

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de: INGENIEROS
ELECTRÓNICOS**

**TEMA:
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA EN UN
BIORREACTOR PARA LA INCUBACIÓN DE PLAGUICIDAS EN LA EMPRESA
PALMAR DEL RIO, NEGCORPBIS S.A.**

**AUTORES:
SANTIAGO XAVIER BARRAGÁN DELGADO
JOSÉ LUIS TORRES ANDRADE**

**TUTORA:
LUISA FERNANDA SOTOMAYOR REINOSO**

Quito, mayo del 2016

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Santiago Xavier Barragán Delgado con documento de identificación N° 1725358756, José Luis Torres Andrade con documento de identificación N° 0302605977, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de grado: Diseño e implementación de un sistema Scada en un biorreactor para la incubación de plaguicidas en la empresa palmar del rio, Negcorpbis S.A, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Electrónicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, mayo del 2015



Santiago Xavier Barragán Delgado
CC: 1725358756

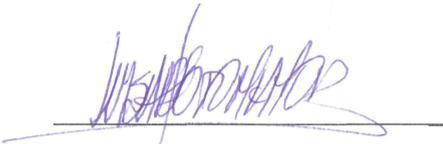


José Luis Torres Andrade
CC: 0302605977

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DE LA DOCENTE TUTORA

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de grado: Diseño e implementación de un sistema Scada en un biorreactor para la incubación de plaguicidas en la empresa palmar del rio, Negcorpbis S.A, realizado por Santiago Xavier Barragán Delgado y José Luis Torres Andrade, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, mayo del 2015



Ing. Luisa Fernanda Sotomayor Reinoso

CC: 1710953967

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación primero a Jehová por todas las bendiciones recibidas a lo largo de mi vida, a mi padre Diego que a pesar de la distancia física nunca me ha dejado desmayar en mis objetivos y mi madre María que es parte fundamental en mi vida a mis padres les dedico este esfuerzo por el apoyo incondicional, el sacrificio y los consejos que me han brindado día a día, a mi hermana Gaby con quien sé que siempre contare en todo momento, a mi abuelita Elvira mi segunda madre que desde el cielo me está protegiendo y por la cual mucho de lo que soy actualmente se lo debo a ella.

Santiago Xavier Barragán Delgado

Primeramente quiero dedicar este trabajo a mi madre Matty que ha sido fuente de inspiración y sacrificio en este proceso de aprendizaje, a mi hermano Fernando por todos sus consejos y enseñanzas que me ha sabido transmitir. A ti Amanda por apoyarme siempre en los momentos más difíciles y creer siempre en mí por lo cual soy lo que soy. A mis amigos que estuvieron todo este tiempo apoyándome y motivándome. “Es mejor quemarse, que disolverse lentamente”.

José Luis Torres Andrade

AGRADECIMIENTO

A los ingenieros/as que durante todos los años de estudio no únicamente nos enseñaron la teoría para un profesional sino también inculcaron valores para ser una mejor persona.

A nuestra tutora la Ingeniera Luis Fernanda Sotomayor Reinoso que a lo largo de este proceso ha sabido guiarnos y brindarnos su confianza durante el desarrollo de este proyecto.

A la empresa Palmar del Río NEGCORPBIS S.A. y al Ingeniero Agrónomo René Asipuela por brindar las facilidades para el desarrollo in situ del proyecto.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1.....	2
ANTECEDENTES	2
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1. Objetivo General	3
1.3.2. Objetivos Específicos	3
1.4 Beneficiarios	3
1.5 Metodología	4
CAPÍTULO 2	5
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
2.1 Palma Africana.....	5
2.2 Plaguicidas utilizados para el cultivo de palma	6
2.2.1 Definición	6
2.2.2 Plaguicidas utilizados en el cultivo.....	6
2.3 Biorreactor.....	6
2.3.1 Clases de biorreactores	8
2.3.2 Biorreactor de circulación.....	10
2.4 Instrumentación industrial del biorreactor	11
2.4.1 Sensor de pH.....	12
2.4.2 Sensor de Oxígeno Disuelto	13
2.4.3 Sensor de Temperatura	14
2.5 Sistema SCADA.....	15
2.5.1 Definición	15
2.5.2 Funciones principales	15
2.5.3 Componentes de un Sistema SCADA	15
2.5.3.1 Hardware	16
2.5.3.2 Software	18

CAPÍTULO 3	19
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	19
3.1 Requerimientos del Sistema.....	19
3.2 Diseño de la Arquitectura General del Sistema	20
3.3 Diseño de Hardware	20
3.3.1 Selección del Biorreactor.....	21
3.3.2 Selección de sensores del Biorreactor	21
3.3.2.1 Sensor de pH SEN0161.....	22
3.3.2.2 Sensor de Oxígeno Disuelto Atlas Scientific	23
3.3.2.3 Sensor de Temperatura RTD PT100	24
3.3.2.4 Diseño fuente de Alimentación de Transmisores.....	24
3.3.3 Selección del PLC.....	25
3.3.3.1 PLC Industruino IND. I/O.....	26
3.3.4 Conexiones de los Sensores al PLC Industruino	27
3.3.5 Selección de actuadores del Biorreactor	29
3.3.5.1 Etapa de Potencia	31
Dimensionamiento del conductor eléctrico.....	32
Dimensionamiento para contactores y guardamotores	32
3.3.5.2 Etapa de Control.....	33
3.4 Diseño de Software	33
3.4.1 Diagrama del Proceso	34
3.4.2 Lazos de control.....	35
3.4.3 Programación del PLC.....	36
3.4.3.1 Diagrama de Flujo.....	37
3.4.4 Diseño SCADA.....	39
3.4.4.1 Ventana de Acceso.....	40
3.4.4.2 Ventana del Proceso.....	41
3.4.4.3 Ventana Históricos	43
3.4.4.4 Diseño Base de Datos.....	44
3.4.4.5 Análisis de los Datos.....	46
3.4.4.6 Protocolos.....	47
3.5 Implementación del sistema SCADA	48

CAPÍTULO 4	53
PRUEBAS Y RESULTADOS.....	53
4.1 Pruebas del interfaz HMI	53
4.2 Pruebas base de datos.....	55
4.3 Eventos y alarmas del SCADA.....	58
4.4 Productividad del sistema SCADA para el biorreactor.....	60
CONCLUSIONES	63
RECOMENDACIONES.....	64
ANEXOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de los tipos de biorreactores.....	9
Tabla 2. Características de los dispositivos MTU.	16
Tabla 3. Características de los dispositivos RTU.	17
Tabla 4. Características de las redes y protocolos de comunicación.	17
Tabla 5. Características del PLC Industriino.	26
Tabla 6. Especificaciones eléctricas de cada actuador del biorreactor.	31
Tabla 7. Corrientes de trabajo obtenidas para cada actuador.	31
Tabla 8. Características de la ventana de acceso.	40
Tabla 9. Características de la ventana de proceso.	42
Tabla 10. Características de la ventana de históricos.	43
Tabla 11. Parámetros del protocolo Modbus.	47
Tabla 12. Parámetros del protocolo Ethernet.....	48
Tabla 13. Base de datos del sistema SCADA.....	55
Tabla 14. Análisis general de las variables del sistema.....	58
Tabla 15. Formato de control de plagas y la incidencia del SCADA en el desarrollo de plaguicida	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta y fruto de palma africana.....	5
Figura 2. Biorreactor para producción a escala industrial construido en acero inoxidable...7	
Figura 3. Biorreactor para producción a escala industrial construido en acero inoxidable...8	
Figura 4. Biorreactor de recirculación externa.	10
Figura 5. Instrumentación del Biorreactor.....	12
Figura 6. Esquema de los dos electrodos usados para medir pH.....	13
Figura 7. Esquema de un electrodo de oxígeno disuelto (O.D.).....	14
Figura 8. Relación entre el valor de resistencia y temperatura.....	14
Figura 9. Interfaz HMI de un sistema SCADA.	18
Figura 10. Diagrama general del sistema SCADA del proyecto.	20
Figura 11. Tanque de Acero Inoxidable.	21
Figura 12. Sensor de pH SEN0161.....	22
Figura 13. Transmisor del sensor de pH SEN0161.	22
Figura 14. Sonda y transmisor del sensor de DO.	23
Figura 15. PT100 industriales.....	24
Figura 16. Fuente de alimentación 5V.....	25
Figura 17. PLC Industruino y tarjeta de red Ethernet.....	26
Figura 18. Diagrama de conexión del sensor PT100 con el PLC Industruino.....	27
Figura 19. Diagrama de conexión del transmisor de pH con el PLC Industruino.....	28
Figura 20. Diagrama de conexión del transmisor de Oxígeno Disuelto con el PLC Industruino.....	28
Figura 21. Bomba eléctrica PEDROLLO.....	29
Figura 22. Compresor de Aire PTK.....	29
Figura 23. Resistencia Calefactora de Agua de 3500W.	30
Figura 24. Unidad condensadora HERMITEQUE de 0.5 HP.	30
Figura 25. Diagrama de fuerza para un solo actuador.....	33
Figura 26. Diagrama del proceso del Sistema.	34
Figura 27. Lazo de Control de Temperatura.....	35
Figura 28. Lazo de Control de pH.	36
Figura 29. Lazo de Control de Oxígeno Disuelto.....	36

Figura 30. Diagrama de Flujo Temperatura.....	37
Figura 31. Diagrama de Flujo pH.	38
Figura 32. Diagrama de Flujo Oxígeno Disuelto.....	39
Figura 33. Ventana de acceso del sistema SCADA.....	40
Figura 34. Diagrama de Flujo de la ventana de Acceso	41
Figura 35. Interfaz HMI del sistema SCADA.	41
Figura 36. Diagrama de Flujo de la Ventana de Proceso.....	42
Figura 37. Históricos del sistema SCADA.	43
Figura 38. Diagrama de Flujo de la Ventana de Acceso	44
Figura 39. Inicialización Base de Datos.	45
Figura 40. Registro de las variables dentro la base de datos.	46
Figura 41. Diagrama de Flujo de correo electrónico.	46
Figura 42. Diagrama de flujo de Twitter.	47
Figura 43. Implementación del sistema SCADA.....	49
Figura 44. Acoples de las electroválvulas y sensor PT100.....	49
Figura 45. Bomba de recirculación del plaguicida y el dispersor tipo goteo.....	50
Figura 46. Difusor de oxígeno a través del compresor de aire.	50
Figura 47. Detalle de los instrumentos que conforman el hardware del sistema.....	51
Figura 48. Detalle de los elementos del tablero de control.....	52
Figura 49. Histórico sensor de temperatura.	53
Figura 50. Histórico sensor de pH.	54
Figura 51. Histórico sensor de oxígeno disuelto.....	55
Figura 52. Tendencia de las variables primer día.	56
Figura 53. Tendencia de las variables segundo día.	57
Figura 54. Tendencia de las variables tercer día.....	57
Figura 55. Notificaciones enviadas mediante tweets enviados del biorreactor.	59
Figura 56. Reporte diario enviado al correo electrónico del usuario.....	59
Figura 56. Incidencia del plaguicida antes y despues.....	60
Figura 57. Plaga en la palma africana. Palmar del Rio 2016.....	61
Figura 58. Muerte de la plaga "Paicelomuces"	61

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Hojas técnicas del PLC, sensores y actuadores.....	68
Anexo 2. Programación del PLC, LabVIEW y Raspberry Pi.....	86
Anexo 3. Diagrama de instrumentation P&ID.....	95
Anexo 4. Diagrama unifilar de mando y fuerza Actuadores.	96
Anexo 5. Entrevista realizada a Ing. Rene Asipuela.....	97
Anexo 6. Análisis diario de las variables del sistema.	99

RESUMEN

Del fruto de la palma africana se extrae materia prima para la elaboración de aceite comestible, jabones, manteca y biocombustible. Esta planta se ve afectada por enfermedades que limitan su crecimiento y producción. Los insecticidas que se han utilizado históricamente ya no son efectivos para el control de plagas, incentivando el desarrollo de nuevos plaguicidas.

El presente proyecto desarrolla un sistema SCADA cuyo objetivo general es el control de un biorreactor desde una estación remota (RTU) y el monitoreo desde una estación maestra (MTU) la cual permite visualizar mediante una interfaz HMI, el estado de las variables de temperatura, oxígeno disuelto y pH usando sensores colocados en el biorreactor.

La interfaz HMI se realizó en el software LabVIEW, incluye símbolos y diagramas mímicos del tanque del biorreactor, generación de alarmas, y generación de archivos históricos. La base de datos se realiza en el software MySQL.

La metodología planteada contempla el proceso de caracterización del biorreactor, selección de sensores y actuadores, pruebas de laboratorio y de campo teniendo en cuenta las variables físicas y químicas que intervienen en la fermentación de plaguicidas.

Las metas alcanzadas se basan en la determinación del sistema de control y la implementación correcta del sistema SCADA.

Finalmente el proyecto ha sido desarrollado e implementado en la empresa Palmar del Rio NEGCORPBIS S.A. ubicada en la provincia de Orellana cantón Francisco de Orellana como un plan que busca crear sus propios plaguicidas biológicos evitando costos de compra y también daño ambiental por plaguicidas químicos.

ABSTRACT

This project is a SCADA system whose aim is the control and monitoring from a master station that allows viewing through a man - machine interface (HMI) created using the LabVIEW software, the status of the variables of temperature, level, oxygen and pH by using sensors placed in the bioreactor.

The HMI interface is made in LabVIEW software includes the same symbols and mimic diagrams tank bioreactor, alarm generation, database and historical generation.

The proposed methodology includes the characterization of the bioreactor process, laboratory tests and field trials taking into account the physical and chemical variables involved in fermentation of pesticides.

The goals achieved are based on the selection of sensors and actuators, the determination of the control system and the correct implementation of the SCADA system.

Finally the project has been developed and implemented in the company Palmar del Rio SA NEGCORPBIS located in the province of Orellana canton The Coca as a pilot project as the company seeks to create its own biological pesticides avoiding purchase costs and environmental damage from chemical pesticides.

INTRODUCCIÓN

Este proyecto técnico enfocado a realizar un sistema SCADA para un biorreactor de 1500 litros con recirculación, cada capítulo se dividió de la siguiente manera.

En el capítulo 1 se describe de los antecedentes y las razones para el desarrollo de este proyecto además de los objetivos que se quiere alcanzar, además se señala los beneficiarios y la metodología a usar.

En el capítulo 2 de fundamentación teórica se realiza un análisis de la palma africana, su producción y enfermedades que pueden afectarla; también se describe al biorreactor, sus características, ventajas, desventajas y los diferentes tipos de sensores y actuadores que se van a utilizar. Además de la caracterización del sistema SCADA a implementarse.

En el capítulo 3 se diseña la arquitectura general del sistema SCADA con sus requerimientos, además del diseño eléctrico y electrónico con el controlador Industuino, se calculó las protecciones y los lazos de control para el biorreactor utilizando diagramas de flujo y se realiza la implementación de lo diseñado.

En el capítulo 4 de pruebas y resultados se realizan las pruebas del HMI, de la base de datos y del sistema SCADA

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 Planteamiento del problema

La palma africana es una planta perteneciente a la familia Arecaceae originaria en África Occidental actualmente se encuentra distribuida en zonas tropicales de América y Asia; de su fruto se extrae aceite el cual se lo utiliza como biocombustible siendo considerado el primer aceite consumido en el mundo. Según datos del SINAGAP en el 2013 la producción de palma africana ha tenido un crecimiento del 141% ha comparación del año 2002. Otro aspecto muy importante a tomar en cuenta es que al tratarse de una extractora de aceite el precio promedio del mismo es de 803.57 USD/tonelada. (SINAGAP, 2013).

En un análisis enfocado a la empresa Palmar del Rio, NEGCORPBIS S.A. que se encuentra ubicada en la provincia de Orellana, cantón El Coca, la palma africana que se cultiva para la producción de biocombustible, se ve afectada por enfermedades las cuales provocan marchites y estrangulación por plantas parasitas. Y por ende se pierde hectáreas de producción, que a la larga afecta al personal de trabajo causando despidos por tiempos de espera sin producción. Además los insecticidas que se ocupan ya no tienen la misma efectividad para el control de plagas esto debido a que son inmunes a los insecticidas existentes.

En la empresa no se cuenta con una herramienta eficaz capaz de producir plaguicidas, ya que tiene un laboratorio donde se realizan las investigaciones de forma obsoleta y por lo tanto no es competitiva con otras empresas.

1.2 Justificación

El cultivo de Palma africana se ha desarrollado de tal forma que se aprovecha ya sea en alimento o como biocombustible lo que hace que su producción sea de interés para el país. Su cultivo se la encuentra principalmente en las provincias Sucumbíos y Orellana.

La empresa Palmar del Rio NEGCORPBIS S.A., cuenta con un laboratorio en donde se desarrollan plaguicidas y se investiga su incidencia en la naturaleza, pero el sistema es obsoleto por lo que en la actualidad no es competitivo teniendo pérdidas económicas. En

éste contexto, el proyecto aportará con la parte electrónica para la incubación de plaguicidas considerando las variables físicas y químicas que intervienen en el proceso, implementando un sistema de supervisión, control y adquisición de datos SCADA para el biorreactor.

Se pretende automatizar el sistema con un controlador lógico programable y un módulo de red para su monitoreo total y global, además el uso de un HMI para su fácil manejo.

El proceso permitirá disminuir los tiempos de incubación de plaguicidas lo que contribuirá a la reducción de costos de la empresa.

1.3 Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema SCADA en un biorreactor para la incubación de plaguicidas en la empresa NEGCORPBIS S.A., ubicado en el Cantón el Coca, Provincia de Orellana.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar el funcionamiento de un biorreactor para la incubación de plaguicidas.
- Diseñar e implementar el hardware para el control del biorreactor.
- Diseñar e implementar el programa para el control del proceso, así como para la supervisión y generación de una base de datos.
- Analizar la productividad con el sistema implementado.

1.4 Beneficiarios

Como principales beneficiarios directos se tiene a la empresa Palmar del Rio NEGCORPBIS S.A. ubicada en la provincia de Orellana, cantón EL COCA y al Ingeniero René Asipuela el mismo que actualmente está realizando su tesis de doctorado para crear un plaguicida totalmente biológico evitando así posibles daños ambientales y de salud que provocan los plaguicidas químicos por lo que se tiene como beneficiarios indirectos a los

trabajadores que fumigan las plantaciones de palma africana, entre otros principales beneficiarios indirectos se encuentran los consumidores finales de palma africana.

1.5 Metodología

La metodología utilizada en el presente proyecto final contempla varias etapas de vital importancia para el correcto desarrollo; la caracterización del biorreactor y la instrumentación del mismo son pasos previos a la respectiva programación del controlador y del sistema SCADA en general; a su vez se realizara las respectivas pruebas de laboratorio, para luego implementarlo en el biorreactor verificando su correcto funcionamiento mediante la realización de pruebas de campo. Una vez obtenido los resultados esperados se procederá a recopilar y resumir de manera concisa toda la información del proyecto en forma escrita.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

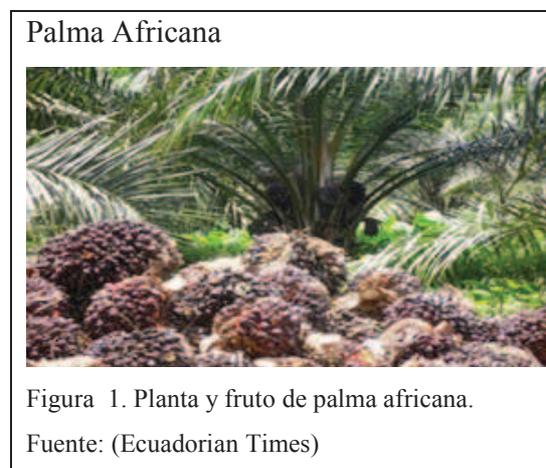
2.1 Palma Africana

Elaeis guineensis más conocida como palma africana es originaria del Golfo de Guinea. Es una planta que alcanza más de 100 años de vida, pero bajo cultivo solo se le permite llegar hasta los 25 años, que es cuando alcanza los 12 m de altura. “La planta muy frecuentemente sufre graves enfermedades que la marchitan, o invasiones de plantas parásitas, especialmente enredaderas que logran estrangularla hasta matarla.”(El diario, 2011).

“En su interior guardan una única semilla, la almendra o palmiste, que proveen aceite con generosidad, la palma africana es la planta que produce mayor cantidad de aceite por hectárea de cultivo.” (El diario, 2011).

“La producción mundial de aceite de palma se calcula en más de 3.000 millones de toneladas métricas actualmente existen plantaciones con alta tecnificación en Colombia, Ecuador, Perú, Brasil, Costa Rica, Venezuela y México.”(El diario, 2011).

Del aceite que es extraído, refinado y después fraccionado, se obtiene margarina, manteca, aceite comestible, jabones y otros productos de uso frecuente en el hogar, y ahora también el biodiesel, un biocombustible sintético líquido que se obtiene a partir de lípidos naturales como aceites vegetales o grasas animales, nuevos o usados, y que se aplica en la preparación de sustitutos totales o parciales de petrodiesel o gasóleo obtenido del petróleo.(Aceites de Palma, 2012). Figura 1



2.2 Plaguicidas utilizados para el cultivo de palma

2.2.1 Definición

Según la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura también conocida por sus siglas como FAO establece que:

Un plaguicida es cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo los vectores de enfermedades humanas o de los animales, las especies no deseadas, las de plantas o animales que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, alimentación.(Acción Ecológica FAO, 2012).

2.2.2 Plaguicidas utilizados en el cultivo

Actualmente existen muchos plaguicidas comercializados en Ecuador entre los principales se encuentran los siguientes:

- Rattaquill S.B
- Piralfox
- Carbodan
- Galgaron

Dichos plaguicidas son los más comunes al momento de enfrentar las plagas o distintas enfermedades que tiene la planta esto a su vez involucra un grave daño ambiental por los químicos utilizados se habla que un 74% del plaguicida químico contamina el ambiente (EL DIARIO, 2013).

2.3 Biorreactor

Un biorreactor es un recipiente donde se almacena o se cultiva un producto, debido a su medio ambiente controlado. El biorreactor tiene como finalidad llevar a cabo el proceso de fermentación.

El proceso de fermentación se puede describir mediante dos conceptos; el concepto “bioquímico” que describe los procesos en donde las sustancias orgánicas sufren una serie de cambios químicos que producen o utilizan energía. Estos cambios se pueden generalizar en dos tipos de reacciones: las reducciones y las oxidaciones. “El concepto “microbiológico” considera los procesos por los que los microorganismos realizan su metabolismo y producen biomasa mediante el uso de sustancias orgánicas o sustratos y que puede llevarse a cabo en presencia o ausencia de oxígeno.” (Hernández, 2002).

Biorreactor escala Industrial

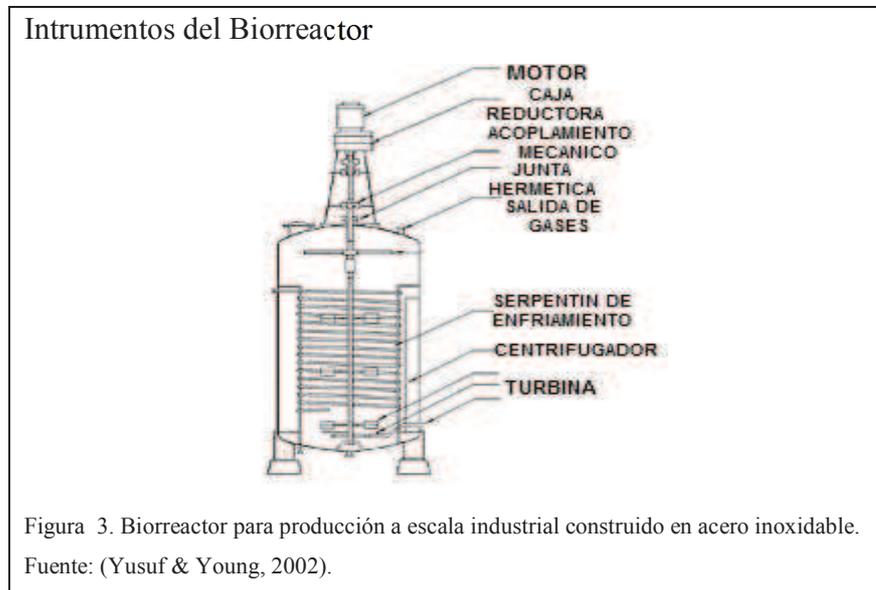


Figura 2. Biorreactor para producción a escala industrial construido en acero inoxidable.
Fuente: (Bionet Engineering, 2014).

En la actualidad los biorreactores se encuentran desarrollados a escala industrial estableciendo un parámetro fundamental para que el cultivo tenga un crecimiento libre de químicos aumentando su producción.

Una de las características de los biorreactores es que cumplen con las normas ISO 9001:2008, para la gestión de calidad del producto. Estos biorreactores son realizados con materiales fáciles de esterilizar y de limpiar, generalmente son construidos de acero inoxidable y de vidrio, siendo los de vidrio los utilizados a nivel de laboratorio, mientras que los otros son utilizados a nivel industrial. Ver Figura 2. La estructura física más común de un biorreactor se puede observar en la Figura 3, en el que las principales partes son: El

serpentín de enfriamiento, la instrumentación electrónica, la estructura mecánica para la mezcla de la materia prima, el difusor de aire, entre otros.



Para obtener un medio ambiente controlado en un biorreactor se debe tener en cuenta algunos parámetros fundamentales:

- Temperatura
- pH
- Oxígeno Disuelto
- Nutrientes y sustratos
- Agitación o mezclado

Estos parámetros serán necesarios para tener un análisis de diferentes factores que pueden afectar los resultados del proceso, como por ejemplo la velocidad de transferencia de calor, o la calidad de mezclado incluyendo el tiempo de mezcla que favorezca la distribución de la materia prima en el biorreactor como su conservación del producto. Todos estos factores son de vital importancia en la rentabilidad del proyecto, sobre todo a nivel industrial debido que se tiene altos niveles de producción.

2.3.1 Clases de biorreactores

Existen varias clases de biorreactores según la necesidad de la materia prima que se fermenta, entre los principales tenemos:

- Biorreactores Agitados
- Biorreactores de Columna
- Biorreactores de Circulación

A continuación en la Tabla 1 se describe las principales características de los diferentes tipos de biorreactores.

Tabla 1.
Características de los tipos de biorreactores.

Tipo	Características
Biorreactor Agitado	<p>Cuerpo cilíndrico o de un recipiente circular de acero inoxidable que generalmente puede estar cerrado o abierto en la parte superior. Cuenta con un motor que se encarga de la agitación de la materia prima del biorreactor, el motor se puede colocar en la parte inferior o superior dependiendo del recipiente.</p> <p>Al motor se acopla un sistema de transmisión que consiste en un reductor de velocidad o caja reductora, que por lo general son a revoluciones menores a 500. Disponen de un eje en el cual está incorporado un agitador o “rodete” que sirve para la mezcla de la materia prima. Los tres tipos de rodete son: Hélice, Paletas, Turbina.</p>
Biorreactor de Columna	<p>Carece de un sistema de transmisión mecánica para mezclar la materia prima del tanque.</p> <p>La mezcla se realiza por la inyección de aire en el líquido desde el fondo del recipiente, la cual produce turbulencia en el recipiente debido a la dispersión del aire en burbujas. Se emplea platos perforados en posiciones intermedias para dispersar el flujo del aire en el recipiente.</p>
Biorreactor de Circulación	<p>Tipo de biorreactor ideado para sustancias poco viscosas como leche, agua u otro tipo de sustancias líquidas. Existen dos tipos de biorreactores de circulación: de circulación interna y externa. En el biorreactor de circulación interna se induce al líquido por un pazo lateral del tanque, el cual fluye sin salir del cuerpo principal. El biorreactor de circulación externa utiliza una bomba para recircular el líquido mediante un paso lateral. El líquido es suministrado nuevamente en forma de goteo o spray desde la parte superior del biorreactor.</p>

Nota: Características principales y diferencias entre los tipos de biorreactores.

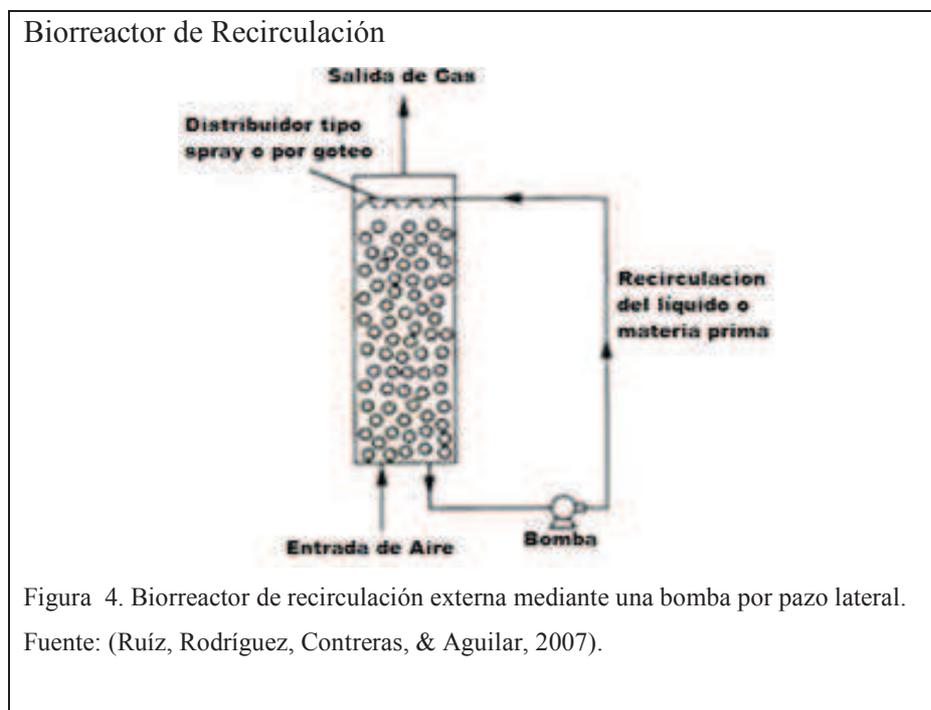
2.3.2 Biorreactor de circulación

Estos tipos de biorreactores se denominan así debido al patrón de circulación del líquido en el biorreactor.

Se clasifican en dos tipos: de circulación externa o interna. En el primer tipo el líquido es inducido a circular por un lazo lateral conectado al cuerpo principal del biorreactor en su parte inferior y superior, mientras que es interna si el líquido circula en forma definida sin salir del cuerpo principal del biorreactor. (Guevarra, 2004).

En los biorreactores de circulación externa se utiliza una bomba para recircular el líquido que tiene que ser de poca viscosidad, mediante un paso lateral, ver Figura 4. El líquido es suministrado nuevamente en forma de goteo o spray desde la parte superior del biorreactor.

“A diferencia de los biorreactores por agitación mecánica el daño de los microorganismos es mínimo, por lo que son útiles es la fermentación de células microbianas.” (Hernandez, 2002).



2.4 Instrumentación industrial del biorreactor

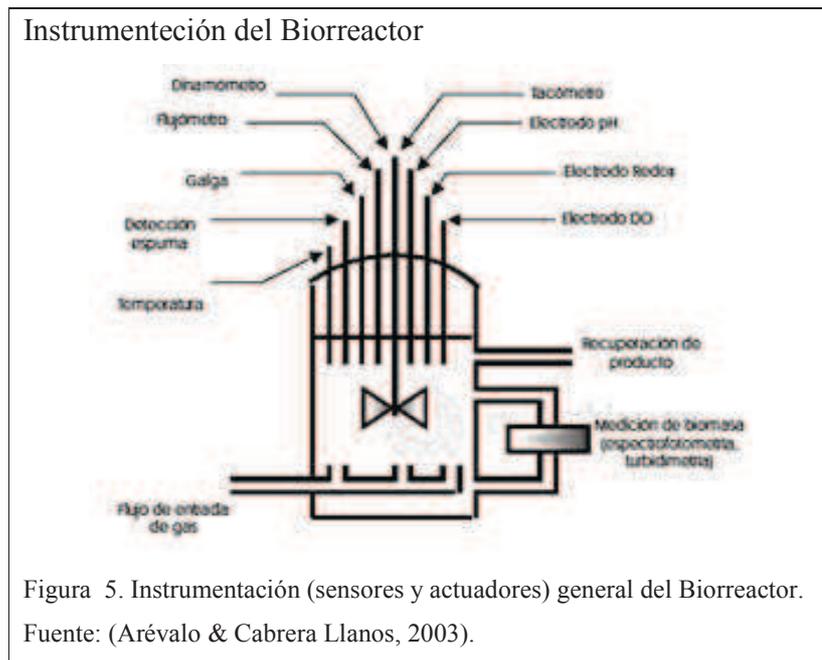
Para obtener un medio ambiente controlado dentro del biorreactor donde se produce el proceso de fermentación de sustancias o microorganismos de manera eficiente, se debe instrumentar para facilitar el análisis de las variables del proceso, así como el registro de las mismas. La instrumentación industrial es considerada como “una ventana del proceso”, cuyo objetivo principal es tener un valor medido real de cualquier variable del proceso.

El control de una variable se lleva a cabo a través de un elemento primario o en otras palabras un sensor, el cual está en contacto con la variable del proceso y produce una señal que posteriormente será analizada, es decir transforma una magnitud física o química en una señal medible.

Los sensores captan el valor de la variable de proceso y envían una señal de salida predeterminada. El sensor puede formar parte de otro instrumento (por ejemplo, un transmisor) o bien puede estar separado. También se denomina detector o elemento primario por estar en contacto con la variable, con lo que utiliza o absorbe energía del medio controlado para dar, al sistema de medición, una indicación en respuesta a la variación de la variable. El efecto producido por el elemento primario puede ser un cambio de presión, fuerza, posición, medida eléctrica, etc. (Creus, 2010).

Como menciona Creus el sensor puede formar parte de otro instrumento como el transmisor, el cual capta la señal del proceso a través del elemento primario y la transmite una señal estandarizada en forma de señal electrónica de 4 a 20 mA o de 0 a 10 V, o señal neumática de 3 a 15 psi. También el sensor puede entregar una señal digital que además de ser la más utilizada, se adapta directamente para cualquier tipo de controlador.

En el biorreactor los sensores deben ser esterilizados para medir las variables del proceso, siendo las más importantes: Temperatura, Ph, Oxígeno Disuelto, como se puede observar en la Figura 5.

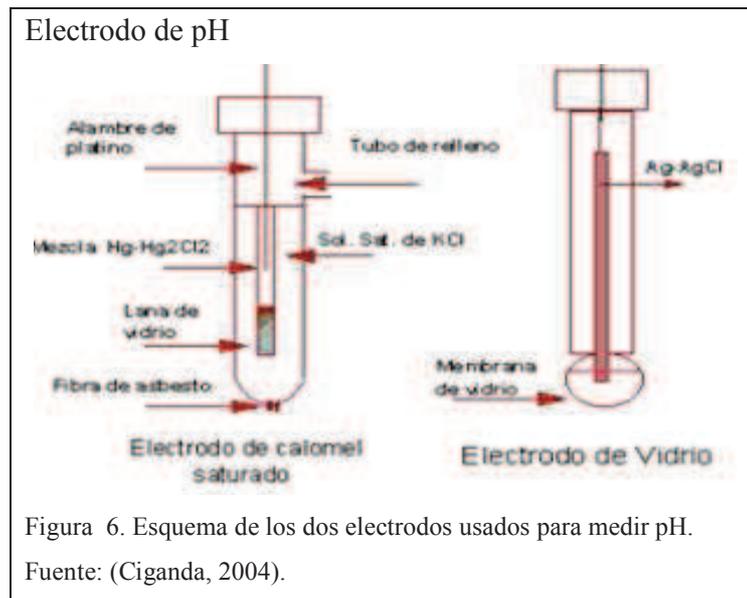


2.4.1 Sensor de pH

Cuando se habla de la calidad de agua o de una sustancia se refiere al pH, siendo una escala universal graduada de 0 a 14 siendo 7 el punto correspondiente a la neutralidad. Por lo tanto, cuando una sustancia tiene un pH menor a 7 se dice que es una sustancia ácida, mientras que si es superior a 7 es llamado alcalina.

El pH es una magnitud que no es perceptible por los sentidos del ser humano por lo que se necesita un sensor para la medición y posterior control.

En la Figura 6 se puede observar un sensor de pH típico, el electrodo de vidrio muestra una cierta sensibilidad a variaciones de pH y genera una diferencia de potencial muy pequeña alrededor de milivolts, por lo que es necesario un circuito amplificador de señal o un transmisor para el sensor. El transmisor del electrodo de pH por lo general provee una señal de 0 a 5 V, 0 a 10 V, 4 a 20 mA.



2.4.2 Sensor de Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto es otro parámetro importante en el proceso de fermentación o incubación de microorganismos dentro de un biorreactor, el oxígeno disuelto que se encuentra en el “caldo” es el que utilizan los microorganismos para vivir, en el cual se produce el proceso de transformación de la materia prima en un producto, la unidad es en mg/L.

El sensor de Oxígeno disuelto mide la saturación de oxígeno dentro de un cuerpo de agua con el cual se mide o determina la calidad de la misma.

Los sensores de medición de oxígeno disuelto (OD) consisten básicamente de una camisa de acero inoxidable o de cristal que contiene dos electrodos y un electrolito adecuado (ver Figura 7). Para separar los electrodos y los electrolitos del caldo de fermentación, el sensor está cubierto por una membrana. El oxígeno difunde a través de la membrana y se reduce en el cátodo, que está polarizado negativamente con respecto al ánodo. Esto produce una corriente que puede ser traducida como concentración de oxígeno. (CRISON, 2005).

Electrodo de Oxígeno Disuelto

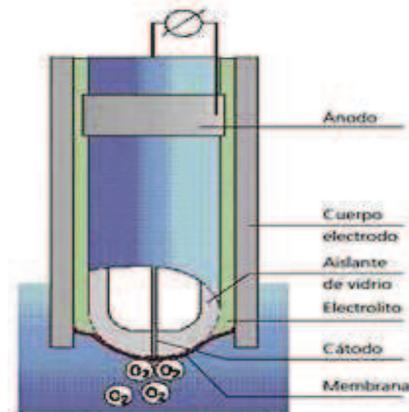


Figura 7. Esquema de un electrodo de oxígeno disuelto (O.D.).
Fuente: (CRISON, 2005).

2.4.3 Sensor de Temperatura

La medida de temperatura es fundamental en el biorreactor debido a que los microorganismos viven en un rango de temperatura ideal, por ejemplo en un rango de 20 a 30 °C. De igual manera incide en el valor de otras variables del proceso. Existen varios tipos de sensores de temperatura: termómetros de vidrio, termómetros de platino, variando corriente o voltaje o alguna característica eléctrica del sistema.

Por ejemplo el sensor de temperatura RTD en específico una PT100 el incremento de la resistencia no es lineal pero si se acerca lo posible a la linealidad y es una característica del platino. Ver figura 8.

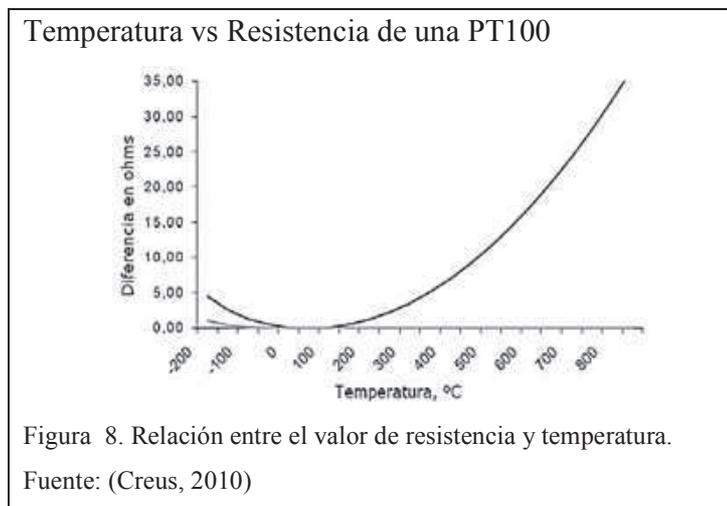


Figura 8. Relación entre el valor de resistencia y temperatura.
Fuente: (Creus, 2010)

2.5 Sistema SCADA

2.5.1 Definición

El termino SCADA se le conoce por integrar software, hardware y medios de comunicación utilizados para controlar y supervisar procesos remotos. El sistema SCADA es diseñado para brindar comunicación entre dispositivos de campo y el ordenador en donde esté instalado el software, permitiendo a su vez que el proceso funciones de forma automática.

“Las acciones de supervisión y control están vinculadas con el software SCADA en el cual el operador puede visualizar de una forma amigable cada estación remota, los estados de éstas, alarmas y puntos de configuración.” (Aguilar & Becerra, 2011).

2.5.2 Funciones principales

Un sistema SCADA presenta las siguientes funciones principales.

- Supervisión.- el operador puede observar desde el computador donde esté instalado el software SCADA los procesos remotos.
- Control.- Mediante esta función el operador puede activar o desactivar equipos remotos en el caso del presente proyecto activar electro válvulas, motores, etc.
- Adquisición de datos.- Recolectar, procesar, almacenar y mostrar la información recibida en este caso se almacena la información en una base de datos.
- Generación de reportes.- Con los datos almacenados se puede realizar representaciones graficas como gestionar históricos, tener reportes diarios de la producción, etc.
- Señales de alarma.- “Un sistema SCADA debe ser capaz de gestionar señales de alarma para avisar al operador de una falla producida en el proceso; estas alarmas pueden ser visuales o sonoras.” (Ganchala & Pullupaxi, 2014).

2.5.3 Componentes de un Sistema SCADA

Dentro de los componentes de un Sistema SCADA se tiene dos grandes grupos el hardware y el software.

2.5.3.1 Hardware

Dentro del hardware de un sistema SCADA se tiene cuatro componentes esenciales para gestionar la información captada estos son:

- **Unidad terminal maestra (MTU).**- Es un dispositivo principal del sistema en el cual se encuentra la interfaz hombre maquina (HMI), los principales dispositivos se pueden observar en la tabla 2.

Tabla 2.
Características de los dispositivos MTU.

Dispositivo	Características	Ventajas	Desventajas
Computador Escritorio	Dispositivos periféricos de entrada y salida, diseñados para usuarios de empresas o de hogar. Soporta variedad de softwares dependiendo de la arquitectura general de la computadora.	<ul style="list-style-type: none"> • Accesible económicamente al usuario. • Fácil manejo. • Soporta softwares pesados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere licencias para manejo de software. • Consumo energético regular. • No es robusto
Panel Táctil	Es un panel táctil que incluye botoneras, y un display para visualizar el proceso. Son dispositivos programables en campo.	<ul style="list-style-type: none"> • Compacto • Fácil Acceso • Inicialización rápida • Variedad de mímicos e históricos 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajas protecciones ambientales • Robustez limitada • Confiabilidad de datos
Equipos digitales corporativos	Computadoras industriales robustas que soportan ambientes hostiles y monitorea una planta completa de automatización. Integra variedad de protocolos de comunicación con sus respectivas licencias.	<ul style="list-style-type: none"> • Robustez • Confiabilidad • Visualización en tiempo real • Redes incorporadas • Fuente de retroalimentación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Precio económico • Consumo energético • Dificil acceso

Nota: Características principales, ventajas y desventajas entre los diferentes MTU.

- **Unidad remota de telemetría (RTU).**- Es un dispositivo instalado en el proceso remoto con el fin de captar datos del proceso para luego mandarlos hacia la MTU típicamente a un controlador lógico programable (PLC) o una tarjeta de adquisición de datos, ha esto se le asigna la función de RTU. Existen una gama amplia de PLC para el ámbito industrial, los más comunes se detalla en la tabla 3.

Tabla 3.
Características de los dispositivos RTU.

Dispositivo	Características	Ventajas	Desventajas
Tarjetas de Adquisición de Datos (DAC)	Es un dispositivo que necesita de un computador personal para la programación que se encuentra en la computadora y no en la tarjeta. Se puede acondicionar la señal de sensores por medio de la tarjeta.	<ul style="list-style-type: none"> • Plug & Play. • Acondicionamiento de señales. • Ocupa espacio reducido. • Velocidad de adquisición. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es compacto no modular. • No es confiable en momentos críticos. • No es robusto.
PLC Siemens S7 1200	El controlador lógico programable (PLC) S7-1200 ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización. La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de I/O.	<ul style="list-style-type: none"> • Modular. • Fácil integración con equipos de otros fabricantes. • Interfaz Profinet integrada. • Velocidad de barrido alto. • Soporta el software TIA PORTAL 	<ul style="list-style-type: none"> • Licencias para manejo. • Adestramiento de técnicos. • A diferencia de S-300, Logo, este PLC, no ofrece la simulación en su ambiente de desarrollo.
PLC Allen Bradley SLC 500	Contienen los protocolos DeviceNET y ControlNET de la pirámide de automatización. Tiene su estándar dentro del fabricante para su comunicación con otros PLCs. Se conecta a dispositivos inteligentes mediante RS 232 e incluye Ethernet.	<ul style="list-style-type: none"> • Robustez del espacio. • Reducción del espacio. • Confiabilidad del sistema. • Consumo de potencia bajo. • Velocidad de barrido alto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Susceptible a ambientes húmedos y corrosivos. • Existe un software de programación para cada PLC.

Nota: Características principales, ventajas y desventajas entre los diferentes RTU.

- **Red de comunicación.-** La red de comunicación es la encargada de transferir la información desde la RTU hacia el software SCADA, puede ser alámbrica o inalámbrica y a su vez utilizar cualquier protocolo de comunicación industrial existente. Las principales redes y protocolos de comunicación de un SCADA se describen en la tabla 4.

Tabla 4.
Características de las redes y protocolos de comunicación.

Protocolo de Comunicación	Topología	Medio Físico	Max. Dispositivos	Velocidad Transmisión (bps)	Comunicación
Modbus RTU	<ul style="list-style-type: none"> • Línea • Estrella 	<ul style="list-style-type: none"> • Par trenzado • Coaxial 	250	1.2 a 115.2K	Maestro/Esclavo

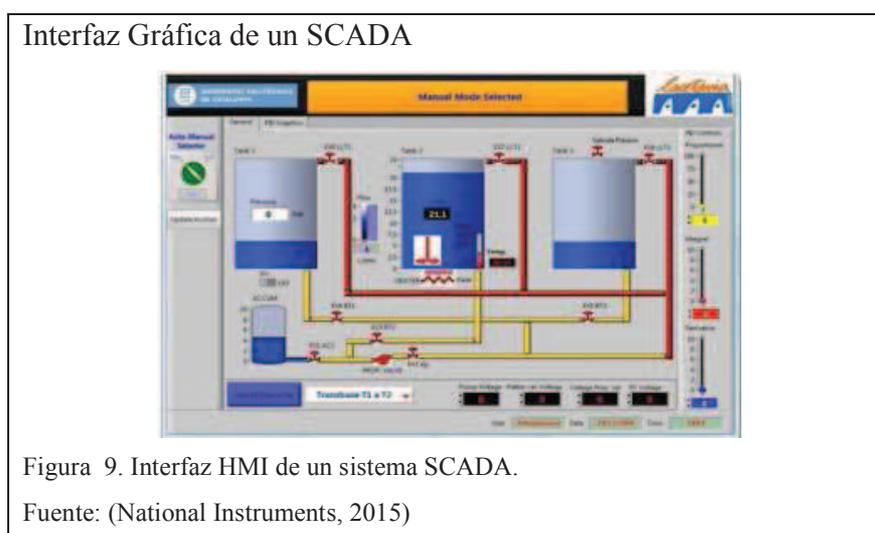
Profibus DP	<ul style="list-style-type: none"> • Línea • Estrella • Anillo 	<ul style="list-style-type: none"> • Par Trenzado • Fibra Óptica 	127	1.5 M – 12 M	Maestro/Esclavo Punto a Punto
Ethernet Industrial	<ul style="list-style-type: none"> • Bus • Estrella • Malla 	<ul style="list-style-type: none"> • Coaxial • Par Trenzado • Fibra Óptica 	255	10 - 100M	Maestro/Esclavo Punto a Punto
Fieldbus HSE	<ul style="list-style-type: none"> • Estrella 	<ul style="list-style-type: none"> • Par Trenzado • Fibra Óptica 	240	100 M	Simple/Multímetro

Nota: Características principales, ventajas y desventajas entre los diferentes protocolos de comunicación.

- **Instrumentación de campo.-** Son todos aquellos dispositivos que permiten realizar la automatización o control del sistema por ejemplo controladores, sensores y actuadores en general.

2.5.3.2 Software

Es un programa que se encuentra en la unidad remota maestra (MTU) y a su vez permite la construcción de la interfaz humano-maquina (HMI). La interfaz humano-máquina es una aplicación que es desarrollada con la ayuda de un software dedicado la misma presenta un interfaz amigable con el operador en la cual se representan las variables del proceso, la lectura de datos, el control de dispositivos de forma gráfica lo que facilite al operador la supervisión del proceso. Ver Figura 9



CAPÍTULO 3

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

3.1 Requerimientos del Sistema

Los requerimientos del proyecto dependen de la empresa donde se va a implementar, debido a las investigaciones de laboratorio realizado por los ingenieros agrónomos, es decir las variables del biorreactor para el proceso de fermentación están establecidas en un rango determinado. Por lo tanto se realizó una entrevista dirigida al profesional encargado del manejo y producción de plaguicidas de la empresa, en este caso el Ing. Rene Asipuela. Ver Anexo 5.

Los parámetros establecidos son:

- Rango de temperatura **25 – 30 °C**
- Rango de pH **5.8 – 6.2 pH**
- Oxígeno Disuelto **≥10 mg/L**

Estos parámetros son ideales para el proceso de fermentación del plaguicida dentro del biorreactor, además son los valores de la premisa dentro del controlador del sistema, el cual compara con el valor real medible del sensor. Cabe señalar que en la variable de temperatura se puede tener un valor máximo de 33 °C y un valor mínimo de 22 °C, con lo cual los microorganismos mueren.

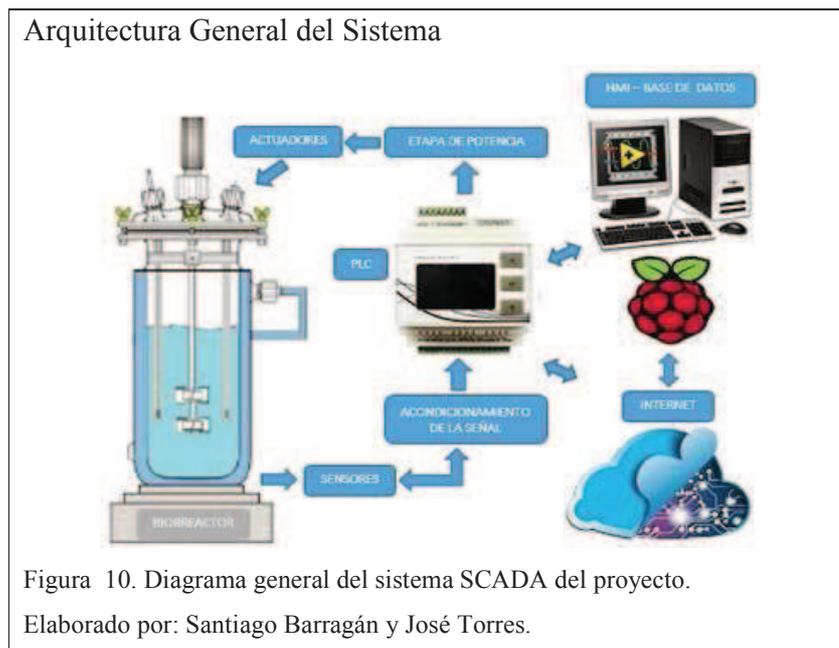
Una vez establecido los rangos de las variables del sistema, los requerimientos para el proyecto son:

- Control automático del biorreactor, y su visualización en tiempo real de todo el sistema en cualquier parte del mundo.
- Generar reportes que indique cuales son los valores reales de las mediciones de las variables del proceso, con su determinada fecha y hora. Además de permitir impresiones en formato XLS.
- Notificar al usuario de forma automática cuando los parámetros de las variables se encuentran fuera de los rangos establecidos.

- El diseño físico del sistema debe ser accesible al usuario y debe contar con un sistema de seguridad en caso de fallo del mismo.

3.2 Diseño de la Arquitectura General del Sistema

Como se analizó en el capítulo 2 el proceso de fermentación de los plaguicidas dentro del biorreactor depende de variables físicas y químicas entre las principales destacan: Temperatura, pH, Oxígeno Disuelto. Para realizar el sistema SCADA se propone el siguiente diagrama (Figura 10). El sistema consiste de 8 componentes fundamentales: Biorreactor, sensores, actuadores, circuitos de acondicionamiento de señal, etapa de potencia, PLC, tarjeta de red, módulo de procesamiento de datos (PC y Raspberry Pi), internet. Todos los componentes están centralizados en el PLC el cual recibe la señal de los sensores y acciona los actuadores y gestiona el HMI.



El diagrama de instrumentation P&ID del proyecto se encuentra en el anexo 3.

3.3 Diseño de Hardware

El diseño de hardware del sistema SCADA está constituido en tres partes que interactúan entre sí, está conformado por los sensores del biorreactor, actuadores del biorreactor y los módulos de comunicación.

3.3.1 Selección del Biorreactor

Para el presente proyecto se utiliza el biorreactor de circulación con el método de recirculación externa, debido a que los plaguicidas son sustancias líquidas poco viscosas, además se evita comprar un sistema de transmisión por el método de agitación.

Se utilizó un tanque de acero inoxidable de la marca TANKI-NOX como se observa en la figura 11.



La principal características del tanque es que puede almacenar un volumen de 1500 litros en total. Al tanque se le incorpora una bomba para recircular externamente el plaguicida que se fermenta dentro de él.

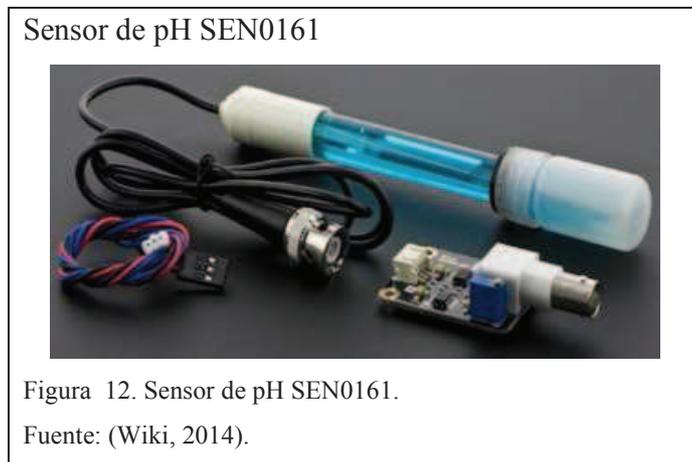
3.3.2 Selección de sensores del Biorreactor

Los sensores del biorreactor son los encargados de entregar al controlador un valor real de la variable que se está midiendo en condiciones industriales, es decir que deben funcionar en condiciones hostiles y por largos periodos de tiempo, para este propósito los sensores escogidos son:

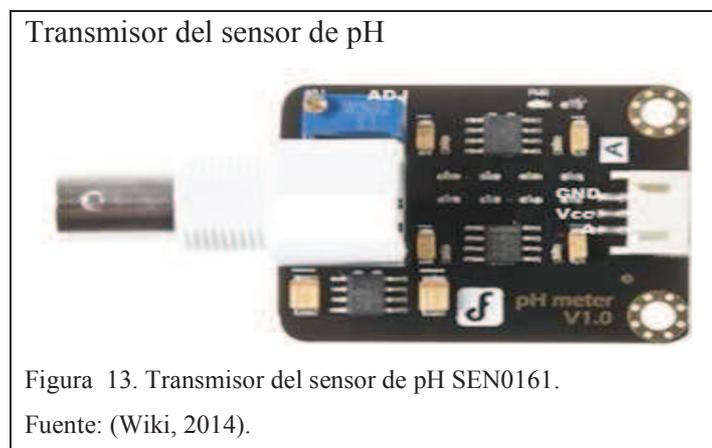
- Sensor de pH **SEN0161**
- Sensor de Oxígeno Disuelto **Atlas Scientific**
- Sensor de Temperatura **RTD PT100**

3.3.2.1 Sensor de pH SEN0161

Para el proyecto se ha escogido el sensor de pH analógico SEN0161 (ver figura 12), que es un sensor de bajo costo especialmente diseñado para los controladores arduino, ya que posee ciertas librerías implantadas en dicho modulo. El sensor está conectado al transmisor que proporciona un valor analógico estandarizado de 0 a 5V proporcional a la medición de pH.



El circuito transmisor de pH se puede observar en la figura 13, brinda una señal de voltaje analógica con relación del pH medido. El cual será analizado por el controlador.



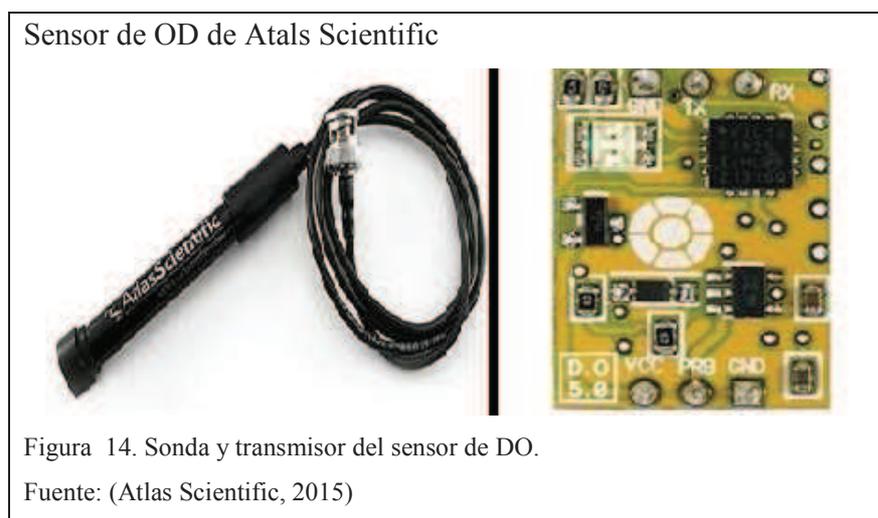
Las especificaciones generales del sensor y del transmisor de pH se puede observar en el ANEXO 1.

3.3.2.2 Sensor de Oxígeno Disuelto Atlas Scientific

Se selecciona el sensor de Oxígeno Disuelto de Atlas Scientific debido a la facilidad de programación que tiene con el controlador que está especialmente diseñado para la marca arduino, además de ser de bajo costo con referencia a otros sensores existentes en el mercado internacional, ya que estos sensores no se encuentran disponibles en Ecuador.

Es un sistema embebido ya que el sensor consta de una sonda de Oxígeno disuelto de membrana HDPE y un circuito que se encarga de la amplificación señal analógica proveniente de la sonda. “La sonda de oxígeno disuelto es un dispositivo pasivo que genera un pequeño voltaje de 0 mV a 47 mV dependiendo de la saturación de oxígeno de la membrana de detección HDPE”. (Atlas Scientific, 2015). El sensor de se compone de tres componentes:

- Una sonda de DO (ver figura 14)
- Conector BNC y cable BNC
- Transmisor del sensor (ver figura 14)



El circuito que amplifica la señal de la sonda de oxígeno disuelto brinda una gran estabilidad y precisión durante la medición de dicho valor, este soporta un modo de comunicación TTL RS-232 a través de los cuales puede entregar los datos del valor medido

al controlador. Las especificaciones generales del sensor y el transmisor de Oxígeno Disuelto se puede observar en el ANEXO 1.

3.3.2.3 Sensor de Temperatura RTD PT100

Los sensores de resistencia de platino ofrecen un rango muy alto de medida, además que en el rango establecido por los requerimientos del proyecto se acerca a una linealidad y es creciente con lo cual facilita la programación, de igual manera es accesible su costo en el mercado nacional. Es por tal motivo que se ha escogido este tipo de sensor para la instrumentación del biorreactor.

“Los PT100 industriales están encapsuladas, por dentro de un tubo de acero inoxidable está el elemento sensible y en el otro extremo está el terminal eléctrico protegido en una caja redonda de aluminio donde se encuentra el transmisor.” (Creus, 2010), como se observa en la figura 15.

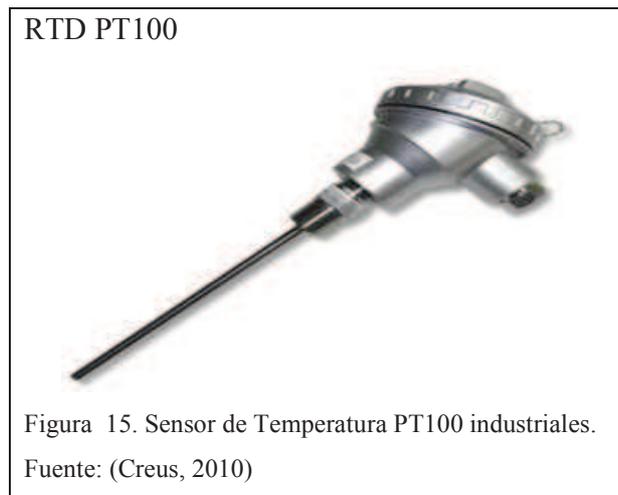


Figura 15. Sensor de Temperatura PT100 industriales.
Fuente: (Creus, 2010)

Las especificaciones generales del sensor y el transmisor de temperatura PT100 se pueden observar en el anexo 1.

3.3.2.4 Diseño fuente de Alimentación de Transmisores

Los transmisores de pH y Oxígeno Disuelto funcionan a 5 VDC como se puede observar en las especificaciones técnicas en el anexo 1, por lo tanto se necesita el diseño de una fuente adicional como se observa en la Figura 16.

Fuente de Alimentación 5V

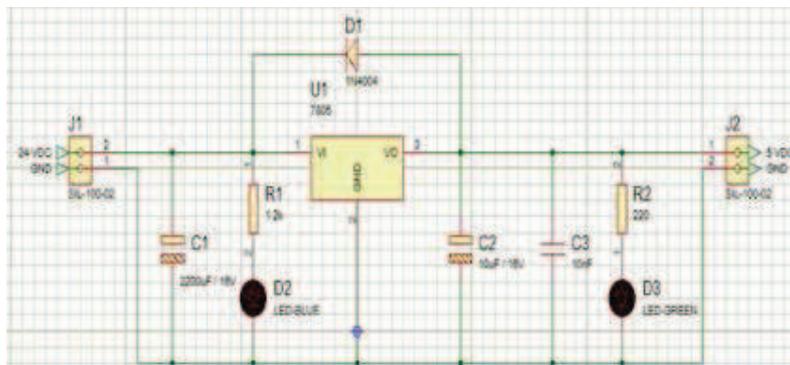


Figura 16. Fuente de alimentación 5V para transmisor de pH y OD.

Elaborado por: Santiago Barragán y José Torres.

El integrado 7805 es el encargado de disminuir el voltaje de 24 V DC a 5 V DC, los capacitores de entrada y salida tienen la función del filtrado de la señal además de la corriente que va a suministrar la fuente.

El capacitor C1 tiene un valor de 2200 µF /16 V ya que se necesita 5 V y 1 A de salida, esto debido a que se aplica 2000 µF por cada amperio de salida y la tensión del doble del valor del voltaje de salida. El diodo D1 1N4004 es un diodo de seguridad cuando se produzca un corto circuito en la entrada del regulador 7805.

Los capacitores C2 y C3 son los encargados del filtrado de la señal, la fuente de alimentación también posee dos leds indicadores para indicar el encendido del mismo. Cabe mencionar que la tierra o GND debe ser la misma entre la etapa de control y la fuente de alimentación de los transistores.

3.3.3 Selección del PLC

El controlador escogido para el biorreactor es el módulo Industruino que es de la gama de arduino, producido para aplicaciones industriales (ver figura 17), debido a que los sensores previamente escogidos tienen la factibilidad de usarse en dicha marca, ya que incluye librerías con lo cual se facilita la programación.

Además ya que es “Open Source” o hardware libre tiene una amplia apertura para conectarse a internet y realizar los proyectos IoT de manera eficiente. De igual manera

posee protecciones de seguridad industrial con lo cual se evita interferencias o ruido eléctrico y protegido para cortocircuitos.

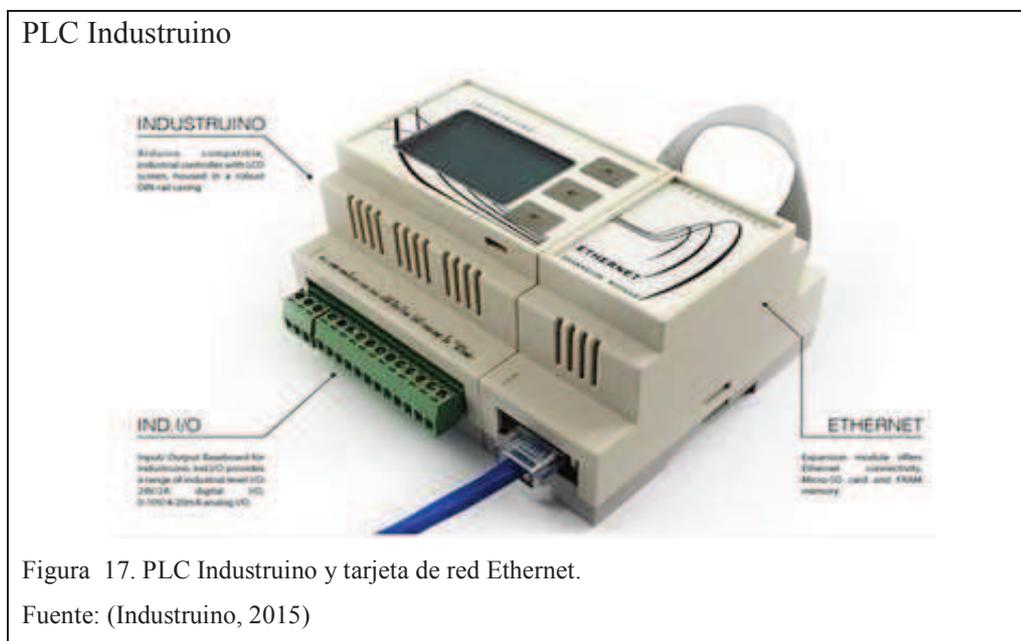


Figura 17. PLC Industriino y tarjeta de red Ethernet.

Fuente: (Industruino, 2015)

3.3.3.1 PLC Industriino IND. I/O

El PLC Industriino IND. I/O es un PLC de "nivel industrial de E / S" de la gama de arduino. Ofrece una abundancia de opciones de interfaz, y ha aislado a las fuentes de alimentación para cada uno de sus tres zonas funcionales. Las características principales, ventajas y desventajas se puede observar en la tabla 5.

Tabla 5.
Características del PLC Industriino.

Características	Ventajas	Desventajas
Este PLC es una solución de interfaz para cerrar la brecha entre la compatibilidad arduino y la gama existentes de PLCs industriales.	<ul style="list-style-type: none"> • Conexión con sensores industriales robustos y actuadores. • Los periféricos de campo están aisladas desde el microcontrolador a través de aisladores digitales y comunican a través de protocolo I2C. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es compacto no modular. • No se puede ampliar I/O digitales y analógicas. • Solo se pueden realizar protocolos de comunicación Modbus y Ethernet. • Adiestramiento de técnicos en programación
Incluye 8 canales de 24V I / O, 4 canales analógicos de entrada de 0-5 V / 0-10 V / 4-20 mA y 2 canales analógicos de salida de 0-10 V / 4-20 mA.		

El PLC tiene bibliotecas, que permiten la conexión fácilmente con sensores de nivel industrial y actuadores, utilizando sus herramientas de software favoritas.

De igual manera posee aislamiento galvánico para así evitar transitorios de corriente.

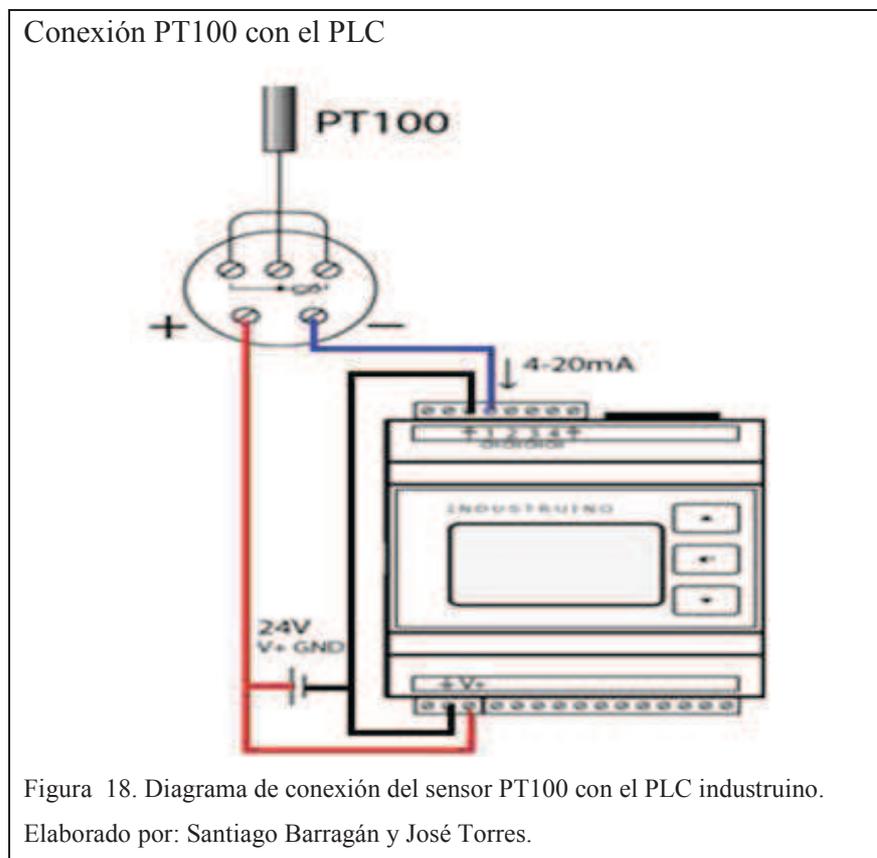
- Resolución de 18 bits
- Aislamiento Galvánico.
- Incluye protocolo RS485 y Ethernet.
- Posee Watchdog.
- Pantalla LCD y botonera integrada.
- C++.
- No existe en el mercado nacional.

Nota: Características principales, ventajas y desventajas del PLC Industruino.

Las características completas del PLC Industruino IND. I/O se puede observar en el anexo 1.

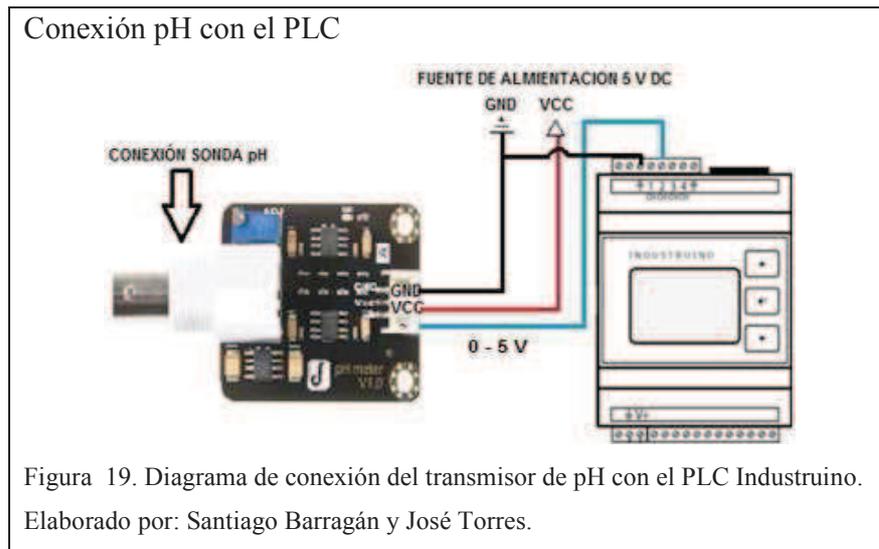
3.3.4 Conexiones de los Sensores al PLC Industruino

El sensor de temperatura PT100 tiene su transmisor de 4 a 20 mA, el transmisor funciona a un voltaje DC de 24 V, por lo que se conecta directamente a la fuente de alimentación de la parte de control.

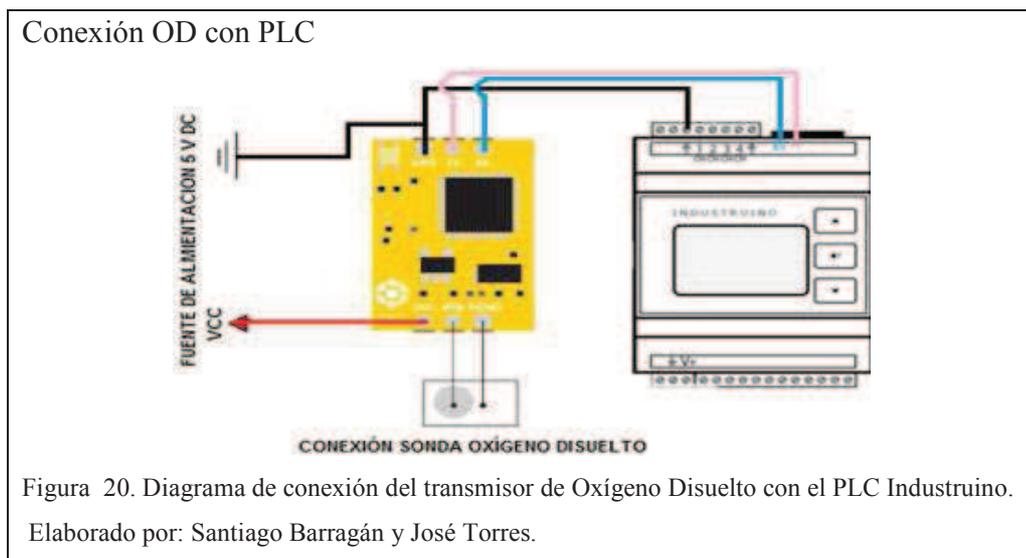


El transmisor de temperatura se conecta en la zona analógica del controlador Industriuno, específicamente en el canal CH1 como se puede observar en la Figura 18.

El sensor de pH posee un transmisor de 0 a 5 V, y funciona con voltaje de 5 V DC por lo que se conecta a la alimentación para dicho transmisor. Se conecta a la parte analógica del PLC Industriuno específicamente en CH2 como se puede observar en la Figura 19.



El sensor de Oxígeno Disuelto posee un transmisor RS232 TTL, y funciona con voltaje de 5 V DC por lo que se conecta a la alimentación para dicho transmisor. Se conecta a la parte de comunicación Rx/Tx TTL del PLC Industriuno como se puede observar en la Figura 20.



3.3.5 Selección de actuadores del Biorreactor

Los actuadores en el proyecto dependen de las variables que se miden en el biorreactor, para cada variable existe uno o más actuadores, los cuales disponía la empresa y se implementó al proyecto.

En el biorreactor la bomba eléctrica tiene como principal función el de recircular el plaguicida y el llenado del tanque con agua estéril una vez que comience otra producción.

En el proyecto se escoge una bomba de la marca PEDROLLO (ver figura 21), con un caudal de 5-80 lts/min. Las características principales se puede observar en el anexo 1.



El compresor de aire depende del sensor del sensor de oxígeno, en el proyecto se utiliza el compresor de la marca PTK (ver figura 22), con una potencia de 850 W y un caudal de 154L/min. Las características principales se puede observar en el anexo 1.

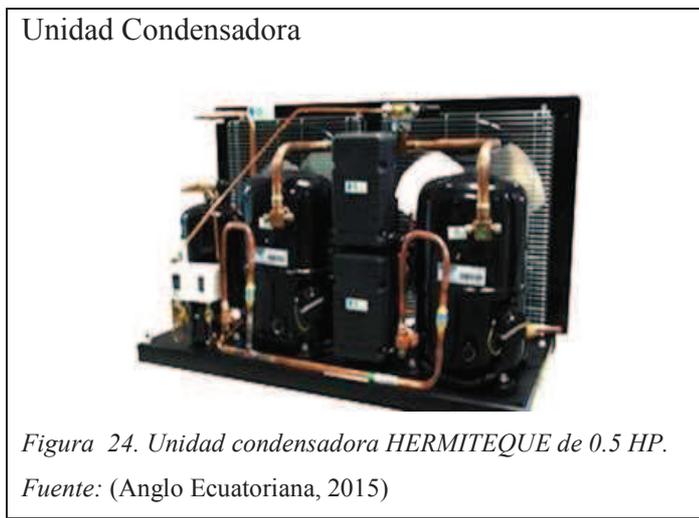


Para la variable de pH se tiene dos electroválvulas para la liberación de ácido o básico dependiendo el caso. Las electroválvulas son de acero inoxidable y a 120 V AC.

También se utiliza resistencia calefactores de agua de 1200 W y un sistema de enfriamiento, dependiendo de la temperatura del biorreactor como se puede observar en la figura 23.



El sistema de enfriamiento es la una unidad condensadora de 0.5 HP de la marca HERMETIQUE (ver figura 24). Las características principales se puede observar en el anexo 1.



Para poder dimensionar de manera correcta las protecciones y el cable conductor para la etapa de potencia de cada actuador es necesario conocer sus especificaciones eléctricas como se puede observar en la Tabla 6.

Tabla 6.
Especificaciones eléctricas de cada actuador del biorreactor.

Actuador	Voltaje nominal (V)	Potencia nominal (W)
Compresor	110/120	850
Bomba	110/120	880
Resistencia calefactora	110/120	3500
Electroválvulas	110/120	55
Unidad de enfriamiento	110/120	373

Nota: Voltaje de funcionamiento de cada actuador y la potencia nominal.

3.3.5.1 Etapa de Potencia

En la etapa de potencia de cada actuador es necesario conocer la corriente de trabajo para poder obtener las protecciones como son breakers, contactores y guardamotores. La alimentación será de 110V se procede a calcular la corriente I_c mediante esta fórmula:

$$I_C = \frac{P}{V} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

I_c = Corriente de trabajo de cada actuador.

P = Potencia nominal del actuador.

V = Voltaje nominal del actuador.

A continuación se resolverán los cálculos para cada actuador utilizando la ecuación 1 se resuelva la corriente para cada actuador. Los datos obtenidos se muestran en la tabla 7.

Tabla 7.
Corrientes de trabajo obtenidas para cada actuador.

Actuador	Corriente de trabajo I_c (A)
Compresor	7.72
Bomba	8

Resistencia calefactora	31.8
Electroválvulas	0.5
Unidad de enfriamiento	3.39

Nota: Corriente nominal o de trabajo de cada actuador

Dimensionamiento del conductor eléctrico

Para obtener el conductor eléctrico es necesario tener en cuenta la sumatoria de las corrientes de los actuadores con las corrientes aproximadas de los circuitos de control.

$$\sum I_F + I_C = 51.41 A + 7A = 58.41 A \quad \text{Ecuación 2}$$

Con el valor obtenido de corriente y en base a la tabla de conductores el calibre corresponde:

Cable # 8 AWG solido de cobre THHN 600V – 90°C. (Unicrom), soporta una corriente máxima de 70 A bajo la norma RTE INEN 021.

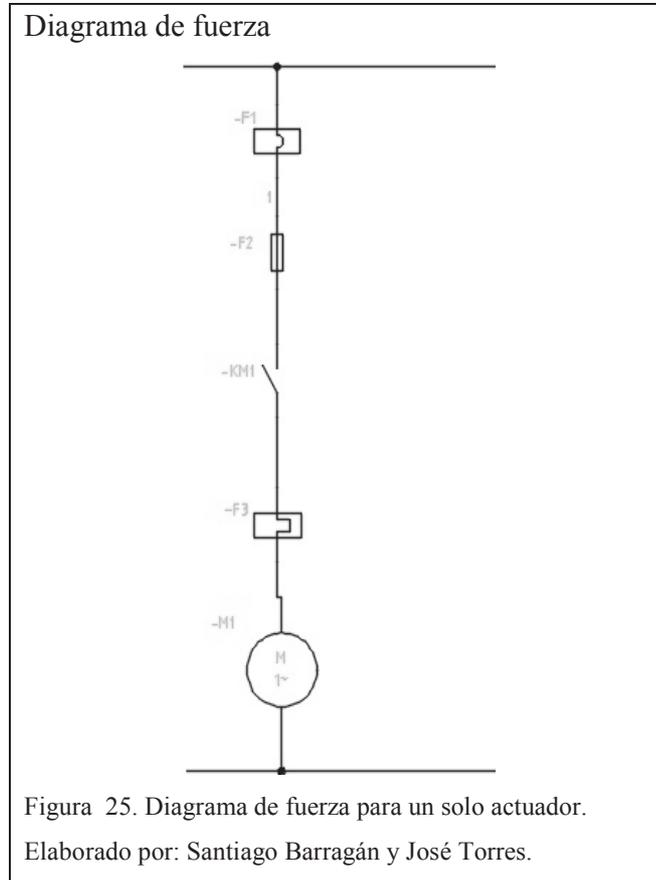
Dimensionamiento para contactores y guardamotores

Para un correcto dimensionamiento del contactor se debe tener en cuenta: Clase de servicio, voltaje nominal y frecuencia de trabajo, intensidad nominal y el tipo de accionamiento.

Los datos de las corrientes nominales y máximas de cada actuador se las toma de los datos del fabricante; por lo tanto se eligió 1 contactor para el compresor, 1 para la bomba de 9 A, 1 para el sistema de refrigeración de 9 A, 1 para la resistencia de calefacción de 18 A y 1 contactor para el accionamiento del arranque del sistema de 9 A, no es necesario un contactor para las electroválvulas ya que la corriente nominal es muy baja por lo tanto no hay que aislarlas del circuito de control. Todos los contactores electromagnéticos son de la marca Schneider Electric a 110 V, 60 Hz.

Para el dimensionamiento de los guardamotores de igual forma se puede observar en la tabla del fabricante el dispositivo permite un rango de amperaje máximo y un set point para la configuración de la corriente, son necesarios 3 guardamotores para el compresor, la bomba y la unidad de enfriamiento, las 3 protecciones tiene un rango de 6-10 A de la marca

Schneider Electric. En la Figura 25 se puede observar el diagrama de fuerza para un solo actuador, el diagrama completo se lo encuentra en el anexo 4.



3.3.5.2 Etapa de Control

El accionamiento de los actuadores se lleva a cabo por el controlador Industruino; en las salidas digitales del PLC están conectados relés de 24 VDC a 110 VAC los mismos que son accionados mediante la lectura de las variables de pH, temperatura y oxígeno disuelto. Se hace necesario el uso de relés para poder aislar la etapa de control con la etapa de fuerza, dichos relés van a su vez conectados a los respectivos contactores. El accionamiento de la bomba se lo realiza de manera manual.

3.4 Diseño de Software

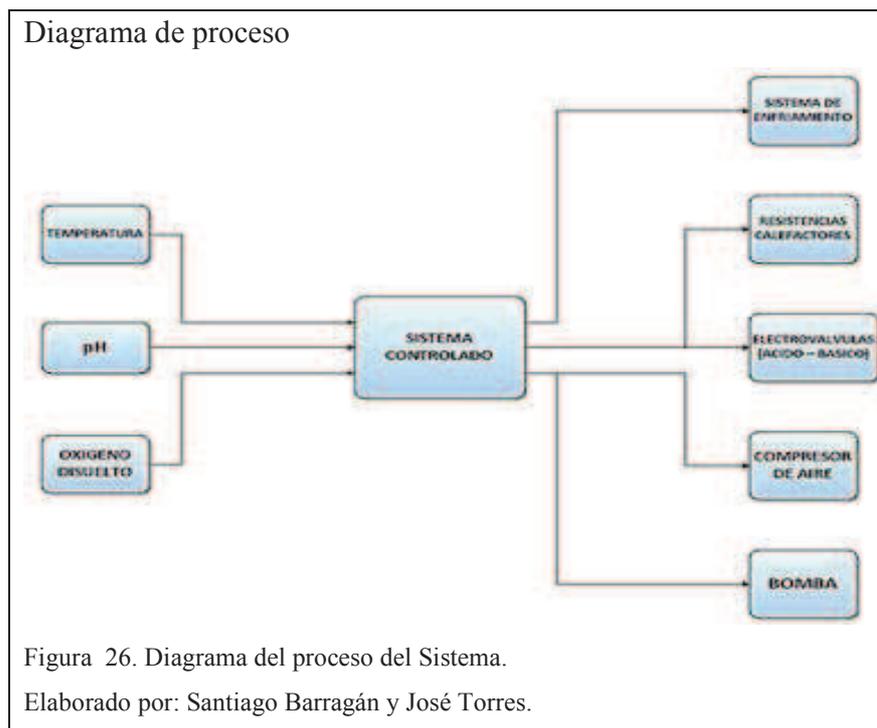
Para el diseño del software del sistema SCADA se toma de base los requerimientos del proyecto. Se establece tres lazos de control fundamentales para el proceso de fermentación

del plaguicida, estos son: Lazo de control de la variable de Temperatura, pH y del Oxígeno Disuelto.

Estos tres lazos control deben ser procesados y controlados mediante el RTU y monitoreados en tiempo real a través del MTU del sistema SCADA, la comunicación entre las dos se establece mediante un protocolo de comunicación Modbus RS-485. A su vez en el MTU se debe generar una base de datos para un análisis posterior de las variables involucradas cuando a merite su información.

3.4.1 Diagrama del Proceso

El sistema está constituido por tres entradas o variables (Temperatura, pH, Oxígeno Disuelto), las cuales van hacer procesadas y posteriormente controladas a sus respectivos actuadores, como se puede observar en la Figura 26.



Los actuadores del sistema dependen de las variables del mismo, es decir que el sistema de enfriamiento, las resistencias calefactoras dependen del sensor de temperatura, las electroválvulas que controlan los depósitos de ácido y básico dependerán del valor del sensor de pH, mientras que el compresor de aire depende del valor de Oxígeno Disuelto.

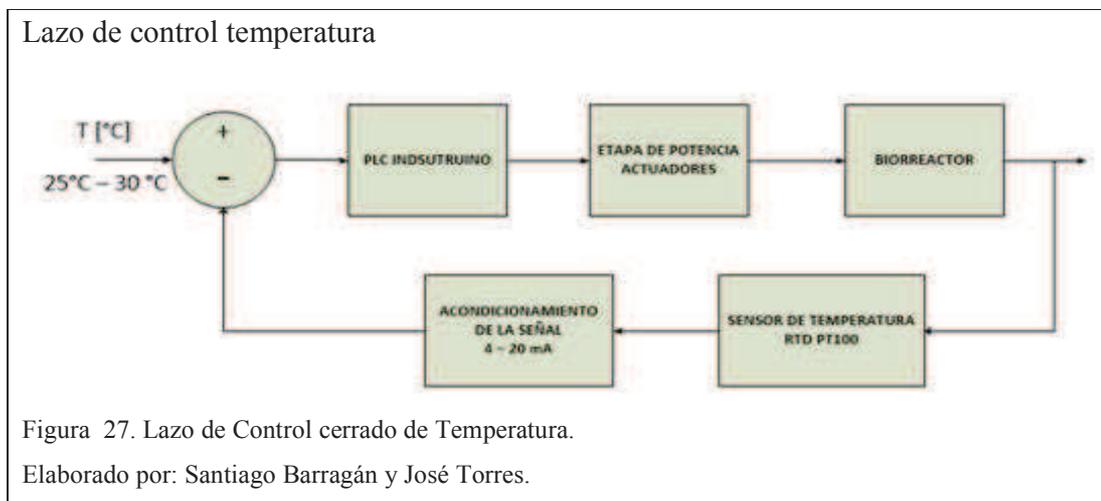
Los valores de los sensores serán analizados y procesados por el controlador del sistema, el cual determina la activación de los actuadores.

3.4.2 Lazos de control

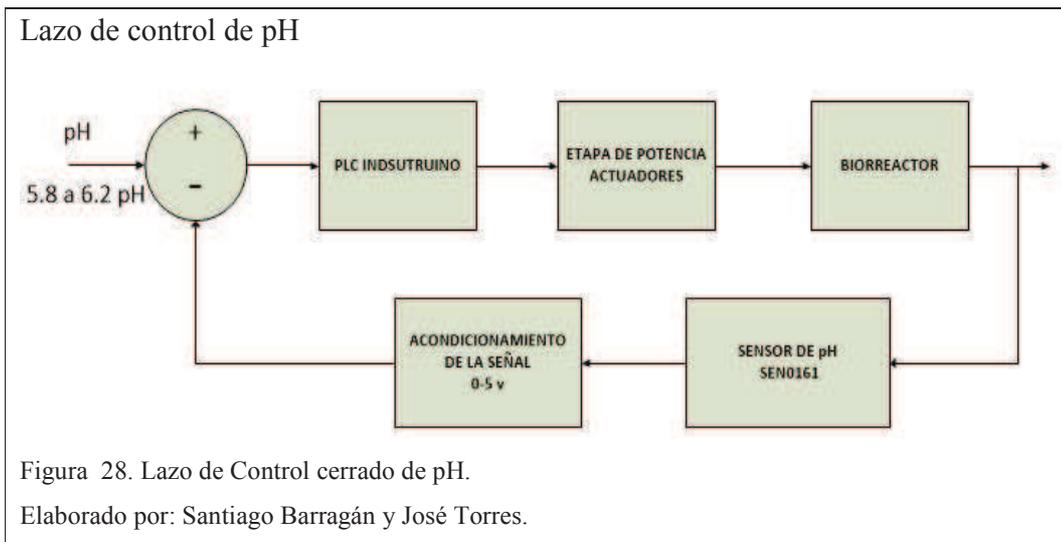
En el proyecto se establece tres lazos de control cerrados para el proceso de fermentación del plaguicida dentro del biorreactor, de cada variable se obtiene una señal estandarizada que posteriormente es procesada y controlada mediante el PLC Industruino.

Los tres lazos tienen un control ON/OFF dependiendo de la relación entre el valor de la premisa correspondiente a cada lazo y el valor real medible.

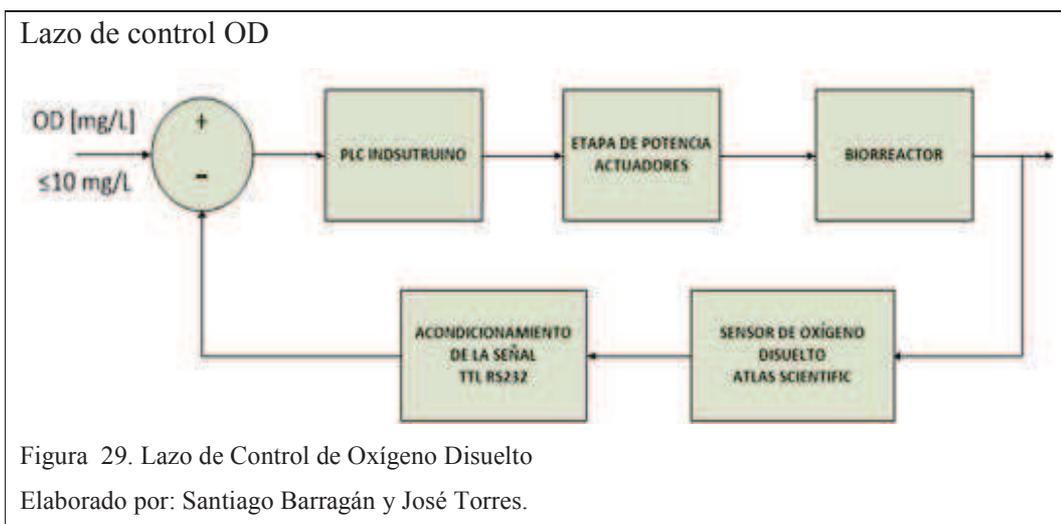
La variable de temperatura es fundamental para la fermentación del plaguicida, ya que los microorganismos viven en condiciones normales de temperatura de 25 a 30 °C según las investigaciones de los ingenieros de la empresa donde se realiza el proyecto. De esa manera se necesita un lazo de control para esta variable (Figura 27). El control se realiza sobre dos actuadores (resistencia de calor y sistema de refrigeración).



En la variable de pH se establece un valor de premisa de 5.8 a 6.2 pH de acuerdo a los requerimientos establecidos, cuyo control acciona a dos electroválvulas que liberan reactivos (ácido o básico). Ver Figura 28.



La variable de Oxígeno Disuelto es importante para la respiración y por ende la vida de los microorganismos que conforman los plaguicidas, se estable un valor menor o igual a 10 mg/L para el encendido del compresor de aire.



3.4.3 Programación del PLC

La parte del procesamiento de las variables del proyecto y el control de los diferentes actuadores esta comandado por el PLC Industruino IND. I/O, la programación del PLC se realiza de acuerdo a los requerimientos del proyecto y los lazos de control establecidos. A continuación se presenta los diagramas de flujo de cada lazo de control, además de la comunicación con el HMI y base de datos.

3.4.3.1 Diagrama de Flujo

Para cada lazo se realiza un control ON/OFF con histéresis, el cual evita el desgaste en los accionamientos electromecánicos de los actuadores y de los componentes de la etapa de potencia (relés, actuadores, etc.), debido a las fluctuaciones que existen en cada variable.

Se realiza un diagrama de flujo explicativo que representa la programación dentro del PLC.

Las configuraciones de los puertos de entrada y salida del PLC, las señales de entrada son analógicas, por el tipo de actuadores las señales de salidas son digitales.

Para el lazo de temperatura el rango requerido es de 25 a 30 °C, por consiguiente se compara el valor medido real con el valor de referencia, si el valor de referencia de 25 °C es mayor o igual a la temperatura real medida se enciende las resistencias calefactoras, caso contrario permanecen apagadas. Si el valor de referencia de 30 °C es menor o igual a la temperatura real medida se enciende el sistema de enfriamiento, caso contrario está apagado, como se puede apreciar en el diagrama de flujo de la Figura 30.

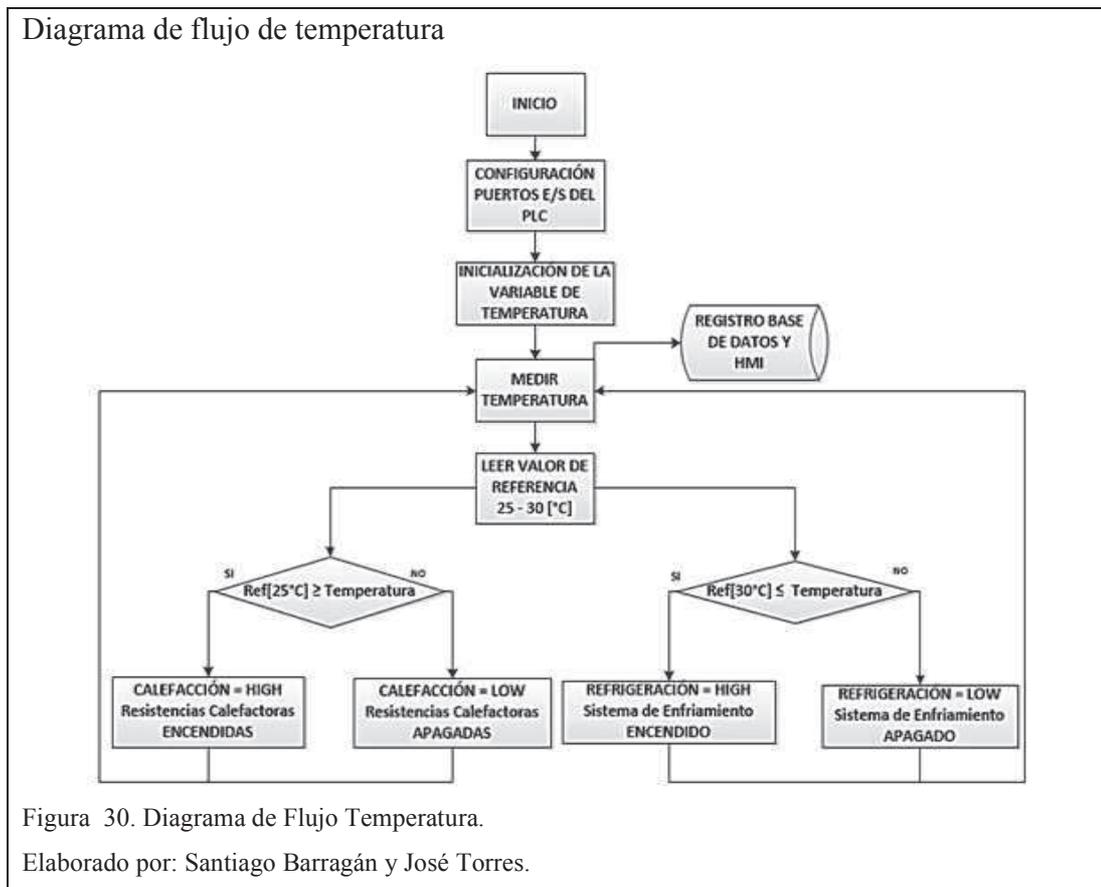
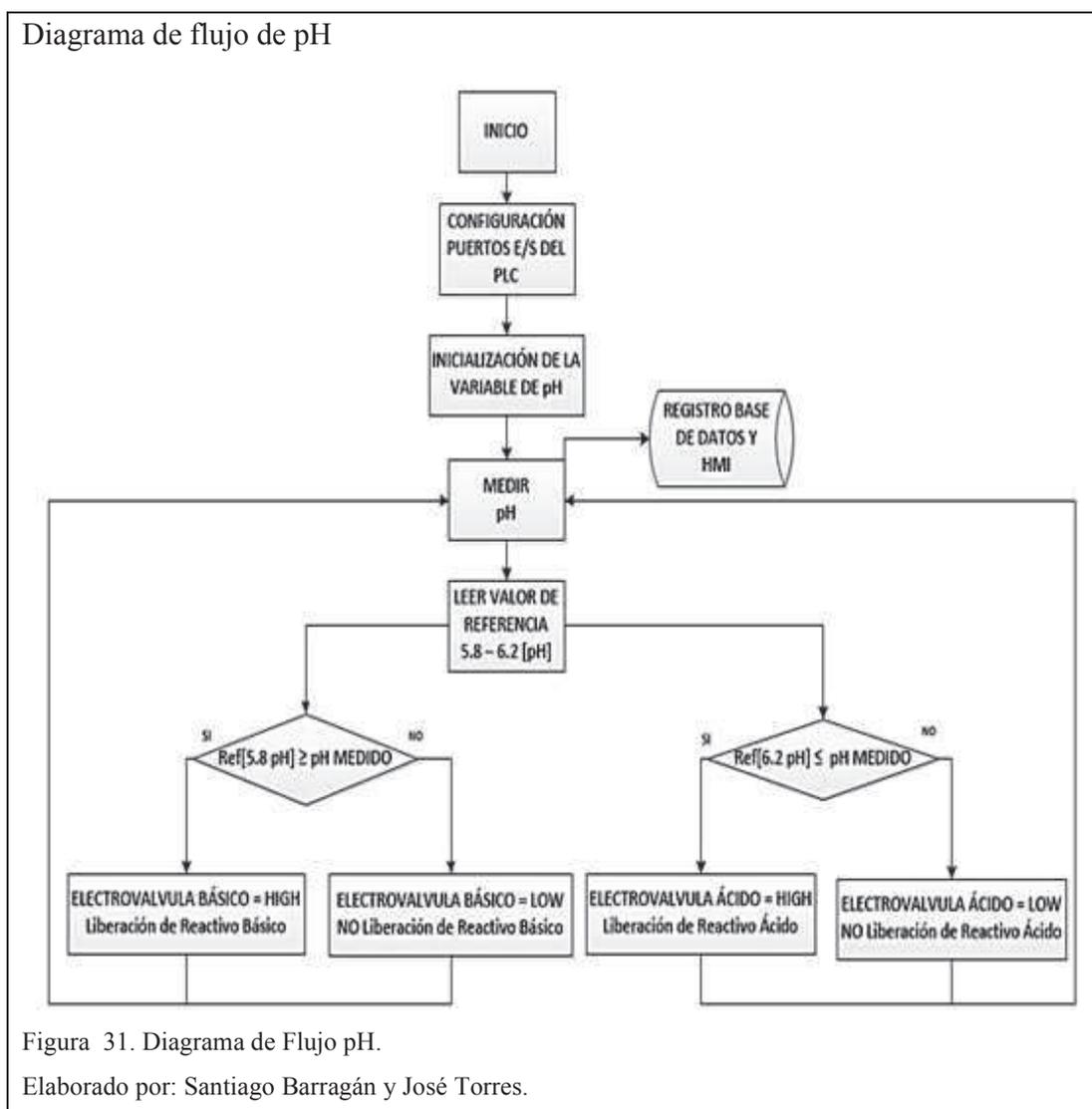


Figura 30. Diagrama de Flujo Temperatura.

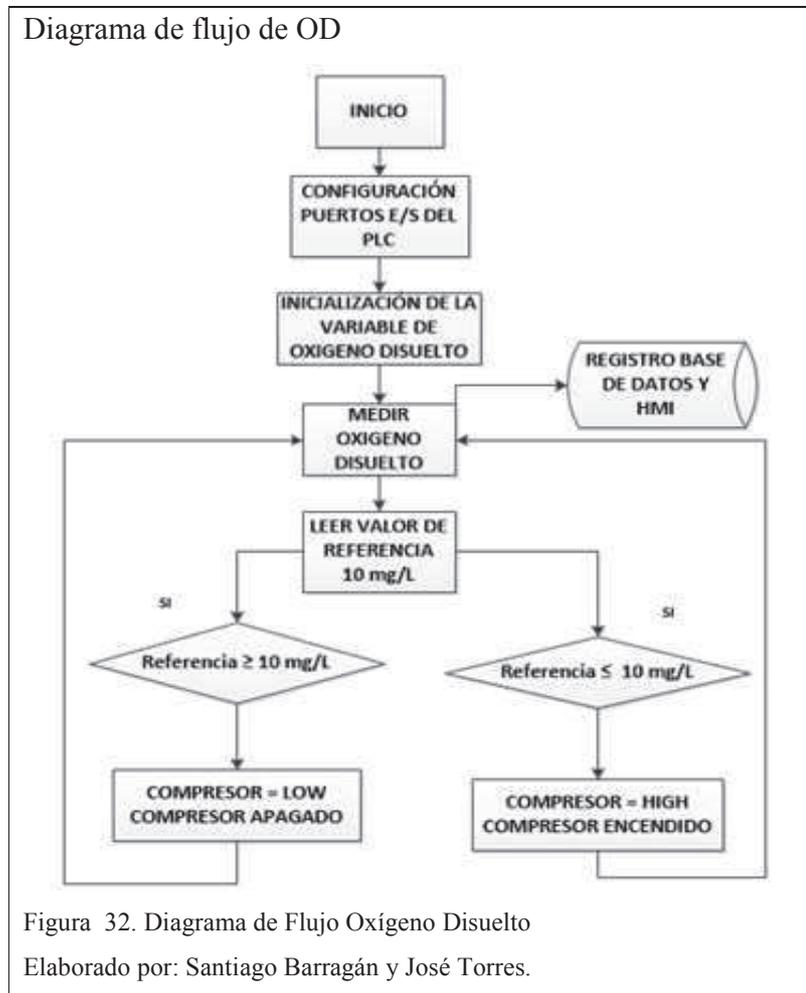
Elaborado por: Santiago Barragán y José Torres.

En el lazo de pH el rango requerido es de 5.8 a 6.2 pH, si el valor de referencia de 5.8 pH es mayor o igual al pH real medido se activa la electroválvula de Básico para liberar dicho reactivo, caso contrario la electroválvula permanece apagada. Si el valor de referencia de 6.2 pH es menor o igual al pH real medido se activa la electroválvula de Ácido para liberar dicho reactivo, caso contrario está apagado. Ver en la Figura 31.



Finalmente para el lazo de Oxígeno Disuelto se compara el valor medido real mediante el transmisor de oxígeno con el valor de referencia, el requerimiento es que si en el proceso de fermentación se detecta que la composición de oxígeno en el plaguicida es menor o igual a

10 mg/L se active el compresor de aire hasta ser mayor que dicho parámetro. Ver Figura 32.



La programación total del PLC Industruino se puede observar en el anexo 2.

3.4.4 Diseño SCADA

De acuerdo a los requerimientos del proyecto, el diseño SCADA debe facilitar el monitoreo de las variables del sistema en tiempo real y desde cualquier parte del mundo, además de que éstas deben ser registradas en una base de datos para posterior análisis. Por tal motivo se plantea el diseño de una interfaz gráfica (ventana del proceso) y una base de datos en un servidor para el registro constante de las variables, además se aprovecha la globalización de la información para este monitoreo.

La interfaz se realizó en el software LabVIEW debido a que es un lenguaje de programación gráfico con funcionalidad completa de E/S, además de ofrecer una infinidad de herramientas que pueden ser utilizadas en cualquier proceso industrial.

3.4.4.1 Ventana de Acceso

La ventana de acceso a la interfaz gráfica sirve para tener seguridad de la administración, monitoreo y gestión de datos, es decir que el usuario tenga la autorización de acceder a dicha información. Por tal motivo se necesita tener un usuario y contraseña como se observa en la figura 33.

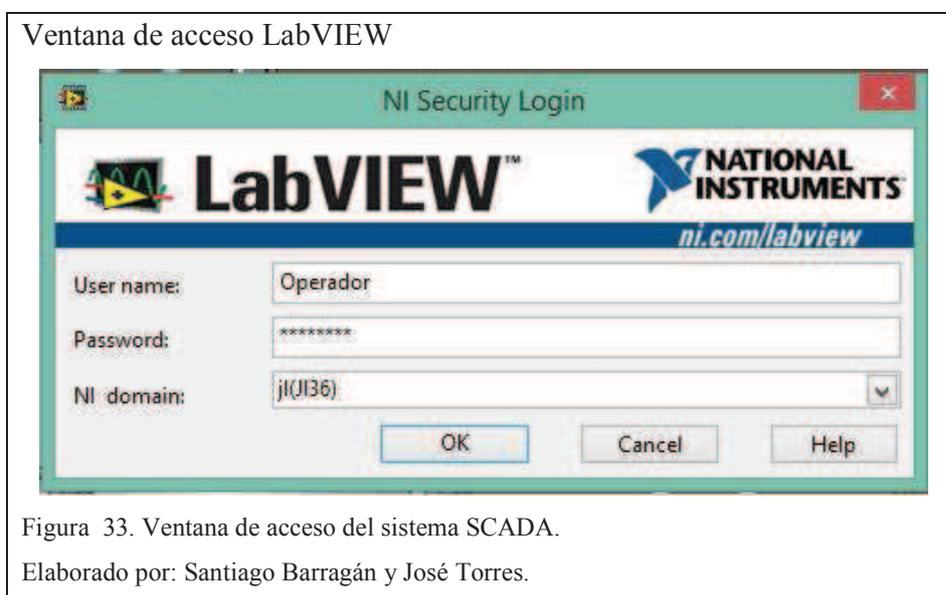


Figura 33. Ventana de acceso del sistema SCADA.

Elaborado por: Santiago Barragán y José Torres.

En la tabla 8 se observa las características de la ventana de acceso.

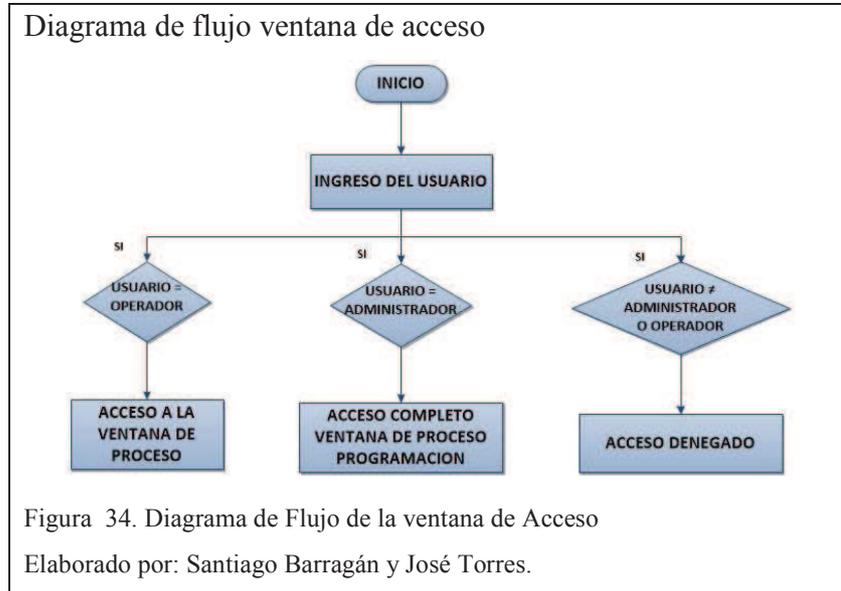
Tabla 8.

Características de la ventana de acceso.

Ítem	Función
User name	Nombre o etiqueta del usuario, en caso de que el usuario sea el OPERADOR será el encargado solo del monitoreo del sistema SCADA, mientras que si el usuario es ADMINISTRADOR tendrá el acceso completo al sistema, es decir podrá cambiar o configurar los parámetros del sistema.
Password	Contraseña del usuario para acceder a al sistema SCADA.
NI domain	Dominio donde se encuentra el proyecto.

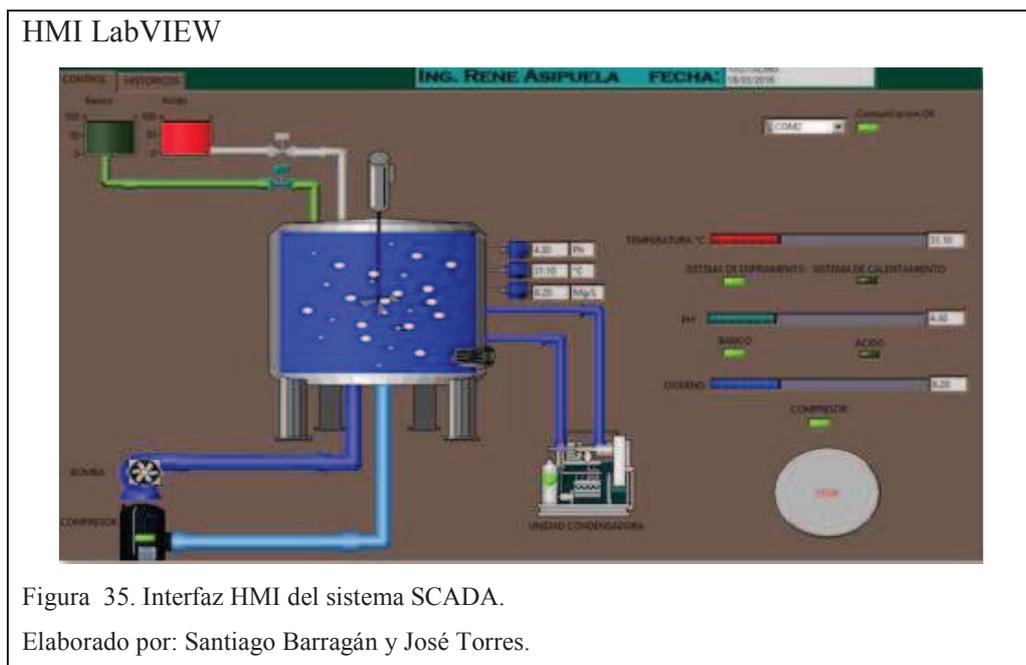
Nota: Características generales de los ítems de la ventana de acceso desarrollada en el software LabVIEW.

En el flujograma de la figura 34 se puede observar el funcionamiento lógico de la ventana de acceso.



3.4.4.2 Ventana del Proceso

Para el diseño de la ventana de proceso en el software LabVIEW se aprovecha las librerías “DSC Module” que simulan una interfaz industrial para el proceso cuyo panel frontal se puede observar en la Figura 35.



La función de cada animación e indicador se observa en la tabla 9.

Tabla 9.
Características de la ventana de proceso.

Ítem	Característica	Función
Stop	Botón	Detiene la comunicaron entre el PLC y LabVIEW.
Bomba	Animación	Indica el funcionamiento de la bomba de recirculación.
Compresor	Animación	Indica la activación del compresor de aire.
Unidad Condensadora	Animación	Indica la activación de la unidad condensadora.
Resistencia Calefactora	Animación	Indica la activación de la activación de la resistencia calefactora.
Básico	Animación	Indica la activación de la electroválvula de básico.
Ácido	Animación	Indica la activación de la electroválvula de ácido.
Temperatura	Indicador	Indica el valor medido de temperatura por el PLC en barras indicadoras.
pH	Indicador	Indica el valor medido de pH por el PLC en barras indicadoras.
Oxígeno Disuelto	Indicador	Indica el valor medido de oxígeno disuelto por el PLC en barras indicadoras.

Nota: Características generales de los ítems de la ventana de proceso desarrollada en el software LabVIEW.

En el flujograma de la figura 36 se puede observar el funcionamiento lógico de la ventana de proceso.

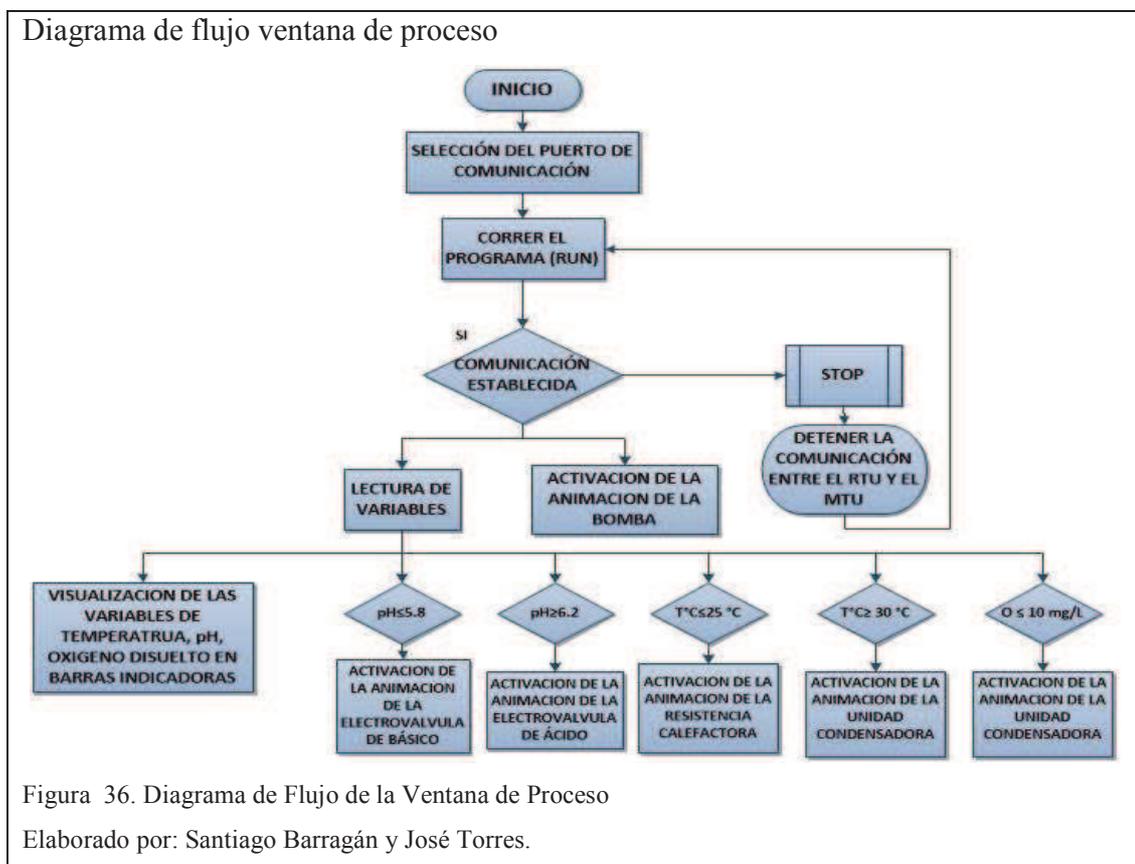
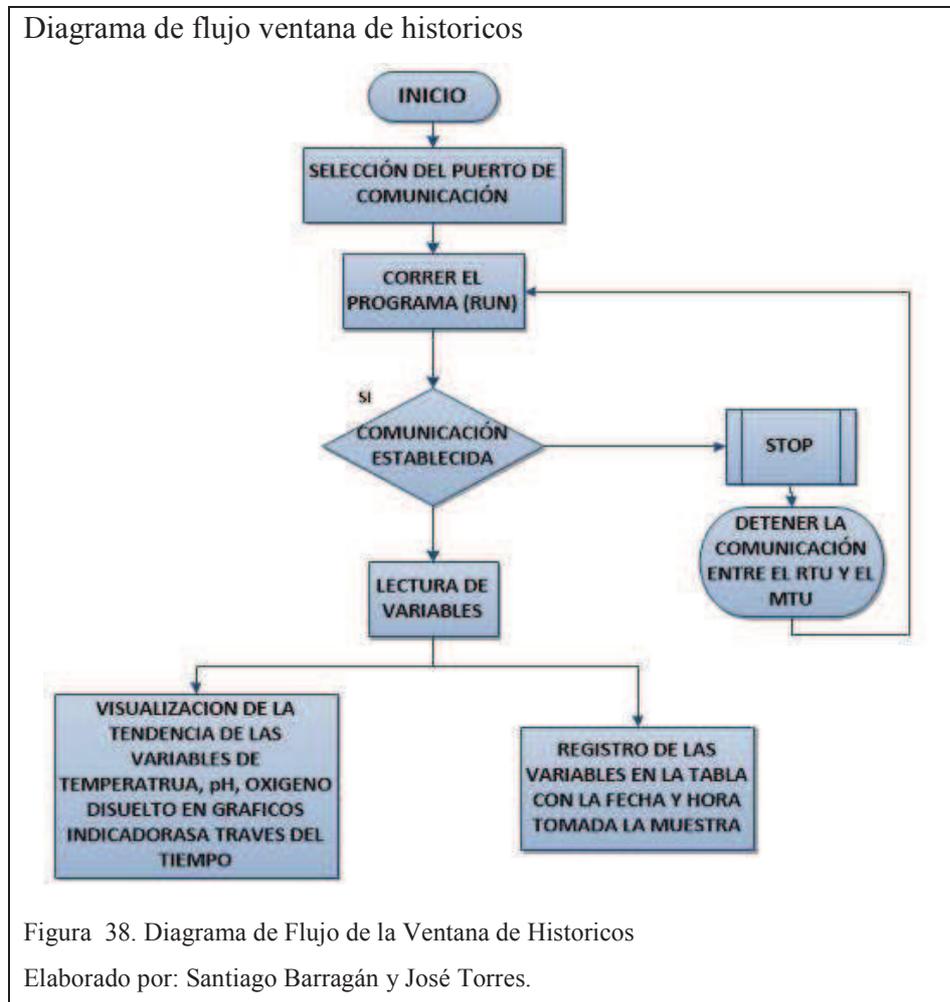


Figura 36. Diagrama de Flujo de la Ventana de Proceso

Elaborado por: Santiago Barragán y José Torres.

En el flujograma de la figura 38 se puede observar el funcionamiento lógico de la ventana de históricos.



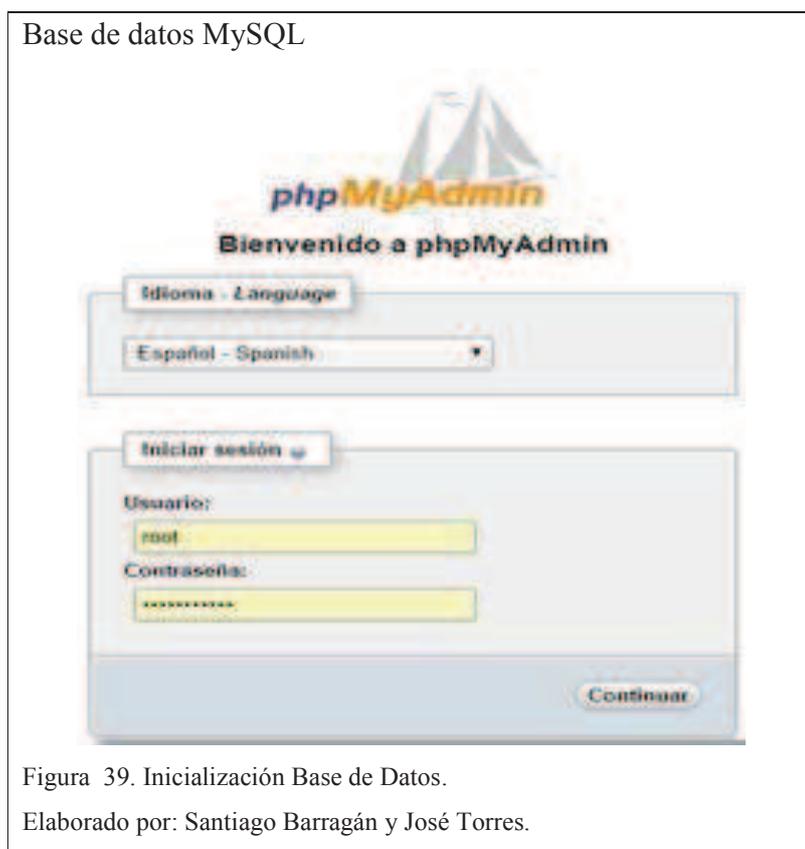
El programa completo del diseño de la interfaz en LabVIEW se encuentra en el Anexo 2.

3.4.4.4 Diseño Base de Datos

El registro de las variables en la tabla diseñada en LabVIEW no es la base de datos principal, sino un respaldo de información paralela a esta, debido al inconveniente que presenta registrar las variables del proceso durante varios días, pues la computadora no va a estar prendida todo el tiempo por ejemplo en la noche, por ende esta base estaría incompleta.

Se realiza una base de datos en un servidor localizado en una Raspberry Pi la cual permanecerá encendida cada producción de plaguicidas, el consumo energético de la Raspberry Pi (3.5 W) frente a una computadora de escritorio que varía de 350 a 500 W, ver anexo 1.

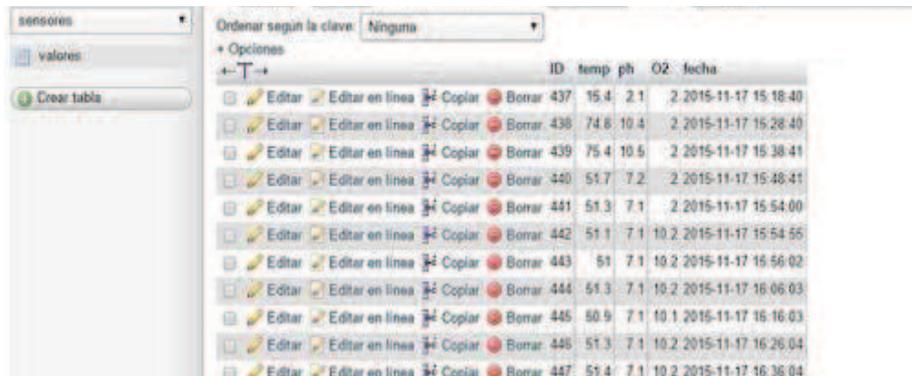
El servidor utilizado es MySQL es un sistema de gestión y administración de las variables del sistema, es una herramienta fácil y accesible cuando se necesita información del proceso, además de ser software libre.



Para poder acceder a la base de datos se debe conectar a la misma red, una vez ahí se ingresa los datos de usuario y contraseña como se puede observar en la Figura 39.

Determinada las variables del proceso se conforma una base de datos denominada **sensores** como se observa en la Figura 40, y se procede a registrar la información proveniente del PLC Industruino y el modulo Ethernet.

Registro de las variables MySQL



ID	temp	ph	O2	fecha
437	15.4	2.1	2	2015-11-17 15:18:40
438	74.8	10.4	2	2015-11-17 15:28:40
439	75.4	10.5	2	2015-11-17 15:38:41
440	51.7	7.2	2	2015-11-17 15:48:41
441	51.3	7.1	2	2015-11-17 15:54:00
442	51.1	7.1	10.2	2015-11-17 15:54:55
443	51	7.1	10.2	2015-11-17 15:56:02
444	51.3	7.1	10.2	2015-11-17 16:06:03
445	50.9	7.1	10.1	2015-11-17 16:16:03
446	51.3	7.1	10.2	2015-11-17 16:26:04
447	51.4	7.1	10.2	2015-11-17 16:36:04

Figura 40. Registro de las variables dentro la base de datos.

Elaborado por: Santiago Barragán y José Torres.

Estos datos se pueden bajar en distintos formatos entre ellos Excel y Word.

3.4.4.5 Análisis de los Datos

Como parte de los requerimientos del proyecto se establece un informe diario de las variables del proceso, sin la necesidad de descargar directamente desde la base de datos, en este contexto se realiza un programa para capturar los datos en un archivo y posterior a ello se automatiza una tarea en la Raspberry Pi con la finalidad de que a cierta hora del día se envíe por correo el archivo al usuario específico.

Diagrama de flujo Email

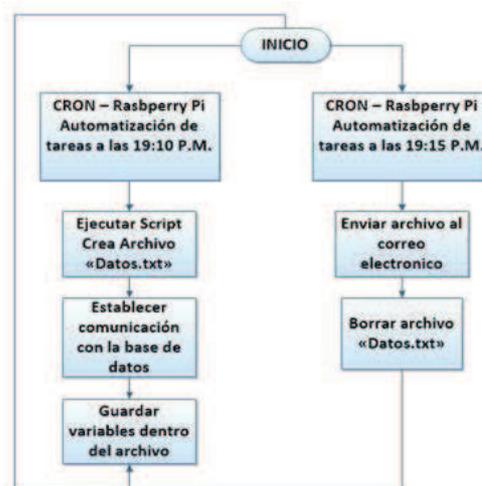
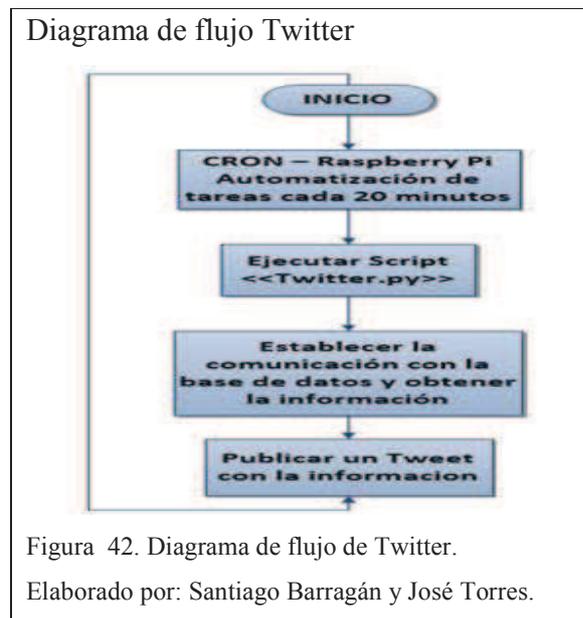


Figura 41. Diagrama de Flujo de correo electrónico.

Elaborado por: Santiago Barragán y José Torres.

Se debe activar el servidor smtp dentro de la Raspberry Pi y determinar las configuraciones generales del correo. Este proceso se observa en el flujograma en la Figura 41.

Para tener un constante monitoreo de las variables dentro del biorreactor se aprovecha el mundo “internet of things”, se crea una cuenta de Twitter para el biorreactor en el cual se publica un “tweet” cada 20 minutos con las variables. Se instala dentro de la Raspberry Pi un servidor llamado Tweepy, se crea una cuenta para el biorreactor y se realiza un script en Python en el cual se comunica con la base de datos y publica el tweet. Ver Figura 42.



El funcionamiento “Smart” del biorreactor está en el capítulo 4, la programación de cada script se encuentra en el anexo 2.

3.4.4.6 Protocolos

Para el sistema SCADA se establecieron dos protocolos de comunicación, Modbus RTU y Ethernet. Para el protocolo Modbus se utiliza la tecnología de transmisión RS 485 entre el PLC y el software LabVIEW. Siendo un bus lineal y una comunicación Maestro/Esclavo. Los parámetros de la comunicación se detallan en la tabla 11.

Tabla 11.
Parámetros del protocolo Modbus.

Configuraciones Generales	
Velocidad Transmisión	19200 Kbps
Medio Físico	Par Trenzado

Topología	Lineal		
N° Dispositivos	2		
PLC Industriano (RTU)			
Dirección	1	Datos	RTU(8 bits)
Bit de Paridad	1		
LabVIEW (MTU)			
Dirección	2	Datos	RTU(8 bits)
Bit de Paridad	1		

Nota: Parámetros generales del protocolo de comunicación Modbus utilizado en el sistema SCADA.

De igual manera en el protocolo Ethernet se utiliza para establecer la comunicación entre el PLC y la Raspberry Pi.

Tabla 12.
Parámetros del protocolo Ethernet.

Configuraciones Generales			
Velocidad Transmisión	10BaseT		
Medio Físico	Par Trenzado UTP		
Topología	Lineal		
N° Dispositivos	2		
Mascara de Red	255.255.255.0		
Tarjeta Ethernet			
Dirección	192.168.10.11 2	MAC	0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFF, 0xEE,
Puerto	HTTP 80	Modo	Cliente
Raspberry Pi			
Dirección	192.168.10.11 2	MAC	00:1B:21:15:6a:bc
Puerto	HTTP 80	Modo	Servidor

Nota: Parámetros generales del protocolo de comunicación Ethernet utilizado en el sistema SCADA.

3.5 Implementación del sistema SCADA

El sistema implementado con los sensores y actuadores correspondientes se puede observar en la Figura 43. Se mantienen en constante funcionamiento durante un año, el sistema debe tener un mantenimiento anual mínimo, como indica las especificaciones técnicas de cada sensor y actuador.

Implementación SCADA



Figura 43. Implementación del sistema SCADA.
Elaborado por: Santiago Barragán y José Torres.

Gracias a los diagramas de las conexiones mecánicas y eléctricas del sistema, se puede montar o reparar cualquier reacción anormal de una manera sencilla y eficaz.

Para el montaje de los sensores y de las electroválvulas dentro del tanque se necesitaron ciertos acoples como se observa en la Figura 44, estos sirven para que el sensor tenga un sello hermético con el tanque.

Electrovalvula y PT100

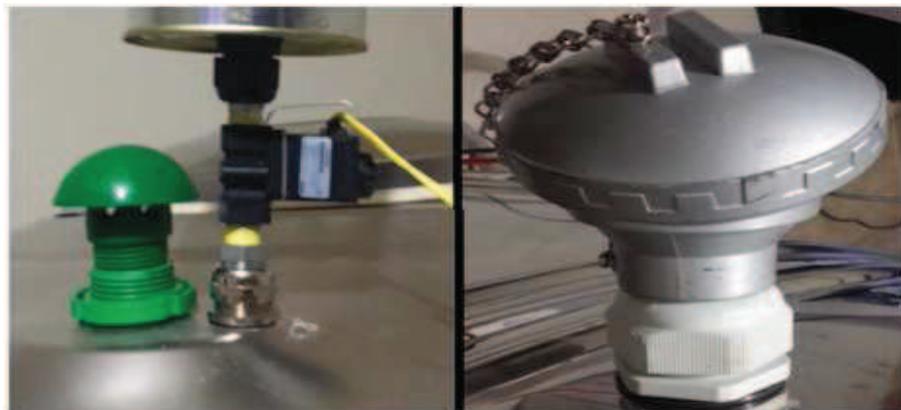


Figura 44. Acoples de las electroválvulas y sensor PT100.
Elaborado por: Santiago Barragán y José Torres.

Los actuadores como la bomba de recirculación del plaguicida necesita una tubería y un distribuidor tipo goteo como se puede observar en la Figura 45.



Para el compresor se acoplo un dispersor de oxígeno dentro del tanque en la parte inferior como se puede observar en la Figura 46.



En la Figura 47 se presentan de manera detallada todos los instrumentos del sistema, así como el detalle de cada una de las partes del tablero del control industrial.



Los elementos enumerados en la imagen 47 son los siguientes:

- **A1:** Electroválvula Acido **110 V**
- **A2:** Electroválvula Básico **110 V**
- **A3:** Bomba de Recirculación **PEDROLLO**
- **A4:** Compresor de Aire **PTK**
- **A5:** Sistema de Enfriamiento **HERMITEQUE**
- **T1:** Transmisor de Oxígeno Disuelto **Atlas Scientific**
- **T2:** Sensor de Temperatura **PT100**
- **T3:** Transmisor de pH **SEN0161**

En la Figura 48 se observa a detalle los elementos del tablero de control industrial, como es el PLC o en la parte de potencia los brakers, protecciones, contactores, guardamotors y las respectivas luces piloto para cada actuador.

Tablero de Control



Figura 48. Detalle de los elementos del tablero de control.

Elaborado por: Santiago Barragán y José Torres.

En cuanto a la implementación del software del sistema SCADA se puede observar en el diseño del mismo detallado en el capítulo 3 en la sección 3.4. En el siguiente capítulo se analiza de una mejor manera los resultados obtenidos del sistema implementado.

CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

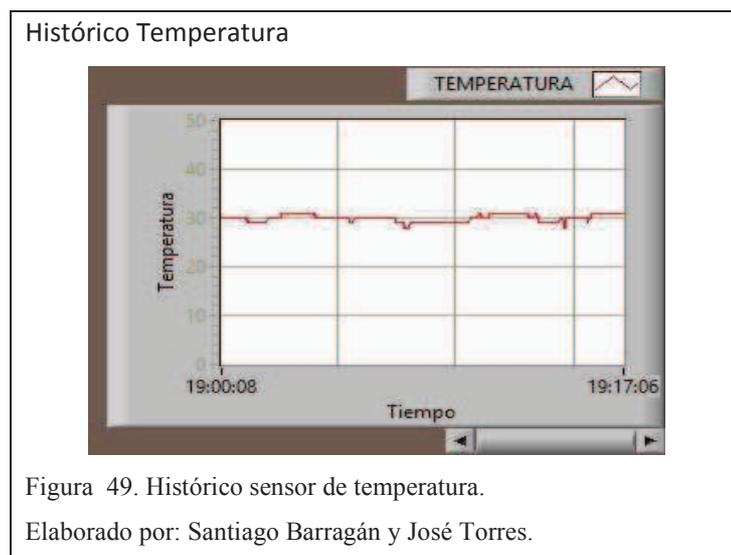
Una vez concluido el diseño y la implementación del sistema SCADA, se realizan las pruebas respectivas con el objetivo de comprobar su correcto funcionamiento, las pruebas se establecieron en un periodo de producción de plaguicida de tres días. El biorreactor se llenó de agua esterilizada y se plantó la matriz origen del plaguicida (microorganismos) para su posterior fermentación.

Se analizan los datos obtenidos de los sensores en la base de datos y el HMI, además de la gestión de eventos y alarmas del SCADA. Las pruebas realizadas sirven para que las variables del sistema permanezcan dentro de los rangos establecidos.

4.1 Pruebas del interfaz HMI

Una vez iniciada la comunicación con el PLC, la interfaz HMI muestra los datos obtenidos de los sensores como se observa en la Figura 35, cada variable del proceso consta con leds indicadores para conocer el estado de los actuadores correspondientes.

El histórico del sensor de temperatura se ilustra en la Figura 49, la tendencia de la temperatura en la región amazónica en este periodo de producción se mantuvo en un rango superior a los 28 °C, por lo que el sistema de enfriamiento funcionó en forma constante para que la temperatura del plaguicida no exceda los 30°C.



Debido al proceso de fermentación dentro del biorreactor, existe un aumento de temperatura superior a los 30 °C, transcurre unos 10 minutos aproximadamente para que el sistema de enfriamiento haga efecto con lo cual se mantiene en los rangos establecidos, este aumento de temperatura no excede los 33 °C que es el valor máximo permitido para que los microorganismos puedan vivir.

Para el análisis de la variable de pH se estimula el sistema con nutrientes y reactivos para que la variable permanezca dentro del rango de 5.8 a 6.2 pH. Debido a la rápida respuesta del sensor y la recirculación de las sustancias este valor permanece en el rango establecido, como se puede observar el histórico de la Figura 50.

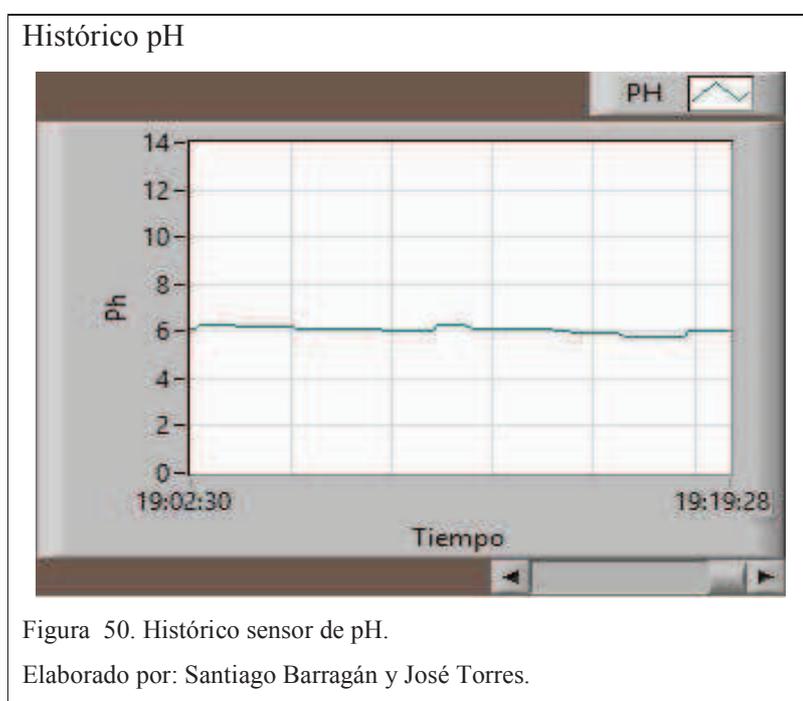
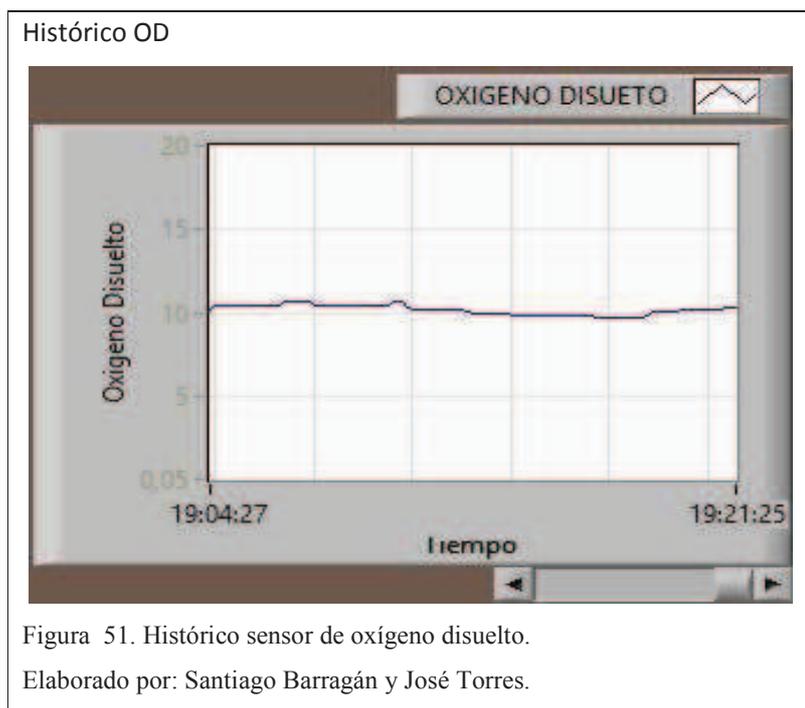


Figura 50. Histórico sensor de pH.

Elaborado por: Santiago Barragán y José Torres.

En primeras instancias la tendencia de la variable de oxígeno disuelto es superior a los 10 mg/L, debido a que el agua oxigenada tiene recirculación permanente por lo tanto el compresor no se activa. Cuando la mezcla comienza a fermentar se produce la reducción, es decir que la sustancia no está oxigenada en el rango permitido por lo que se activa el compresor, el histórico de oxígeno disuelto (OD) se puede observar en la Figura 51.



Como se observa en los históricos la tendencia de cada variable permanece en los rangos establecidos, permitiendo el desarrollo óptimo del plaguicida.

4.2 Pruebas base de datos

Mediante la base de datos se puede obtener las tendencias de cada variable durante el periodo de producción y analizar si están dentro de los rangos establecidos. Para esto se tomó en cuenta los valores obtenidos en ciertos horarios del día.

En la Tabla 13 se puede observar los valores de temperatura, pH y oxígeno disuelto, tomados durante tres días, en ciertas horas de la mañana, tarde y noche.

Tabla 13.
Base de datos del sistema SCADA.

# Día	Hora	T [°C]		pH [pH]		OD [mg/L]
		T Medida	T Referencia	pH Medido	pH Referencia	OD Medido
Día 1	08:00	29,3	29,7	5,9	5,9	9,23
	09:20	28,9	29,1	6,3	6,4	10,57
	11:20	30,2	30,2	5,7	5,7	10,61
	13:20	28,2	28,4	6,3	6,4	10,80
	15:30	28,7	28,9	6,2	6,2	10,53

	17:40	30,2	30,2	6,0	6,1	11,21
	19:20	30,9	31,1	5,9	5,9	11,15
	22:10	29,9	30,1	6,0	6,0	10,20
Día 2	08:00	29,2	29,5	5,6	5,7	10,22
	09:20	28,8	29,0	5,8	5,8	10,47
	11:20	30,1	30,1	5,8	5,8	10,12
	13:20	28,3	28,5	6,0	6,1	10,02
	15:30	28,5	28,9	5,7	5,7	11,20
	17:40	30,2	30,2	6,4	6,4	9,87
	19:20	30,8	31,0	5,9	6,0	10,23
	22:10	29,9	30,0	6,1	6,1	10,22
Día 3	08:00	29,4	29,6	6,0	6,1	10,22
	09:20	29,0	29,2	5,8	5,8	9,65
	11:20	30,1	30,3	6,0	6,1	10,25
	13:20	30,2	30,5	5,9	5,9	10,65
	15:30	30,7	30,7	5,6	5,6	11,09
	17:40	30,7	30,9	5,9	6,0	10,43
	19:20	31,0	31,2	6,3	6,3	10,04
	22:10	30,1	30,2	5,7	5,8	10,13

Nota: Muestras diarias de la base de datos realizado en MySQL, muestras tomadas en ciertas horas del día.

Para observar la tendencia de las variables medidas durante los tres días de periodo de producción se puede observar en las siguientes figuras.

Tendencia día 1

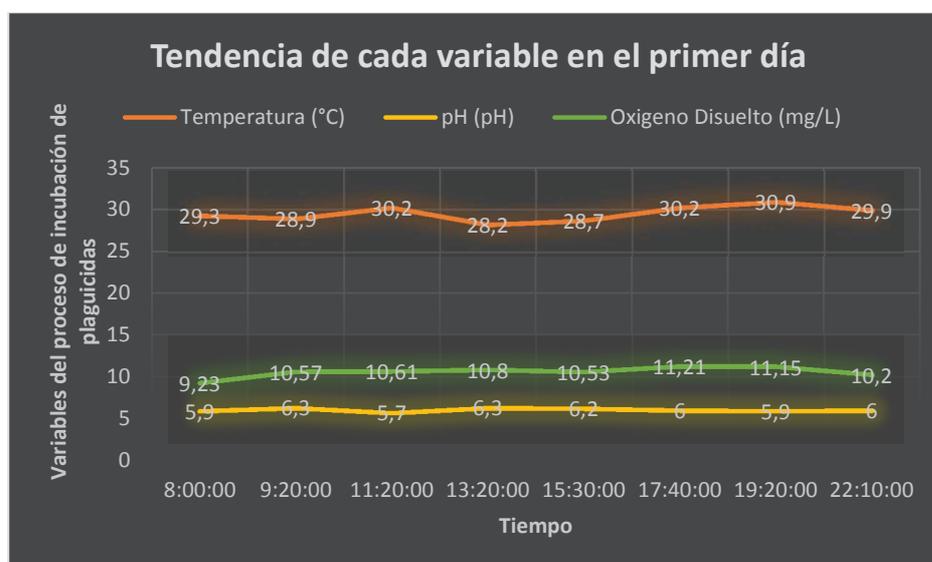


Figura 52. Tendencia de las variables primer día.

Elaborado por: Santiago Barragán y José Torres.

En el primer día la variable de oxígeno se encuentra superior a los 10 mg/L, debido a que la materia prima o plaguicida aun no empieza el proceso de fermentación, al transcurrir los días se empieza a fermentar y se produce el proceso de reducción.

Como se mencionó anteriormente la variable de temperatura supera los 30 °C, pero no es mayor a los 33 °C. Esto debido a que la unidad de enfriamiento no hace efecto inmediato.

Tendencia día 2

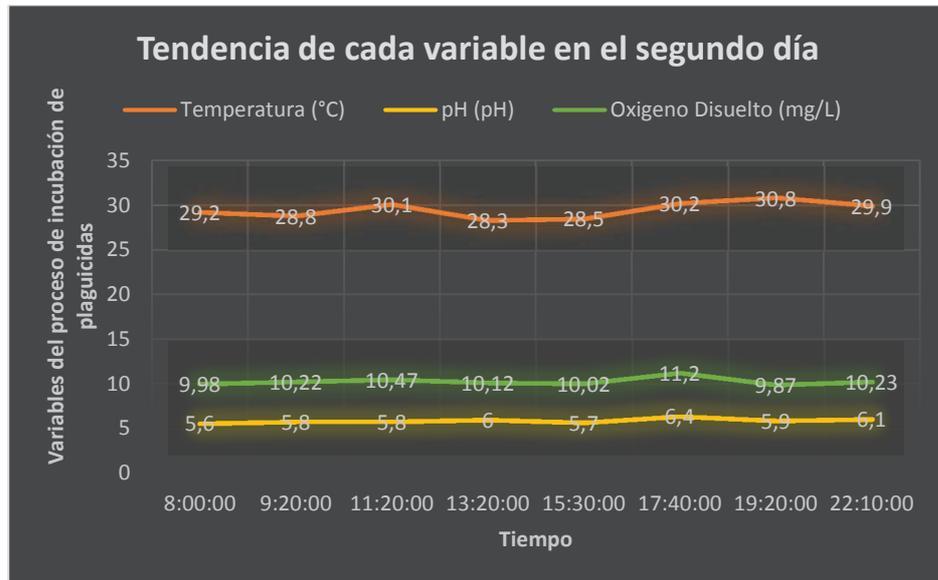


Figura 53. Tendencia de las variables segundo día.

Elaborado por: Santiago Barragán y José Torres.

Tendencia día 3

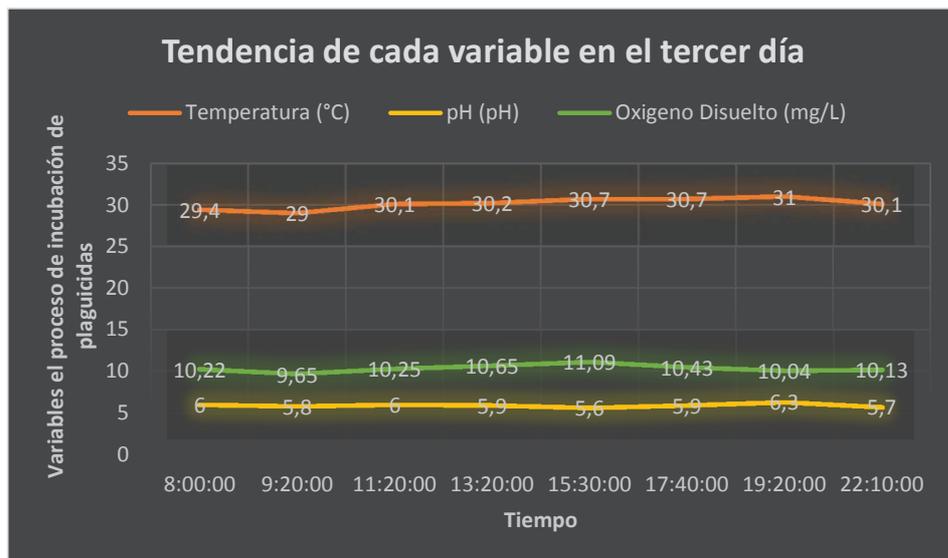


Figura 54. Tendencia de las variables tercer día.

Elaborado por: Santiago Barragán y José Torres.

Como se puede observar la tendencia de las variables medidas se mantienen en los rangos establecidos por los requerimientos del proyecto.

Para obtener el error relativo de las variables de temperatura y pH se utilizó valores de referencia, estos se obtuvieron con instrumentos de medidas digitales, para el caso de temperatura se utilizó termómetro digital para agua Alla F.; mientras que en la variable de pH se utilizó un phmetro digital PH-METER.

A continuación se puede observar en la tabla 14 un análisis general de los valores de error, varianza y desviación estándar para cada variable.

Tabla 14.
Análisis general de las variables del sistema.

Variable	Media	Error relativo porcentual %	Varianza	Desviación estándar
Temperatura	29.7	0.588	0.702	0.83
pH	5.95	0.686	0.051	0.22
Oxígeno Disuelto	10.3	--	0.187	0.491

Nota: Errores, varianza y desviación estándar de cada variable durante un período de producción de plaguicidas.

Con los valores obtenidos se puede señalar que la desviación estándar de cada variable es menor a uno lo que representa que las muestras están más cerca en promedio de la media, lo que indica un valor aceptable de exactitud y precisión de las muestras tomadas, para un análisis detallado de cada día se puede observar en el anexo 6.

Para la variable de oxígeno disuelto cabe mencionar que en el mercado un medidor tiene un alto valor económico por lo cual no se tuvo un instrumento capaz para realizar la medición de referencia, por lo tanto no se puede obtener un error relativo porcentual.

4.3 Eventos y alarmas del SCADA

El sistema SCADA cuenta con notificaciones para avisar el estado de las variable en cada periodo de producción, sin la necesidad de acceder a buscar esta información, si no que se realiza de manera automática.

Como se puede observar en la Figura 55, se envía “tweets” cada 20 minutos informando el valor de las variables del sistema, con la hora y fecha de cada muestra.

Con lo cual el usuario recibe una notificación en su cuenta de Twitter automáticamente, que puede tener en su celular.



De igual manera se recibe un reporte diario de las variables del sistema SCADA al correo del usuario de la empresa, como se puede observar en la Figura 56.



4.4 Productividad del sistema SCADA para el biorreactor

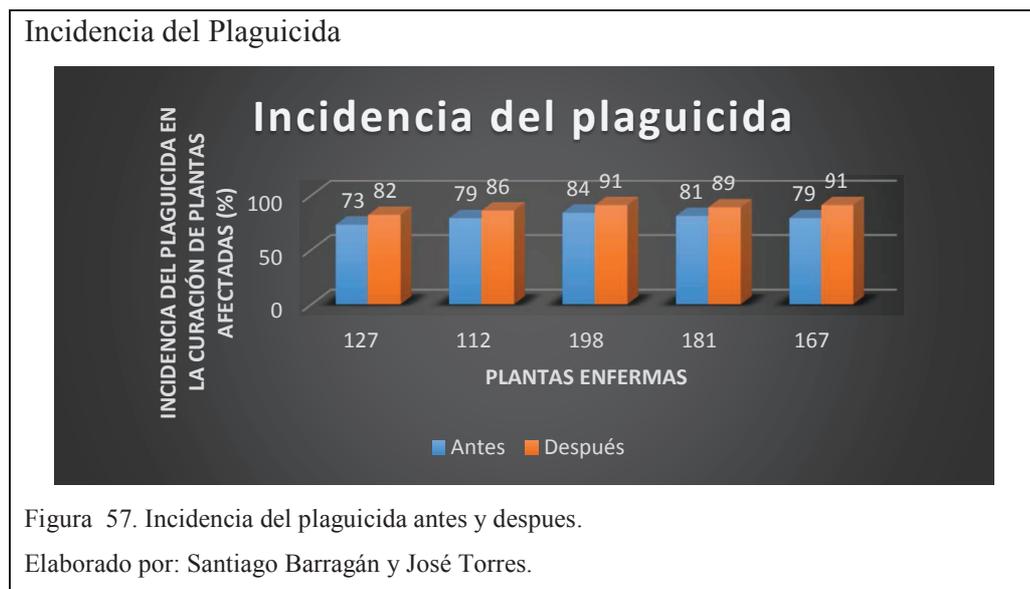
El volumen total de plaguicida producido en un periodo en el biorreactor es de 1.500 litros, cada producción dura de 3 a 4 días, dependiendo de los nutrientes que se implementan como por ejemplo la adición de azúcares, fósforo y sustratos ricos en proteínas. Una vez concluido el proceso de fermentación del plaguicida, pasa por el análisis de calidad realizado por los ingenieros agrónomos de la empresa, para determinar si el producto final es el requerido, en la tabla 15 y en la figura 57 se observa una comparación antes y después del sistema SCADA y su incidencia en el control de plagas.

Tabla 15.

Formato de control de plagas y la incidencia del SCADA en el desarrollo de plaguicidas.

Antes						
Fecha	Número de Plantas monitoreadas	Plaga o Enfermedad	Cepa	Número de Plantas afectadas	Volumen Total de plaguicida	Incidencia (%)
06/10/2015	143	Paicelomuces	TB-23	127	1.2 L	73
22/10/2015	152	Paicelomuces	TB-23	112	1.6 L	79
11/11/2015	212	Streptomyces	M600	198	1.5 L	84
19/11/2015	200	Streptomyces	M600	181	1.1 L	81
Después						
Fecha	Número de Plantas monitoreadas	Plaga o Enfermedad	Cepa	Número de Plantas afectadas	Volumen Total de plaguicida	Incidencia (%)
08/03/2016	147	Paicelomuces	TB-23	127	1.0 L	82
15/03/2016	129	Paicelomuces	TB-23	112	1.2 L	86
22/03/2016	210	Streptomyces	M600	198	1.1 L	91
28/03/2016	190	Streptomyces	M600	181	1.0 L	89

Nota: Muestras tomadas por la empresa, antes y durante el desarrollo del proyecto.



El cálculo determinado del uso del plaguicida en la plantación es igual a 1 litro de plaguicida por hectárea, es decir que en total alcanzaría para 1.500 hectáreas, esto según los cálculos y pruebas realizadas en la empresa. Estos datos fueron proporcionados por la empresa. De igual manera el precio de fabricación es de \$8 dólares USD como valor base, esto se incrementa debido a los nutrientes que se añadan, en comparación con un insecticida similar el precio de 1.500 litros es de \$40 USD en adelante. Estos datos fueron proporcionados por la empresa.

La palma africana de la empresa que se encuentra enferma (ver Figura 58), tiene dos tipos de plagas las “Streptomyces” y la “Paicelomuces”, las cuales al fumigarles el plaguicida desarrollado mueren entre 4 a 12 horas las primeras y en 7 días las segundas, como se observa en la Figura 59. Estos datos son pruebas de los ingenieros agrónomos de la empresa.

Plaga en la palma africana



Figura 58. Plaga en la palma africana. Palmar del Rio 2016.

Elaborado por: Santiago Barragán y José Torres.

Plaga Paicelomuces



Figura 59. Muerte de la plaga "Paicelomuces"

Elaborado por: Santiago Barragán y José Torres.

CONCLUSIONES

Con el desarrollo del sistema SCADA para la incubación de plaguicidas en un biorreactor se obtuvo un control, supervisión y gestión de todas las variables involucradas en el sistema, con lo cual mejoro y facilito el manejo el proceso, además se logró un producto final que cumplió con los requerimientos del proyecto.

Dentro del biorreactor se produce la incubación de plaguicidas en el cual ocurre el proceso de fermentación, mediante los estudios previos se pudo determinar que existen tres variables fundamentales, temperatura, pH y oxígeno disuelto, con lo que se tiene un medio ambiente controlado, ideal para el desarrollo de plaguicidas.

Se utiliza el método de recirculación externa del plaguicida en el biorreactor mediante un paso lateral, debido a que los plaguicidas son sustancias liquidas poco viscosas con lo cual el daño de los microorganismos es mínimo, además se evita comprar un sistema de transmisión por el método de agitación.

Para el diseño del sistema de control se utilizó el PLC Industruino debido a que tiene incorporado librerías con lo que facilita la programación de los sensores de pH y de Oxígeno Disuelto, además de tener una resolución de 18 bits para las entradas analógicas que mejora la precisión de la adquisición de datos.

El uso de LabVIEW como interfaz gráfica permite monitorear en tiempo real las variables del sistema SCADA, el usuario conoce el comportamiento de las mismas y en caso de anomalías toma las medidas respectivas sin la necesidad de su presencia en el biorreactor, mientras que la base datos permite el registro de información para generar un reporte diario, con lo que facilita un futuro análisis del histórico de producción.

La base de datos no se desarrolló en LabVIEW debido a que está instalado en una computadora de escritorio, por ende no siempre estará prendida lo que ocasiona perdida de

información, por tal motivo se instaló el servidor MySQL en una Raspberry Pi, debido al bajo consumo energético que representa frente a una computadora de escritorio.

Con el diseño smart del biorreactor se realiza el monitoreo de las variables de una manera rápida, eficaz e interactiva desde distintos dispositivos inteligentes, con lo que se puede observar y analizar el proceso de fermentación de plaguicidas para poder tomar decisiones oportunas en caso de alguna anomalía.

Al realizar el análisis del error se determinó que el valor de la desviación estándar en las tres variables no superan el 1% durante el período de producción del plaguicida, estableciendo una exactitud y precisión muy altas, esto se refleja en la incidencia y calidad del producto.

El volumen total de producción de plaguicida fue de 1500 litros para 1500 hectáreas, y su incidencia en el control de plagas fue superior en comparación con el sistema antes utilizado, en promedio aumento de un 79,2% a un 87,8% lo que indica la mejora en tiempo y calidad de efectividad.

RECOMENDACIONES

Para la disminución de los errores de temperatura, se analice otro método de enfriamiento, o añadir dos unidades condensadoras, dependiendo del análisis térmico que se realice.

Para futuros cambios de hardware del sistema SCADA, se recomienda mantenerse dentro de la misma red, con la finalidad de compartir la misma información y tener periféricas descentralizadas.

Se propone realizar un análisis de otras variables que influyen en el proceso de fermentación del plaguicida, para tener un producto con mejores estándares de calidad.

Se recomienda que los actuadores del proyecto tengan la adecuada implementación física, además de realizar un mantenimiento preventivo anual.

Como parte adicional al proyecto se propone realizar una línea de embasamiento del producto final, con la finalidad de tener diferentes medidas de manera automática.

Que se tome en cuenta la construcción de un cuarto frío con el fin de evitar la temperatura ambiente en la cual se desarrolló el proyecto.

Por los resultados obtenidos del producto se recomienda aumentar la línea de producción con el fin de comercializar con la asociación de productores de palma africana Ancupa con el fin de que la empresa resulte beneficiada en un futuro.

Se recomienda difundir este trabajo a través de la Universidad Politécnica Salesiana, ya que la empresa Palmar del Río NEGCORPBIS S.A. se encuentra con temas disponibles para desarrollarlos.

REFERENCIA

- Acción Ecológica FAO. (Septiembre de 2012). *Acción ecológica FAO*. Obtenido de <http://www.prenatal.tv/lecturas/ecuador/PLAGUICIDAS%20alerta151.pdf>
- Aceites de Palma. (2012). *Aceites de Palma*. Obtenido de http://palma.aceitescomestibles.com/index.php?option=com_content&view=article&id=5&Itemid=1
- Aguilar, D., & Becerra, G. (Enero de 2011). *Repositorio Digital UPS*. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1878/2/UPS-KT00103.pdf>
- Anglo Ecuatoriana. (10 de 11 de 2015). *Unidades Condensadores*. Obtenido de Refrigeracion: <http://www.angloecuatoriana.com/portfolio-item/unidades-condensadoras/>
- Arévalo, R., & Cabrera Llanos, V. F. (Marzo de 2003). Diseño y construcción de los instrumentos de medición para un biorreactor prototipo. *SOMIE*, XXIV(1), 55-70. Obtenido de medigraphic.com
- Asipuela, R. (2 de 11 de 2015). Requerimientos del Sistema. (Autores, Entrevistador)
- Bradley, A. (12 de Noviembre de 2013). *CONTROLADORES PROGRAMABLES SERIE SLC 500*.
- Bueno, A. (Agosto de 2012). *Redes Informaticas*. Obtenido de http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web_redes/unidad_redes_informaticas_indice.html#indice
- Ciganda, M. (2004). *Electrodos para medir pH*. Facultad de Medicina e Ingeniería Biomedica, Uruguay.
- Creus, A. (2010). *Instrumentación Industrial* (VIII ed.). México D.F., México: Alfaomega.
- CRISON. (2005). Electrodo de Oxígeno Disuelto (O.D.). *Aguas - Industria*, I, 62.
- ecohortum. (2 de Abril de 2013). *Huerto en casa: el pH óptimo*. Obtenido de [ecohorum: http://ecohortum.com/huerto-en-casa-el-ph-optimo-en-suelo/](http://ecohortum.com/huerto-en-casa-el-ph-optimo-en-suelo/)

- Ecuadorian Times. (s.f.). *Ecuadorian Times.net*. Obtenido de <http://www.ecuadortimes.net/es/2013/09/02/precios-bajos-y-poca-productividad-afecta-a-palmeros/>
- El diario. (24 de Agosto de 2011). *EL DIARIO manabita de libre pensamiento*. Obtenido de <http://eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/202402-la-vida-de-la-palma-africana/>
- EL DIARIO. (19 de mayo de 2013). *EL DIARIO manabita de libre pensamiento*. Obtenido de <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/265352-74-de-un-plaguicida-contamina-ambiente/>
- Ganchala, I., & Pullupaxi, J. (Febrero de 2014). *Repositorio Digital ESPE*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/7816/1/T-ESPEL-ENI-0314.pdf>
- Guevarra, E. (2004). *Diseño, construcción y caracterización hidrodinámica de un biorreactor multifuncional*. México.
- Hernandez, A. (2002). *Microbiología Industrial* (3 ed.). Madrid, España: Uned.
- Imperial Electric. (2013). *Imperial Electric*.
- Industruino. (1 de 1 de 2015). *Industruino*. Obtenido de <https://industruino.com/>
- León, C., Rnajt, M., & Saavedra, J. (24 de marzo de 2010). *Blogspot*. Obtenido de <http://sabiundo.blogspot.com/>
- National Instruments. (2015). *NI National Instruments*. Obtenido de <http://sine.ni.com/cs/app/doc/p/id/cs-12665>
- Pedrollo. (11 de 3 de 2015). *Pedrollo*. Obtenido de <http://pedrollo.com.ec/categoria-producto/bombas-de-agua-perifericas/>
- PTK. (12 de 11 de 2015). *Compresor de Aire*. Obtenido de <http://ptk.com.ec/producto/compresor-de-aire-odontologico/>
- Ruíz, H., Rodriguez, M., Contreras, J., & Aguilar, C. (15 de Marzo de 2007). Diseño de biorreactores para fermentación en medio sólido. *AMIDIQ*, VI(1), 33-40.

- Salazar, M. J. (2012). *CARACTERISTICAS Y APLICACIONES. REDES INDUSTRIALES.*
- Siemens. (11 de Noviembre de 2015). *SIMATIC S7-1200 MANUAL DEL PRODUCTO.*
- SINAGAP. (Diciembre de 2013). *Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca.* Obtenido de <http://sinagap.agricultura.gob.ec/bsc-2014/boletin-cultivo-palma-africana/descargables-palma/file/3911-boletin-situacional-palma-africana-2013>
- TANKI-NOX. (1 de 11 de 2015). *TANKI-NOX.* Obtenido de METALQUALITY ECUADOR: <http://www.business.ec/index.php/component/sobipro/10003-representaciones-y-desarrollo-tramisof-cia-ltda?Itemid=0>
- TRE "C" - EVERWATT Group. (12 de 11 de 2015). *Resistencia para calentadores de Agua.* Obtenido de <http://www.resistencias-electricas.com/productos/fluidos/resistencias-para-calentadores-de-agua-tipo-rt/>
- Unicrom. (s.f.). *Electronica Unicrom.* Obtenido de <http://unicrom.com/conductores-electricos/>
- Webtronico. (1 de 6 de 2015). *Sensor de nivel de agua de INOX.* Obtenido de <http://www.webtronico.com/sensor-de-nivel-de-agua-inox-metal.html>
- WIKA. (1 de 1 de 2015). *Transmisores analógicos de temperatura.* Obtenido de http://www.wika.es/t19_es_es.WIKA
- Wiki, R. (17 de Diciembre de 2014). *PH meter(SKU: SEN0161).* Obtenido de openhacks: https://www.openhacks.com/uploadsproductos/ph_meter_sku__sen0161__-_robot_wiki.pdf
- Yusuf, C., & Young, M. (2002). *Bioreactors* (Vol. II). New York: Encyclopedia of Physical Science and Technology.

ANEXOS

Anexo 1. Hojas técnicas del PLC, sensores y actuadores.

Sensor de pH SEN0161

17/12/2014

PH meter(SKU: SEN0161) - Robot WIKI

PH meter(SKU: SEN0161)

From Robot Wiki

Contents

- 1 Introduction
- 2 Applications
- 3 Specification
- 4 pH Electrode Size
- 5 pH Electrode Characteristics
- 6 Use the pH Meter
 - 6.1 Connecting Diagram
 - 6.2 Step to Use the pH Meter
 - 6.3 Sample Code
- 7 Precautions
- 8 Documents



Introduction

Need to measure water quality and other parameters but haven't got any low cost pH meter? Find it difficult to use with Arduino?

Here comes an analog pH meter, specially designed for Arduino controllers and has built-in simple, convenient and practical connection and features. It has an LED which works as the Power Indicator, a BNC connector and PH2.0 sensor interface. To use it, just connect the pH sensor with BNC connector, and plug the PH2.0 interface into the analog input port of any Arduino controller. If pre-programmed, you will get the pH value easily. Comes in compact plastic box with foams for better mobile storage.

Attention:In order to ensure the accuracy of the pH probe, you need to use the standard solution to calibrate it regularly. Generally, the period is about half a year. If you measure the dirty aqueous solution, you need to increase the frequency of calibration.

Applications

- Water quality testing
- Aquaculture

Specification

- Module Power : 5.00V
- Module Size : 43mm×32mm
- Measuring Range:0-14PH
- Measuring Temperature :0-60 °C

[http://drobot.com/wiki/index.php/PH_meter\(SKU:_SEN0161\)](http://drobot.com/wiki/index.php/PH_meter(SKU:_SEN0161))

1/5

- Accuracy : $\pm 0.1\text{pH}$ (25 °C)
- Response Time : $\leq 1\text{min}$
- pH Sensor with BNC Connector
- PH2.0 Interface (3 foot patch)
- Gain Adjustment Potentiometer
- Power Indicator LED
- Cable Length from sensor to BNC connector: 660mm

pH Electrode Size



pH Electrode Characteristics

The output of pH electrode is Millivolts, and the pH value of the relationship is shown as follows (25 °C):

VOLTAGE (mV)	pH value	VOLTAGE (mV)	pH value
418.12	0.00	-418.12	14.00
354.96	1.00	-354.96	13.00
291.80	2.00	-291.80	12.00
228.64	3.00	-228.64	11.00
165.48	4.00	-165.48	10.00
102.32	5.00	-102.32	9.00
39.16	6.00	-39.16	8.00
0.00	7.00	0.00	7.00

Use the pH Meter

Connecting Diagram

Sensor de Oxígeno Disuelto Atlas Scientific



Dissolved Oxygen Probe v 2.0

Typical Applications

- Standard Lab use
- Field use
- Hydroponics
- Fish keeping
- Wine making
- Food Safe
- Mixed aqueous/organic
- Samples containing Heavy metals
- Environmental monitoring

Specifications

- Range: 0-20 mg/L
- Body Material: Epoxy and Noryl
- Max Temperature: 50°C
- Max Pressure: 690 kPa (100PSI)
- Max Depth 60 M (197 ft)
- Calibration Single point in air
- Cable length: 1 Meter
- Weight: 52 grams
- Dimensions: 16.5mm X 116mm (0.65" X 4.57")
- BNC connector



AtlasScientific™

Environmental Robotics

Dissolved Oxygen Probe



Determining the dissolved oxygen percentage as compared to atmospheric oxygen. (non scientific measurement)

$$\% \text{ saturation} = (\text{mv in water} / \text{mv in air}) \times 100$$

Determining the dissolved oxygen in mg/L from the probes output voltage is very complex, and the responsibility of the embedded systems engineer.

The Atlas Scientific Dissolved Oxygen Circuit will perform the calculations for you, to derive oxygen saturation in mg/L.

This Dissolved Oxygen Probe can be **fully submerged** in fresh water or salt water, up to the BNC connector indefinitely.



**EZO™ class
embedded Dissolved
Oxygen circuit**

V 2.6
This is an existing document
that has been updated.

Features

Reads

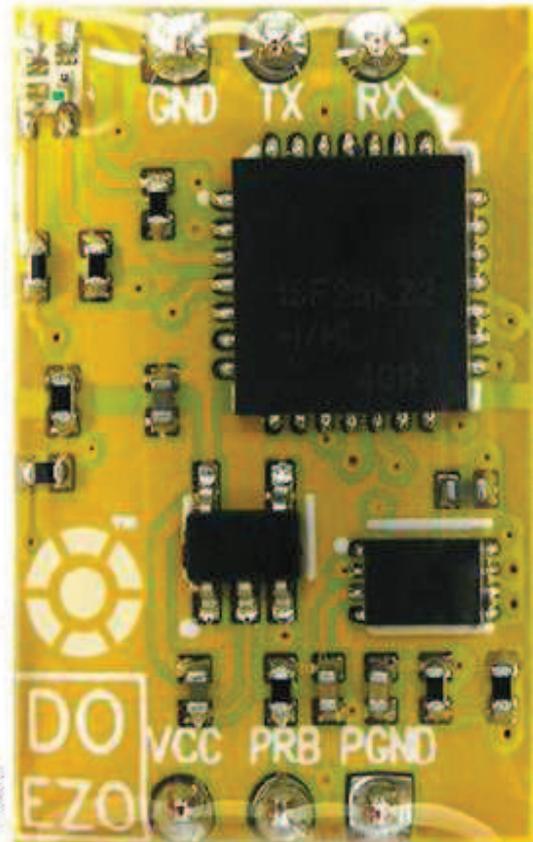
- Full range dissolved oxygen readings from 0.01 to +35.99 mg/L
- Accurate dissolved oxygen readings down to the hundredths place (**+/- 0.2**)
- Temperature compensation
- Salinity compensation
- Pressure compensation
- Flexible calibration protocol supports one point or two calibration
- Calibration required only once per year with an Atlas Scientific™ D.O. probe
- Single reading or continuous reading modes
- **Data format is ASCII**

Two data protocols

- UART asynchronous serial connectivity
- (RX/TX voltage swing 0-VCC)
- I²C (default I²C address 0x61)
- Compatible with any microprocessor that supports UART, or I²C protocol
- Operating voltage: 3.3V to 5V
- Works with any off-the-shelf galvanic HDPE dissolved oxygen probe

Sleep mode power consumption

- 0.995mA at 3.3V



Interconnecting



Atlas-Scientific.com

Description

The Atlas Scientific™ EZO™ class embedded D.O. circuit, is our 6th generation embedded dissolved oxygen circuit. This EZO class D.O. circuit, offers the highest level of stability and accuracy. With proper configuration the EZO class D.O. circuit, can meet, or exceed the accuracy and precision found in most bench top laboratory grade dissolved oxygen meters. The EZO™ D.O. circuit, can work with any off-the-shelf galvanic HDPE dissolved oxygen probe/sensor/electrode. *This device reads the D.O. from a D.O. probe/sensor/electrode. This device does not include a D.O. probe/sensor/electrode.*

Pin Out

- GND** Return for the DC power supply
- Vcc** Operates on 3.3V – 5.5V
- TX / SDA** All EZO™ class circuits can operate in either UART mode, or I²C mode.

The default state is UART mode. In UART mode, this pin acts as the transmit (TX) line. The default baud rate is 9600, 8 bits, no parity, no flow control, one stop bit. If standard RS232 voltage levels are desired, connect an RS232 converter such as a MAX232. If the device is in I²C mode, this pin acts as the Serial Data Line (SDA). The I²C protocol requires an external pull up resistor on the SDA line (resistor not included).

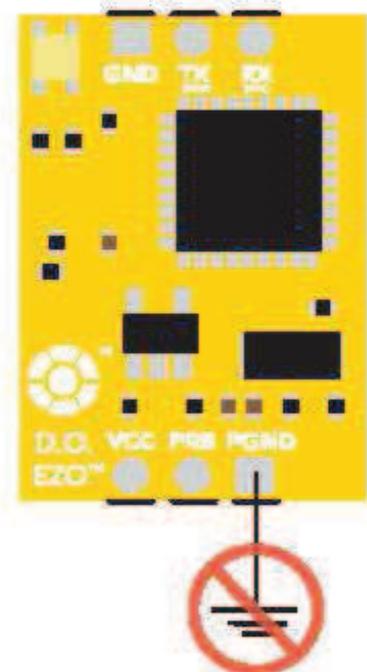
- RX / SCL** All EZO™ class circuits can operate in either UART mode, or I²C mode:

The default state is UART mode. In UART mode, this pin acts as the receive (RX) line. If the device is in I²C mode, this pin acts as the Serial Clock Line (SCL). The I²C protocol requires an external pull up resistor on the SCL line (resistor not included).

- PRB** This pin connects to the output lead of a D.O. probe/sensor/electrode

- PGND** This pin connects to the ground lead of a D.O. probe/sensor/electrode

This pin is not ground.
Do not tie this pin to system ground





Device operation

When an EZO™ class circuit is first powered up, the boot sequence will begin. This is indicated by the LED moving from **Red** to **Green** to **Blue**. The boot up sequence takes 1 second. Once the device has booted up, the circuit will output:

*RS<CR>

*RE<CR>

Indicating the device is ready for operation.

The **Green** LED will also stay lit, indicating that the EZO™ class circuit is now operational in its default state.

Default state

Mode

UART

Baud rate

9600 bps
8 data bits
1 stop bit
no parity
no flow control

Reading time

1 reading every second

Probe type

Any off the shelf galvanic HDPE dissolved oxygen probe/sensor/electrode

LEDs:

Enabled

Steady **Green** = Power on/ standby

Red double blink = Command received and not understood

Green blink per data packet = Continuous data streaming

Cyan = taking a reading

Data output

D.O. (and % saturation if enabled)

Units

mg/L (% sat)

Data Type

Floating point

Format

String or CSV
if % saturation is enabled

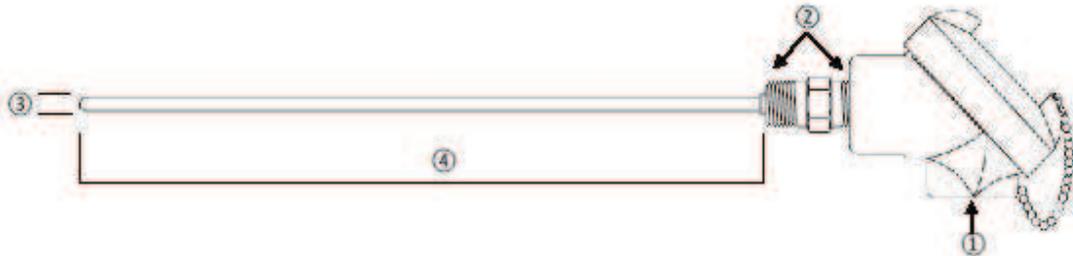
Encoding

ASCII characters followed by a carriage return <CR>
Maximum string length: 14 characters

If the response code is enabled the EZO™ class circuit will respond "**OK<CR>" after a command is acknowledged. If an unknown command is sent the D.O. Circuit will respond "*ER<CR>" this will happen whether or not response codes are enabled.

Sensor RTD PT100

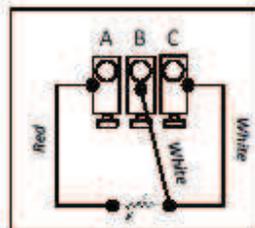
Part Number (Prefix): FM/IHA-RTD
 Description: Industrial RTD Head Assembly 5", 11", 17"



Head Type	Conduit Connection ①	Process Connection ②	RTD Element Range	Sheath Diameter ③	Sheath Material	Immersion Length ④
FM/IHA-RTD-X	X	X-	X-	X	X-	XX
A = Aluminum	F = 3/4" NPT	E = 1/2" NPT	H = -45 to 650°C	F = 0.250"	A = 304 SS	05 = 5"
					B = 316 SS	11 = 11"
						17 = 17"

Part Number	RTD Type	Sheath Length	Sheath O.D.	Sheath Material	Temperature Sensing Range	Weight (ounces)
FM/IHA-RTD-AFE-H-FB-05	PT100, 3-wire	5"	0.250"	316 SS	-50 to 1200°F (-45 to 650°C)	19
FM/IHA-RTD-AFE-H-FB-11		11"				20
FM/IHA-RTD-AFE-H-FB-17		17"				21

Head Type:	Cast aluminum, threaded cap with O-ring gasket, 304SS screw & chain, IP67, max temperature +400°F (204°C) Process Connection: 1/2" NPT Conduit Connection: 3/4" NPT
Terminal Block:	SS terminals and SS screws, 3-pole, ceramic base
Sheath Material:	316 Stainless steel
Sensing Element:	Simplex (Single) element, 3-wire, 100 Ω, 385 platinum, +/- 0.12% resistance tolerance at 0°C
Minimum Insertion Depth:	5 inches
Response Time Constant:	9 seconds (Defined as the time required to reach 63.2% of an instantaneous temperature change. Five time constants are required to approach 100% of the step change value)



Date:	03/04/2013
Rev #:	1
By:	NOM

Transmisores analógicos de temperatura Modelo T19.10, rangos de medición configurables, versión cabezal Modelo T19.30, rangos de medición configurables, versión carril

Hoja técnica WIKA TE 19.03



Aplicaciones

- Ingeniería de instalaciones
- Técnica de generación de energía
- Calefacción, climatización, ventilación, refrigeración

Características

- Ejecuciones para Pt100
- Rangos configurables (puentes de soldadura)
- Señalización de error en caso de rotura de sensor y cortocircuito
- Amplio rango de temperaturas ambientes
- Compacto y económico



Transmisor de temperatura analógico
Imagen izquierda: modelo T19.10
Imagen derecha: modelo T19.30

Descripción

Los transmisores analógicos de la serie T19 están dotados con rangos configurables y previstos para la aplicación con termorresistencias. Con la colocación de puentes de soldadura puede seleccionarse de manera sencilla un rango de medición. Por eso los transmisores están adecuados para usuarios que deben reaccionar a corto plazo a cambios de exigencias.

Los transmisores de temperatura convierten la variación de la resistencia en función de la temperatura en una señal eléctrica de 4 ... 20 mA. Este modo permite la transmisión de los valores de temperatura de manera segura y sencilla.

La precisión, la monitorización y las condiciones ambientales admisibles están adaptadas a las exigencias de aplicaciones industriales.

La caja para el montaje en la sonda es acoplable en cualquier cabezal DIN de la forma B.

Los transmisores de carril son adecuados para los carriles de la normativa DIN EN 50022-35.

Datos técnicos	Modelos T19.10 y T19.30			
		1P01	1P02	1P03
Entrada		1 x Pt100 según IEC 60584 ($\alpha = 0,00385$) *		
■ No configurado		Conexión de 2 ó 3 hilos		
■ Estándar ¹⁾	°C	-50 ... +50	-50 ... +200	-30 ... +30
	°C	0 ... 50	0 ... 200	-30 ... +50
	°C	0 ... 100	0 ... 250	0 ... 60
	°C	0 ... 120	0 ... 300	0 ... 80
	°C	0 ... 150	0 ... 350	0 ... 100
	°C	0 ... 200	0 ... 400	0 ... 120
■ Rangos especiales		Configuración desde fábrica, modificación de la configuración del rango no es posible entre -200 ... +850 °C (mín. span: 20 K, máx. span: 1.050 K)		
Ajuste punto cero	°C	aprox. ±10	aprox. ±25	aprox. ±30
Rango de ajuste span	%	aprox. 10		
Corriente de medición		aprox. 0,8 mA		
Resistencia de conductor máx.		30 Ω por hilo, 3 hilos simétricos		
Compensación de punta fría		-		
Salida analógica		4 ... 20 mA, técnica de 2 hilos		
Linealización		Linealización de temperatura según IEC 60751 / DIN 43760		
Límites de salida				
Rotura de la sonda	mA	Escala inferior, < 3 ²⁾		
Cortocircuito de la sonda	mA	Escala inferior, < 3 ²⁾		
Tiempo de ascenso t_{90}	s	< 0,01		
Tiempo de activación (duración hasta el primer valor de medición)	s	< 0,1		
Tasa de medición		Permanente (sistema analógico)		
Energía auxiliar U_B ⁴⁾		DC 10 ... 30 V del bucle de 4 ... 20 mA		
Carga R_A		$R_A \leq (U_B - 10 \text{ V}) / 0,02 \text{ A}$ con R_A en Ω y U_B en V		
Desviación de medida según DIN EN 60770, con 23 °C ± 5 K	%	± 0,5 ⁵⁾		
Influencia de la carga	%/100 Ω	± 0,05 Ω		
Influencia de la energía auxiliar	%/V	± 0,025		
Tiempo de asentamiento		5 minutos hasta alcanzar los datos de la hoja técnica		
Error de linealización	%	± 0,1 ⁶⁾		
Error de reforzamiento	%	-		
Influencia de la compensación de la junta fría		-		
Coefficiente de la temperatura CT de -40 ... 85 °C		NP: ± 0,1 %/10 K ó ± 0,2 K/10 K ⁷⁾		
Influencia de las resistencias del conductor		Span: ± 0,2 K / 10 K 3-hilos: ± 0,2 K / 10 Ω 2-hilos: resistencia del conductor		
Interferencia electromagnética (EMC)		Conformidad CE según DIN EN 61326-1		
Aislamiento galvánico entre sensor y salida (4 ... 20 mA)		No		

Indicaciones en % están relacionadas al span de medición

* Pt1000 así como rangos especiales a consultar.

1) También otras unidades p.ej. °F y °R.

2) Escala superior solo si está abierto conductor nr.1

3) Valor de temperatura en mA, en caso de cortocircuito entre los conductores nr.2 y nr.3 (servicio del Pt100 en conector de 2 hilos)

4) Entrada de la energía protegida contra polaridad inversa

5) Con rango de medición configurada desde fábrica

6) ±0,1% con rango de medida 0 ... 50 °C, 0 ... 300 °C, 0 ... 350 °C

7) Válido el valor superior

Leyenda del número del conductor

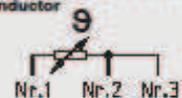
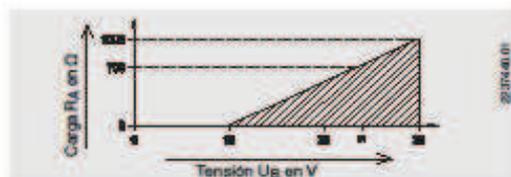


Diagrama de carga

La carga admisible depende de la tensión del bucle de alimentación

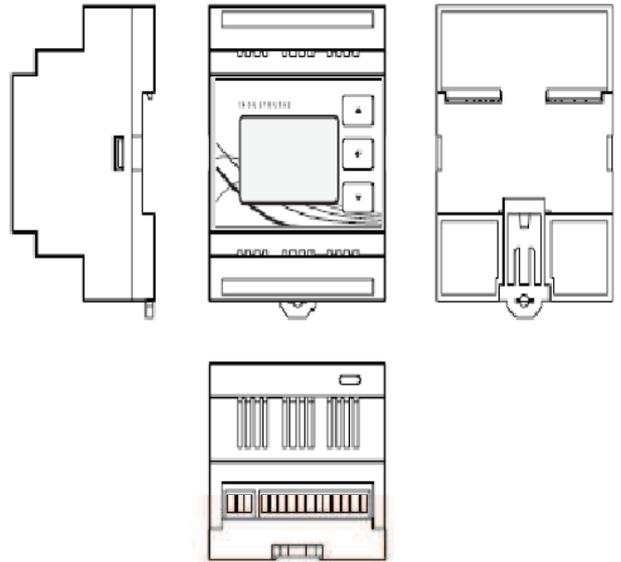
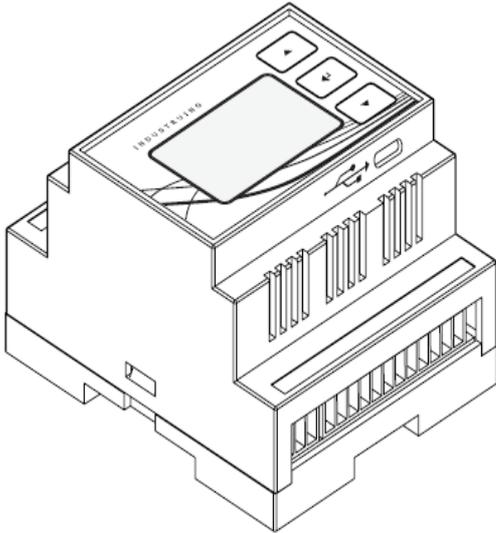


PLC Industruino IND I/O.

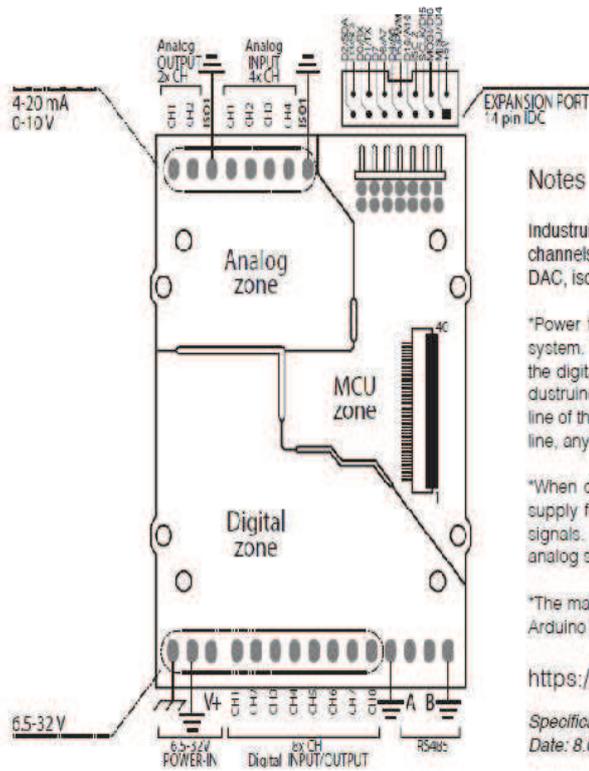


INDUSTRUINO IND I/O - PRODUCT DATASHEET, MARCH 2015
 Industruino is an Arduino compatible industrial controller. www.industruino.com

Ind.I/O Datasheet



Ind.I/O Baseboard Pinout



Notes

Industruino ind.I/O is the Arduino-compatible equivalent of a PLC. The interface board offers 8 channels of 24V I/O, 4 channels of 0-10V/4-20mA 18bit ADC, 2 channels of 0-10V/4-20mA 12bit DAC, isolated RS485 transceiver, isolated power zones.

*Power for the main Industruino functions is supplied through the digital field section of the system. The MCU control section and analog field section are both galvanically isolated from the digital section and each other. When a single power supply is used to power both Industruino and analog peripherals, the GND line of the analog section should be tied to the GND line of the digital section. If the GND line of the analog field section is not tied to the digital GND line, any incoming analog signals will appear to be floating.

*When operating in an electrically noisy environment it is possible to use a separate power supply for your analog peripherals. This will improve the stability of your analog input/output signals. In this case the GND line of the digital field power supply should not be tied to the analog supply's GND line.

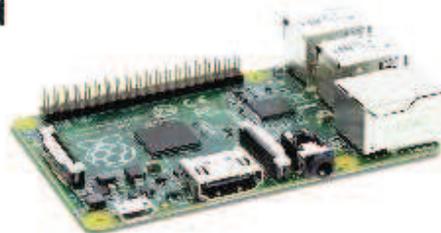
*The majority of IND I/O board functions are controlled via I2C, therefore it requires the "Indio" Arduino library which can be found on our website's support page.

<https://industruino.com/page/techcentre>

Specifications subject to change without notice.
 Date: 8.03.2015

Installation	
Mounting	on 35 mm DIN rail, 4 spacing units wide
Supply voltage	
Standard input voltage	12V / 24V
permissible range, lower limit (DC)	6.5 V
permissible range, upper limit (DC)	32 V
Digital inputs	
Number of digital inputs	8 (shared with digital outputs)
Type of digital input	Galvanically isolated serializer with interrupt
Input voltage range	0-32V
Logic HIGH voltage	>11V
Logic LOW voltage	<3V
Maximum trigger frequency	10 KHz
Protection of digital outputs	Short-circuit, over-current, over-temperature, ESD, transients.
Digital outputs	
Number of digital outputs	8 (shared with digital outputs)
Type of digital output	Galvanically isolated high-side driver (Charge pump NFET)
Output voltage range	Tied to supply voltage (6.5-32V)
Maximum current per output	2.6 A
Maximum total current	6.5 A
Maximum switching frequency	400 Hz
Protection of digital outputs	Short-circuit, over-current, over-temperature, ESD, transients.
Analog inputs	
Number of analog inputs	4
Type of analog inputs	Buffered ADC
Range of voltage measurement	0-10V / 0-5V
Range of current measurement	4 -20mA
Switching of voltage / current mode	Automatic - in software
Resolution	18Bit
Conversion rate	18bit: 3.75 Hz - 16bit: 15 Hz - 14bit: 60 Hz - 12bit: 240 Hz
Protection of analog inputs	ESD, transients.
Analog Outputs	
Number of analog outputs	2
Type of analog outputs	Buffered DAC
Range of output voltage	0-10V
Range of output current	4 -20mA
Switching of voltage / current mode	Automatic - in software
Resolution	12Bit
Update rate	20 KHz
Protection of analog outputs	Short-circuit, over-current, over-temperature, ESD, transients.
Communication ports	
RS485	
Isolation topology	Isolated from MCU and analog field section
Duplex type	Half duplex
Number of receivers on bus	32
Data rate	1 Mbps
Expansion port (direct MCU control)	
Isolation topology	Isolated from digital and analog field section
Number of pins	14
Voltage level	5V
Protocols supported	SPI, I2C, UART, 9 GPIO's
Protection of expansion port	ESD, transients.
User Interface	
LCD	128x64 pixel FSTN with dimmable backlight
Push buttons	3 - push button membrane panel
Environmental	
Protection class	IP20
Ambient operating temperature	0 - 55 °C
Dimensions	
Width	71.5 mm
Height	87 mm
Depth	58 mm
Weight	150 g

Raspberry Pi Modelo B+



MODEL B+

Product Name Raspberry Pi Model B+

Product Description The Raspberry Pi Model B+ incorporates a number of enhancements and new features. Improved power consumption, increased connectivity and greater IO are among the improvements to this powerful, small and lightweight ARM based computer.

Specifications

Chip	Broadcom BCM2835 SoC
Core architecture	ARM11
CPU	700 MHz Low Power ARM1176JZFS Applications Processor
GPU	Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG, and 1080p30 H.264 high-profile decode Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure
Memory	512MB SDRAM
Operating System	Boots from Micro SD card, running a version of the Linux operating system
Dimensions	85 x 56 x 17 mm
Power	Micro-USB socket 5V, 2A

Connectors:

Ethernet	10/100 BaseT Ethernet socket
Video Output	HDMI (rev 1.3 & 1.4) Composite RCA (PAL and NTSC)
Audio Output	3.5mm jack, HDMI
USB	4 x USB 2.0 Connector
GPIO Connector	40-pin 2.54 mm (100 mil) expansion header: 2x20 strip Providing 27 GPIO pins as well as +3.3 V, +5 V and GND supply lines
Camera Connector	15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2)
JTAG	Not populated
Display Connector	Display Serial Interface (DSI) 15 way flat flex cable connector with two data lanes and a clock lane
Memory Card Slot	SDIO

Electrobomba PK

30/3/2016

PK

Electrobombas con rodete periférico



CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta 90 l/min (3,4 m³/h)
- Altura manométrica hasta 100 m

LIMITES DE UTILIZO

- Altura de instalación manométrica hasta 8 m
- Temperatura del líquido de -10 °C hasta +60 °C
- Temperatura ambiente hasta +40 °C (+45 °C para PK 50)
- Presión máx. en el cuerpo de la bomba:
 - 6,5 bar para PK 60-65-70-80
 - 10 bar para PK 90-100-200-300
- Funcionamiento continuo S1

EJECUCION Y NORMAS DE SEGURIDAD

EN 60335-1 EN 60034-1
IEC 60335-1 IEC 60034-1
CEI 61-150 CEI 2-3



CERTIFICACIONES



UTILIZOS E INSTALACIONES

Son recomendadas para bombear agua limpia, sin partículas abrasivas y líquidos químicamente agresivos con los materiales que constituyen la bomba.

Por su confiabilidad, simplicidad en el uso y por su ventaja económica, son aptas para el uso doméstico y en particular para la distribución del agua a pequeñas tanques de presión para irrigación de huertos y jardines.

La instalación se debe realizar en lugares cerrados o protegidos de la intemperie.

PATENTES - MARCAS - MODELOS

- Modelo registrado PKm62 n.º 009873394
- Solicitud patente n.º IT 243625 (Reduce la dificultad del arranque debido al bloqueo del rodete después de períodos prolongados de inactividad)
- Modelo comunitario registrado n.º 001894178

EJECUCION BAJO PEDIDO

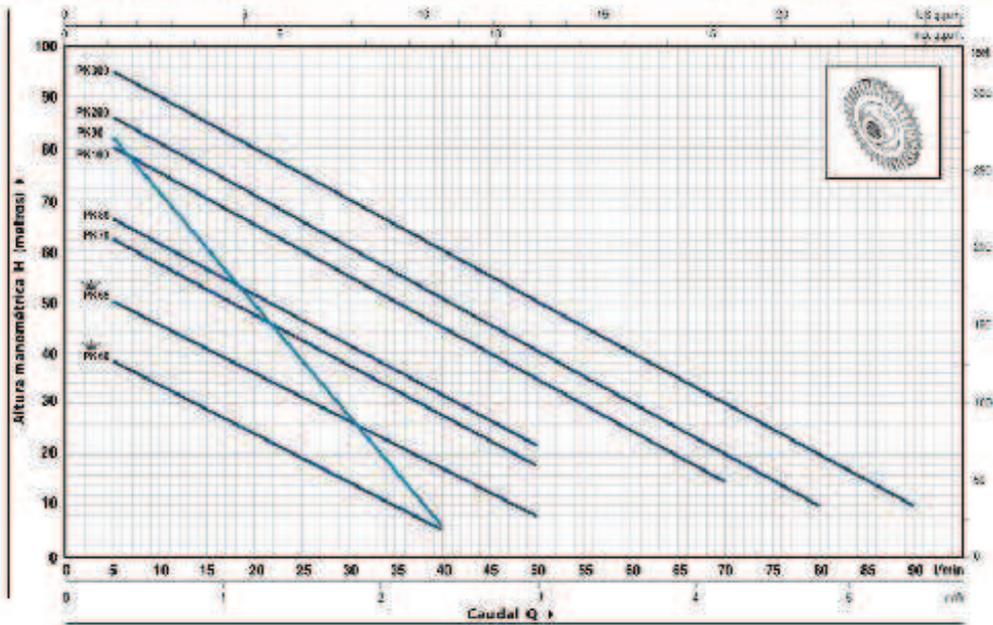
- Cuerpo bomba con bridas roscadas RPT ANSI B 1.201
- Sello mecánico especial
- Otros voltajes
- Protección IP X5 para PK 70-80-90-100-200-300

GARANTIA

2 años según nuestras condiciones generales de venta.

CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n=3450 T/min H=0 m



MODELO		POTENCIA		Q	H																				
Manfásico	Tifásico	kW	HP		m³/h	0	0.5	1h	1.5	2h	2.5	3h	3.5	4h	4.5	5h	5.5	6h	6.5	7h	7.5	8h			
				l/min	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90		
PKm 60 ^h	PK 60 ^t	0.32	0.50	H maneta	40	38	33.5	29	25	19.5	15	10	5												
PKm 65	PK 65	0.50	0.70		55	52	45.5	40.5	36	31	27	22	17	8											
PKm 70	PK 70	0.60	0.85		65	62	57	52	47	42	37	32	27	19											
PKm 80	PK 80	0.75	1		70	67	61	56	51	46	41	36.5	31	22											
PKm 90	PK 90	0.75	1		90	82	75	69	63	58	53	47	42	35											
PKm 100	PK 100	1.1	1.5		85	82	75	70	65	60	55	50	45	38	25	15									
PKm 200	PK 200	1.5	2		90	85	80	76	71	66.5	62	57	52	46	40	33	26	19							
-	PK 300	2.2	3		100	95	90	85	80	75	70	65	60	54	48	42	36	30	24	18					

Q: Caudal. H: altura convertida a caudal. HS: altura de aspiración

Teléfono de un curso de prestaciones según TU 10 4907 Caudal



Manual del Usuario

NORMAS ESPECIFICAS DE SEGURIDAD PARA COMPRESORES

- Para reducir el riesgo de explosión, no rocíe líquidos inflamables en el área. Es normal que el motor del compresor llegue a generar alguna chispa, si ésta entra en contacto con el inflamable, puede generar una explosión.
- Siempre opere la unidad en un área bien ventilada.
- Los solventes trichloroethane y cloruro de metileno puede, por medios químicos reaccionar con el aluminio usado en alguna pintura. Si estos solventes son usados, asegúrese de que el equipo de spray sea de acero inoxidable compresor no es afectado por el uso de estos solventes.
- Nunca inhale el aire producido por el compresor.
- Nunca use una soldadora cerca del compresor, ni intente soldar el tanque de este.
- No use el compresor al aire libre mientras llueve o en superficies húmedas.
- Chequee la presión máxima a la que pueden ser sometidas las herramientas que está usando.
- Para evitar el riesgo de quemaduras, permita que partes calientes se enfrien antes de un mantenimiento o revisión.
- Esté seguro de leer todas las etiquetas en los contenedores de pintura u otros materiales para ser rociados. Estrechamente siga todas las instrucciones de seguridad. Use una máscara de respirador.
- Siempre lleve puestos anteojos de seguridad o gafas usando el compresor de aire.
- No intente ajustar el interruptor de presión o el la válvula de liberación.
- Drenar la humedad del tanque diariamente. Esto ayudará a prevenir la corrosión.
- Guarde el compresor al menos a 300 mm de la pared para asegurar ventilación.
- Proteja la manguera de aire y el cable de posibles daños.
- Inspeccione para puntos débiles y sustituya si es necesario.
- Use solo manguera de aire adicional en vez de una cuerda de extensión para prevenir la pérdida de potencia y el daño posible al motor.
- Después de periodos mucho tiempo de trabajo, las partes metálicas externas podrian estar calientes.
- Siempre apague la unidad antes de desconectar el cable de la corriente de energía.
- Verifique normalmente el nivel de aceite de la unidad. Este debe estar siempre cerca del círculo rojo que indica la varilla de medición.
- Después de usar el compresor, apague la unidad, desconecte el suministro de energía y abra la válvula de salida para liberar la presión. *No intentan quitar cualquier parte de la máquina mientras ésta está bajo presión.
- Nunca aplique el aire de salida de este compresor directamente en cualquier parte de una persona o su cuerpo. No intente obstruir la salida de aire con su dedo o cualquier parte de su cuerpo.
- Advertencia. En caso de que una línea de aire sea cortada o rota, debe ser apagado en el compresor, no intente agarrar la manguera, asegúrese de que no haya nadie con riesgo de lesión, apague el compresor y quite la manguera.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

DATOS TÉCNICOS

VOLTAJE/FRECUENCIA	monofásico 220V - 60Hz
POTENCIA	850W - 1,2HP
VELOCIDAD EN VACIO	n0= 1400/min
CAUDAL	154L/min - 16,8CFM
CAPACIDAD DE TANQUE	38L - 10Gal
PRESION MAX/IMA	8bar - 115PSI
NIVEL DE RUIDO	53DB
PESO	25,6kg - 56,43lb
AISLACION	CLASE I



CABLE DE EXTENSIÓN

- Reemplace los cables dañados inmediatamente. El uso de cables dañados puede dar descargas eléctricas, quemar o electrocutar.
- Si es necesario un cable de extensión, debe ser usado un cable con el tamaño adecuado de los conductores. La tabla muestra el tamaño correcto para usar, dependiendo en la longitud del cable y el rango de amperaje especificado en la etiqueta de identificación de la máquina. Si está en duda, use el rango próximo más grande. Siempre use cables de extensión listados en UL y CSA.

TAMAÑOS RECOMENDADOS DE CABLES DE EXTENSIÓN

Rango de amperaje de la herramienta	Longitud del cable			
	50ft	15m	100ft	30m
3-6	18 AWG	2,00mm ²	16 AWG	2,5mm ²
6-8	16 AWG	2,5mm ²	14 AWG	3,00mm ²
8-11	14 AWG	3,00mm ²	12 AWG	4,00mm ²

INSTRUCCIONES DE OPERACION

1. Cuando utilice el compresor, localicelo en una superficie nivelada, en un lugar interno seco, limpio, y con suficiente ventilación. Preste especial atención a la entrada de polvo en el área de trabajo. En caso de encontrarse demasiado polvo en el ambiente, filtre el aire como corresponde o cambie la localización del compresor.
2. Chequee que el circuito de gas no se encuentre bloqueado, todo componente tiene un fenómeno anormal antes de su utilización, luego enchufe el cable de poder a la fuente de energía (el enchufe debe poseer una buena toma a tierra). El motor del compresor comenzará a funcionar, actuará el valor electromagnético, cierre el circuito de gas vacío, complete la aplicación y comience la operación. (cierre cada circuito de gas).
3. Cuando el manómetro indique que ha llegado a la mayor presión dada, el controlador de presión se activará, desconectando automáticamente el compresor. Si el compresor se detiene por otro motivo que no sea la suba de presión o la suspensión de la fuente de poder, el compresor volverá a funcionar cuando la presión de tanque baje a la presión mínima del punto de control, restaurando la electricidad.
4. Conecte la boca de la válvula usando el conducto de suministro de aire, abra las válvulas de escape para que el suministro de gas sea enviado al equipo directamente. Cuando el manómetro indique que la presión ha bajado al mínimo de presión admitida, el compresor se cerrará automáticamente y este se reiniciará. (Esta presión mínima fue preestablecida por la fábrica y los usuarios no podrán ajustarla por sí mismos).



UNIDAD CONDENSADORA

UNIDADES CONDENSADORAS MEDIA / ALTA TEMPERATURA



COMPRESORES
**L'UNITE
HERMETIQUE**

R22 / R-404A

FDUC



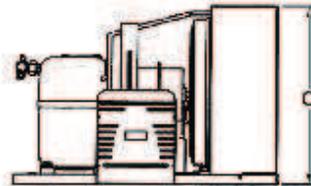
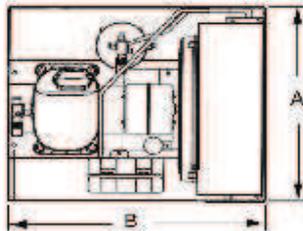
Características Generales

- Compresor L'UNITE HERMETIQUE
- Condensador en chapa Galvanizada
- Forzador/es con Grilla/s protectora/s
- Tubo Recibidor con llave de servicio
- Presóstato de seguridad a tarado fijo para Alta/Baja Presión
- Caja de conexiones eléctricas con bornes identificados
- Componentes metálicos protegidos con pintura Epoxi Homeada

HP (Potencia)	MODELO	Volts / F / Hz	Tubo Recib. L/L	Rendimiento Frigorífico (Kcal/h)								Ventilador			Dimensiones mm			Peso Bruto Kg		
				Temperatura Evaporación								Caudal Aire m ³ /h	Cantidad	Ø Pala mm	Ø Succión	Ø Descarga	A		B	C
				-25°C	-20°C	-15°C	-10°C	-5°C	0°C	+7,2°C	+15°C									
1 1/2	FDUC4519M	220/1/50	3			1835	2272	2743	3240	4015	4936	2250	1	350	5/8	3/8	510	620	450	53
1 1/2	FDUC4519T	380/3/50	3			1835	2272	2743	3240	4015	4936	2250	1	350	5/8	3/8	510	620	450	53
2	FDUC4524M	220/1/50	3			1981	2503	3041	3612	4577	5714	2250	1	350	5/8	3/8	510	620	450	53
2	FDUC4524T	380/3/50	3			1981	2503	3041	3612	4577	5714	2250	1	350	5/8	3/8	510	620	450	53
2 1/2	FDUC4531U	380/3/50	6			3064	3750	4481	5300	6533	7978	3300	1	400	7/8	3/8	650	600	540	89
2 1/2	FDUC4531T	380/3/50	6			3064	3750	4481	5300	6533	7978	4300	2	350	7/8	3/8	990	605	440	89
3	FDUC4540U	380/3/50	6			3541	4418	5344	6397	7907	9718	6300	1	600	7/8	3/8	854	670	510	103
3	FDUC4540T	380/3/50	6			3541	4418	5344	6397	7907	9718	4300	2	350	7/8	3/8	990	605	440	103
5	FDUC4561U	380/3/50	9			5085	6333	7709	9299	11828	14947	6300	1	500	1 1/8	1/2	854	670	510	110
5	FDUC4561T	380/3/50	9			5085	6333	7709	9299	11828	14947	6600	2	400	1 1/8	1/2	1080	610	560	126
6	FDUC4568T	380/3/50	9	3754	4941	6236	7639	9171	10766	13950	16265	6600	2	400	1 1/8	1/2	1080	610	560	133
7 1/2	FDUC4590D	380/3/50	12	4042	5417	7227	9094	11149	13337	16758	20809	12600	2	500	1 1/8	5/8	1417	765	871	215
10	FDUC4612D	380/3/50	12	5679	7789	10205	12853	15669	19843	24003	29563	12600	2	500	1 3/8	5/8	1417	765	710	225
12	FDUC4614D	380/3/50	12	6109	7881	10613	13471	16701	20109	25607	32367	12600	2	500	1 3/8	5/8	1417	765	950	235

Los rendimientos están dados para Temperatura Ambiente de: 35°C

DIMENSIONES



Good Cold
UNIDADES CONDENSADORAS

La empresa se reserva el derecho de realizar modificaciones en los equipos sin previo aviso.

Revisión 7-2011 U.C.G.C

Anexo 2. Programación del PLC, LabVIEW y Raspberry Pi. Programación PLC

```
sketch_apr03a $  
/*  
    PROYECTO PALMAR DEL RIO  
    UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA  
    QUITO - ECUADOR  
    2016  
  
*/  
  
//Configuraciones Iniciales PLC Industruino y módulo Ethernet.  
//Librerías añadidas  
typedef uint8_t SOCKET;  
#include <SPI.h>  
#include <Ethernet.h>  
#define W5500_ETHERNET_SHIELD  
#include <Indio.h>  
#include <Class_define.h>  
#include <Wire.h>  
#include <UC1701.h>  
#include <SimpleModbusSlave.h>  
  
//Configuraciones LDC (tamaño, brillo, simbolos)  
static UC1701 lcd;  
static const byte brilloLDC = 26; //brillo del LDC  
static const byte LCD_WIDTH = 128; // ancho LDC  
static const byte LCD_HEIGHT = 64; // altura LDC  
//Símbolo °C  
static const byte DEGREES_CHAR = 1;  
static const byte degrees_glyph[] = { 0x00, 0x07, 0x05, 0x07, 0x00 };  
// Configuración del módulo Ethernet  
byte mac[] = {0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFF, 0xEE}; // Dirección MAC  
byte ip[] = {192,168,10,112}; // Dirección IP del Industruino  
byte server[] = {192,168,10,110}; // Dirección IP del servidor  
EthernetClient client;  
  
//Configuración función Mills  
unsigned long tiempo = 0;  
unsigned long t_actualizado = 0;  
unsigned long t_delay = 600000;  
  
//variables del sistema SCADA  
//variables ph  
float Vvalor;  
double phValor=0;  
int Valvula_Acido=4; //Electrovalvula Acido conectada al CH4  
int Valvula_Basico=5; //Electrovalvula Basico conectada al CH5
```

```

//variables del sistema SCADA
//variables ph
float Vvalor;
double phValor=0;
int Valvula_Acido=4; //Electrovalvula Acido conectada al CH4
int Valvula_Basico=5; //Electrovalvula Basico conectada al CH5

//variables Temperatura
float mAValor;
float temp;
int Sistema_Enfriamiento=2; //Sistema de enfriamiento conectada al CH1
int Resistencia_Calefactores=1; //Resistencia Calefactora conectada al CH2
float var;
float var2;

//variables Oxigeno Disuelto
int Compresor = 3; //Compresor de Aire conectada al CH4
float sensorVall;
float ox;
float DO;
float varOD;

//variables Nivel
float nivel;

//Variables Seriales
float dat;
float dat1;
float dat2;

void setup()
{

    //Configuraciones Modbus y Ethernet
    modbus_configure(&Serial, 9600, SERIAL_8N2, 1, 2, HOLDING_REGS_SIZE, holdingRegs);
    modbus_update_comms(9600, SERIAL_8N2, 1);
    Ethernet.begin(mac, ip);

    //Configuracion Inicial LCD
    pinMode(billoLDC, OUTPUT);
    analogWrite(billoLDC, 100);
    lcd.begin();
    lcd.createChar(DEGREES_CHAR, degrees_glyph);
    lcd.setCursor(8, 0);
    lcd.print("SISTEMA BIORREACTOR");
    lcd.setCursor(16, 1);
    lcd.print("PALMAR DEL RIO ");
    lcd.setCursor(15, 2);
    lcd.print("COCA - ECUADOR");
    //Estado Inicial de las Variables
    var=0;
    var2=0;
}

```

```

varOD=0;
nivel=1500;

//Configuraciones Estados Iniciales E/S del Industruino
Indio.setADCResolution(18); //Resolucion ADC
//Configuraciones de puertos analogicos y digitales
//Entradas Analógicas.
Indio.analogReadMode(1, mA); // Canal analogico CH1 de entrada de 4 a 20 mA.
Indio.analogReadMode(2, mA); // Canal analogico CH2 de entrada de 4 a 20 mA.
Indio.analogReadMode(3, mA); // Canal analogico CH3 de entrada de 4 a 20 mA.
Indio.analogReadMode(4, V10); // Canal analogico CH4 de entrada de 0 a 10 V.
//Salidas Digitales
Indio.digitalMode(Sistema_Enfriamiento,OUTPUT); // Salida digital
Indio.digitalMode(Resistencia_Calefactores,OUTPUT); // Salida digital
Indio.digitalMode(Compresor,OUTPUT); // Salida digital
Indio.digitalMode(Valvula_Acido,OUTPUT); // Salida digital
Indio.digitalMode(Valvula_Basico, OUTPUT); // Salida digital
//estados iniciales
Indio.digitalWrite(Sistema_Enfriamiento,LOW); // // Salida digital apagada
Indio.digitalWrite(Resistencia_Calefactores,LOW); // Salida digital apagada
Indio.digitalWrite(Compresor,LOW); // Salida digital apagada
Indio.digitalWrite(Valvula_Acido, LOW); // Salida digital apagada
Indio.digitalWrite(Valvula_Basico, LOW); // Salida digital apagada
delay(500);
}
//Lazo principal
void loop()
{
    //Función Mills para mandar informacion a la base de datos cada 10 minutos
    tiempo = millis();
    if((tiempo > t_actualizado + t_delay) || (tiempo>=30000 && tiempo<=30500))
    {
        t_actualizado = tiempo;
        ethernet();
    }
    //Lazo principal de las tres variables del sistema SCADA
    Temperatura();
    pH();
    OD();
    //Impresion datos Seriales por el puerto Serial1, conectado al SCADA en LabVIEW
    Serial.print("a");
    Serial.print(dat);
    Serial.print("b");
    Serial.print(dat1);
    Serial.print("c");
    Serial.print(dat2);
    Serial.print("d");
    Serial.print(nivel);
    Serial.println("e");
    delay(200);
}
//Lazos secundarios
// Progracion variable de Temperatura

```

```

void Temperatura()
{
    mAValor = Indio.analogRead(2); //Lectura del PT100 en el canal analogico CH2
    temp= mAValor;
    int m=8.02;
    temp=(m*temp)+67.91;
    temp=(temp-100)/0.385;
    dat=temp;
    //Impresion Datos LCD
    lcd.setCursor(1, 4);
    lcd.print("Temperatura:");
    lcd.print(temp, 2);
    lcd.print(" \001C ");
    //Control por Histéresis
    if (temp>=30)
    {
        var=29.5;
    }
    if (temp<24.5)
    {
        var2=25.0;
    }
    //CUANDO LA TEMPERATURA ES MAYOR A 30°C ACTIVO EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO
    if(temp>=var)
    {
        Indio.digitalWrite(Sistema_Enfriamiento, HIGH);
        Indio.digitalWrite(Resistencia_Calefactores, LOW);
    }
    if(temp<29.5)
    {
        var=40;
        Indio.digitalWrite(Sistema_Enfriamiento, LOW);
    }
    //CUANDO LA VALVULA ES MENOR A 25°C ACTIVA LA RESISTENCIA CALEFACTORA
    if(temp<=var2 && temp>0.0)
    {
        Indio.digitalWrite(Resistencia_Calefactores, HIGH);
        Indio.digitalWrite(Sistema_Enfriamiento, LOW);
    }
    if(temp>25.0)
    {
        Indio.digitalWrite(Resistencia_Calefactores, LOW);
        var2=0;
    }
    if (temp<=-50.0)
    {
        Indio.digitalWrite(Resistencia_Calefactores, LOW);
        Indio.digitalWrite(Sistema_Enfriamiento, LOW);
    }
    //Sensor de Temperatura//FIN//
}
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
/ Programacion variable de pH

```

```

void pH ()
{
  Vvalor=Indio.analogRead(4); //Lectura de la sonda de pH en el canal analogico CH4
  phValor=3.5*Vvalor;
  dat1=phValor;
  //Impresion Datos LCD
  lcd.setCursor(1, 5);
  lcd.print("pH: ");
  lcd.print(phValor, 2);
  lcd.print(" ph");

  //CONTROL POR HISTERISIS
  if (phValor>0.0 && phValor<5.5 )
  {
    Indio.digitalWrite(Valvula_Basico, HIGH);
    Indio.digitalWrite(Valvula_Acido, LOW);
  }
  if(phValor>=5.5)
  {
    Indio.digitalWrite(Valvula_Basico, LOW);
  }
  if (phValor>6.5)
  {
    Indio.digitalWrite(Valvula_Acido, HIGH);
    Indio.digitalWrite(Valvula_Basico, LOW);
  }
  if(phValor<=6.5) //final valores a cambiar
  {
    Indio.digitalWrite(Valvula_Acido, LOW);
  }
  if(phValor<=0.05)
  {
    Indio.digitalWrite(Valvula_Acido, LOW);
    Indio.digitalWrite(Valvula_Basico, LOW);
  }
}

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
// Programacion variable de Oxigeno disuelto
void OD()
{
  sensorVall=Indio.analogRead(3); //Lectura de la sonda de O.D. en el canal analogico CH3
  ox=(sensorVall - 1.71) * (8.84 - 5.0) / (3.18 - 1.71) + 5.0;
  DO=(ox - 4.0) * (20.0 - 0.0) / (20.0 - 4.0) - 3.0;
  dat2=DO;
  //Impresion Datos LCD
  lcd.setCursor(1, 6);
  lcd.print("Oxig. D.: ");
  lcd.print(DO, 2);
  lcd.print(" mg/L");
  //control por histerisis
  if (DO>10.2)
  {
    varOD=9.8;
  }
}

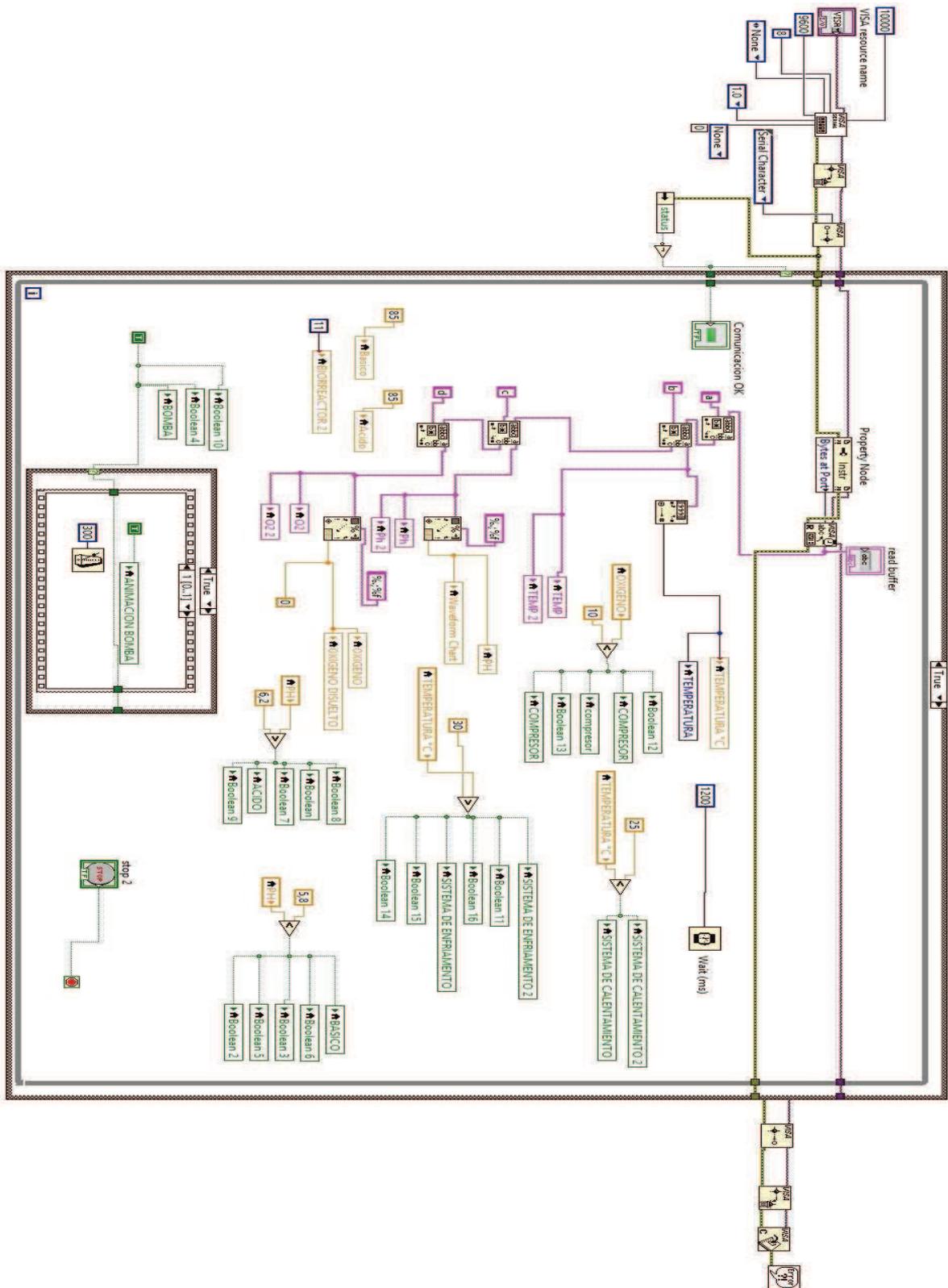
```

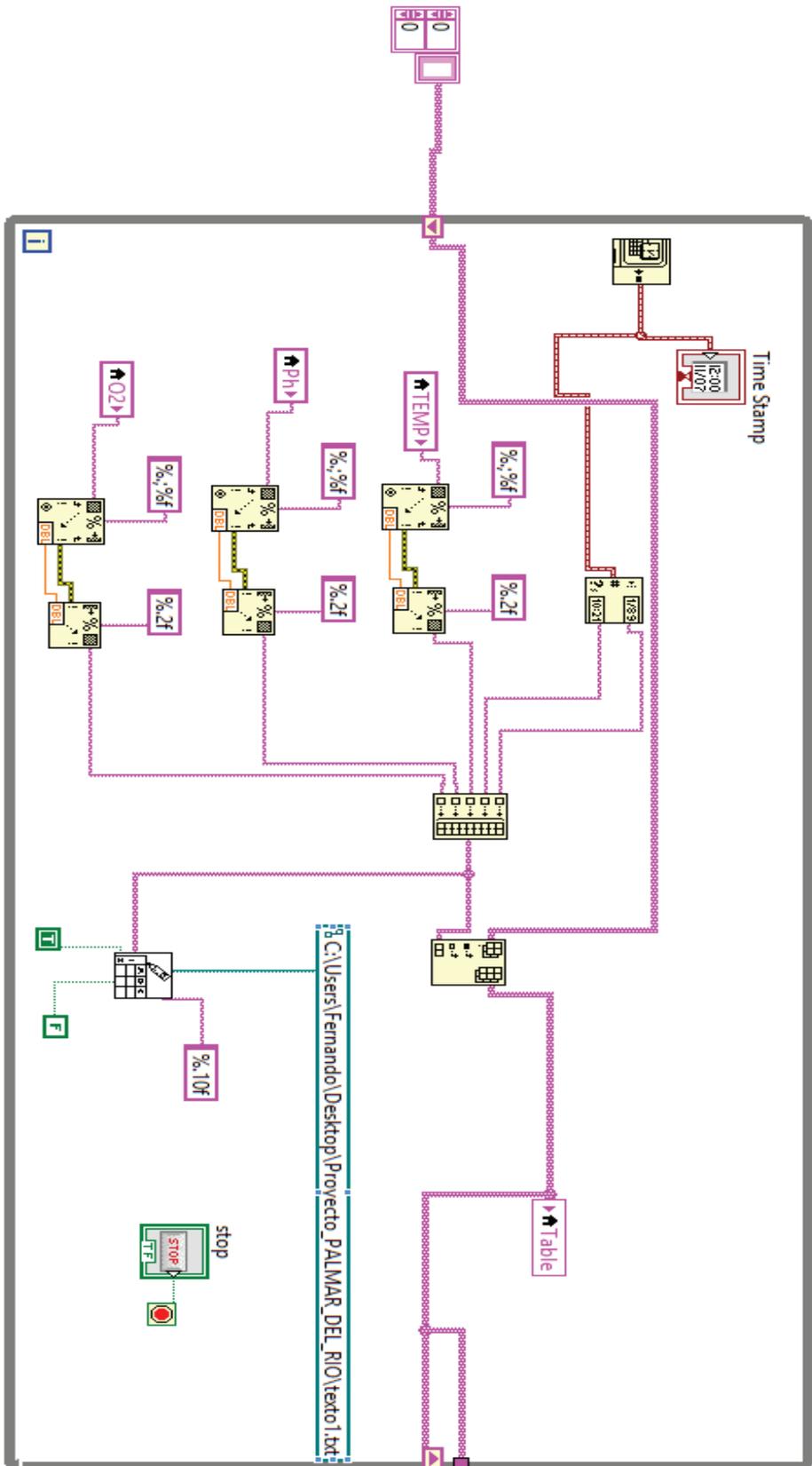
```

        }
        if (D0<=9.8)
        {
            varOD=10.2;
        }
        if(D0<=varOD)
        {
            Indio.digitalWrite(Compresor, HIGH);
            varOD=10.2;
        }
        if(D0>varOD)
        {
            Indio.digitalWrite(Compresor, LOW);
            varOD=9.8;
        }
        if(D0<0.0)
        {
            Indio.digitalWrite(Compresor, LOW);
            varOD=9.7;
        }
    }
    // Progracion modulo Ethernet
    void ethernet()
    {
        if (client.connect(server, 80)>0)
        { // Conexion con el servidor
            client.print("GET /bio.php?temp="); // Enviamos las variables del sistema SCADA por GET
            client.print(dat);
            client.print("&PH=");
            client.print(dat1);
            client.print("&O2=");
            client.print(dat2);
            client.print("&nivel=");
            client.print(nivel);
            client.println(" HTTP/1.0");
            client.println("User-Agent: Arduino 1.0");
            client.println();
        }
        if (!client.connected()) {
            client.stop();
            client.flush();
            delay(100);
        }
    }
}

```

Programa (.vi) de LabVIEW





Programación Raspberry Pi

Captura Base de Datos

```
<?php
// config.php
// Credenciales
$dbhost = "localhost";
$dbuser = "biorreactor";
$dbpass = "*****";
$dbname = "sensores";
// Conexión con la base de datos
$con = mysqli_connect($dbhost, $dbuser, $dbpass, $dbname);
require("config.php");
// Leemos los valores que nos llegan por GET
$valores = mysqli_real_escape_string($con, $_GET['valor']);
// Esta es la instrucción para insertar los valores
$query = "INSERT INTO valores(valor) VALUES('".$valores."')";
// Ejecutamos la instrucción
mysqli_query($con, $query);
mysqli_close($con);
?>
```

Script Twitter

```
#!/usr/bin/env python
import tweepy
import MySQLdb

#Claves y accesos que te proporciona twitter
CONSUMER_KEY = '*****'
CONSUMER_SECRET = '*****'
ACCESS_KEY = '*****'
ACCESS_SECRET = '*****'

#Con esta operacion nos autentificamos
auth = tweepy.OAuthHandler(CONSUMER_KEY, CONSUMER_SECRET)
auth.set_access_token(ACCESS_KEY, ACCESS_SECRET)

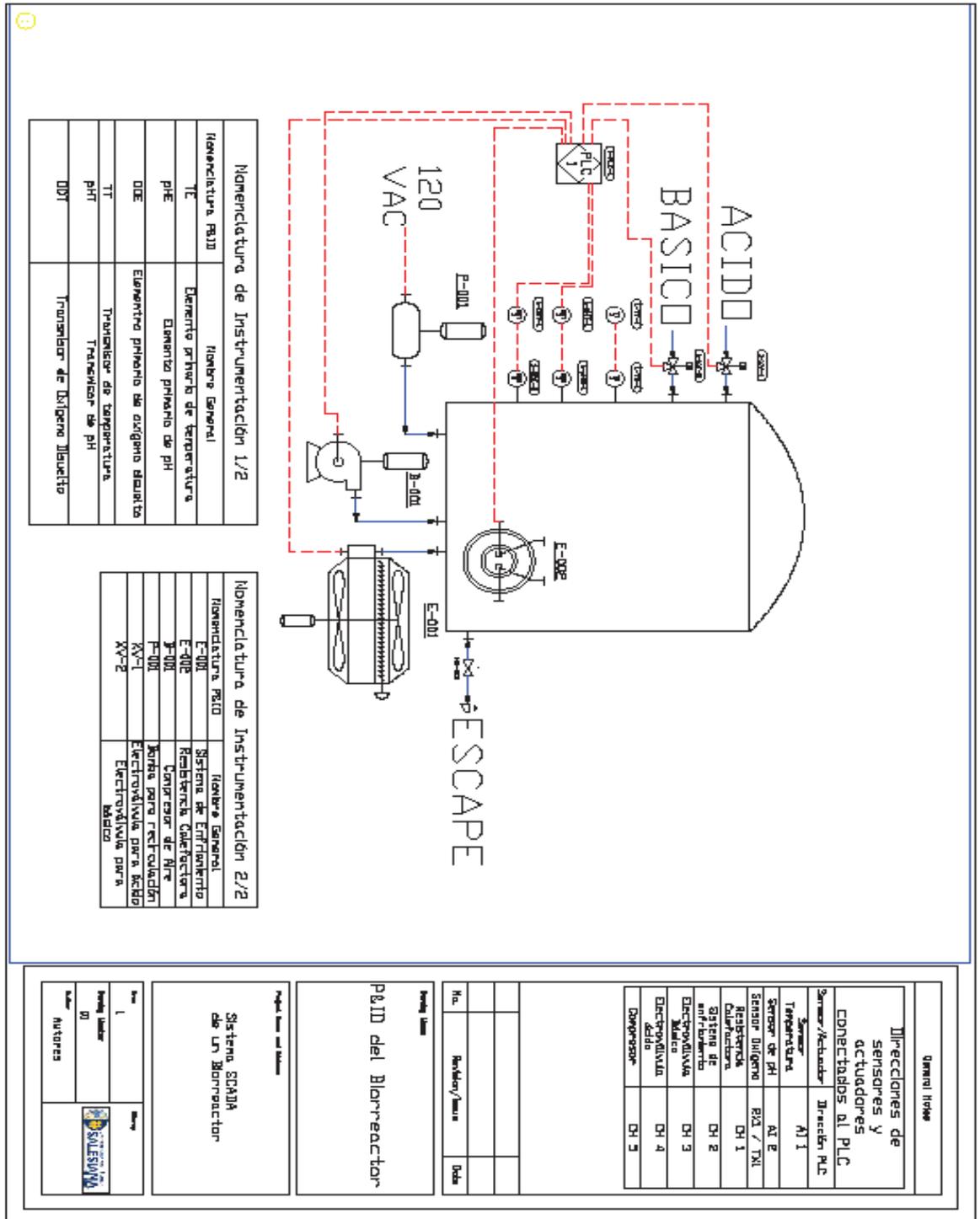
# Establecemos la conexión con la base de datos
bd = MySQLdb.connect("localhost", "user", "*****", "sensores" )
#Captura del ultimo dato proporcionado de la BD
cursor.execute("SELECT VERSION()")
dato = cursor.fetchone()

#impresion del tweett
x = tweepy.API(auth)
x.update_status(dato)
```

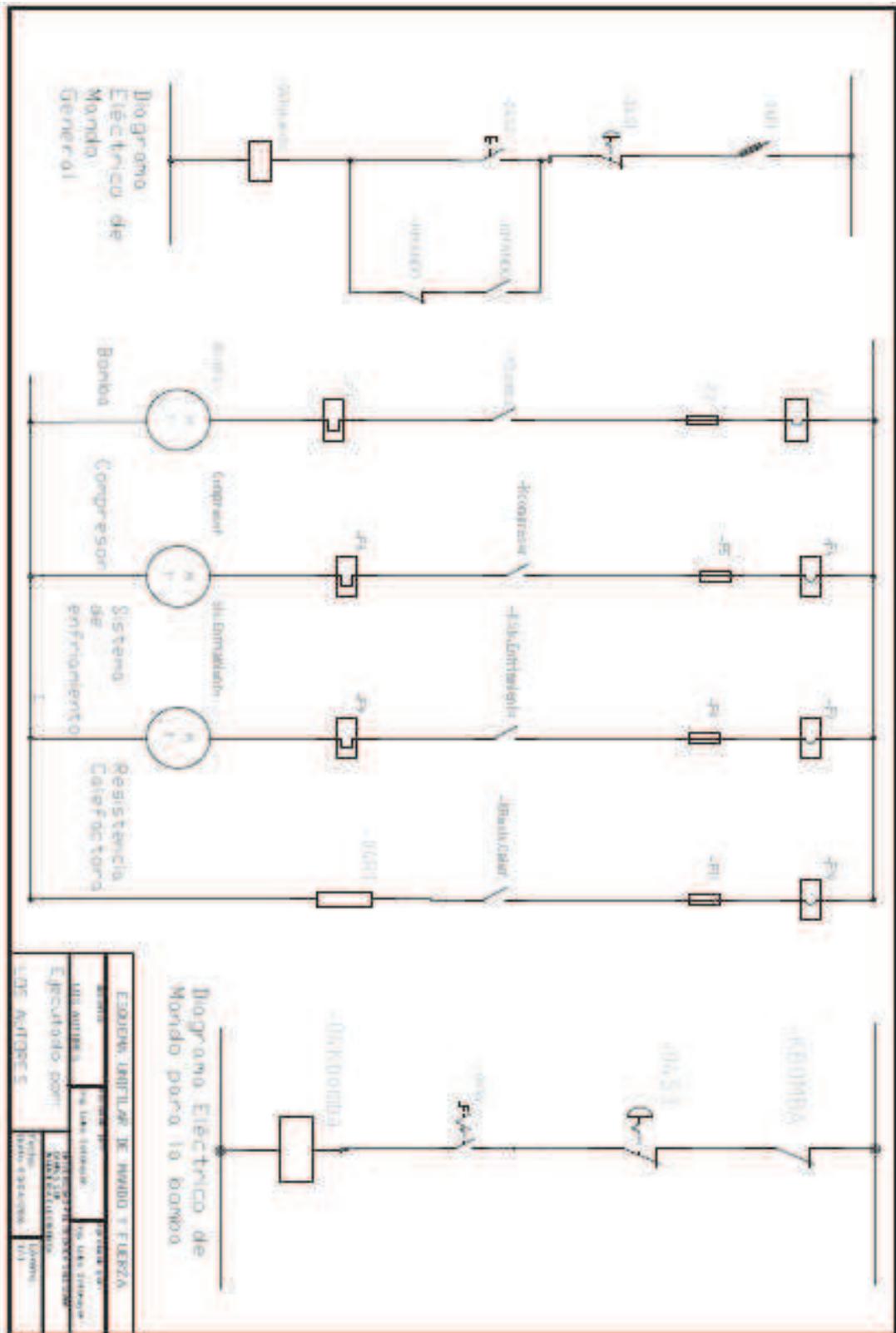
Envío de respaldo al Correo Electrónico

```
#Función cron en raspberry pi
#Publicacion cada 20 minutos de un tweet
#Envío respaldo de datos todos los dias
11 19:00 * * * sudo python capturaBD.py
15 19:00 * * * mpack -s "Respaldo de Base de Datos" /home/pi/capturaBD.py *****@gmail.com
/20 * * * * sudo python twitter.py
```

Anexo 3. Diagrama de instrumentation P&ID.



Anexo 4. Diagrama unifilar de mando y fuerza Actuadores.



Anexo 5. Entrevista realizada a Ing. Rene Asipuela.

Entrevistador: ¿Qué tiempo dura una producción de plaguicidas?

Entrevistado: Se demora un total de tres días dependiendo de los nutrientes y reactivos

Entrevistador: ¿Cuántas variables se desean controlar?

Entrevistado: En total tres variables fundamentales, las cuales son temperatura, pH y oxígeno disuelto.

Entrevistador: ¿Cuál es el rango de temperatura que se desea manejar? y ¿Que actuadores se involucra?

Entrevistado: El rango de temperatura aceptable es de 25 a 30 °C, con un valor máximo de 33°C y un valor mínimo de 22°C. Se desea accionar una resistencia calefactora y un sistema de enfriamiento para mantener ese rango.

Entrevistador: ¿Cuál es el rango de pH que se desea manejar? y ¿Que actuadores se involucra?

Entrevistado: El rango de pH es de 5.8 a 6.2 pH y se activan dos electroválvulas que libran de dos depósitos diferentes reactivos básicos o ácidos dependiendo el caso.

Entrevistador: ¿Cuál es el rango de oxígeno disuelto que se desea manejar? y ¿Que actuadores se involucra?

Entrevistado: El valor de oxígeno disuelto en el líquido debe ser mayor o igual 10 mg/L, si el valor baja activa un compresor de aire.

Entrevistador: ¿Cómo llevan el registro actual de las variables que intervienen en el proceso? ¿Desea hacer alguna modificación?

Entrevistado: Se registra manualmente en una hoja de datos y lo que se desea es que se realiza de manera automática y que se presente informes diarios al correo personal del usuario.

Entrevistador: ¿Desea algún requerimiento adicional?

Entrevistado: Como primer detalle si funcionan los elementos mecánicos y eléctricos que cuenta la empresa depender de ellos.

Además de la visualización de las variables en tiempo real de todo el sistema en cualquier parte del mundo y que se notifique al usuario de forma automática cuando los parámetros de las variables de encuentren fuera de los rangos establecidos.

Anexo 6. Análisis diario de las variables del sistema.

DIA 1

Variable	Media	Error relativo porcentual %	Varianza	Desviación estándar
Temperatura	29,537	0,592	0,8312	0,911
pH	6,037	0,595	0,045	0,213
Oxígeno Disuelto	10,537	--	0,389	0,624

DIA 2

Variable	Media	Error relativo porcentual %	Varianza	Desviación estándar
Temperatura	29,475	0,596	0,816	0,678
pH	5,912	0,632	0,064	0,213
Oxígeno Disuelto	10,263	--	0,176	0,420

DIA 3

Variable	Media	Error relativo porcentual %	Varianza	Desviación estándar
Temperatura	30,15	0,577	0,46	0,678
pH	5,9	0,833	0,045	0,213
Oxígeno Disuelto	10,307	--	0,184	0,429