



## SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROL DE CALIDAD EN LA DETECCIÓN, ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE TUBERCULOS SEGÚN SU TAMAÑO

Francisco Cruz (franciscocruz92@gmail.com), José Luis Cornejo (eng.j.cornejoaguilar@ieee.org)

Profesor: Ing. Ricardo J. Palomares Orihuela

**RESUMEN:** Este proyecto abarca un diseño en electromecánico, electro neumático y de inteligencia artificial con la finalidad de cubrir una necesidad de suma importancia en procesos de selección de tubérculos en el Perú.

Para el procesamiento de la data de la altura de tubérculos será necesario aplicar el método de lógica difusa.

**Keywords:** Electromecanico, electroneumatico, tuberculos

### 1. INTRODUCCION

Una necesidad identificada en el sector agro industrial es la de la selección automatizada de productos agrícolas de manera eficiente y con tiempos cortos, para lo cual la tecnología sugerida en esta investigación tendrá un gran impacto en el mercado.

### 2. OBJETIVO

El objetivo de éste trabajo es el diseño, análisis y simulación de un proceso industrial automatizado. Así, se ha escogido un proceso bastante sencillo y aplicable a muchos tipos de productos: “sistema automatizado de control de calidad en la detección, análisis y selección de tubérculos según su tamaño”

### 3. FUNCIONAMIENTO

Se detecta el tamaño del tubérculo a través de un sensor de ultrasonido, el proceso es automatizado a través de un control adaptado de Lógica Difusa realizado a través de Labview donde se procesará que tipo de tubérculo es. Luego el tubérculo pasara a través de una faja transportadora donde se accionarán pistones neumáticos debido al sensado de posicionamiento del tubérculo por un sensor infrarrojo, y posteriormente el pistón empujará el tubérculo hacia un envase seleccionador.

### 4. DISEÑO

**Entorno electrónico-mecánico:** En la Figura 1 se muestra el sistema electromecánico para ser aplicado en procesos de selección de tubérculos en el Perú.



Figura 1. Sistema electrónico neumático.

**Entorno de programación de funcionamiento de parte mecánica:** A continuación, se muestra el código desarrolla en Lenguaje C para el control del funcionamiento del sistema mecánico.

```
/*  
Sensor de proximidad y al ser inferior a 10cm  
envía un pulso de alarma por el pin 13
```

```
HC-SR04 conexiones:  
VCC al arduino 5v  
GND al arduino GND  
Echo al Arduino pin 22  
Trig al Arduino pin 23
```

```
Conexion para LCD:  
* LCD RS pin to digital pin 53  
* LCD Enable pin to digital pin 52  
* LCD D4 pin to digital pin 51  
* LCD D5 pin to digital pin 50  
* LCD D6 pin to digital pin 49  
* LCD D7 pin to digital pin 48  
*/
```

```
#include <LiquidCrystal.h>  
LiquidCrystal lcd(53, 52, 51, 50, 49, 48);  
#include <AFMotor.h>  
AF_DCMotor motor(4);
```

```
//SENSORES:
int Pecho=47; //Ultrasónico
int Ptrig=46; //Ultrasónico
int Paso1=A0; //Sensor de paso para el ultrasonico
int Paso2=A1; //Sensor de paso grande
int Paso3=A2; //Sensor de paso mediano
int Paso4=A3; //Sensor de paso chico
```

```
//ACTUADORES:
int Buzz=45;
int Cil1=44; //Cilindro grande
int Cil2=43; //Cilindro mediano
int Cil3=42; //Cilindro pequeño
```

```
//VARIABLES:
long duracion;
long distancia;
#define trigPin 7
#define echoPin 6
```

```
void setup() {
//ULTRASONIDO
Serial.begin (9600);
pinMode(trigPin, OUTPUT);
pinMode(echoPin, INPUT);
```

```
//DEFINICIÓN DE PINES
pinMode(Pecho,INPUT);
pinMode(Ptrig,OUTPUT);
pinMode(Buzz,OUTPUT);
pinMode(Cil1,OUTPUT);
pinMode(Cil2,OUTPUT);
pinMode(Cil3,OUTPUT);
```

```
//PRENDIENDO MOTOR #4
motor.setSpeed(255);
motor.run(RELEASE);
```

```
//BIENVENIDA:
lcd.begin(16,2);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("SISTEMA SELECTOR");
lcd.setCursor(3,1);
lcd.print("DE OBJETOS");
digitalWrite(Cil1,HIGH);
digitalWrite(Cil2,HIGH);
digitalWrite(Cil3,HIGH);
delay(1000);
digitalWrite(Cil1,LOW);
digitalWrite(Cil2,LOW);
digitalWrite(Cil3,LOW);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX");
delay(300);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("-----");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("-----");
delay(300);
lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX");
delay(350);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("ESTADO:");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("ALTURA:-----");
}
```

El entorno de programación de parte electrónica, se realiza en el software del Arduino, tal como se muestra en la Figura 2.

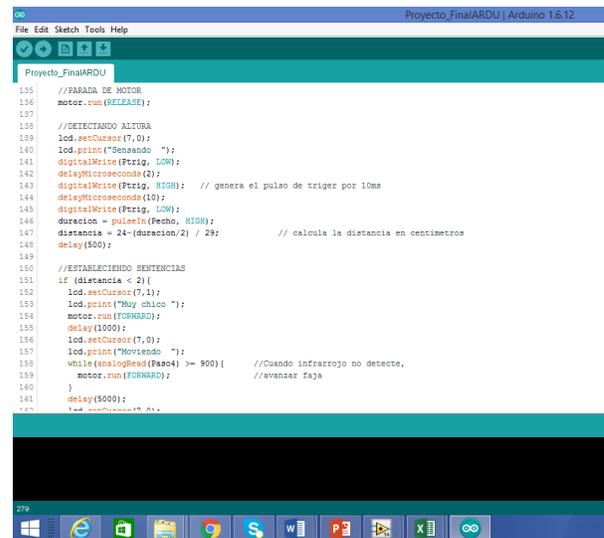


Figura 2. Sistema electrónico neumático.

Entorno de adquisición de la señal, codificación, se muestra en la Figura 3.

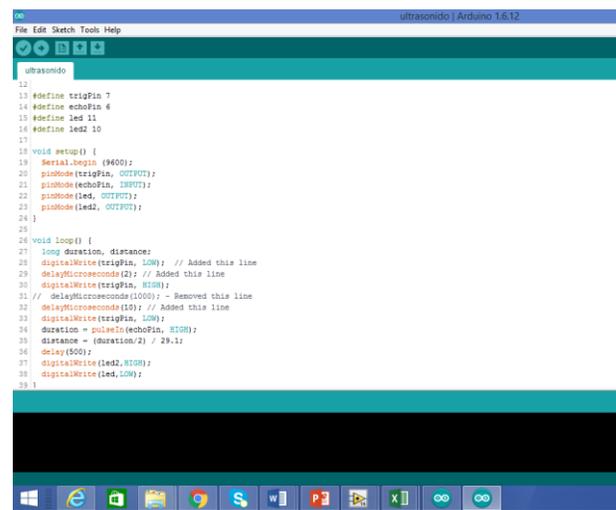


Figura 3. Adquisición de señal.

## PROGRAMACION DE LOS COMANDOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL:

Se realizó un entorno grafico utilizando el software LabView, para obtener una venta de supervisión y control para el Sistema automatizado de control de calidad en la detección, análisis y selección de tubérculos según su tamaño, tal como se muestra en la Figura 4.

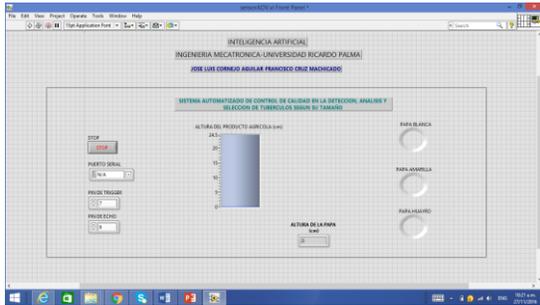


Figura 4. Entorno grafico en Labview.

A continuación, se muestra el entorno de Procesamiento y almacenamiento de datos, nuevamente utilizando un código en lenguaje de programación orientado a objetos en entorno grafico del software Labview, tal como se muestra en la Figura 5.

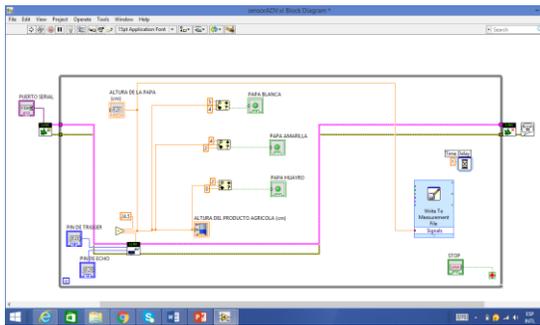


Figura 5. Entorno de programación del sistema

Utilizando el Labview se adiciona un bloque para el control difuso, en el cual se realiza el diseño de controlador difuso, tal como se muestra en el Figura 6.

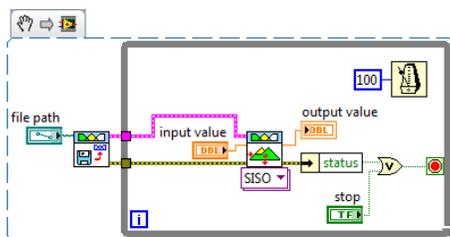


Figura 6. Entorno de programación difuso

La programación del controlador difuso incluye la configuración de las funciones de membresías con sus respectivos rangos, lo cual se muestra en la Figura 7.

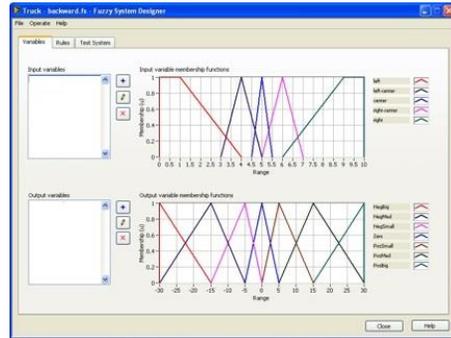


Figura 7. Funciones de pertenencia y rangos.

El sistema permite realizar el Almacenamiento de datos en tiempo real utilizando un archivo Excel, tal como se muestra en la Figura 8.

Group	Channels	Description	Author	Date/Time	Description
1	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
2	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
3	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
4	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
5	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
6	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
7	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
8	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
9	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
10	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
11	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
12	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
13	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
14	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
15	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
16	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
17	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
18	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
19	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
20	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
21	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
22	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
23	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
24	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
25	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
26	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
27	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
28	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
29	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
30	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
31	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
32	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
33	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
34	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
35	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
36	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
37	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
38	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
39	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
40	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
41	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
42	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
43	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
44	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
45	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
46	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
47	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
48	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
49	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
50	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
51	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
52	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
53	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
54	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
55	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
56	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
57	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
58	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
59	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
60	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
61	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
62	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
63	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
64	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
65	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
66	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
67	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
68	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
69	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
70	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
71	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
72	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
73	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
74	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
75	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
76	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
77	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
78	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
79	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
80	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
81	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
82	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
83	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
84	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
85	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
86	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
87	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
88	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
89	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
90	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
91	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
92	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
93	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
94	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
95	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
96	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
97	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
98	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
99	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited
100	Unlimited	Unlimited	Unlimited	20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	Unlimited

Figura 8. Archivo de almacenamiento de data

Los Datos almacenados son almacenados en tiempo real tal como se muestra en la figura 9.

Date/Time	Value	Description
20/11/2016 09:24:58.622 a.m.	394	-0.57937301
20/11/2016 09:24:59.622 a.m.	395	14.529503
20/11/2016 09:25:00.620 a.m.	396	17.4730115
20/11/2016 09:25:01.620 a.m.	397	10.19080549
20/11/2016 09:25:02.620 a.m.	398	6.688818493
20/11/2016 09:25:03.631 a.m.	399	167.6447486
20/11/2016 09:25:04.624 a.m.	400	5.579629992
20/11/2016 09:25:05.623 a.m.	401	4.354831992
20/11/2016 09:25:06.622 a.m.	402	5.103469992
20/11/2016 09:25:07.621 a.m.	403	4.235730492
20/11/2016 09:25:08.633 a.m.	404	-167.2704296
20/11/2016 09:25:09.633 a.m.	405	-207.9520991
20/11/2016 09:25:10.620 a.m.	406	2.721439991
20/11/2016 09:25:11.623 a.m.	407	2.449207991
20/11/2016 09:25:12.631 a.m.	408	-167.2504151
20/11/2016 09:25:13.631 a.m.	409	-168.1211546
20/11/2016 09:25:14.621 a.m.	410	2.159961491
20/11/2016 09:25:15.622 a.m.	411	2.517269991
20/11/2016 09:25:16.633 a.m.	412	-168.5134881
20/11/2016 09:25:17.624 a.m.	413	5.172527992
20/11/2016 09:25:18.624 a.m.	414	-14.19097302
20/11/2016 09:25:19.619 a.m.	415	-3304.199767
20/11/2016 09:25:20.623 a.m.	416	-3332.784127

Figura 9. Entorno de almacenamiento de data

Asimismo, se desarrolló en el software Automation Studio un Entorno de simulación de funcionamiento del sistema electro neumático, tal como se muestra en la Figura 10.

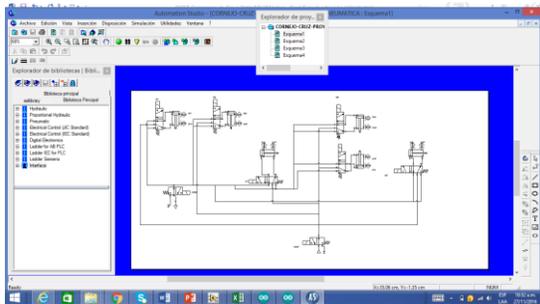


Figura 10. Entorno de simulación en Automation Studio.

Finalmente, se programó en el software Automation Studio el control del sistema electro neumático, tal como se muestra en la Figura 11.

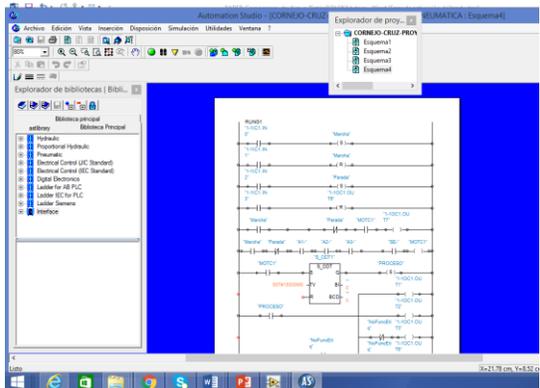


Figura 11. Programación del sistema electro neumático

## 5. CONCLUSIONES

Es de vital importancia para la detección y selección de tubérculos según su tamaño, que se utilice el método de lógica difusa para el almacenamiento en tiempo real y procesamiento de la data y pueda dotar al sistema de precisión eficaz y disminución de tiempos en la ejecución de los procesos.

Podemos concluir que nos queda la satisfacción de haber realizado una investigación en temas que son de suma importancia para el aprendizaje de los estudiantes de automatización de la Universidad Ricardo Palma, puesto que es importante enlazar la teoría con la práctica.

El uso del software Labview facilita el diseño de un controlador difuso dado que es un software orientado a objetos.

Gracias a este proyecto, quienes lo utilicen tendrán una pauta para ingresar al mundo industrial al momento de iniciarse al medio laboral, tendrán bases sólidas y conocimientos de los distintos sistemas de control, aplicación de un sistema electro neumático en la industria con temporizadores, reconocimiento y puesta en marcha de los equipos electro neumáticos, activación manual de electroválvulas y cilindros neumáticos, control frecuencias de cilindros neumáticos de simple y doble efecto, etc.

Este proyecto se realizó a manera de investigación teórica y en base a un prototipo, con la finalidad de una futura implementación como parte de nuestro proyecto de tesis para optar el grado de Ingeniero Mecatrónico.

## 6. RECOMENDACIONES

Se recomienda a los estudiantes que usen este proyecto para realizar nuevas prácticas o que en un futuro implementen nuevos equipos para obtener nuevas experiencias en la ingeniería. Se les invita a explorar nuevas aplicaciones del uso de la lógica difusa y como realizar el manejo de datos y procesamiento con mayor exactitud.

## 7. BIOGRAFIAS

### Francisco Cruz Machicado:

Nació en Lima, Perú el 21 de enero de 1992. Estudio en el colegio Salesiano de Breña, Actualmente cursa el último ciclo de Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Ricardo Palma.



Durante los años académicos de la universidad, participó en diversos concursos de proyectos semestrales, destacando entre los primeros puestos en varias ocasiones.

Adicionalmente llevo cursos intensivos de controladores Arduino, Raspeberry, y PLC, su gran afición es el diseño 3D por lo que planea certificarse como especialista en Autodesk Inventor. A su egreso de la carrera desea estudiar una maestría de biomedicina en Montreal Canadá.

### **José Luis Cornejo Aguilar:**

Estudiante de decimo ciclo de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Ricardo Palma. Cuenta con habilidades de ser una persona líder con gran dominio en el trabajo en equipo, proactiva, honesta, responsable perseverante, y digna de confianza.



Miembro activo de IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (IEEE EMBS) y de Robotics and Automation Society (IEEE RAS). Miembro de Society of Robotic Surgery. Con conocimientos amplios en robótica avanzada, sensores, actuadores, procesamiento avanzado de señales y control de procesos industriales, así como también conocimientos en el área médica.

Desarrollo de proyectos en el área de Ingeniería Médica, Robótica y Control Automático, Automatización y Sistemas de control. Se ha desempeñado como profesor colaborador en cursos relacionados con el área de electrónica. Posee un gran interés en el área de Ingeniería Biomédica.