

# Diseño e implementación de un sistema de autorregulación de oxígeno con monitoreo no invasivo por pulsoximetría

---

Ing. Alejandro Matiz Rubio  
Ing. Robinson Araque Campo



Noviembre 22 / 2006

# Contenido

---

- Equipo investigador
- Origen del proyecto
- Objetivos del proyecto
- Conceptos fisiológicos básicos
- Introducción a la lógica difusa
- Diagrama de bloques
- Sistema de control
- Curva de control Simulink
- Implementación
- Conclusiones

# Equipo investigador

---

- Ing. investigador Robinson Araque Campo
- Ing. investigador Alejandro Matiz Rubio
- José Oviden Sánchez, ingeniero especialista en microcontroladores, docente de la Universidad Javeriana
- Jesús Antonio López, ingeniero especialista en automatización de procesos, aspirante al título de doctor en Ingeniería de la Universidad del Valle.
- John Jairo Gómez y James Zapata, pediatras del Centro Médico Imbanaco
- Grupo de investigación CMI

# Origen del proyecto

---



**DIA MATLAB PUJ - NOVIEMBRE 2006**

# Objetivos del proyecto

---

- Diseñar e implementar un equipo que permita monitorear y regular el suministro de oxígeno automáticamente en tiempo real
- Disminuir las complicaciones fisiológicas que se puedan presentar al subir y bajar la concentración de oxígeno manualmente
- Optimizar el trabajo del personal médico dentro de una sala de cuidados intensivos
- Disminuir los costos en el tratamiento tanto para las entidades prestadoras de salud como para los pacientes

# Conceptos fisiológicos básicos

---

- **Prematuros:** (Neonatos): Los niños nacidos antes de las 36 semanas son considerados *prematuros*.
- **Saturación de O<sub>2</sub>:** Porcentaje de oxígeno que hay en la hemoglobina en la sangre. (En la unidad de cuidados intensivos se toma un rango de 85% a 95% como un rango estable y fuera de ese rango es que se tiene que actuar).
- **Concentración de O<sub>2</sub>:** Porcentaje de oxígeno que hay en la mezcla aire-oxígeno que se le suministra al paciente.
- **Pulsoximetría:** Es la medición, no invasiva, del oxígeno transportado por la hemoglobina en el interior de los vasos sanguíneos, es decir, la saturación de oxígeno.

# Introducción a la lógica difusa

---

El sistema de autorregulación de oxígeno con monitoreo no invasivo por pulsoximetría, es un sistema programable diseñado y simulado mediante el *toolbox fuzzy logic* de Matlab aplicando reglas de inferencia difusa, reemplazando la necesidad de modelar matemáticamente el sistema.

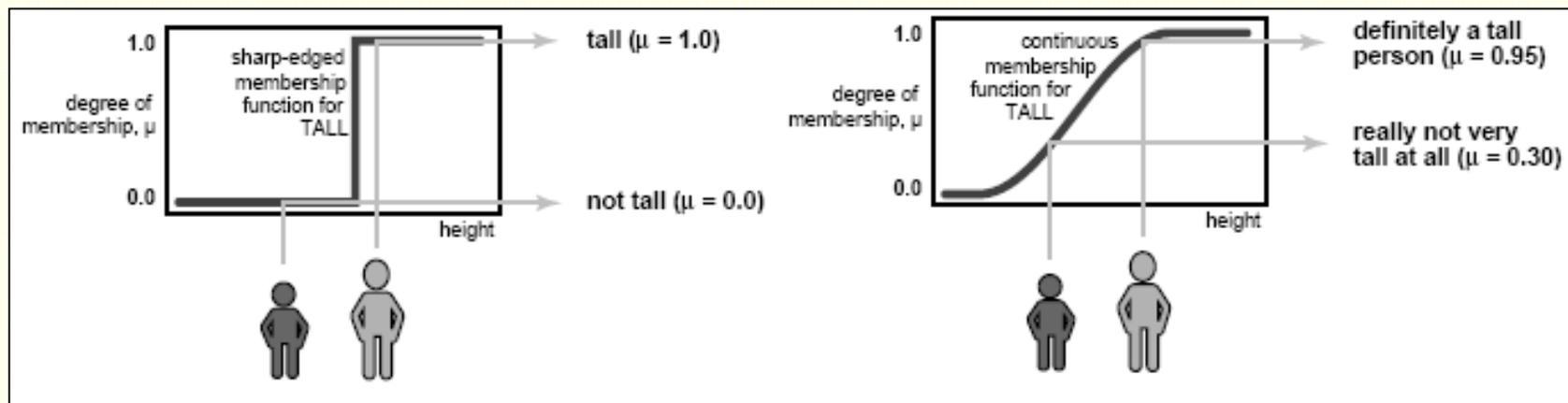
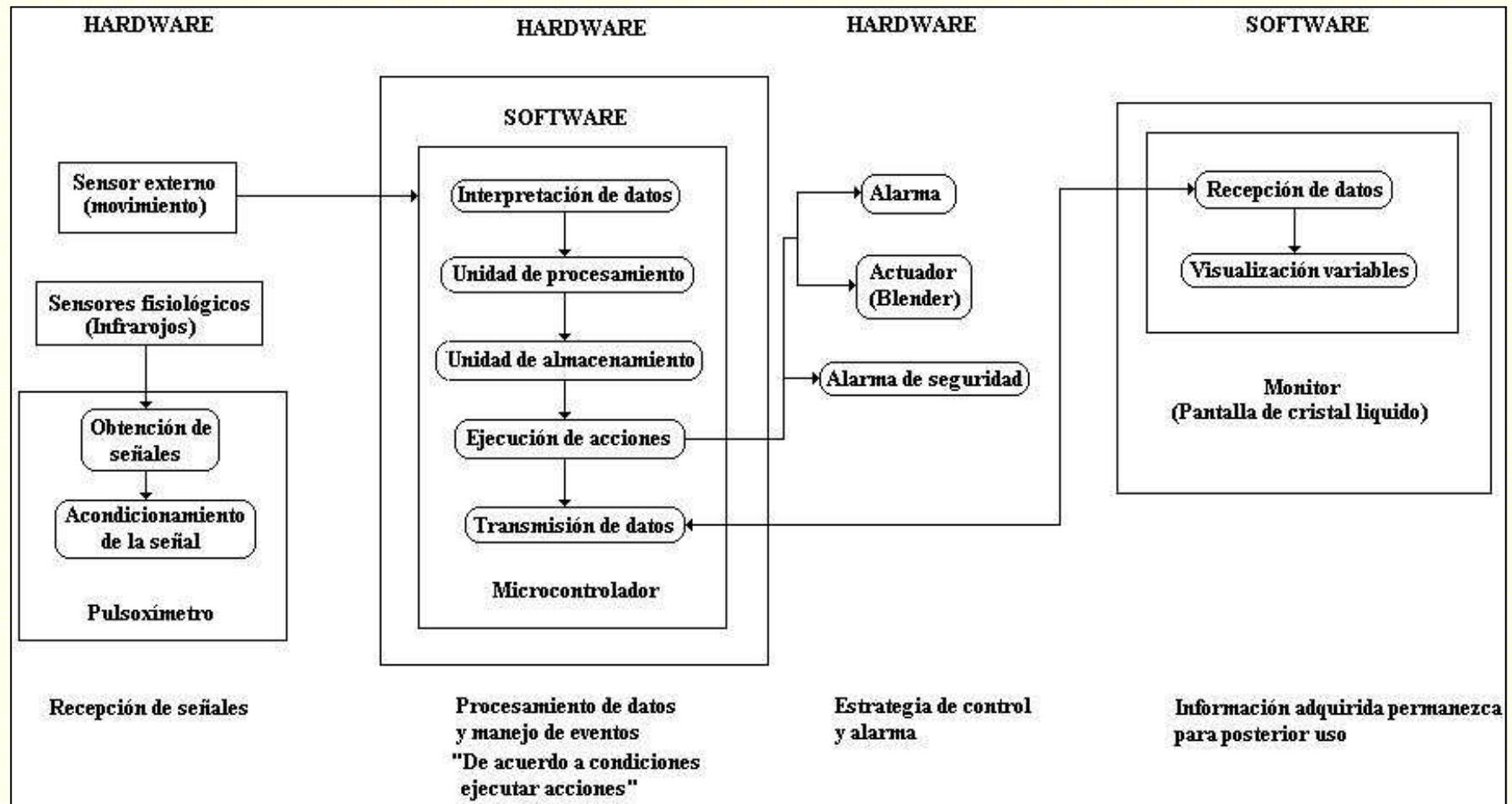


Fig 1. Principios lógica difusa

# Diagrama general del sistema



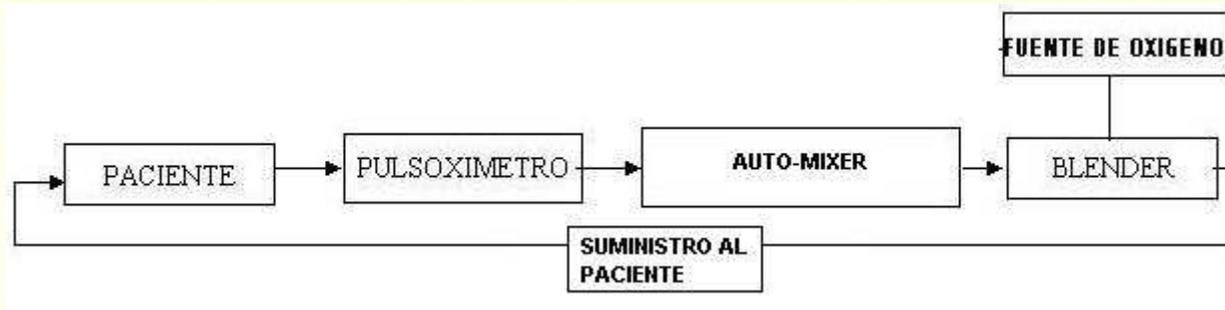
# Sistema de control

---

## FUNCIONAMIENTO

Inicialmente el personal médico programa los rangos de saturación de oxígeno del paciente según la patología que presente. Este rango es de absoluta responsabilidad del personal médico.

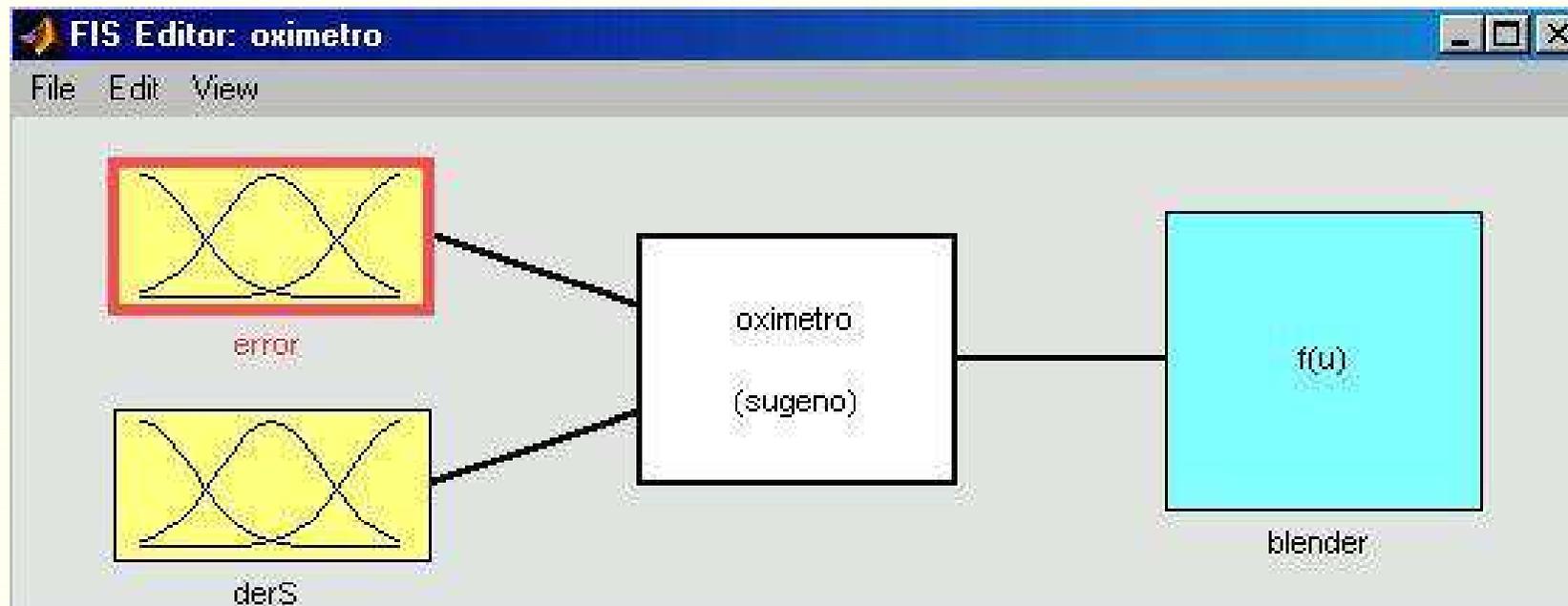
## DIAGRAMA DE BLOQUES



# Sistema de Inferencia Difuso

---

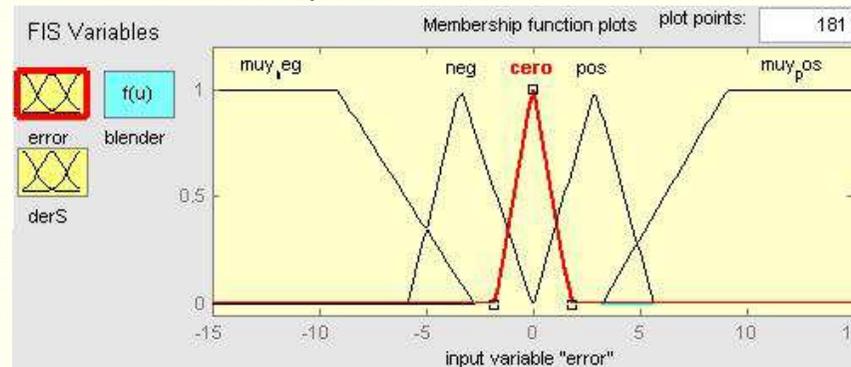
Sistema de Inferencia Difuso tipo sugeno donde se tienen 2 entradas, una salida y 35 reglas difusas.



# Entradas y salida (1)

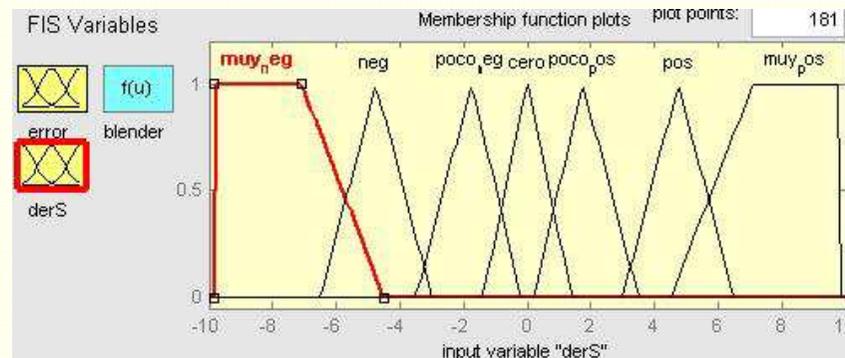
- Entrada 1: error

$$\text{error} = \text{referencia} - \text{saturación}$$



- Entrada 2: derivada de la saturación

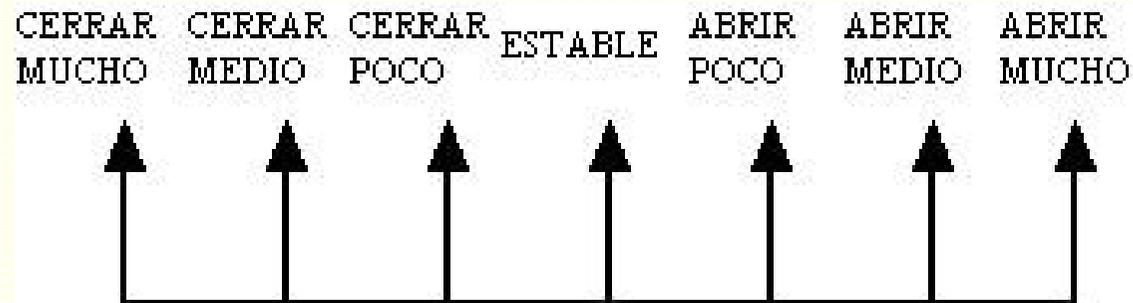
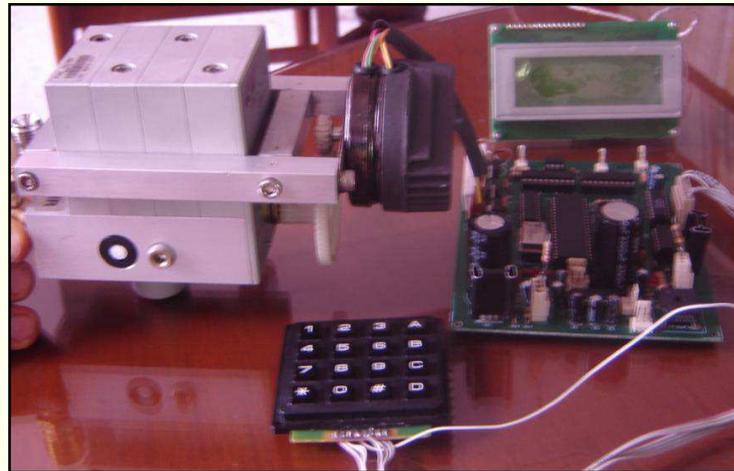
$$\text{derSat} = \frac{\text{sat}(k) - \text{sat}(k-1)}{T}$$



# Entradas y salida (2)

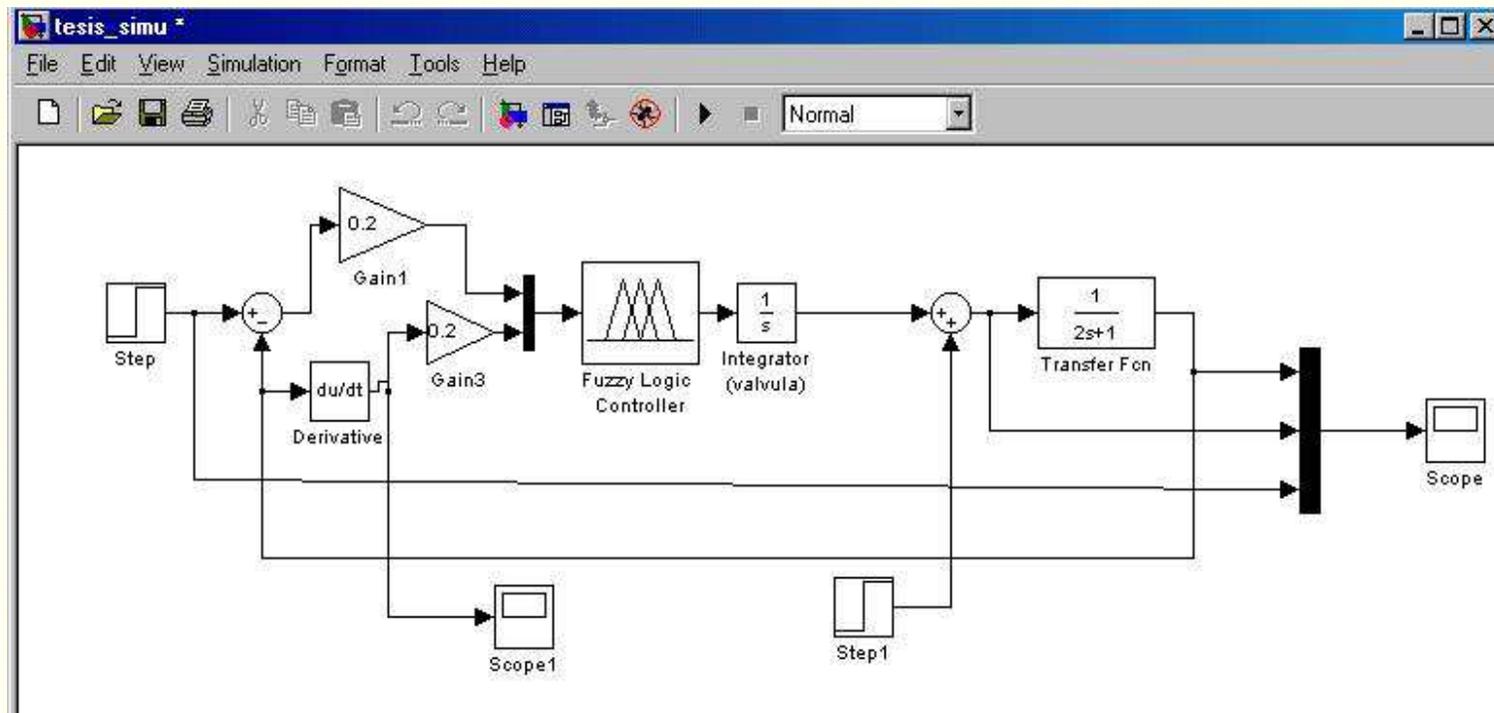
---

- Salida: Movimiento del blender



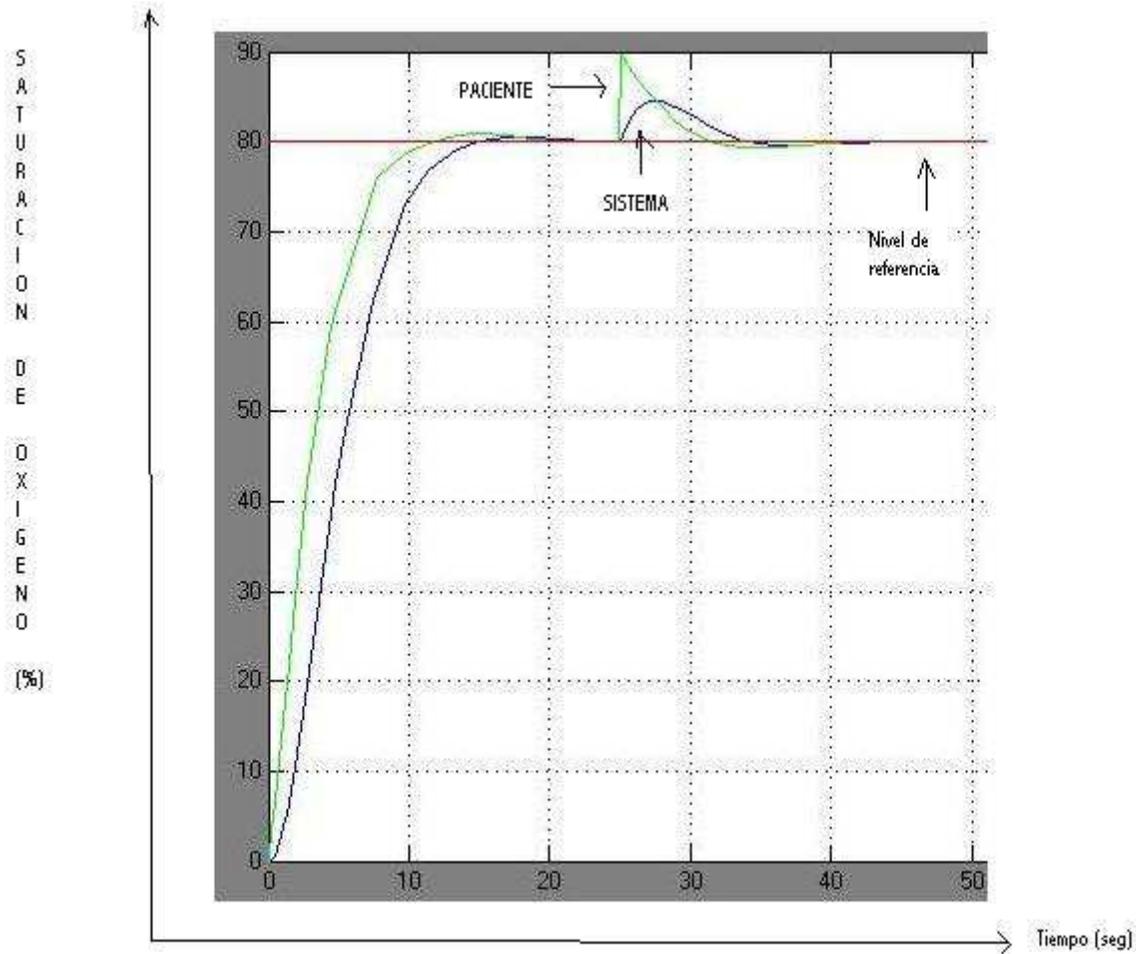
# Curva de control Simulink (1)

## Diagrama de bloques del sistema realimentado



# Curva de control Simulink (2)

---



# IMPLEMENTACIÓN

---

- Para la implementación del control difuso en un microcontrolador PIC se generan Look-Up Tables.
- Se tiene una matriz de 35 reglas.
- ```
rulelist = [1 1 3 1 1   input1 input2 output W conector => 1=and;0=OR
            ...
            5 7 4 1 1];
```
- EL comando `evalfis`, del Toolbox de Logica Difusa, internamente hace la fuzzificación, la inferencia y la defuzzificación y genera la salida del control.

# CONCLUSIONES

---

- Al automatizar el suministro de oxígeno en neonatos se disminuyen las complicaciones que se puedan presentar al realizar este proceso manualmente.
- El estudio de los sistemas a controlar, nos muestra las ventajas y desventajas de cada técnica de control.  
EJ: Sistemas de caja negra y Lógica Difusa
- El trabajo interdisciplinario conseguido en el transcurso del proyecto es fundamental para el desarrollo profesional integral.
- El proyecto queda como un modelo para el desarrollo para aplicaciones de la Lógica Difusa en microcontroladores PIC.

# Preguntas y comentarios

---



# CONTACTOS

---

**Ing. Alejandro Matiz R** - [amatiz@puj.edu.co](mailto:amatiz@puj.edu.co)  
**Ing. Robinson Araque C** - [robinson@puj.edu.co](mailto:robinson@puj.edu.co)



Centro Médico Imbanaco  
Tel: 6821000 Ext. 4391  
Cali, Colombia