

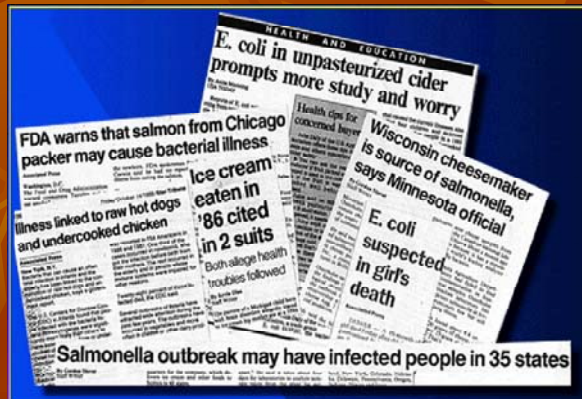
# Sensores Electrónicos Aplicados a la Industria Alimentaria

J. Salazar, J. García-Álvarez, J.A. Chávez,  
A. Turó, M.J. García-Hernández  
Grupo Sistemas Sensores  
Departamento de Ingeniería Electrónica  
E. T. S. de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona



## ¿Por qué? (I)

- Necesidad de asegurar la seguridad y la calidad en toda la cadena de producción



ALARMA  
SOCIAL

Aumento de la conciencia pública a raíz de las últimas crisis alimentarias

## ¿Por qué? (II)

- **Aumentar la eficiencia productiva y mejorar la competitividad de las empresas**

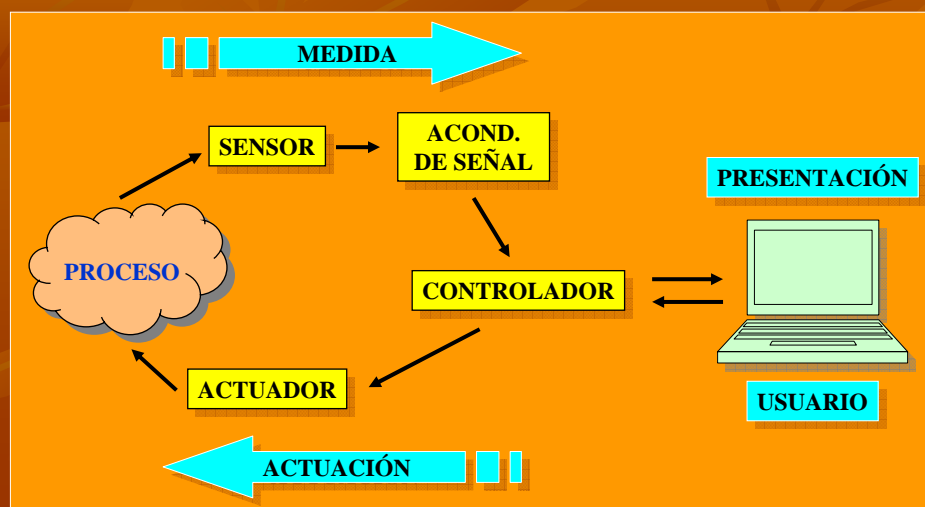
- **Solución actual**

- Análisis realizados en laboratorios (costosos y lentos)
- Intervención del experto humano (subjetividad)
- Métodos destructivos y no masivos

- **Alternativa**

- Sistemas/sensores con respuesta rápida y bajo coste (monitorización *on-line*)
- Funcionamiento autónomo, sin la intervención del hombre (objetividad y repetibilidad)
- Métodos no destructivos y soluciones bien extendidas

## Diagrama del control de proceso



## Algunos ejemplos

- Métodos de análisis, detección y control mediante tecnologías inocuas
  - Infrarrojos
  - Ultrasonidos
  - Inducción magnética

Uso de nuevas tecnologías



## Infrarrojos

**Grupo Sistemas Sensores**

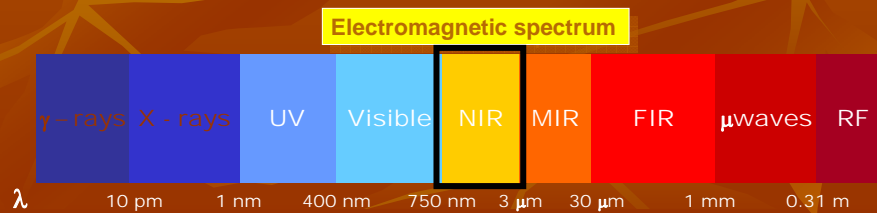
Departamento de Ingeniería Electrónica  
E.T.S. Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona



# Infrarrojos

## Ondas electromagnéticas

- La luz infrarroja es una parte del espectro de radiación electromagnético.
- La frecuencia de las ondas en la región del infrarrojo está entre  $10^{13}$  y  $10^{14}$  Hz.
- En la espectroscopía por infrarrojo cercano (Near InfraRed spectroscopy) se trabaja en la región específica de 0,75 a  $3 \mu\text{m}$  de longitud de onda.



Grupo Sistemas Sensores

7

# Infrarrojos

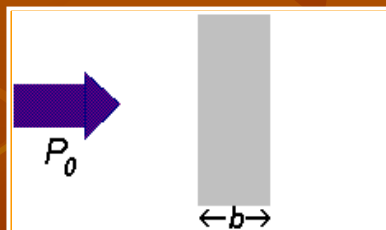
## Teoría de la absorción de infrarrojos

- La cantidad de radiación absorbida puede medirse de diferentes formas:

### Transmittance

$$T = P / P_0$$

$$\%T = 100 T$$



### Absorbance

$$A = \log P_0 / P$$

$$A = \log 1 / T = -\log T$$

$$A = \log 100 / \%T$$

$$A = 2 - \log \%T$$

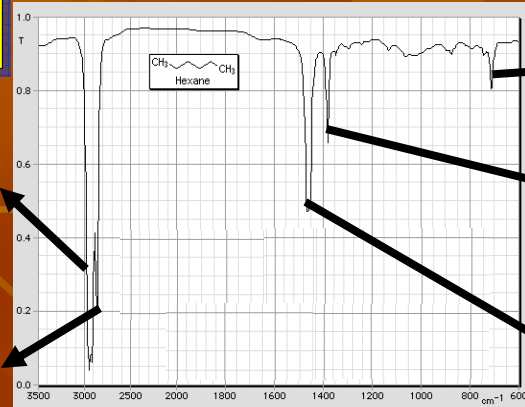
Grupo Sistemas Sensores

8

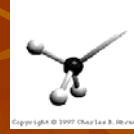
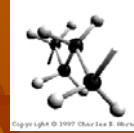
# Infrarrojos

## Interpretación del espectro de absorción del infrarrojo

Cambio de la distancia interatómica a lo largo del eje de un enlace



Cambio en el ángulo entre dos enlaces



# Infrarrojos

## Aplicaciones en la industria alimentaria

- Aperitivos (basados en maíz, patata, ...)
- Leche y derivados (leche, lacto sérum, lactosa, etc.)
- Café
- Polvos de patata
- Chocolate
- Coco
- Cereales
- Levadura
- Alimentos deshidratados
- Frutos secos
- Malta
- Almidón
- Queso
- Soja
- Azúcar
- Sal
- Hierbas y especias
- Bebidas instantáneas
- Productos de confitería
- Harina
- Galletas
- Granos
- Pan
- Pasta
- Manteca de cacao
- Productos de maíz
- Arroz
- Ingredientes de alimentos



## **Proyecto Olicematic**

*System for the measurement of moisture and fat in the production of olive oil using NIR spectroscopy*

(financiado por el VII Programa Marco de la UE)

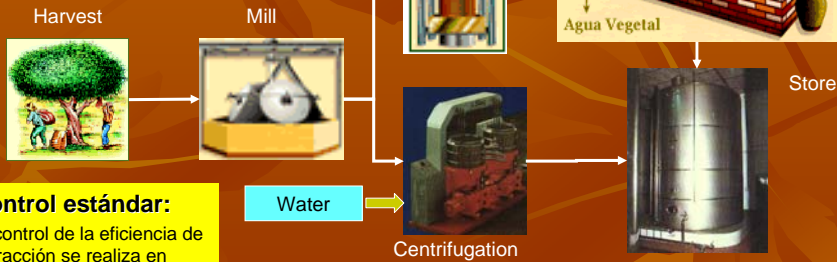
## **Objetivos del proyecto**

- Desarrollo de un sistema de medida que, por medio de IRLEDs a longitudes de onda específicas, permita la medida on-line del contenido de humedad y grasa durante el proceso de producción de aceite de oliva.
- Se optimizará el proceso de extracción de aceite de oliva gracias a la inclusión de modelos de control predictivos.

# Descripción del proceso

Composición de una aceituna:

- Grasa: 18% - 32%
- Agua vegetal: 40% - 55%
- Hueso y piel: 25% - 35%.

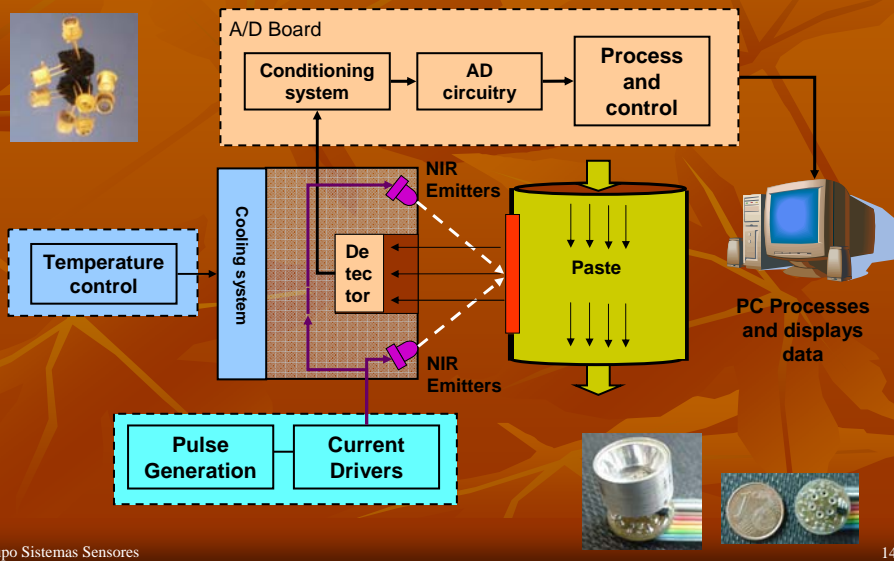


**Control estándar:**  
El control de la eficiencia de extracción se realiza en laboratorios externos.

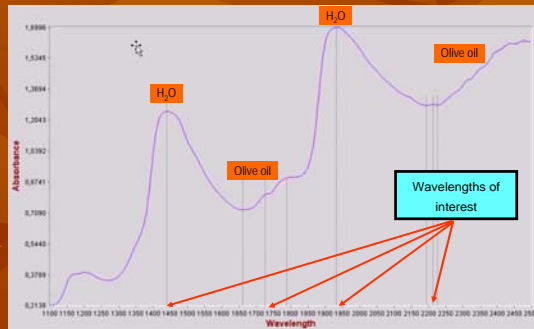
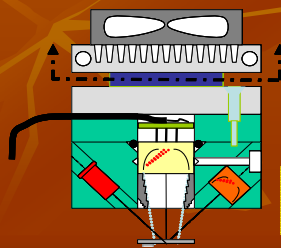
El proceso no puede ser optimizado instantáneamente !!!

**Equipo de extracción:**  
El control de operación es, generalmente, llevado a cabo manualmente por un operario experto.

# Diagrama de bloques del sistema



# Espectro continuo del alpeorujo obtenido con un NIR on-line



Near Infrared Spectra of an olive pomace

Diffuse Reflectance Near Infrared Sensor



## Ultrasonidos

**Grupo Sistemas Sensores**

Departamento de Ingeniería Electrónica  
E.T.S. Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona

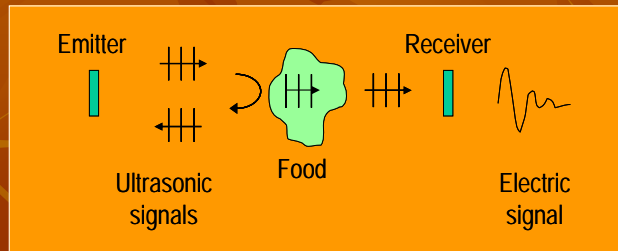




## Ultrasonidos

### *Sensor ultrasónico para la detección de la calidad de alimentos*

- Dispositivo que responde a determinadas propiedades de los alimentos y transforma las respuestas en una señal eléctrica.



La señal eléctrica puede dar directamente la información sobre los factores de calidad o bien puede tener relación con estos factores

## Ultrasonidos

### *Aplicaciones de ultrasonidos de baja intensidad*

- Medida de concentraciones
- Determinación de composición de sólidos
- Espumas y compuestos
- Geles
- Huevos
- Dispersión en sólidos
- Carne
- Leche y derivados
- Vegetales y frutas
- Medida de niveles
- Medida de caudal
- Medida de temperatura
- Detección de cuerpos extraños
- Determinación de solubilidad
- .....



## Proyecto Rheodough

*Development of an on-line ultrasonic rheological sensor for non-invasive and non-destructive evaluation of dough*

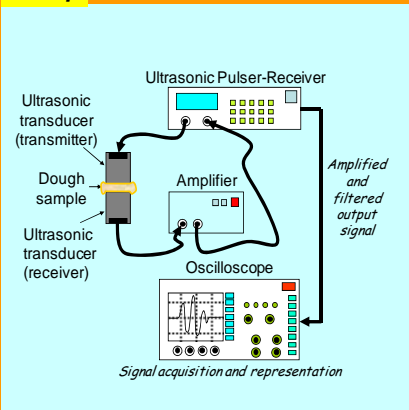
(financiado por el V Programa Marco de la UE)

## Objetivos del proyecto

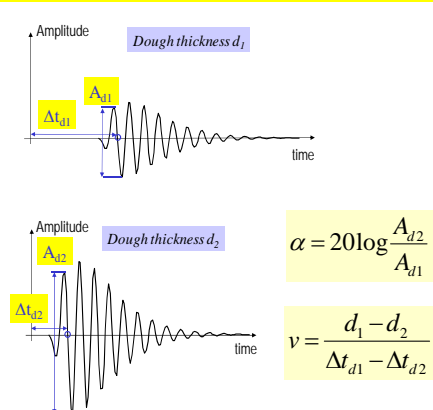
- Desarrollo de un equipo de medida basado en ultrasonidos para:
  - Detección rápida de defectos en harinas (Harineras).
  - Detección de masas de baja calidad, permitiendo mejorar las reacciones a fallos y la corrección de los procesos de producción (Panificadoras).
- Reducir hasta un 80% las masas de desecho.
- Eliminar la necesidad de operarios expertos en inspección manual.

# Medida de masas de pan Método Through-transmission

## Set-up



## Attenuation and velocity determination



# Equipo de medida desarrollado bajo el proyecto Rheodough



Display

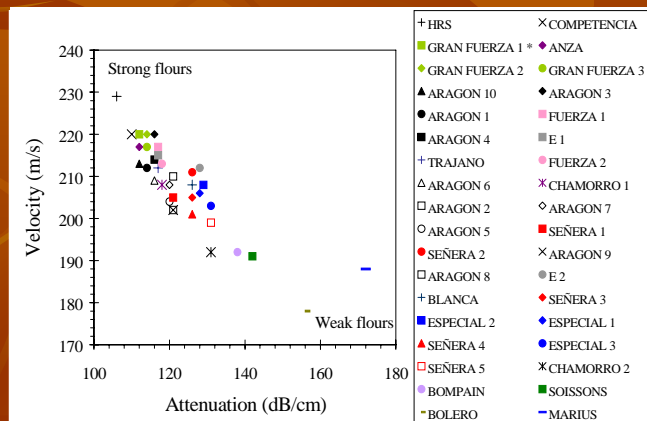
Luminous indicators



Ultrasonic transducers

## Resultados experimentales

- Calidad de la harina utilizando un conjunto de harinas amasadas mediante el Alveógrafo



Los ultrasonidos son sensibles a las propiedades de la harina utilizada

La relación atenuación/velocidad puede ser utilizada como un indicador de la calidad de la masa



## Proyecto Viscotul

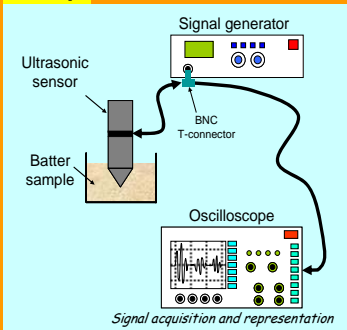
*Caracterización de estructuras viscoelásticas mediante técnicas no destructivas basadas en ultrasonidos*  
(financiado por el Plan Nacional I+D+i)

## Objetivos del proyecto

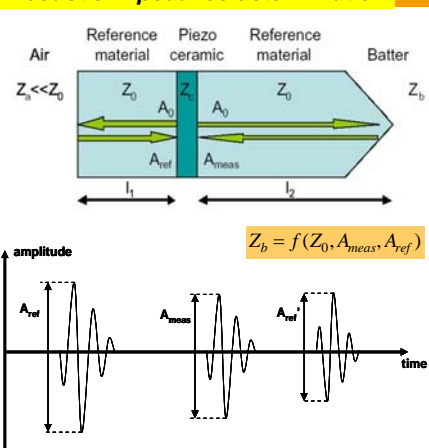
- Desarrollo de un sensor basado en la medida on-line de la impedancia acústica para la caracterización de batidos.
- Mejorar la competitividad de la industria.
- Eliminar los controles off-line.
- Reducir los batidos de desecho.

## Medida de batidos Método de reflexión

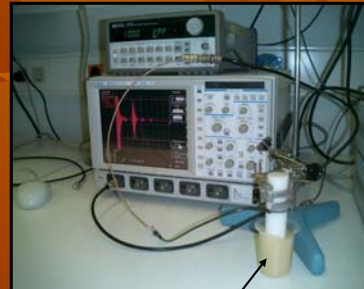
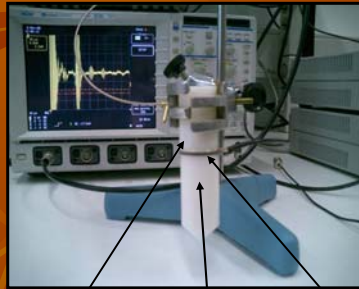
### Set-up



### Acoustic impedance determination



# Sensor ultrasónico para caracterización de batidos



Back buffer rod

Front buffer rod

Piezoelectric ceramic

Batter sample

La impedancia acústica del batido se determina midiendo la amplitud de las señales eco recibidas por el sensor.

## Resultados experimentales (I)

- Principales correlaciones entre propiedades físicas del batido y la impedancia acústica

	Viscosity (a)	Viscosity (b)	G'	G''	G*	Zbat
Density	0.50**	-0.38	0.54**	0.39*	0.48*	0.25
Viscosity (a)		-0.46*	0.95***	0.93***	0.97***	0.53**
Viscosity (b)			-0.57**	-0.21	-0.40*	0.27
G'				0.88***	0.97***	0.36
G''					0.97***	0.66***
G*						0.53**

Conjunto de 27 batidos preparado con diferente contenido de azúcar, aceite y huevo.

- Tradicionalmente, densidad y viscosidad son utilizados para predecir la incorporación de aire durante el amasado, el cual está relacionado con la calidad del bizcocho.
- Medidas reológicas (G', G'' & G\*) altamente correladas con la viscosidad.
- Impedancia acústica significativamente correlada con la viscosidad, G'' y G\*.

## Resultados experimentales (II)

- Correlación entre propiedades físicas del batido y del bizcocho (*layer cake type*)

	Cake Volume	Cake Density	Volume Index	Cake Symmetry	Central Height
Batter density	0.49*	-0.46*	0.25	0.34	0.31
Visc (a)	0.14	-0.08	-0.1	-0.2	-0.17
Visc (b)	-0.51**	0.51**	-0.51**	-0.55**	-0.56**
G'	0.27	-0.22	0.06	0.05	0.06
G''	-0.04	0.11	-0.32	-0.39*	-0.38*
G*	0.12	-0.06	-0.13	-0.17	-0.16
Acoustic Impedance	-0.45*	0.53**	-0.77***	-0.74***	-0.79***

- La impedancia acústica del batido correla con parámetros de calidad del bizcocho incluso mejor que los parámetros convencionales.
- Estas correlaciones estadísticamente significativas son debidas a la capacidad de la impedancia acústica de detectar pequeñas incorporaciones de aire durante el amasado del batido.



## Inducción magnética

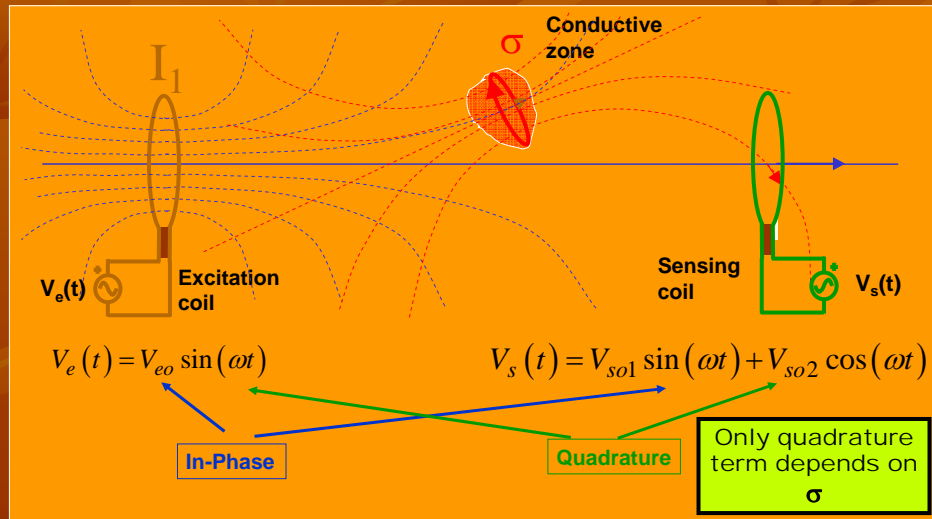
### Grupo Sistemas Sensores

Departamento de Ingeniería Electrónica  
E.T.S. Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona



# Inducción Magnética

## Medida de la conductancia eléctrica



# Proyecto Meatgrading

## Automatic non-invasive system for EUROP carcass grading of swine, beef and lamb using cross sectional electrical conductivity

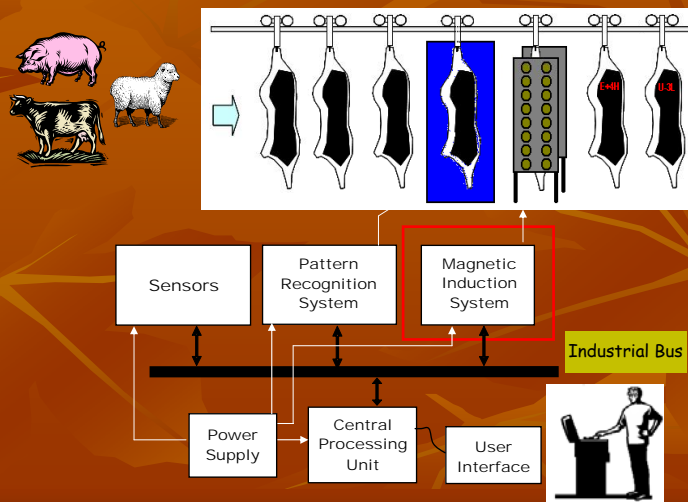
(financiado por el VI Programa Marco de la UE)



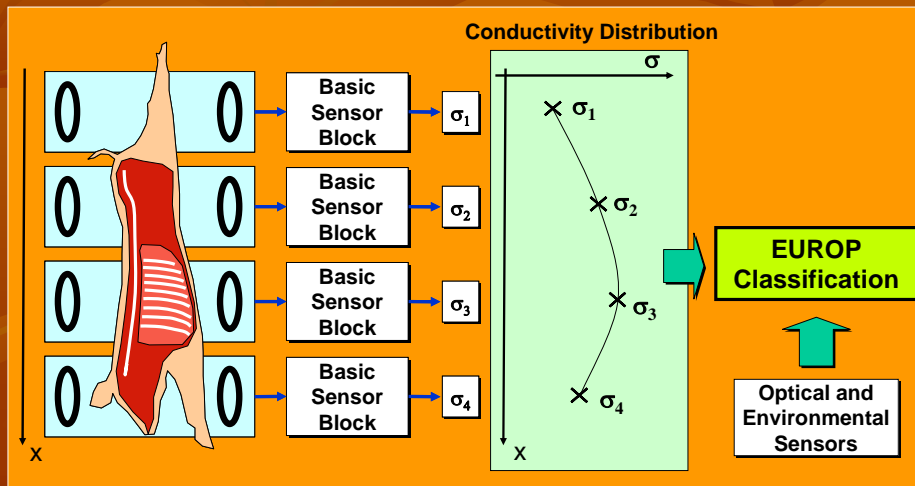
## Objetivos del proyecto

- Desarrollo de un sistema de bajo coste que pueda determinar la forma de la carcasa y proporcione una clasificación objetiva y automática de las carcasas según el estándar EUROP.
- Determinar las especificaciones de la carcasa.
- Mejorar la competitividad de la industria.
- Eliminar la clasificación basada en criterios subjetivos.

## Concepto Global de Diseño



## Diseño del Sistema Perfil de Conductividad



Grupo Sistemas Sensores

35

## Resultados experimentales (I)

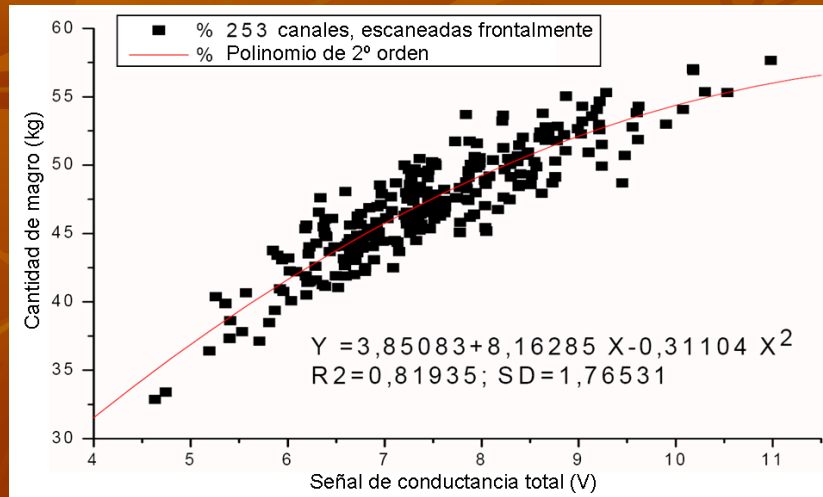
- Prototipo desarrollado



Grupo Sistemas Sensores

36

## Resultados experimentales (II)

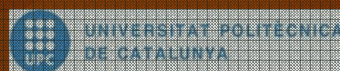


Grupo Sistemas Sensores

37



**Sensores Electrónicos Aplicados  
a la Industria Alimentaria**



**Gracias por su  
atención**