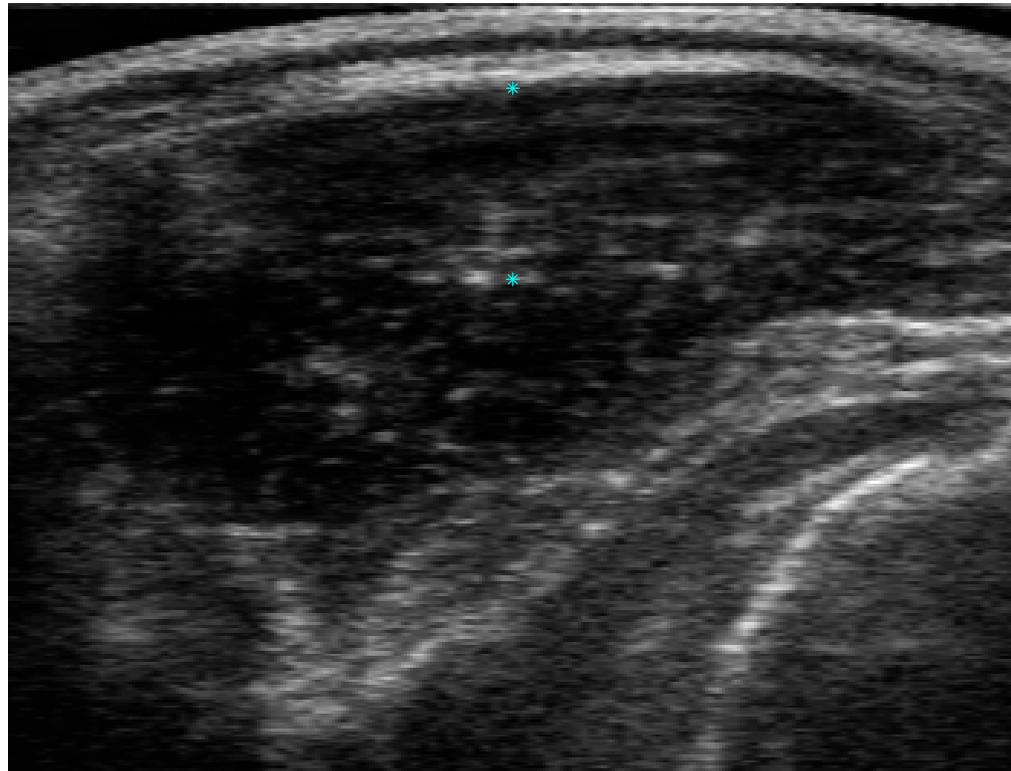


Condición Inicial

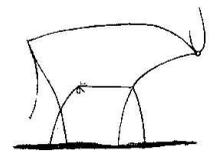


- Primera propuesta

Se ajusta la forma media a partir de una aproximación del baricentro y un punto superior arbitrario

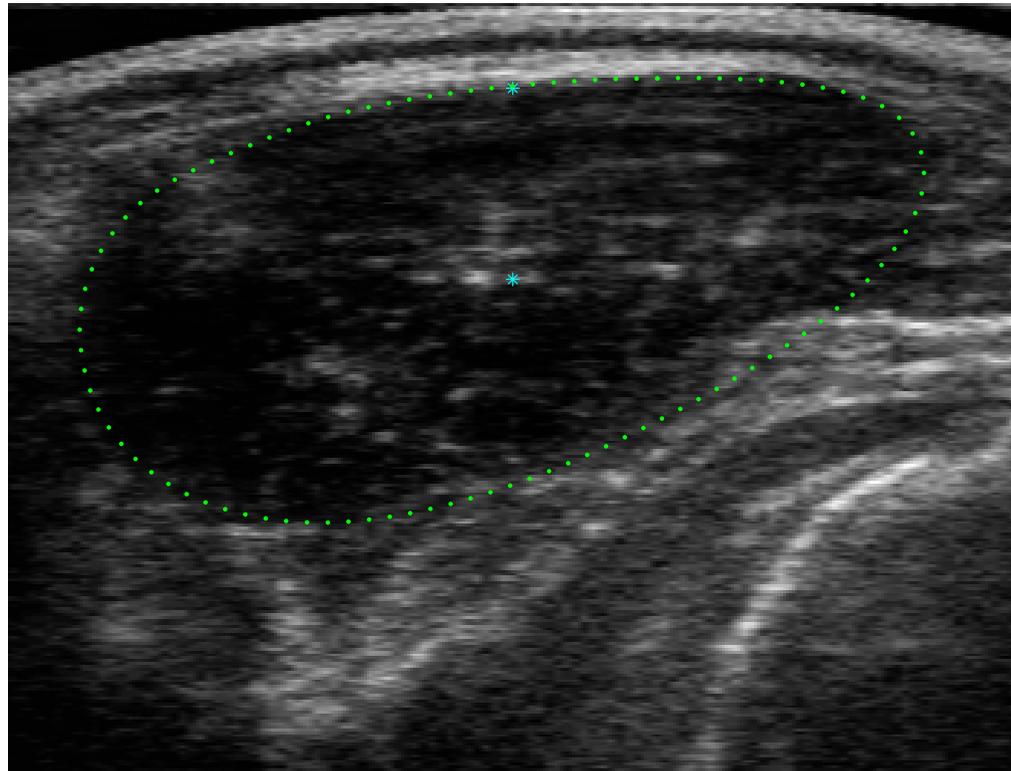


Condición Inicial

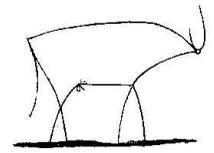


- Primera propuesta

Se ajusta la forma media a partir de una aproximación del baricentro y un punto superior arbitrario



Condición Inicial

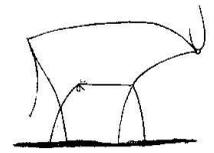


- Segunda propuesta

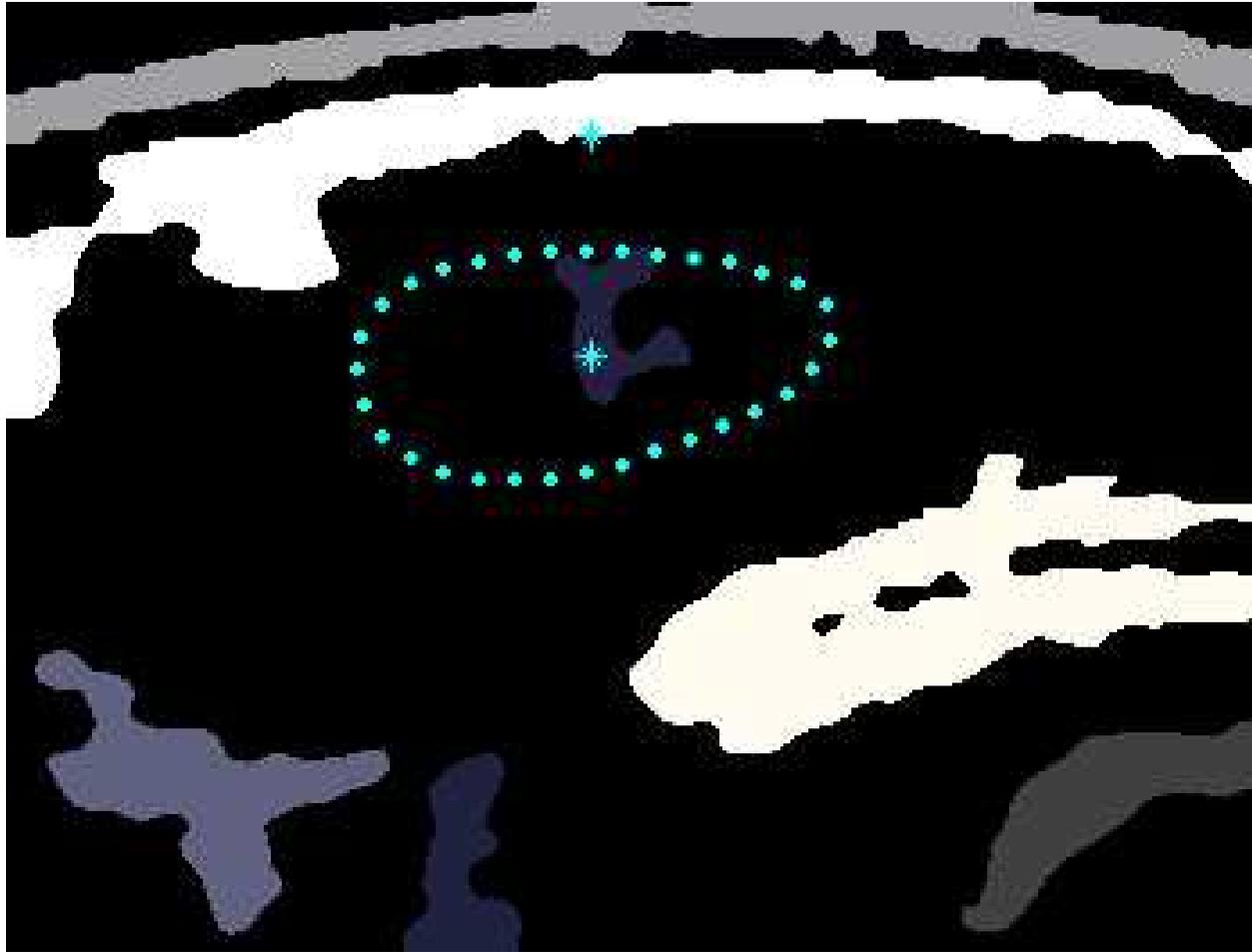
Si bien utiliza a la primera como punto de partida, pretende:

- Explotar más la información presente en la imagen preprocesada
- Ser más robusta frente a la variabilidad de las ecografías

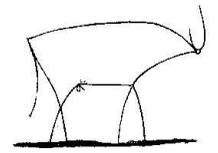
Condición Inicial



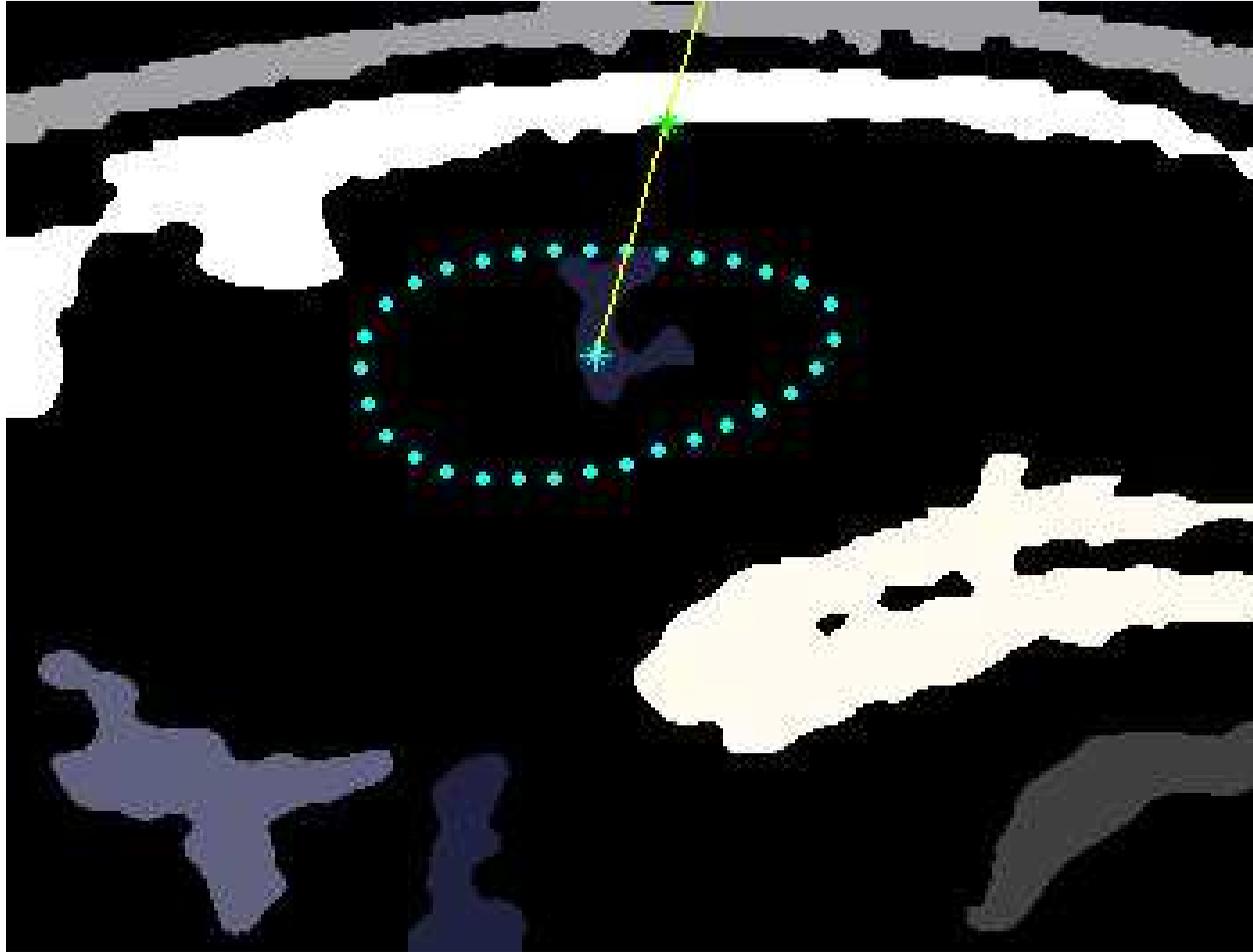
- Segunda propuesta



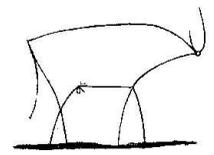
Condición Inicial



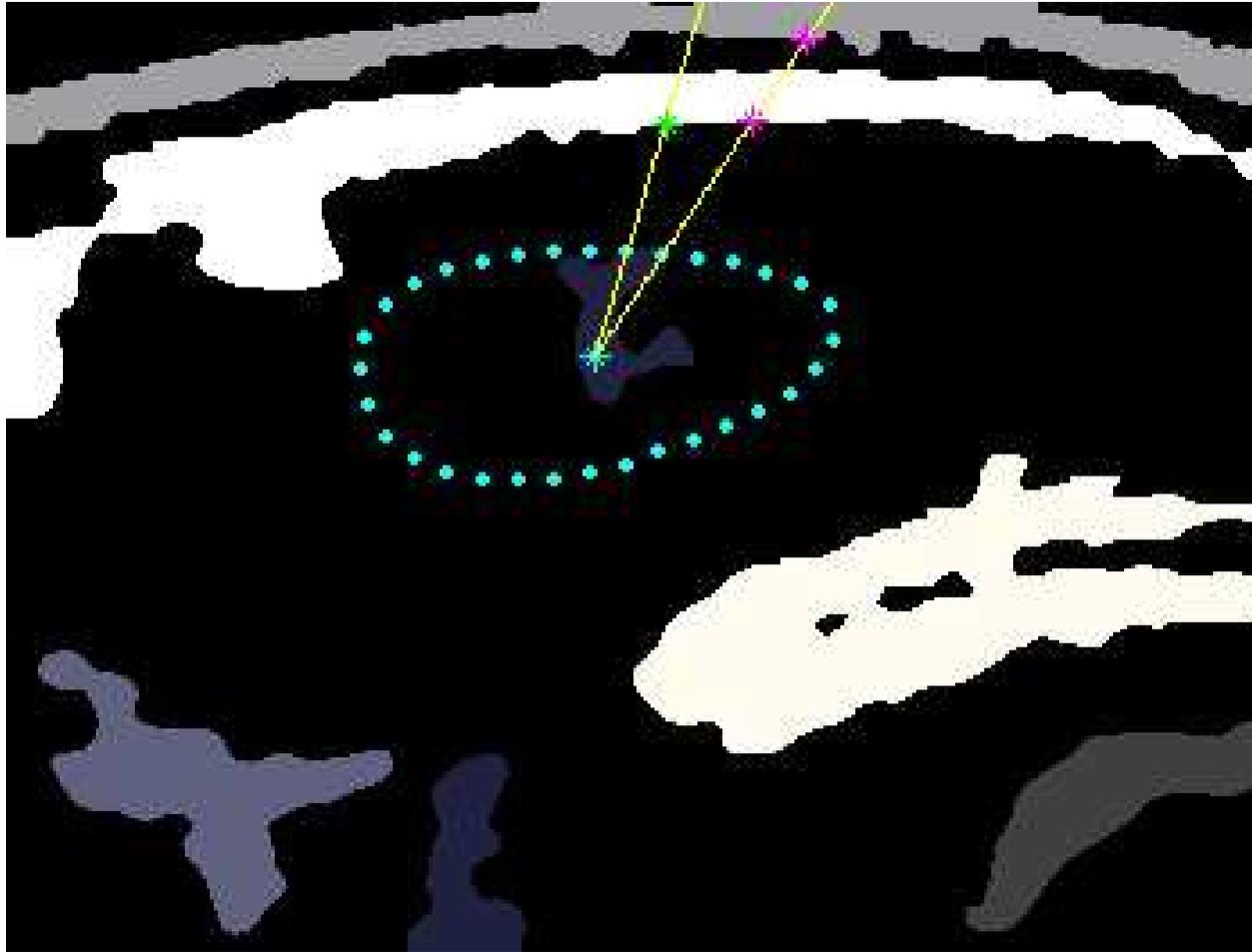
- Segunda propuesta



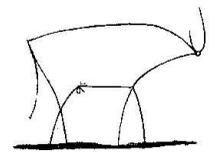
Condición Inicial



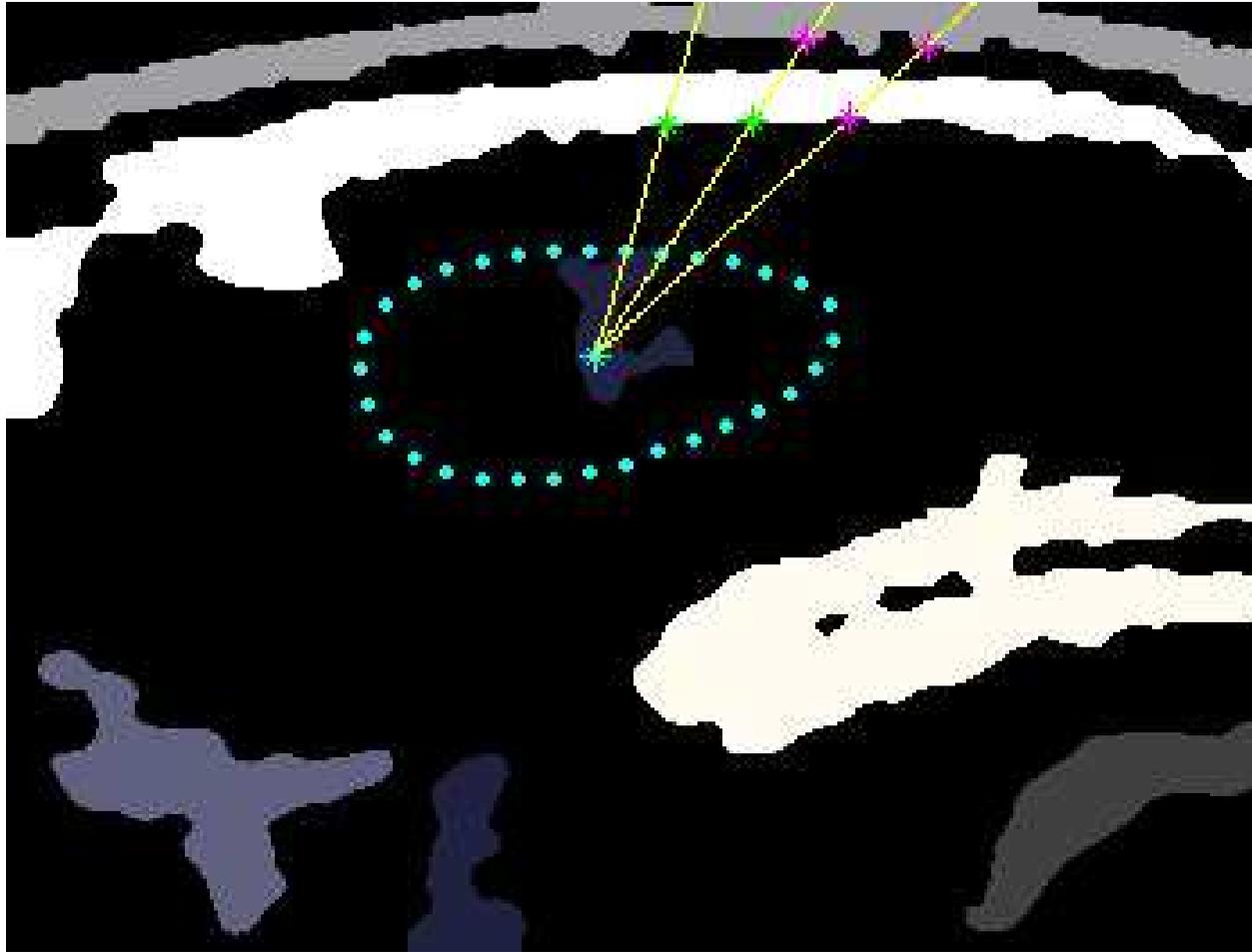
- Segunda propuesta



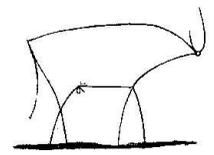
Condición Inicial



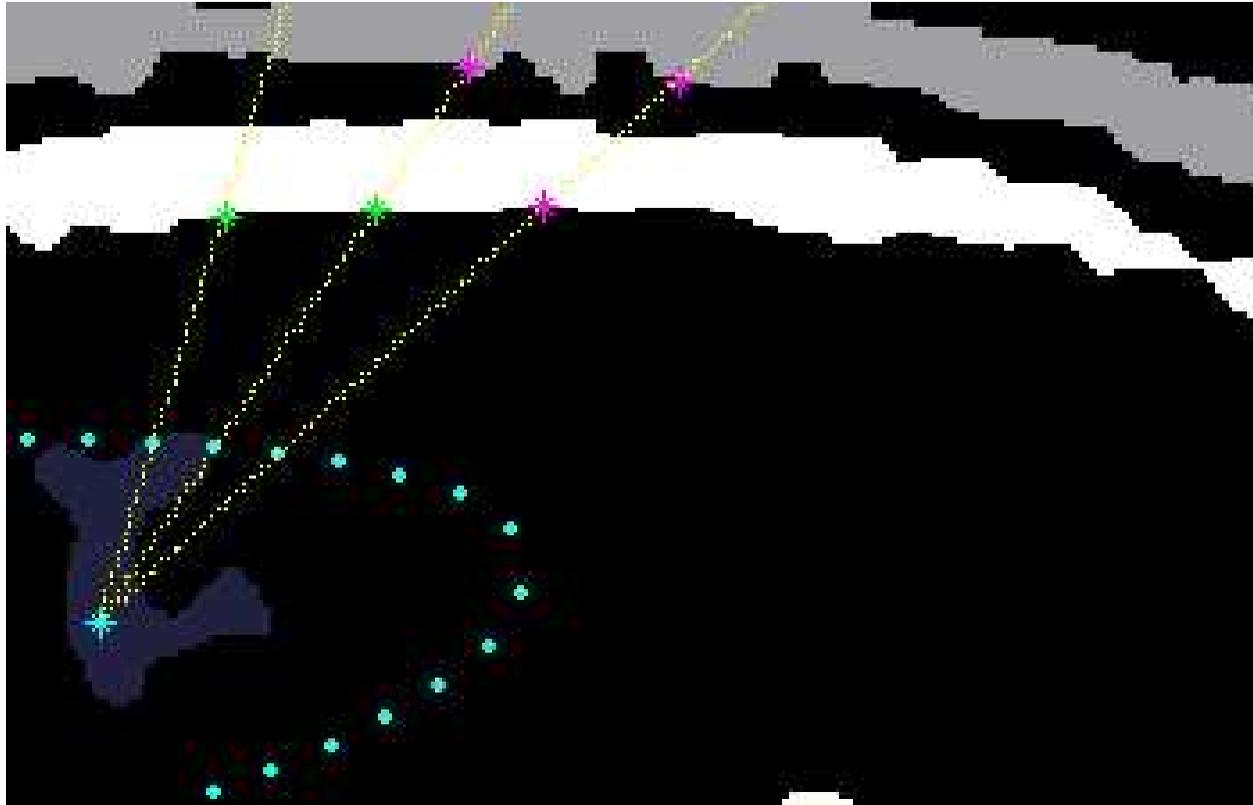
- Segunda propuesta



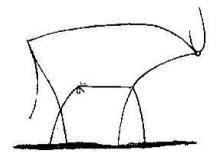
Condición Inicial



- Segunda propuesta



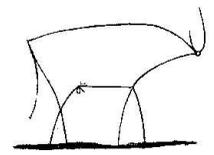
Condición Inicial



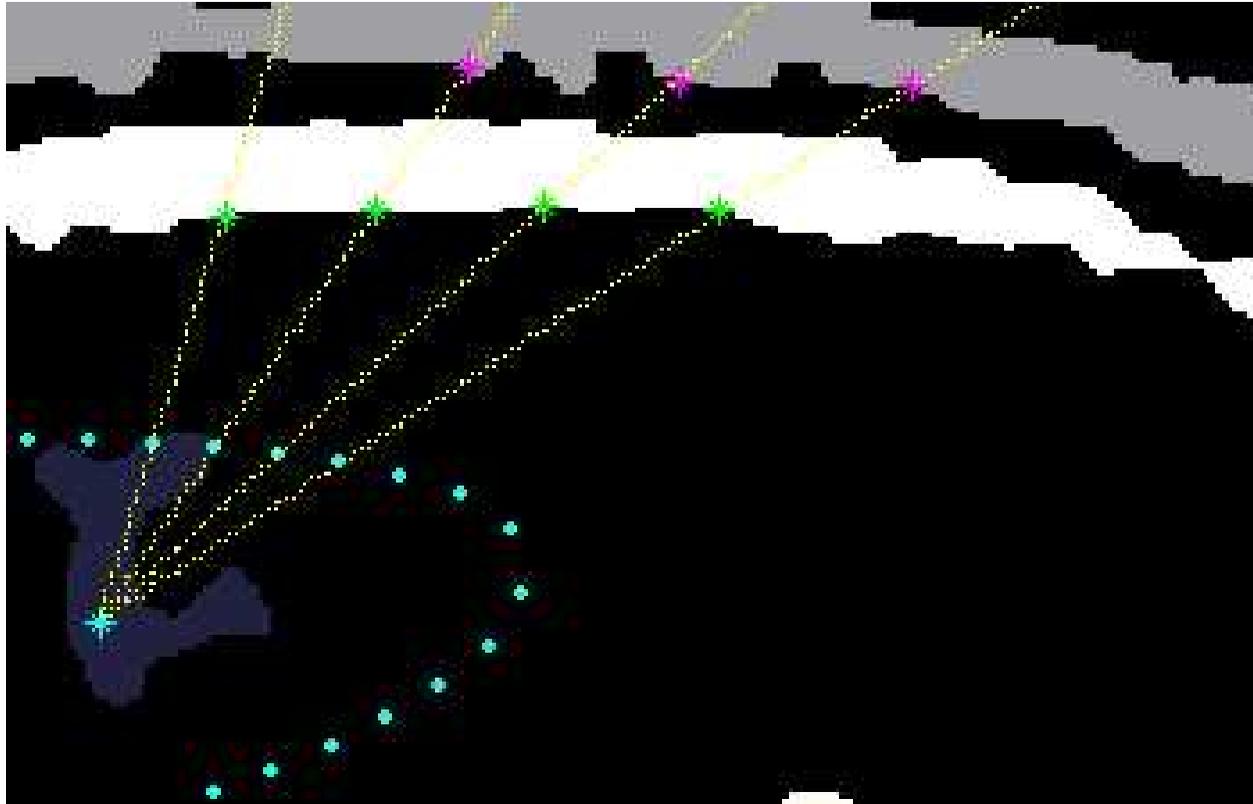
- Segunda propuesta



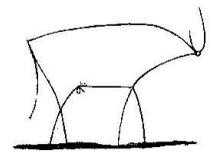
Condición Inicial



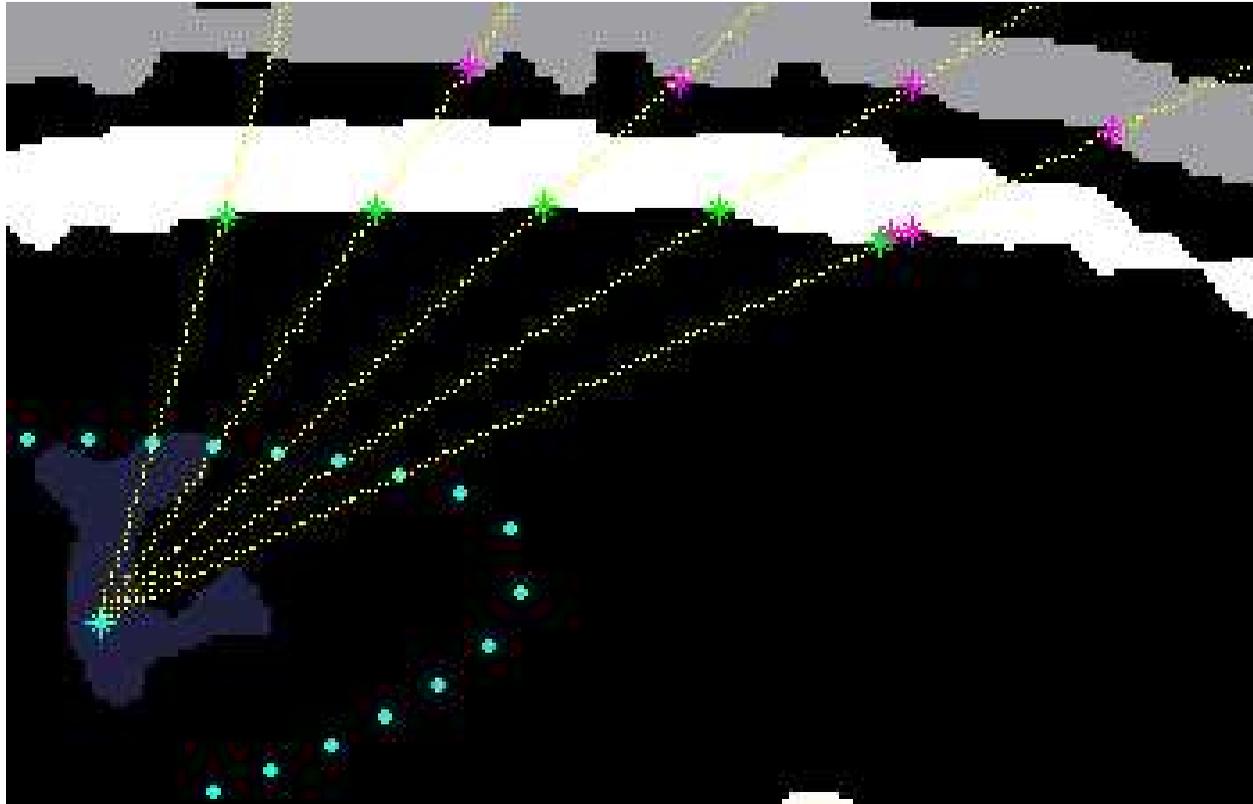
- Segunda propuesta



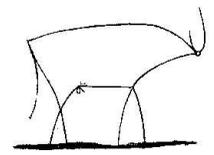
Condición Inicial



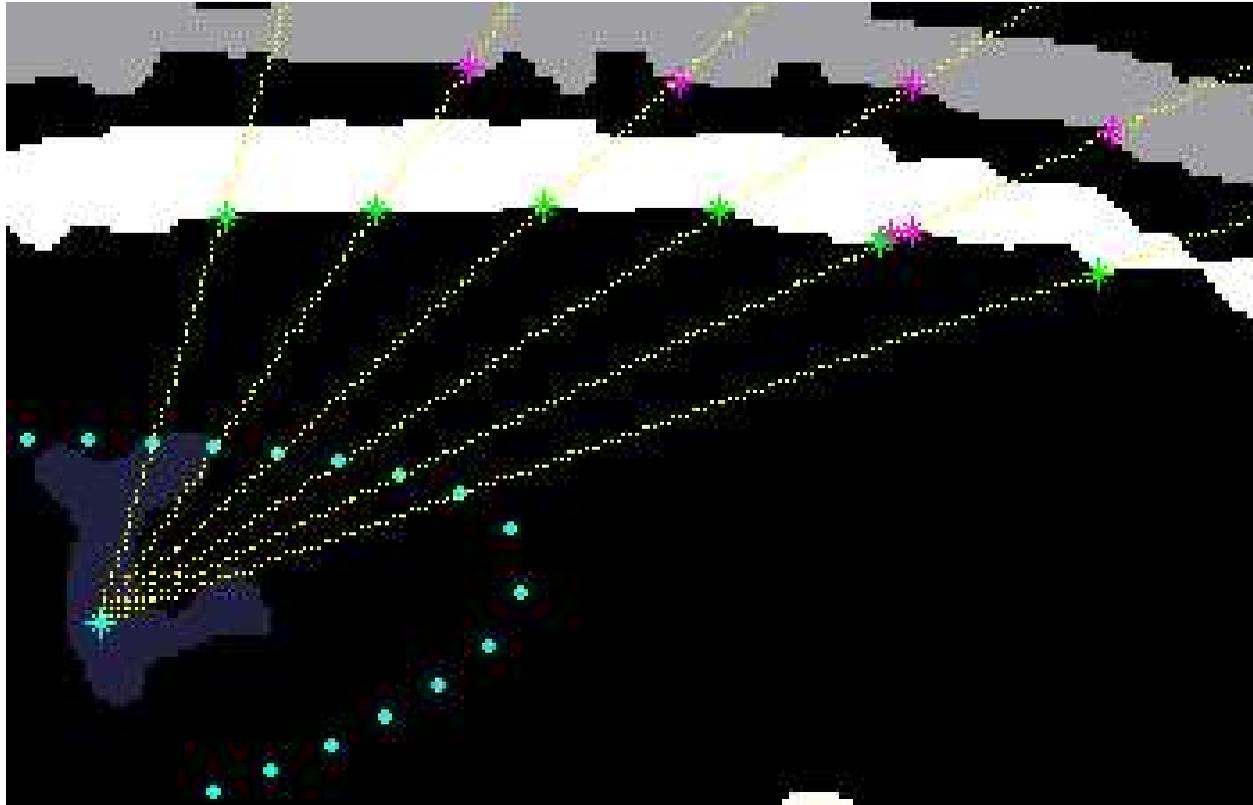
- Segunda propuesta



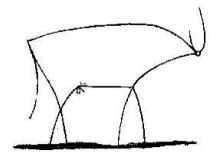
Condición Inicial



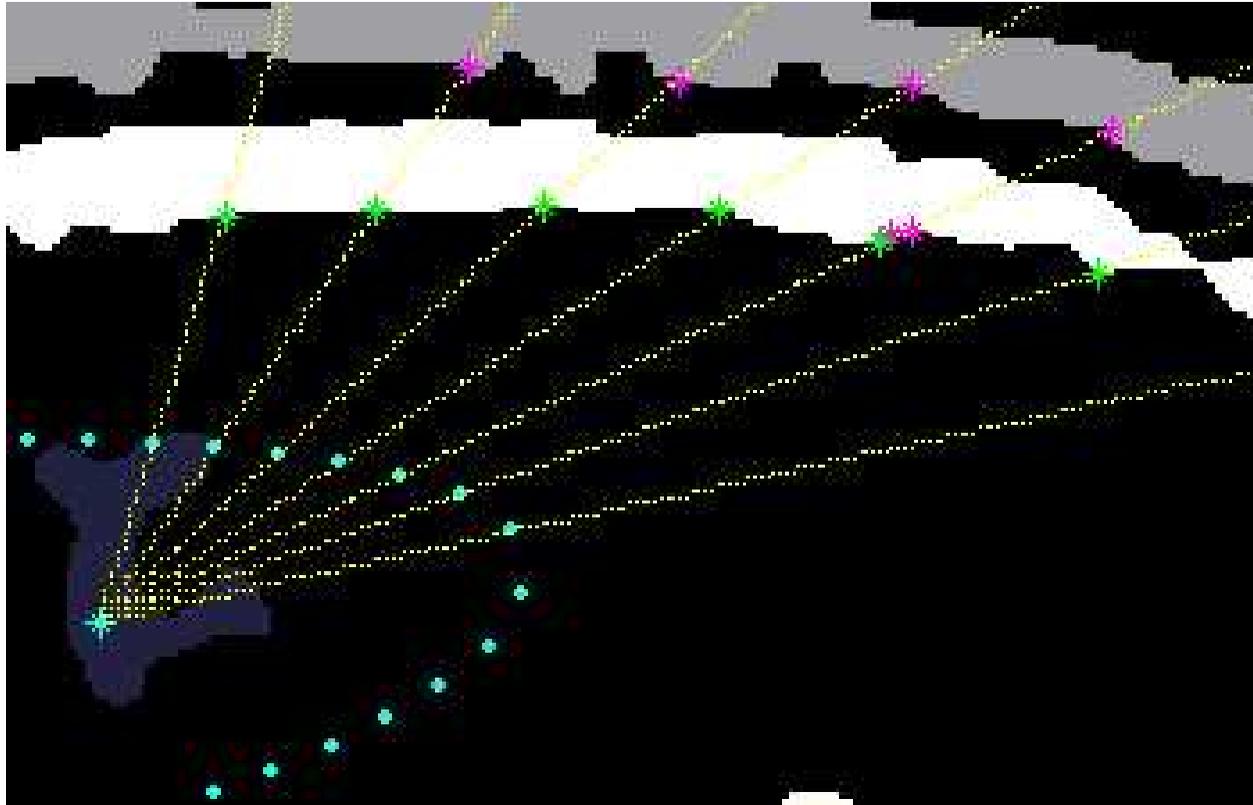
- Segunda propuesta



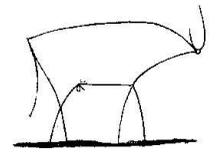
Condición Inicial



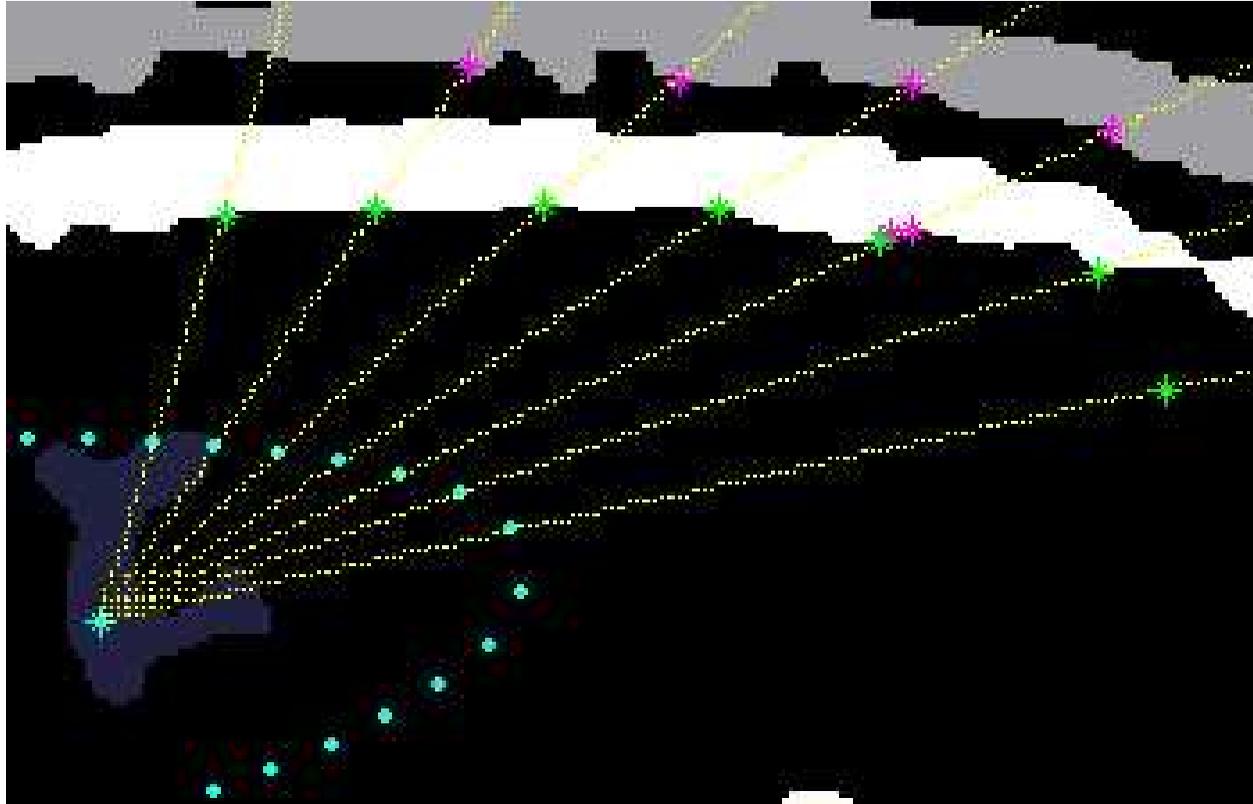
- Segunda propuesta



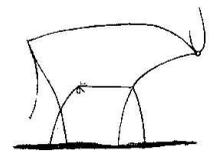
Condición Inicial



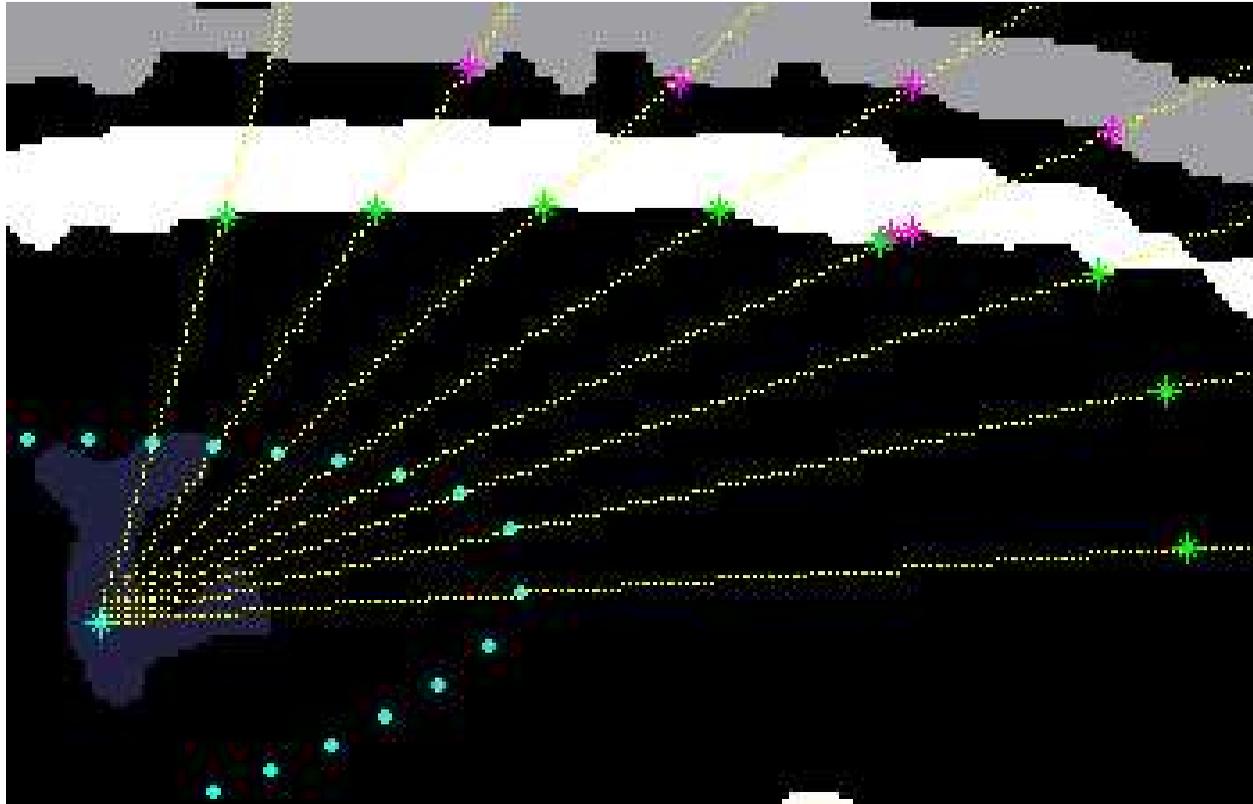
- Segunda propuesta



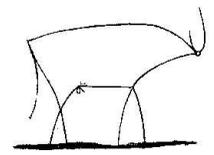
Condición Inicial



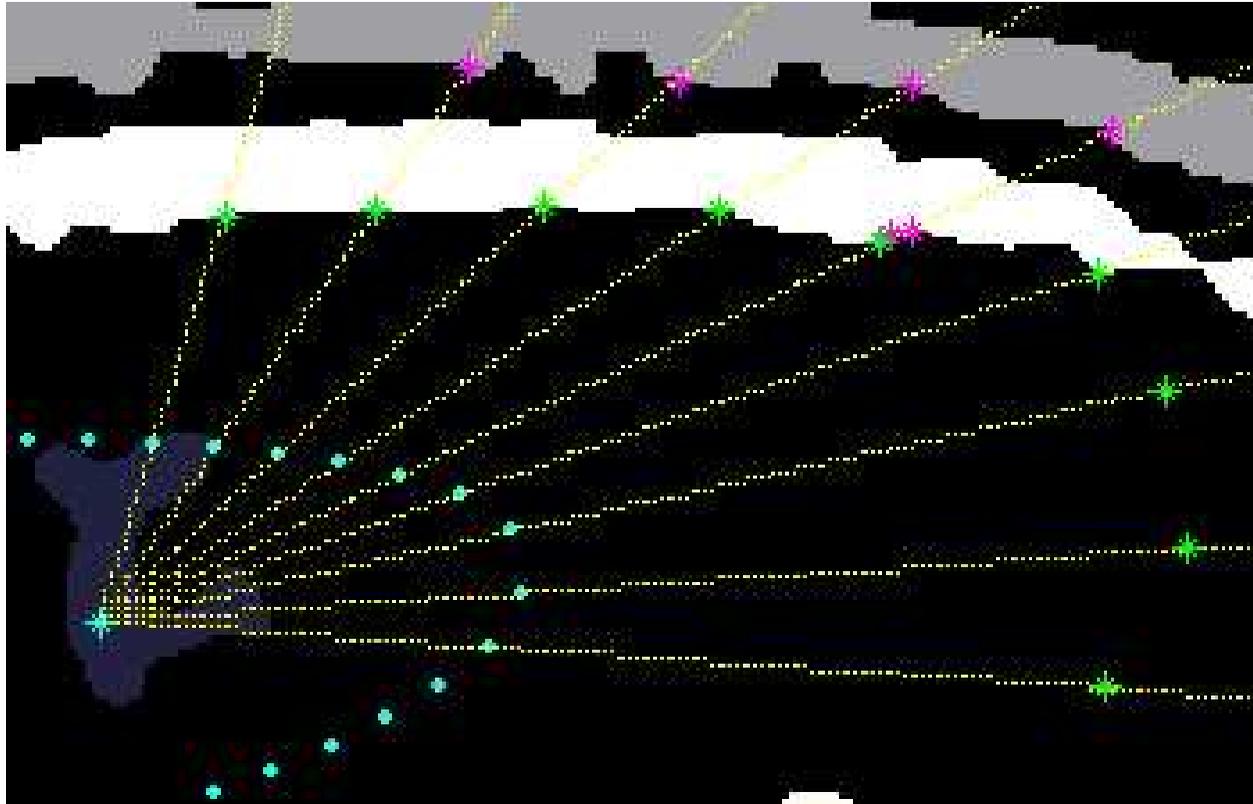
- Segunda propuesta



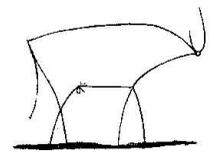
Condición Inicial



- Segunda propuesta

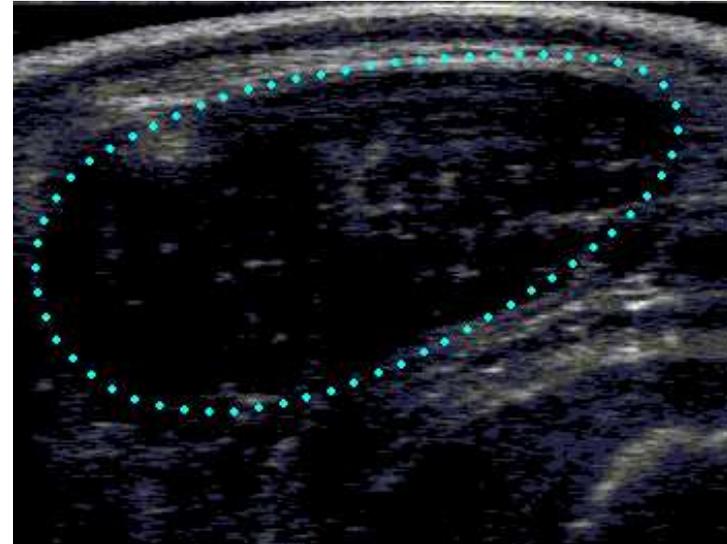
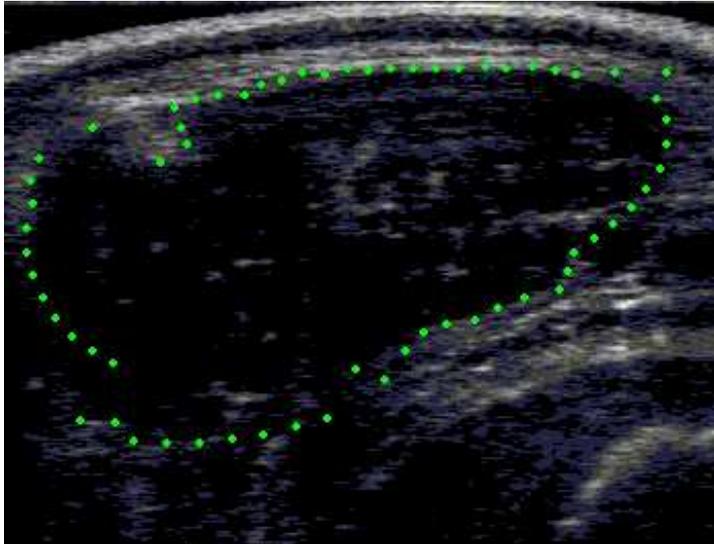


Condición Inicial

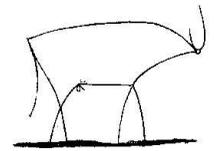


- Segunda propuesta

A los puntos obtenidos, se los reajusta a la forma media utilizando Marqués y Abrantes

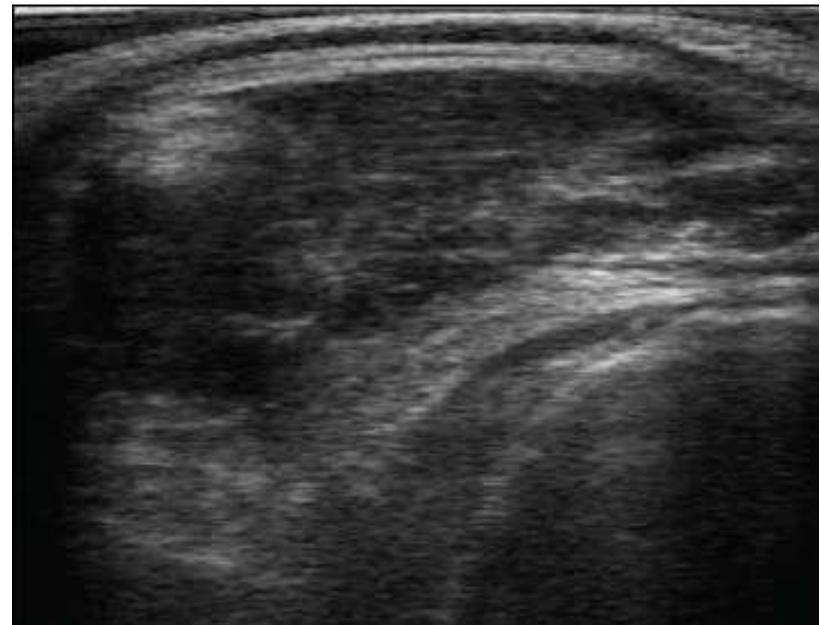
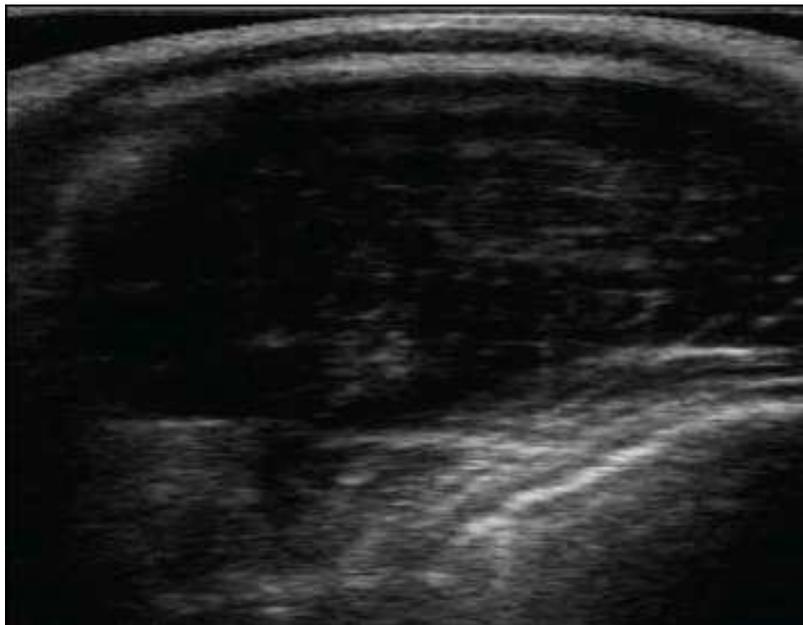
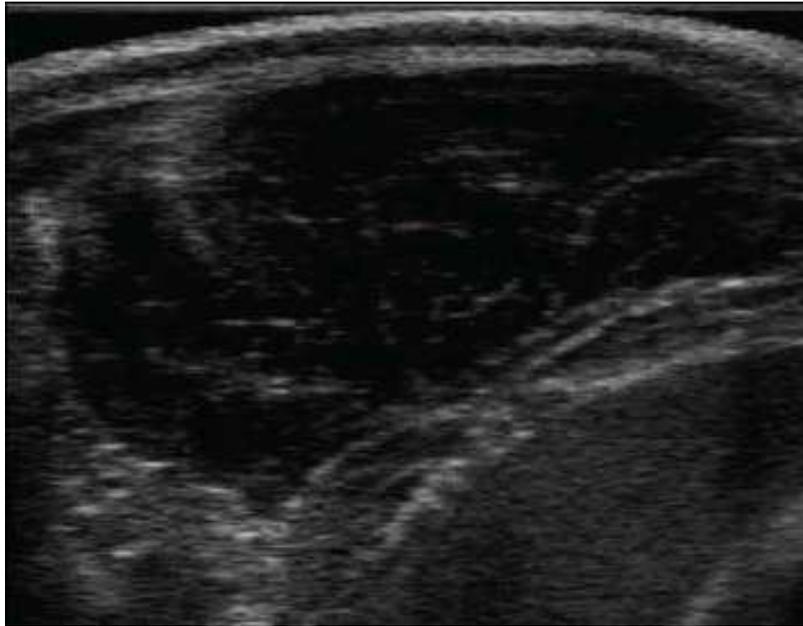
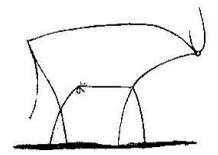


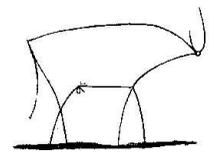
Condición de Parada



- Comparando puntos de control de iteraciones anteriores
- Número fijo de iteraciones

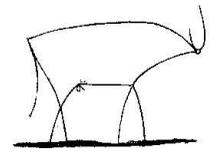
Ejemplos





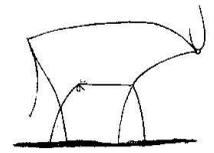
-
- Introducción
 - Descripción del Algoritmo
 - Corrección por Imagen
 - Corrección por Forma
 - Otras Mejoras
 - **Validación**
 - Conclusiones

Validación



- Objetivos
 1. Medida objetiva del desempeño del SVC
 2. Realimentación en la etapa de desarrollo
- Requerimientos
 1. Automática
 2. Desplegar la información de forma cómoda
 3. Permitir varias formas de evaluación

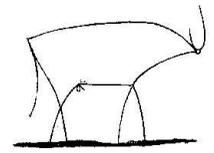
Validación



Consideraciones previas

- Indicadores de bondad de la detección

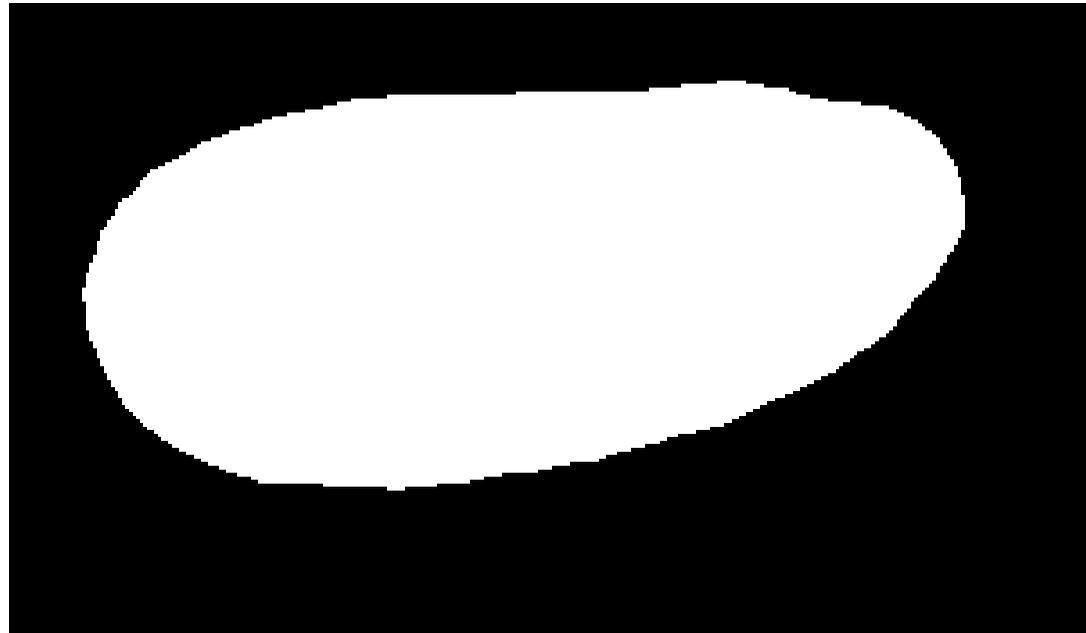
Validación



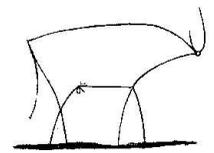
Consideraciones previas

- Indicadores de bondad de la detección

- No Solapamiento $I_S = 1 - \frac{A_i}{A_u}$



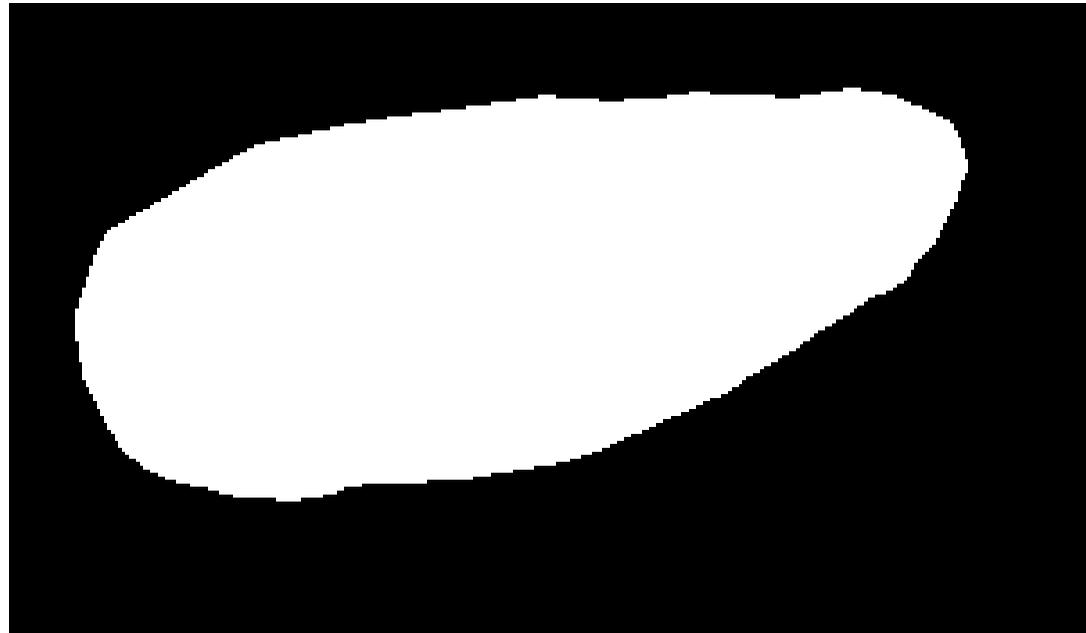
Validación



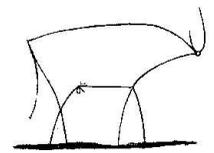
Consideraciones previas

- Indicadores de bondad de la detección

- No Solapamiento $I_S = 1 - \frac{A_i}{A_u}$



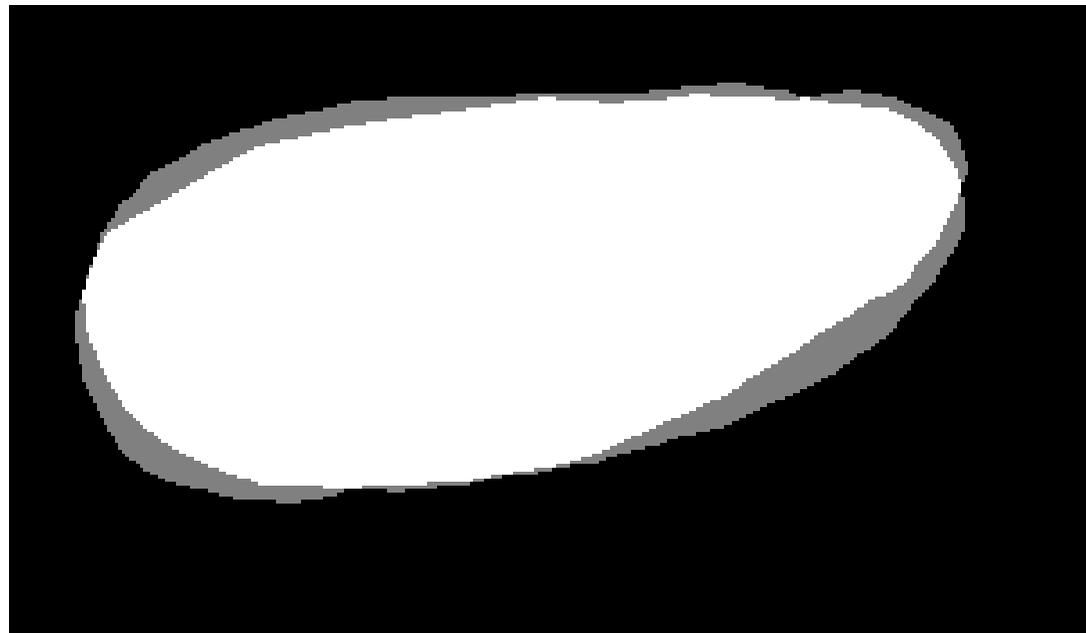
Validación



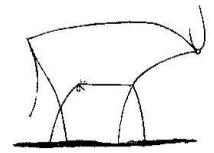
Consideraciones previas

- Indicadores de bondad de la detección

- No Solapamiento $I_S = 1 - \frac{A_i}{A_u}$



Validación



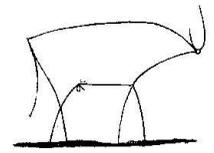
Consideraciones previas

- Indicadores de bondad de la detección

- No Solapamiento $I_S = 1 - \frac{A_i}{A_u}$

- Máxima separación

Validación



Consideraciones previas

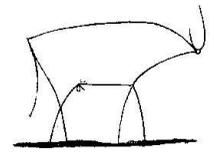
- Indicadores de bondad de la detección

- No Solapamiento $I_S = 1 - \frac{A_i}{A_u}$

- Máxima separación

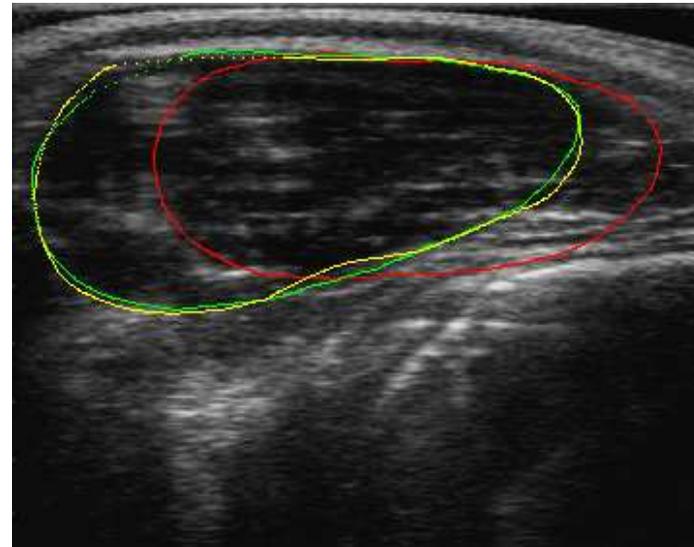
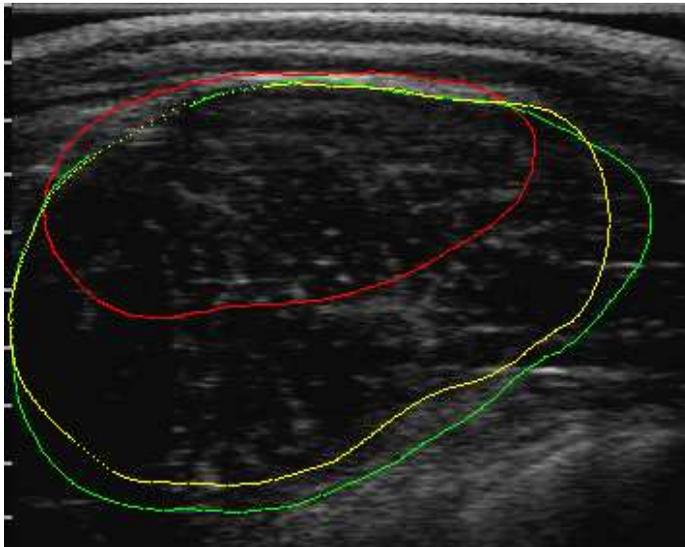
- Error relativo en el área $I_A = \left| \frac{A_E - A_S}{A_E} \right|$

Validación

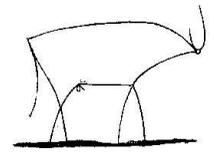


Consideraciones previas

- Falsas detecciones
 - Vetas de grasa interiores al ojo de bife muy marcadas
 - Confusión del borde inferior con las vías de tren
 - Poca información en la imagen



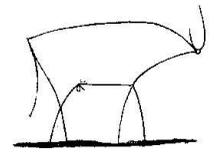
Validación



Metodología

- Se corre el SVC sobre las marcas de cada carpeta

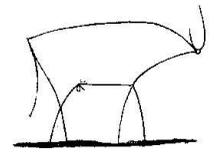
Validación



Metodología

- Se corre el SVC sobre las marcas de cada carpeta
- Se procesa la marca
 - Se determina si la ecografía es válida
 - Índices de bondad en la detección
 - Se determina si la ecografía es una falsa detección

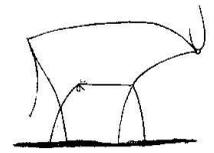
Validación



Metodología

- Se corre el SVC sobre las marcas de cada carpeta
- Se procesa la marca
 - Se determina si la ecografía es válida
 - Índices de bondad en la detección
 - Se determina si la ecografía es una falsa detección
- Sin tener en cuenta las falsas detecciones, se calculan las estadísticas para cada indicador

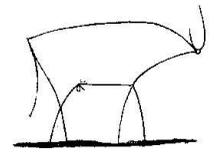
Validación



Metodología

- Se corre el SVC sobre las marcas de cada carpeta
- Se procesa la marca
 - Se determina si la ecografía es válida
 - Índices de bondad en la detección
 - Se determina si la ecografía es una falsa detección
- Sin tener en cuenta las falsas detecciones, se calculan las estadísticas para cada indicador
- Se muestran los resultados para el total de las ecografías

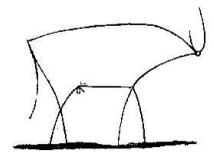
Validación



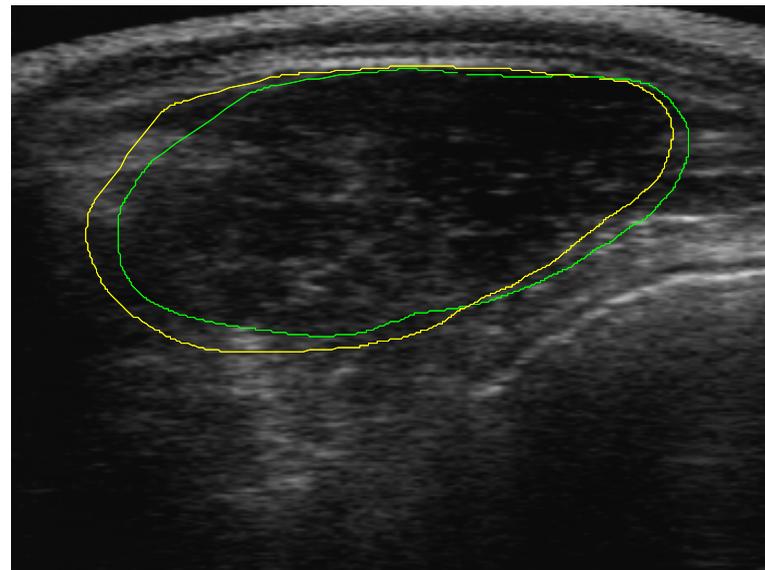
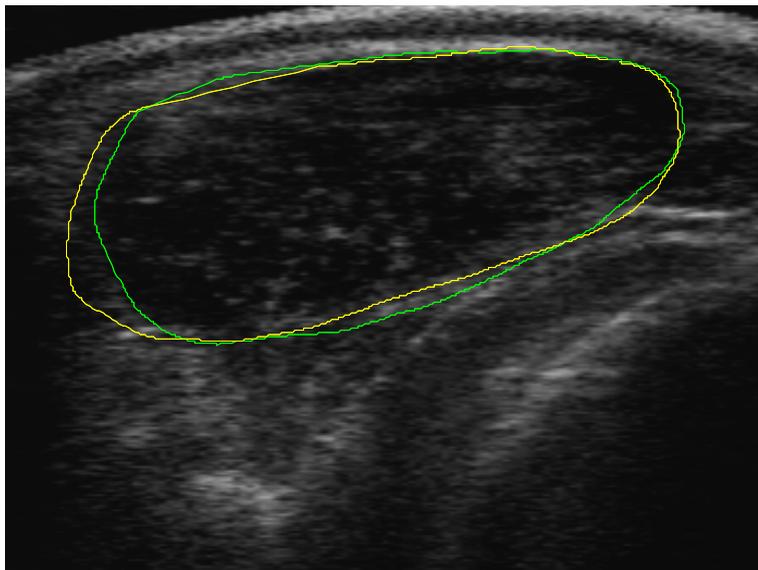
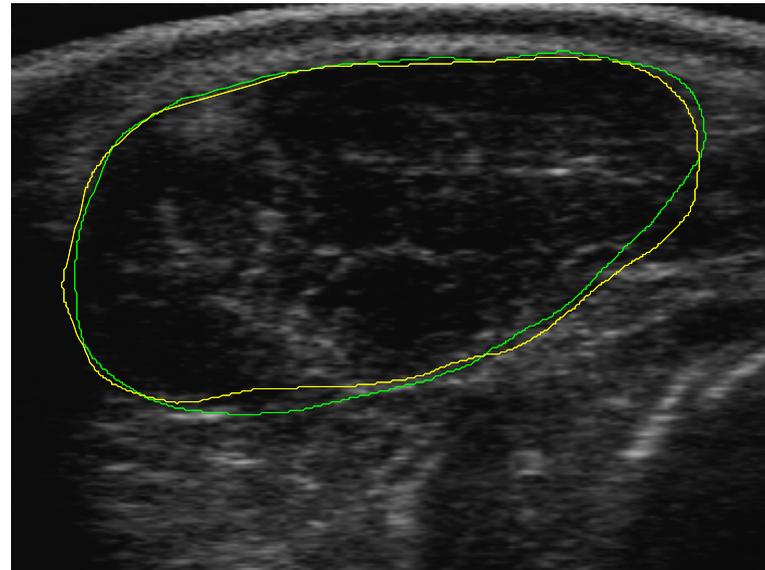
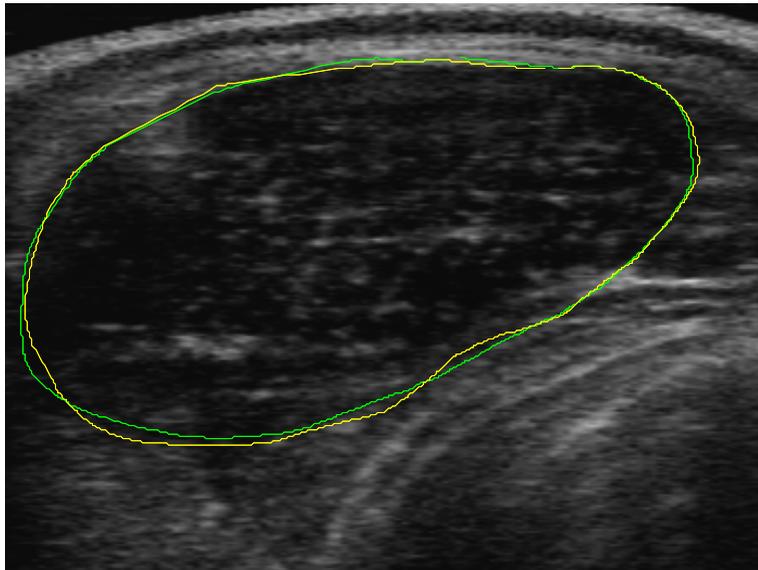
Versiones del SVC

- 1.0** Versión heredada del proyecto anterior.
- 2.0** Corrección de forma en el espacio de forma.
- 2.1** Agrega condición inicial.
- 2.2** Se pondera la corrección a partir de la estadística usando la condición inicial.
- 2.3** Se incluye una condición de parada a la versión 2.2.
- 2.4** Con ponderación local y condición inicial.

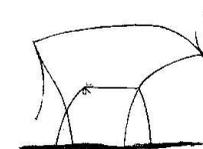
Validación



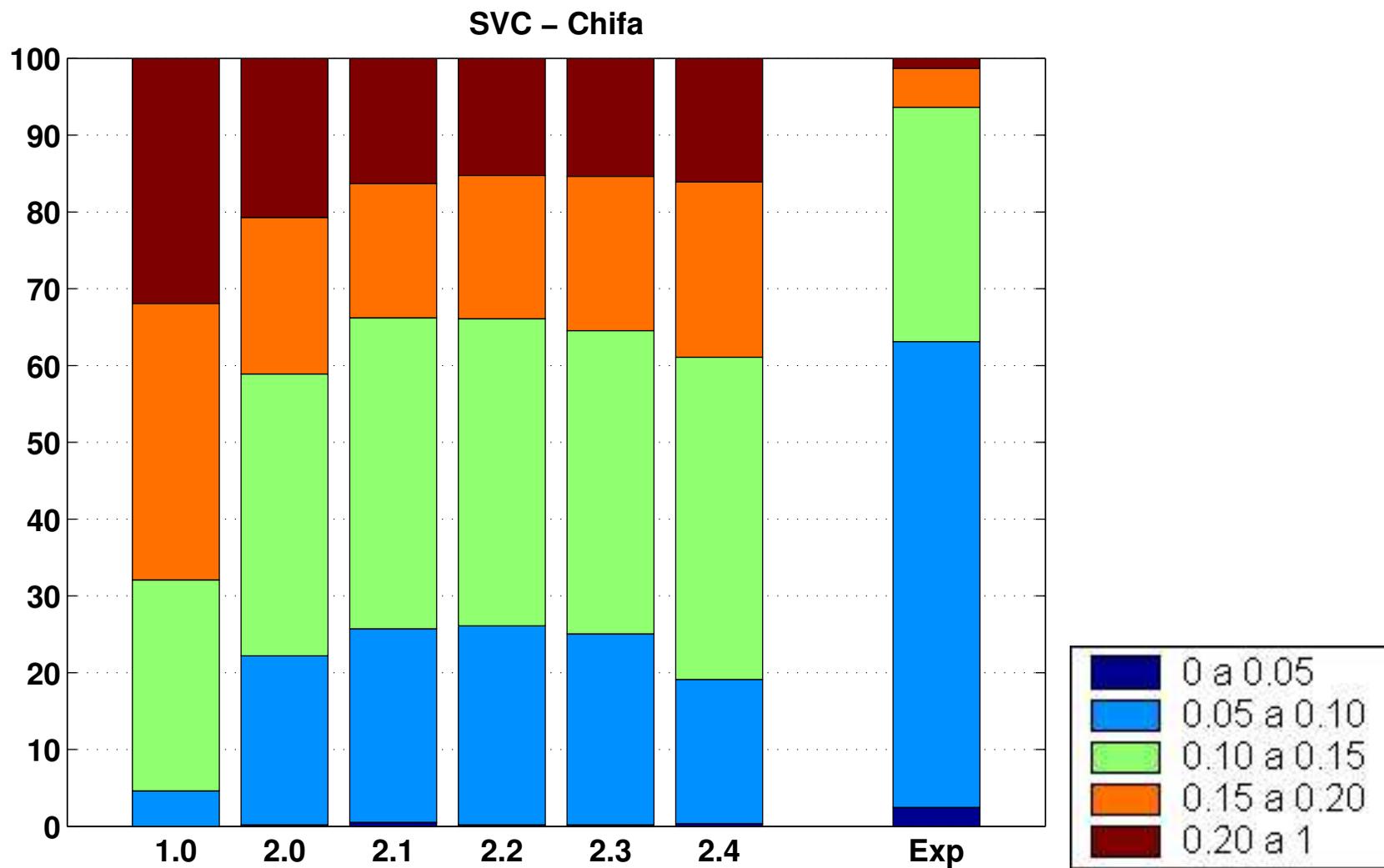
Rangos del indicador de no solapamiento



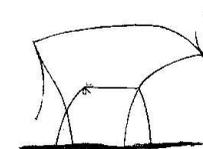
Validación



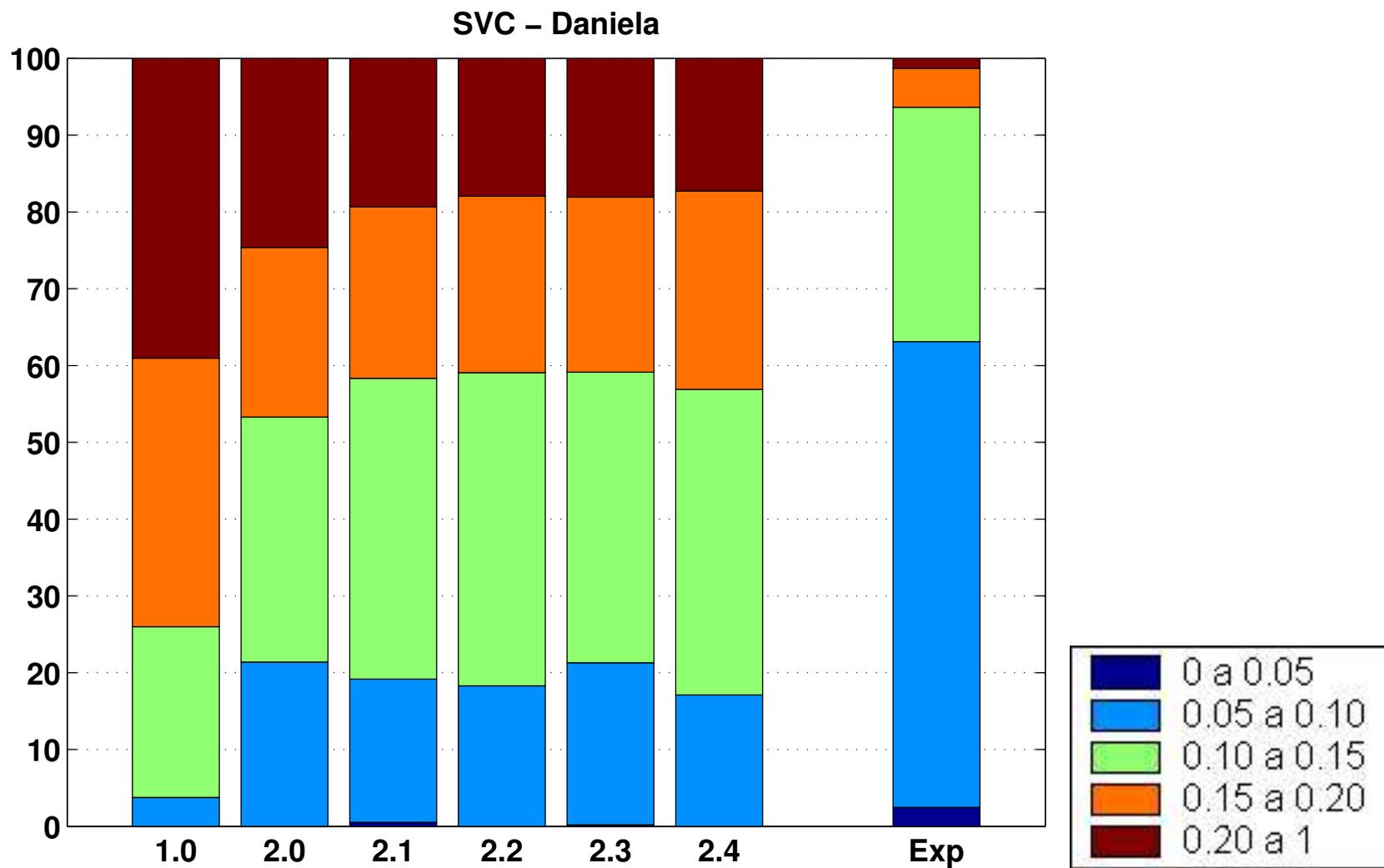
Análisis de desempeño en la segmentación

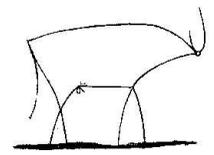


Validación

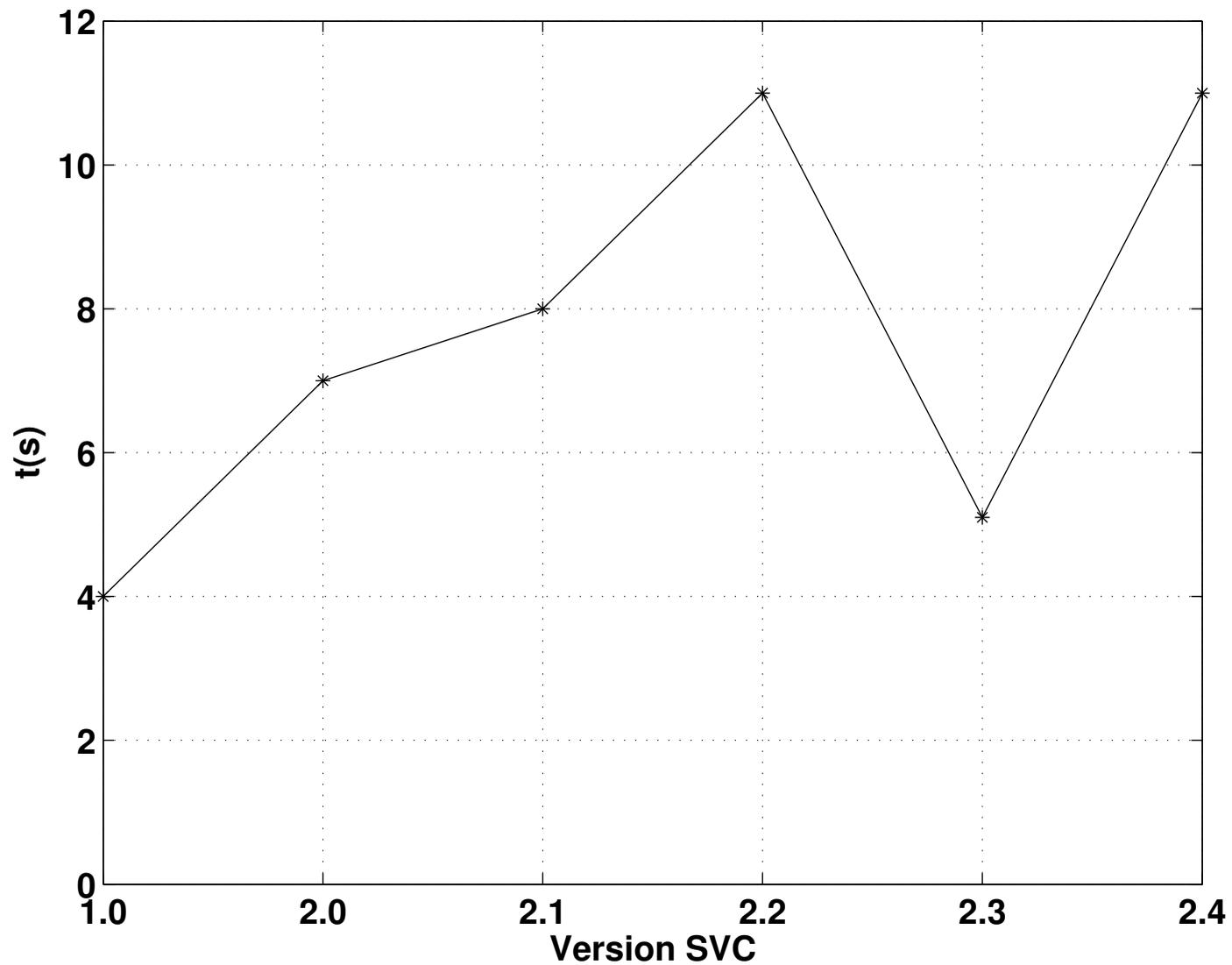


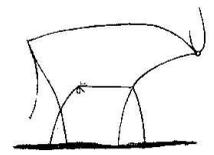
Análisis de desempeño en la segmentación



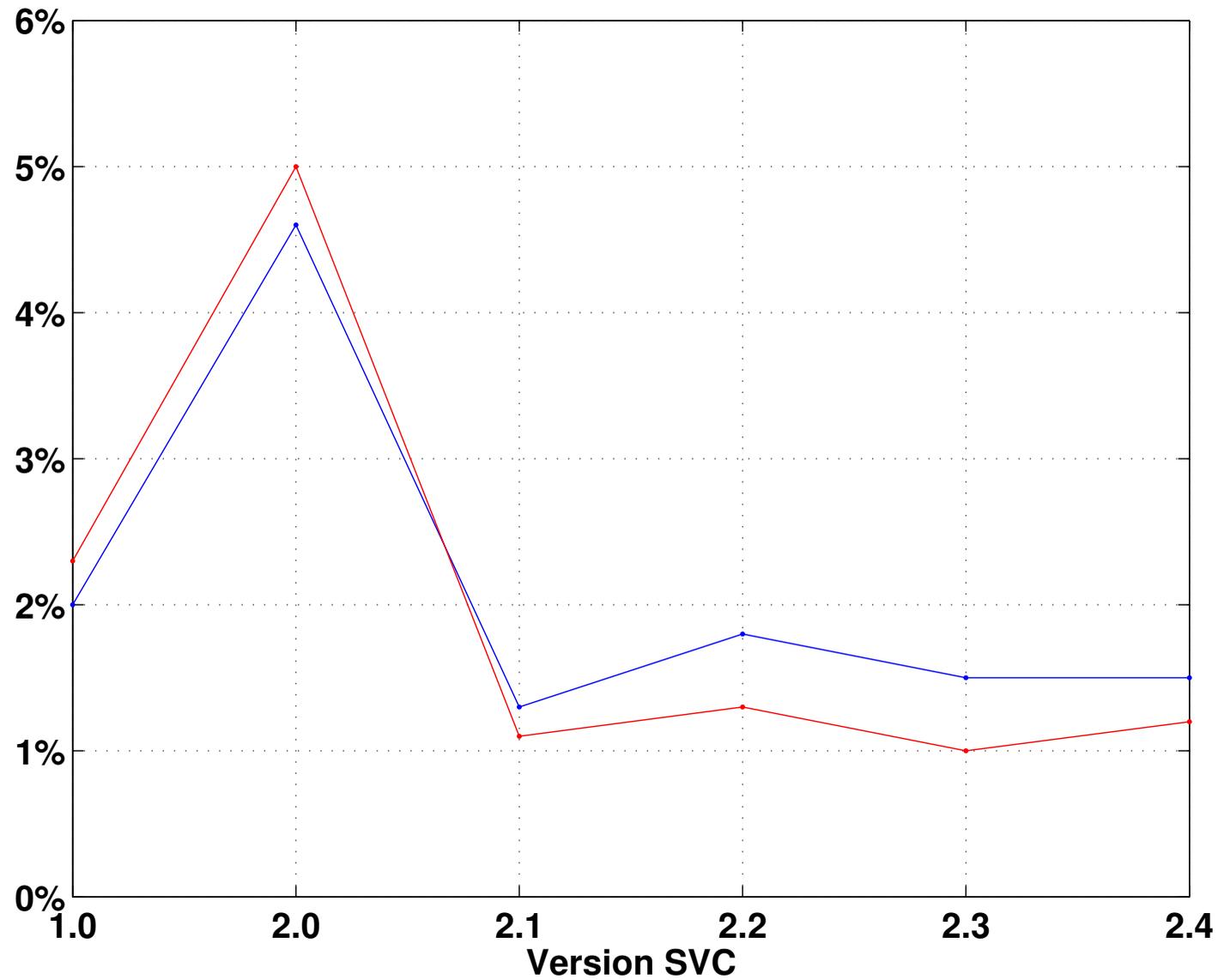


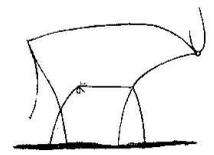
Tiempo medio por ecografía





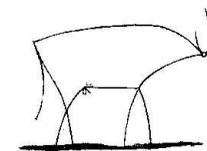
Número de falsas detecciones



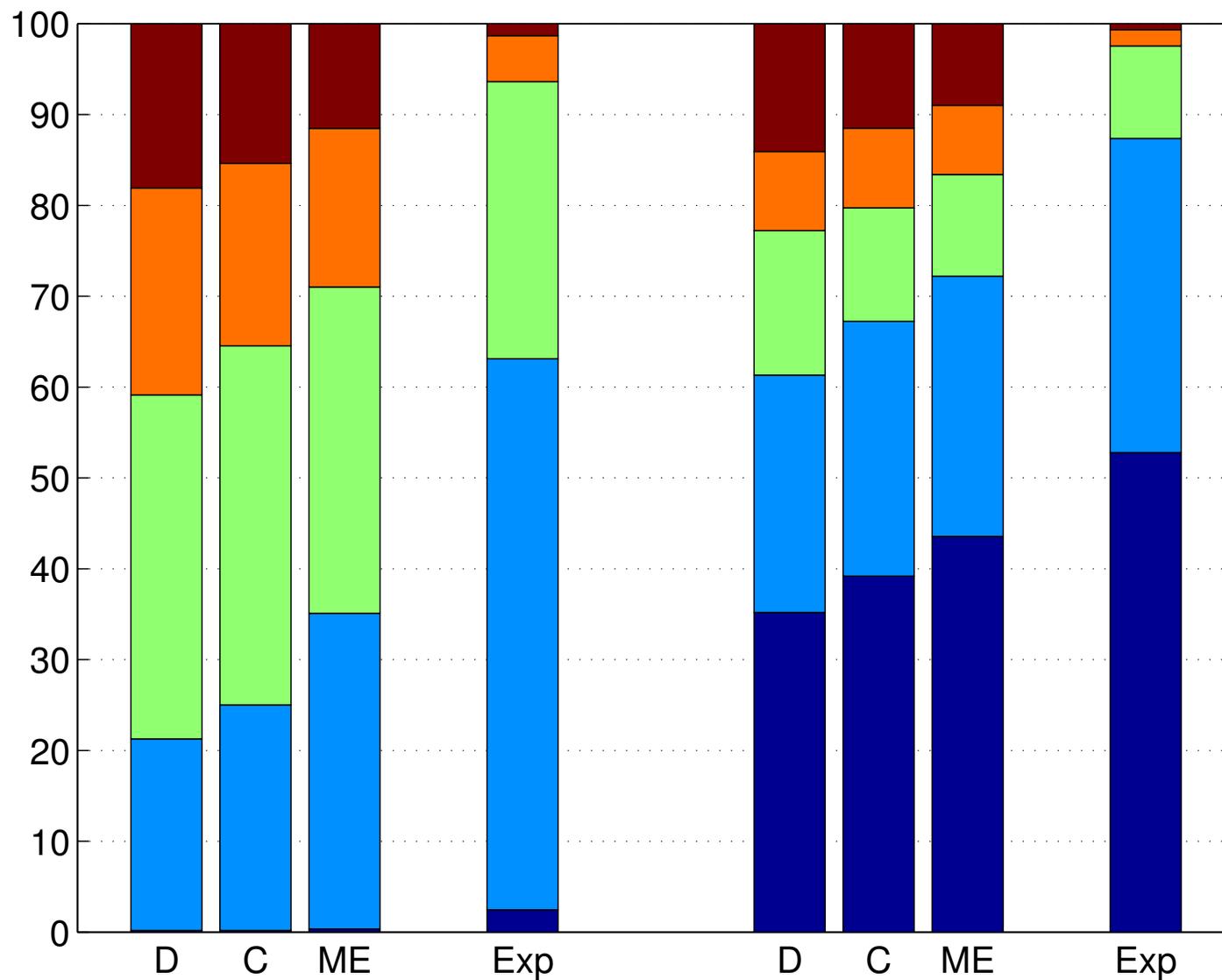


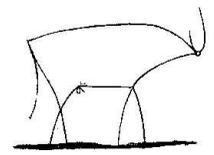
Versión definitiva - SVC 2.3

- Uno de los mejores resultados obtenidos.
- Utiliza la información de la estadística de la forma.
Mayor generalidad.
- Condición inicial.
- Condición de parada que reduce el tiempo medio por ecografía.

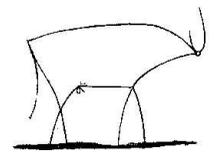


Versión definitiva - SVC 2.3





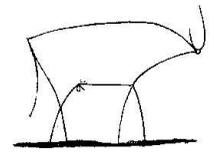
-
- Introducción
 - Descripción del Algoritmo
 - Corrección por Imagen
 - Corrección por Forma
 - Otras Mejoras
 - Validación
 - Conclusiones



Conclusiones Generales

- Buenos resultados con la nueva corrección de forma
 - 80% con un error menor al 15% en el área, un 2% de falsas detecciones
- Calibración del algoritmo casi automática
- Inclusión de la información a priori generalizable
- Herramienta de validación, de fácil uso y configuración
- Experiencia en el trabajo con un descriptor de forma muy reciente

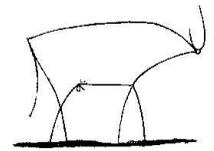
Conclusiones



A futuro

- Ajuste de parámetros del algoritmo
- Enfoque variacional
- Calibración automática
- Análisis más riguroso de la forma de los ojos de bife
- Correlación entre área del ojo de bife y forma
- Estudiar la inclusión de modelos más complejos de la forma
- Validar el algoritmo sobre 14000 nuevas imágenes

Agradecimientos



- A nuestras familias
- A los tutores Pablo Cancela, Alicia Fernández, Álvaro Gómez y Gregory Randall
- A Omar Gil y Juan Cardelino por su ayuda
- A los docentes de los cursos de Sistemas de Comunicación y de Desarrollo de Software
- A los integrantes del Proyecto PDT de Análisis de video y a los compañeros de IPCOM