

# Control mediante lógica difusa de un sistema de llenado de líquidos.

J. Encalada<sup>1</sup>, C. Tello<sup>2</sup>, *Students Members, Pregrado, Ricardo Palma University-Perú*<sup>1, 2</sup>, {*enigmatik11@hotmail.com, carlostv\_27@hotmail.com*}, Adviser R. Palomares, *member IIITEC, IEEE-MWSCAS, AOTS and Ricardo Palma University-Perú, ricarpal@gmail.com*

**Abstract:** *This project consists of the design and implementation of a liquid filling system (water), for which a prototype is designed in wood, which houses the components used, such as: arduino, ultrasonic sensor, adjustable wrench, electrovalve and stepper motor . It was designed a fuzzy controlled using Matlab software, taking into account the input variables and the output to be controlled. Finally it is programmed in arduino with the use of the Fuzzy library, for the operation of the system.*

**Palabras Claves—** *Lógica difusa, control automático, sistema de llenado.*

## I. INTRODUCCION

Control es un concepto muy común y es ampliamente usado por muchas personas en la vida cotidiana. El término es usado habitualmente para hacer referencia a la interacción entre el hombre y lo que lo rodea, más específicamente a la interacción hombre-máquina, un ejemplo sencillo es el de conducir un automóvil donde es necesario controlar el vehículo para lograr llegar al destino deseado, sistemas como este son llamados de control manual.

El control automático involucra solamente a máquinas, un ejemplo común es el control del nivel de agua de un tanque, donde dependiendo del nivel del líquido se abrirá o cerrará la válvula correspondiente a su llenado. Ambos temas son un amplio campo de estudio con aplicación en las más diversas ramas de la ingeniería. Algunas aplicaciones son: en robótica se controla la velocidad, posición y fuerza con la que manipuladores interactúan con el medio, en la industria química el control es aplicado al flujo de líquidos, presión de gas, nivel de líquidos en depósitos, etc., incluso el cuerpo humano cuenta con mecanismos que trabajan como control automático, por ejemplo el diámetro de la pupila del ojo, la presión sanguínea, el ritmo respiratorio, etc., son procesos biológicos que se los puede ver como equivalentes al control automático realimentado. Los sistemas a controlar pueden ser de la más variada naturaleza.

En los últimos 50 años una gran cantidad libros y publicaciones sobre control han sido presentados, de estos, los métodos de análisis y diseño son herramientas muy importantes para el ingeniero que realiza control. El control automático surge para liberar al hombre de tareas repetitivas, donde la complejidad del sistema a controlar es elevada o la operación es riesgosa, puede haber una gran cantidad de motivos por la cual se opta por el control automático. El control manual es llevado a cabo por

personas que conocen (aunque sea de manera aproximada) el proceso a controlar y saben como debe ser el resultado de su control y como lograrlo, en la industria, estas personas (operarios) cuentan con experiencia y conocimiento suficiente para cumplir con los objetivos de control. Este concepto de experiencia o base de conocimiento es muy importante en sistemas de control difuso.

## II. Marco teórico

El esquema de bloques de un sistema basado en técnicas de lógica difusa se presenta en la siguiente figura N°1



Figura N°1 Esquema general de un sistema difuso

Está compuesto por los siguientes bloques:

- Bloque difusor: bloque en el que cada variable de entrada se le asigna un grado de pertenencia a cada uno de los conjuntos difusos que se ha considerado, mediante las funciones características asociadas a estos conjuntos difusos. Las entradas a este bloque son valores concretos de las variables de entrada y las salidas son grados de pertenencia a los conjuntos difusos considerados.
- Bloque de Inferencia: en este bloque, mediante los mecanismos de inferencia se relaciona conjuntos difusos de entrada y de salida y que representa a las reglas que definen el sistema. Las entradas a este bloque son conjuntos difusos (grados de pertenencia) y las salidas son también conjuntos difusos asociados a la variable de salida. Para cada conjunto difuso, existe asociada una función de pertenencia para sus elementos, que indica en qué medida el elemento forma parte de ese conjunto difuso. Las formas de las funciones de pertenencia más típicas son trapezoidal, lineal y curva. Se basa en reglas heurísticas de la forma SI (antecedente) ENTONCES (consecuente), donde el antecedente y el consecuente son también conjuntos difusos, ya sea puros o resultado de operar con ellos.

- Desifusor: bloque en el cual a partir del conjunto difuso obtenido en el mecanismo de inferencia y mediante los métodos matemáticos de desdifusión se obtiene un valor concreto de la variables de salida, es decir, el resultado.

### III. Plataforma del Sistema de Llenado

#### 2.1 Hardware:

Consiste en la maqueta de madera en la cual se instalan los componentes para el sistema de llenado, como son tanque, sensor de ultrasonido, motor paso a paso, etc. Se trató de emular el sistema de llenado de frascos en industrias (ver figura N°2), para lo cual la maqueta cuenta con 4 frascos q se irán llenando de acuerdo al nivel de líquido deseado.

El sensor brinda los datos y lo envía al microcontrolador usado en este caso arduino, que es el que procesa esta información y realiza el control difuso de la llave.



Figura N°2. Maqueta de llenado de líquidos

- ✓ Puente H L298N:

Este módulo basado en el chip L298N te permite controlar dos motores de corriente continua o un motor paso a paso bipolar de hasta 2 amperios.

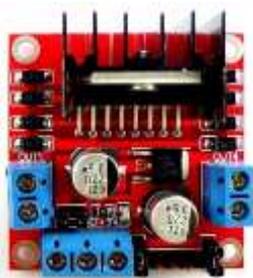


Figura N°3. Modulo Puente H L298N

- ✓ Arduino uno:

Es una plataforma de hardware libre, compuesta de una placa base con un microcontrolador y una interfaz de programación, lo cual facilita al usuario para desarrollar una gran variedad de proyectos en muchas disciplinas. La placa está constituida por un microcontrolador Atmel AVR, además en su versión uno, consta de 6 pines análogos y 14 pines digitales de los cuales 6 de estos

pines, pueden ser usados como salidas PWM para controlar algún tipo de servomotor.



Figura N°4. Arduino Uno

- ✓ Sensor de Ultrasonido:

La detección de la distancia se capta por el sensor de ultrasónico como se aprecia en la Fig. 5.3, este utiliza sonar para medir la distancia de los objetos, su capacidad es de 2 cm - 450 cm y cuenta a su vez con una precisión de 0.3 cm y un ángulo de detección menos de 15 degrees.

Este consta con una alimentación de 5 volts, interfaz sencilla de 4 hilos VCC, señal de disparo de 10 uS.



Figura N°5. Sensor ultrasónico

- ✓ Motor paso a paso:

El motor paso a paso conocido también como motor de pasos es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, lo que significa que es capaz de girar una cantidad de grados (paso o medio paso) dependiendo de sus entradas de control.



Figura N°6 Motor Paso a Paso

#### IV. DISEÑO DEL CONTROLADOR

Para implementar este controlador, se utilizó el toolbox de lógica difusa (Fuzzy Logic Toolbox) de MATLAB 6.0. Para ingresar a él se emplea el comando Fuzzy, el cual permite trabajar en la ventana FIS EDITOR, donde se puede seleccionar el número de entradas y salidas del controlador, así como también se permite rotular dichas variables, tal como se aprecia en la figura 7. Así mismo se realiza la etapa de fuzzificación de acuerdo a las variables de entrada como distancia y apertura y la variable de salida nivel.

Fuzzificación:

- Distancia del Sensor [0,7]:
- Pequeña [0,3]
- Media [2,5]
- Grande [4,7]
  
- Apertura de la llave [-90,90]:
- Cerrado [-90, 30]
- Media [-40,40]
- Abierto [30,90]
  
- Nivel de Liquido [0,7]:
- Bajo [0,3]
- Medio [2,5]
- Alto [4,7]

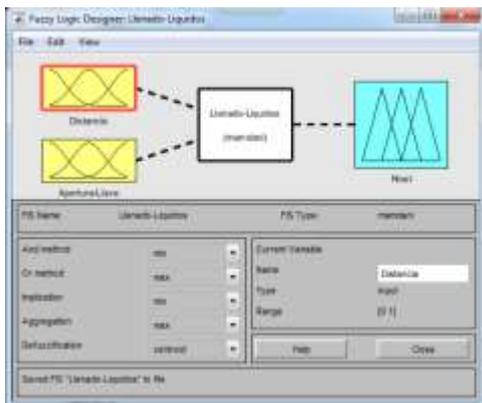


Figura N° 7

En esta aplicación se usa funciones de pertenencia trapezoidales y triangulares.

AÑADIENDO TERMINOS LINGUISTICOS (2 entradas y 1 salida):



Figura N° 8

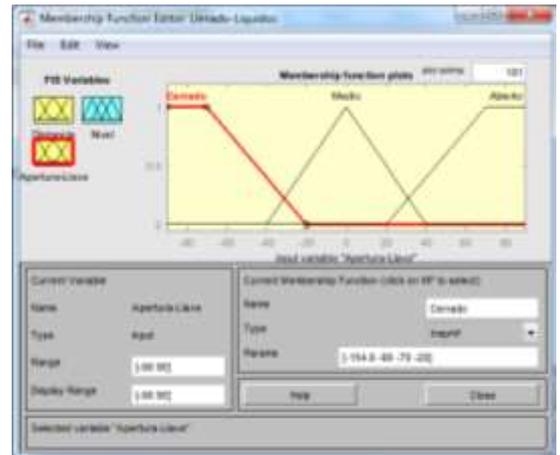


Figura N° 9

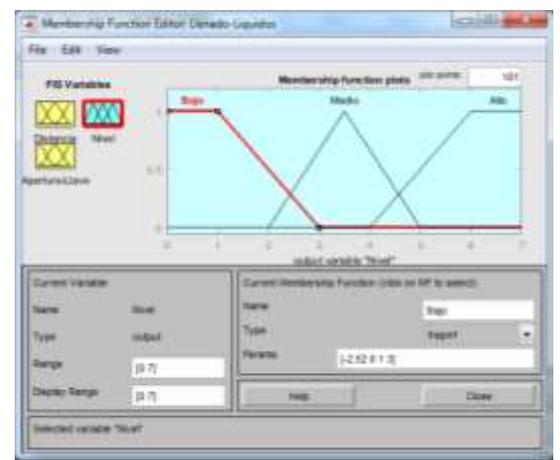


Figura N° 10

#### Reglas de Control Difuso:

En un sistema de lógica difusa, las reglas definen la salida para cualquier combinación de entradas. Cada entrada y salida tiene diferentes variables definidas por las funciones de pertenencia. En la figura observamos las 9 reglas que contiene este proyecto.

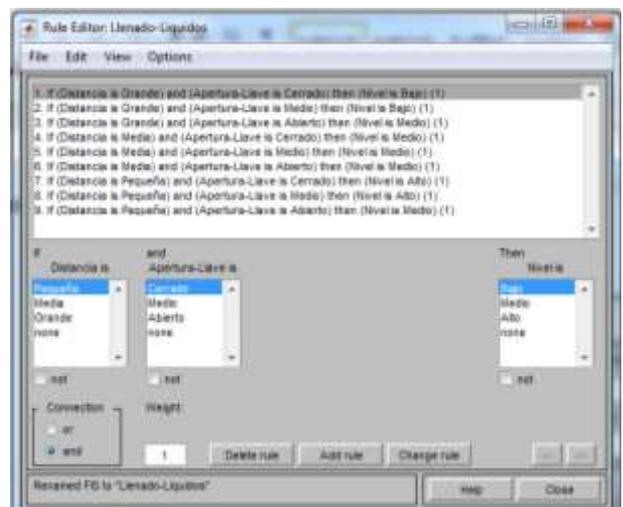


Figura N° 11

### 4.3 Defuzzificación:

La salida difusa es la unión de todas las reglas que son definidas. La defuzzificación es la conversión de la salida difusa a la salida nítida. Para el sistema actual, la defuzzificación se realiza usando el método del centroide.

### Programación del arduino:

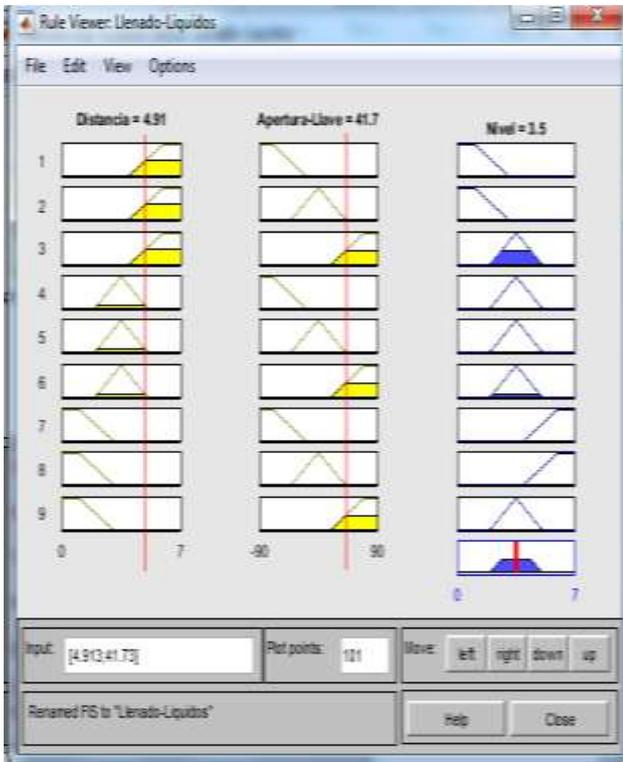


Figura N° 12

```

Control-Difuso Arduino 1.6.11
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

Control-Difuso §

//Sensor ultrasónico.
Ultrasonico ultrasonico(7,8);
Fuzzy* fuzzy = new Fuzzy(); //Iniciando objeto

//Creamos los conjuntos difusos.
FuzzySet* pequeño = new FuzzySet(0, 1, 1, 3); //Conjunto difuso Distancia pequeña
FuzzySet* medio = new FuzzySet(2, 3.5, 3.5, 5); //Conjunto difuso Distancia media
FuzzySet* grande = new FuzzySet(4, 6, 7, 9); //Conjunto difuso Distancia grande

FuzzySet* cerrado = new FuzzySet(-90, -90, -15, -20); // apertura de llave cerrada
FuzzySet* medio = new FuzzySet(-40, 0, 0, 40); // apertura de llave media
FuzzySet* abierto = new FuzzySet(20, 70, 90, 90); // apertura de llave abierta.
int dist;
int aper;
int salNiv;
int media;
int peque;

Librería inválida encontrada en C:\Users\CARLOS TELLO\Documents\Arduino\libraries\I2Cdev; C:\Users\C

```

Figura N° 13

### VISUALIZANDO SUPERFICIE DE CONTROL:

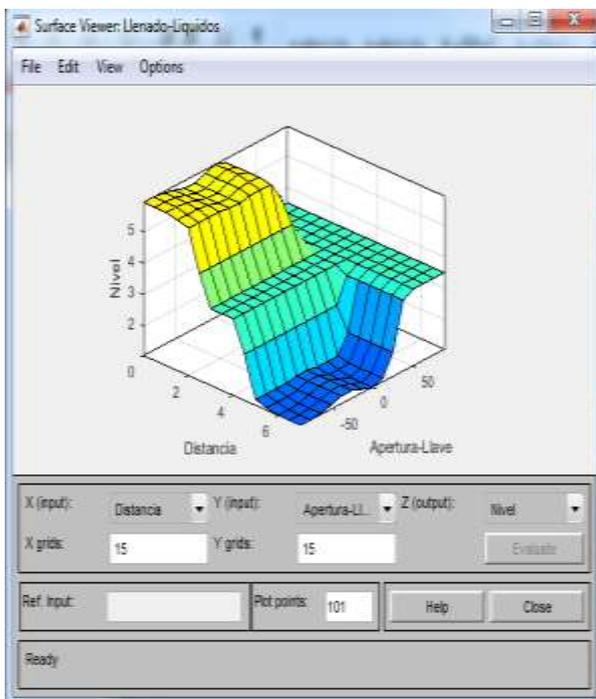


Figura N° 13

```

Control-Difuso Arduino 1.6.11
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

Control-Difuso §

//Crear composición de entrada difusa distancia
FuzzyInput* distancia = new FuzzyInput(1);
distancia->addFuzzySet(pequeño); //Agrega fuzzyset pequeño a distancia
distancia->addFuzzySet(medio); //Agrega fuzzyset medio a distancia
distancia->addFuzzySet(grande); //Agrega fuzzyset grande a distancia
fuzzy->addFuzzyInput(distancia); //Agrega entrada difusa al objeto difuso

//Crear composición de entrada difusa aper
FuzzyInput* vel = new FuzzyInput(2);
aper->addFuzzySet(cerrado); // Agregar fuzzyset cerrado
aper->addFuzzySet(medio); // Agregar fuzzyset medio
aper->addFuzzySet(abierto); // Agregar fuzzyset abierto

fuzzy->addFuzzyInput(aper); // Agrega entrada difusa al objeto difuso

//Crear composición de salida difusa nivel
FuzzyOutput* salNiv = new FuzzyOutput(1); //Crea salida difusa de nivel

Librería inválida encontrada en C:\Users\CARLOS TELLO\Documents\Arduino\libraries\

```

Figura N° 14

## V. RESULTADOS EXPERIMENTALES PRELIMINARES

El sistema de llenado que se realiza utilizando la técnica de lógica difusa es capaz de realizar el proceso, las pruebas preliminares se realizan utilizando la comunicación y los resultados obtenidos parecen ser eficaz. Sin embargo, a veces los sensores ultrasónicos tienen error al detectar los objetos de geometrías o materiales particulares.

## VI. CONCLUSIÓN

En este trabajo, la técnica de la lógica difusa empleado para el llenado autónomo de líquidos es una buena forma de realizar el control del proceso.

## VII. OBSERVACIONES

Se debe tener en cuenta la posición correcta del sensor de ultrasonido para así no tener errores en la medición.

Los recipientes a llenar deben ser cilindros perfectos, pues la geometría puede alterar la lectura de los sensores.

Se debe tener en cuenta las librerías de control difuso para arduino, ya que estas no se encuentran instaladas en dicha plataforma.

## VIII. REFERENCIAS

- [1] <https://es.mathworks.com/products/fuzzy-logic.html>
- [2] <https://www.arduino.cc/>
- [3] [http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1\\_185\\_184\\_133\\_1746.pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_185_184_133_1746.pdf)
- [4] <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6887/04Rpp04de11.pdf>

## BIOGRAFÍAS



**Jesús Miguel Encalada Quiroz** (Mayo 1994,28) nació en Piura, Perú el 28 de mayo de 1994. Graduado del colegio particular Bertolt Brecht sede Comas; actualmente está cursando su pregrado de ingeniería Mecatrónica en la Universidad Ricardo Palma.

Realizo un seguidor de línea y luz el 1er ciclo cursado, el 2do ciclo

de manera grupal se realizó un sistema automático carro-semáforo.

Ha participado en dos proyectos semestrales realizados en la URP donde se presentó de manera grupal una cama ortopédica y una mini central hidroeléctrica.



**Carlos Alfonso Tello Vargas** (Septiembre 19,1993) nació en Lima, Perú el 19 de Septiembre de 1993. Graduado de la IEE "San Juan de la Libertad" - Chachapoyas; actualmente está cursando su pregrado de ingeniería Mecatrónica en la Universidad Ricardo Palma.

Ha participado en proyectos semestrales realizados en la URP