



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA LAS PLANTACIONES DE LA ASOCIACIÓN DE FRUTICULTORES DE AMBATO (ASOFRUT)”

EDUARDO FRANCISCO GARCÍA CABEZAS

Trabajo de titulación Modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado
ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH como requisito
parcial para la obtención del grado de MAGISTER EN SISTEMAS DE CONTROL Y
AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Riobamba – Ecuador

2016



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CERTIFICACIÓN:

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Proyecto de Investigación, titulado “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA LAS PLANTACIONES DE LA ASOCIACIÓN DE FRUTICULTORES DE AMBATO (ASOFRUT)**” de responsabilidad del Ing. Eduardo Francisco García Cabezas, ha sido prolijamente revisada y se autoriza su presentación.

Tribunal:

ING. FREDY PROAÑO ORTIZ PhD.
PRESIDENTE

FIRMA

ING. HUGO OSWALDO MORENO AVILÉS PhD.
DIRECTOR

FIRMA

ING. HERNRY ERNESTO VALLEJO VIZHUETE MSc.
MIEMBRO

FIRMA

ING. FREDDY PATRICIO AJILA ZAQUINAULA MSc.
MIEMBRO

FIRMA

DOCUMENTALISTA SISBIB ESPOCH

FIRMA

Septiembre, 2016

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Eduardo Francisco García Cabezas, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el presente Proyecto de Investigación ,y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Ing. Eduardo Francisco García Cabezas
C.I. 060375966-3

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Eduardo Francisco García Cabezas, declaro que el presente proyecto de Investigación es de mi autoría y que los resultados de los mismos son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este proyecto de investigación de maestría.

Riobamba, Septiembre 2016

Ing. Eduardo Francisco García Cabezas
C.I. 060375966-3

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi hijo Emilio que desde su llegada a este mundo fue ejemplo de lucha y superación.

Eduardo Francisco

AGRADECIMIENTO

A Dios a mis padres y a mi esposa por su apoyo incondicional.

A mi tutor y asesores por su guía en el desarrollo de este trabajo.

Eduardo Francisco

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
DERECHOS INTELECTUALES.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY.....	xvii

CAPÍTULO I

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Situación Problemática.....	1
1.2.	Formulación del problema.....	2
1.3.	Preguntas Directrices.....	2
1.4.	Objetivos.....	3
1.4.1.	General.....	3
1.4.2.	Específicos.....	3
1.5.	Justificación.....	4
1.6.	Hipótesis.....	5

CAPÍTULO II

2.	MARCO DE REFERENCIA.....	6
2.1.	Antecedentes.....	6
2.1.1.	Sistemas SCADA.....	6
2.1.1.1.	Características de un Sistema SCADA.....	8
2.1.1.2.	Funciones del SCADA.....	8
2.1.1.3.	Elementos del Software SCADA.....	9

2.1.1.4.	Elementos a nivel de hardware para una aplicación SCADA.....	11
2.1.2.	Automatización.....	12
2.1.2.1.	Instrumentación de control	13
2.1.2.2.	Tipos de automatización.....	13
2.1.3.	Autómatas programables	14
2.1.3.1.	PLC (Controlador Lógico Programable)	14
2.1.3.2.	Funcionamiento del PLC	15
2.1.3.3.	Estructura del PLC.....	15
2.1.3.4.	Programación de un PLC.....	16
2.1.3.5.	Válvula solenoide	16
2.1.3.6.	Características y funcionamiento de una válvula solenoide	17
2.1.4.	SCADA con LabVIEW	17
2.1.4.1.	Comunicación con los Controladores Industriales	19
2.1.4.2.	RS232 (Recomend Standard 232):	20
2.1.4.3.	Comunicación Serie.....	21
2.1.4.4.	Comunicación serie con LabVIEW	21
2.1.4.5.	TCP (Transmission Control Protocol) / IP (Internet Protocol) en LabVIEW:	22
2.1.4.6.	Protocolos de Comunicación	22
2.1.5.	REDES INALÁMBRICAS	24
2.1.5.1.	Características de las redes inalámbricas.....	24
2.1.5.2.	WSN	24
2.1.5.3.	Constitución de las WSN.....	25
2.1.5.4.	Estado de los nodos de una red de sensores.....	27
2.1.5.5.	Arquitectura de un sistema WSN	28
2.1.5.6.	Características de las WSN.....	28
2.1.5.7.	Topología de redes de sensores inalámbricos.....	29
2.1.5.8.	Ventajas y desventajas de las WSN.....	30
2.1.5.9.	Sistema de adquisición de datos	30
2.1.6.	ZIGBEE	31
2.1.6.1.	Características de zigbee.....	32
2.1.6.2.	Tipos de dispositivos que constituyen zigbee.....	32
2.1.6.3.	Topologías de redes ZIGBEE.....	33
2.1.6.4.	Arquitectura del estándar ZIGBEE.....	34
2.1.6.5.	Módulos de transmisión inalámbrica XBEE	35
2.1.6.6.	Hardware	35

2.1.6.7.	Características principales	36
2.1.6.8.	Tipos de antenas	36
2.1.7.	GSM/GPRS	37
2.1.7.1.	GSM.....	37

CAPITULO III

3.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	40
3.1.	Tipo y diseño de la Investigación	40
3.2.	Población	40
3.3.	Antecedentes de la empresa.....	40
3.4.	Situación actual.....	41
3.4.1.	Descripción del proceso para el riego de las plantaciones.....	41
3.4.2.	Descripción del proceso para manejo de la información de producción	42
3.5.	Organización y localización del experimento de campo	43
3.6.	Senso de humedad.	44
3.7.	Monitoreo de Humedad	44
3.7.1.	Detección de necesidades de medición del entorno.....	45
3.7.2.	Caracterización del entorno:	45
3.7.3.	Dispositivos para la WSN.....	46
3.7.4.	Selección del tipo de red.....	48
3.7.5.	Realizar pruebas a los dispositivos inalámbricos	48
3.7.6.	Implementación de la WSN.....	50
3.7.6.1.	Configuración Coordinador API.....	51
3.7.6.2.	Enrutamiento Router - Coordinador	53
3.8.	Automatización del sistema de riego	56
3.8.1.	Descripción del sistema.	56
3.8.1.1.	Control Manual:.....	56
3.8.1.2.	Control Automático	57
3.8.2.	Diagrama de flujo.	57
3.8.3.	Descripción de los equipos del sistema.	58
3.8.4.	Requerimientos del cliente.	61
3.8.5.	Selección del autómata programable.	61
3.8.6.	Programación del autómata programable.	61
3.8.7.	Validación de la Automatización.....	62
3.9.	Diseño de la Base de datos.	63

3.10.	Diseño del sistema SCADA.....	63
3.10.1.	SCADA con Labview	64
3.10.1.1.	Labview – manejo de la información	65
3.10.1.2.	Labview – Comunicación con el PLC	69
3.10.1.3.	Labview – Adquisición de información del módulo Arduino	71
CAPITULO IV		
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	75
4.1.	Senso de la humedad	75
4.2.	Monitoreo de humedad del suelo cultivado.....	77
4.3.	Automatización del proceso de riego	78
4.3.1.	Implementación	78
4.3.2.	Eficiencia del sistema de riego automatizado.....	80
4.4.	Base de Datos	82
4.5.	Sistema SCADA	83
CONCLUSIONES		96
RECOMENDACIONES		97
BIBLIOGRAFÍA		98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2	Capas de la pila de protocolos ZIGBEE	34
Tabla 1-3	Número de frutales de las plantaciones piloto.	44
Tabla 2-3	Parámetros de configuración de los módulos Xbee	52
Tabla 3-3	IN/OUT del sistema de riego	58
Tabla 4-3	Tabla de palabras claves para el control de los actuadores.....	59
Tabla 5-3	Equipos y materiales del tablero de control	62
Tabla 1-4	Ubicación/Dimensiones de las raíces de los frutales	75
Tabla 2-4	Valores experimento para calibración del sensor HL-69.....	76
Tabla 3-4	Frecuencia de Riego Empírico.....	80
Tabla 4-4	Distribución recurso hídrico del reservorio	81
Tabla 5-4	Frecuencia de riego estimada.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2	Esquema de un sistema SCADA.....	7
Figura 2-2	Arquitectura software de un sistema SCADA.....	10
Figura 3-2	Componentes de la RTU.....	11
Figura 4-2	Automatización de un proceso.....	12
Figura 5-2	Válvula Solenoide.....	17
Figura 6-2	Panel Frontal.....	18
Figura 7-2	Diagramas de Bloques.....	18
Figura 8-2	Alternativa de comunicación con controladores.....	20
Figura 9-2	Esquema de un nodo sensor o mota.....	26
Figura 10-2	Constitución de las WSN.....	27
Figura 11-2	Estado de un nodo sensor.....	28
Figura 12-2	Topologías de red WSN comunes.....	29
Figura 13-2	Zigbee, Control Inalámbrico.....	31
Figura 14-2	Red en estrella.....	33
Figura 15-2	Red en árbol.....	34
Figura 16-2	Red en malla.....	34
Figura 17-2	Módulo X-bee.....	37
Figura 18-2	Arquitectura de red del sistema GSM.....	39
Figura 1-3	Logo ASOFRUT.....	40
Figura 2-3	Diagrama de flujo del proceso de riego.....	42
Figura 3-3	Válvula de accionamiento manual.....	42
Figura 4-3	Plano del área de terreno cultivado.....	43
Figura 5-3	Metodología para la implementación de una WSN.....	45
Figura 6-3	Línea de vista para implementación de la WSN.....	46
Figura 7-3	Módulos X-BEE sobre Arduino Mega.....	47
Figura 8-3	Sensor HL-69.....	47
Figura 9-3	Topología de árbol seleccionada para la implementación de la WSN.....	48
Figura 10-3	Recursos Hardware y Software para configuración de módulos Xbee S2.....	49
Figura 11-3	Xbee Explorer USB & módulo Xbee S2 conectado al PC.....	49
Figura 12-3	Identificación del puerto donde está conectado el programador.....	50
Figura 13-3	Dispositivo Xbee reconocido por el software.....	50

Figura 14-3	Configuración modo de funcionamiento del módulo Xbee	51
Figura 15-3	Seteo de parámetros de configuración del módulo Xbee	
	Coordinador.....	52
Figura 16-3	Configuración Router.....	53
Figura 17-3	Verificación datos cargados en el módulo Xbee	54
Figura 18-3	Hardware asignando como Coordinador & Router	55
Figura 19-3	Implementación y pruebas de la WSN en el laboratorio	55
Figura 20-3	Metodología para la automatización del proceso	56
Figura 21-3	Diagrama de flujo proceso de riego automatizado	57
Figura 22-3	Arduino / SIM900 / Módulo de relés	60
Figura 23-3	Distribución de actuadores en las plantaciones.....	60
Figura 24-3	Software para programación del PLC - TIA PORTAL V13.....	61
Figura 25-3	Distribución de equipos y dispositivos – tablero de control.....	62
Figura 26-3	Metodología desarrollo de la base de datos.....	63
Figura 27-3	Librería DataBase / Bloques de Programación	66
Figura 28-3	Bloque para visualización de información desde Access.....	67
Figura 29-3	Bloque de programación en LabVIEW para ingresar información	
	a la base Access	68
Figura 30-3	Bloque de programación en LabVIEW para modificar	
	información de la base Access.....	68
Figura 31-3	Bloque de programación en LabVIEW para eliminar	
	información de la base Access.....	69
Figura 32-3	Identificación del dispositivo para el OPC.....	70
Figura 33-3	OPC Asofrut Sistema de Riego y sus variables.....	70
Figura 34-3	OPC Client I/O Server.....	71
Figura 35-3	Bloque de programación para lectura del puerto serial	72
Figura 36-3	Panel frontal visualización datos del puerto serial	72
Figura 37-3	Librería Arduino / Bloques de Programación	73
Figura 1-4	Calibración del sensor de humedad.....	76
Figura 2-4	Distribución de Nodos de la WSN a lo largo de las plantaciones	77
Figura 3-4	Pantalla Sistema de Riego – Monitoreo de humedad en el celular.	78
Figura 4-4	Tablero de control implementado.....	79
Figura 5-4	Válvula Selenoide - Instalada.....	79
Figura 6-4	Segmento diagrama entidad relación de la base de datos.....	82
Figura 7-4	Pantalla de Autenticación.....	83
Figura 8-4	Pantalla de acceso total a recursos del SCADA	84

Figura 9-4	Pantalla de control y monitoreo del sistema de riego.....	84
Figura 10-4	Pantalla – Recursos administración de la información.....	85
Figura 11-4	Pantalla – Gestión información socios productores.	86
Figura 12-4	Pantalla – Gestión información frutas que produce ASOFRUT.	86
Figura 13-4	Pantalla – Gestión información plantaciones de socios de ASOFRUT.....	87
Figura 14-4	Pantalla – Gestión información de actividades de mantenimiento.....	87
Figura 15-4	Pantalla – Gestión información mantenimientos en plantaciones.....	88
Figura 16-4	Pantalla – Gestión información registro de cosechas.....	89
Figura 17-4	Pantalla – Gestión información Lotes Registrados	89
Figura 18-4	Pantalla – Gestión información Centro de acopio registrados	90
Figura 19-4	Pantalla – Gestión información Ingresos registrados en acopios	90
Figura 20-4	Pantalla – Gestión información Stock de productos acopios de ASOFRUT.....	91
Figura 21-4	Pantalla – Gestión información Clientes registrados.....	91
Figura 22-4	Pantalla – Gestión información Registro de pedidos	92
Figura 23-4	Pantalla – Gestión información Ingreso de ventas.	92
Figura 24-4	Pantalla – Gestión información Generación de Históricos.....	93
Figura 25-4	Pantalla – Gestión información históricos enviados a Excel.....	94
Figura 26-4	Pantalla – Gestión información reportes enviados a Excel.	94
Figura 27-4	Pantalla – Gestión información reportes enviados a Excel.	95

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1.** Plano del terreno.
- Anexo 2.** Datasheet KJT Humidity/Thermometer TA138.
- Anexo 3.** Plano de conexiones Eléctricas del PLC
- Anexo 4.** Programa Ladder PLC
- Anexo 5.** Planos tablero de control solidworks
- Anexo 6.** Programas Arduino de nodos de la WSN
- Anexo 7.** Plano distribución Nodos de la WSN
- Anexo 8.** Diagrama Entidad Relación de la Base de Datos

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el fin de aportar al desarrollo de la Asociación de Fruticultores de Ambato (ASOFRUT). Posterior a la observación directa de las actividades de producción frutícola de manzana, durazno, mora y claudia se determinó la ausencia de tecnología en el desarrollo de las mismas, predominando la realización de los procesos en forma manual. Haciendo uso de la transferencia tecnológica como elemento impulsor para la mejora de los actividades, se implementó un Sistema SCADA utilizando LabVIEW como plataforma de desarrollo de la aplicación; el sistema dispone de sensores instalados en campo acoplados sobre una Wireless Sensor Network (WSN) usando tecnología ZigBee para la supervisión y evaluación de humedad del suelo cultivado, en base a ésta, un autómata programable realiza la gestión de recursos a su cargo para el control automático del riego de las plantaciones. La implementación en campo del sistema desarrollo se ha efectuado en las plantaciones de uno de los socios en le sector de Huachi Grande, en un terreno cultivado de $3400m^2$ distribuidos en plantaciones de durazno $700 m^2$ con 21 frutales, claudia $1600m^2$ con 78 frutales, manzana $200m^2$ con 18 frutales y mora $900m^2$ con 140 plantas; se registra un incremento en la eficiencia del sistema de riego en un 30.12% en optimización del recurso hídrico. Considerando la importancia de disponer información que sirva para la evaluación de los procesos, el sistema como una más de sus prestaciones permite sobre una base de datos montada en Microsoft Access llevar el registro de las actividades dentro de la producción frutícola, así como también la emisión de históricos y generación de reportes se recomienda queesta información sea usada como base para la toma de decisiones y detección de posibles fallos y anomalías dentro del proceso.

Palabras claves: <SUPERVISORY CONTROL AND DATA ADQUISTION (SCADA)>, <ASOCIACION DE FRUTICULTORES DE AMBATO (ASOFRUT)>, <WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN)>, <AUTOMATIZACIÓN>, <TECNOLOGÍA DE COMUNICACIÓN INALAMBRICA (ZIGBEE)>, <HUACHI GRANDE (PARROQUIA)>, <AMBATO (CANTÓN)>

SUMMARY

This study was conducted in order to collaborate in the development of Asociación de Fruticultores of Ambato (ASOFRUT). After the direct observation of the fruit production: apple, peach, blackberry and Claudia, were determined the absence of technology in the development of them. Predominating making processes manually. Through technology transfer as a driver for improving processes, the SCADA system was implemented and LabVIEW as a platform for application development was used. The system has sensors installed in coupled field on a Wireless Sensor Network (WSN) using ZigBee technology for monitoring and evaluation of soil moisture grown. Based on it, a programmable controller performs resource management responsible for automatic irrigation control of plantations. The field implementation of development system was made in an associate's farm at Huachi Grande, in 3400 m^2 of cultivated ground. They were distributed in this way, 700 m^2 of peach, with 21 fruit trees; 1600 m^2 of claudia with 78 fruit trees; 200 m^2 of apple with 18 fruit trees, and 900 m^2 of blackberry with 140 trees. It registers an increase of 30.12% in the irrigation system efficiency, optimizing the hydric resource. Moreover given the importance of information to help the evaluation process, the system as one of their benefits allows by a Microsoft Access database, keeping track of activities in fruit production. As well as, generate historical and reports. It is recommended that this information be used as a basis for decision making and detection of possible failures and anomalies in the process.

Keywords: <SUPERVISORY CONTROL AND DATA ADQUISTION (SCADA)>, <ASOCIACION DE FRUTICULTORES DE AMBATO (ASOFRUT)>, <WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN)>, <AUTOMATION>, <WIRELESS COMMUNICATION TECHNOLOGY (ZIGBEE)>, <HUACHI GRANDE (PARISH)>, <AMBATO (CANTON)>

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Situación Problemática

La producción frutícola en el Ecuador está en manos de pequeños productores dedicados especialmente a la agricultura familiar, si bien es cierto que existen frutas que se cultivan en mayores extensiones, éstas están en manos de grandes y medianos productores, generalmente se destinan a la exportación.

Desde 1977 tras la necesidad de juntar esfuerzos para el desarrollo a través de una entidad organizada, los fruticultores de Tungurahua el 8 de abril de 1981 según el acuerdo ministerial del entonces Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), número 0161, iniciaron oficialmente la Asociación de Fruticultores de Tungurahua (ASOFRUT). Actualmente son 40 socios y la asociación pretende integrar a más productores de fruta de toda la provincia.

Uno de los mayores problemas que enfrentan los socios de ASOFRUT es la carencia de tecnología para el manejo de aspectos tales como el riego, que actualmente se lo viene realizando de forma empírica. El proceso de riego empírico se basa en la observación del terreno cultivado, al mismo que por criterio del observador se le asigna un grado de humedad que determina si el cultivo tiene la necesidad de ser regado o no; si el caso amerita regar el terreno, con el fin de ejecutar el proceso el menor número de veces, se lo realiza por inundación a través de surcos bordeantes a todas las plantas y árboles del sembrío, en el que la orden de paro del proceso está dada también por criterio y experiencia del observador. Evidentemente, este tipo de riego requiere la presencia obligatoria del fruticultor en los cultivos para el mantenimiento de los diferentes frutales.

Además, ASOFRUT no dispone de una herramienta administrativa para el manejo de la información de producción de sus productos que permita operar adecuadamente sus recursos facilitando el manejo y producción de las frutas para alcanzar estándares de producción de calidad, que permitan generar rentabilidad económica y encaminar al cumplimiento del mencionado objetivo 3 del Plan Nacional del Buen Vivir “Mejorar la calidad de vida de la población”. (Semplades, 2013-2017)

El presente proyecto pretende aportar en el desarrollo de la Asociación de Fruticultores de Ambato (ASOFRUT), integrando en un sistema SCADA (Supervisión, control y Adquisición de Datos) tecnologías para el control del proceso de riego, monitoreo de la humedad del terreno cultivado y el registro de información de la producción de la fruta. La sección de control y monitoreo mencionadas, se la implementará como piloto en las plantaciones de uno de los socios con el fin de evidenciar el potencial de la tecnología e impulsar al resto de socios a sumarse a éste tipo de implementación.

1.2. Formulación del problema

¿La implementación del sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA), permite el monitoreo de humedad, el control del sistema de riego y el manejo de la información de la producción frutícola de la Asociación de Fruticultores de Ambato (ASOFRUT)?

1.3. Preguntas Directrices

- ¿Cuáles son los métodos o procedimientos que actualmente utilizan los socios de ASOFRUT para el riego de sus frutales?
- ¿Qué herramienta o instrumento se utiliza para el registro de información de la producción de las plantaciones de los socios de ASOFRUT?
- ¿Cómo se puede determinar el estado del terreno cultivado para estipular la necesidad de ser regado?
- ¿De qué manera se puede incluir el concepto de automatización de procesos para el control automático del sistema de riego?
- ¿Se puede considerar una base de datos que contenga información de la producción frutícola?

- ¿Cuál es la mejor forma de verificar el funcionamiento y utilidad del sistema SCADA propuesto?

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Diseñar e Implementar un Sistema SCADA para las plantaciones de la Asociación de Fruticultores de Ambato (ASOFRUT).

1.4.2. Específicos

- Identificar por medio de un estudio descriptivo los métodos que emplean actualmente los socios de ASOFRUT para la realización del riego de sus frutales y la forma de llevar el registro de su producción.
- Analizar parámetros de humedad del terreno cultivado empleando una WSN (Wireless Sensor Network) para la toma de decisiones sobre el sistema de riego.
- Determinar el equipamiento necesario para el control automático del proceso de riego en las plantaciones de los frutales.
- Realizar el monitoreo y control del sistema de riego en forma remota utilizando tecnología GSM.
- Definir campos específicos de información que deben ser direccionados a una base de datos para llevar un registro de la producción y generar datos estadísticos.
- Evaluar el funcionamiento y utilidad del sistema SCADA con pruebas de campo y extracción de reportes.

1.5. Justificación

El objetivo número 10 del Plan Nacional del Buen Vivir señala “la transformación de la matriz productiva supone una interacción con la frontera científico – técnica, en la que se producen cambios estructurales que direccionan las formas tradicionales del proceso y la estructura productiva actual, hacia nuevas formas de producir que promueven la diversificación productiva en nuevos sectores, con mayor intensidad en conocimientos y consideraciones de asimetrías tecnológicas”. El sistema SCADA propuesto hace uso de la transferencia tecnológica para aportar al desarrollo de la Asociación de Fruticultores de Ambato (ASOFRUT) con la implementación de un Sistema para la supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) para producción frutícola, capaz monitorear de manera inalámbrica empleando una WSN la humedad del terreno cultivado y de forma automatizada realizar el riego a las plantaciones que así lo requieran. Adicionalmente el sistema será capaz de manejar información y generar reportes que sirvan de herramienta para la toma de decisiones, todo en mira a la mejora de la producción. (Semplades, 2013-2017)

En este proyecto ratifica la utilización y desempeño que ofrece el Software LabVIEW con sus amplios beneficios en programación gráfica orientada al desarrollo de aplicaciones SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), el registro de datos de gran cantidad de canales, la flexibilidad para comunicar controladores lógicos programables (PLCs), direccionar información a bases de datos, administrar alarmas y eventos y crear interfaces humano-máquina (HMIs). (Instrument, 2016)

Considerando que es un proyecto de implementación la metodología aplicada parte de la observación directa no participativa con la que se determinan los procesos empíricos utilizados por los socios de ASOFRUT en el riego de sus cultivos y el manejo de la información de la producción, con el fin de establecer procesos más eficaces haciendo uso de herramientas tecnológicas capaces de ser integradas en un mismo sistema. Así, los resultados de este proyecto se solventan en el SCADA implementado en ASOFRUT y que sirve como modelo aplicable a entornos similares.

1.6. Hipótesis

Con la implementación del sistema SCADA (Supervisión, control y Adquisición de Datos) se aporta al mejoramiento de la gestión de la producción frutícola y el bienestar de los socios de ASOFRUT (Asociación de Fruticultores de Ambato) incrementando la eficiencia del riego en sus plantaciones con procesos automatizados, y proporcionando una herramienta que les permita llevar un registro de la producción de sus frutales.

CAPÍTULO II

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes

El monitoreo de la humedad en los suelos y el eficiente control de riego según Capraro F., Tosetti S., Patiño D., Schugurensky C. y Fullana R son acciones que los agricultores deben poner en práctica enfocados a reducir el consumo del recurso no renovable como es el agua; los mencionados a su vez con el objeto de plantear una solución, presentan el diseño y desarrollo de un programa computacional montado en el entorno de desarrollo visual de Labview para el monitoreo de humedad de suelo agrícola y el control de un sistema de riego por goteo. El mismo realiza la medición de humedad del suelo por medio de sensores y controla la dosificación del agua abriendo y cerrando válvulas de riego para alcanzar los parámetros de humedad deseados. (Capraro, Tosetti, Patiño, Schugurensky, & Fullana, 2008)

Ruiz A. y Molina J. mencionan que la demanda de recursos hídricos es cada vez mayor a nivel mundial y se vive la escases de este recurso, roducto de las competencias entre los tradicionales usos agrícolas y los crecientes usos urbanos e industriales y se suma a esto el deterioro creciente del medio ambiente, plantean a su vez que uan gestión adecuada de los recursos hidricos puede ayudar a disminuir esta situación y es necesario para un desarrollo sostenible. Una de las medidas para conseguir una gestión adecuada de los recursos hídricos en la agricultura es la automatización y telecontrol de los sistemas de riego. Se trata de registrar y repartir de un modo adecuado las cantidades de agua y fertilizantes que se manejan en riego utilizando diversas herramientas tecnológicas proporcionadas por la electrónica. La automatización y el telecontrol facilitan la gestión en el uso del agua de riego y la facturación por volumen de agua consumido. (Ruiz Canales & Molina Martínez, 2010)

2.1.1. *Sistemas SCADA*

La palabra SCADA responde al acrónimo Supervisory Control And Data Adquisition, es decir, Sistema de adquisición y supervisión de datos. Un sistema SCADA es una aplicación o un

grupo de aplicaciones software que se ejecutan sobre un PC, en los últimos tiempos se ha propiciado el uso de ordenadores industriales y pantallas HMI para interactuar con el SCADA , que sirven para comunicarnos y controlar con los distintos elementos y procesos de un sistema industrial, ofreciendo una interfaz gráfica de grandes prestaciones que proporciona información del proceso a distintos usuarios: operadores de supervisión, operadores de mantenimiento, supervisores de control de calidad, etc. (Gallardo, 2013)

Si bien es cierto que, en sus orígenes, el término SCADA estaba asociado exclusivamente a aplicaciones software que permitan la adquisición de datos y la supervisión del proceso de control, con la evolución tecnológica de los últimos años, los avances en el hardware, y los buses de comunicación asociados a este tipo de aplicaciones, han propiciado una integración de las soluciones SCADA cada vez más cercana a la integración del software, el hardware y las comunicaciones. (Gallardo, 2013)

Las antiguas interfaces entre usuario/operario y la planta o proceso basados en paneles de control con múltiples indicadores luminosos, instrumentos de medida y pulsadores, están siendo sustituidas por sistemas basados en entorno PC y tecnología digital. (Gallardo, 2013)

En estos nuevos sistemas, el control directo recae sobre los autómatas programables y los controladores digitales, los cuales son conectados a un PC, que se encarga de las funciones de dialogo con el operario, así como del control de la producción y tratamiento de la información, utilizando el software SCADA. (Gallardo, 2013)

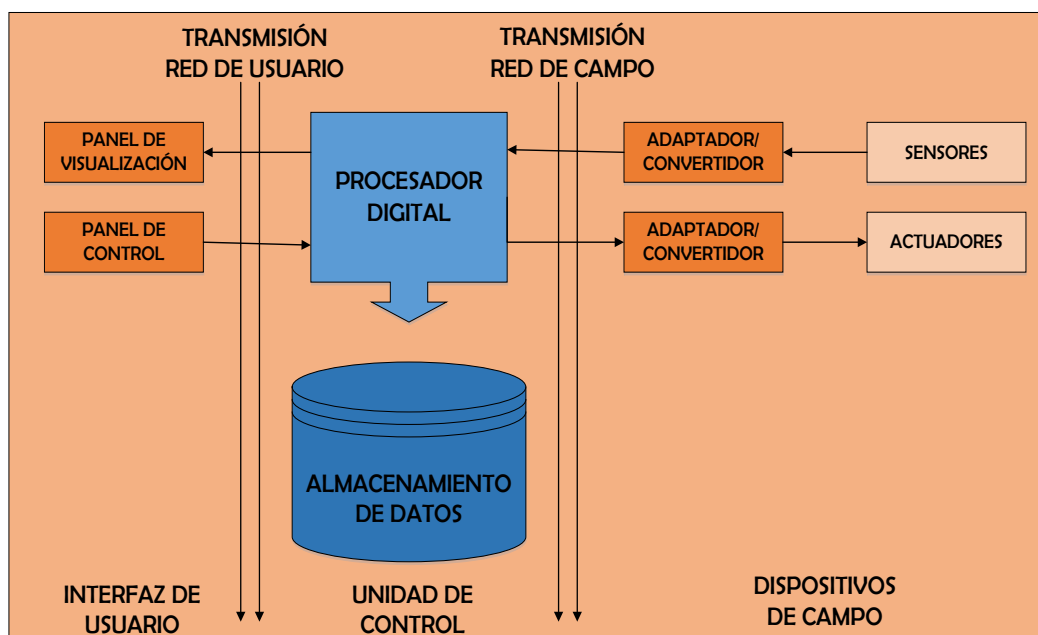


Figura 1-2 Esquema de un sistema SCADA.
Fuente: GALLARDO, S. 2013

Entonces se puede afirmar que, un software SCADA precisa de una estructura basada en un bus de comunicación que conecte el hardware, lo que en su conjunto ha venido a denominarse sistema SCADA.

2.1.1.1. Características de un Sistema SCADA

La principal característica de un sistema SCADA es su capacidad de control supervisado, de supervisión. El software es ejecutado sobre un hardware que está conectado a un bus de comunicaciones que es, a su vez, compartido con los elementos del sistema de control, permitiendo comunicarnos con los distintos autómatas, variadores, sensores y actuadores, etc., que tengamos conectados a esta res, pudiendo así supervisar, controlar y modificar el proceso a través de la interfaz con el usuario; un monitor de un ordenador, o un PC industrial, entre otras posibilidades. (Gallardo, 2013)

2.1.1.2. Funciones del SCADA

Las principales funciones de un SCADA son:

- **Adquirir datos**

Con objeto de capturar, procesar y almacenar.

- **Supervisar**

Observar desde una interfaz (normalmente desde un monitor) la evolución y estado de las variables de control.

- **Controlar**

Poder modificar la evolución de los procesos en función de la adquisición y supervisión anterior, pudiendo actuar sobre los reguladores autónomos básicos o directamente sobre el proceso.

2.1.1.3. Elementos del Software SCADA

Si se desea que los módulos o boques permitan actividades de provecho, supervisión y control requieren definir las siguientes variables:

- **Configuración:** Es el entorno de trabajo en el que accederán los distintos usuarios, el cual presenta pantallas gráficas o de texto, teniendo a disposición dos opciones, importarlas desde otra aplicación o generarlas en el propio SCADA, por este efecto, un editor gráfico consentirá dibujar a nivel de pixel, además de utilizar elementos estándar disponibles.

Para (Pérez E. , 2015) Durante la configuración se seleccionan los drivers de comunicación, que permiten el enlace con los elementos de campo y la conexión o no de red. En algunos sistemas en la configuración se indican las variables que se van a visualizar, procesar o controlar.

- **Interfaz gráfica del operador:** Considerados uno de los puntos más importantes especialmente porque su enfoque se basa en las funciones de control y supervisión de la planta.

Según (Pérez E. , 2015) a la hora de diseñar pantallas es indispensable que:

- Deben tener apariencia consistente, con zonas diferenciadas para mostrar la planta.
 - La representación del proceso se realizara mediante sinópticos.
 - La información presentada aparecerá sobre el elemento grafico que la genera o soporta.
 - La clasificación por colores ayuda a la comprensión.
 - Los colores deben usarcé de forma consistente en toda la aplicación.
- **Módulo de proceso:** Ejecuta las acciones que se han programado sobre las pantallas generando una relación entre variables del ordenador o del autómeta que se producen mientras este se activa.

La programación necesariamente debe tener un lenguaje de alto nivel ya que el sistema SCADA confía a los dispositivos de campo (autómatas), el control directo de la planta, reservándose para sí las operaciones propias de la supervisión.

(Pérez E. , 2015). Las relaciones entre variables que constituyen el programa de mando que el SCADA ejecuta de forma automática pueden ser de varios tipos:

- Acciones de mando automáticas pre programadas que dependen de valores de señales de entrada, salida o combinaciones de éstas.
 - Maniobras o secuencias de acciones de mando.
 - Animación de figuras y dibujos.
 - Gestión de recetas, que modifican los parámetros de producción de forma pre programada en el tiempo o dinámicamente según la evolución de la planta.
- **Gestión y archivo de datos:** permite que una aplicación o dispositivo pueda tener acceso al almacenamiento y procesado ordenado de los datos, según formatos inteligibles para elementos periféricos de hardware o software del sistema.

Cuando están procesados, los datos se muestran en forma de: gráficas analógicas, histogramas, representación tridimensional, etc., que admiten analizar la evolución global del proceso.

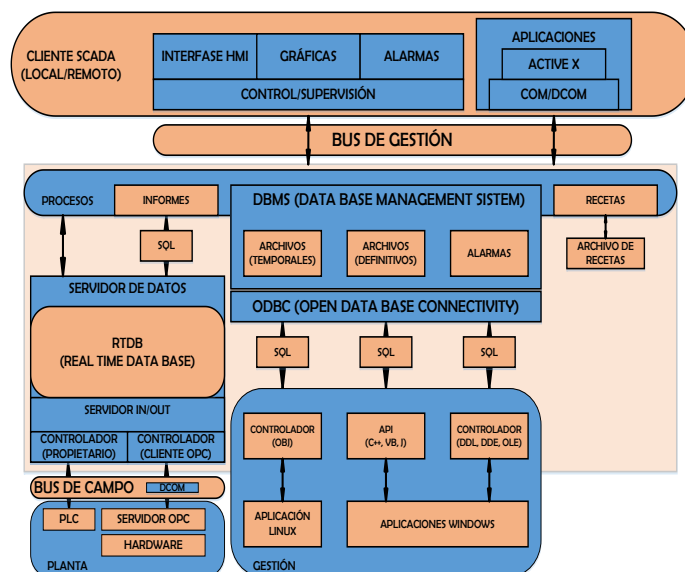


Figura 2-2 Arquitectura software de un sistema SCADA
Fuente: GALLARDO, S. 2013

2.1.1.4. Elementos a nivel de hardware para una aplicación SCADA

- **MTU:** (Master Terminal Unit) Es el ordenador central sobre el que se ejecuta SCADA. (Gallardo, 2013).

Este dispositivo se encarga de capturar, tomar y enviar información en tiempo real de los posibles daños o entornos peligrosos que se estén dando, los cuales se están ejecutando en subestaciones, generando así una interfaz con el operador, tolerando un HMI de nivel de campo.

- **RTU:** (Remote Terminal Unit). Son ordenadores remotos situados en puntos estratégicos del sistema. (Gallardo, 2013)

Están presentes en la automatización del proceso esto se debe a que no son un PC, y por tal se exige menores prestaciones de HMI, por eso se les ordena encima de los elementos de campo, con una elevada potencia de cálculo por la existencia de PLCs.

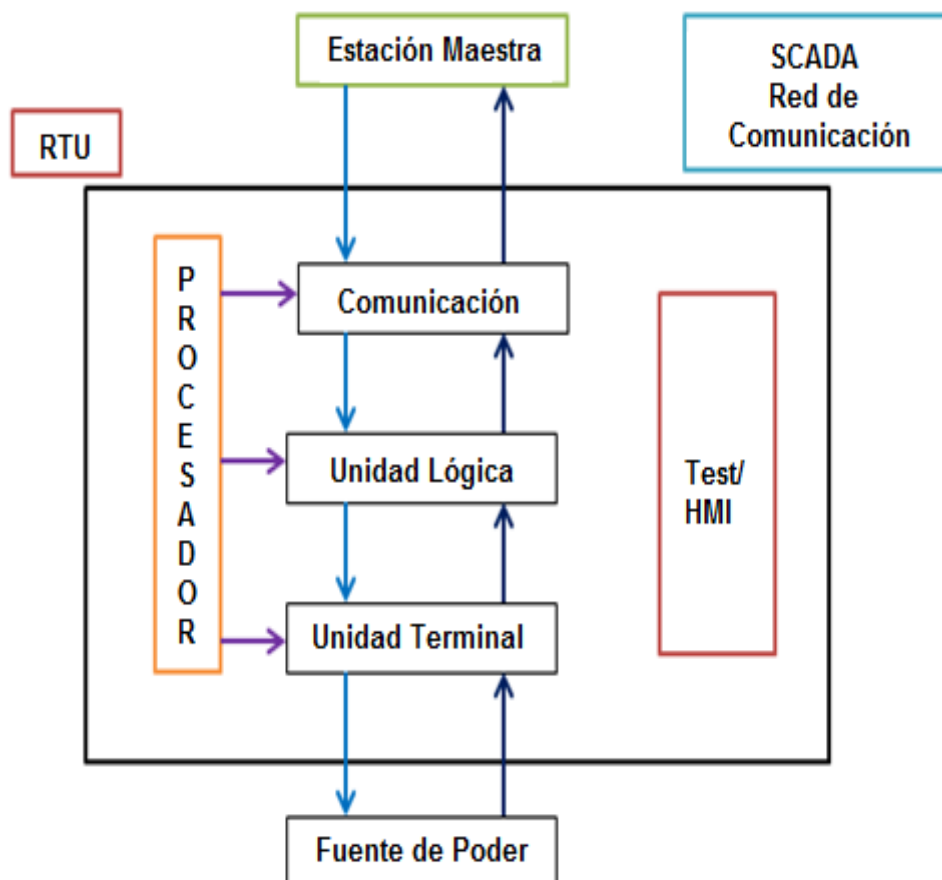


Figura 3-2 Componentes de la RTU
Fuente: Power System SCADA and Smart Grids, 2015

- **Red de comunicación:** Es el medio o conjunto de medios que permiten el intercambio de información entre la red de gestión, automatización y la de campo. (Gallardo, 2013)

En función del SCADA tiende a manejar diversas tecnologías y tipos de comunicación, permitiendo el uso variado de lo la planta requiera y el operador desee.

- **Instrumentación de campo:** Son los encargados de captar la información que se remite a los niveles superiores. (Gallardo, 2013)

Con la ejecución de consignas entradas por autómatas, controladores de procesos, sensores y actuadores, dan lugar al proceso físicamente.

2.1.2. Automatización.

Se define como automatización a la aplicación de la automática al control de procesos industriales, entendiéndose como automática al conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas. (Pere Ponsa & Vilanova Arbos, 2005)

Por proceso, se entiende aquella parte del sistema en que, a partir de la entrada de material, energía e información, se genera una transformación sujeta a perturbaciones del entorno, que da (Pere Ponsa & Vilanova Arbos, 2005) lugar a la salida de material en forma de producto. (Pere Ponsa & Vilanova Arbos, 2005)

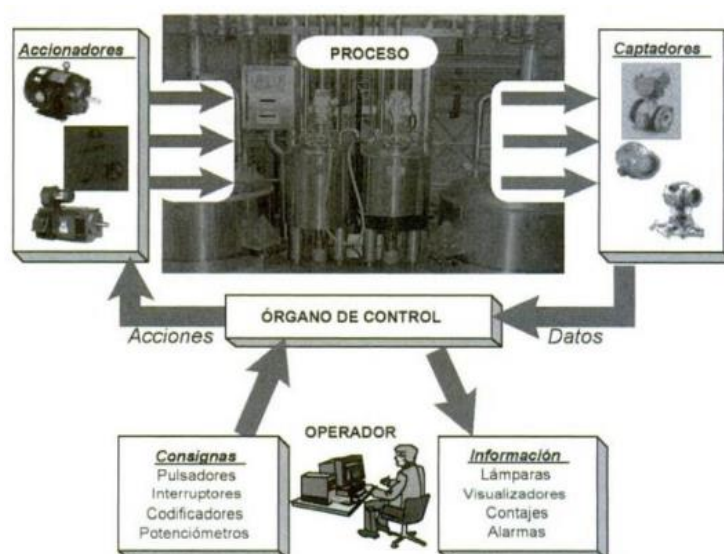


Figura 4-2 Automatización de un proceso
Fuente: CANALES & MOLINA, 2010

Los procesos industriales se conocen como procesos continuos, procesos discretos y procesos batch. Los procesos continuos se caracterizan por la salida del proceso en forma de flujo continuo de material. Los procesos discretos contemplan la salida del proceso en forma de unidades o número finito de piezas, finalmente los procesos batch son aquellos en los que la salida del proceso se lleva a cabo en forma de cantidades o lotes de material. (Pere Ponsa & Vilanova Arbos, 2005)

El control de procesos industriales abarca desde un punto de vista académico, la teoría de control básica de realimentación y acción PID, la instrumentación de control, la aplicación a procesos industriales, las diversas arquitecturas de control, las estructuras de control y la teoría de control avanzada. (Pere Ponsa & Vilanova Arbos, 2005)

2.1.2.1. *Instrumentación de control*

Respecto a instrumentación de control, los tres elementos básicos capaces de llevar a cabo el control secuencial o la regulación continua dentro de procesos industriales son el llamado autómatas programables PLC, el ordenador industrial y los reguladores industriales. Estos tres elementos comparten protagonismo y es frecuente encontrar artículos de opinión donde se comenta el futuro de la utilización de los PLC ante las continuas mejoras del control realizado mediante ordenador. (Pere Ponsa & Vilanova Arbos, 2005)

2.1.2.2. *Tipos de automatización*

- **La automatización fija**

Se utiliza en una producción alta, donde se puede justificar el alto costo del producto con un rendimiento alto y tasas de producción elevadas. Además de esto, el inconveniente de la automatización fija es su ciclo de vida que va de acuerdo a la vigencia del producto en el mercado (Ponsa, 2013).

- **La automatización programable**

Se utiliza cuando la producción es baja y hay una diversidad de producción a obtener. En este caso el equipo de producción se adapta a la configuración del producto; la adaptación se realiza por medio de un programa (Software).

- **La automatización flexible**

Los sistemas flexibles suelen estar constituidos por una serie de estaciones de trabajo interconectadas entre sí por sistemas de almacenamiento y manipulación de materiales, controlados en su conjunto por una computadora (Ponsa, 2013).

Características:

- Capacidad para cambiar partes del programa sin perder tiempo de producción.
- Capacidad para cambiar sobre algo establecido físicamente asimismo sin perder tiempo de producción.

2.1.3. Autómatas programables

En la actualidad esta nueva tecnología basada en una computadora ha permitido que los costos en instalaciones o automatizaciones sea menor, además de que la demanda que está adquiriendo, al igual que su desarrollo hace posible su empleo como unidades de control y de interfaz hombre- máquina. Por otra parte el uso de PC ha permitido la dependencia con el proveedor que suele existir cuando se usan autómatas programables.

2.1.3.1. PLC (Controlador Lógico Programable)

Un PLC es un sistema basado en un microprocesador. Tiene partes fundamentales como la Unidad Central de Proceso (CPU), Memoria y el Sistema de Entradas y Salidas (E/S).

- **CPU:** Se encarga de todo el control interno y externo del PLC y de interpretar instrucciones del lenguaje de dicho programa. En base a las instrucciones almacenadas en la memoria y en los datos que lee de las entradas, genera las señales de las salidas.

La memoria de CPU se divide en dos:

- La memoria de solo lectura o ROM.
- La memoria de lectura y escritura o RAM.

2.1.3.2. *Funcionamiento del PLC*

Lo primero que se realiza en el funcionamiento de un PLC es una lista de observaciones internas, para así determinar que desde un inicio este en buenas condiciones y todo debidamente conectado.

Un PLC trabaja en base a la información recibida por el programa lógico, actuando sobre los accionadores de la instalación.

Cuando queremos desarrollar un sistema complejo para obtener resultados a nuestro sistema, el primer paso es la descripción y modelado del sistema el cual tiene que ver fijamente con su comportamiento dependiendo el tipo de sistema, podemos elegir las herramientas adecuadas para poder ejecutarlo.

Para la automatización el dispositivo recibe señales del sistema como entradas y al igual envía las ordenes como salidas, Las automatizaciones son implementadas no de modos gráficos sino con lenguajes de programación.

La automatización esta normalmente incorporada con un sistema de monitorización con el que la evolución de entradas y salidas del sistema pueden ser expuestas de una manera gráfica (Macías, 2012)

2.1.3.3. *Estructura del PLC*

Es una relación directa con la parte externa, la cual cuenta con bloques o elementos físicos dependientes del fabricante y la potencia.

La configuración de autómeta, llamada arquitectura interna como en todo sistema microprocesador, incluye los siguientes cuatro bloques básicos: un CPU, una memoria interna, una memoria de programa y las interfaces de entradas y de salidas (Macías, 2012).

- **Estructura compacta:** La programación suele darse directamente con conectores contables denominados micro autómatas y nano autómatas manejando un número reducido en entradas y salidas.
- **Estructura modular:** Esta se presenta de dos maneras distintas; la primera es europea cuya característica principal es que consta de una caja o modulo independiente, la segunda es la americana, posee un bloque compacto que contiene la CPU, FA, y memoria.

2.1.3.4. *Programación de un PLC*

La personalización de un PLC anteriormente se daba utilizando dispositivos adecuados suministrados por los propios fabricantes. Dependiendo de la capacidad funcional se recurría a teclados portátiles o dispositivos de ordenador.

Hoy en día existe gran variedad de software de programación compatible en computadoras que se encuentran en el mercado, basados en un idioma programable muy similar a los esquemas electromecánicos tradicional que facilitaron la introducción de PLC.

2.1.3.5. *Válvula solenoide*

Una válvula solenoide es eléctrica que controla el paso de gas o fluidos en los sistemas hidráulicos. El cierre de la válvula se basa en impulsos electromagnéticos de un solenoide es decir un electroimán que trabaja junto a un muelle diseñado para devolver a la válvula a su posición neutral cuándo el solenoide se desactiva. Este tipo de válvulas se suelen utilizar en sitios de difícil acceso, en sistemas multi-válvula y en sitios de ambiente peligroso. Las válvulas solenoides ofrecen funciones de apertura o cierre total y no se pueden utilizar para la regulación del flujo de gas o fluido. (Hyde, 2013).

2.1.3.6. *Características y funcionamiento de una válvula solenoide*

Un solenoide es una bobina de material conductor cuyo funcionamiento se basa en campos electromagnéticos. La válvula se puede abrir o cerrar, no hay término medio, por lo que no se puede utilizar este sistema para regulación de flujos. (Hyde, 2013).

Una vez que se activa el solenoide, la válvula se mantendrá abierta o cerrada, dependiendo de la amplitud del diseño, hasta que se corte la corriente eléctrica y desaparezca el campo electromagnético del solenoide. En este momento, un resorte empuja el émbolo de nuevo hacia su posición original.



Figura 5-2 Válvula Solenoide

Fuente:

<https://www.sanhuausa.com/us/es/productos/solenoid-valves/valvula-solenoide>

2.1.4. *SCADA con LabVIEW*

LabVIEW: Es una herramienta de programación gráfica. Originalmente este programa estaba orientado para aplicaciones de control de equipos electrónicos usados en el desarrollo de sistemas de instrumentación, lo que se conoce como instrumentación virtual. (Lajara & José, 2011)

Cada uno de los programas creados en LabVIEW se almacenará en ficheros llamados VI (Virtual Instrument), aunque en la actualidad se han integrado en una librería llamada VISA, en donde se construye un interface de usuario, o panel frontal, con controles e indicadores.

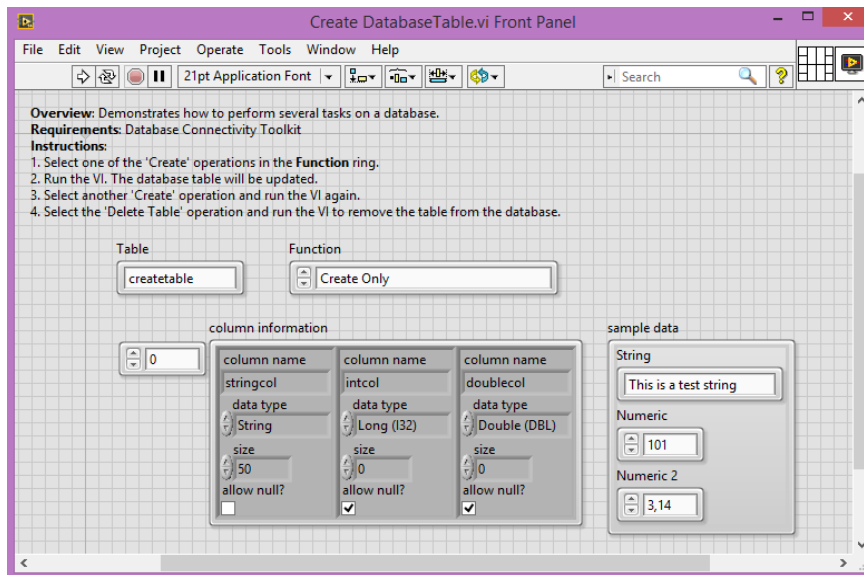


Figura 6-2 Panel Frontal
 Realizado por: Eduardo García C.

VISA (Virtual Instrument Software Architecture) conocido también como un API es un identificador lógico único, el cual permite generar comunicaciones con algún recurso, el cual no necesariamente es único ya que también se puede usar un alias, considerando que en ambos casos se está conservando a cargo una variedad de operaciones.

El diagrama de bloques contiene el código de fuente gráfico, funciones y estructuras agregadas en las bibliotecas LabView, los cables conectan cada uno de los diagramas de bloques, al igual que funciones y estructuras.

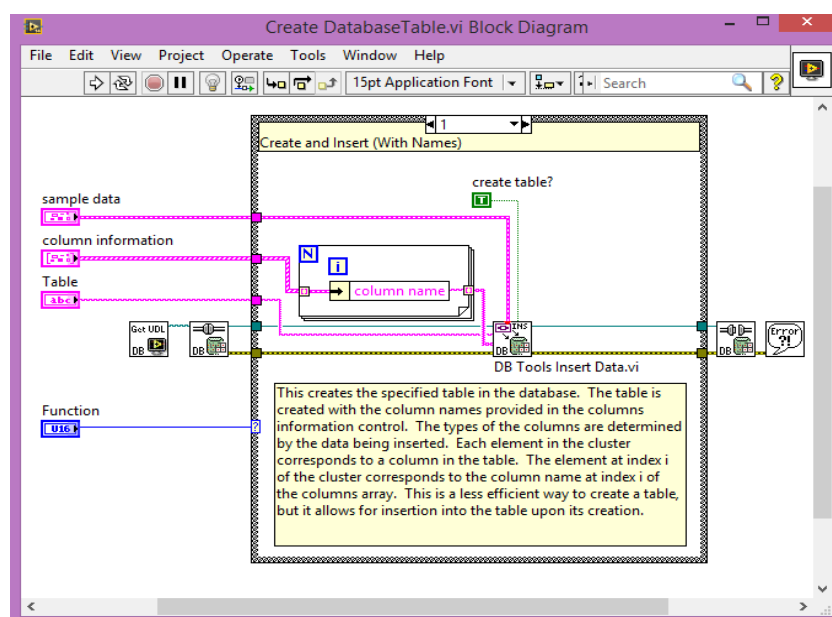


Figura 7-2 Diagramas de Bloques
 Realizado por: Eduardo García C.

Tomando en cuenta que SCADA es sistema de aplicación informática, presentan dos alternativas tales como:

Confeccionar un programa a medida, específicamente diseñado para la aplicación requerida utilizando un lenguaje de programación (Basic, C, C++, Java, Visual Basic, Visual C++, Pascal, etc.). (Molina & Jiménez, 2010)

Los conocimientos de programación requieren que sean avanzados ya que se desarrollara todas las características del SCADA (sinópticos, alarmas, elaboración de informes, etc.).

La ventaja de esta solución radica en que la aplicación se ajusta totalmente a las necesidades del cliente o las específicas del proceso. El gran inconveniente es la dependencia de la programación. Las ampliaciones y modificaciones son, por tanto, más complicadas y costosas. (Molina & Jiménez, 2010)

Utilizar un paquete SCADA comercial. Estos paquetes proporcionan editores gráficos y funcionales que permiten integrar los drivers de comunicación que suministra el proveedor para desarrollar las aplicaciones. (Molina & Jiménez, 2010)

Intervienen sinópticos del proceso, variables y textos que se visualizará, relaciones entre operaciones, configuración de las comunicaciones, etc., es así como las modificaciones son entendibles dentro de las limitaciones según la licencia adquirida con un número máximo de puntos de control.

2.1.4.1. *Comunicación con los Controladores Industriales*

En el análisis de un sistema SCADA uno de los componentes primordiales lo integran los recursos software y hardware, empleados en la comunicación de buses de campo y controladores industriales, tal es el caso de PLCs industriales, PACs, Compact, FieldPoint.

Según (Molina & Jiménez, 2010) existen tres métodos para conectar LabVIEW a cualquier PLC o controlador:

- Utilizar entradas y salidas analógicas o digitales.

- Emplear controladores software o hardware para comunicación con las redes buses de campo industriales que emplean los PLCs.
- Utilizar la tecnología OPC



Figura 8-2 Alternativa de comunicación con controladores
Fuente: GALLARDO, S. 2013

2.1.4.2. *RS232 (Recomed Standard 232):*

Según ANSI (American National Standard Intitution) es la interfaz entre un equipo terminal de datos y un equipo de comunicación de datos utilizando un intercambio binario en modo serie.

Cada uno de los dispositivos reciben su nombre técnico y entre estos encontramos:

- DTE (Data Terminal Equipmet); ejemplo un ordenador, este dispone en su terminal un macho.
- DCE (Data Circuit- terminating Equipment); ejemplo un modem, este en su terminal dispone de una hembra, la cual debe establecer y mantener la conexión.

Mediante este análisis en el campo se puede decir que un equipo puede tener la necesidad de ser DTE o DCE.

2.1.4.3. *Comunicación Serie*

Las comunicaciones que se puede obtener entre distintos dispositivos clasificados de acuerdo a parámetros poseen una comunicación en serie (RS-232, USB o firewire), también se encuentra en paralelo como (GPIB, VXI o PXI).

La comunicación en serie es mejormente empleada principalmente porque mediante esta obtenemos ventajas tales como:

- Transmisión de datos a gran distancia
- Costos menores en comparación con las demás
- Su comunicación se establece mediante punto a punto

2.1.4.4. *Comunicación serie con LabVIEW*

En la nueva plataforma que entrega LabVIEW se observa que incluyen nuevas librerías de VISA ofreciendo nuevos usos por ejemplo tenemos:

- La nueva paleta ubicada en el puerto serial I/O > Serial.
- VISA Configure Serial Port: Se encarga de realizar una configuración entre los parámetros de velocidad, protocolo, paridad, etc., con el puerto serie.
- VISA Write: como su nombre lo indica escribe datos desde un buffer hasta el otro dispositivo que se esté empleando.

- VISA Read: sus funciones se dan al contrario de VISA Write, ya que por lo general este recibe órdenes que se emitan en cuanto al número de bytes que debe leer bufer.
- VISA Close: Cierra la sesión que ejecutaba anteriormente VISA.

2.1.4.5. *TCP (Transmission Control Protocol) / IP (Internet Protocol) en LabVIEW:*

Estos pertenecen a una comunicación de protocolos agrupados por niveles, su objetivo principal se basa en generar una interconexión entre redes, lo cual servirá para que el usuario crea tener una única red homogénea.

Nivel de Red (IT): Denominada también datagrama. Presenta como misión principal conformar los paquetes de datos que se transmitirán al protocolo inferior y desencapsular los entrantes para liberarlos en el protocolo superior.

Cada uno de los datos que se adquieran requieren un tamaño preciso en la red, especialmente porque el datagrama tiende a fragmentarse si la información es extremadamente grande.

Nivel de transporte (TPC): Se encarga de que el flujo de datos entre el origen y el destino parezcan continuos, en donde su diseño esta dado para suministrar una corriente en bytes confiable a través de una no confiable.

En LabVIEW el modelo de programación con TCP/ IP cuenta con un modelo de ficheros basados en leer, escribir, y cerrar así se ubica:

TPC Listen, TPC Open, TPC Write, TPC Read, IF to String y String to IP.

2.1.4.6. *Protocolos de Comunicación*

- **DSTP (Data Socket Transfer Protocol).** Se refiere a un protocolo que trabaja sobre TPC/IP creado particularmente para DataSocket, compuesto por un API y un servidor. Se encuentran tres elementos:

- Data Socket Server (Puerto 3015)

- Publicador (Publisher)
- Supervisor (Subscriber).

Este proceso se maneja con los publicadores quienes envían datos al servidor recurriendo a API y los suscriptores los leen. Se debe tomar en cuenta que los publicadores y los suscriptores sean clientes del servidor.

Las direcciones del protocolo DTSP son de forma: dtsp: //nombreMaquina/datos. (Lajara & José, 2011)

- **OPC (OLE for Process Control).** Se denomina OPCS a aquel mecanismo que permite administrar variables compartibles con uso similar a DSTP, pero en vez de Data Socket Server dispone de un servidor OPC. Esta comunicación esta específicamente diseñada para compartir datos en tiempo real.

OPC es un estándar de comunicación entre controladores industriales, que poseen direcciones como opc://nombreMaquina/nombreServidor/datos. (Lajara & José, 2011). Las direcciones aceptadas están dadas bajo parámetros que admiten configurar el funcionamiento de la comunicación OPC. En el mecanismo de OPC se encuentra un determinado procedimiento para acceder a los datos desde el recurso de hardware, el mismo que se detallara a continuación.

- Generar un grupo OPC necesario en las operaciones sincronizadas de lectura-escritura
- Ubicar los elementos necesarios para el grupo
- Vigilar el estado actual de los artículos, el mismo que debe tener operaciones de lectura- escritura sincronizadas.

Al ser los procesos de producción industrial, el punto mas importante del desarrollo mundial surgen las fases de control que por lo general están en constante renovación, ya que el control de éstos involucra una serie de dispositivos como , PLC-ahorradores, bus de campo, sensores, dispositivos IO con mando a distancia.

Hoy en día, un proceso de producción está dado por un sistema SCADA, gracias a su capacidad para reservar información de campo, en tiempo real y sobre el terreno.

2.1.5. REDES INALÁMBRICAS

Las redes inalámbricas wireless son redes sin cable que se suelen comunicar por medios no guiados a través de ondas electromagnéticas. La transmisión y la recepción se efectúan a través de antenas. Normalmente, el emisor tiene una sola antena, pero puede tener varias, ya que existen sistemas que emplean dos, tres e incluso hasta cuatro antenas. Unas antenas se usan para la emisión, otras para la recepción y normalmente, la mayoría de las veces la misma antena permite actuar de ambos modos. (Gómez, 2002)

2.1.5.1. Características de las redes inalámbricas.

La ventaja que ofrece utilizar un sistema de redes inalámbricas son varias entre ellas:

- Rápida instalación de la red debido a que se omite el uso de cableado.
- Facilita movilidad ya que el medio de transmisión de datos no necesita conexión de cables.
- Reduce los costos de mantenimiento.
- La mayoría de los móviles, PDA y portátiles permiten el acceso a varias tecnologías inalámbricas.
- Es la única solución a utilizar para zonas en las cuales se imposibilite instalar cableado.

2.1.5.2. WSN

Una red de sensores inalámbricos o WSN es una red inalámbrica de dispositivos de sensado. Las WSN son sistemas distribuidos constituidos por dispositivos de bajo consumo de energía,

con capacidades de sensado y comunicación. Los dispositivos que conforman dichas redes se les denominan nodos sensores o motas y están capacitados en su capacidad computacional y de comunicación. Sin embargo trabajan de forma colaborativa para llevar la información de un punto a otro de la red transmitiendo pequeños mensajes de un nodo a otro. (Ruiz Canales & Molina Martínez, 2010)

Esta considerado que las WSN pueden estar constituidas por cientos o miles de nodos sensores y la mayoría de las aplicaciones de las WSN están relacionadas al monitoreo y detección de fenómenos. En estas aplicaciones las redes de sensores no pueden operar completamente aisladas y deben contar con alguna forma de monitoreo y acceso a la información adquirida por los nodos de la red de sensores. (Ruiz Canales & Molina Martínez, 2010)

De aquí surge la necesidad de conectar las redes de sensores a infraestructuras de redes existentes tales como internet, redes de área local e intranets privadas. Los dispositivos que realizan la función de interconectar dos redes de diferente naturaleza se les llama dispositivos puerta de enlace conocido como Gateway. (Ruiz Canales & Molina Martínez, 2010)

La comunicación entre los nodos sensores y los nodos gateways, se realizara mediante una Red inalámbrica de Área (Protocolo de comunicaciones ZigBee), mientras que la comunicación entre los dispositivos gateways y una estación base de control se realiza mediante una red de área extensa. (Ruiz Canales & Molina Martínez, 2010)

2.1.5.3. *Constitución de las WSN*

Básicamente las WSN se constituyen de:

- **Sensores:** Son dispositivos electrónicos que nos permiten interactuar con el entorno, de forma que nos proporcionan información de ciertas variables que nos rodean para poder procesarlas y así generar ordenes o activar procesos. (Ruiz, Garcia, & Rico, 2010)
- **Nodo sensor o Mota:** Un nodo sensor o mota, es un elemento computacional con capacidad de procesamiento, memoria e interfaz de comunicación que puede formar un conjunto de red de sensores.

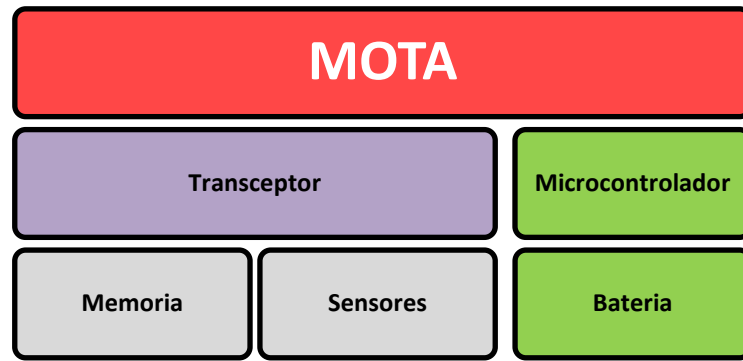


Figura 9-2 Esquema de un nodo sensor o mota.

Fuente: CANALES & MOLINA, 2010

El hardware básico de un nodo sensor, se compone de un transceptor (transmisor y receptor), un microcontrolador, uno o varios sensores, una batería o fuente de alimentación, y si fuere necesario, una memoria externa. (Canales & Molina, 2010).

En general, un nodo genérico dispondrá de los siguientes bloques funcionales:

- **Unidad de proceso:** Suele emplear microcontroladores. El mismo que gestiona todas las acciones del nodo principalmente recibir la información y procesarla, interacción con otros nodos y gestión de la energía a utilizar.
- **Memoria :** Es la unidad de procesos en la cual reserva los datos de los sensores, almacena información importante para las tareas de comunicación, entre otros.
- **Módulo sensor :** Es aquel que se encarga de la medición de los parámetros físicos del entorno a trabajar tales como: intensidad lumínica, temperatura, presión, humedad, movimiento, etc.
- **Módulo de comunicaciones inalámbricas o transceiver :** Es la interfaz en la que existe comunicación entre los nodos, son de corto alcance y baja velocidad.
- **Sistema de alimentación :** Ésta es una desventaja para el uso de este tipo de sistemas, debido a que necesitan una fuente de alimentación propia y disminuye su tiempo de vida útil.
- **Gateway :** Facilita la interconexión entre una red de sensores y una red TCP/IP. La información que recepta el gateway es almacenada y reenviada a la plataforma de aplicación para luego ser analizada. De la misma manera la plataforma al enviar señales a la red el Gateway almacena los datos y los reenvía a la red de sensores.

- **Estación Base:** Se encarga del almacenamiento de los datos.
- **Red Inalámbrica:** Red en la que dos o más terminales se pueden comunicar sin la necesidad de una conexión por cable. Se basa en Zigbee.

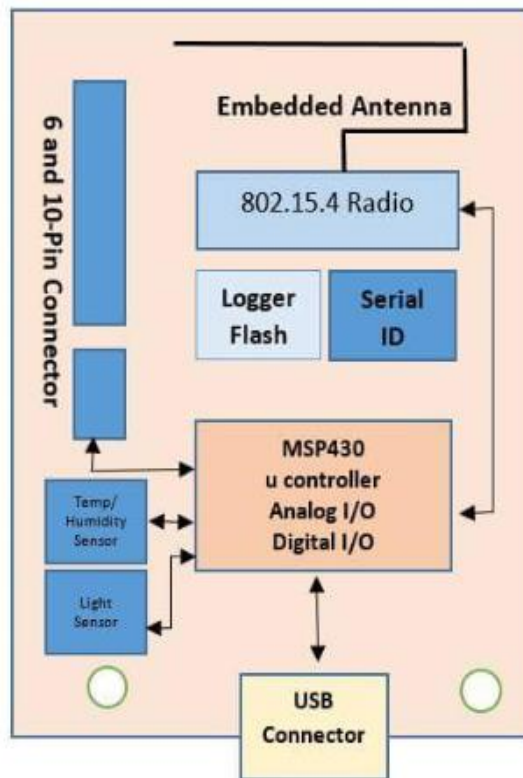


Figura 10-2 Constitución de las WSN
Fuente: ARDILA & SANTA MARÍA, 2013

2.1.5.4. Estado de los nodos de una red de sensores

- **Sleep (durmiendo):** Es el estado en el cual el nodo se mantiene inactivo y de esta manera ahorra energía.
- **Wake Up (despertando) (despertando):** Estado de transformación entre el sleep y el active.
- **Active (activo):** Momento en el cual el nodo empieza a transferir información.

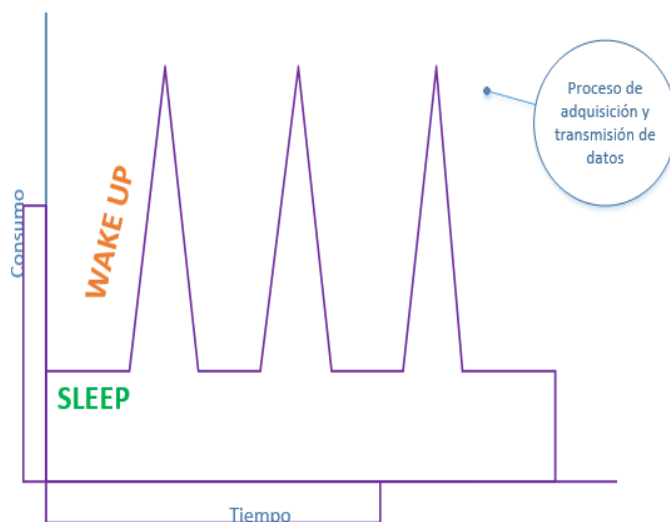


Figura 11-2 Estado de un nodo sensor
Fuente: LEON, R.D. 2010

2.1.5.5. *Arquitectura de un sistema WSN*

Existen dos arquitecturas:

- **Arquitectura Centralizada:** En este diseño los nodos interactúan solo con el Gateway.
- **Arquitectura Distribuida:** En este caso los nodos sensores se conectan con otros para compartir la base de datos.

En la arquitectura distribuida los nodos cooperan y ejecutan algoritmos para que el nodo coordinador transmita a la estación base.

Los nodos a más de recibir información emplean su capacidad de cómputo para realizar medidas.

2.1.5.6. *Características de las WSN*

Las redes de sensores inalámbricas tienen capacidad de auto restauración, es decir es capaz de encontrar nuevos medios para dirigir los datos obtenidos en el caso de un desperfecto en el

nodo. De esta manera la red continuará su funcionamiento pese a que existan nodos que pierdan potencia o se destruyan.

Este tipo de redes han desarrollado propiedades como auto diagnóstico, auto restauración, auto organización, auto reparación, entre otros lo que posibilita su utilización en problemas que no se podían resolver con el uso de otras tecnologías.

Las WSN pueden ser utilizadas en diferentes campos y a su vez integrarse con otras tecnologías para trabajar en aplicaciones como agricultura, biología, medicina, minería e incluso en la interacción de los seres humanos con el medio.

2.1.5.7. Topología de redes de sensores inalámbricos

La topología hace referencia a la conexión entre el hardware y la base de datos transmitida por esa conexión. Se pueden utilizar diferentes tipologías para coordinar el Gateway, nodos u otros ruteadores de una WSN.

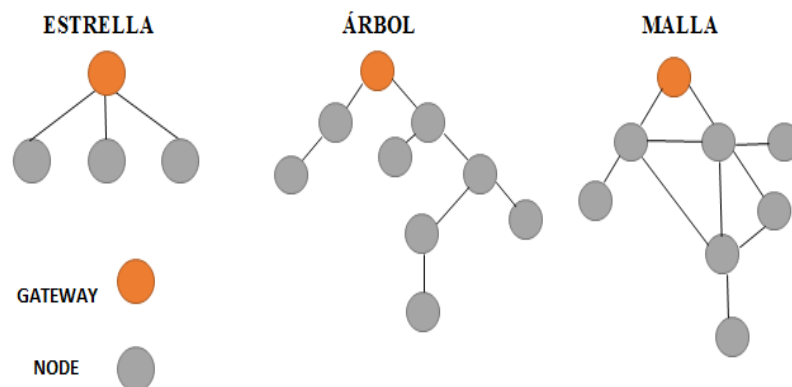


Figura 12-2 Topologías de red WSN comunes

Fuente: GIL, POMAES & CANDELAS, 2010

- **Topología de estrella:** Es aquella en la que el nodo sensor está en conexión directa al Gateway.
- **Topología de árbol:** Cada nodo se conecta a un nodo de mayor jerarquía en el árbol y después al gateway, los datos son ruteados desde el nodo de menor jerarquía en el árbol hasta el gateway.

- **Topología de malla:** En esta topología los nodos pueden conectarse entre sí y transmitir la base de datos por la ruta disponible de mayor seguridad.

2.1.5.8. *Ventajas y desventajas de las WSN*

Tomando en consideración las características de los sistemas de redes inalámbricos mostramos sus principales ventajas y desventajas.

- **Tiempo de vida:** - Depende del consumo de potencia de cada elemento y teniendo en cuenta que los nodos se proyectan para trabajar con baterías, el tiempo de vida se convierte en su principal desventaja.
- **Cobertura.-** El área de cobertura que presta este sistema es amplia a más de que hay la posibilidad de sumar técnicas de enrutamiento multisalto, lo cual faculta incrementar aún más las zonas de cobertura.
- **Costos y facilidad de instalación.-** Los nodos poseen el mismo hardware lo cual permite reducir costos de infraestructura debido a que se pueden trabajar tan solo modificando el software presentando una gran ventaja.
- **Tiempo de respuesta.-** Breve concurrencia de la red. Las redes de sensores utilizan métodos modernos de enrutamiento que permite una ágil recuperación ante inconvenientes.
- **Bajo consumo de potencia.-** En algunos casos los nodos actúan cuando deben enviar datos permaneciendo inactivos el resto del tiempo, lo cual reduce su consumo.

2.1.5.9. *Sistema de adquisición de datos*

Según las funciones que van a desempeñar los sensores poseen distintas características y tecnologías. Adquieren la base de datos y la transforma en señales eléctricas.

Para controlar sistemas en tiempo real los transceptores inteligentes cumplen con el estándar IEEE 1451.5 4.

Es una familia de estándares propuestos para definir una interfaz para sensores y actuadores, que sea independiente de los protocolos de la red de comunicaciones utilizada.

Los transceptores son sensores o actuadores equipados con micro controladores que les provee de “inteligencia local” y capacidad de comunicación.

Diseñado como interfaz entre 802.11 (WiFi), 802.15.4 (Bluetooth) y 802.15.5 (ZigBee).

2.1.6. ZIGBEE



Figura 13-2 Zigbee, Control Inalámbrico

Fuente: <http://sg.com.mx/content/view/310>

La Zigbee Alliance es un consorcio de empresas, en su mayoría fabricantes de semiconductores con Philips, Mitsubishi, Samsung y Motorola, que han propuesto una red inalámbrica para terminales con las siguientes características: baja velocidad, bajo coste, ciclo de trabajo inferior al 1% (más del 99% del tiempo está inactivo) , transmisión de paquetes de datos cortos , bajo consumo de potencia (autonomía de 2 años sin cambiar la pila), elevado número de dispositivos interconectados (más de 65.536 terminales), y comunicación segura y fiable. (Alonso, 2013)

Zigbee es otro estándar para redes inalámbricas personales que posibilita la transmisión de voz y datos entre dispositivos utilizando la radiofrecuencia.

Se caracteriza por añadir seguridad en las comunicaciones y requerir muy poca energía para su funcionamiento por lo que es ideal para pequeños dispositivos que necesiten maximizar la vida de sus baterías.

Es principalmente útil para aplicaciones en las cuales se necesite una red de dispositivos inalámbricos y con una baja transmisión de datos. (Alloza, 2014)

2.1.6.1. *Características de zigbee*

Las principales características de ZigBee son su flexibilidad, su bajo costo y bajo consumo de energía, que a su vez son las características que conforman la idea básica de la que nació ZigBee: dispositivos fáciles de manejar que permiten formar redes inalámbricas de bajo costo, y que, gracias al bajo consumo, permiten una amplia variedad de aplicaciones. En general, se puede decir que una de las principales ventajas que presenta el protocolo ZigBee frente a otros, es que reduce el tiempo en el que la comunicación vía radio esta activa y, por tanto, reduce considerablemente el consumo. (Canales & Molina, 2010)

2.1.6.2. *Tipos de dispositivos que constituyen Zigbee*

Una red Zigbee la forman básicamente 3 tipos de elementos.

- Un único dispositivo Coordinador
- Dispositivos Routers
- Dispositivos finales (endpoints).
- **Dispositivo Coordinador**

Es aquel que se encarga de formar la red, fija el canal de comunicaciones, permitiendo conectarse con dispositivos routers y endpoints para finalmente asociarse en el enrutado de paquetes y ser emisor y/o receptor de información.

- **Dispositivos Routers**

Es un nodo cuya función es conservar la base de datos en la red y determina la vía ideal para transmitir información. El router debe tener conexión a una red ZigBee antes de actuar como router.

- **Dispositivos Finales**

Los dispositivos finales generalmente se alimentan con baterías, se caracteriza por su bajo costo y consumo de energía, se comunican tan solo con su nodo principal, por lo mismo puede estar inactivo y así aumentar su tiempo de vida útil.

2.1.6.3. *Topologías de redes ZIGBEE*

ZigBee permite diseñar tres topologías distintas.

- **Topología en estrella**

En esta topología el coordinador se ubica en el centro y los módulos de recepción o transmisión están conectados a él.

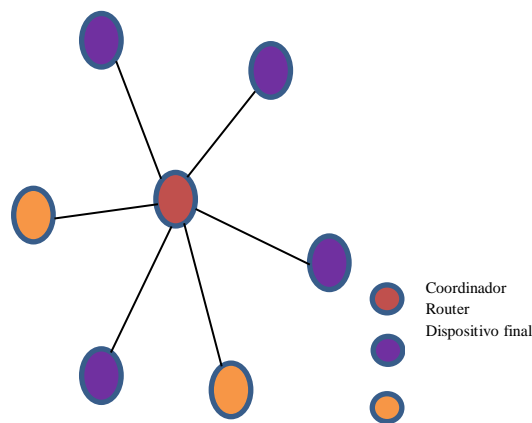


Figura 14-2 Red en estrella
Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

- **Topología en árbol**

Los nodos se encuentran localizados en forma de árbol siendo el coordinador su raíz. Esta red permite aumentar la zona de cobertura sin embargo retarda la transmisión de datos.

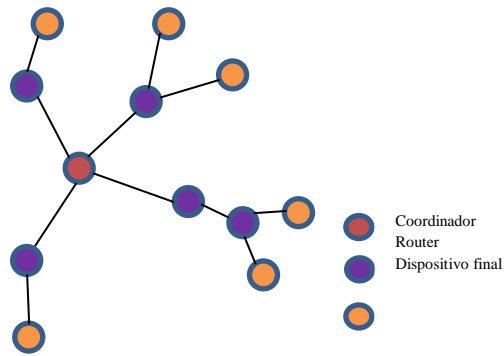


Figura 15-2 Red en árbol
 Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

- **Topología en malla**

La topología de malla permite que los dispositivos tengan interconexión entre sí asegurando vías alternativas en caso de algún defecto del nodo que forme parte de la red.

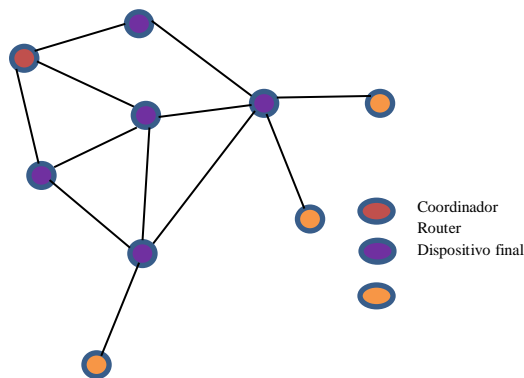


Figura 16-2 Red en malla
 Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

2.1.6.4. *Arquitectura del estándar ZIGBEE*

ZigBee es una pila de protocolos que está constituido por diferentes capas independientes.

Tabla 1-2 Capas de la pila de protocolos ZIGBEE

Aplicación / Perfil	Usuario
Soporte de Aplicación	ZigBee Alliance
Red (NWK) / Seguridad (SSP)	
MAC	IEE 802.15.4
PHY	

Fuente: <https://sx-de-tx.wikispaces.com/ZIGBEE>

- La capa física (PHY) junto con la de acceso al medio (MAC), permiten la transmisión de datos por el aire, punto a punto.

- La capa de red (NWK) permite el correcto uso del MAC, facilita los medios para iniciar la red, unirse, enrutar la base de datos, dirigirla a los nodos y entregarlos al destinatario final.
- La capa de soporte determina qué otros dispositivos trabajen en el espacio del dispositivo, enlaza dos o más dispositivos basados en sus servicios, necesidades y manda mensajes entre estos.
- La capa de aplicación mantiene tablas que agrupan mensajes entre dispositivos; la capa se ocupa también de encontrar otros vecinos con el mismo PAN-ID. Esta capa está definida por ZigBee.

2.1.6.5. *Módulos de transmisión inalámbrica XBEE*

Los Xbee son elementos electrónicos de reducido tamaño con la capacidad de interactuar con otros dispositivos de forma inalámbrica.

Estos módulos permiten trabajar con redes ZigBee, disminuyen el tiempo de desarrollo y hacen también el papel de módems configurables mediante un set de comandos AT.

Recepta señales digitales y analógicas ya que posee un conversor el cual transmite dichos datos. Se diseñaron con la finalidad de utilizarlos en aplicaciones en las cuales se requieran un elevado flujo de datos, baja latencia y una sincronización de comunicación predecible.

2.1.6.6. *Hardware*

Existen dos módulos básicos de XBee.

- **XBee Serie 1**

Estos radios utilizan un microchip hecho por Freescale para suministrar conexión simple de punto a punto así como la implementación de redes tipo mesh.

- **XBee Serie 2**

Estos radios usan un microchip de Ember Networks que contiene varias de las normas justificadas en la creación de redes mesh bajo el protocolo Zig Bee. Esta serie de radios dan paso una configuración para especificar el tipo de comunicación a realizar, así como la función que desempeñará el radio en la comunicación.

2.1.6.7. *Características principales*

- Estos módulos cuentan con receptores más sensibles lo cual brinda un mayor alcance y reducen su consumo.
- Posee una potencia de salida de 1,25mW y la sensibilidad del receptor es de -97dBm lo cual le facilita operar hasta 120 m en zonas abiertas.
- Tiene una potencia de salida de 10mW y una sensibilidad de -103dBm, permitiéndole operar a más de 1,5 Km en zonas abiertas.
- En estos dispositivos la corriente es de aproximadamente 40 mA.

2.1.6.8. *Tipos de antenas*

- **Chip Antenna** – Básicamente es un pequeño chip que actúa como antena. Rápido, sencillo y barato.
- **Wire Antenna (Whip Antenna)**.- Es un pequeño cable que sobresale.
- **u.FL Antenna** – Un conector pequeño para conectar tu propia antena. Esto es perfecto si tienes tu equipo en una caja y deseas la antena afuera de ésta.

- **RPSMA Antenna** – Un conector más grande para conectar tu propia antena. Nuevamente, esto es perfecto si tienes tu equipo en una caja y deseas la antena afuera de ésta. (Ojeda, s.f.)

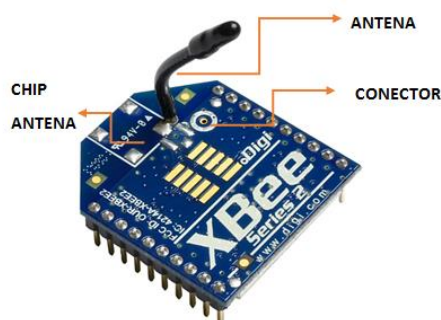


Figura 17-2 Módulo X-bee
Fuente: GALLARDO, S. 2013

2.1.7. GSM/GPRS

2.1.7.1. GSM

GSM es la abreviatura de ‘Sistema Global para las comunicaciones Móviles’ (en inglés, Global System for Mobile communications). A comienzos del siglo XXI, es el estándar más utilizado de Europa. Conocido como estándar de segunda generación (2G), su principal diferencia respecto a la primera generación de teléfonos móviles es que sus comunicaciones son totalmente digitales. (G. COLOURIS, 2001)

El estándar GSM fue desarrollado a partir de 1982, cuando fue estandarizado por primera vez, denominado "Groupe Spécial Mobile". Surgió como idea para el desarrollo de un estándar europeo de telefonía móvil digital. En 1991 se convirtió en un estándar internacional llamado "Sistema Global de Comunicaciones Móviles", y comenzaron a presentarse los primeros prototipos de telefonía GSM. (G. COLOURIS, 2001)

En Europa, el sistema GSM utiliza las bandas de frecuencia de 850, 900 y 1800 MHz, mientras que en los Estados Unidos se usa la banda de frecuencia de 1900 MHz. En consecuencia, los dispositivos de comunicaciones móviles que pueden operar tanto en Europa como en Estados Unidos se conocen como cuatribanda (Quadband). (G. COLOURIS, 2001)

El estándar GSM permite transmisiones digitales de voz y datos, como mensajes de texto (SMS) o mensajes multimedia (MMS).

Respecto a su arquitectura de red, en GSM todo terminal móvil debe estar constituido por una tarjeta SIM (Módulo de identificación de abonado) y el propio dispositivo, normalmente un teléfono móvil. (G. COLOURIS, 2001)

La tarjeta SIM es la encargada de identificar en la red al usuario y al terminal móvil. Estos dispositivos se identifican gracias a un número exclusivo de identificación denominado IMEI (Identificador internacional de equipos móviles), compuesto por 15 dígitos. (G. COLOURIS, 2001)

Por otro lado, cada tarjeta SIM también posee un número de identificación único denominado IMSI (Identificador internacional de abonados móviles). En la figura 18-2 podemos ver la arquitectura de red correspondiente al sistema GSM. Está compuesta por múltiples estaciones base (BTS), que a su vez, se conectan a un controlador de estaciones base (BSC), encargado de la administración de la red. A éste sistema compuesto por el BSC y sus correspondientes estaciones base conectadas al mismo, se le conoce como BSS (Subsistema de estaciones base).

En un nivel superior estarían los Centros de conmutación móvil (MSC), al que se conectan físicamente los controladores de estaciones base. Éste es el encargado de establecer la conexión con la red de telefonía pública y con Internet. Su administración corre a cargo del operador de la red telefónica. El MSC pertenece a un Subsistema de conmutación de red (NSS), el cual se encarga de identificar a los usuarios, determinar su ubicación, y gestionar las comunicaciones con otros usuarios de la red. A su vez, el Centro de Conmutación móvil (MSC) se conecta a una serie de base de datos que le proporcionan funciones adicionales:

- Registro de posición base (HLR): en esta base de datos se almacena la información de los abonados (posición geográfica, información administrativa, etc.).
- Registro de posición visitante (VLR): contiene información de usuarios que no son abonados locales. Los datos se conservan mientras el usuario está dentro de la zona, y se eliminan en cuanto abandona la zona o tras un largo período de inactividad.
- Registro de identificación del equipo (EIR): es una base de datos que contiene la lista con los dispositivos móviles.
- El Centro de autenticación (AUC): su misión es verificar las identidades de los usuarios.

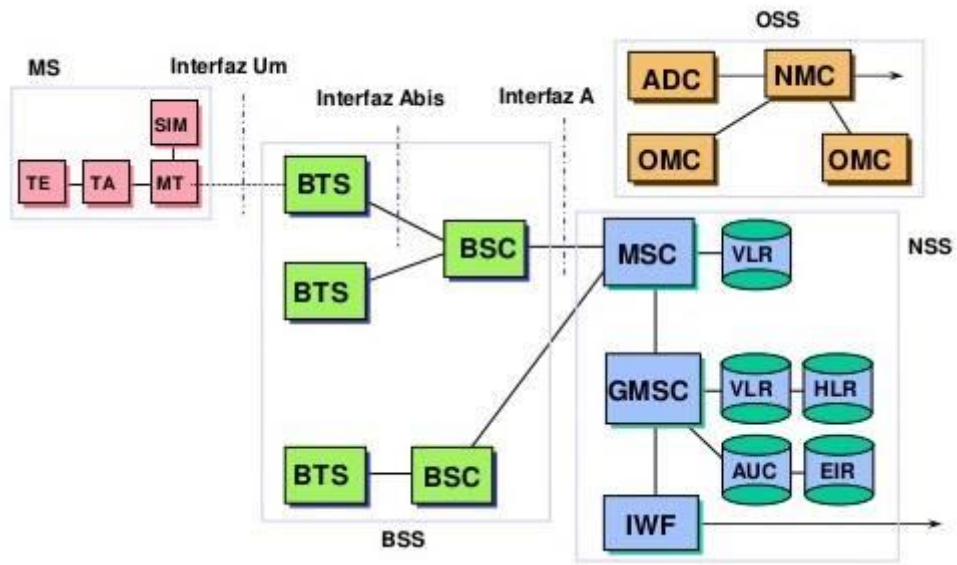


Figura 18-2 Arquitectura de red del sistema GSM

Fuente: COLOURIS, G. 2011

CAPITULO III

3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo y diseño de la Investigación

El proyecto propuesto pretende hacer una investigación de tipo experimental en la Asociación de Fruticultores de Ambato, se implementará un sistema SCADA para el control del sistema de riego, monitoreo de la humedad del suelo cultivado y el manejo de la información de la producción frutícola. La investigación es de tipo longitudinal, se van a recoger datos continuamente para a futuro establecer la situación real de la asociación.

3.2. Población

El sistema implementado es aplicado a los 40 integrantes de la Asociación de Fruticultores de Ambato (ASOFRUT).

3.3. Antecedentes de la empresa



Figura 1-3 Logo ASOFRUT

Fuente: ASOFRUT, 1981

Bajo el amparo de la Constitución y la Ley Orgánica de la Economía Popular y Solidaria se constituye la Asociación de Fruticultores Tungurahua, cuyas siglas son ASOFRUT, bajo los principios de unidad, equidad, imparcialidad, para que investida de personería jurídica, coadyuve al desarrollo y fortalecimiento de sus asociados en la búsqueda del Buen Vivir. La ASOFRUT, fundada el 8 de abril de 1981, es un organismo autónomo de derecho privado, así como también su patrimonio y presupuesto; su gobierno institucional es independiente y democrático.

El domicilio principal de la ASOFRUT será La Parroquia Huachi Grande, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua, pudiendo ejercer su actividad en cualquier parte del territorio nacional, previa autorización de la Superintendencia de Economía Popular y Solidaria.

3.4. Situación actual

Con la finalidad de identificar los procesos utilizados para el riego de las plantaciones y el manejo de la información de producción de los socios de ASOFRUT, se ha realizado un levantamiento de información basados en la observación directa definiendo las variables a controlar y llevar un registro de ellas.

En base a la problemática planteada, se establece que existe demasiado empirismo para realizar el riego de las plantaciones y la carencia de un sistema para el manejo de la información de la producción frutícola de la ASOFRUT, de tal manera que el estudio hará referencia a la inclusión de tecnología para la mejora de mencionadas actividades.

3.4.1. Descripción del proceso para el riego de las plantaciones

El proceso de riego de los frutales se lo realiza por inundación se permite el fluido de agua por medio de válvulas o llaves manuales, se excavan hoyos o socavan en la base de los árboles y se llenan de agua. La experiencia del fruticultor luego de trabajar sus tierras por muchos años permite que él conozca el suelo mejor que nadie, bajo éste concepto al realizar el riego por inundación el fruticultor establece cuando el riego está completo.

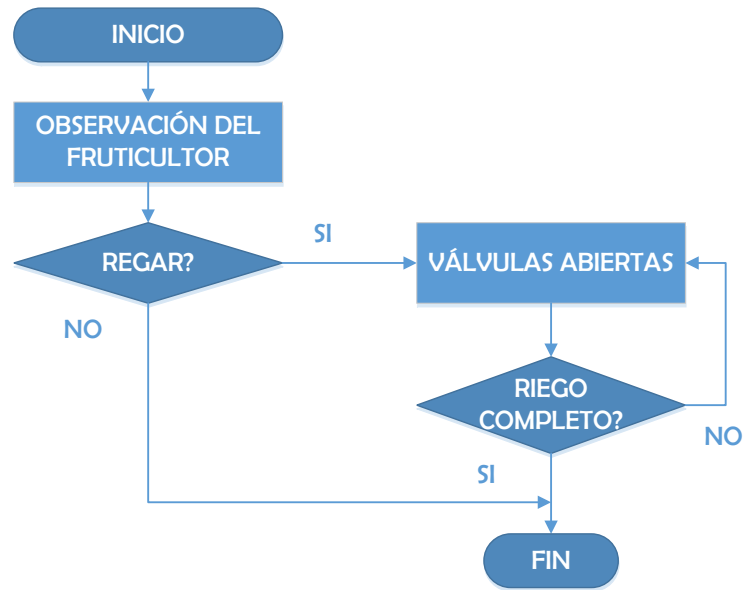


Figura 2-3 Diagrama de flujo del proceso de riego

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016



Figura 3-3 Válvula de accionamiento manual

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

3.4.2. Descripción del proceso para manejo de la información de producción

En el capítulo 1 se menciona la carencia de un método o herramienta para el manejo de la información de producción de la actividad frutícola de la ASOFRUT, por lo que en este punto el presente proyecto se encaminó en el desarrollo de la herramienta para cubrir esta necesidad.

3.5. Organización y localización del experimento de campo

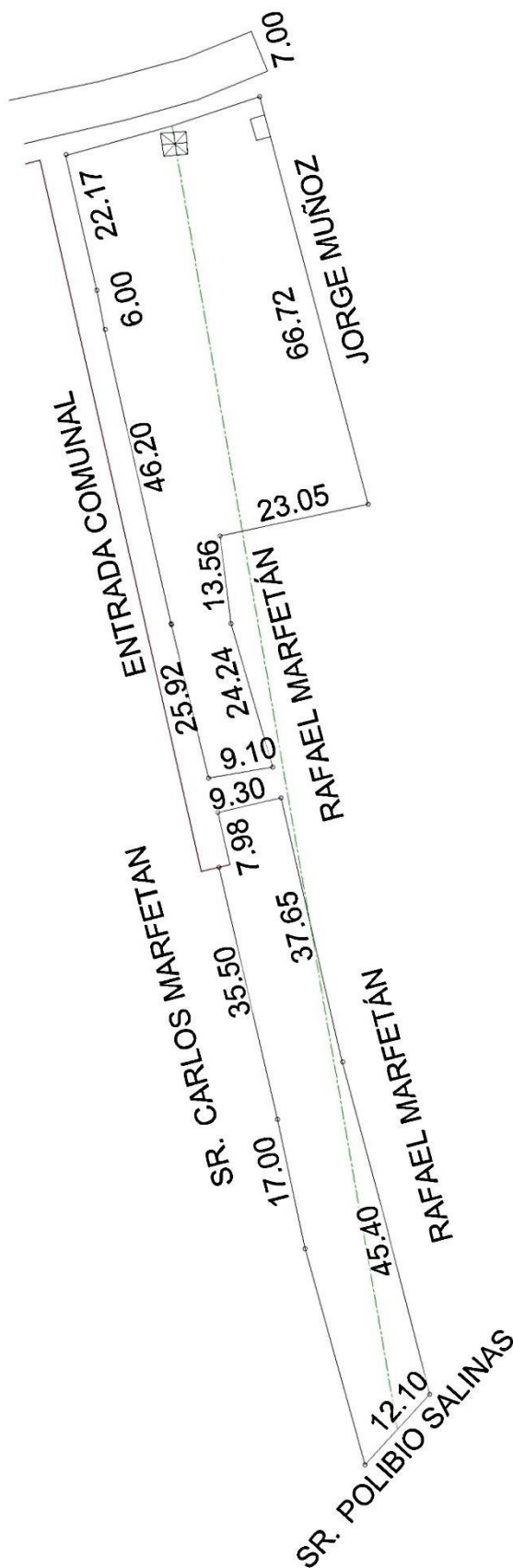


Figura 4-3 Plano del área de terreno cultivado
 Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

La implementación en campo del sistema desarrollado se ha efectuado en las plantaciones de uno de los socios de ASOFRUT como plan piloto, en el sector de Huachi Grande, se ha realizado sobre un área de terreno cultivado de 3400 m² que contienen plantaciones de durazno, claudia, manzana y mora distribuido por parcelas. El plano del terreno Anexo 1.

En la tabla 1-3 se detalla la cantidad de frutales que albergan las plantaciones piloto y el área asignada para cada una de ellas.

Tabla 1-3 Número de frutales de las plantaciones piloto.

PLANTACIÓN	# FRUTALES	ÁREA (m ²)
DURAZNO	21	700
CLAUDIA	78	1600
MANZANA	18	200
MORA	140	900

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

3.6. Senso de humedad.

Los sensores de humedad utilizados en campo para el proyecto son de tipo Open Source – Arduino, para su calibración se realizan pruebas de campo utilizando como patrón de medida de humedad un KJT Humidity/Thermometer TA138 el datasheet del instrumento se encuentra en el Anexo 2.

3.7. Monitoreo de Humedad

Una vez instalados los sensores en el campo tomando como referencia la metodología propuesta por Pérez Juan, Urdaneta Elizabeth y Custodio Ángel se procede a la implementación de la WSN tomando en cuenta los siguientes pasos: Detección de necesidades de medición del entorno, caracterización del entorno, estudio de los dispositivos disponibles relacionados con redes inalámbricas de sensores, selección del tipo de red a usar, realizar pruebas experimentales con los dispositivos de forma individual, implementar la red en campo. (Pérez, Urdaneta, & Custodio, 2014).

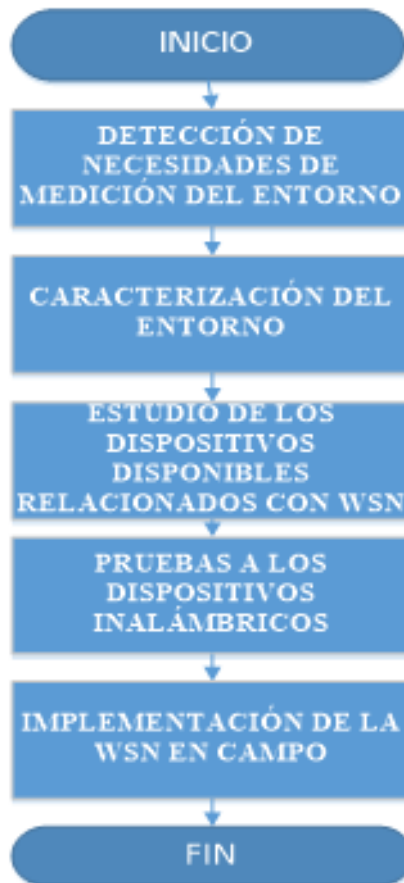


Figura 5-3 Metodología para la implementación de una WSN

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Aplicando la metodología planteada se desarrolla lo siguiente:

3.7.1. *Detección de necesidades de medición del entorno*

La necesidad que se plantea en el caso de estudio es la de monitorear la variable humedad del suelo en las plantaciones frutícolas.

3.7.2. *Caracterización del entorno:*

Resulta importante conocer la zona a cubrir por la WSN, en el punto 3.5 se define el área de estudio con el fin de generar una alta eficiencia en la red.

Se opta por la implementación de una WSN por la extensión del terreno a cubrir, resultaría costoso y presentaría inconvenientes técnicos si las señales de los sensores se transportaran al cuarto de control y monitoreo utilizando cable. El terreno tiene una disposición plana por simple observación por lo que se puede orientar los dispositivos de comunicación en línea de vista total.



Figura 6-3 Línea de vista para implementación de la WSN

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

3.7.3. *Dispositivos para la WSN*

Para la implementación de la WSN sustentado en el marco referencial 2.1.6 se opta por usar tecnología ZigBee por su flexibilidad, bajo costo y bajo consumo de energía; se utilizó módulos X-BEE S2 tienen un alcance para un área de radio de 40 metros que resultan aptos a la hora de configurarlos en red y alcanzar a cubrir el área de las plantaciones piloto. Se considera añadir al diseño de la estación una tarjeta Arduino Mega que alimentada por una batería de 9VCD proporcione alimentación de 3.3VCD al módulo X-BEE y procese la señal del sensor HL-69 y la carga al módulo X-BEE.



Figura 7-3 Módulos X-BEE sobre Arduino Mega
Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Para el senso de la humedad en los terrenos cultivados se utilizó sensores HL-69 del tipo Open Source de Arduino, éstos sensores utilizan la conductividad entre dos terminales para determinar parámetros de humedad.

El HL-69 tiene la capacidad de medir la humedad del suelo. Aplica una pequeña tensión entre los terminales del módulo, hace pasar una corriente que depende básicamente de la resistencia que se genera en el suelo y ésta depende mucho de la humedad. Creando una relación de proporcionalidad entre la humedad y la corriente.

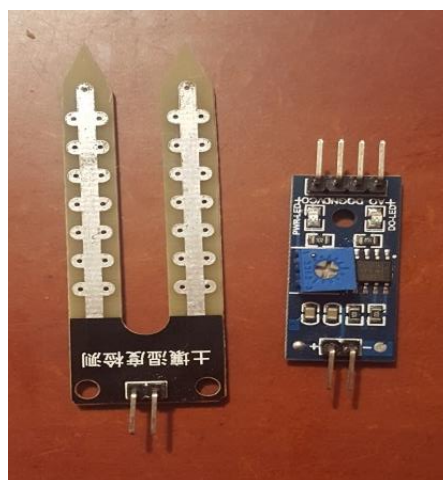


Figura 8-3 Sensor HL-69
Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

El sensor posee dos salidas para determinar la humedad: Salida digital, de darse el caso que el suelo esta húmedo asigna un cero lógico en su salida, mientras que si está el suelo seco se obtiene un uno lógico. Salida analógica proporciona valores de 0 a 1023 para fijar rangos de humedad siendo el grado mínimo de humedad el valor extremo de 1023.

3.7.4. Selección del tipo de red

Se selecciona un tipo de estructura o topología que señala la cantidad de dispositivos requeridos, la forma de conectarlos y definir la trayectoria para el flujo de la información.

Para la implementación de la WSN se adopta una topología tipo árbol la figura 3-9 describe la distribución de los elementos de la red.

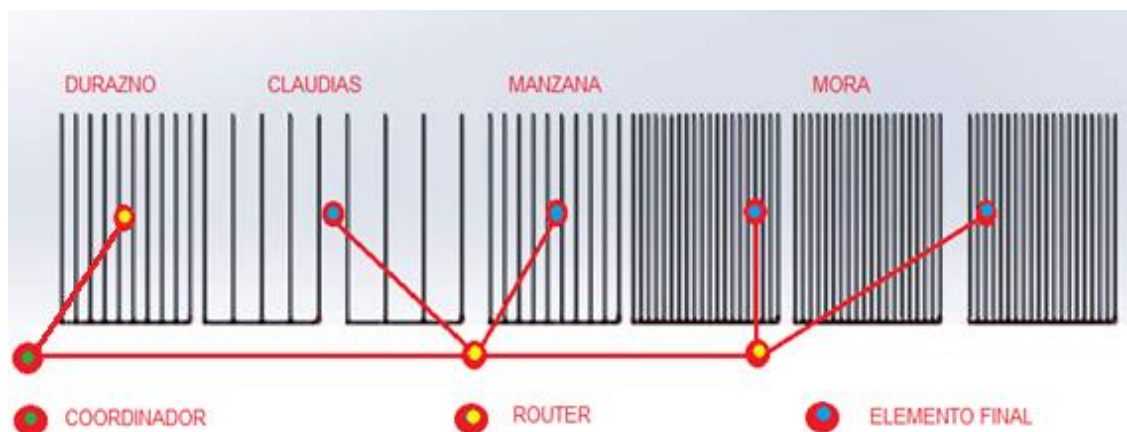


Figura 9-3 Topología de árbol seleccionada para la implementación de la WSN

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

3.7.5. Realizar pruebas a los dispositivos inalámbricos

Seleccionada la tecnología y el hardware a usar, se realizan pruebas individuales a los nodos para verificación y reconocimiento de los dispositivos, se requiere de un Xbee Explorer USB el cual nos permitirá configurar y operar el módulo Xbee desde nuestro PC con el software X-CTU.



Figura 10-3 Recursos Hardware y Software para configuración de módulos Xbee S2
Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Se parte de la instalación de los drivers del Xbee Explorer USB y colocar el módulo Xbee S2 en el Xbee Explorer USB para conectar el puerto USB al computador.

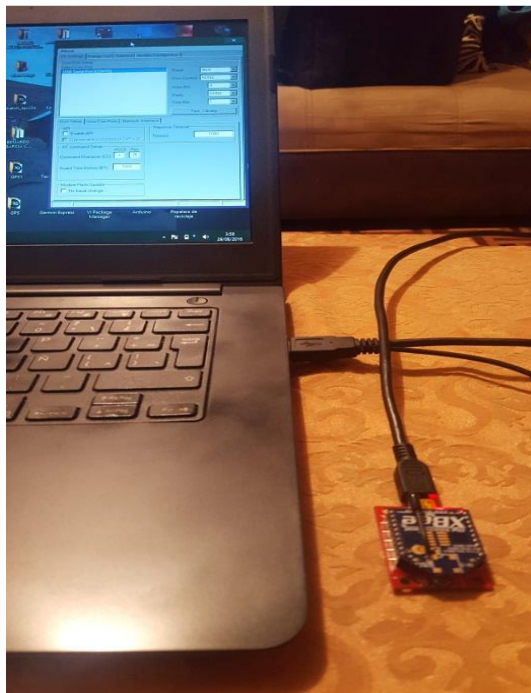


Figura 11-3 Xbee Explorer USB & módulo Xbee S2 conectado al PC
Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Una vez conectado físicamente el Xbee S2 por medio del Xbee Explorer USB al computador se abre el software X-CTU, donde se muestra el puerto al que está conectado el programador.

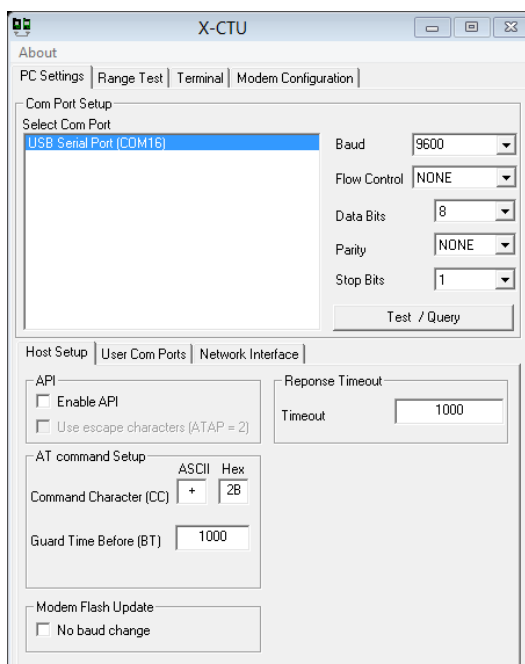


Figura 12-3 Identificación del puerto donde está conectado el programador
 Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Se realiza un Test/Query para identificar al dispositivo Xbee conectado obteniéndose una ventana de confirmación como se muestra en la figura 13-3.

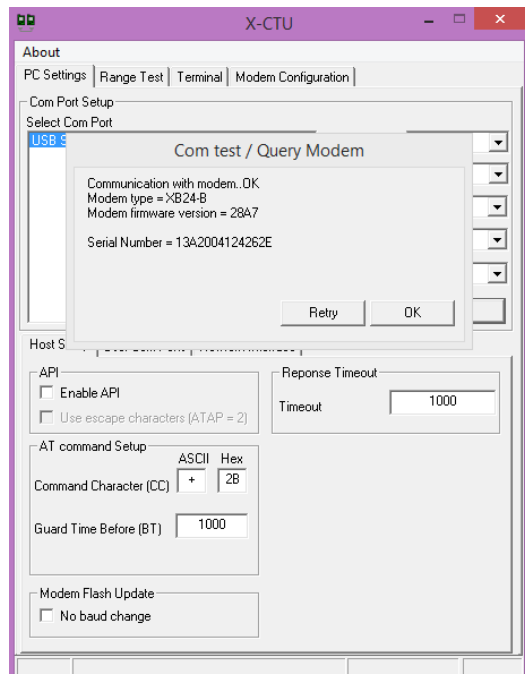


Figura 13-3 Dispositivo Xbee reconocido por el software
 Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

3.7.6. Implementación de la WSN

Establecido el papel de cada hardware en la WSN se procede con la implementación configurando cada uno de los equipos. Se cita la configuración del Coordinador de la red, de un Router y la forma de enrutamiento entre ellos.

3.7.6.1. Configuración Coordinador API

Reconocido el dispositivo Xbee sobre el Xbee Explorer USB en el programa X-CTU se procede a configurarlo. Habilitar el modo API del dispositivo y seleccionar la pestaña Modem Configuration que despliega el menú de opciones que presenta la figura 14-3.

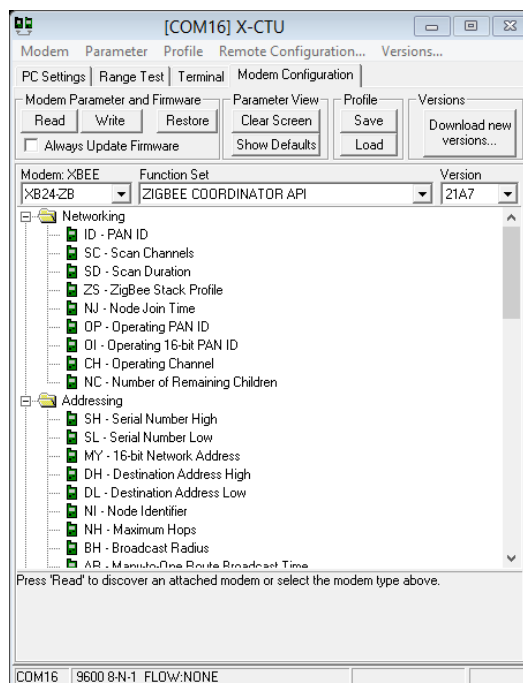


Figura 14-3 Configuración modo de funcionamiento del módulo Xbee

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Al configurar el dispositivo se debe seleccionar el tipo de dispositivo Xbee, la serie en éste caso el XB24-ZB y en elegir la función setear ZIGBEE COORDINATOR API y la versión la más actualizada.

Además en esta sección se fijan parámetros de configuración propios en los dispositivos Xbee entre ellos los que se detallan en la tabla 2-3.

Tabla 2-3 Parámetros de configuración de los módulos Xbee

Indicador	Nombre
DH	Dirección de destino de alto
DL	Dirección de destino de bajo
MY	16-bit Dirección de red
SH	Número de serie de alto
SL	Número de serie de bajo
PAN ID	Operando PAN ID

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Para la configuración del coordinador de la WSN se tiene: PAN ID = 1234, es una cifra de 3 o 4 números que sirven como identificador del dispositivo, DH = 13A200, es un código propio de los dispositivos Xbee y el DL=4124283B, es un identificador único del dispositivo actúa como la MAC de un equipo; los demás parámetros se los deja fijos en los valores de fábrica.

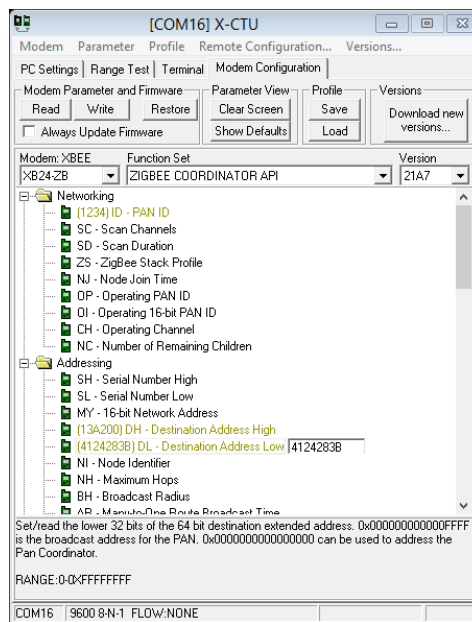


Figura 15-3 Seteo de parámetros de configuración del módulo Xbee Coordinador

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Se carga la configuración al módulo seleccionando la opción escribir (Write).

En el caso para el router difiere la configuración en el paso de la figura 3-14 en donde el modo de funcionamiento debe señalarse como ROUTER AT e ignorar la configuración del resto de parámetros que se muestran, figura 16-3.

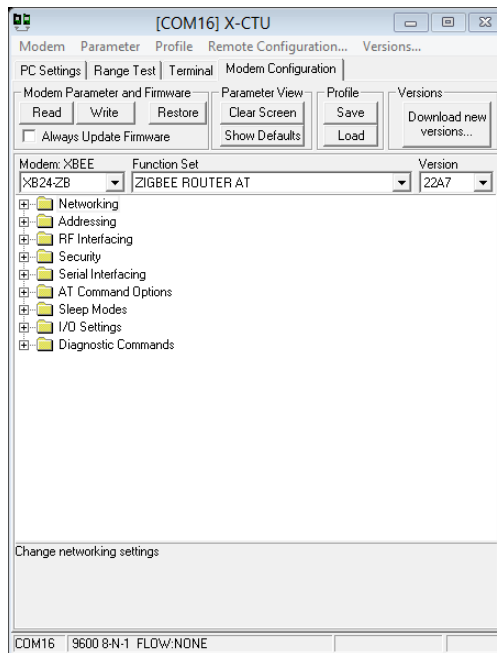


Figura 16-3 Configuración Router

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Al seleccionar “escribir” la configuración se carga en el módulo Xbee.

3.7.6.2. Enrutamiento Router – Coordinador

Para cargar en los dispositivos Xbee el código necesario para fijar las rutas de comunicación se utilizó el software CoolTerm.

La interfaz del CoolTerm cuenta con un botón Connect que permite el enlace para la comunicación entre el software cargado en la PC y el módulo Xbee para configurar la ruta para comunicarse con el coordinador. Establecida la conexión para probar la misma se ingresa “+ + +”, si luego responde el sistema con un OK la conexión está establecida caso contrario revisar.

Para establecer los parámetros del dispositivo router, se utiliza los códigos AT.

- **atid:** Señala el IDPAN del módulo Xbee Coordinador con el que va a realizar la comunicación.
- **atdh:** Carga el código característico de los módulos Xbee.

- **atdl:** Carga el código propio del dispositivo.

Establecidos los parámetros propios del módulo, se procede con su configuración para fijar la ruta de comunicación con el módulo coordinador, el tiempo en el que esté enviando datos y de lectura al sensor; para ellos se declara:

- **atjv1:** Ejecuta la conexión automática al coordinador al arrancar el nodo.
- **atd02:** Para señalar que se tiene una salida análoga, la del sensor.
- **atir64:** Para que cada 100ms envíe datos al coordinador.

La aceptación de los comandos ingresados para configuración del módulo Xbee se verifican con el mensaje de OK que presenta en la interfaz CoolTerm, figura 17-3.

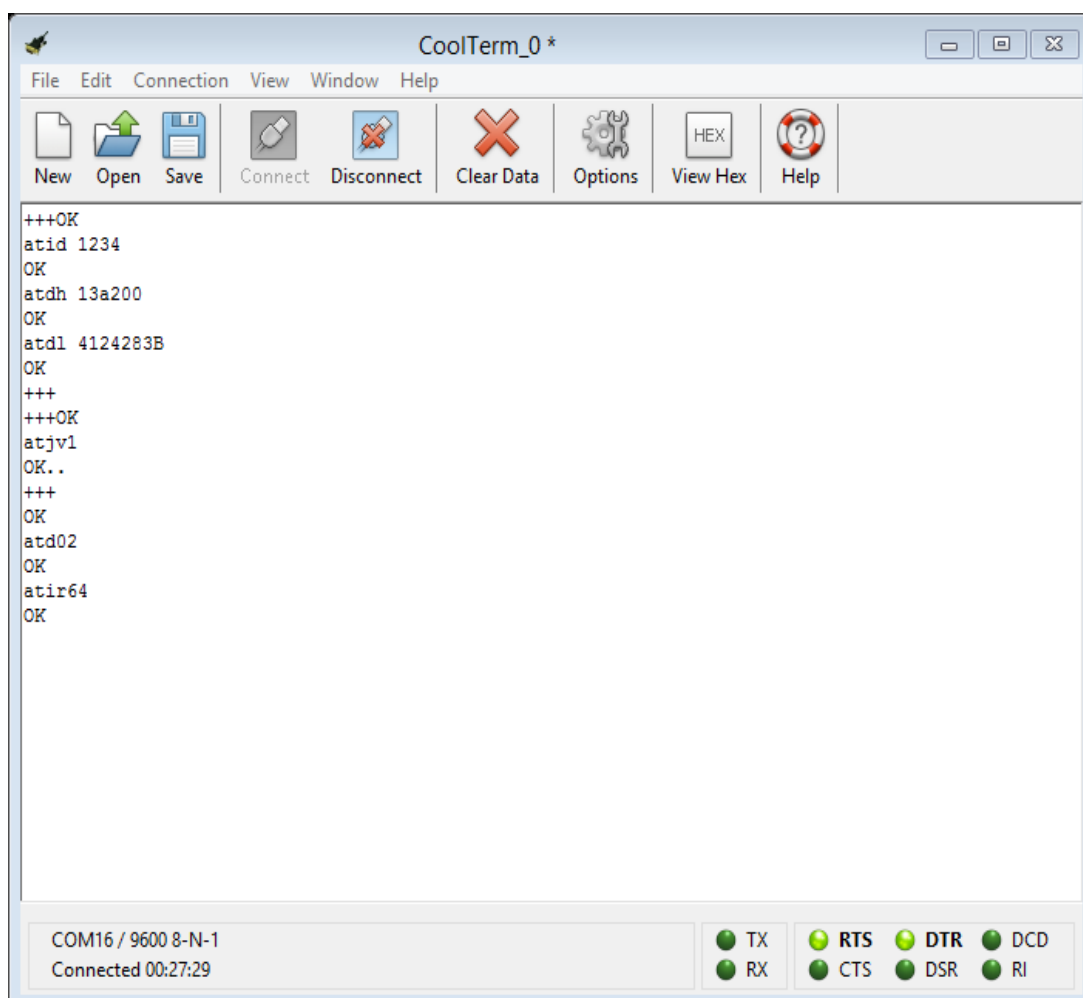


Figura 17-3 Verificación datos cargados en el módulo Xbee
Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Configurados los dispositivos se realizan las pruebas pertinentes para verificar la funcionalidad de la red establecida entre ellos.

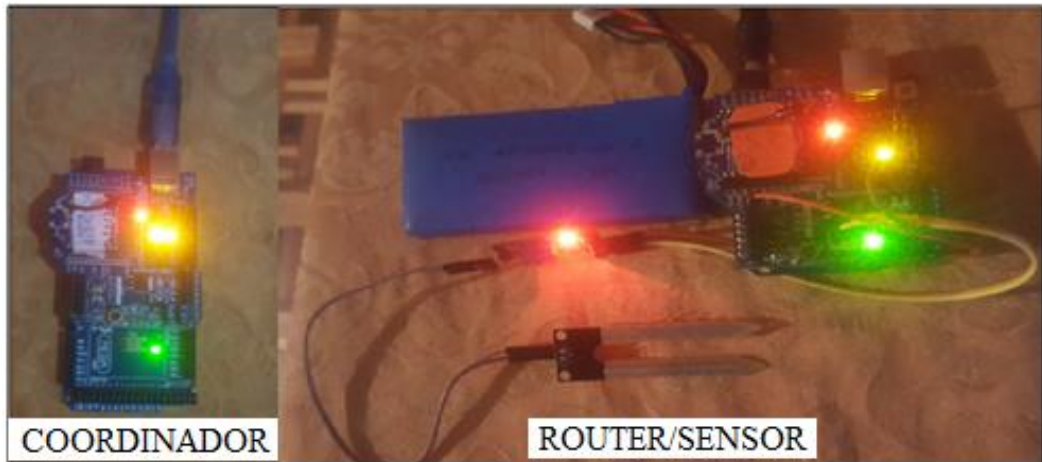


Figura 18-3 Hardware asignado como Coordinador & Router

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

La figura 3-18 es la representación de los dispositivos físicos configurados como Coordinador y Router dentro de la WSN.

Manteniendo el formato de configuración de los dispositivos/nodos se configura todos aquellos que conforman la WSN para el presente proyecto.



Figura 19-3 Implementación y pruebas de la WSN en el laboratorio

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Realizadas y verificadas las pruebas en todos los dispositivos se procede a montar la WSN en el campo y evaluar sus resultados acoplada al SCADA.

3.8. Automatización del sistema de riego

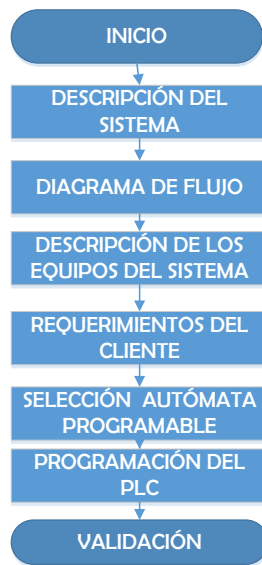


Figura 20-3 Metodología para la automatización del proceso
Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Con el fin de insertar tecnología en el proceso de riego de las plantaciones de los socios de la ASOFRUT, se realiza la automatización del proceso adoptando la metodología expuesta por José Guadalupe Castro Lugo, Juan José Padilla Ybarra y Eduardo Romero A. para la automatización con PLC en la que menciona los siguientes pasos a seguir: descripción del sistema, diagrama de flujo, descripción de los equipos del sistema, requerimientos del cliente, selección del autómata programable, programación del PLC. (Castro Lugo, Padilla Ybarra, & Romero A., 2005)

3.8.1. Descripción del sistema.

El control del sistema de riego será gobernado por un autómata programable (PLC). Se dispondrá de un control de tipo manual y automático.

3.8.1.1. Control Manual:

Éste tipo de control está enfocado a tareas de mantenimiento, permite interactuar directamente con los actuadores, en éste caso las válvulas solenoides para el riego; se lo ejecutará de 3 formas:

Mando local: Usando la botonera situada en el tablero de control que proporciona señales de arranque/paro directamente al PLC para el control de las válvulas de riego.

Mando remoto por GSM/GPRS: El sistema cuenta con una interfaz gobernada por un Shield SIM900 y un Arduino para procesar mensajes de texto que codificarán acciones sobre los actuadores.

Mando desde el SCADA: El sistema incluye en su HMI la disponibilidad de enviar señales de control directo hacia los actuadores.

3.8.1.2. Control Automático

Basado en las lecturas de humedad proporcionadas por la WSN situada en el campo, donde el rango de humedad procesado en el SCADA como no idóneo, será el que ponga en marcha a las válvulas de riego hasta alcanzar el nivel de humedad deseado y proporcionar una señal de suspensión para el funcionamiento de las mencionadas válvulas.

3.8.2. Diagrama de flujo.

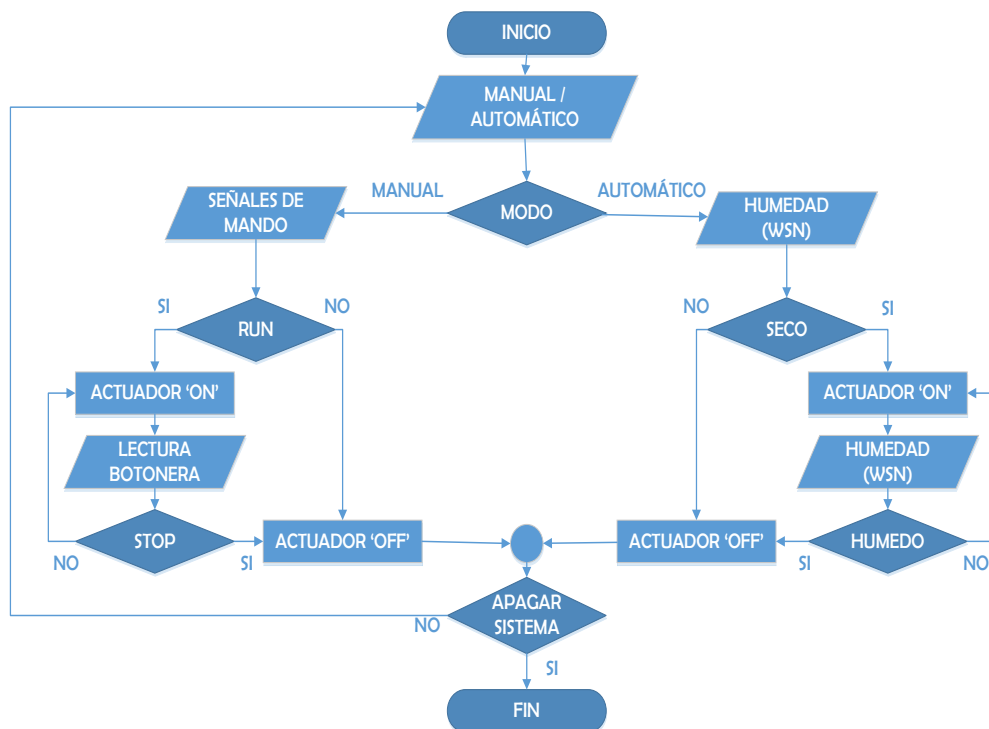


Figura 21-3 Diagrama de flujo proceso de riego automatizado
 Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Se plantea un diagrama de flujo que facilita la interpretación de lo descrito en el 3.5.1.

3.8.3. Descripción de los equipos del sistema.

Aquí se agrupan todos los dispositivos que intervienen en el proceso, se describe bien su función e identifica las entradas y salidas del sistema. (Castro Lugo, Padilla Ybarra, & Romero A., 2005)

Autómata Programable (PLC): Es el elemento principal de la automatización del sistema de riego, manipula el funcionamiento de los actuadores en base a la gestión de señales captadas desde los diferentes mandos establecidos.

Entradas y Salidas: En la tabla 3-3 se detalla las señales físicas que estarán conectadas al PLC. Las variables planteadas de la 1 a la 7 son de tipo booleano y serán entradas del PLC, son pulsadores normalmente abiertos en el caso de las señales de arranque y un pulsador normalmente cerrado para la señal de paro. Adicionalmente dispondrá de señales proporcionadas por el control GSM colocadas en paralelo a los botones de arranque y en serie al de paro se puede verificar estas conexiones en el Anexo 3. Las variables de la 8 a la 14 son las señales que controlarán los actuadores por medio de la activación de interfaces de potencia, son salidas del PLC. La asignación de nombres a las variables a sido dada por la afinidad al bloque de frutales que será regado en base al estado de la misma.

Tabla 3-3 IN/OUT del sistema de riego

#	NOMBRE VARIABLE	SENSOR / PULSO	ACTUADOR
1	MANUAL/AUTOMÁTICO	X	
2	DURAZNO	X	
3	CLAUDIA	X	
4	MANZANA	X	
5	MORA 1Y2	X	
6	MORA 3Y4	X	
7	STOP	X	
8	BOMBA		X
9	VALVULA DURAZNO		X
10	VALVULA CLAUDIA		X
11	VALVULA MANZANA		X
12	VALVULA ATRANQUE 1		X
13	VALVULA MORA 1Y2		X
14	VALVULA MORA 3Y4		X

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Shield Sim 900: Ésta placa electrónica en conjunto con un Arduino y un módulo de relés permitirán realizar el control ON/OFF de los actuadores vía GSM; se codifica las instrucciones con palabras claves que se muestran en la tabla 4-3.

Tabla 4-3 Tabla de palabras claves para el control de los actuadores

MENSAJE DE TEXTO PALABRA CLAVE INSTRUCCIONES	ACCIÓN
#d1	VALVULA DURAZNO "ON"
#c1	VALVULA CLAUDIA "ON"
#m1	VALVULA MANZANA "ON"
#x1	VALVULA MORA 1Y2 "ON"
#y1	VALVULA MORA 3Y4 "ON"
#s1	VALVULA DURAZNO "OFF" VALVULA CLAUDIA "OFF" VALVULA MANZANA "OFF" VALVULA MORA 1Y2 "OFF" VALVULA MORA 3Y4 "OFF"

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

El sistema responde al siguiente conjunto de pasos que describen su funcionamiento:

- El fruticultor realiza el envío de un mensaje de texto de un teléfono celular desde cualquier punto geográfico con cobertura de telefonía móvil con cualquiera de las palabras clave planteadas como instrucciones.
- La tarjeta SIM900 capta la instrucción y se la envía al Arduino.
- El Arduino procesa la información suministrada por la SIM900 y ejecuta el bloque de instrucciones correspondientes a la acción programada sobre el proceso de riego.
- El banco de relés funcionará acorde a las instrucciones que envíe el Arduino, estableciendo que cada relé estará relacionado a una válvula solenoide, proporcionando señales de arranque y paro para la misma.

La figura 3-21 representa las conexiones físicas de las tajetas electrónicas en un ambiente de pruebas a nivel de laboratorio, el detalle de conexiones de los contactos de control de los relés se detallan en el Anexo 3 en plano eléctrico.

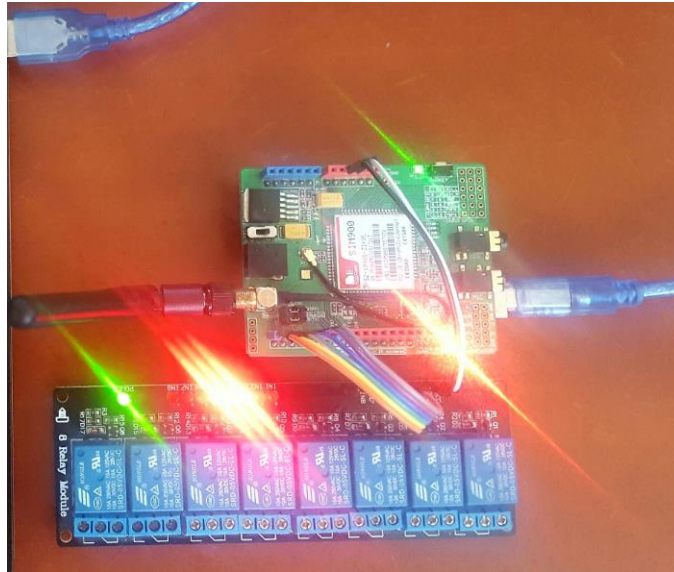


Figura 22-3 Arduino / SIM900 / Módulo de relés
Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Actuadores: En el sistema de riego los actuadores son válvulas solenoides normalmente cerradas que al recibir y mantener un estímulo eléctrico de 24VCD se abren y permiten el flujo del agua para realizar el riego de las plantaciones frutales; se los distribuyó a lo largo de las plantaciones como se observa en la figura 23-3.

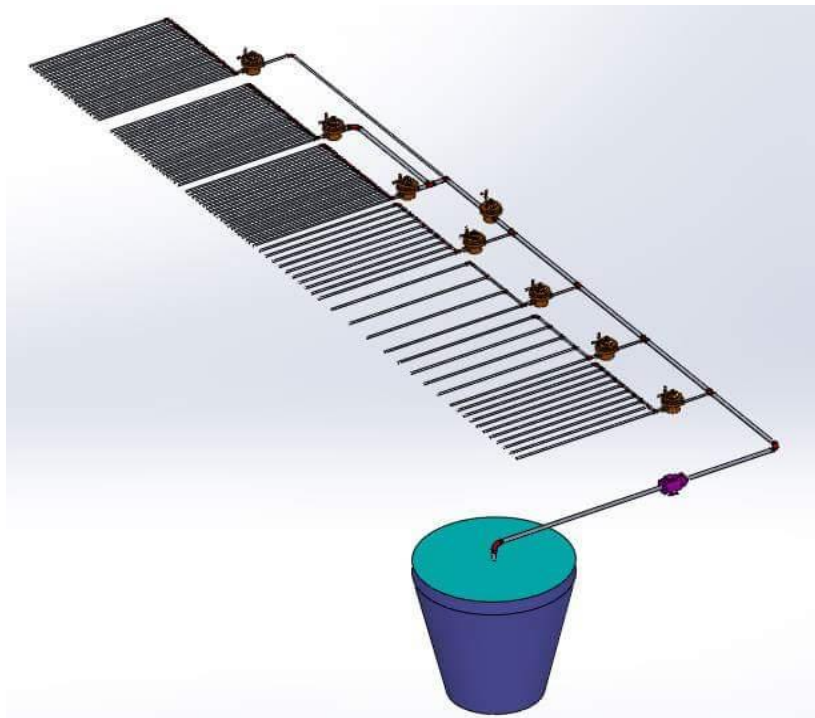


Figura 23-3 Distribución de actuadores en las plantaciones
Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

3.8.4. *Requerimientos del cliente.*

La necesidad expuesta por los socios de la ASOFRUT es la de un sistema netamente autónomo para controlar el riego de sus plantaciones.

3.8.5. *Selección del autómatas programable.*

Para la selección del PLC consideramos los siguientes aspectos:

- Mínimo número de entradas 7.
- Mínimo número de salidas 7.
- Interfaz Ethernet.
- Alimentación de corriente continua.
- Salidas de relé.

Planteadas anteriormente las necesidades a cubrir por el autómatas programable se decide utilizar PLC s7-1200 CPU 1214 DC/DC/Relay.

3.8.6. *Programación del autómatas programable.*

La programación del PLC S7 1200 se lo realiza con el software TIA PORTAL V3.

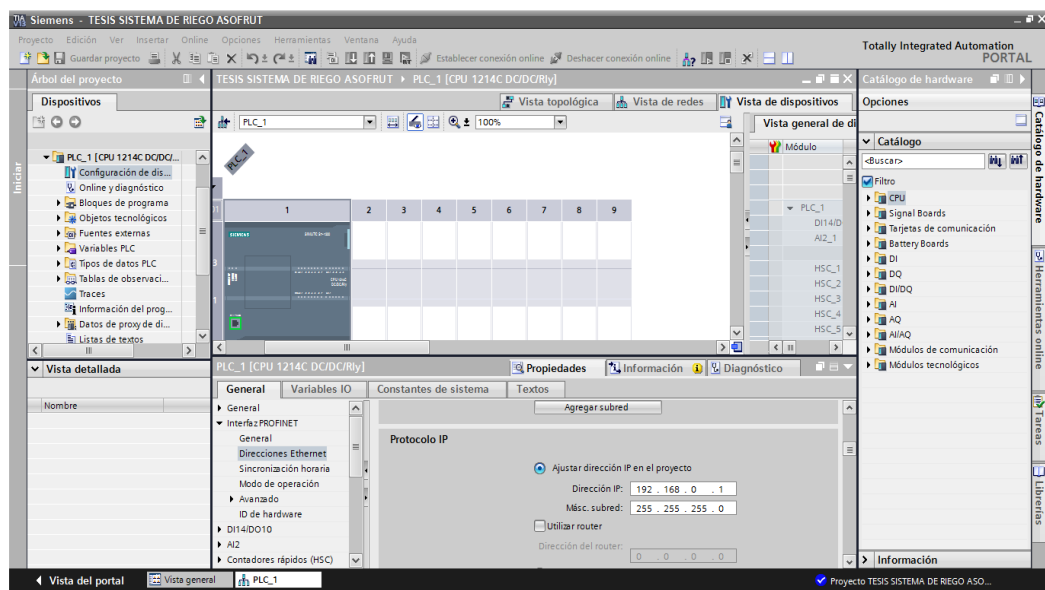


Figura 24-3 Software para programación del PLC - TIA PORTAL V13
Autor: GARCÍA, Eduardo, 2016

La comunicación del PLC con la PC para su programación se la realiza a través de la interfaz de Ethernet bajo el protocolo TCP/IP para la transmisión recepción de información. Entre la variedad de lenguajes empleados para la programación de un PLC para el presente proyecto se lo realizará utilizando lenguaje LADDER bajo la plataforma del Tía Portal V13 el programa se encuentra en el Anexo 4.

3.8.7. Validación de la Automatización.

Para el sistema de control se implementa el tablero eléctrico, se plantea la distribución de los equipos y dispositivos dentro del mismo como se detalla en la figura 25-3. El diseño se lo realizó utilizando SOLIDWORKS como herramienta en el Anexo 5 se dispone del plano total.

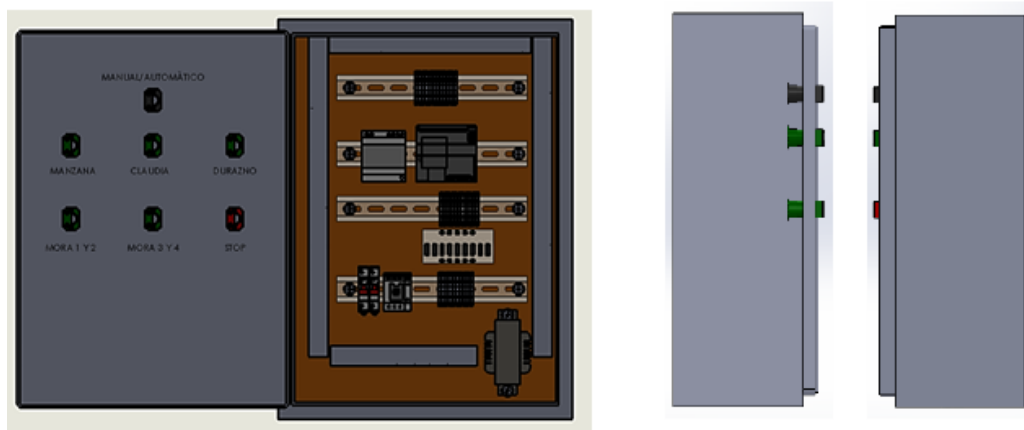


Figura 25-3 Distribución de equipos y dispositivos – tablero de control
 Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Tabla 5-3 Equipos y materiales del tablero de control

CANTIDAD	EQUIPO/MATERIAL	DESCRIPCIÓN
1	Gabinete	Dimensiones 60cm*48cm*25cm
4	Riel DIN	Dimensiones 35cm
1	PLC s7-1200	CPU 1214C DC/DC/Relay
1	Fuente de Poder	110VCA/24VCD
1	Transformador monofásico	Reductor 110VCA/24VCA
1	Contactador	Bobina de 24VCA
1	Borneras	AWG 16
1	Porta fusibles	1 ^a
1	Placa de interfaz	Juego de relés bobina de 24VCD
5	Pulsador	Normalmente abierto
1	Pulsador	Normalmente cerrado
1	Selector	Dos posiciones

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Las conexiones del tablero eléctrico para el control del sistema de riego se detallan en el plano eléctrico situado en el Anexo 3.

3.9. Diseño de la Base de datos.

La base de datos se la diseña de acuerdo a las necesidades que presenta el entorno al que se va a aplicar. Una base bien diseñada permite obtener información exacta y actualizada.

Tomando como referencia los criterios para el diseño de una base de datos planteada en la <http://suport.office.com> se determina partir por la determinación de la finalidad de la base de datos para luego buscar y organizar la información necesaria, dividir la misma en tablas, convertir los elementos de la información en columnas y aplicar un diagrama entidad relación como guía para la implementación de la base de datos.

En este caso se utiliza como herramienta para generación de la base de datos de información de la ASOFRUT a Microsoft Access considerando que la cantidad de información que se manejará no es tan extensa, en el caso de desear mudar la base a un gestor de base de datos más compelto no existiría problema pues el sistema presentará flexibilidad en éste punto.

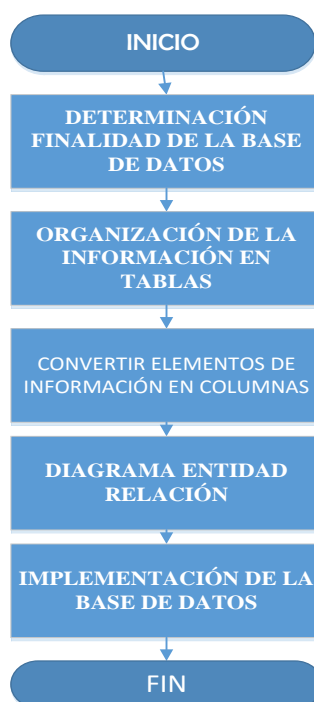


Figura 26-3 Metodología desarrollo de la base de datos

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

3.10. Diseño del sistema SCADA.

El diseño del sistema SCADA se encamina a la integración de recursos para lograr su cometido como es el de supervisar, controlar y adquirir datos de los procesos que proporcionen una visión clara, exacta y en tiempo real de los hechos que en ellos se suceden.

En esta etapa se parte de la Selección del software sobre el que se montará el sistema SCADA considerando que deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, fácil de usar y con suficientes recursos para la diseño de interfaces amigables para la interacción con el usuario.

Para el SCADA planteado en el presente proyecto se decidió trabajar con Labview por sus bondades prestadas para el desarrollo de este tipo de sistemas sustentadas en el marco teórico.

3.10.1. SCADA con Labview

El SCADA se desarrolla en base a las características y bondades específicas que debe tener un sistema de este tipo:

- Ejecutar acciones de control para modificar la evolución de proceso, actuando ya sea sobre los reguladores autónomos básico o directamente sobre el proceso mediante las salidas conectadas. (Pérez E. , 2015)
- Conectividad con otras aplicaciones y bases de datos, locales o distribuidas en redes de comunicación. (Pérez E. , 2015)
- Inspección, para observar desde un monitor el progreso de las variables de control.
- Transferencia de información con dispositivos de campo y otros PC.
- Base de datos, gestión de datos con bajos tiempos de acceso. (Pérez E. , 2015)
- Interfaz del Operador o HMI con presentación y representación gráfica de los datos.
- Empleo de los datos adquiridos en distintos usos como: gestión de la calidad, de la producción, control estadístico, gestión administrativa y financiera.

- Generar históricos de variables del proceso sobre una hoja de cálculo.
- Adecuación a la tarea, el desarrollo del diálogo con el operador es proporcionado por las herramientas de interactividad para máxima eficiencia y eficacia.
- Autodescriptividad proporcionando ayudas contextuales, pantallas, etc. para cada proceso que va a desarrollar entre el operador interactuando con el proceso.
- Controlabilidad, se destaca el usuario ya que éste debe establecer la relación del proceso desde el inicio hasta la finalización, con posibilidad de ser guardado, retomado luego o cancelado.
- Predictibilidad, las respuestas que se arrojen se emitirán según los operarios, tomando en cuenta la formación y grado de conocimientos.
- Tolerancia a fallos y control de errores, en este punto el usuario debe tener precaución, además de impedir y corregir de forma automática problemas recurriendo a las posibles soluciones.
- Flexibilidad y eficiencia de uso otorgando la posibilidad de que se adapte a las necesidades que se requiere el proceso.
- Obtención de datos para recoger, procesar y almacenar la información recibida en forma continua y confiable.
- Construcción de un diseño abierto y flexible con capacidad de intensificación y adaptación.
- Informar al operador sobre problemas detectados en la planta, en su operación diaria, dichos cambios son almacenados en el sistema.

3.10.1.1. *Labview – manejo de la información*

El HMI diseñada en Labview permitirá el manejo y gestión de la información permitiendo trabajar en forma directa sobre la base de datos montada sobre Microsoft Access ejecutando acciones de ingreso, modificación, eliminación y búsqueda de registros, para ello Labview dispone de una librería contenida entre las opciones de conectividad denominada DataBase que que contiene bloques de programación que permiten conectar el HMI con la base y trabajar

directamente sobre ella. La figura 27-3 describe la forma de acceder a la librería en el bloque de programación de Labview, cabe señalar que la acción de los bloques de programación de esta librería actúan internamente, no tienen presentación en el panel frontal.

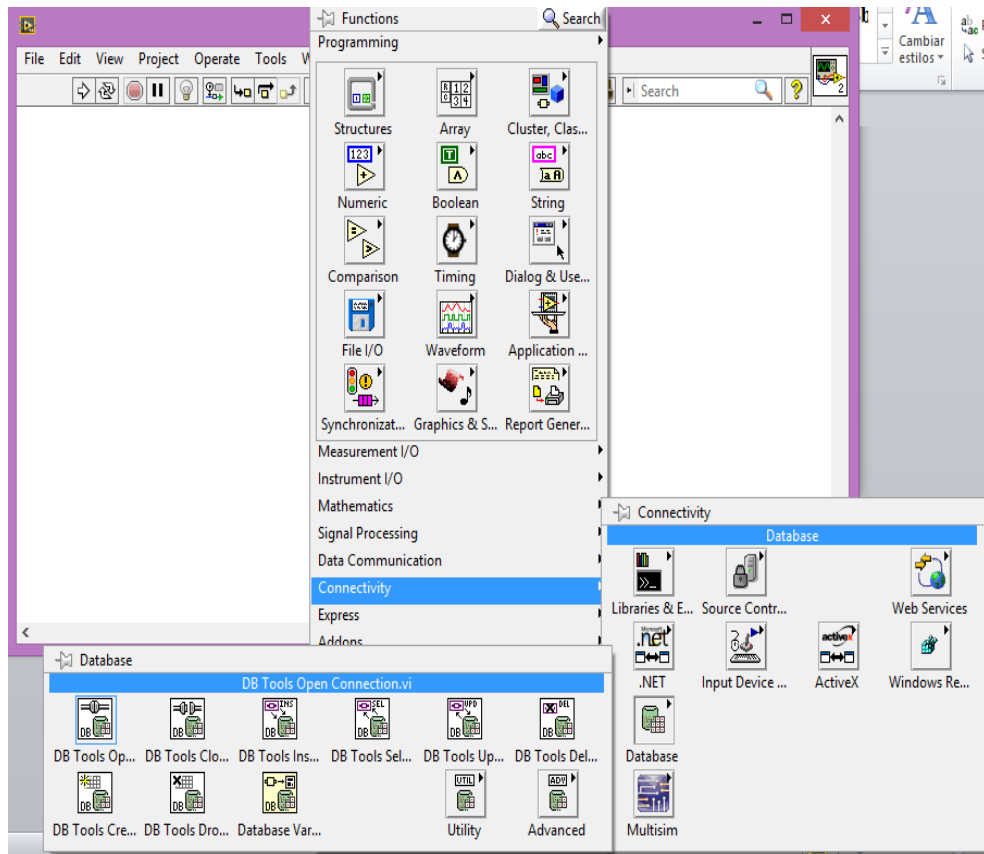


Figura 27-3 Librería DataBase / Bloques de Programación
 Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Encaminado a cumplir con las bondades del SCADA, específicamente el manejo de la información se detalla a continuación los bloques de programación base que permiten la visualización, ingreso, modificación y eliminación de información actuando desde LabVIEW sobre la base de datos.

La figura 28-3 describe los bloques de programación necesarios para realizar la visualización de una tabla de la base generada en Microsoft Access desde LabVIEW. Los bloques citados para esta acción son:

1. **DB Tools Open Connection:** Permite ubicar la base de datos por medio de un path ubicado como constante en el parámetro 'PATH' de configuración del bloque, servirá de referencia para el resto de bloques que conforman la programación. La base de datos debe estar guardada como .udl para que permita el acceso a ella.

2. **DB Tools Select Data:** Selecciona de todas las tablas que conforman la base de datos una sola de ellas, el nombre de la tabla a seleccionarse se la ubica como una constante en el parámetro 'TABLE' de configuración del bloque.
3. **DB Tools List columns:** Una vez seleccionada la tabla con el bloque descrito anteriormente éste bloque lista las columnas o campos de información que contiene la tabla.
4. **Data Base Variant to Data:** Está albergado en un arreglo de estructura 'for' anidado que permite el recorrido de filas y columnas de la tabla seleccionada, el bloque que señala éste ítem asigna el tipo de dato ya sea numérico o string que entregará de la lectura de los campos de la tabla hacia el indicador.
5. **Table:** Es un indicador que contiene las columnas de la tabla de la base de datos y se adapta al número de filas que esta contenga.
6. **DB Tools Close Conection:** Cierra el lazo de comunicación entre Labview y la base de datos.

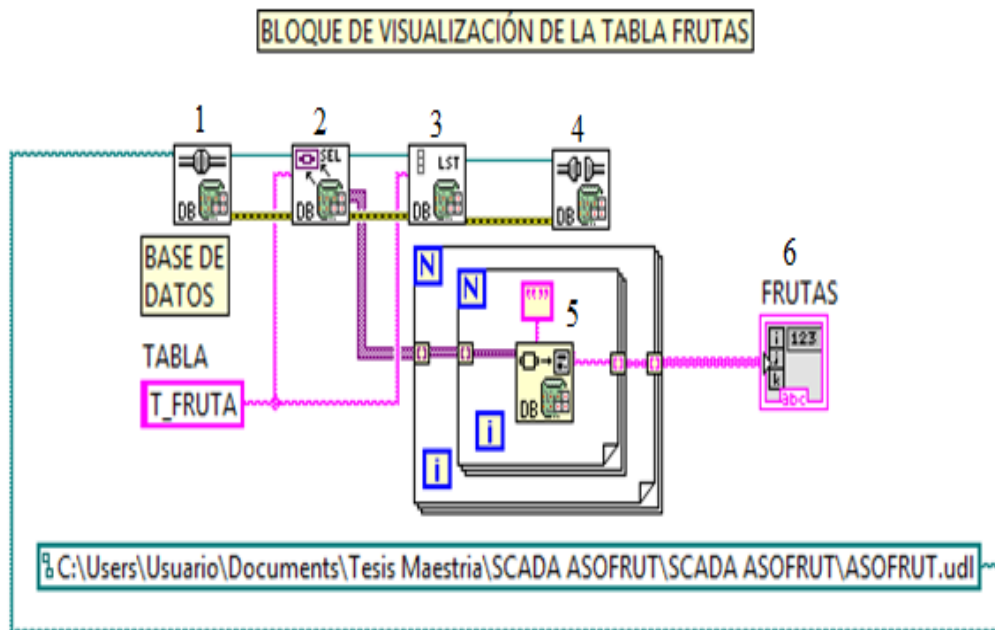


Figura 28-3 Bloque para visualización de información desde Access
 Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

La figura 29-3 describe los bloques de programación necesarios para realizar la inserción de datos desde Labview a una tabla perteneciente a la base de datos generada en Microsoft Access. En esta sección se presenta un bloque adicional a los ya mencionados anteriormente, es:

7. **DB Tools Insert Data:** Éste bloque de programación entre sus entradas dispone de un parámetro 'TABLE' en el que se fija el nombre de la tabla donde se va a ingresar la información; dispone también la entrada 'DATA', en la que se ingresa por medio de una estructura tipo BUNDLE la información en forma de arreglo ordenado de acuerdo a los campos registrados en la tabla acentada en la base de datos.

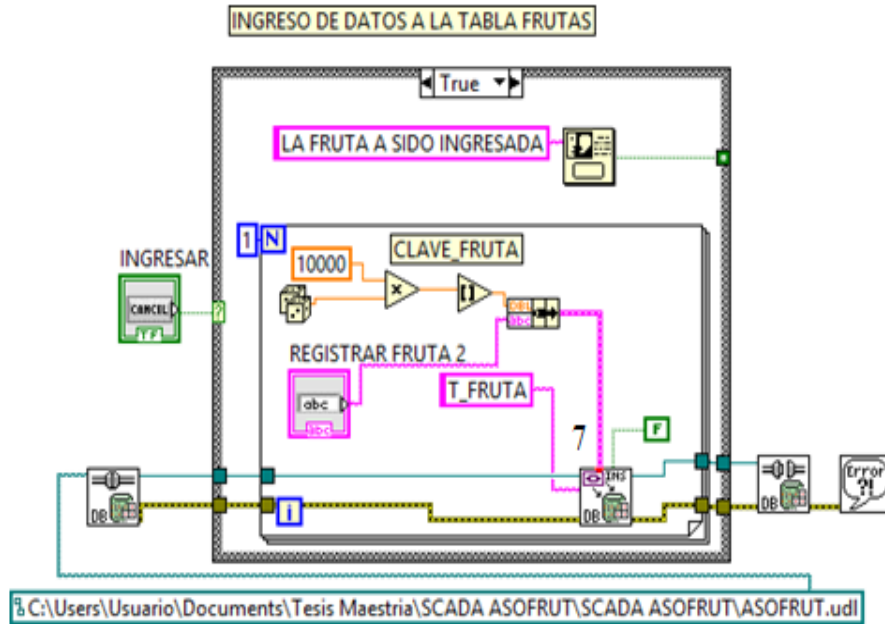


Figura 29-3 Bloque de programación en LabVIEW para ingresar información a la base Access
 Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

La figura 30-3 describe los bloques de programación necesarios para realizar la modificación de información de la base de datos desde Labview. El bloque UPD es el anexo para esta operación.

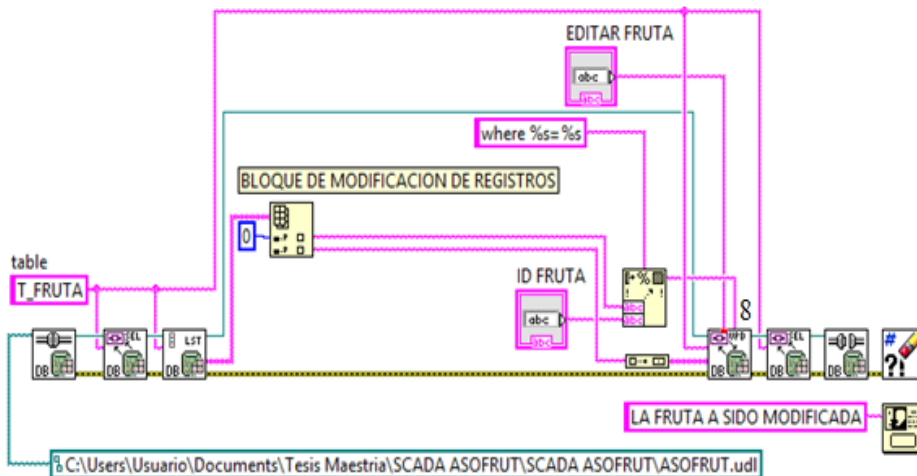


Figura 30-3 Bloque de programación en LabVIEW para modificar información de la base Access
 Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

El proceso de modificación de la información parte de una búsqueda, para lo cuál se utilizan instrucciones basadas en ‘QUERYS’ propias de plataformas gestoras de bases de datos, se selecciona según la necesidad el campo por el cual se desea realizar la búsqueda.

8. **DB Tools Update Data:** El bloque permite realizar la búsqueda del registro a modificarse por medio de la ejecución de una sentencia query seteada en una de sus entradas y carga también la nueva información.

Por ultimo, se menciona el proceso de eliminación de información con el bloque característico DEL para éste tipo de acciones, figura 31-3.

9. **DB Tools Del Data:** Realiza la búsqueda del elemento a eliminar por medio de una instrucción query ingresada por un terminal del bloque, una vez ubicado lo elimina de forma definitiva de la base de datos.

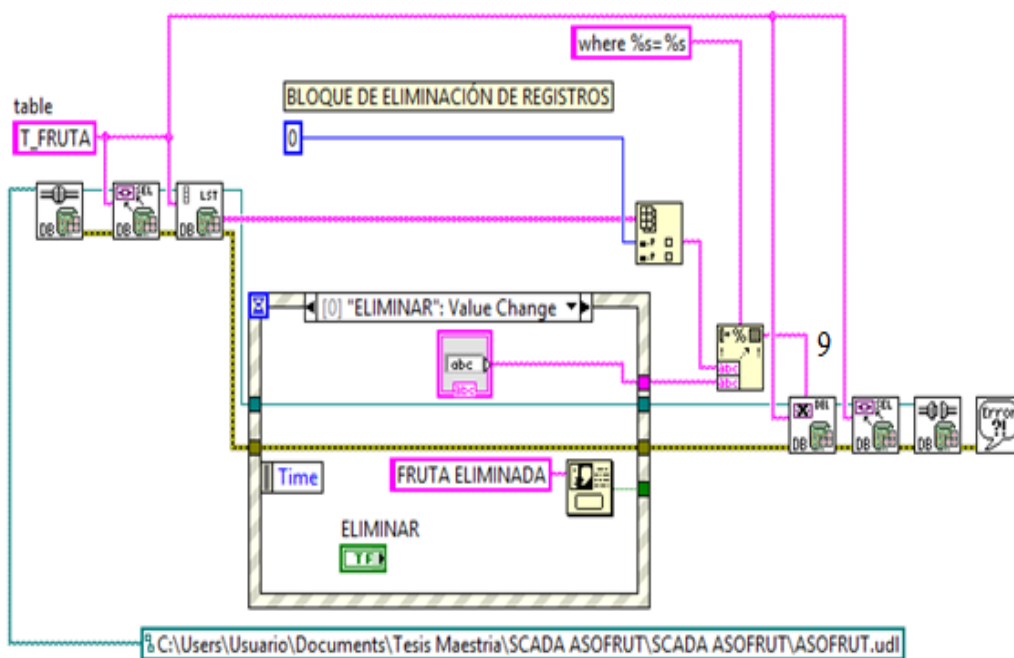


Figura 31-3 Bloque de programación en LabVIEW para eliminar información de la base Access

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

3.10.1.2. Labview – Comunicación con el PLC

Para la comunicación de Labview con el PLC se utiliza el NI OPC Server como pasarela de interpretación de las señales del autómatas y del HMI.

Se crea el OPC estableciendo un canal de comunicación y el dispositivo con el que va a conectar, en éste caso un PLC de la gama s7-1200 con dirección IP 192.168.0.1 como se muestra en la figura 32-3.

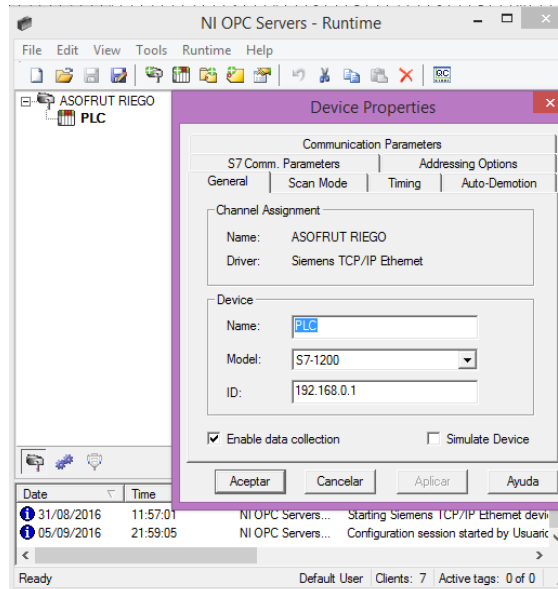


Figura 32-3 Identificación del dispositivo para el OPC
Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Configurados el canal y el dispositivo se crean las variables del OPC relacionándolas con las entradas y salidas físicas del PLC. Estableciendo el tipo de variable, para este caso todas son booleanas; se define también si la variable es de lectura, de escritura o de las dos según los requerimientos, la figura 33-3 representa el OPC creado con todas las variables asignadas relacionadas con el dispositivo físico.

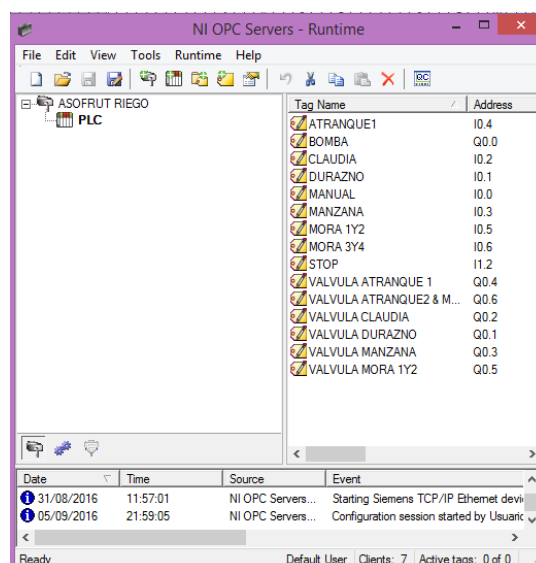


Figura 33-3 OPC Asofrut Sistema de Riego y sus variables
Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Creado el OPC para el dispositivo PLC s7-1200 se asigna desde la interfaz de Labview el OPC Client I/O Server relacionado al NI OPC Server añadiéndose al proyecto en Labview la librería asignada como ASOFRUT_VAR.lvib que contiene en su lista de recursos las variables declaradas en el OPC para interacción con el PLC.

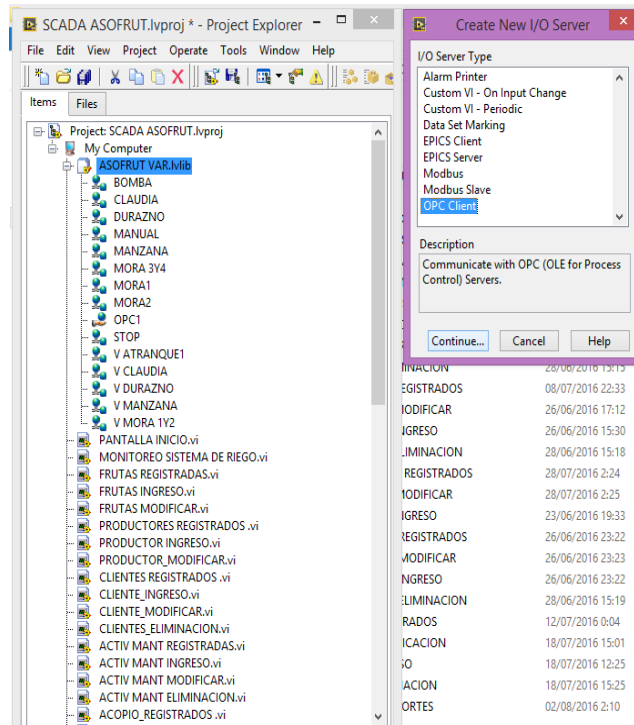


Figura 34-3 OPC Client I/O Server
Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Las variables que proporciona la librería creada sirven para intervenir directamente sobre el proceso desde el HMI y verificar el estado de ciertas variables del PLC.

3.10.1.3. Labview – Adquisición de información del módulo Arduino

En el presente proyecto se hace uso de los recursos de la librería “Instrument I/O” para extraer información del módulo coordinador de la WSN que contiene los datos de humedad proporcionados por los nodos que conforman la red. En la programación de la tarjeta Arduino que contiene el módulo X-bee Coordinador de la WSN, Anexo 6, se asigna la emisión de los datos a través del puerto Serial, los mismos que son adquiridos y procesados en el SCADA.

En la sección de programación para acceder al puerto serial desde Labview figura 35-3, se muestran los bloques principales que intervienen para realizar dicha acción. A continuación se define su función dentro del programa.

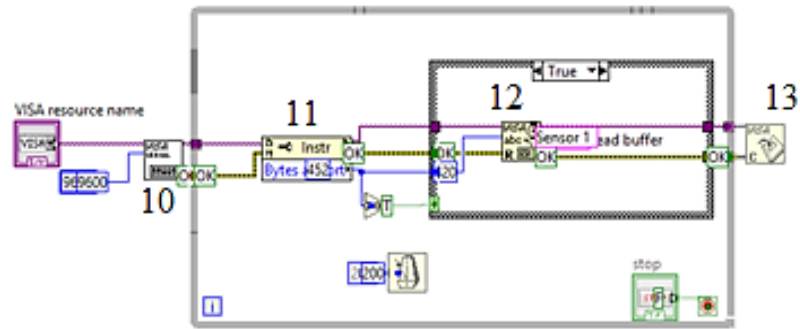


Figura 35-3 Bloque de programación para lectura del puerto serial

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

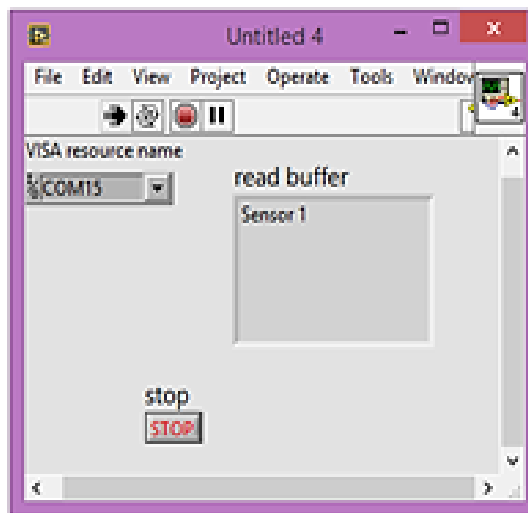


Figura 36-3 Panel frontal visualización datos del puerto serial

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

- 10. VISA Configure Serial Port:** Abre la comunicación serial y permite configurar los parámetros del puerto al que está conectado el Arduino Coordinador, en éste caso se asigna el COM 15 por medio de una señal de control que se muestra en el panel frontal y el , boud rate se declara como una constante de 9600.
- 11. VISA Bytes at Serial Port:** Verifica el flujo de información por el puerto asignado, entrega el número de bytes que recorren por el mismo, en caso de ser mayor que cero se activa el condicional que a continuación consta en el diagrama de bloques.

12. VISA Read Serial Port: Lee los valores que están circulando por el puerto Serial, posee un terminal para mostrar las lecturas que realiza, se conecta un indicador que en el panel frontal permite visualizar la información que envía el Arduino.

13. Visa Close Serial Port: Cierra el lazo de comunicación en el caso de no ser reconocido el dispositivo en el puerto asignado cierra con un error y reporta con un mensaje.

Labview además dispone de una librería para trabajar con Arduino, permite leer directo el estado de los pines de la tarjeta. Entre sus bloques de programación se tiene:

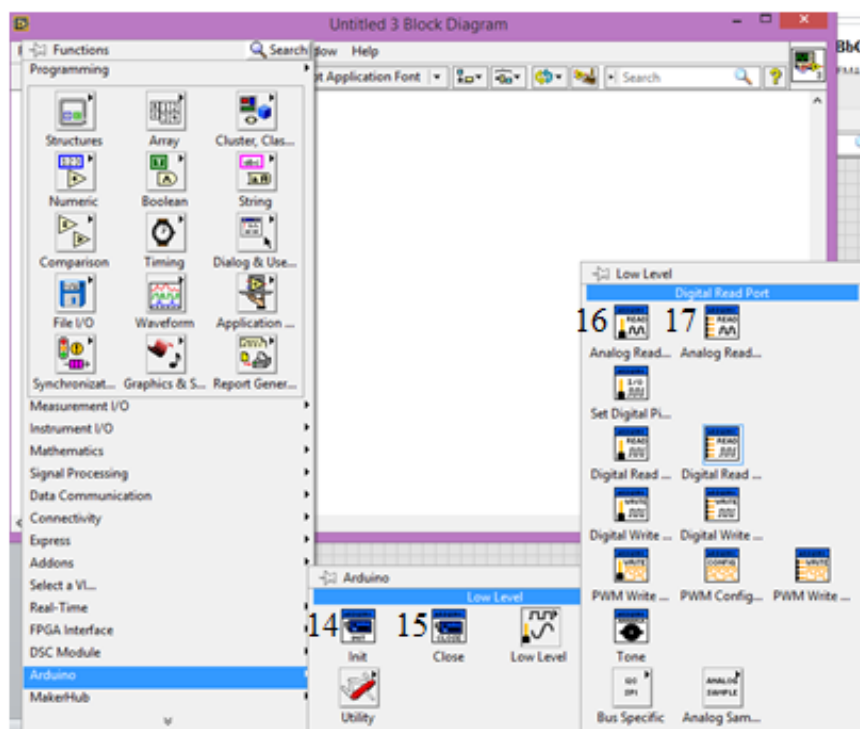


Figura 37-3 Librería Arduino / Bloques de Programación

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

14. Init: Establece la comunicación, los parámetros que se setean en este bloque fijan con que tipo de tarjeta arduino se va a trabajar, el puerto por el que se va a realizar la comunicación y la velocidad de transición de los datos, entre otros.

15. Close: Cierra el lazo de comunicación al final de todas las acciones de lectura o escritura que se den en el programa.

- 16. Analog Read Pin:** Dentro de los parámetros de configuración del bloque se asigna el número de pin de la tarjeta Arduino que se desea monitorear, se referencia por una conexión al bloque init que indicará de que dispositivo se realiza la lectura. Este bloque lee y visualiza el dato únicamente del pin señalado.
- 17. Analog Read Port:** Este bloque permite leer todo el flujo de datos que se dé a través del puerto COM al que esté conectado el Arduino. Este bloque puede leer varias señales que estén direccionadas al puerto serie a la vez.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Senso de la humedad

Fisiológicamente la mayor absorción del agua en las plantas está en las raíces secundarias donde se encuentran ubicados en mayor porcentaje los pelos absorbentes, muy pocos en la raíz principal (López, 2005), la siguiente tabla cita las dimensiones que alcanzan las raíces en frutales adultos y la distribución en porcentaje de sus raíces secundarias.

Tabla 1-4 Ubicación/Dimensiones de las raíces de los frutales

FRUTAL	DIMENSIÓN RAÍCES (cm)	CANTIDAD DE RAÍCES SECUNDARIAS (%) vs PROFUNDIDAD(cm)	
MORA	100	30	0-30
		50	30-60
		20	60-100
DURAZNO (Prunus Persica)	150	35	0-30
		55	30-60
		10	60-150
CLAUDIA (Prunus Doméstica)	150	35	0-30
		55	30-60
		10	60-150
MANZANA (Malus Doméstica)	150	35	0-30
		55	30-60
		10	60-150

Fuente: LOPEZ, Juan. 2005

La tabla 4-1 señala que los frutales de durazno, claudia y manzana tienen coincidencia de datos, esto se debe a que pertenecen a la misma familia de botánica, los tres corresponden a la familia rosácea (López, 2005), por lo tanto el comportamiento fisiológico es similar, sus nombres científicos corresponden a prunus persiaca el durazno, prunus domésticala claudia y malus doméstica la manzana.

El sensor HL-69 empleado para la medición de humedad en este proyecto descrito en el 3.7.3, proporciona una variación eléctrica según la variación de humedad y con el fin de relacionar la

variación de señal del sensor a valores de humedad idóneos para el desarrollo de los frutales se realiza la calibración del mismo tomando como patrón de medición de humedad el KJT Humidity/Thermometer TA138 Anexo 2, que permite obtener datos de humedad relativa por medio de una sonda.



Figura 1-4 Calibración del sensor de humedad
 Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Para el caso de estudio los sensores para la medición de humedad son ubicados bajo el concepto de localización del mayor porcentaje de pelos absorbentes del frutal.

Tabla 2-4 Valores experimento para calibración del sensor HL-69

FRUTAL	UBICACIÓN DEL SENSOR(cm)	LECTURA DEL SENSOR (0-1023)	LECTURA DEL MEDIDOR PATRÓN (HUMEDAD RELATIVA)
MORA	45	656	75
DURAZNO	45	658	75
CLAUDIA	45	657	75
MANZANA	45	659	75

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

La tabla 2-4 describe la profundidad a la que fueron ubicados los sensores de humedad que es de 45 cm coincidente en todos los casos, pues se asigna ésta profundidad tras el análisis de los datos de la tabla 1-4 en la que se determina que la mayor cantidad de raíces secundarias con pelos absorbentes están ubicadas en un intervalo de 30cm a 60cm sacando una media de éste, allí se ubica el sensor.

La capacidad de campo de un suelo representa el contenido de humedad del terreno y está valorada en un intervalo del 70% al 80% en humedad relativa (López, 2005), por lo que para la calibración del sensor se humedeció el suelo hasta llegar al mencionado intervalo midiendo con el instrumento patrón y así se determinó los valores que proporciona la señal del sensor registrados en la tabla 2-4.

4.2. Monitoreo de humedad del suelo cultivado

La humedad es monitoreada en base a los datos otorgados por la WSN instalada a lo largo de la plantación. La red esta distribuida como se muestra en la figura 2-4 se dispone del plano en el Anexo 7.

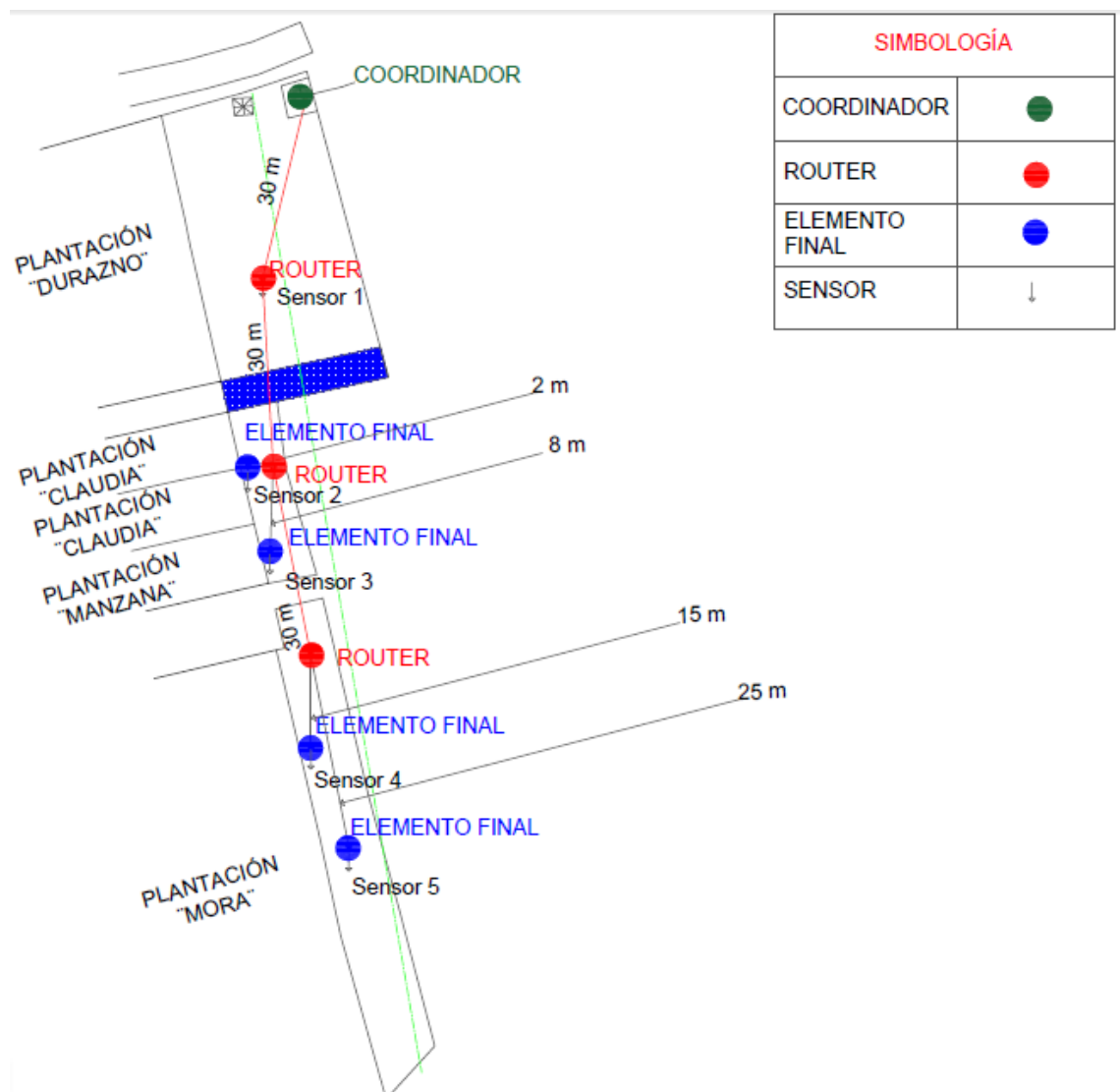


Figura 2-4 Distribución de Nodos de la WSN a lo largo de las plantaciones

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

El sistema cuenta con la pantalla de monitoreo local de la humedad se la presenta en la descripción del sistema SCADA en el punto 4.6.

Además el sistema haciendo uso de la tecnología GSM / GPRS de telefonía móvil se realiza el monitoreo remoto del proceso de riego a través de un dispositivo celular con acceso a internet utilizando una aplicación adicional de uso libre para actividades no lucrativas como es Teamviwer, que permite acceder en forma remota a la PC residente en el cuarto de máquinas y de esta manera disponer de monitoreo remoto de todo el sistema de riego.

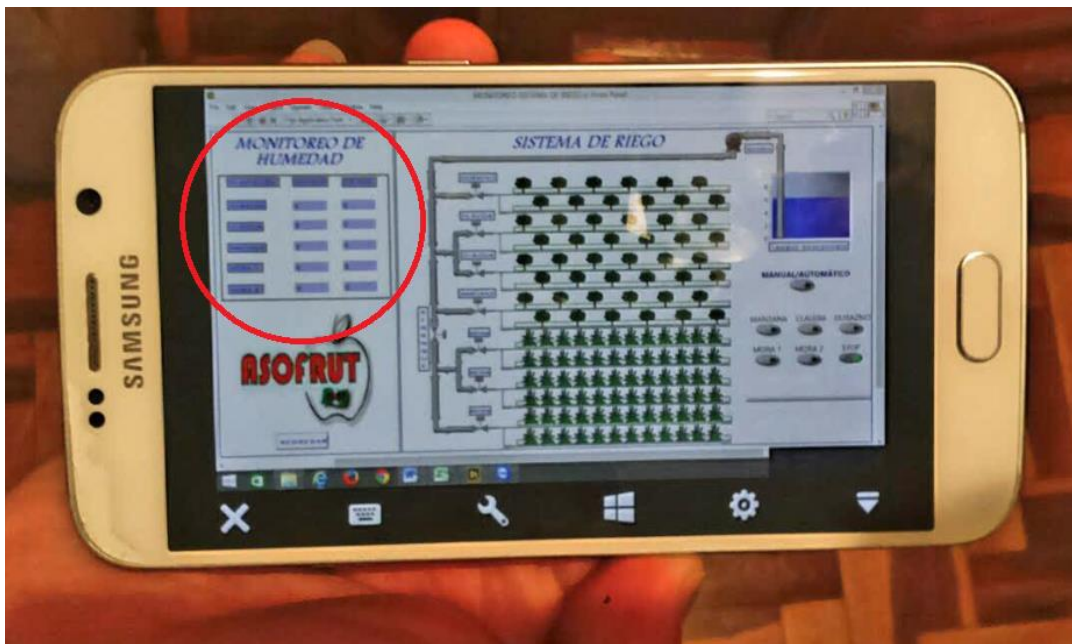


Figura 3-4 Pantalla Sistema de Riego – Monitoreo de humedad en el celular.
Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

La figura 3-4 muestra la pantalla del teléfono celular que contiene la interfaz de monitoreo del sistema de riego en el SCADA. La parte enmarcada con el círculo rojo es donde se visualiza los niveles de humedad del suelo en porcentajes correspondientes a cada plantación de frutales específicos.

4.3. Automatización del proceso de riego

4.3.1. Implementación

Partiendo de los criterios de diseño del tablero de control planteado en el 3.8, se realiza la implementación e instalación del mismo en el cuarto de máquinas, al igual que se realizó la instalación de los actuadores correspondientes.



Figura 4-4 Tablero de control implementado
Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Los planos del tablero de control se incluyen en el Anexo 3.



Figura 5-4 Válvula Selenoide - Instalada
Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Cabe mencionar que el sistema manual instalado para aplicar el riego por inundación se lo mantuvo como opción de respaldo en caso de fallos o anomalías en el sistema automatizados

por mal funcionamiento de alguno de sus elementos, abarcando un parámetro importante dentro de los procesos como es la redundancia planificada.

4.3.2. *Eficiencia del sistema de riego automatizado*

El sistema SCADA implementado es eficiente dispone de un modo automático y no requiere de la presencia del fruticultor para su funcionamiento; permite también efectuar el riego por control directo de los actuadores de forma local y remota. Ofrece recursos para monitorear valores de humedad del terreno de las plantaciones y verificar el funcionamiento del sistema de riego automático.

El control directo sobre los actuadores se lo puede ejecutar mediante la emisión de ordenes de un teléfono celular por mensajes de texto según la codificación planteada en la tabla 3-4, y también manipular directamente desde la interfaz gráfica del SCADA accediendo desde el mismo dispositivo con la aplicación teamviwer.

La eficiencia del sistema se la mide también en el ahorro de recurso hídrico por lo que resultado del análisis del proceso de riego sin respaldo técnico se obtuvo que el fruticultor mantiene una rutina para realizar el riego de sus plantaciones, utilizando el método tradicional de riego por inundación.

Tabla 3-4 Frecuencia de Riego Empírico

FRECUENCIA DE RIEGO				
PLANTACIÓN	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
DURAZNO	X		X	
CLAUDIA	X		X	
MANZANA	X		X	
MORA	X	X	X	X

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

La tabla 3-4 señala la frecuencia de riego en cuatro semanas obtenida como referencia de la consulta al fruticultor propietario de las plantaciones piloto, acotando que no es algo que se cumpla a cabalidad por las otras ocupaciones que él realiza y especialmente a la situación climática. Es de resaltar también que la frecuencia de riego difiere entre tipo de plantación observando que las de mora necesitan un riego mas continuo que la de durazno, Claudia y manzana.

El fruticultor estableciéndose que al disponer de un reservorio con capacidad de 63840 litros, él los distribuye para cubrir el riego de cuatro semanas, pudiendo expresarse la dotación del recurso hídrico para el riego como se señala en la tabla 4-4.

Tabla 4-4 Distribución recurso hídrico del reservorio

DISTRIBUCIÓN RECURSO HÍDRICO DEL RESERVORIO				
PLANTACIÓN	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
DURAZNO	10,00%		10,00%	
CLAUDIA	10,00%		10,00%	
MANZANA	10,00%		10,00%	
MORA	10,00%	10%	10,00%	10%

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Resultado de evaluar el sistema de riego automatizado el mes de julio se obtiene que el reservorio de agua **abastece al riego de las plantaciones durante 5 semanas.**

Para establecer el incremento de la eficiencia del sistema de riego se realiza un cálculo tomando ciertas consideraciones; se mantuvo la frecuencia de riego fijada por el fruticultor obteniendo la tabla de estimación del riego durante las 5 semanas.

Tabla 5-4 Frecuencia de riego estimada

CONSUMO RECURSO HÍDRICO					
PLANTACIÓN	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5
DURAZNO	X		X		X
CLAUDIA	X		X		X
MANZANA	X		X		X
MORA	X	X	X	X	X

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

La estimación considerada para el cálculo de la eficiencia nos da como resultado que se obtienen 14 acciones de riego durante las 5 semanas, en las cuales el reservorio se vacía. Relacionando este resultado se plantea la siguiente ecuación para determinar cual fue el consumo de agua hasta la semana 4.

$$\text{Consumo H}_2\text{O en m}^3 \text{ (4 semanas)} = \left| \frac{\# \text{ de riegos (4 semanas)} * \text{Capacidad total del reservorio}}{\# \text{ de riegos (5 semanas)}} \right|$$

$$\text{Consumo H}_2\text{O en m}^3 \text{ (4 semanas)} = \frac{10 * 63.840 \text{ m}^3}{14}$$

$$\text{Consumo H}_2\text{O en m}^3 \text{ (4 semanas)} = 45.600 \text{ m}^3$$

Se obtiene que a la semana 4 se han consumido 45.600 m^3 de agua teniendo un sobrante de 18.240 m^3 para cubrir el riego de la quinta semana.

En base a los resultados obtenidos anteriormente se calculó el incremento de la eficiencia del sistema de riego.

$$\text{Incremento de eficiencia} = \frac{\text{Consumo R.A. (4 semanas)} - \text{Consumo R.E (4 semanas)}}{\text{Capacidad total del reservorio}}$$

$$\text{Incremento de eficiencia} = \left| \frac{45.600 \text{ m}^3 - 63.840 \text{ m}^3}{50.000 \text{ m}^3} \right|$$

$$\text{Incremento de eficiencia} = 30.13\%$$

Tomando en cuenta que en Ecuador desde el mes de mayo a diciembre es una temporada seca y de enero a abril es lluviosa, se verifica el incremento de la eficiencia del sistema de riego en un 30.13%, considerando que el sistema fue evaluado el mes de julio que está dentro del intervalo de la temporada seca, verificando de esta manera el mejoramiento de la administración del recurso hídrico.

4.4. Base de Datos

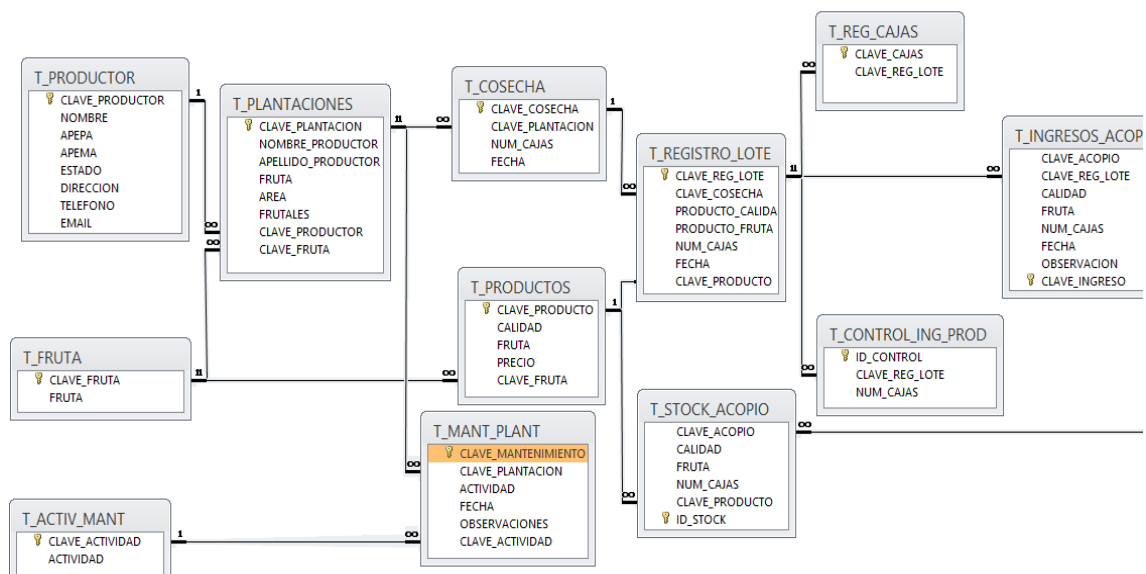


Figura 6-4 Segmento diagrama entidad relación de la base de datos

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

La base de datos se implementó utilizando el modelo entidad relación como se planteó en el 3.9, en la figura se muestra una sección de las tablas y relaciones establecidas para la base de datos. El diagrama entidad relación se encuentra en el Anexo 8.

4.5. Sistema SCADA

La ejecución del sistema SCADA parte de un proceso de autenticación, en la pantalla presentada a continuación se concede el acceso a los usuarios tras la verificación interna de información consultando en los registros de la tabla de usuarios de la base de datos. La aplicación permite identificar el tipo de usuario y el nivel de acceso que tiene dentro del sistema, identificando de manera funcional las responsabilidades de cada nivel dentro de la aplicación.

De acuerdo a sus competencias los niveles de usuarios son:

- Ingeniería
- Operativo
- Administrativo.



Figura 7-4 Pantalla de Autenticación

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

En la figura 8-4 se presenta la pantalla principal del sistema, en donde tomando en cuenta que el entorno debe ser flexible e intuitivo de tal forma que maximice la eficiencia del manejo del mismo para cada nivel de usuario el sistema presentará una pantalla que refleje únicamente las herramientas que son necesarias para su tipo de trabajo.

El nivel de ingeniería tendrá acceso al sistema completo, mientras que el nivel administrativo solo podrá acceder a la administración de la información y el nivel operativo estará limitado a la supervisión y control del sistema de riego.

Estas opciones vienen cargadas por defecto una vez realizada la autenticación de usuario de la primera pantalla.



Figura 8-4 Pantalla de acceso total a recursos del SCADA

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Resulta importante resaltar que la pantalla mostrada en la figura 9-4 estará presente para dos perfiles de usuario, ingeniería y operativo que permite saber en tiempo real como está funcionando el sistema de riego en las plantaciones.

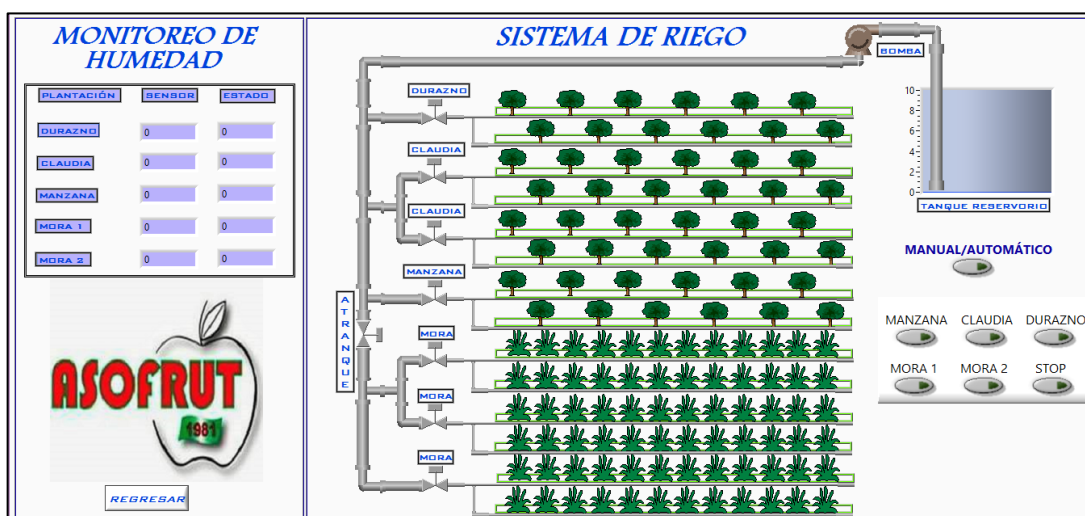


Figura 9-4 Pantalla de control y monitoreo del sistema de riego

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

En ésta ventana de la interfaz que presenta el SCADA, el usuario puede controlar y monitorear el sistema de forma remota, ya que la red de sensores instalados en la plantación recogen los datos del proceso que son enviados de forma inalámbrica al servidor de la aplicación quien envía estos al PLC como variable de proceso para determinar la acción del controlador e incluso se puede desarrollar un control manual dependiendo y si la situación lo amerita.

En la pantalla se visualiza el estado de cada una de las válvulas y el valor proporcional de humedad en base a la lectura en campo de los sensores ubicados en cada una de las plantaciones. Así como también presenta la animación para el nivel de agua en el tanque reservorio que forma también parte del proceso controlado.

Permite mantener un registro de fallos y predecir el comportamiento del sistema en cierta forma incluso mantener un rango de tolerancia a los fallos o alarmas y autocorregir estos por medio del sistema o de forma remota.

El sistema proporciona escalabilidad, se puede decir que no está limitado en la declaración de plantaciones, actualmente están configuradas pocas como punto de partida, se puede añadir modularmente más plantaciones y equipos que la administración considere pertinente.



Figura 10-4 Pantalla – Recursos administración de la información
Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

La escalabilidad del sistema no solo está en la parte física sino también en la parte lógica, es por esto que la figura 10-4 muestra la pantalla en la cual el administrador del sistema puede interactuar con la base de datos, a partir del requerimiento que se presente teniendo acceso a los diferentes módulos de la aplicación:



Figura 11-4 Pantalla – Gestión información socios productores.
 Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

La figura 11-4 presenta el control de socios productores en donde se tiene la información completa de cada socio y se permite un manejo recursivo de la información, aprovechando la flexibilidad del sistema se puede realizar nuevos ingresos y modificar los datos de los socios existentes, esta particularidad nos permite mantener un control activo de los productores para asociarlos en lo posterior a las plantaciones y productos que se vayan generando.



Figura 12-4 Pantalla – Gestión información frutas que produce ASOFRUT.
 Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

El sistema proporciona también un control de las frutas que se están produciendo dentro de la asociación, la figura 12-4 muestra la pantalla en donde se gestiona dicha información con acciones de ingreso de una nueva fruta a ser producida y modificación de los registros ya existentes.



Figura 13-4 Pantalla – Gestión información plantaciones de socios de ASOFRUT.
Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

La figura 13-4 muestra la información de las plantaciones, es el resultado de la interacción de la información de socios productores y de las frutas producidas se adiciona campos de información tales como el área de siembra y el número de frutales de la plantación.

En esta sección la información proporcionada asocia las plantaciones a un productor y a la fruta que en ella se está produciendo. En cierta forma de aquí nace el control y trazabilidad del producto final ya que el sistema almacena que se produce y quien lo hace, datos que una vez consolidados dentro de la aplicación nos permiten remitirlos a la interfaz de reportes en donde se pueden conectar o descargar a otras plataformas como Excel, para hacer un tratamiento de la información de forma minuciosa y detallada.



Figura 14-4 Pantalla – Gestión información de actividades de mantenimiento
Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Parte esencial del sistema es mantener un registro de las actividades que se desarrollan a lo largo de la línea de tiempo de la plantación es así que el sistema proporciona la capacidad de registrar las actividades de mantenimiento se visualiza en la figura 14-4 la interfaz para el manejo de esta información.

Esta sección está basada en la necesidad de documentar las actividades de mantenimiento que se realizan dentro de la plantación con el fin de mantener un control de la planeación de dichas actividades, las cuales se pueden repetir en una o varias plantaciones de los socios productores.



Figura 15-4 Pantalla – Gestión información mantenimientos en plantaciones
Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Las actividades de mantenimiento se verán reflejadas en la sección mostrada en la figura 15-4 en ésta se relacionan las actividades de mantenimiento que pueden darse en las plantaciones.

Esta información permite replicar las mejores prácticas desarrolladas para una plantación en las siguientes ya sean del mismo productor o de diferentes productores. Además de generar un histórico de los mantenimientos realizados para en un futuro desarrollar planes de mantenimiento preventivo y predictivo de acuerdo a las necesidades de las plantaciones que se planifiquen durante el año.

Además en el caso de existir una desviación en la calidad o inocuidad del producto el sistema interactúa con el módulo de reportes para solicitar un registro de trazabilidad y buscar las causas raíces de dichas desviaciones.

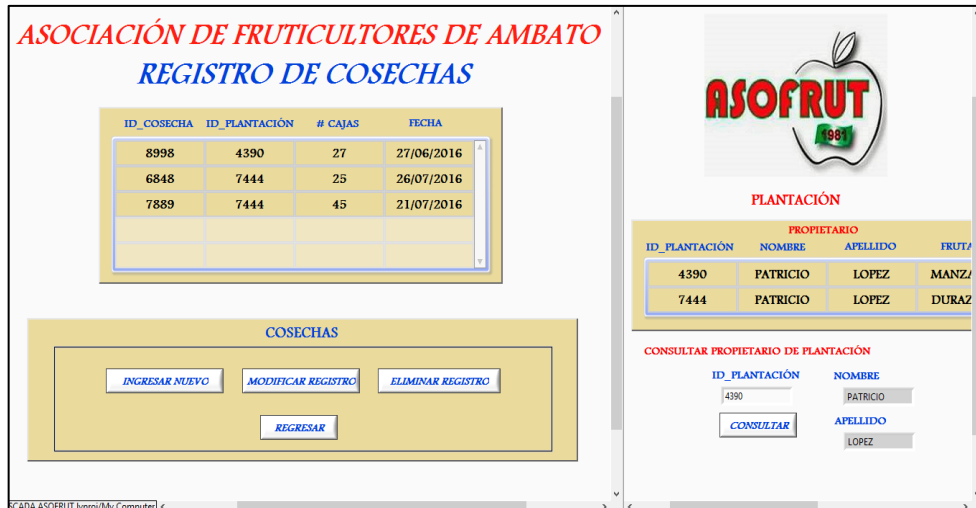


Figura 16-4 Pantalla – Gestión información registro de cosechas.
Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

La información manejada en las secciones anteriores, se define netamente como información del proceso de producción, en la siguiente etapa involucra información de la producción dentro de las bondades del sistema; se parte de la cosecha en las plantaciones, en la figura 16-4 señala que la información que va ingresada en esta sección incluye el ID de la plantación, el número de cajas y la fecha en la que se realizó la cosecha; por medio del código identificador de la plantación el sistema permite responder las preguntas: ¿De dónde proviene la cosecha?, ¿Cuánto se cosechó? y ¿Cuándo se realizó la cosecha?. Estas cosechas en un siguiente paso se distribuyen en lotes bajo el criterio de clasificación del producto por su calidad, la aplicación proporciona el manejo de esta información para en la emisión de reportes poder procesar la información y establecer criterios de calidad de producción que se está realizando, esto ayuda a la toma de decisiones sobre el proceso de producción y la detección de fallos y anomalías que puedan estarse presentando.



Figura 17-4 Pantalla – Gestión información Lotes Registrados
Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Para el administrador así como las personas que planifican la producción y distribución hacia los centros de acopio requieren conocer la ubicación y la capacidad de los mismos para realizar un buen control logístico de la producción esto con el fin de disminuir tiempos de entrega y organizar los productos de tal forma que cumplan con los requisitos legales de almacenamiento y disposición, por esto en la figura 18-4 muestra la herramienta para el manejo de información de los centros de acopio, que al igual que las anteriores instancias se tienen la ventaja de ser un sistema escalable y que puede ser actualizado de acuerdo a la necesidad de la asociación.



Figura 18-4 Pantalla – Gestión información Centro de acopio registrados
 Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

A estos centros de acopio ingresarán los productos ya clasificados en cajas y por la calidad de producto determinada en el lote.



Figura 19-4 Pantalla – Gestión información Ingresos registrados en acopios
 Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

En la figura 19-4 se aprecia la relación entre las herramientas de centros de acopio y lotes para saber en qué ubicación física se encuentra la fruta cosechada y con cuantas cajas contamos dentro de dicha locación, permite como se menciona en la parte superior un despacho rápido y un control de inventarios efectivo, obtener históricos para determinar cuáles son las necesidades actuales y futuras del centro de acopio o con que capacidad cuenta para recibir los siguientes pedidos.

ACOPIO	CALIDAD	FRUTA	CANTIDAD
5915	1A	DURAZNO	16
5518	1A	DURAZNO	7
5915	1B	DURAZNO	18
5518	1B	DURAZNO	1

Figura 20-4 Pantalla – Gestión información Stock de productos acopios de ASOFRUT

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Dentro de la gestión del administrador está conocer cuál es el stock de productos que tiene en sus almacenes en este caso sus centros de acopio, por lo cual el sistema presenta la herramienta de consulta de stock de productos clasificados por producto, calidad, y ubicación, además de mostrar la cantidad de fruta por cajas, figura 20-4, esta herramienta viene de la integración de la instancias de productos y acopios ya que se integra como solución para mantener un inventario siempre actualizado y controlado.

ID	NOMBRE	APELLIDO	APELLIDO	EMPRESA	DIRECCIÓN	TELEFONO	E-MAIL
603759663	EDUARDO	GARCIA	CABEZAS	AUCAS	RIOBAMBA	0998289447	edugarcia.8
604786943	PATRICIO	LOPEZ	LOPEZ	ASOFRUT	HUACHI	032956474	patricio@hotmail.com
603786545	VERONICA	HUILCA	DAVILA	SABORES&SAB	RIOBAMBA	0983930631	vero_metal@

Figura 21-4 Pantalla – Gestión información Clientes registrados

Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Una vez revisado el modulo de inventarios, el sistema muestra una solución integral incluyendo el módulo de ventas para el cual se necesita la creación de la herramienta de administración de clientes, Figura 21-4, en la cual se cuenta con la base de datos de clientes registrados que va a interactuar con los módulos de ventas, contiene los datos completos del cliente para la facturación de los pedidos y es la parte inicial del sistema de ventas.



Figura 22-4 Pantalla – Gestión información Registro de pedidos
 Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

El requerimiento de pedido involucra las soluciones de inventarios (acopios) y clientes, en el cual se debe registrar el pedido que responde siempre a un cliente registrado y a un producto disponible en los centros de acopio en donde se tiene el stock para cumplir con el requerimiento del cliente, el pedido puede registrarse con tres estados dependiendo de la necesidad del cliente o de la disponibilidad del producto, el primero es como pendiente espera el despacho del producto, el segundo es cancelado quiere decir que el pedido no procede y el tercero es despachado que espera al ingreso del comprobante de pago para registrarlo como venta.



Figura 23-4 Pantalla – Gestión información Ingreso de ventas.
 Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

En la figura 23-4 se puede apreciar como el sistema direcciona los datos del pedido con los datos del cliente e incluye el comprobante de pago, para actualizar el stock del producto en el inventario, además de estos se necesita ingresar el ID de vendedor para que la venta sea asignada hacia la persona que la realizó.

La venta puede contener dos estados el primero es como pendiente, queda en espera de que se ingrese el comprobante de pago para pasarlo a venta, así se demuestra la efectividad del sistema para guardar las operaciones que se vienen realizando y retomarlas después desde un estado anterior al que fue guardado. Y la segunda es como venta y es cuando con el ingreso del registro se ingresó también el comprobante de pagos.

El sistema además es capaz de generar históricos de los datos que fueron almacenados. Para esto se tiene la herramienta de generación de históricos Figura 24-4



Figura 24-4 Pantalla – Gestión información Generación de Históricos
Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Parte esencial de un sistema de gestión integral es el manejo de históricos mediante los cuales se puedan realizar reportes del comportamiento del sistema completo. Datos que pueden en su momento ser utilizados como evidencia documental para auditorías externas o internas de la empresa.

Para el caso de ASOFRUT la generación de históricos vienen dados como se muestra en la figura 24-4, y estos se pueden exportar hacia Excel, figura 25-4, un formato más amigable y transportable para trabajar en la información generada dependiendo de las necesidades de las personas o puestos de trabajo, dentro de la organización, así se puede tener un reporte personalizado para las gerencias o directivos de la asociación que permita tomar decisiones instantáneas de acuerdo a la información presentada.

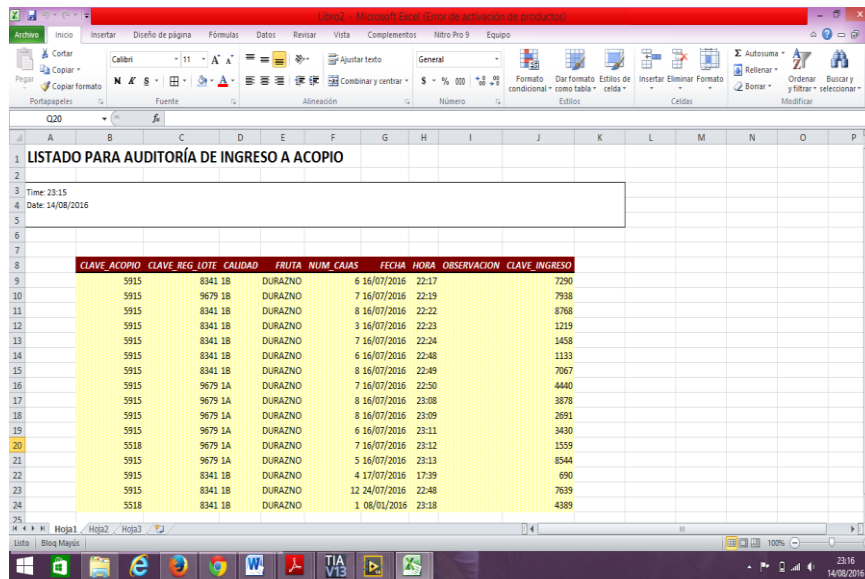


Figura 25-4 Pantalla – Gestión información históricos enviados a Excel.
 Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

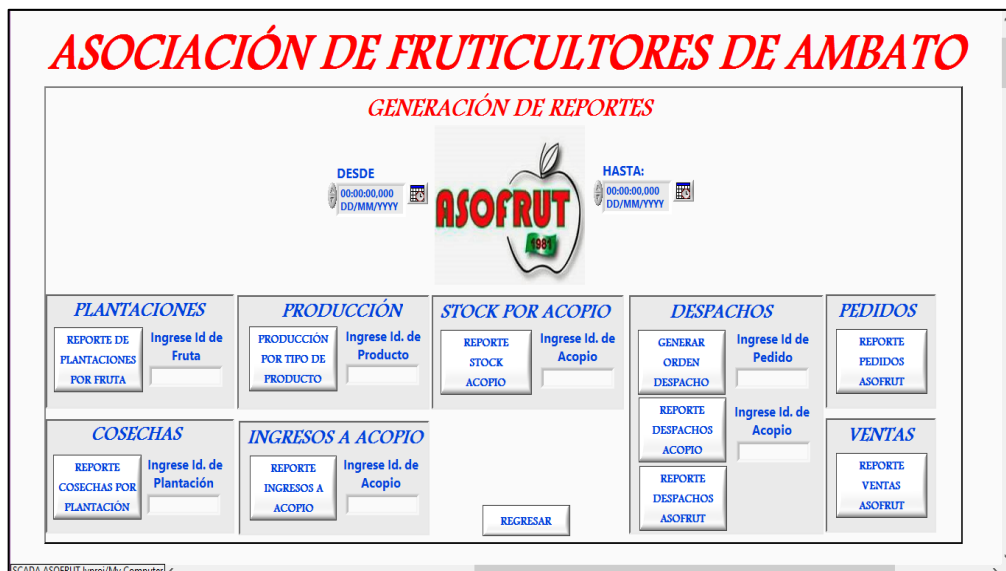


Figura 26-4 Pantalla – Gestión información reportes enviados a Excel.
 Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

Al igual que los históricos los reportes específicos son parte esencial del sistema SCADA ya que nos dan una visión de lo que está sucediendo con el proceso y con la gestión de información y administración de ventas, despachos e inventarios, figura 26-4.

Los reportes pueden servir para la toma de decisiones desde niveles operativos hasta niveles gerenciales, al igual que los históricos se pueden llevar a formato Excel, figura 27-4, y se pueden también obtener reportes por intervalos de fechas como para visualizar el comportamiento de la organización en períodos de tiempo.

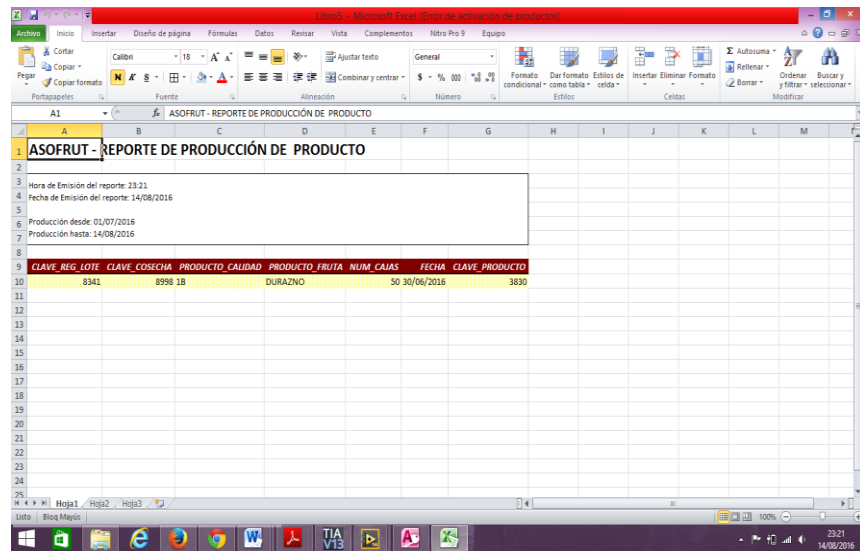


Figura 27-4 Pantalla – Gestión información reportes enviados a Excel.
 Autor: GARCÍA, Eduardo. 2016

CONCLUSIONES

- Se identificó por observación directa que los métodos empleados por los socios de ASOFRUT para la realización del riego de sus frutales son empíricos y carentes de tecnología demandando mayor utilización de tiempo y recurso.
- El SCADA permitió la integración de una red inalámbrica de sensores y un sistema de automatización gobernado por un autómata programable para la gestión del sistema de riego de las plantaciones frutales.
- Se utilizó la tecnología GSM y el soporte de internet de los teléfonos celulares para el control y monitoreo del sistema de riego de las plantaciones piloto de la ASOFRUT.
- Con la implementación del sistema SCADA (Supervisión, control y Adquisición de Datos) se aportó al mejoramiento de la gestión de la producción frutícola y el bienestar de los socios de ASOFRUT (Asociación de Fruticultores de Ambato) incrementando la eficiencia en un 30% del riego en sus plantaciones con procesos automatizados, y proporcionando una herramienta que les permita llevar un registro de la producción de sus frutales.
- Los históricos que puede proporcionar el sistema servirán para el análisis y obtención de datos estadísticos que influyan en la toma de decisiones dentro de la actividad frutícola para la mejora de la producción.

RECOMENDACIONES

- Resultaría excelente replicar el piloto de automatización del proceso de riego en las plantaciones de todos los socios de la ASOFRUT y de ser posible extender su uso en entidades similares y optimizar a nivel general el uso del recurso hídrico.
- La información registrada en el SCADA debería darse uso para la formulación de planes de producción, trazabilidad de productos y formulación de proyectos de desarrollo sustentados en históricos de la producción.
- A futuro se podría buscar un método para que los nodos de la WSN sean autosustentables y disminuir el uso de recursos en el mantenimiento de los mismos.
- Se podría sugerir que para un control mas fino y exacto de la humedad se lo haga con tres sensores justificando su uso con la localización de raíces secundarias del frutal donde se alojan la mayor parte de pelos absorbentes que se conoce como resultado de la investigación.
- Se ha automatizado netamente la distribución del recurso hídrico para el riego, se podría recomendar extender la automatización también para el proceso de fertilización de los frutales.
- El proyecto se puede replicar en cualquier tipo de plantación similar y se ha iniciado una propuesta en conjunto con la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH para replicar con los productores de quinua de Chimborazo.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ALLOZA, J. M.** (2014). *Montaje de componentes y periféricos microinformáticos. IFCT0108*. Malaga: ic editorial.
2. **ARCHILA, D., & SANTAMARÍA, F.** (2013). State of the art of wireless sensor networks. 8.
3. **ASSOCIATION, I. R.** (2013). *Industrial Engineering: Concepts, Methodologies, Tools, Aplicatios*. British: IGI Global.
4. **BAILEY, D., & EDWIN, W.** (2003). *Practical SCADA for Industry*. London: British Library.
5. **BERRÍO, D.** (2008). *Costos para administrar empresas manufactureras, comerciales y de servicios*. Barranquilla: Uninorte.
6. **CANALES, A. R., & MOLINA, J. M.** (2010). *Automatización y telecontrol de sistemas de riego*. Barcelona. MARCOMBO,S.A.
7. **CAPRARO, F., TOSETTI, S., PATIÑO, D., SCHUGURENSKY, C., & FULLANA, R.** (2008). *Sistema de monitoreo continuo de la humedad en suelo para el control de riego en un olivar empleando Labview*. San Juan - Mexico: ResearchGate.
8. **CASTRO LUGO, J. G., PADILLA YBARRA, J. J., & ROMERO A., E.** (2005). Metodología para realizar una automatización utilizando PLC. *Impulso, revista de electrónica, eléctrica y sistemas computacionales*, 18-21.
9. **DETTMER, W.** (1997). *Goldratts theory of contrains*. Milwaukee: ASQ.
10. **FILIU, L. M.** (2014). *Instalaciones Electricas y automatismos* . Madrid: Paraninfo.
11. **G. COLOURIS, J. D.** (2001). *Sistemas Distribuidos Conceptos y Diseño*. Wesley: Addison.

12. **GALLARDO VAZQUEZ, S.** (2013). *Técnicas y procesos en instalaciones domóticas y automáticas*. Madrid- España: Paraninfo.
13. **GALLARDO, S.** (2013). *Técnicas y Procesos en Instalaciones Domóticas y Automáticas*. Madrid: Paraninfo.SA.
14. **GIL, P., POMARES, J., & CANDELAS, F.** (2010). *Redes y transmision de datos* . Alicante: Compobell.
15. **GOILAV, N., & LOI, G.** (2016). *ARDUINO Aprender a desarrollar para crear objetos inteligentes*. Barcelona: ENI .
16. **GÓMEZ, J. A.** (2002). *Servicios en red*. Madrid: EDITEX.
17. **GROOVER, M.** (1997). *Fundamentos de manufactura moderna*. México: Prentice Hall.
18. **HAY, E.** (2002). *Justo a tiempo*. Barcelona: Norma.
19. **HEIZER, J., & BARRY, R.** (2005). *Operations Management*. Florida: Prentice.
20. **HORNE, V., JAMES, C., & WACHOWICZ, J.** (2002). *Fundamentos de Administración Financiera*. México: Pearson Education.
21. **HYDE, J.** (2013). *Control Electroneumático y Electrónico*. Barcelona.
22. **INEC.** (2014). *Ecuador en cifras*. Recuperado el 02 de 11 de 2014, de Ecuador en cifras: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/directoriodeempresas/>
23. **INSTRUMENT, N.** (2016). *Módulo LabVIEW Datalogging and Supervisory Control*. Cuenca: National Instruments Corporation.
24. **JOSÉ, R. A.** (2010). *Automatización y Telecontrol de sistemas de riego*. Barcelona: MARCOMBO.
25. **KOFMAN, F.** (2006). *Metamanagment*. Buenos Aires: Granica.

26. **KRAJEWSKI, RITZMAN, & MALHOTRA.** (2000). *Administración de operaciones*. Boston: Pearson.
27. **KRUTZ, R.** (2006). *Securing SCADA Systems*. Indiana: Wiley Publishing, Inc.
28. **LAJARA, J., & JOSÉ, P.** (2011). *LabVIEW entorno gráfico de programación*. Barcelona: MARCOMBO,S.A.
29. **LAPORE, D., & COHEN, O.** (2002). *Deming Y Goldratt la Teoría de Restricciones Y El Sistema de Conocimiento Profundo. El Decálogo*. Barcelona: MacGraw .
30. **LEÓN, R. D.** (10 de Junio de 2015). *Redes de sensores inalámbricas*. Obtenido de <https://ricardodeleon1961.wordpress.com/2015/06/10/wsn-wireless-sensor-network-redes-de-sensores-inalambricas/>
31. **LÓPEZ, C.** (2005). *Fertirrigación cultivo hortícolas, frutales y ornamentales*. Madrid: Ediciones Mundi Prensa.
32. **MACÍAS, E.** (14 de 09 de 2012). *Técnicas de Automatización*. Universidad de la Rioja.
33. **MARCOMBO.** (2011). *Automatización y Telecontrol de Sistemas de Riego*. Murcia.
34. **MEYERS, F.** (2000). *Estudio de tiempos y movimientos*. México: Pearson.
35. **MINATI, M.** (2012). *Tiempos y Métodos*. Milano: IPSOA.
36. **MINI, T., & MCDONAL, J.** (2015). *Power System SCADA and Smart Grids* . New York: Taylor & Francis Group,LLC.
37. **MOLINA, J., & JIMÉNEZ, M.** (2010). *Programación Básica para Ingenieros*. Barcelona: MARCOMBO.SA.
38. **PAZ, R. L.** (2014). *Despliegue y puesta en funcionamiento de componentes software. IFCT0609*. Malaga: IC EDITORIAL.

39. **PERE PONSÁ, A., & VILANOVA ARBOS, R.** (2005). *Automatización de procesos mediante la guía GEMMA*. Barcelona - España: UPC.
40. **PÉREZ, E.** (2015). Los sistemas SCADA en la automatización industrial. *Tecnología en Marcha* , 5-14.
41. **PÉREZ, J., URDANETA, E., & CUSTODIO, Á.** (2014). Metodología para el diseño de una red de sensores inalámbricos. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 1-5.
42. **PONSÁ, P.** (2013). *Automatización de procesos mediante la guía Gemma*. Barcelona. MARCOMBO,S.A.
43. **RODRÍGUEZ, A.** (2012). *Sistemas SCADA 3ª Edición*. Barcelona: MARCOMBO, S.A.
44. **RUIZ CANALES, A., & MOLINA MARTÍNEZ, J.** (2010). *Automatización y telecontrol de sistemas de riego*. Barcelona - España: Marcombo.
45. **RUIZ, A., GARCIA, F. R., & RICO, J.** (2010). *Guía práctica de sensores*. Madrid: CREACIONES CORYRIGHT, S.L.
46. **SANTAMARÍA, D.** (2012). *Diseño y construcción cabina-horno de pintura con un sistema de alimentación de GLP para la Empresa Automotores Santamaria*. Latacunga: ESPE.
47. **ECUADOR SECRETARIA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO.** (2017). *Plan Nacional Buen Vivir 2013-2017*. Quito - Ecuador: Senplades.
48. **THRUMAN, J., & LOUZINEK, K.** (1998). *Ingeniería de métodos, Mayor productividad y un mejor lugar de trabajo*. México: Alfaomega.