



**Desarrollo de un Sistema Hidropónico Automatizado,
Controlado vía web, del Invernadero de la Empresa
Cetapar de la Ciudad de Yguazu Departamento de Alto
Paraná**

Edgar Vargas Parra

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZU
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA
Coronel Oviedo - Paraguay**

Año 2020

**Desarrollo de un Sistema Hidropónico Automatizado,
Controlado Vía Web, del Invernadero de la Empresa
Cetapar de la Ciudad de Yguazu Departamento de Alto
Paraná**

Elaborado por

Edgar Vargas Parra

Tutor

Ing. Derlis Rodrigo Arredondo Onieva

Trabajo presentado a la Facultad de Ciencias y
Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú,
como requisito para la obtención del título de
Ingeniero en Electrónica

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZU
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA
Coronel Oviedo - Paraguay
Año 2020**

PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo de fin de grado para la obtención del Título de Ingeniero Electrónico aprobado en representación de la Facultad Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú, por el Tribunal Examinador constituido por los siguientes profesores.

Prof. Ing.

Prof. Ing.

Prof. Ing.

Dedicado a:

Dios, por ser mi amigo, fuente de sabiduría, por la salud y la fortaleza.

A mi querida Madre Irma, el ser más desinteresado y con el amor más puro que solo una madre puede brindar, por la posibilidad que me dio de entrar en una

Universidad y darme una profesión para toda mi vida.

A mis hermanos Fabio, Fredy, Laura que siempre me han brindado su confianza y apoyo.

A mis compañeros y amigos de la Facultad de Ciencia y Tecnología, por todos los momentos vividos de lucha constante y también de alegría

Agradecimientos:

Al Ing. Derlis Arredondo por tener el tiempo de ser mi tutor.

A Néstor Benítez por ayudarme con su gran conocimiento en la parte
electrónica como informática.

Al Director de Cetapar

el Ing. Edgar Figueredo por abrirnos una puerta para la realización de este
Proyecto.

**Desarrollo de un Sistema Hidropónico Automatizado, Controlado vía web,
del Invernadero de la Empresa Cetapar de la Ciudad Yguazu
Departamento de Alto Paraná**

Edgar Vargas Parra

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad el desarrollo de un Sistema Hidropónico Automatizado Controlado Vía Web del Invernadero de la Empresa Cetapar en la Ciudad de Yguazu. Dpto de Alto Paraná

Para encarar la solución al problema planteado se realizó una recolección de datos acerca de los parámetros técnico agropecuarios de modo a definir las magnitudes más importantes a ser controladas. Se llegó a diseñar un sistema de control mediante la utilización de controladores denominado Controllino Mini y Arduino Mega con lenguaje de Programación que está basado en c++. Luego se creó una plataforma web con el Entorno de desarrollo Eclipse (editor de código), con el lenguaje de programación Python (como back end), JavaScript, jQuery (librería con funciones programadas), CSS (utilizado para trabajar por el diseño del software), framework Django (Herramienta que contiene librerías, lenguajes unificados, soporte de programas, entre otros) y el framework CSS Bootstrap (utilizado para simplificar el trabajo del diseño CSS).

Finalmente se Implementó un sistema de monitoreo mediante Internet, con lo cual se puede controlar en tiempo real las magnitudes correspondientes de varios sensores, tales como: Sensor de PH y EC, Sensor de Temperatura del Agua, Sensor de Temperatura y Humedad del Ambiente, mediante los cuales se accionan mecanismos actuadores que son los extractores y ventiladores, así como la bomba peristáltica. De esta Manera el sistema funciona óptimamente beneficiando a los agricultores y personas interesadas en el rubro, mejorando el tiempo y la calidad del producto.

Palabras claves: Automatización, Plataforma Web, Sistema de Control, Sensores.

Development of an Automated Hydroponic System, controlled through the web, of Cetapar's Greenhouse of Yguazu City Department of Alto Parana

Edgar Vargas Parra

ABSTRACT

The purpose of this work is to develop an Automated Hydroponic System Controlled Via Web of the Cetapar greenhouse of Yguazy City. Department of Alto Paraná.

To deal with the solution to the problem raised, a collection of data on agricultural technical parameters was carried out in order to define the most important magnitudes to be controlled. A control system was designed using controllers called Controllino Mini and Arduino Mega with programming language that is based on c++. Then a web platform was created with the Eclipse Development Environment (code editor), with the Python programming language (as back end), JavaScript, jQuery (library with scheduled functions), CSS (used to work for the design of the software), django framework (Tool containing libraries, unified languages, program support, among others) and the CSS framework Bootstrap (used to simplify the work of the CSS design).

Finally, an Internet monitoring system was implemented, which allows real-time control of the corresponding magnitudes of various sensors, such as: PH and EC Sensor, Water Temperature Sensor, Ambient Temperature and Humidity Sensor, through which actuating mechanisms that are extractors and fans, as well as the peristaltic pump are operated. In this way the system works optimally benefiting farmers and people interested in the field, improving the time and quality of the product.

Keywords: Automation, Web Platform, Control System, Sensors.

CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	I
<i>Dedicado a:</i>	II
<i>Agradecimientos:</i>	III
CONTENIDO	VI
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE TABLAS	XIII
LISTA DE ABREVIATURAS	XIV
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
CAPÍTULO 1	3
1.1. ANTECEDENTES	3
1.2. ESTADO DEL ARTE	5
1.3. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS	5
CAPITULO 2	6
2.1. Generalidades sobre sistema de Control	6
2.1.1. Sistemas de Control	6
2.1.1.1. Control en Lazo Abierto	6
2.1.1.2. Control en Lazo Cerrado.....	6
2.1.1.3. Controladores automáticos	7
2.1.1.4. Elementos de un sistema de control	8
2.2 Generalidades sobre el Invernadero	10
2.2.1. Invernadero:	10
2.2.2. Invernadero Tradicional:.....	10
2.2.3. Invernadero Tropicalizado:	10
2.2.3. Producción Agrícola:	11
2.2.4. Hortalizas:.....	11
2.2.5. Cambio Climático:	11
2.2.6. Fenómeno de El NIÑO:	12
2.2.7. Efecto Invernadero:	12
2.2.8. La Hidroponía:.....	12
2.2.8.1 Ventajas	12
2.2.8.2 Desventajas	13

VI

2.2.9. Sistemas Hidropónicos:.....	14
CAPÍTULO 3.....	18
3.1. Controlador.....	18
3.2 Aplicaciones de los MCU.....	21
3.3. Microprocesadores y Microcontroladores.....	21
3.4. Aplicaciones.....	22
3.4.1. Microprocesadores.....	22
3.4.2. Microcontroladores.....	22
3.5. Microcontroladores vs. FPGA's.....	22
3.5.1. FPGA.....	22
3.5.2. Microcontroladores.....	23
3.6. TIPOS DE CPUS.....	25
3.6.1 Tarea de la Cpu.....	26
3.7. Sistema de Memoria.....	27
3.8. Aplicación Web.....	35
3.8.1 Introducción.....	35
3.8.2. Tecnologías para el desarrollo de aplicaciones web.....	36
3.8.3 Arquitectura web.....	40
3.8.3.2 Servidor web.....	41
3.8.3.3 Aplicaciones Multinivel.....	42
3.8.4. Introducción al lenguaje Java.....	44
3.8.5. Entorno de desarrollo Java.....	46
3.8.6. Variables Class y ClassPath.....	47
3.8.7 Applets de Java.....	48
III. RESUMEN EJECUTIVO.....	50
CAPITULO 4.....	50
4.1. Descripción del trabajo.....	50
4.1.1. Métodos y Técnicas utilizadas.....	50
4.1.1.1 Tipo de Investigación.....	50
4.1.1.2 Técnicas e instrumentos de recolección de Datos.....	50
4.1.1.3 Métodos y Análisis de Datos.....	50
4.1.1.4. Fases metodológicas.....	50
4.2 Justificación.....	52
4.3 Finalidad del proyecto.....	53

4.4 Metas	53
4.5 Objetivos	53
4.5.1 Objetivos generales.....	53
4.5.2 Objetivos específicos.....	53
4.6. Beneficiarios	53
4.7 Producto.....	54
4.8 Localización física y cobertura espacial	54
4.9. Especificaciones de actividades y tareas realizadas.....	54
4.10 Recursos necesarios.....	55
4.10.1. Recursos humanos.....	55
4.10.2. Recursos materiales	55
4.11. Factibilidad técnica.....	55
4.12 Factibilidad económica.....	56
4.12.1 Beneficios	56
4.12.2 Costos	56
4.12.3 Evaluación económica.....	57
4.12.3.1. Determinación del flujo de caja proyectada	57
4.12.3.2 Determinación de la tasa interna de rendimiento (TIR).....	58
4.12.3.3 Determinación del valor presente neto (VPN).....	58
4.12.3.4 Determinación del periodo de recuperación de la inversión (PRI).....	58
IV INGENIERÍA DE DISEÑO	60
CAPÍTULO 5	60
5.1. Análisis de los parámetros agro-técnicos a ser controlados	60
5.2. Identificación del sistema más factible para el control del invernadero.....	61
5.2.1 Análisis de criterios para la selección de alternativas.....	62
5.2.2. Clasificación de alternativas más accesible	63
5.2.2.1. Arduino:.....	63
5.2.2.2. Controllino Mini	69
5.2.2.3. Raspberry pi con Arduino.....	72
5.2.2.4. PLC	73
5.2.3. Análisis y comparación técnica de alternativas	77
5.2.3.1 Arduino.....	77
5.2.3.3. Raspberry pi con Arduino.....	78
5.2.3.4 PLC	79

5.3. Diseño de una aplicación en la web de gestión de datos que permita el almacenamiento y control de las magnitudes.	81
5.3.2. Protocolo de comunicación	82
5.3.2.1. Característica del MQTT	82
5.3.3. El Entorno de desarrollo y lenguajes de Programación que se utilizó para la creación de página web.....	83
5.4 Diseño de los circuitos electrónicos	83
5.4.1 Elaboración de cálculos matemáticos y modelado del sistema.....	83
5.5. Diseño del sistema hidropónico	85
5.5.1. Controlador y Comunicación	85
5.5.2. Sensores	85
5.5.3. Etapa de Potencia	86
5.5.4. Actuadores	87
5.6. Diseño del Sistema de Ventilación del Invernadero	88
5.6.1. Controlador Y comunicación.....	89
5.6.2. Sensores	89
5.6.3. Etapa de Potencia	89
5.6.4. Actuadores	89
5.6.5. Esquema de Fuerza y Mando.....	90
5.6 Interfaz Gráfica del Controlador	92
5.7. Diagrama de Flujo de Funcionamiento	95
5.8. Sistema de Protección eléctrico y de Datos de los Parámetros	96
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	97
V. CONCLUSIONES.....	98
VI. RECOMENDACIONES	99
VII – APÉNDICE	100
Apéndice A: Resumen Ejecutivo	100
Apéndice A1: Determinación honorarios para mano de obra del sistema de Automatización	100
Apéndice A2: Beneficios y Gastos Económicos de la implementación del sistema 100	
Apéndice A.4: Costo Mantenimiento Preventivo	101
Apéndice B: Ingeniería de diseño	102
Apéndice B.1: Programación del Controllino.....	102

Apéndice B.2 Programación de la Parte Hidropónica	112
Apéndice C: Evaluación económica.....	119
Apéndice C.1: Flujo de Caja Proyectada.....	119
Apéndice C.2: Determinación de la Tasa Interna de Retorno (TIR).	119
Apéndice C.3: Determinación del valor presente neto (VPN).....	119
Apéndice C.4: Determinación del Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI). 120	
Tabla C.4.1. Tiempo de recuperación de la inversión	120
Bibliografía.....	121

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 2. 1:Diagrama de bloque de un sistema de Control	7
Figura 2. 2:Sistema de Control Digital.....	8
Figura 2. 3 Invernadero Recubierto por planchas de Vidrio	10
Figura 2. 4:Invernadero recubierto por malla Antivirus.....	11
Figura 2. 5:Planta Sembrada en Sustrato y siendo regada.....	15
Figura 2. 6:Sistema Recicurlante de agua con Nutrientes	16

CAPÍTULO 3

Figura 3. 1:Transistor y Circuito Integrado	18
Figura 3. 2:Microprocesadores con sus elementos de soporte	19
Figura 3. 3:Microcontrolador	19
Figura 3. 4:Microcontrolador con sus Componentes.....	20
Figura 3. 5:Aplicaciones de los Microprocesadores	21
Figura 3. 6:Organización de un Microcontrolador	24
Figura 3. 7:Unidad Central de Procesamiento	26
Figura 3. 8:Tarea del CPU	27
Figura 3. 9:Tipos de Arquitectura	28
Figura 3. 10:Circuito de Oscilación	29
Figura 3. 11:Temporizador	30
Figura 3. 12:Watchdog Timer(Perro Guardian)	31
Figura 3. 13:Puerto (UART)	32
Figura 3. 14:Entrada y Salida.....	33
Figura 3. 15:Entrada y Salida Analógica	34
Figura 3. 16:Otros Recursos	35
Figura 3. 17 Navegador Web o Browser	40
Figura 3. 18:Arquitectura Multinivel.....	43
Figura 3. 19:Arquitectura Web de 3 Niveles.....	43

CAPÍTULO 4

Figura 4. 1:Localización de Cetapar	54
---	----

CAPITULO 5

Figura 5. 1:Esquema de Sistema de Control	62
Figura 5. 2:Modelos de Arduino	64

Figura 5. 3:Controlador Arduino visualizado por una plataforma	65
Figura 5. 4:Característica de un Arduino Mega.....	66
Figura 5. 5:Característica de un Arduino Mega.....	67
Figura 5. 6:Entorno de Programación de Arduino(ide).....	68
Figura 5. 7:Modulo Ethernet.....	69
Figura 5. 8:Controllino Mini	70
Figura 5. 9:Raspberry	72
Figura 5. 10:Controlador Arduino con Rasperry PI Visualizado por Web.....	73
Figura 5. 11:Controlador PLC S7-1200 CPU 1214C.....	74
Figura 5. 12:Controlador PLC S7 Visualizado por Web	75
Figura 5. 13:Controlador PLC S7 Visualizado por Web con un Router.....	76
Figura 5. 14:Página Web Estándar	76
Figura 5. 15:Conexión de los dispositivos con el Servidor	82
Figura 5. 16:Diagrama de bloque del Sistema de Control.....	84
Figura 5. 17:Diagrama de bloque de conexión del Sistema Hidroponico.....	85
Figura 5. 18:Diagrama Incorporado con el Modulo Ethernet.....	85
Figura 5. 19:Diagrama de Sensor de PH y EC	86
Figura 5. 20:Diagrama de ULN2003	87
Figura 5. 21:Bomba Peristáltica	87
Figura 5. 22:Diseño Armado del Sistema Hidropónico	88
Figura 5. 23:Diagrama de Bloque del Sistema de Ventilación	88
Figura 5. 24:Sensor de Temperatura y Humedad del Ambiente (DHT22)	89
Figura 5. 25:Diagrama de Fuerza y Mando.....	90
Figura 5. 26 Diseño completo del sistema hidropónico con los extractores y ventiladores.....	91
Figura 5. 27:Plataforma de Control y Monitoreo	93
Figura 5. 28 Esquema de funcionamiento del Sistema Informático con los respectivos sensores	94
Figura 5. 29 Diagrama de Flujo de Funcionamiento	95

LISTA DE TABLAS

CAPITULO 3

Tabla 3. 1:Limitante de un Microcontrolador	22
---	----

CAPITULO 4

Tabla 4. 1.Beneficios Proyectados en un horizonte de 5 años	56
Tabla 4. 2:Costo de Materiales Electrónico y Eléctrico	57
Tabla 4. 3:Costo Invernadero.....	57
Tabla 4. 4:Flujo de Caja Proyectada	58

CAPITULO 5

Tabla 5. 1 :Especificaciones Técnicas del Controllino Mini.....	71
Tabla 5. 2:Comparación de los dispositivos de Control	81

APENDICE A

Tabla A. 1:Honorario Personal.....	100
Tabla A. 2:Ingreso Adicional	100
Tabla A. 3:Costo Mantenimiento	101

LISTA DE ABREVIATURAS

PH: Potencial; de Hidrógenos
EC: Electroconductividad
ADC: Convertidor Analógico a Digital (CAD)
DAC: Convertidor Digital a Analógico (CDA)
PLC: Controlador Lógico Programable
DFT: (Deep Flow Technique).
NFT: Nutrient Film Technique
NGS: New Growing System
MCU: Microcontrolador
CPU: Unidad Central de Procesamiento
RAM: Random Access Memory
ROM: Read Only Memory
SBC: Single Board Computer
FPGA (del inglés field-programmable gate array)
CISC: Complex Instruction Set Computers
RISC: Reduced Instruction Set Computers
PWM: Modulación por Ancho de Pulso
HTTP: HyperText Transfer Protocol
CGI: Common Gateway Interface
SQL: Lenguaje de Consultas Simple
XSL: eXtensible Stylesheet Language.
XML: eXtensible Markup Language
J2EE :Java2 Enterprise Edition
J2SE :Java 2 Standard Edition
JRE: Java Runtime Environment

I. INTRODUCCIÓN

La Empresa CETAPAR es una empresa agrícola y ganadera que cuenta con una enorme localidad que está ubicado en la Ciudad de Yguazu Departamento de Alto Paraná. Esta Empresa cuenta con un invernadero que carece de la nueva tecnología emergente hoy en día, ya que su funcionamiento es totalmente manual. Esto sumado a la gran demanda de las hortalizas en diferentes comercios y Supermercados.

Todo lo mencionado anteriormente ha motivado a la realización de este trabajo que tiene como finalidad el desarrollo de un Sistema Hidropónico Automatizado Controlado Vía Web del Invernadero de la Empresa Cetapar en la Ciudad de Yguazu Departamento de Alto Paraná, mediante la utilización de componentes electrónicos capaces de realizar funciones simples como el accionamiento de los ventiladores y extractores, así como las mediciones de Electro conductividad para decidir una acción a través lógica de control.

Se pretende la mejora utilizando un sistema de monitoreo en tiempo real del sistema hidropónico, permitiendo observar las magnitudes agronómicas, y controlar los diferentes actuadores de acuerdo a la medición.

El desarrollo del proyecto se describe desde los conceptos generales, que se encuentra en el Capítulo 1, así como los Antecedentes del proyecto final de grado, el estado de arte y definición de términos básicos

En el Capítulo 2, se habló de las teorías básicas a cerca de las generalidades del sistema de control, también de los tipos Invernaderos que son más utilizados, los conceptos agrícolas, así como también las técnicas y sustratos utilizados en la parte hidropónica.

En el Capítulo 3, se expone a cerca de los microcontroladores y microprocesadores sus diferencias, etc. También a cerca de las aplicaciones web con sus características, arquitectura y los tipos de lenguajes utilizados para la creación de la plataforma web.

En el Capítulo 4, se presenta el resumen ejecutivo del proyecto final de grado, en donde se puede apreciar la descripción del proyecto, la metodología adoptada con sus fases, las metas, la justificación, los beneficios y el análisis financiero del

proyecto.

Por último, en el capítulo 5, se habla de la Ingeniería de diseño, lo cual muestra el análisis de alternativas de los distintos tipos de sistema de control, abarca también la programación de controlador, así como también la creación de la plataforma web con sus distintos lenguajes de programación y librerías utilizadas.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

CAPÍTULO 1

CONCEPTOS GENERALES

1.1. ANTECEDENTES

"PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE INVERNADERO BASADO EN ARDUINO Y SENSORES CON CONTROL DE COMANDO WEB.REALIZADO POR JUAN PABLO PRIETO Y ING. HUGO SENDOA"

Tuvo como objetivo principal Diseñar un invernadero automático utilizando innovación tecnológica

La conclusión es que se pudo notar que la incorporación de invernaderos junto con mecanismos de producción hortícola en la región se encuentra en un estado inicial dentro de un proceso no madurado. Los resultados que arrojan las entrevistas a las personas que se dedican a la horticultura, es que cultivan algunas de las variedades hortícolas que más se ajustan a las potencialidades del prototipo de invernadero automático y que, además, son las que más viabilidad económica reportan por su mayor consumo y salida al mercado. Algunas de estas variedades son el tomate o la lechuga. El tamaño de invernadero promedio de los horticultores de Cambyreta es de 50m x 14m. Para crear sistemas automatizados existen varias tecnologías emergentes como el controlador de automatización programable o PAC (Programmable Automation Controller), el controlador lógico programable o PLC (Programmable Logic Controller), Arduino, entre otros. Ambas tecnologías tienen similitudes en sus funcionamientos y se pueden implementar de forma individual o de forma híbrida en el campo que uno requiere. En este caso en particular, será implementado en el campo de la horticultura. Para este proyecto se optó por Arduino ya que cumple con los requerimientos necesarios para la automatización de un invernadero. Además, es un hardware libre mediante el cual se puede ampliar y mejorar el diseño del hardware, modificar componentes electrónicos, mejorar o cambiar el entorno de programación. También cuenta con una gran comunidad

activa que ayuda a solucionar problemas puntuales del tema, cuenta con un entorno de programación multiplataforma, es decir, que puede ser ejecutado en sistemas Windows, Mac OS y Linux, el entorno y el lenguaje de programación es sencillo, lo que acorta la curva de aprendizaje, y puede ser utilizada en otros proyectos futuro. Para el prototipo de invernadero se desarrolló un sistema web basado en HTML5, PHP, MYSQL, JQUERY, AJAX, CHARTING Y CSS3

"DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO, REGISTRO Y CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD PARA UN CULTIVO DE "INVERNADERO.REALIZADO POR JHONNY WBEIMAR PEREA PALACIOS PEREIRA (COLOMBIA), NOVIEMBRE DE 2016"

Tuvo como objetivo Desarrollar un sistema automático que permita el monitoreo de las variables físicas, temperatura, humedad relativa, humedad del suelo y luminosidad, así como el control de la temperatura y la humedad relativa de un sistema de invernadero con registro de variables en una base de datos online con lenguaje SQL

La conclusión es que se desarrolló un sistema de bajo costo y fácil implementación que permite el monitoreo, registro y control de variables físicas (Temperatura, humedad del ambiente, luminosidad y humedad del suelo) de un cultivo de invernadero.

- Del proyecto realizado se puede concluir que es una herramienta funcional y versátil para saber de forma rápida y precisa el comportamiento de las variables físicas de un invernadero
- El buen funcionamiento de la estrategia de control implementada permite mantener en niveles óptimos los valores de temperatura y humedad relativa dentro del invernadero.
- El buen funcionamiento de la estrategia de comunicación entre el sistema microcontrolador y el servidor permite ver el correcto registro de los valores sensados en la base de datos creada en MySQL

1.2. ESTADO DEL ARTE

Actualmente diversos sistemas y procesos se encuentran automatizados, es decir, se han aplicado sistemas mecánicos y electrónicos para controlar el proceso y no requerir intervención humana para su funcionamiento. La automatización se ha desarrollado rápidamente, se han creado nuevos avances tecnológicos y técnicas de control, que son aplicados en diversas áreas como la industria, medicina, aeronáutica, entre otros. En el área de la agronomía, la automatización cumple un rol muy importante debido a que optimiza los procesos, incrementando la productividad y mejora la calidad de los productos, esto ayuda a satisfacer las exigencias del mercado. Por otro lado, los avances dentro del control climático han permitido la mejora de sistemas como es el caso de los invernaderos.

Con este sistema el Paraguay ya estará a un nivel tecnológico que otros países, con tecnología que no son costosas y que están al alcance de cualquier persona común.

1.3. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS

Sistema: Un sistema es un conjunto de elementos relacionados entre sí que funciona como un todo

Microcontroladores: un circuito integrado capaz de ejecutar ordenes que estén almacenadas en su memoria

Plataforma web: Es un lugar de internet que sirve que sirve para almacenar distinto tipo de información.

Invernadero: Es un lugar cerrado, estático, que sirve para el cultivo de plantas.

Malla: Estructura delgada y flexible formada por el entrecruzamiento de filamentos u otras cosas largas y delgadas.

CAPITULO 2

Teorías Básicas

2.1. Generalidades sobre sistema de Control

2.1.1. Sistemas de Control

2.1.1.1. Control en Lazo Abierto

Los sistemas en los cuales la salida no tiene efecto sobre la acción de control se denominan sistemas de control en lazo abierto. En otras palabras, en un sistema de control en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada. Un ejemplo práctico es una lavadora. El remojo, el lavado y el centrifugado en la lavadora operan con una base de tiempo. La máquina no mide la señal de salida, que es la limpieza de la ropa. En cualquier sistema de control en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia. Así, a cada entrada de referencia le corresponde una condición de operación fija; como resultado de ello, la precisión del sistema depende de la calibración. Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada. En la práctica, el control en lazo abierto sólo se usa si se conoce la relación entre la entrada y la salida y si no hay perturbaciones internas ni externas. Es evidente que estos sistemas no son de control realimentado. Obsérvese que cualquier sistema de control que opere con una base de tiempo está en lazo abierto. Por ejemplo, el control de tráfico mediante señales operadas con una base de tiempo es otro ejemplo de control en lazo abierto [1]

2.1.1.2. Control en Lazo Cerrado

Los sistemas de control realimentados se denominan también sistemas de control en lazo cerrado. En la práctica, los términos control realimentado y control en lazo cerrado se usan indistintamente. En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación (que puede ser la propia señal de salida o una función de la señal de salida y sus derivadas y/o integrales), con el fin de reducir el error u llevar la salida del sistema a un valor deseado. El termino control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control realimentado para reducir el error del sistema [1].

2.1.1.3. Controladores automáticos

Un controlador automático compara un valor real de la salida de una planta con la entrada de referencia (el valor deseado), determina la desviación y produce una señal de control que reduce la desviación a cero o a un valor pequeño. La manera en la cual el controlador automático produce la señal de control se denomina acción de control.

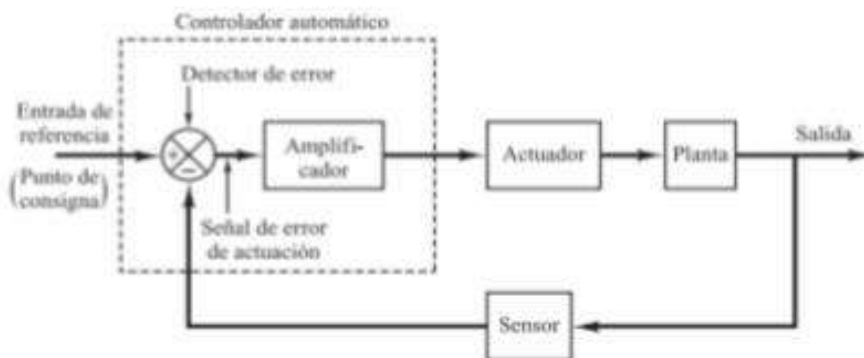


Figura 2. 1:Diagrama de bloque de un sistema de Control

La Figura es un diagrama de bloques de un sistema de control industrial que consiste en un controlador automático, un actuador, una planta y un sensor (elemento de medición). El controlador detecta la señal de error, que, por lo general, está en un nivel de potencia muy bajo, y la amplifica a un nivel lo suficientemente alto. La salida de un controlador automático se alimenta a un actuador, como un motor o una válvula neumáticos, un motor hidráulico o un motor eléctrico. (El actuador es un dispositivo de potencia que produce la entrada para la planta de acuerdo con la señal de control, a fin de que la señal de salida se aproxime a la señal de entrada de referencia).

El sensor, o elemento de medición, es un dispositivo que convierte la variable de salida en otra variable manejable, como un desplazamiento, una presión o un voltaje, que pueda usarse para comparar la salida con la señal de entrada de referencia. Este elemento está en la trayectoria de realimentación del sistema en lazo cerrado. El punto de ajuste del controlador debe convertirse en una entrada de referencia con las mismas unidades que la señal de realimentación del sensor o del elemento de medición [1]

2.1.1.4. Elementos de un sistema de control

2.1.1.4.1. Interfaces Hombre Maquina

Comprende los sinópticos de control y los sistemas de presentación gráfica. La función de un Panel Sinóptico es la de representar, de forma simplificada, el sistema bajo control (un sistema de aprovisionamiento de agua, una red de distribución eléctrica, una factoría) [2].

2.1.1.4.2. Controladores Digitales

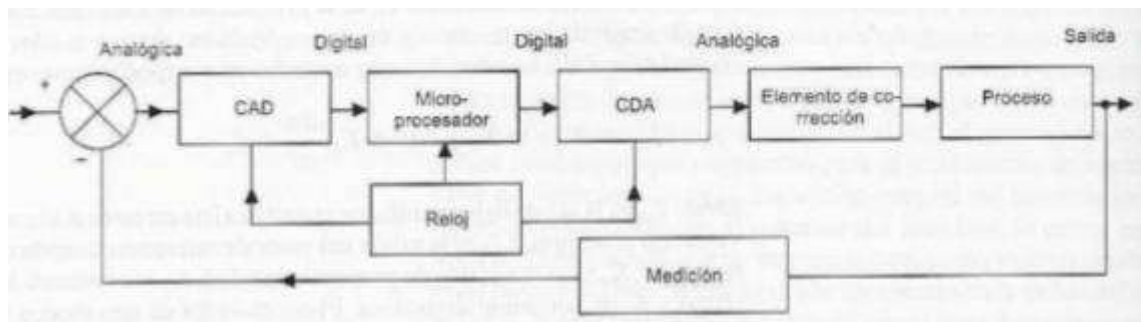


Figura 2. 2: Sistema de Control Digital

La Figura muestra la base de un sistema de control digital directo, que se utiliza en procesos continuos. El término control digital directo se usa cuando el controlador digital, básicamente un microprocesador, controla el sistema de control en lazo cerrado. El controlador recibe las señales de entrada de los sensores, ejecuta los programas de control y proporciona una señal que envía a los elementos de corrección. Estos controladores requieren señales de entrada digitales, procesan la información en forma digital y producen una señal de salida digital. Dado que en muchos sistemas de control se realizan mediciones analógicas, para convertir las señales de entrada se utiliza un convertidor analógico a digital (CAD). Un reloj envía un pulso a intervalos regulares e indica en que momento el CAD debe tomar muestras de la variable controlada. Estas muestras se convierten en señales digitales que el microprocesador compara con la magnitud del valor de referencia para producir la señal de error. El microprocesador inicia, entonces, un modo de control que procesa la señal de error y produce una señal de salida digital. El modo de control que utilice el microprocesador estará determinado por el programa de instrucciones que use

para procesar las señales digitales, es decir, el software. La salida digital se utiliza para iniciar la acción correctora, lo que en general sucede después de procesar dicha salida en un convertidor digital a analógico (CDA), dado que los elementos correctores por lo común requieren señales analógicas [3].

2.1.1.4.3. Comunicaciones digitales

Un bus externo es un conjunto de líneas a través de las cuales se transmiten señales y se conectan entre si microprocesadores, microcontroladores, computadoras y PLC, los que a su vez se conectan con equipo periférico. Para obtener la impresión de la salida generada en una computadora es necesario conectar un bus para que mediante este conectar la computadora y la impresora. Los sistemas con varios multiprocesadores son muy comunes. (...). En una planta automatizada no sólo es necesario transferir datos entre los controladores lógicos programables, visualizadores, sensores y actuadores, y que el operador introduzca datos y programas, también es preciso contar con un medio de comunicación para intercambiar datos con otras computadoras [3].

2.1.1.4.4. Sensores o transductores

Los dispositivos que convierten el valor de una variable controlada a una señal eléctrica se denominan transductores eléctricos. El número de transductores eléctricos diferentes es muy grande. Se han inventado transductores eléctricos para medir virtualmente toda variable física, sin importar qué tan complicada sea. En la industria, las variables físicas más importantes que se encuentran son la posición, velocidad, aceleración, fuerza, potencia, presión, velocidad de flujo, temperatura, intensidad luminosa, y humedad [4].

2.1.1.4.5. Actuadores

Los sistemas de actuadores son los elementos de los sistemas de control que transforman la salida de un microprocesador o un sistema de control en una acción de control para una máquina o dispositivo. Por ejemplo, si es necesario transformar una salida eléctrica del controlador en un movimiento lineal que realiza el desplazamiento de una carga. Otro ejemplo sería cuando la salida eléctrica del controlador anterior requiere transformarse en una acción que controle la cantidad de líquido que entra y circula en una tubería [3].

2.2 Generalidades sobre el Invernadero

2.2.1. Invernadero: Un invernadero es definido como una construcción agrícola con paredes y cubierta traslúcida (vidrio o variación de plástico) en la cual es posible reproducir o simular las condiciones climáticas más adecuadas para el crecimiento y desarrollo de los cultivos establecidos en su interior con relativa independencia del medio exterior [5].

2.2.2. Invernadero Tradicional: Se entendía como un sitio acondicionado para abrigar plantas durante el invierno y así protegerlas de las bajas temperaturas que se presentan en tiempos de frío. Como tradicionalmente se han utilizado en países que sufren bajas temperaturas durante las épocas de cosecha, como EE. UU, Canadá, España, Holanda entre otros [6]



Figura 2. 3 Invernadero Recubierto por planchas de Vidrio

2.2.3. Invernadero Tropicalizado: En la actualidad dicho concepto de invernadero ha sido rebasado por las circunstancias, puesto que ahora se construyen y utilizan invernaderos en ambientes bastante diferentes para los que fueron concebidos, como el trópico con ambientes bastantes cálidos. Estos se construyen con malla antiviral reemplazando las paredes translúcidas, pero manteniendo un techo sin filtración [6]



Figura 2. 4:Invernadero recubierto por malla Antivirus

Agricultura tradicional o método de cultivo tradicional: Son los conocimientos, técnicas y prácticas indígenas, orientadas a la producción de granos básicos y hortalizas.

El cual consiste en la preparación de la tierra a utilizar para después sembrar la semilla del producto requerido, y luego del tiempo necesario de cuidado recolectar el fruto que esté brinde, ya sea semilla, fruto, flor o el propio cultivo [7].

2.2.3. Producción Agrícola: El concepto de producción agrícola es aquel que se utiliza en el ámbito de la economía para hacer referencia al tipo de productos y beneficios que una actividad como la agrícola puede generar. La agricultura, es decir, el cultivo de granos, cereales y vegetales, es una de las principales y más importantes actividades para la subsistencia del ser humano, por lo cual la producción de la misma es siempre una parte relevante de las economías de la mayoría de las regiones del planeta, independientemente de cuan avanzada sea la tecnología o la rentabilidad [8].

2.2.4. Hortalizas: Las hortalizas son un conjunto de plantas cultivadas generalmente en huertas o regadíos, que se consumen como alimento, ya sea de forma cruda o preparada, incluye las verduras y las legumbres verdes (las habas y los guisantes). Las hortalizas no incluyen las frutas ni los cereales [9].

2.2.5. Cambio Climático: Es un cambio significativo y duradero de los patrones locales o globales del clima, las causas pueden ser naturales, como: variaciones en la energía que se recibe del Sol, erupciones volcánicas, circulación oceánica, procesos biológicos y otros, o puede ser causada por influencia antrópica (por las actividades humanas), a través de la emisión de CO₂

y otros gases que atrapan calor, o alteración del uso de grandes extensiones de suelo [10].

2.2.6. Fenómeno de El Niño: Es un patrón climático recurrente que implica cambios en la temperatura de las aguas en la parte central y oriental del Pacífico. Las aguas superficiales se calientan o enfrían entre 1 y 3 °C, en comparación a la normal. Provocando cambios drásticos con falta de lluvias, que duran entre 5 y 7 meses [11].

2.2.7. Efecto Invernadero: Es un fenómeno natural en el cuál la radiación de calor de la superficie de un planeta, en este caso la Tierra, es absorbida por los gases de la atmósfera y es reemitida en todas direcciones, lo que resulta en un aumento de la temperatura superficial.

Los gases más eficientes en absorber el calor se llaman gases de efecto invernadero o gases de invernadero, entre ellos está el CO₂ que es el que la humanidad en su consumo de recursos ha aumentado a niveles nunca vistos previamente y está causando el calentamiento global [10].

2.2.8. La Hidroponía: También denominada como "agricultura sin suelo". Es un conjunto de técnicas que sustituyen al suelo, la palabra hidroponía deriva del griego hydro (agua) y ponos (labor o trabajo) que significa literalmente "trabajo en agua". Se refiere a un medio artificial constituido por una solución nutritiva que contenga los elementos esenciales que necesita la planta para su crecimiento y desarrollo

Es decir, que los nutrientes llegan a la planta a través del agua, son aplicados en forma artificial y el suelo no participa en la nutrición [12].

2.2.8.1 Ventajas

- Menor número de horas de trabajo y más livianas En general las tareas son más livianas que en los sistemas convencionales, por lo que puede existir un ahorro sensible en mano de obra y por lo tanto en costos.
- No es necesaria la rotación de cultivos No es necesaria en el sentido estricto como se utiliza en los sistemas convencionales, básicamente por la inexistencia de suelo.

- No existe la competencia por nutrientes No existe por parte de las plantas entre sí o por microorganismos en el suelo.
- Las raíces se desarrollan en mejores condiciones de crecimiento Tanto en medios artificiales como en agua el desarrollo radicular adquiere su mejor desarrollo sin impedimentos físicos ni nutricionales, comparados con los sistemas tradicionales donde suceden problemas de compactación, baja infiltración, condiciones de anaerobiosis para las raíces, que conspiran en su desarrollo
- Mínima pérdida de Agua A través de estos sistemas se realiza un uso eficiente del agua, ya que ésta es aportada en las cantidades necesarias y en forma controlada. Además, en sistemas hidropónicos se minimizan las pérdidas por infiltración y evaporación.
- Mínimo problema con las Malezas El problema de malezas se considera mínimo o inexistente en estos sistemas, ya sea porque los medios son estériles o son esterilizados y en el agua no se generan algas, puesto que está en movimiento del 60 al 100% del día.
- Reducción en aplicación de Agroquímicos En general la aplicación de agroquímicos se reduce en estos sistemas, ya que el suelo como fuente de hospedaje o ciclo de enfermedades desaparece.
- El Sistema se ajusta a áreas de producción no tradicionales La implementación de estos sistemas permite ampliar el horizonte agrícola permitiendo la inclusión de áreas urbanas y suburbanas para la producción. Esto permite una plasticidad en la evolución del volumen y el área de cultivo muy diferente a la obtenida con los cultivos realizados en los sistemas tradicionales.

2.2.8.2 Desventajas

- Costo inicial alto Estos sistemas presentan un costo inicial alto debido a las inversiones a realizar, esto variará dependiendo del sistema elegido y del control que se desee realizar del ambiente de crecimiento. Los costos varían dependiendo del método hidropónico.
- Se requieren conocimientos de fisiología y nutrición Este tipo de producciones demandan una mayor especialización del productor, exigiéndole un grado mayor de conocimientos respecto al funcionamiento del cultivo y de la nutrición de éste.

Repentinos cambios de temperatura o de ventilación tendrán respuesta directa en el cultivo, sobre todo en ambientes protegidos.

- Desbalances nutricionales causan inmediato efecto en el cultivo Al no existir suelo se pierde la capacidad de amortiguamiento de éste, frente a excesos o alteraciones en el suministro de nutrientes, es por ello que de forma inmediata se presentan los síntomas tanto de excesos como de déficits nutricionales. El productor deberá estar muy atento al equilibrio de la fórmula nutricional y a sus cambios durante el ciclo.

- Se requiere agua de buena calidad, Así como en los sistemas tradicionales de producción se necesita un suelo de adecuadas condiciones para la producción, en los sistemas hidropónicos se requiere agua de buena calidad, sobre todo libre de contaminantes y de excesivos minerales, con un pH cercano a la neutralidad [13].

2.2.9. Sistemas Hidropónicos: Un sistema hidropónico, es aquel sistema de producción en el cual las raíces de las plantas son irrigadas con una solución nutritiva y en el que, en vez de suelo, se puede usar o no un sustrato²⁹. Dentro de los sistemas existen algunas variantes dependiendo del medio de cultivo en donde se desarrollan las raíces de las plantas [14].

Sistemas hidropónicos en Medios Sólidos (POR SUSTRATO): Son sistemas que usan sustratos como medios de cultivo, en los cuales se pueda brindar a la raíz un balance entre los poros que retengan la solución y los poros más grandes que proporcionen oxígeno a la raíz o en su defecto que solo sirvan como un medio sólido de apoyo para el anclaje de las raíces y desarrollo de las plantas sin reaccionar con la solución nutritiva.

Las funciones asignadas al sustrato son:

- Retener y dar la solución nutritiva a la raíz (agua, nutrientes, pH, CE, etc.)
- Brindar oxígeno a la raíz
- Proporcionar temperatura adecuada a la raíz.
- Dar obscuridad a la raíz.
- Ayudar al anclaje y soporte de la planta
- Amortiguar los cambios que se den en la solución nutritiva o en el ambiente protegiendo a la raíz.

Existen numerosos tipos de sustratos usados como: la arena, cascarilla de arroz, aserrín, turba, vermiculita, perlita, lana de roca, fibra de coco, piedra poma y recientemente espuma fenólica. En estos sistemas el sustrato debe estar

contenido en contenedores que proveen un aislamiento entre el medio de crecimiento y el suelo natural pueden ser tinas construidas, canaletas, macetas o bolsas de plástico.

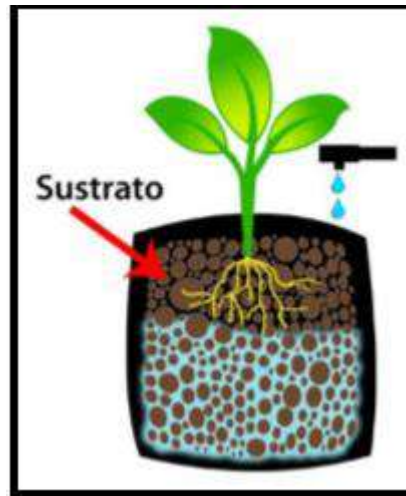


Figura 2. 5:Planta Sembrada en Sustrato y siendo regada

Sistemas en solución (Agua con Nutrientes): En estos sistemas, las raíces de las plantas se encuentran sumergidas parcial o totalmente en una solución con los elementos nutritivos disueltos en ella. La oxigenación de la raíz es un factor muy importante para el buen funcionamiento del sistema. El ahorro en agua y fertilizantes son unas de sus principales ventajas; sus desventajas se deben principalmente al preciso y controlado manejo de la solución nutritiva.

Aunque en este sistema de cultivo se puede usar con éxito un gran número de soluciones nutritivas, se debe resaltar que se trata de un sistema esencialmente carente de capacidad de amortiguamiento. Por lo tanto, se requiere de un control muy exacto de la solución nutritiva, sobre todo en lo referente a los niveles de pH, fosfatos y hierro.

Variantes o técnicas del cultivo en solución: • Cultivo en balsa. • Cultivo en solución con aireación forzada o DFT (Deep Flow Technique). • Cultivo en agua con aireación de cascada. • Técnica de la película nutritiva (Nutrient Film Technique) NFT. • New Growing System (NGS), Nuevo Sistema de Cultivo o de Crecimiento.

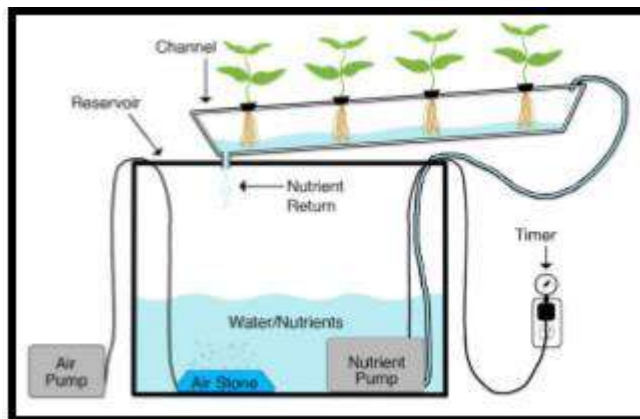


Figura 2. 6: Sistema Reciclar de agua con Nutrientes

New Growing System (NGS), Nuevo Sistema de Cultivo o de Crecimiento: El sistema NGS es una modalidad de cultivo hidropónico caracterizado por la ausencia de sustrato; es decir, se trata de un cultivo hidropónico puro, en el que las raíces se desarrollan en una disolución nutritiva recirculante (DNR) que discurre por un circuito cerrado, lo que permite un ahorro muy significativo de agua y fertilizantes y da a este sistema un carácter ecológico y de respeto al medio ambiente.

La DNR circula por el interior de un conjunto de láminas de polietileno (PE) superpuestas en forma de "V".

La disposición de las láminas se hace de tal forma que, la disolución nutritiva, después de recorrer un tramo más o menos largo según los diferentes modelos, cae a la lámina siguiente por medio de unos agujeros, troquelados en la parte inferior de dichas láminas.

Desde el momento en que es liberada por el sistema de goteo, la disolución nutritiva recorre un largo camino; es a lo largo de este cuando la DNR pone a disposición de las raíces tanto agua como, nutrientes y oxígeno. Al mismo tiempo, la DNR retira de la capa límite que rodea las raíces, los iones no asimilados o los compuestos excretados por las raíces y contribuye a renovar los gases que participan en la respiración radical (O_2 y CO_2).

Las raíces, una vez han superado el foamy agrícola en el que se encuentran cuando se realiza el trasplante, alcanzan la primera capa; guiadas por el movimiento del agua a favor de la pendiente, son conducidas hacia un agujero que les permite descender a la capa inferior. Este proceso se repite tantas veces

como capas interiores tiene la bolsa; de este modo, el sistema se adapta fácilmente a diferentes cultivos.

Principales ventajas del sistema NGS: El sistema NGS ofrece una gran cantidad de ventajas que se resumen en: Precocidad, calidad, rendimiento y respeto al medio ambiente. De forma más detallada: • No precisa de ningún sustrato; además, es económico, fácil de instalar y se adapta a cualquier tipo de explotación.

- Permite obtener altas producciones de excelente calidad y mayor precocidad. Las plantas trabajan de forma eficiente desde el mismo día de su instalación en el sistema.

- Ahorra agua y nutrientes, permitiendo reutilizar el cien por cien de los drenajes; además, el movimiento continuo de la disolución nutritiva reduce el riesgo de salinidad que aparecen cuando se utilizan aguas de mala calidad.

- Mantiene el sistema radicular perfectamente aireado y admite la incorporación de cualquier sistema de desinfección de DNR: Biosidas, H₂O, hidrólisis salina, vapor de agua, radiación ultra-violeta (UV-C) u ozono (O₃).

- Permite la inspección rápida de la raíz factor que le permite cambiar de cultivo de manera rápida y eficiente.

Malla antivirus: La malla antivirus es la que se encarga de proteger el cultivo de la entrada de plagas indeseables y controlar factores térmicos generados por la radiación y la velocidad del viento. Estas mallas están especialmente diseñadas con un tejido muy fino, el cual no permite el paso de partículas que se puedan encontrar en el aire [15].

CAPÍTULO 3

3.1. Controlador

Los elementos de procesamiento determinan la funcionalidad de un sistema (uno o varios procesos).

Se emplea una Tarjeta de Control o simplemente el Controlador.

El controlador toma decisiones a partir de:

- Información de los sensores
- El estado del sistema Notificaciones de otros sistemas.

A partir de ello:

- Genera resultados visuales
- Activa algún actuador
- Notifica a otro sistema.

El concepto ha permanecido invariable desde hace varias décadas, aunque su implementación física ha evolucionado



Figura 3. 1: Transistor y Circuito Integrado



Figura 3. 2:Microprocesadores con sus elementos de soporte

Los controladores están enfocados a sistemas de propósito específico, Cajas registradoras, hornos de microondas, videojuegos, videocámaras, equipos de sonido, instrumentos musicales, máquinas de escribir, fotocopiadoras, etc.

Un controlador incluye los elementos necesarios para ser considerado como una computadora.

En la actualidad, todos los elementos del controlador se han incluido en un circuito integrado, denominado microcontrolador.

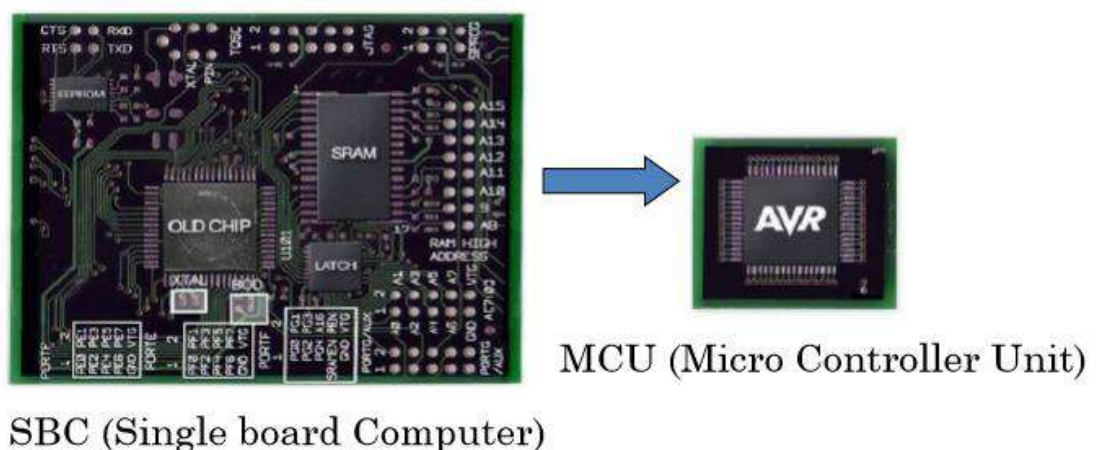


Figura 3. 3:Microcontrolador

Es un Circuito Integrado con tecnología VLSI que contiene una Unidad Central de Procesamiento (CPU), memoria para código, memoria para datos, además de otros recursos necesarios para el desarrollo de aplicaciones, como temporizadores, ADC, puertos I/O, etc.

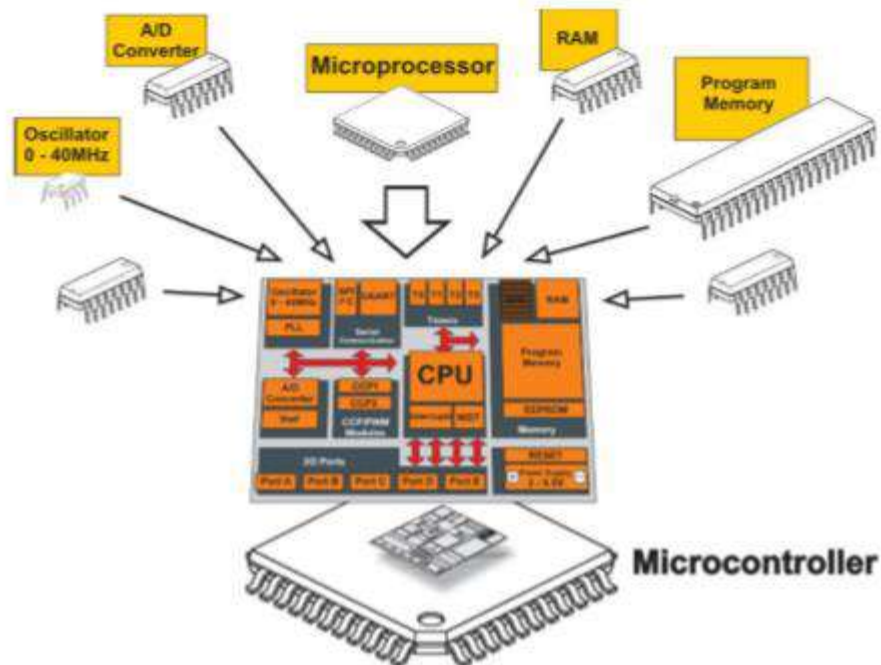


Figura 3. 4:Microcontrolador con sus Componentes.

Un microcontrolador es de hecho una computadora completa situada en un único chip.

3.2 Aplicaciones de los MCU



Figura 3. 5:Aplicaciones de los Microprocesadores

3.3. Microprocesadores y Microcontroladores

Aunque los microprocesadores y microcontroladores son dispositivos con algunas similitudes, existen diferencias importantes entre ellos:

- Microprocesadores
- Es una Unidad Central de Procesamiento en un circuito integrado.
- Microcontroladores
- Además de la CPU, contiene: RAM, ROM, interfaz serial, interfaz paralela, manejo de interrupciones, temporizadores, etc. Todo en un circuito integrado

Limitantes de un Microcontrolador

	MCU (típico)	μP
Velocidad de procesamiento	20 MHz	~ GHz
Capacidad de direccionamiento	8 kB (instrucciones) 1 kB (datos)	~Terabytes
Tamaño de los datos	8 bits Manejo directo de 1 bit	Palabras de 32 o 64 bits

Tabla 3. 1:Limitante de un Microcontrolador.

3.4. Aplicaciones

3.4.1. Microprocesadores

Los microprocesadores son comúnmente usados como CPU en las computadoras.

- También se encuentran en sistemas con procesamiento intensivo, como consolas de juegos o equipo de video de alta definición.
- Además, se encuentran en las SBC (Single Board Computer).
- Generalmente están en sistemas multitareas.

3.4.2. Microcontroladores

Los microcontroladores desempeñan actividades orientadas a control.

- Son la base para los Sistemas Embebidos.
- Sistemas con un proceso único o tarea principal bajo ejecución.
- Sus limitaciones no son una restricción para este tipo de aplicaciones.

3.5. Microcontroladores vs. FPGA's

3.5.1. FPGA

- Bloques e interconexiones configurables, es posible diseñar sistemas a medida.
- El programa define al hardware.

- En un sistema, los diferentes módulos pueden operar en forma concurrente.

3.5.2. Microcontroladores

- Unidades funcionales bien definidas.
- El programa determina el comportamiento del hardware.
- Un programa se ejecuta en forma secuencial, aunque exista concurrencia en los recursos, su atención por la CPU será secuencial

La principal ventaja de los MCU's con respecto a los FPGA's es que el tiempo para el desarrollo de una aplicación es mucho menor con un MCU que con un FPGA.

- En contraparte, un microcontrolador puede ser descrito y "personalizado" dentro de un FPGA.
- Emplear uno u otro dispositivo dependerá de la aplicación a desarrollar

¿QUÉ ELEGIR PARA UN SISTEMA?

- Evaluar si un MCU de gama baja puede funcionar como el controlador del sistema.
- Si se requiere de más velocidad o capacidad de direccionamiento, la alternativa es un MCU con más prestaciones o una SBC. Si se va a hacer un procesamiento aritmético intensivo, puede optarse por un procesador digital de señales (DSP, Digital Signal Processor).
- Cuando se requiera de un hardware especializado, a la medida del sistema, que trabaje a altas velocidades y con módulos concurrentes, la mejor opción es el uso de un FPGA.

Organización de un Microcontrolador

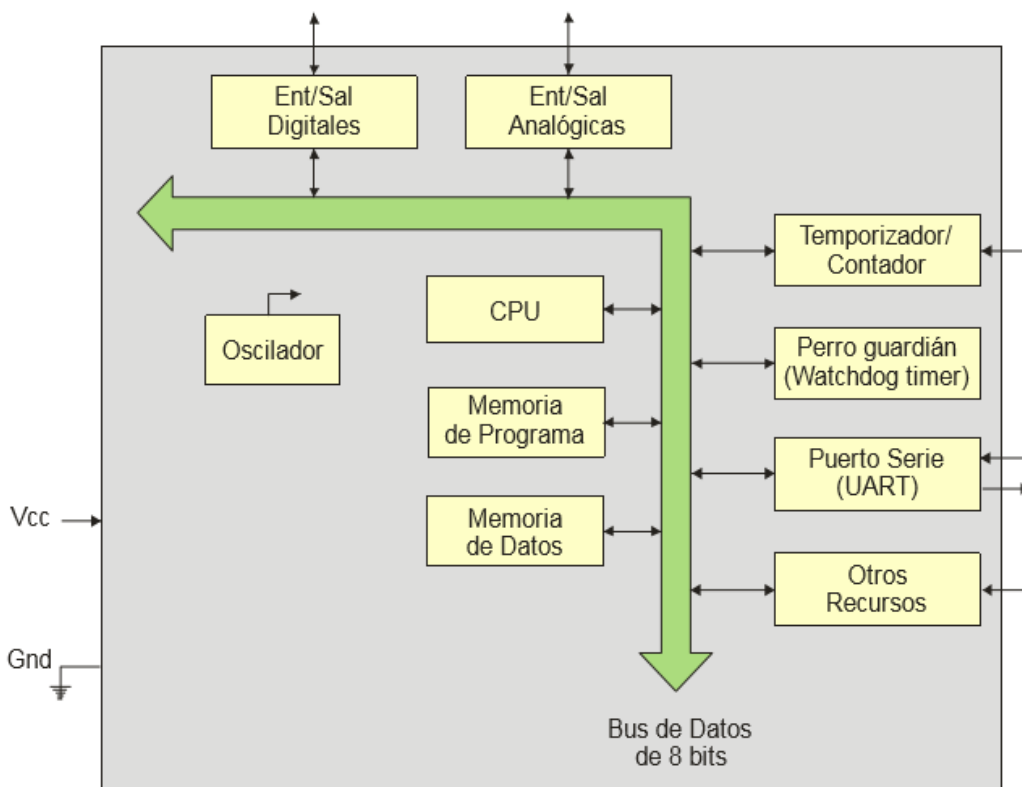


Figura 3. 6: Organización de un Microcontrolador

LA UNIDAD CENTRAL DE PROCESAMIENTO

- Administra todas las actividades en el sistema, mediante la configuración y manejo de recursos.
- Se encarga de interpretar y ejecutar las instrucciones del programa que determina su comportamiento.
- Cada instrucción contiene un código de operación (opcode) y uno o más operandos sobre los que se realizará la operación. Las instrucciones usualmente se organizan por grupos e incluyen:
 - ✓ Aritméticas: suma, resta, producto, división, etc.
 - ✓ Lógicas: AND, OR, NOT, etc.
 - ✓ Transferencia de datos.
 - ✓ Bifurcaciones o saltos (condicionales o incondicionales)

Un grupo de instrucciones para un procesador particular forma su repertorio de instrucciones. Una familia de computadoras o de microcontroladores comparte

un repertorio de instrucciones, aunque sus integrantes pueden variar en costo y rendimiento

3.6. TIPOS DE CPUS

CISC: Complex Instruction Set Computers

RISC: Reduced Instruction Set Computers

- Las primeras computadoras se construyeron con la filosofía CISC, buscando que el programador escribiera programas compactos. Como consecuencias: hardware complejo y un bajo rendimiento.
- La filosofía RISC busca que el hardware sea simple y que resuelva pocas instrucciones. Se alcanza un alto rendimiento.
- RISC: Pocas instrucciones y generalmente del mismo tamaño.
- CISC: Demasiadas instrucciones con diferentes tamaños y formatos, que pueden ocupar uno o varios bytes.
- La tarea realizada por una instrucción CISC puede requerir de varias instrucciones RISC
- La simplicidad de un procesador RISC hace que:
 - ✓ Dentro de un CI, ocupe una fracción mucho menor del espacio requerido por un CISC.
 - ✓ Puede operar a frecuencias más altas de reloj.
- La organización de un procesador RISC permite la aplicación de técnicas como la segmentación, solapando diferentes instrucciones en cada etapa del procesador.
 - ✓ La capacidad de procesamiento de un RISC es de dos a cuatro veces mayor que la de un CISC

LA UNIDAD CENTRAL DE PROCESAMIENTO (VISIÓN SIMPLIFICADA)

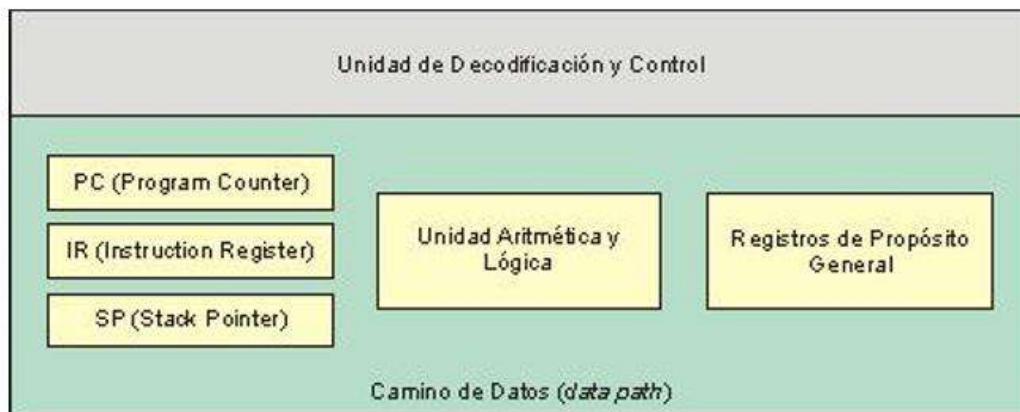


Figura 3. 7:Unidad Central de Procesamiento

PC - Contiene la dirección de la instrucción bajo ejecución.

IR - Contiene a la instrucción (opcode y operandos) mientras se ejecuta.

SP - Contiene la dirección del tope de la Pila

3.6.1 Tarea de la Cpu

1) Atrapar la instrucción: es una etapa fundamental que involucra los siguientes pasos:

a) El contenido del PC es colocado en el bus de direcciones. b) Una señal de control (READ) es activada.

c) Un dato (la instrucción) es leído de la RAM y puesto en el bus de datos.

d) El dato es colocado en el registro de instrucción (IR).

e) El PC es preparado para la siguiente instrucción.

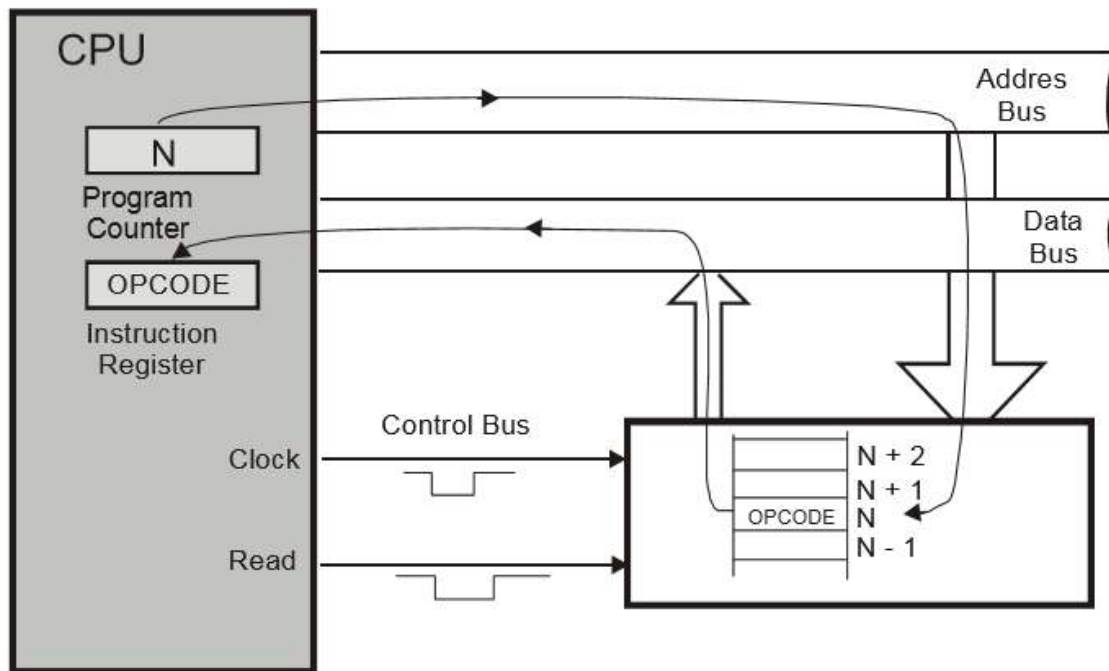


Figura 3. 8:Tarea del CPU

- 2) Decodificación: consiste en descifrar el opcode para generar las señales de control necesarias, dependiendo del tipo de instrucción.
- 3) Ejecución: consiste en la habilitación de la ALU para obtener algún resultado, cargar datos desde memoria, almacenar datos en memoria, modificar el valor del PC, etcétera (según las señales generadas por el control)

3.7. Sistema de Memoria

- Una computadora (y por lo tanto, también un MCU) debe contar con memoria de código y memoria para datos.
- Existen 2 modelos o Arquitecturas, de acuerdo con la organización de la memoria:

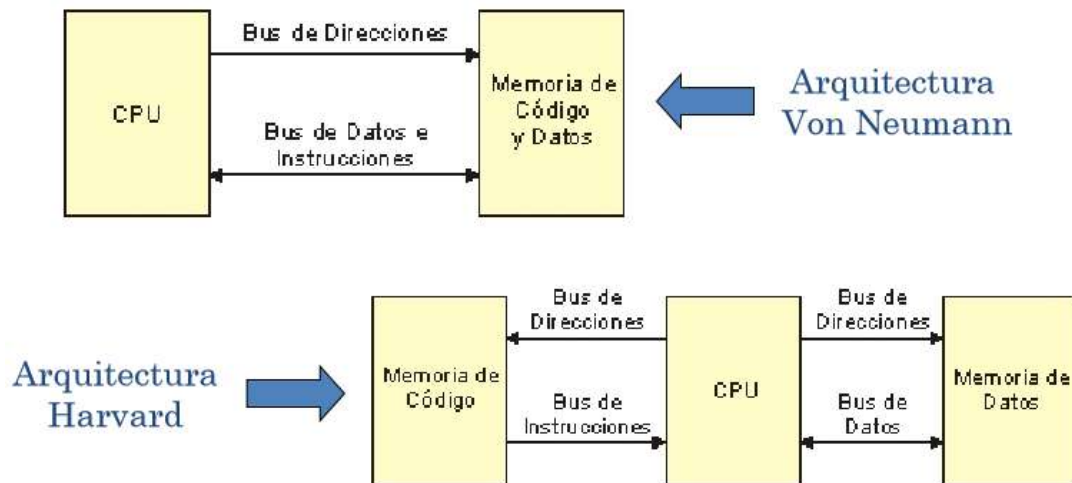


Figura 3. 9:Tipos de Arquitectura

La mayoría de Microcontroladores utilizan una Arquitectura Harvard. La memoria de código (de instrucciones o de programa) almacena las instrucciones que forman al programa.

Para acomodar programas grandes, en algunos microcontroladores, la memoria de código se divide en memoria interna y memoria externa.

La memoria de programa es No Volátil y puede ser del tipo EPROM, EEPROM, Flash, ROM enmascarable u OTP (one-time programmable).

Para la memoria de datos los microcontroladores pueden contener RAM o EEPROM, para el uso de variables o de una pila.

Todos los microcontroladores tienen memoria interna de datos, en diferentes magnitudes, algunos además cuentan con la capacidad de expansión usando una memoria externa.

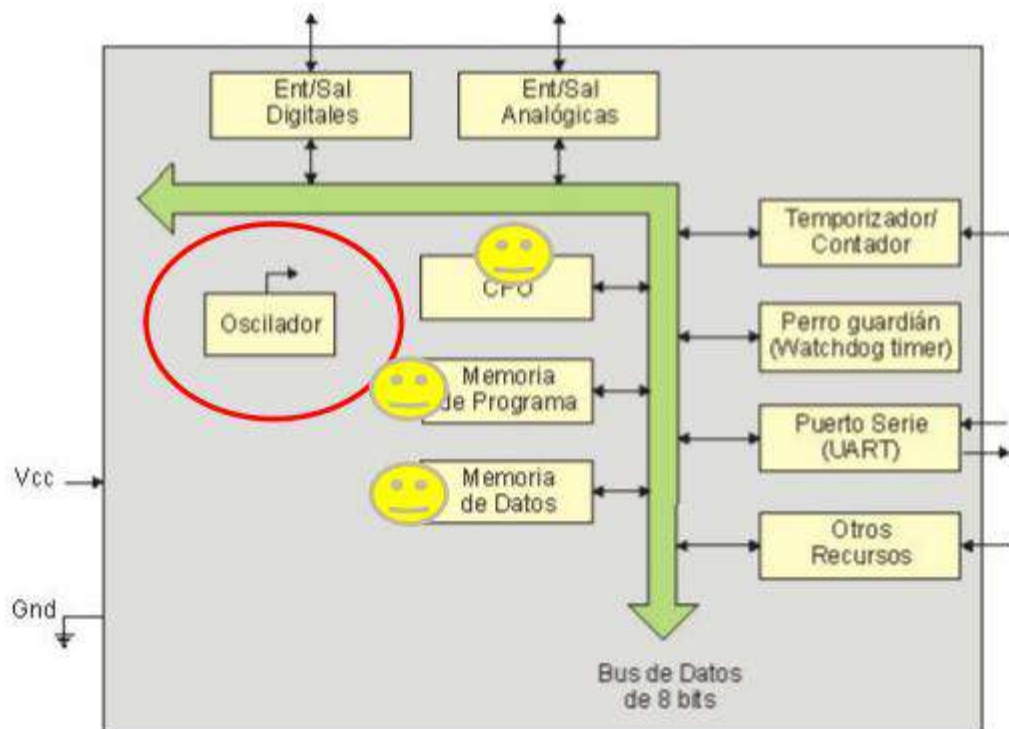


Figura 3. 10:Circuito de Oscilación

El circuito de oscilación determina la frecuencia a la que la CPU va capturando, decodificando y ejecutando instrucciones.

El oscilador es temporizado por un cristal de cuarzo externo o un circuito RC (interno o externo).

El oscilador inicia su operación tan pronto se energiza al sistema

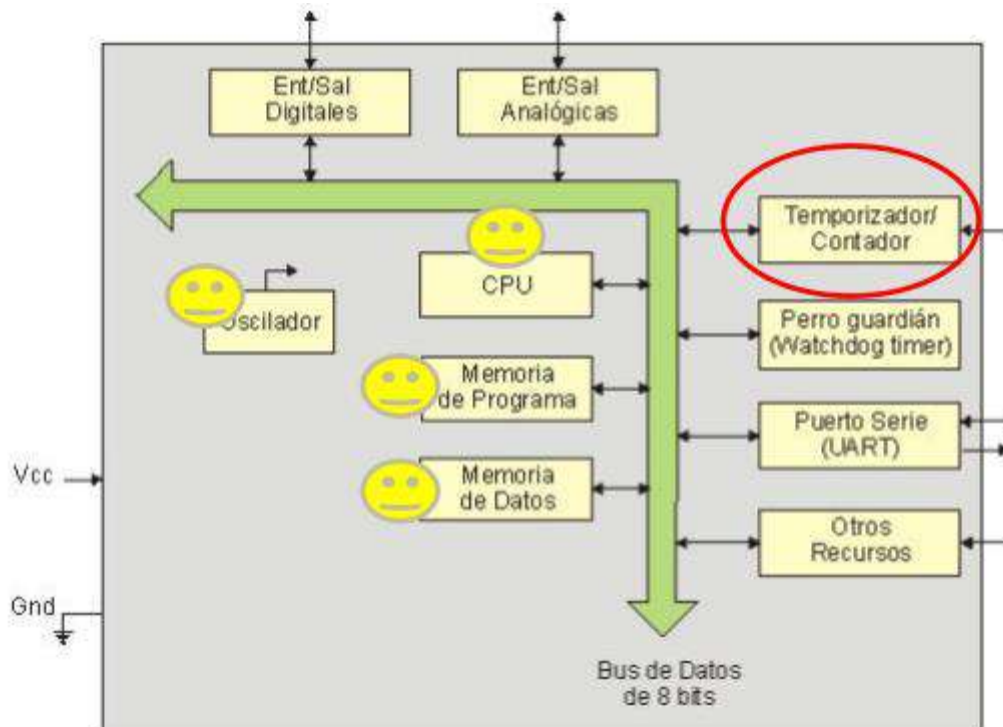


Figura 3. 11:Temporizador.

El temporizador es un registro de n-bits que se incrementa automáticamente en cada ciclo de reloj (timer) o con eventos externos (counter).

Sus desbordamientos indican que ha transcurrido un intervalo de tiempo o cierto número de eventos.

Empleado en tareas periódicas.

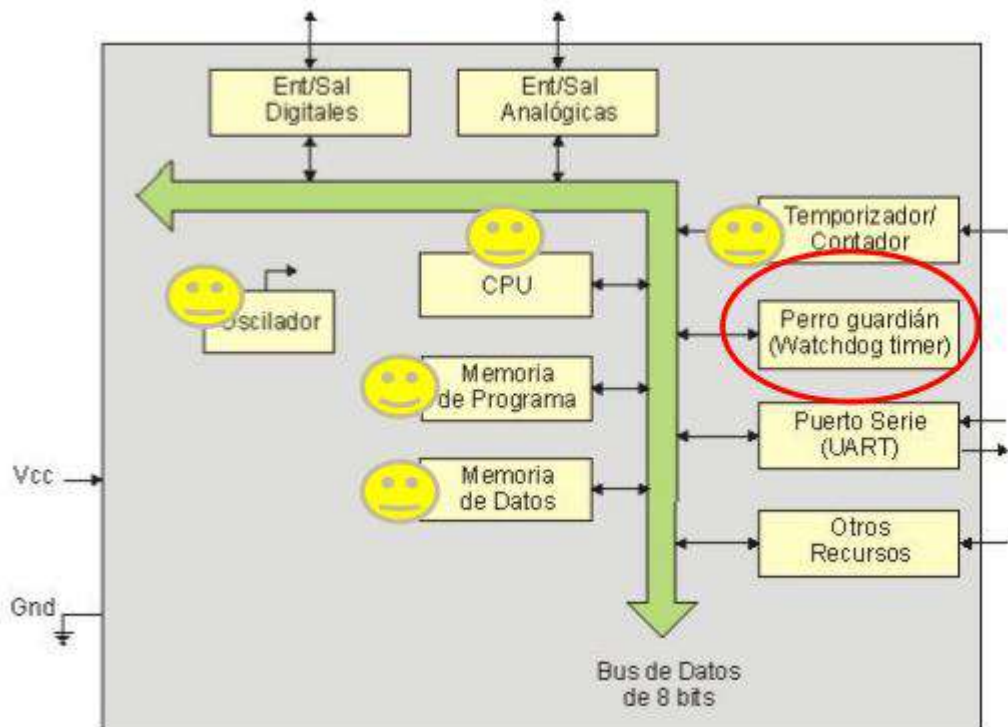


Figura 3. 12: Watchdog Timer (Perro Guardian)

El Watchdog Timer (perro guardián) también es un temporizador, pero con una función especial. Sus desbordamientos reinician al procesador (aplican un reset).

Si se utiliza, en posiciones estratégicas del programa debe incluirse una instrucción que lo reinicie para evitar que desborde.

Sirve para terminar con ciclos de ejecución inesperados.

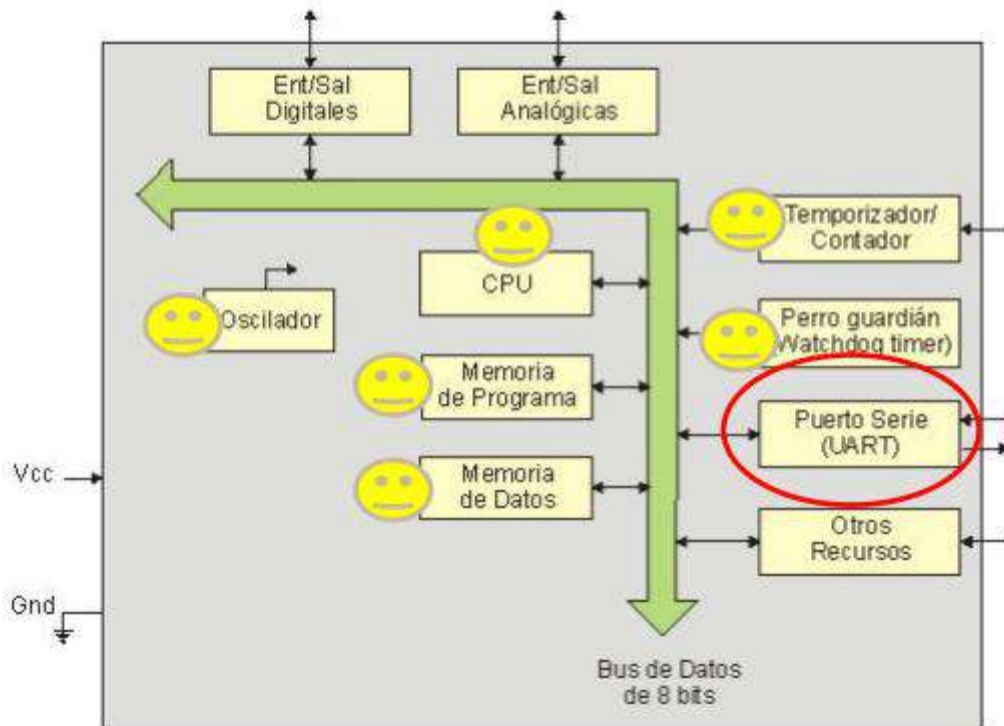


Figura 3. 13:Puerto (UART)

Los Microcontroladores cuentan con una UART (Universal Asynchronous Receiver Transceiver), para comunicación serial con dispositivos o sistemas externos, bajo protocolos y velocidades de transmisión estándar

La comunicación serial puede ser síncrona o asíncrona.

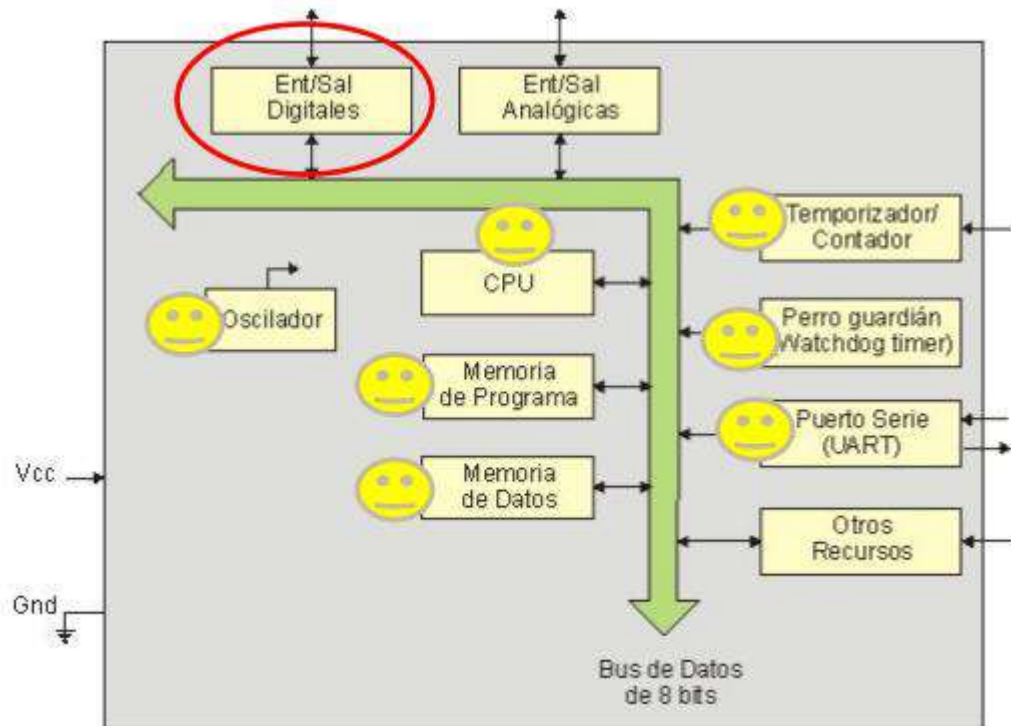


Figura 3. 14:Entrada y Salida

Los puertos digitales de Entrada/Salida sirven para intercambiar datos con el mundo exterior, generalmente son de 8 bits.

Si el puerto es entrada se pueden conectar botones, interruptores, sensores con salida a relevador, etc.

Si el puerto es salida sirve para el manejo de LEDs, displays de 7 segmentos, activación de motores, etc.

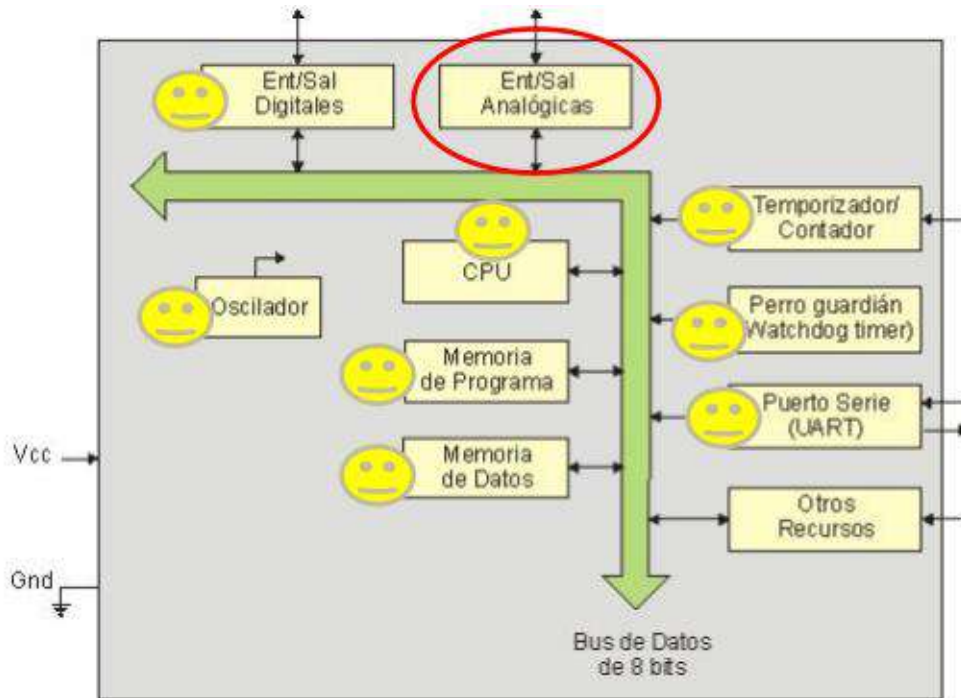


Figura 3. 15:Entrada y Salida Analógica

Entradas analógicas: los microcontroladores incorporan Convertidores Analógico a Digital (ADC) o comparadores analógicos. Sin recursos adicionales permiten monitorear parámetros como temperatura, velocidad, humedad, etc.

Salidas analógicas: No es común que un MCU incluya un Convertidor Digital a Analógico (DAC) pero, generalmente incluyen salidas con Modulación por Ancho de Pulso (PWM), para manejar circuitos analógicos desde salidas digitales.

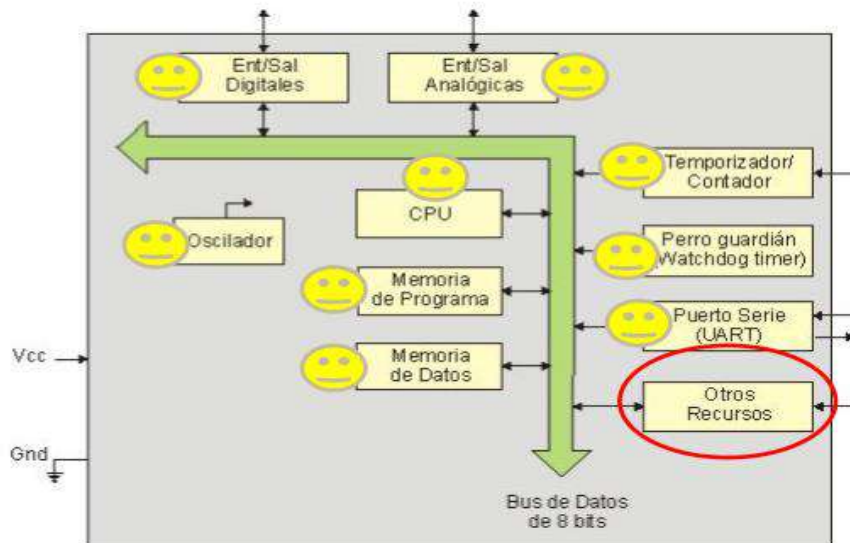


Figura 3. 16:Otros Recursos

- Reloj/Calendario
- Interfaz SPI
- Interfaz I2C
- Interfaz USB
- Interfaz JTAG
- Módulos para Control con Encoders y PWM • Etc [16].

3.8. Aplicación Web

3.8.1 Introducción

Con la aparición de Internet y de la web en concreto, se han abierto infinidad de posibilidades en cuanto al acceso a la información desde casi cualquier sitio. Este sistema de información es conocido como Word Wide Web (WWW).

La web en sus orígenes fue pensada como un medio para desplegar información, ésta se encuentra contenida en servidores, denominados servidores web. La manera de acceder a las páginas web es a través de un navegador o browser, el cual realiza peticiones valiéndose del protocolo HTTP (HyperText Transfer Protocol). La dirección que localiza la información dentro de Internet se denomina URL: es el Localizador Uniforme de Recursos (Uniform Resource Locator).

Las características de la web son las siguientes:

Global: Se puede acceder a él desde cualquier tipo de plataforma, usando cualquier navegador y desde cualquier parte del mundo.

Pública: Toda su información está distribuida en miles de ordenadores que ofrecen su espacio para almacenarla. Esta información es pública y toda puede ser obtenida por el usuario.

Dinámica: La información, aunque esta almacenada, puede ser actualizada por quién la publico sin que el usuario deba actualizar su soporte técnico.

La facilidad de comunicación que proporciona Internet conjuntada con la necesidad de acceso remoto a aplicaciones sin necesidad de instalaciones en la máquina del usuario ha hecho evolucionar este concepto. La comunicación ya no se basa simplemente en la carga de una página estática, sino que ésta puede ser el resultado de la ejecución en el servidor de alguna lógica de programación, es decir, interacción dinámica entre usuario y servidor.

Esto representa un desafío a los desarrolladores de aplicaciones, ya que los avances en tecnología demandan cada vez aplicaciones más rápidas, ligeras y robustas que permitan utilizar la web.

3.8.2. Tecnologías para el desarrollo de aplicaciones web

Para el desarrollo de aplicaciones web se han generado múltiples tecnologías entre las que se encuentran:

CGI. Common Gateway Interface fue la primera técnica utilizada para que el contenido de las páginas web se generará de manera dinámica, es común encontrar en los diferentes servidores web el modulo que soporta la ejecución de CGIs. De manera resumida se puede decir que el CGI es un mecanismo de comunicación entre el servidor web y una aplicación externa, esta aplicación puede estar desarrollada en casi cualquier lenguaje, este solo debe cumplir la condición de ser soportado por el servidor http, es común encontrar que la mayoría de las aplicaciones CGIs se encuentren desarrolladas con el lenguaje PERL.

Este mecanismo tiene deficiencias que evita su uso a gran escala, la más conocida es en cuanto a rendimiento, ya que por cada petición que se realice en

el servidor se crea un nuevo proceso, lo cual tiene un costo muy alto en lo que a recursos del sistema se refiere.

Fast-CGI. Esta es una solución similar al CGI mencionado anteriormente, solo que propone la creación de un solo proceso persistente por cada programa FastCGI en lugar de por cada solicitud del cliente. Es una solución viable pero también tiene inconvenientes de proliferación de procesos en el caso de peticiones concurrentes.

Paginas dinámicas en servidor. Con la aparición de esta tecnología se entra a una nueva forma de trabajo, la cual esta orientada al trabajo del diseñador web, quien no necesariamente conoce de lenguajes de programación. Este nuevo enfoque consiste en insertar pequeños fragmentos de lógica de programación en la estructura HTML de la página, al contrario de lo que se hacia en los CGIs, que era en el lenguaje de programación utilizar sentencias de impresión para generar salidas HTML. En este sentido se conocen diferentes alternativas, entre ellas mencionar PHP, ASP, JSP, entre otros.

Java. Java es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado por la compañía Sun Microsystems. Está construido a partir de lenguajes orientados a objetos anteriores, como C++, pero no pretende ser compatible con ellos sino ir mucho más lejos, añadiendo nuevas características como recolección de basura, programación multihilos y manejo de memoria a cargo del lenguaje.

Java DataBase Connectivity. JDBC es una interfaz que provee comunicación con bases de datos. Consiste en un conjunto de clases e interfaces escritas en Java, que proveen una API (Interfaz de Programación de Aplicación) estándar para desarrolladores de herramientas de base de datos, permitiendo independizar la aplicación de la base de datos que utiliza.

La API JDBC es la interfaz natural a las abstracciones y conceptos básicos de SQL (Lenguaje de Consultas Simple): permite crear conexiones, ejecutar sentencias SQL y manipular los resultados obtenidos.

Servlets. El servlet se puede considerar como una evolución de los CGIs desarrollada por SUN Microsystems como parte de la tecnología Java. Son programas Java que proveen la funcionalidad de generar dinámicamente contenidos web.

A diferencia de los apoles, no poseen restricciones en cuanto a seguridad. Tienen las propiedades de cualquier aplicación Java y pueden acceder a los archivos del servidor para escribir y leer, cargar clases, cambiar propiedades del sistema, etc. Del mismo modo que las aplicaciones de programas Java, los servlets están restringidos por los permisos del sistema. De forma general consiste en la ejecución de aplicaciones Java en el motor de servlets (Servlet engine) el cual hace parte del servidor web, algo que lo hace ventajoso con respecto a los CGIs es que por cada petición de usuario no se crea un proceso sino un hilo, el cual es mucho más económico para el sistema.

Esta tecnología hace parte de la arquitectura propuesta por SUN en su plataforma J2EE (Java 2 Enterprise Edition).

Java Server Pages. JSP provee a los desarrolladores de web de un entorno de desarrollo para crear contenidos dinámicos en el servidor usando plantillas HTML y XML (eXtensible Mark Language) en código Java, encapsulando la lógica que genera el contenido de las páginas.

Cuando se ejecuta una página JSP es traducida a una clase de Java, la cual es compilada para obtener un servlet. Esta fase de traducción y compilación ocurre solamente cuando el archivo JSP es llamado la primera vez, o después de que ocurran cambios.

eXtensible Markup Language La familia XML es un conjunto de especificaciones que conforman el estándar que define las características de un mecanismo independiente de plataformas desarrollado para compartir datos. Se puede considerar a XML como un formato de transferencia de datos multiplataforma.

XML ha sido diseñado de tal manera que sea fácil de implementar. No ha nacido sólo para su aplicación en Internet, sino que se propone como lenguaje de bajo nivel (a nivel de aplicación, no de programación) para intercambio de información estructurada entre diferentes plataformas.

XML hace uso de etiquetas (únicamente para delimitar datos) y atributos, y deja la interpretación de los datos a la aplicación que los utiliza. Por esta razón se van formando lenguajes a partir del XML, y desde este punto de vista XML es un metalenguaje.

El conjunto de reglas o convenciones que impone la especificación XML permite diseñar formatos de texto para los datos estructurados, haciendo que se almacenen de manera no ambigua, independiente de la plataforma y que en el momento de la recuperación se pueda verificar si la estructura es la correcta.

Para comprobar que los documentos estén bien formados se utiliza un DTD (Document Type Definition). Se trata de una definición de los elementos que pueden incluirse en el documento XML, la relación entre ellos, sus atributos, posibles valores, etc. Es una definición de la gramática del documento, es decir, cuando se procesa cualquier información formateada mediante XML, el primer paso es comprobar si está bien formada, y luego, si incluye o referencia a un DTD, comprobar que sigue sus reglas gramaticales.

eXtensible Stylesheet Language. XSL es una especificación desarrollada para aplicar formato a los documentos XML de forma estandarizada. Aunque se ha establecido un modo para que puedan usarse hojas de estilo CSS (Hojas de Estilo en Cascada) dentro de documentos XML, es lógico pensar que para aprovechar las características del nuevo lenguaje hace falta tener un estándar paralelo y similar asociado a él.

La XSL permite añadir lógica de procesamiento a la hoja de estilo. La idea es asociar al documento XML con una hoja de estilo y a partir de esto visualizar el documento XML en cualquier plataforma: PalmPC, PC, Internet Explorer, Netscape, etc. y con el aspecto (colores, fuentes, etc.) que se quiera utilizar.

Applets de Java. Un applet es un componente de software que corre en el contexto de otro programa, por ejemplo, un navegador web. El applet debe correr en un contenedor, que es proporcionado por un programa anfitrión, mediante un plugin o en aplicaciones como teléfonos celulares que soportan el modelo de programación por applets.

A diferencia de un programa, un applet no puede correr de manera independiente, ofrece información gráfica y a veces interactúa con el usuario, típicamente carece de sesión y tiene privilegios de seguridad restringidos. Un applet normalmente lleva a cabo una función muy específica que carece de uso independiente.

3.8.3 Arquitectura web

La idea fundamental es que los navegadores, browsers, presentan documentos escritos en HTML, que han obtenido de un servidor web. Estos documentos HTML habitualmente presentan información de forma estática, sin más posibilidad de interacción con ellos.

El modo de crear los documentos HTML ha variado a lo largo de la corta vida de las tecnologías web pasando desde las primeras páginas escritas en HTML almacenadas en un fichero en el servidor web hasta aquellas que se generan al vuelo como respuesta a una acción del cliente y cuyo contenido varía según las circunstancias.

Así mismo, el modo de generar páginas dinámicas ha evolucionado, desde la utilización del CGI, hasta los servlets pasando por tecnologías tipo JSP. Todas estas tecnologías se encuadran dentro de aquellas conocidas como Server Side, ya que se ejecutan en el servidor web.

Otro aspecto que completa el panorama son las inclusiones del lado del cliente, Client Side, que se refieren a las posibilidades de que las páginas lleven incrustado código que se ejecuta en el cliente, como por ejemplo JavaScript y programas Java (Applets).

El esquema general de la situación se puede ver en la figura 3.1, donde se muestran cada tipo de tecnología involucrada en la generación e interacción de documentos web.

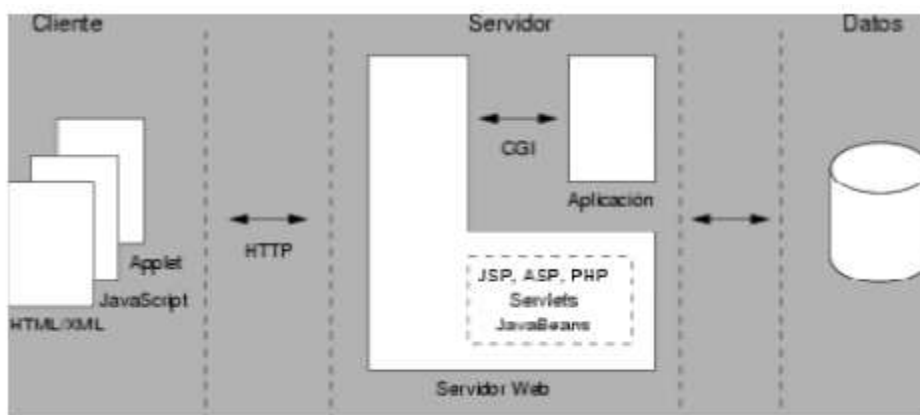


Figura 3. 17 Navegador Web o Browser

El navegador puede considerarse como una interfaz de usuario universal. Dentro de sus funciones están la petición de las páginas web, la representación adecuada de sus contenidos y la gestión de los posibles errores que se puedan producir.

Para poder cumplir con todas estas funciones, los navegadores tienen la posibilidad de ejecución de programas de tipo script, con modelos de objetos que permiten manipular los contenidos de los documentos. Estos lenguajes de programación son VBScript, JScript (ambas de Microsoft) y JavaScript (de Netscape), y proporcionan las soluciones llamadas del lado del cliente, client side y permiten realizar validaciones de datos recogidos en las páginas antes de enviarlos al servidor proporcionando un alto grado de interacción con el usuario dentro del documento.

Otras de las posibilidades de los navegadores es la gestión del llamado HTML dinámico (DHTML). Éste está compuesto de HTML, hojas de estilo en cascada, (Cascade Style Sheets, CSS), modelo de objetos y scripts de programación que permiten formatear y posicionar correctamente los distintos elementos HTML de las páginas web, permitiendo un mayor control sobre la visualización de las páginas.

En esta línea, los navegadores han ido un poco más allá y permiten la visualización de documentos XML después de haber sido transformado adecuadamente a HTML por las hojas de estilo extensibles XSL. De esta manera se puede elegir visualizar ciertos elementos y otros no, dependiendo de las circunstancias.

Además, los navegadores permiten la ejecución de aplicaciones dentro de los documentos mostrados. Las dos posibilidades más populares son la tecnología ActiveX y los applets Java. Los applets Java son pequeños programas que se descargan del servidor web y se ejecutan en la JVM (Java Virtual Machine) del navegador.

3.8.3.2 Servidor web

El servidor web es un programa que corre sobre el servidor que escucha las peticiones HTTP que le llegan y las satisface. Dependiendo del tipo de la petición,

el servidor web buscará una página web o bien ejecutará un programa en el servidor. De cualquier modo, siempre devolverá algún tipo de resultado HTML al cliente o navegador que realizó la petición.

El servidor web es fundamental en el desarrollo de las aplicaciones del lado del servidor, server side applications.

3.8.3.3 Aplicaciones Multinivel

Al hablar del desarrollo de aplicaciones web resulta adecuado presentarlas dentro de las aplicaciones multinivel. Los sistemas típicos cliente/servidor pertenecen a la categoría de las aplicaciones de dos niveles. La aplicación reside en el cliente mientras que la base de datos se encuentra en el servidor. En este tipo de aplicaciones el peso del cálculo recae en el cliente, mientras que el servidor hace la parte menos pesada, y eso que los clientes suelen ser máquinas menos potentes que los servidores. Además, está el problema de la actualización y el mantenimiento de las aplicaciones, ya que las modificaciones a la misma han de ser trasladada a todos los clientes.

Para solucionar estos problemas se ha desarrollado el concepto de arquitecturas de tres niveles: interfaz de presentación, lógica de la aplicación y los datos.

La capa intermedia es el código que el usuario invoca para recuperar los datos deseados. La capa de presentación recibe los datos y los formatea para mostrarlos adecuadamente. Esta división entre la capa de presentación y la de la lógica permite una gran flexibilidad a la hora de construir aplicaciones, ya que se pueden tener múltiples interfaces sin cambiar la lógica de la aplicación.

La tercera capa consiste en los datos que gestiona la aplicación. Estos datos pueden ser cualquier fuente de información como una base de datos o documentos XML.

Convertir un sistema de tres niveles a otro multinivel es fácil ya que consiste en extender la capa intermedia permitiendo que convivan múltiples aplicaciones en lugar de una sola (figura 3.2).

Las arquitecturas de las aplicaciones web suelen presentar un esquema de tres niveles (figura 3.3). El primer nivel consiste en la capa de presentación que incluye no sólo el navegador, sino también el servidor web que es el responsable de dar a los datos un formato adecuado. El segundo nivel está referido

habitualmente a algún tipo de programa o script. Finalmente, el tercer nivel proporciona al segundo los datos necesarios para su ejecución.

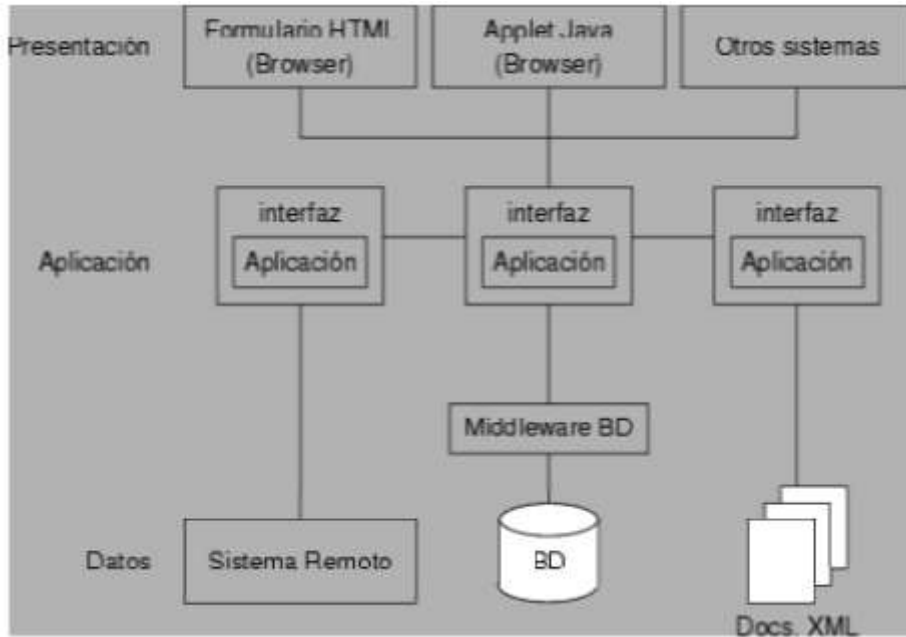


Figura 3. 18:Arquitectura Multinivel

Una aplicación web típica, recogerá datos del usuario (primer nivel), los enviará al servidor, que ejecutará un programa (segundo y tercer nivel) y cuyo resultado será formateado y presentado al usuario en el navegador (primer nivel otra vez).

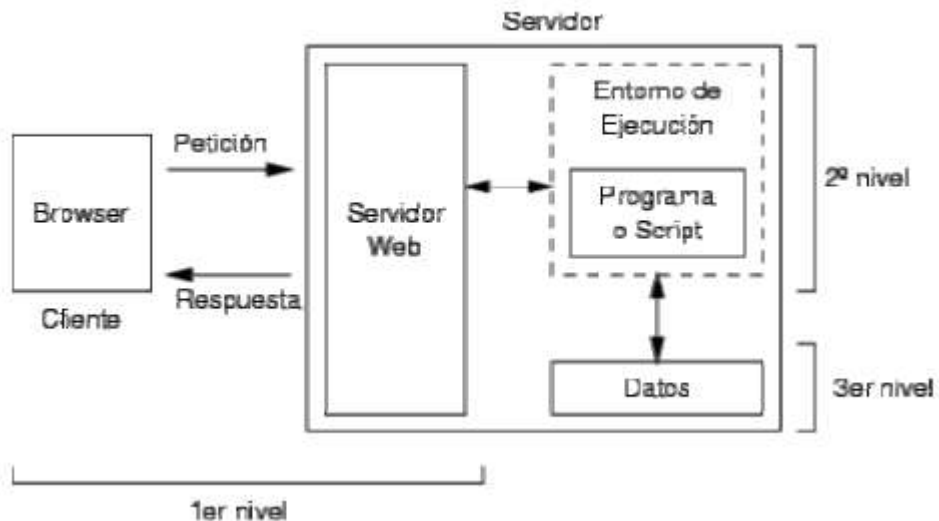


Figura 3. 19:Arquitectura Web de 3 Niveles

El viejo CGI ha cumplido con el propósito de añadir interactividad a las páginas web pero sus deficiencias en el desarrollo de aplicaciones y en la escalabilidad de las mismas ha conducido al desarrollo de APIs específicos de servidor como Active Server Pages, ASP, y PHP, que son más eficientes que su predecesor CGI.

Para aprovechar el potencial de estas tecnologías y ofertar una solución de servidor más extensible y portable, Sun ha desarrollado la tecnología llamada servlet. Los servlets Java son muy eficientes, debido al esquema de threads en el que se basan y al uso de una arquitectura estándar como la JVM.

Otra nueva tecnología viene a sumarse a las que extienden la funcionalidad de los servidores web, llamada JavaServer Pages, JSP. Los JSP permiten juntar HTML, aplicaciones Java, y componentes como las JavaBeans creando una página web especial que el servidor web compila dinámicamente en un servlet la primera vez que es llamada.

3.8.4. Introducción al lenguaje Java

El lenguaje Java fue desarrollado en 1991 por un grupo de ingenieros de Sun Microsystems con el fin de desarrollar software para el control de pequeños dispositivos electrónicos (TV interactiva, microondas, tostadora, etc.), lo que llevo a desarrollar un lenguaje sencillo capaz de generar código de reducido tamaño. Debido a la existencia de multitud de tipos de electrodomésticos y a continuos cambios en los mismos, era necesaria una herramienta que no dependiera del tipo de electrodoméstico utilizado. Se desarrolló por tanto un código "neutro", independiente del tipo de electrodoméstico, el cual se ejecutaba sobre una "máquina virtual" denominada Java Virtual Machine (JVM), la cual interpretaba el código neutro convirtiéndolo en código particular del electrodoméstico.

Este lenguaje no fue acogido por las empresas de electrodomésticos, siendo en 1995 cuando de la mano de Netscape, Java se introdujo como lenguaje de programación para ordenadores. La incorporación de un intérprete Java en la versión 2.0 de Netscape Navigator supuso una gran revolución en Internet.

Java fue diseñado para que la ejecución de código a través de la red fuera segura, para lo cual fue necesario deshacerse de herramientas de los lenguajes anteriores como C tales como los punteros. También se han eliminado aspectos

que demostraron ser mejores en la teoría que en la práctica, tales como sobrecarga de operadores, que todavía está en discusión, y herencia múltiple.

La programación en Java se basa en un gran número de clases preexistentes, algunas comerciales, otras hechas por el propio usuario, pero todas forman parte del propio lenguaje (API Application Programming Interface de Java).

La ejecución de programas desarrollados en Java tiene muchas posibilidades: ejecución como aplicación independiente (Stand-alone Application), ejecución como applet, ejecución como servlet, etc. La ejecución como aplicación independiente es análoga a los programas desarrollados en otros lenguajes (C, C++, etc.). Un applet es una aplicación que se ejecuta dentro de un navegador o browser (Internet explorer o Netscape Navigator) al cargar una página HTML desde un servidor web, por tanto, se descarga del servidor no necesitando instalación. Un servlet es una aplicación sin interfaz gráfica que se ejecuta en un servidor de Internet.

Java presenta las siguientes características:

Java es pequeño: Los programas son rápidos de descargar desde una página web.

Java es seguro: Evita programas que dañen a los computadores.

Java es portable: Permite ser ejecutado en Windows, Macintosh y otras plataformas sin modificación alguna.

Como consecuencia de estas características, de haber sido desarrollado recientemente, y por un único equipo, muchos expertos opinan que Java es el lenguaje ideal para aprender la informática moderna.

Las versiones de Java van desde Java1.0, Java1.1 que introdujo sustanciales mejoras, Java 1.2 bautizada como Java2 y actualmente existen versiones de Java1.4.

3.8.5. Entorno de desarrollo Java

Para desarrollar código Java se requiere algún paquete de programación Java. La compañía Sun Microsystems, creadora de Java distribuye gratuitamente el Java(tm) Development Kit (JDK), o llamado Standard Development Kit (SDK). Se trata de un conjunto de programas y librerías que permiten desarrollar, compilar y ejecutar programas en Java. Es posible descargar la última versión del kit de desarrollo Java visitando el sitio oficial de Sun en: <http://java.sun.com>

Hay diversas plataformas sobre las que correr programas Java:

J2EE (Java2 Enterprise Edition) especialmente pensada para crear aplicaciones web.

J2SE (Java 2 Standard Edition) es el entorno de desarrollo de aplicaciones Java orientado a las aplicaciones solitarias y los applets.

JRE (Java Runtime Environment), versión reducida del JDK, destinada únicamente a ejecutar código Java, no permitiendo compilar.

Java WSDP (Web Services Developer Pack) es un conjunto de herramientas integradas que permite a los desarrolladores de la plataforma Java desarrollar, probar y desplegar aplicaciones XML, aplicaciones web y servicios web, proporcionando implantaciones Java estándar de servicios web estándar como WSDL (Web Services Definition Language), SOAP (Simple Object Access Protocol), ebXML (Electronic Business using eXtensible Markup Language) y UDDI (Universal Description Discovery and Integration).

El JDK/SDK incorpora una herramienta para generar el código para compilar: genera una clase (*.class) a partir de código java (*.java) mediante javac.exe, y detectar errores basada en la utilización de una consola (ventana de comandos de MSDOS) bastante pesada de utilizar. Por tanto, el JDK al ejecutar programas en Java que no ofrece un ambiente de trabajo óptimo para proyectos complejos, es decir para compilar una o dos clases quizás el comando javac ofrecido en los JDK es suficiente, pero si el proyecto está compuesto por 100 o 200 clases, javac sería muy deficiente. La opción más adecuada para proyectos complejos es a través de los denominados entornos integrados.

Otra herramienta incluida en el JDK es Appletviewer que permite ver el comportamiento de applets sin necesidad de la utilización de un navegador.

Los IDE (Integrated Development Environment), son entornos de desarrollo integrados, en un mismo programa es posible escribir el código Java, compilarlo y ejecutarlo sin cambiar de aplicación. Los IDE's ofrecen un ambiente gráfico en los que se tiene acceso a mayor número de herramientas no ofrecidas en los JDK's: Debuggers más elaborados, check-points dentro de la compilación, creación de WAR'S (WebArchives), Wizards para acelerar desarrollo, entre otras cosas.

Algunos IDE'S son:

- NetBeans Open-Source
- Eclipse Open-Source
- Forte de Sun
- JBuilder de Borland
- Visual Cafe de Symantec
- Visual Age de IBM
- JDeveloper de Oracle

Alguno de los cuales precisan tener instalado JRE, como por ejemplo JDeveloper.

Es importante comenzar instalando JDK para comprender el funcionamiento básico del compilador en que se apoyan las herramientas integradas. Una vez abordados programas sencillos con pocas clases, conviene recurrir a una herramienta integrada. JBuilder 9 es una de las herramientas más completas a la hora de generar parte del código Java automáticamente. IntelliJ IDEA es otra de las herramientas más potentes, de interfaz muy sencilla y que no consume demasiados recursos de la computadora.

3.8.6. Variables Class y ClassPath

El desarrollo y ejecución de aplicaciones en Java exige que las herramientas para compilar (javac.exe) y para ejecutar (java.exe) se encuentren accesibles. El ordenador, desde una ventana de comandos MSDOS, solo es capaz de ejecutar programas indicados en la variable PATH. Por tanto, se debe asignar a esta variable el directorio donde se encuentra instalado el JDK:

Para Windows XP: abrir el Sistema dentro del panel de control, para ello seguir la secuencia: Inicio -> Panel de Control -> Sistema, seleccionando a continuación opciones avanzadas y después variables de entorno. Se asigna a la variable PATH el directorio donde se encuentra instalado el JDK, que será algo parecido a esto: PATH: C:\j2sdk1.4\bin.

Java utiliza otra variable de entorno denominada CLASSPATH, que determina donde buscar las clases o librerías Java (el API) además de otras clases de usuario. A partir de la versión 1.1.4 del JDK no es necesario especificar esta variable, salvo que se deseen añadir clases de usuario, o para indicar la ruta de directorios o ficheros *.jar o *.zip (archivos comprimidos con varias clases; en el caso de *.jar mediante la herramienta jar.exe) en los que se encuentren los ficheros *.class.

- La variable CLASSPATH se establece de modo análogo a la PATH.

3.8.7 Applets de Java

Una manera de incluir programas complejos en el ámbito de una página web, es a través de los applets de Java. Estos, se programan en Java beneficiándose de la potencia de este lenguaje para la Red.

Es otra manera de incluir código a ejecutar en los clientes que visualizan una página web. Se trata de pequeños programas hechos en Java, que se transfieren con las páginas web y que el navegador ejecuta en el espacio de la página.

Una pregunta frecuente es diferencia existente de los applets de Java respecto de los lenguajes scripts. Los applets de Java están programados en Java y precompilados, es por ello que la manera de trabajar de éstos varía un poco con respecto a los lenguajes de script como JavaScript. Así mismo, los applets son más difíciles de programar que los scripts y requerirán unos conocimientos medios del lenguaje Java. La principal ventaja de utilizar applets consiste en que son mucho menos dependientes del navegador que los scripts en JavaScript, incluso independientes del sistema operativo del ordenador donde se ejecutan. Además, Java es más potente que JavaScript, por lo que el número de aplicaciones de los applets podrá ser mayor.

Como desventajas en relación con JavaScript cabe señalar que los applets son más lentos de procesar y que tienen espacio muy delimitado en la página donde

se ejecutan, es decir, no se mezclan con todos los componentes de la página ni tienen acceso a ellos. Es por ello que con los applets de Java no se puede hacer directamente cosas como abrir ventanas secundarias, controlar Frames, formularios, capas, etc.

El hecho de que los applets se descarguen en el cliente para ejecutarse, lo que se denomina cliente pesado, hace la aplicación web dependiente de la velocidad de procesamiento del usuario, por lo que no es una de las técnicas más usadas a nivel de empresa. Es la programación con servlets la más utilizada, donde la ejecución de procesos se realiza en el servidor, siendo el cliente (cliente ligero) el que se encarga del interfaz.

La ventaja principal de la programación en applet es precisamente liberar al servidor de la ejecución del programa, la cual se lleva a cabo por parte del cliente. Si la aplicación es utilizada por muchos usuarios al mismo tiempo, se requiere un servidor muy potente para poder atender todas las peticiones, cliente-servidor. Por lo que la programación en applet a pesar de ralentizar al cliente, en ocasiones es una solución [17].

III. RESUMEN EJECUTIVO

CAPITULO 4

4.1. Descripción del trabajo

El presente proyecto final de grado consiste en el Desarrollo de un sistema automatizado controlado vía web del Invernadero de la Empresa Cetapar en la Ciudad de Yguazu Departamento de Alto Paraná

4.1.1. Métodos y Técnicas utilizadas

4.1.1.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación utilizado según el objeto de estudio es la investigación aplicada ya que según Zoila Vargas es una forma de conocer las realidades con una prueba científica y también es mixta ya que utiliza más de un método para obtener resultados. En su mayor parte, esto involucra el desarrollo de investigaciones combinando una metodología cuantitativa ya que utiliza magnitudes numéricas que es mediante las estadísticas con una cualitativa que son mediante observaciones del proceso de estudio, para así obtener resultados más extensos

4.1.1.2 Técnicas e instrumentos de recolección de Datos

La técnica utilizada en la recolección de datos es la de observación y las encuestas. La técnica de observación fue de modalidad no estructurada y tuvo como instrumento el registro descriptivo, con mediciones en tiempo real. Mientras que la encuesta fue de carácter oral o entrevistas, con la guía de encuesta como instrumento principal para el registro de datos.

4.1.1.3 Métodos y Análisis de Datos

En el análisis de los datos fueron aplicados tanto el análisis cualitativo como el análisis cuantitativo dado que los datos que fueron obtenidos mediante las técnicas e instrumentos de recolección de datos contienen ambas modalidades debido a la naturaleza del estudio.

4.1.1.4. Fases metodológicas

Se desarrolló las siguientes fases metodológicas para encarar el logro de los objetivos perseguidos con este proyecto de fin de grado:

Fase I: Relevamiento de datos

En esta fase se procedió a la recolección de datos en el establecimiento del Invernadero de la Empresa Cetapar a fin de conocer todas las variables dentro del invernadero actual por medio de entrevistas a los encargados y observación directa de los procesos de cultivos. Se realizó las consultas pertinentes a la dirección técnica del establecimiento.

Para un mejor aprovechamiento de los recursos financieros se agrupo todos los componentes que puedan ser reutilizados en el proyecto

Fase II: Identificación de los parámetros agro técnicos a ser medido en el sistema hidropónico del invernadero

En este punto se realizó las mediciones correspondientes de los parámetros a ser medidos y controlados, ya sea humedad del Ambiente, Temperatura del Ambiente, el pH, Ec, Temperatura del agua y los agentes perjudiciales para el cultivo etc. De estos parámetros identificados y medidos se verifico cuál de ellos son los que generan la ineficiencia de la productividad del invernadero

Fase III: Definición de los dispositivos y componentes necesarios para el sistema de control

En esta etapa se estudió y definió todo lo que será utilizado en el sistema de control ya sea los actuadores y sensores de acuerdo a la magnitud requerida del parámetro a ser considerado de tal modo a corregir el error que causa la ineficiencia del funcionamiento del invernadero

Fase IV: Identificación del sistema más factible para el control del invernadero

Se analizó los diferentes sistemas de control que existen ya sea PLC, Arduino, Raspberry, etc. y se comparó de acuerdo a la necesidad y así como a la factibilidad que tengan en el plazo de tal modo que no se deteriore la calidad de funcionamiento con el paso del tiempo.

Fase V: Diseño de una aplicación en la web de gestión de datos que permita el almacenamiento y control de las magnitudes.

Se escogió un sistema para la adquisición de datos en tiempo real, luego se diseñó y construyó el enlace hombre máquina para lectura y almacenamiento de datos en base de datos, con la aplicación web que se diseñó. Esté sistema

de adquisición de datos es almacenado en un servidor de la Facultad de Ciencias y Tecnología y funciona mediante modulo Ethernet. Posteriormente se creó la aplicación de control lo cual muestra los parámetros reales a ser controlados mediante un sistema de lazo cerrado que permite corregir automáticamente las magnitudes que se desea controlar dentro del invernadero, pudiendo también hacerse de manera manual si el usuario lo desea.

Fase VI: Elaboración de la Evaluación de la factibilidad económica del sistema de control

En esta fase se realizó el estudio económico del sistema de control elegido del Invernadero. Su relación entre precio, eficiencia, durabilidad y su disposición en el mercado

De todo esto se seleccionó aquel sistema que sea económicamente más factible

4.2 Justificación

Con este proyecto se pretende mejorar el control actual en cualquier invernadero patrón, utilizando un sistema de monitoreo, permitiendo de esa manera observar en tiempo real con un interfaz de comunicación todas las partes que componen el lugar y los parámetros a ser medidos, sus estados y controlar sus diferentes mediciones por web almacenando toda esa información

Los diferentes parámetros y condiciones ambientales a la cual debe ser compatible este sistema de control, son: temperatura del ambiente, humedad del Ambiente, PH, EC Y Temperatura del Agua, etc. Al medir estos parámetros se puede prevenir condiciones que de alguna manera afecten a la productividad en las hortalizas, por citar algunas: cambio de temperatura del ambiente, aplicación de nutrientes en gran medida lo cual afecta a las plantas, humedad en el ambiente por la culpa de una mala ventilación del Invernadero, la temperatura alta del agua del sistema hidropónico etc.

Con este sistema también lo que se pretende obtener es un ahorro económico en el mantenimiento diario de las hortalizas, en el menor tiempo

posible. Y proponer mecanismos que permitan mejorar la productividad agrícola.

4.3 Finalidad del proyecto

Este proyecto tiene como finalidad dotar al Invernadero de la Empresa Cetapar de un sistema automatizado y control del funcionamiento del mismo, con lo cual se logre una optimización del proceso Hidropónico del Invernadero.

4.4 Metas

La meta del presente proyecto de fin de grado es diseñar al menos un sistema automatizado controlado vía web del Invernadero de la Empresa Cetapar en la ciudad de Yguazu Dpto. de Alto Paraná.

4.5 Objetivos.

4.5.1 Objetivos generales

Desarrollo de un sistema Hidropónico automatizado controlado vía web del Invernadero de la Empresa Cetapar en la Ciudad de Yguazu.Dpto. de Alto Paraná

4.5.2 Objetivos específicos

- Identificar los parámetros a ser medido en el invernadero
- Determinar las condiciones ambientales ideales en las diferentes plantas hortícolas
- Definir los dispositivos y componentes necesarios para el sistema de control
- Identificar el sistema más factible para el control del invernadero
- Elaborar la evaluación de la factibilidad económica del sistema de control

4.6. Beneficiarios

Este proyecto beneficiara directamente a los productores agrícolas ya que podrán controlar el cultivo Hidropónico de un invernadero sin ningún inconveniente y lo cual les generara mayor comodidad y renta. Cabe destacar también que otro beneficiario indirecto sería el consumidor debido a la calidad del producto que se le ofrecerá.

4.7 Producto

Con la realización del proyecto se han obtenido los siguientes productos:

- Sistema hidropónico Automatizado controlado vía Web mediante Controllino y un módulo Ethernet Utilizando Servidores.
- Utilización de Controllino y el Arduino Mega como controlador de procesos industriales. Se presenta como producto porque no es muy conocido en el área industrial, aunque sea muy conocido en el área estudiantil de ingeniería electrónica.
- Utilización del Entorno de desarrollo Eclipse y Lenguaje Python y como así librerías y herramientas para la realización de la web.

4.8 Localización física y cobertura espacial

La ubicación del Centro Tecnológico Agropecuario del Paraguay en Yguazu Dpto. de Alto Paraná se encuentra sobre la ruta Dr. José Rodríguez de Francia Km 45 de la Ruta 7. La figura siguiente muestra un mapa con la ubicación geográfica.

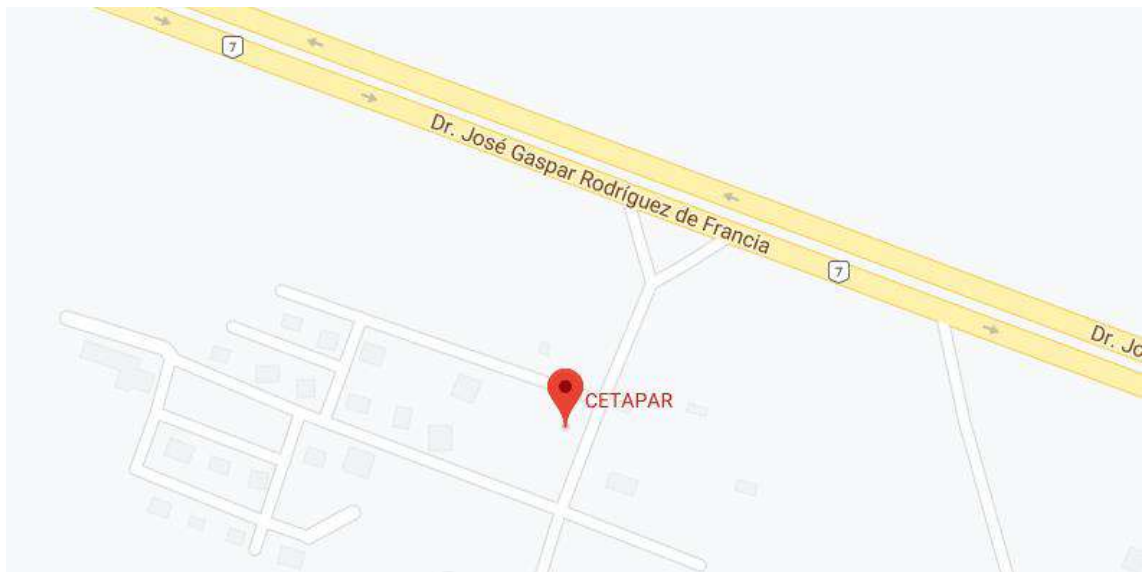


Figura 4. 1:Localización de Cetapar

Fig. 5.1. Localización de CETAPAR

4.9. Especificaciones de actividades y tareas realizadas

- Visita técnica a Cetapar - Yguazu Dpto. de Alto Parana
- Verificación y clasificación de equipos existentes en Cetapar - Yguazu

- Análisis de condiciones actuales
- Realización de un listado de las variables requeridas de medición y control
- Diseño de la Instalación eléctrica del Invernadero
- Diseño de la plataforma web y programación del controlador
- Montajes de los equipos electrónicos e informáticos
- Prueba y simulación del sistema

4.10 Recursos necesarios

4.10.1. Recursos humanos

La realización de este Proyecto Final de Grado fue realizada por un alumno del último año de la carrera de Ingeniería en Electrónica con la ayuda del Tutor del Proyecto, Ingeniero Mecatrónica, Técnico en electrónica de la Facultad y el Ing. Eléctrico de la Empresa.

4.10.2. Recursos materiales

- Bolígrafos
- Impresora
- Vehículo
- Computadora con acceso a Internet
- Aparatos de Medidas
- Fotocopias
- Pendrive
- Software Eclipse (Python)
- Microcontrolador y otros dispositivos programables
- Sensores: de temperatura del agua, PH, EC, Temperatura y Humedad del Ambiente
- Ventilador y Extractor

4.11. Factibilidad técnica

Las soluciones planteadas en el capítulo 5, demuestran la factibilidad técnica del proyecto. Si bien, cada alternativa mencionada, necesita de cierto lapso de tiempo para su implementación, eventualmente esto implica que algunas de estas aplicaciones tiendan a ser más atractivas que otras, debido a su tecnología, la clase de precisión, confiabilidad, rapidez de respuesta o por su bajo costo.

Todas estas alternativas y condiciones poseen un denominador común con un solo principio de funcionamiento: leer magnitudes (entradas), procesar datos (análisis) y dar una respuesta o solución final (salida). Y esto es posible mediante el uso de microcontroladores, circuitos integrados, sensores, dispositivos programables y/o dispositivos de accionamiento electromecánicos.

Por tanto, resulta técnicamente factible implementar un sistema de control automatizado con Arduino Mega y Controllino Mini. Esto permite que una tarea tan compleja de controlar magnitudes hidropónicas y condiciones indeseables o severas, se vuelva tan sencillo, consiguiendo un aumento significativo en la producción. En este caso, el sistema funcionara de modo manual y/o automáticamente controlado por Arduino Mega y Controllino Mini, en una plataforma web propia y segura en el internet, obteniéndose una tecnología considerada de bajo precio con software y hardware libre.

4.12 Factibilidad económica

A continuación, se elaborará el flujo de caja para realizar la evaluación económica del proyecto de fin de grado, para lo cual se construirá los componentes de beneficios y costos del proyecto.

4.12.1 Beneficios

En la siguiente tabla 4.1 se muestra los valores de beneficios proyectados para un horizonte de 5 años. El cálculo detallado del mismo se encuentra en el apéndice C1.

Horizonte del Proyecto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 0 3	Año 4	Año 5
Ventas de las Plantas	₡ 19.425.000	₡ 38.850.000	₡ 38.850.000	₡ 38.850.000	₡ 38.850.000	₡ 38.850.000
Total de Ingresos	₡ 19.425.000	₡ 38.850.000	₡ 38.850.000	₡ 38.850.000	₡ 38.850.000	₡ 38.850.000

Tabla 4. 1. Beneficios Proyectados en un horizonte de 5 años

4.12.2 Costos

La tabla de la fig. muestra los componentes que se utilizó con sus respectivos precios. Los precios fueron adquiridos mediante pedidos de páginas web especializadas en la venta de equipos electrónicos y eléctricos industriales, algunas de ellas son nacionales y otras extranjeras

Costo de Materiales				
Item	Cantidad	Nombre	Precio Unitario	Precio Total
1	2	Sensor de temperatura DHT22	₺ 35.750	₺ 71.500
2	1	Sensor de PH Y EC	₺ 900.000	₺ 900.000
3	2	Sensor de temperatura del agua Ds18b20	₺ 28.875	₺ 57.750
4	1	Controllino Mini	₺ 900.000	₺ 900.000
5	2	Arduino Mega 2560	₺ 72.875	₺ 145.750
6	3	Fuente de Alimentacion	₺ 30.937	₺ 92.811
7	3	Shield Ws100	₺ 59.125	₺ 177.375
8	2	Bomba Peristaltica	₺ 60.000	₺ 120.000
9	1	Caja de Conexion de 20x40	₺ 80.000	₺ 80.000
10	5	Tira Bornera	₺ 6.000	₺ 30.000
11	5	Conector Jack 3.5 Macho	₺ 8.000	₺ 40.000
12	5	Conector Jack 3.5 Hembra	₺ 8.000	₺ 40.000
13	5	Conector RJ45	₺ 2.500	₺ 12.500
14	2	Riel DIN 35mm	₺ 10.000	₺ 20.000
15	10	Borne para riel Din 4mm	₺ 1.000	₺ 10.000
16	1	Interruptor TM 1X10A	₺ 20.000	₺ 20.000
17	20	Metros de Cable telefonico	₺ 2.000	₺ 40.000
	Total			₺ 2.757.686

Tabla 4. 2:Costo de Materiales Electrónico y Eléctrico

Costo Invernadero				
Item	Cantidad	Nombre	Precio Unitario	Precio Total
1	1	Invernadero	₺ 7.000.000	₺ 7.000.000
2	1	Sistema Hidroponico	₺ 7.000.000	₺ 7.000.000
3	1	Acondicionamiento de los Motores	₺ 800.000	₺ 800.000
4	1	Sistema Electrico	₺ 4.000.000	₺ 4.000.000
5	1	Nutrientes	₺ 400.000	₺ 400.000
Total				₺ 19.200.000

Tabla 4. 3:Costo Invernadero

4.12.3 Evaluación económica

4.12.3.1. Determinación del flujo de caja proyectada

De acuerdo a los ingresos y egresos del proyecto, expuestos en el Apéndice C.1 en donde se puede observar en forma detallada el cálculo flujo de caja, cuyo comportamiento en los próximos 5 años se puede se visualiza en la Tabla 4.3:

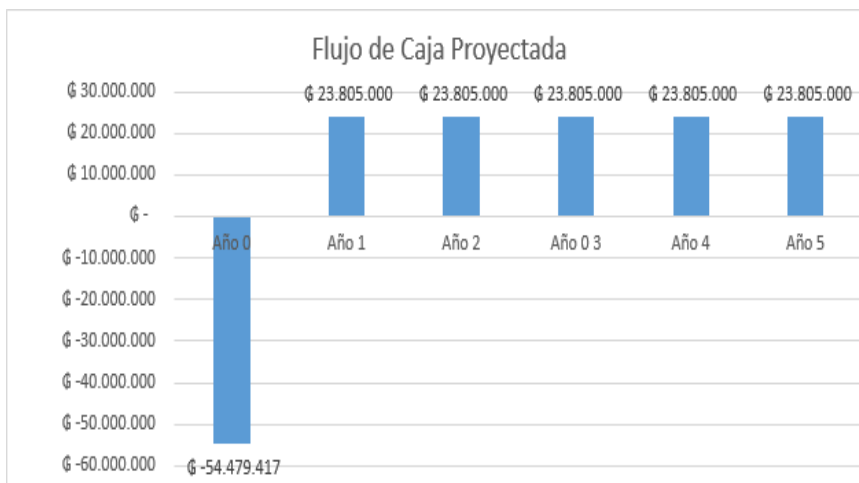


Tabla 4. 4:Flujo de Caja Proyectada

Esta tabla indica que solo en el primer año se tiene un saldo negativo, esto en el horizonte de tiempo, tiende a variar hasta el punto de volverse positiva, indicando que se ha recuperado la inversión inicial y generado ganancia.

4.12.3.2 Determinación de la tasa interna de rendimiento (TIR)

En base a lo obtenido en el flujo de caja proyectada se calcula la tasa interna de rendimiento, se obtuvo un TIR igual al 33%.

Al ser la tasa de descuento considerada igual al 10% y la TIR del 33%, significa que el proyecto es rentable

El cálculo detallado del TIR se encuentra en el Apéndice C.2.

4.12.3.3 Determinación del valor presente neto (VPN)

Teniendo en cuenta también los valores del flujo de caja proyectada se calcula el valor presente neto, lo cual representa todos los gastos y ahorros que se transforman en dinero equivalente en el presente, con una tasa de descuento del 10% para un tiempo de 5 años se obtuvo, VPN de Gs. 35.760.262. El cálculo detallado del VPN se encuentra en el Apéndice C.3.

4.12.3.4 Determinación del periodo de recuperación de la inversión (PRI)

También desde el flujo de caja proyectada se calcula el periodo de recuperación de los invertido, el cual presenta el tiempo en que se recupera la inversión realizada en el año 0, el cual es necesario para que el flujo de caja acumulado del proyecto cubra el monto total de la inversión realizada, presentando el

periodo a partir del cual el proyecto es rentable. El Payback obtenido es de 2 año, 3 meses, 11 días. El cálculo detallado del PRI se encuentra en el Apéndice C.4

IV INGENIERÍA DE DISEÑO

CAPÍTULO 5

5.1. Análisis de los parámetros agro-técnicos a ser controlados

Como todo lo referente a las plantas se debe seguir indicaciones técnicas a cerca de los procesos que se debe tener en el cultivo para una maduración de las hortalizas sin problema, sin enfermedades y con el menor tiempo del proceso realizado.

Mayormente el problema se encuentra en la mala manipulación de estos ya sea de los nutrientes o problemas por una falta de temperatura estable del ambiente etc. Teniendo estos parámetros controlados se tiene un control más exacto de cómo avanza el cultivo sin enfermedades y con el menor tiempo de maduración de las hortalizas.

El invernadero está compuesto por un sistema hidropónico, lo cual posee magnitudes específicas que se deben controlar para que las hortalizas puedan tener un proceso de crecimiento adecuado, estos parámetros son los siguientes:

Magnitudes del sistema hidropónico: Electro conductividad del agua, PH del agua, Temperatura del agua

Electro conductividad del agua: Es la concentración de sales disueltas en el agua permitiendo evaluar la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica. Esto es fundamental ya que las raíces utilizan estas cargas para tomar los elementos, cuyo valor se expresa en mS/cm (milisimens sobre centímetro) conociendo de forma aproximada la cantidad de sales disueltas en g/l (gramo por litro) (fundamentalmente cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio elemento esenciales en solución nutritiva) lo cual es importante en la hidroponía para el diseño de la solución nutritiva que sea soluble para facilitar la asimilación de los fertilizantes

El PH: se refiere a la concentración de iones de Hidrogeno (H+) los cuales determinan el grado de acidez y basicidad de una solución. El índice de la escala de pH es muy importante en procesos químicos, biológicos, industriales y en

general en la vida cotidiana, por ejemplo la diferencia entre la lluvia normal y la lluvia ácida sólo se expresa a través de la escala del pH.

La función del pH en la hidroponía está directamente relacionada con la solución nutritiva, es decir tener disponibles los elementos facilitando su absorción evitando el estrés o desgaste al cultivo, debemos recordar que es un ser vivo lo que significa que se alimenta este proceso lo hace desde la raíz en donde toma los elementos necesarios y/o disponibles, para llevarlos hasta las hojas en donde son digeridos y asimilados por la planta este proceso se afecta cuando, el pH no es el idóneo con esto nos referimos si es alto (básico) o bajo (ácido) lo que implica un desgaste para la planta tratando de tomar los nutrientes bajando su calidad como rendimiento.

Temperatura del Agua: Uno de los factores más importantes y que rara vez es tenido en cuenta por las personas en el cultivo hidropónico es la temperatura de la solución nutritiva. Dado que la solución nutritiva proporciona todos los nutrientes necesarios a las plantas, es de vital importancia que la solución este en las condiciones adecuadas para que estos nutrientes puedan ser absorbidos. La importancia de la temperatura de la solución nutritiva es muchas veces desestimada como una variable poco importante, aunque cambios en la temperatura del medio de cultivo y la solución pueden ocasionar graves deficiencias nutritivas. Por ejemplo, las plantas son incapaces de captar fósforo cuando la temperatura de las soluciones nutritivas está por debajo de los 10°C y les cuesta mucho trabajo por debajo de los 15°C.

Magnitudes del ambiente del Invernadero: Temperatura y Humedad dentro del invernadero.

La Temperatura idónea sería de unos 20 a 25 °C.

Si estas magnitudes no se controlan el crecimiento se ve afectada ya sea por el exceso de calor durante época de verano, o por la aplicación inadecuada de los nutrientes en el tanque de agua.

5.2. Identificación del sistema más factible para el control del invernadero

En la actualidad se posee una extensa gama de alternativas para cualquier tipo de automatización. La tecnología va avanzando lo cual trae consigo la evolución

de los dispositivos electrónicos tales como controladores lógicos programables y dispositivos lógicos programables han sido notable.

En este capítulo se hará un comparativo técnico de todas las alternativas de automatización teniendo en cuenta diferentes criterios tales como disponibilidad, seguridad, precio etc.

De acuerdo con los mencionados criterios se evaluará, analizará y se trabajará por cada alternativa disponible.

Se analizarán las diferentes alternativas teniendo en cuenta sus especificaciones técnicas, compatibilidad entre componentes y siguiendo un modelo o representación esquemática del sistema. Figura 6.1

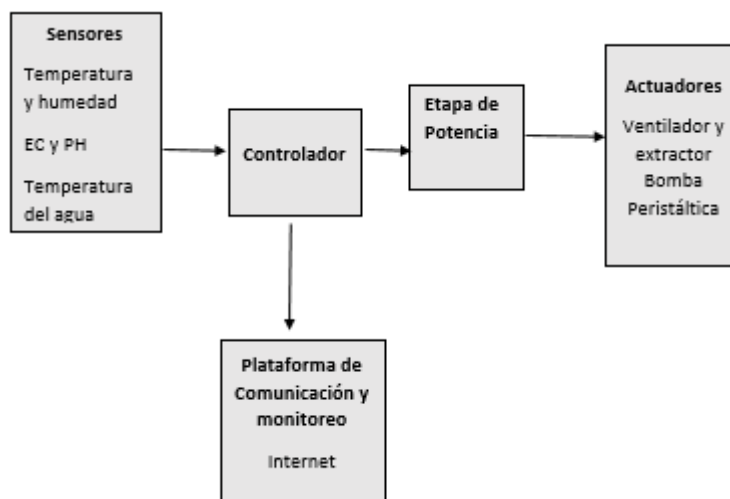


Figura 5. 1:Esquema de Sistema de Control

Al final de este capítulo se realizará una comparación técnica entre las alternativas y se elegirá una de ellas para continuar con el objetivo de este proyecto.

5.2.1 Análisis de criterios para la selección de alternativas

El equipo electrónico que se utilizará deberá permitir la introducción de fórmulas matemáticas, poseer entradas analógicas y digitales, poseer la cantidad de salidas suficiente para controlar todos los actuadores del sistema. Confiabilidad, durabilidad, soporte y seguridad dentro de un costo aceptable.

Deberá contar con interfaces de comunicación tales como serial y Ethernet.

Velocidad de respuesta aceptable y memoria suficiente para permitir su programación adecuada

5.2.2. Clasificación de alternativas más accesible

5.2.2.1. Arduino:

Es una plataforma de desarrollo de computación física (physical computing) de código abierto, basada en una placa con un sencillo microcontrolador y un entorno de desarrollo para crear software (programas) para la placa.

Se puede usar Arduino para crear objetos interactivos, leyendo datos de una gran variedad de interruptores y sensores y controlar multitud de tipos de luces, motores y otros actuadores físicos. Los proyectos con Arduino pueden ser autónomos o comunicarse con un programa (software) que se ejecute en tu ordenador mediante en forma serial o mediante módulos de internet. La placa puede montarla uno mismo o comprarla ya lista para usar, y el software de desarrollo es abierto

El Arduino está basado en un microcontrolador que posee sus puertos de Entrada/Salida y permite su comunicación con otros dispositivos mediante comunicación serial o alguna tecnología inalámbrica dependiendo del modelo del Arduino.

Existen diversos modelos que van desde el Arduino UNO hasta el Arduino YUN o más avanzado.



Figura 5. 2: Modelos de Arduino

Cada uno de ellos con características muy diferenciadas tales como la cantidad de puertos de Entrada/Salida y la tecnología de comunicación.

En la siguiente figura se puede observar un ejemplo de Arduino como controlador de un proceso mediante la visualización en una plataforma web en cualquier dispositivo electrónico que tenga acceso a internet



Figura 5. 3:Controlador Arduino visualizado por una plataforma

En este proyecto se utilizará una plataforma web en donde se podrá monitorear, visualizar y controlar el proceso.

La placa Arduino al igual que otros dispositivos lógicos programables PLDs posee como componente principal, comúnmente llamado “cerebro”, un circuito integrado denominado microcontrolador. Un microcontrolador es una pequeña computadora encapsulada en un solo chip y con características más limitadas que una computadora convencional.

A continuación, se muestra en la Figura una placa Arduino modelo Mega. Con las especificaciones de sus pines.

Arduino Mega ADK

- **Microcontrolador:** ATmega2560
- **Voltaje de funcionamiento:** 5 V
- **Pines I/O digitales:** 54 (de los cuales 15 proveen salida PWM)
- **Pines de entradas análogas:** 16
- **Corriente DC por cada pin I/O:** 40 mA
- **Corriente DC en el pin de 3.3 V:** 50 mA
- **Memoria Flash:** 256 KB de los cuales 8 KB son utilizados por el bootloader
- **SRAM:** 8 KB
- **EEPROM:** 4 KB
- **Velocidad de reloj:** 16 MHz



Figura 5. 5:Característica de un Arduino Mega

El Arduino en sus diferentes modelos puede ser programado mediante un Entorno de Programación llamado Arduino IDE

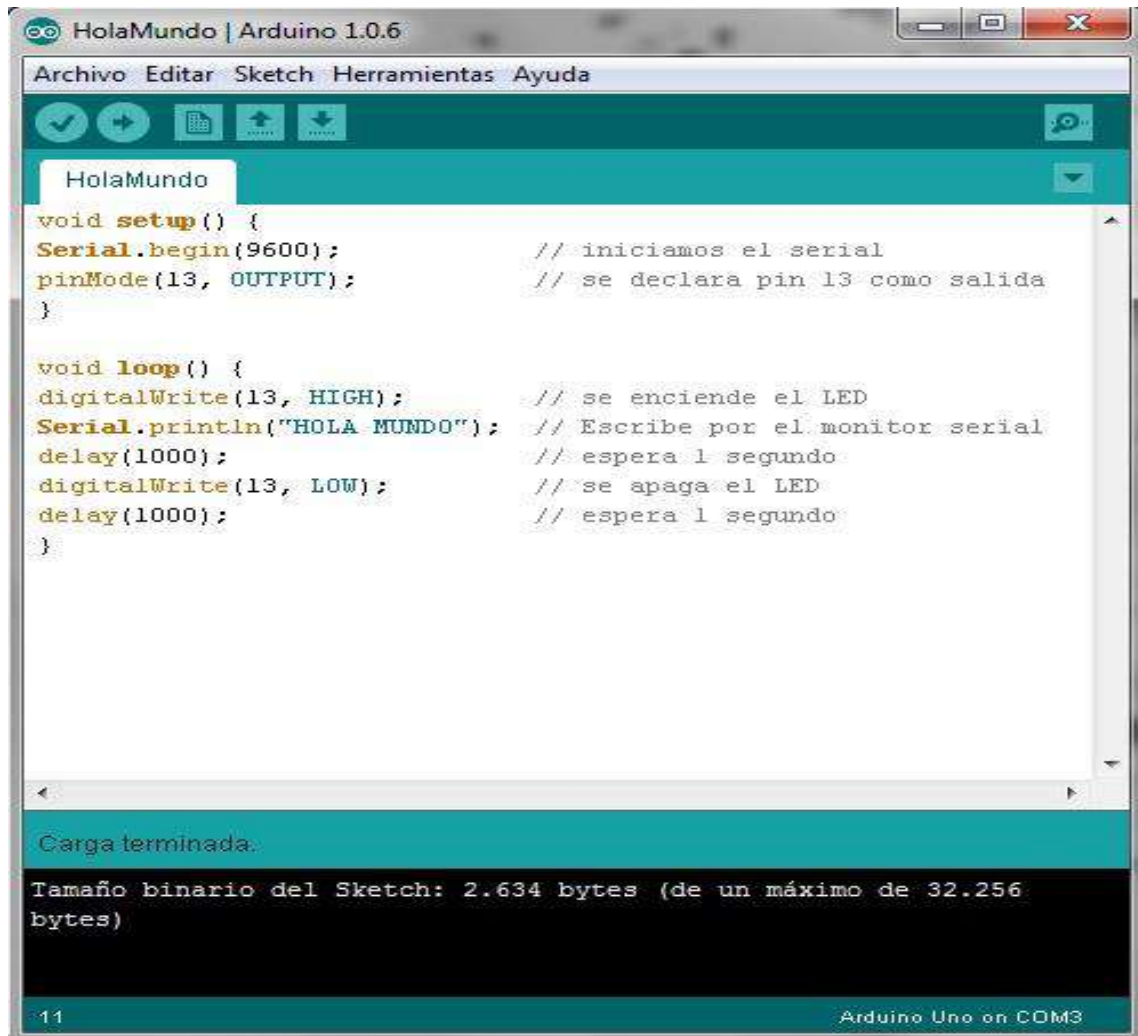


Figura 5. 6:Entorno de Programación de Arduino(ide)

En esta alternativa se requerirá de una forma de comunicación del Arduino mediante una Plataforma web. El Arduino Uno R3 y todos los modelos de Arduino cuentan con puertos de comunicación serial y en caso de que se quiera utilizar otro modo de comunicación, posee módulos llamados Shields que pueden ser: Ethernet Shield, Bluetooth, Wifi, etc.

La elección del sistema de comunicación es el módulo ethernet W5100 diseñado para aplicaciones embebidas. Podemos emplear este controlador con un procesador como Arduino para implementar comunicación por internet.

En la fig se puede apreciar

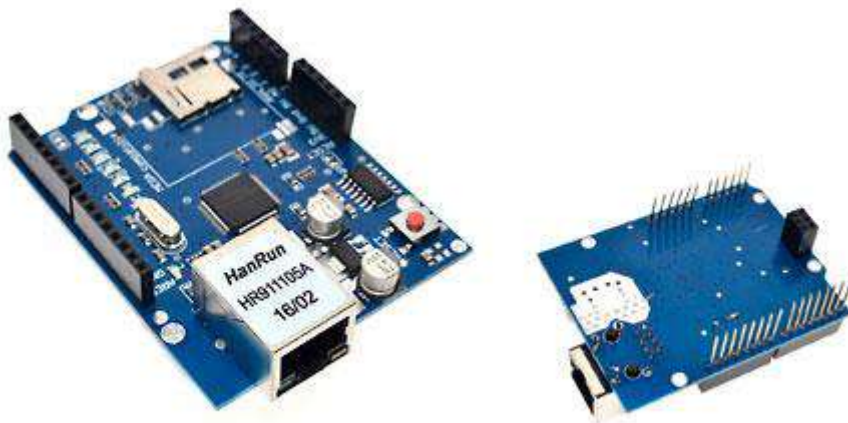


Figura 5. 7:Modulo Ethernet

Los drivers de potencia serán necesarios y servirán de interfaz entre el Arduino y los actuadores debido a que el Arduino no provee la potencia suficiente para arrancar los motores directamente o de alimentar sus respectivos contactores.

Los sensores serán conectados en las entradas del arduino, el Atmega328 de la placa ya posee en su interior un convertidor analógico a digital ADC (Analog – Digital Converter) para transformar las señales leídas de los sensores y el microcontrolador pueda procesarlas. Existe la posibilidad de que deban adaptarse los niveles de voltaje de algunos sensores con algún circuito para no quemar la entrada del Arduino.

La página web para la computadora debe diseñarse y programarse conjuntamente con la programación del Arduino y del tipo de protocolo de comunicación que será adoptado

Esta página web puede realizarse en diferentes entornos y lenguajes de programación tales como Lenguaje JavaScript, PHP, Python, Ruby, eclipse.

5.2.2.2. Controllino Mini

La tecnología como avanza exponencialmente, se creó un dispositivo electrónico con entorno de programación Arduino (ide), pero con las características de un PLC, basado en el Arduino Uno, específicamente denominado Controllino Mini que es ideal para la necesidad del proyecto por lo cual lo utilizaremos.



Figura 5. 8:Controllino Mini

Las especificaciones técnicas de la placa mostrada anteriormente se muestran a continuación.

Microcontrolador:	ATmega328
Clock speed:	16 MHz
RTC	
RS232	1 Interfaz
SPI	1 Interfaz
I2C	1 interfaz
Voltaje de alimentación	12 o 24V
Máx. Corriente de entrada	8^a
6 relés, Salida:	230V/6^a
Análogas/Digitales	8 entradas
8 salidas digitales:	2A @ 12V o 24V

Tabla 5. 1 :Especificaciones Técnicas del Controllino Mini

Este dispositivo ya posee propiedades similares que un PLC por lo cual directamente podrá accionar los contactores que a su vez controlaran los extractores y ventiladores.

Se le puede adherir el módulo de comunicación Ethernet como en el Arduino, esto solo se sueldan con los pines del Controllino.

5.2.2.3. Raspberry pi con Arduino

El Raspberry Pi básicamente se trata de una computadora integrada en una pequeña placa del tamaño de una tarjeta de crédito. El Raspberry Pi así como el Arduino posee diferentes modelos. Desde los más comunes como el Raspberry Pi 1 hasta los más avanzados como el Raspberry Pi 3 B y los modelos industriales. En este proyecto se tomará como alternativa la Raspberry Pi 3 B debido a que es el modelo más nuevo, con mayor cantidad de recursos y a la vez el más estable. En la siguiente figura se puede observar una placa Raspberry Pi 3B.

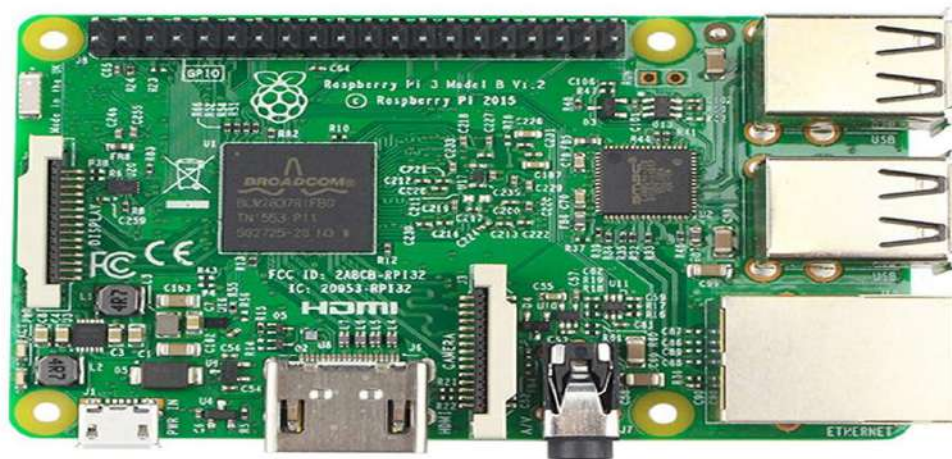


Figura 5. 9:Raspberry

Representado en un entorno de trabajo, el Raspberry Pi desempeñaría las funciones de una computadora de escritorio. Por lo tanto, necesitaría de otros componentes para cumplir con dicha función, entre los componentes necesarios se pueden mencionar fuente de alimentación, display o monitor, teclado, mouse. Para las exigencias del proyecto además de los componentes mencionados se integrarán sensores, actuadores, drivers de potencia, ADC (Conversor

AnalogicoDigital) y pulsadores. El Raspberry Pi no posee conversores ADC, sus entradas y salidas de propósito general están adheridas directamente al microprocesador con lo que son más susceptibles a daños permanentes; dicho esto es necesario contar con conversores externos, tiene adherida a la placa un puerto ethernet lo cual posibilita la comunicación a través de una plataforma web lo cual es el fin de este proyecto. Un dispositivo que cumple estas funciones a bajo costo es el Arduino. Una representación gráfica de un Raspberry Pi utilizado para la automatización, conjuntamente con un Arduino cumpliendo las funciones de una automatización que es monitoreado a través de un entorno web se observa en la figura siguiente.

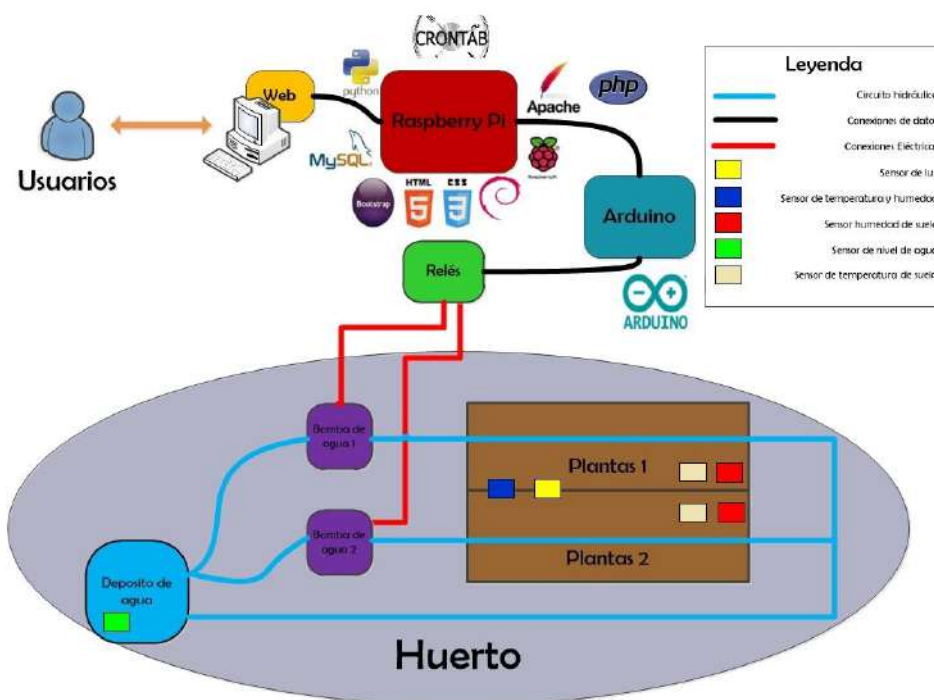


Figura 5. 10:Controlador Arduino con Raspberry PI Visualizado por Web

5.2.2.4. PLC

Un controlador lógico programable, más conocido como PLC se trata de un dispositivo basado en un microprocesador que puede realizar una tarea determinada, activando o desactivando sus salidas de acuerdo con su

programación y al estado de sus entradas. La CPU del PLC lee las entradas, las procesa y proporciona una salida

Existen muchas marcas en el mercado de los PLCs, algunos de los más conocidos son: Siemens, ABB, Omron, Moeller y Telemecanique de Schneider Electric. Debido a cuestiones de disponibilidad en el mercado y por la gama extensa de aplicaciones que ofrece, se optará como una alternativa por el PLC Siemens S71200. Ver Figura 6.1



Figura 5. 11:Controlador PLC S7-1200 CPU 1214C

El PLC S7-1200 ofrece la posibilidad de ser implementada en una gran variedad de aplicaciones de control industrial, incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes. Incorpora un puerto PROFINET para la comunicación en una red PROFINET. Los módulos de comunicación están disponibles para la comunicación en redes RS485 o RS232.



Figura 5. 12:Controlador PLC S7 Visualizado por Web

Figura 6.13: PLC S7 – 1200 como controlador del proceso monitoreado a través una plataforma web

Para acceder a un S7-1200 desde un dispositivo móvil, debe conectar el PLC a una red que se conecte a Internet o a un punto de acceso inalámbrico local. Utilice una red privada virtual (VPN = Virtual Private Network) para conectar un dispositivo móvil al servidor web del PLC S7-1200. Puede usar la redirección del puerto del router inalámbrico para mapear la dirección IP del PLC con una dirección que permita a un dispositivo móvil acceder a él desde Internet.

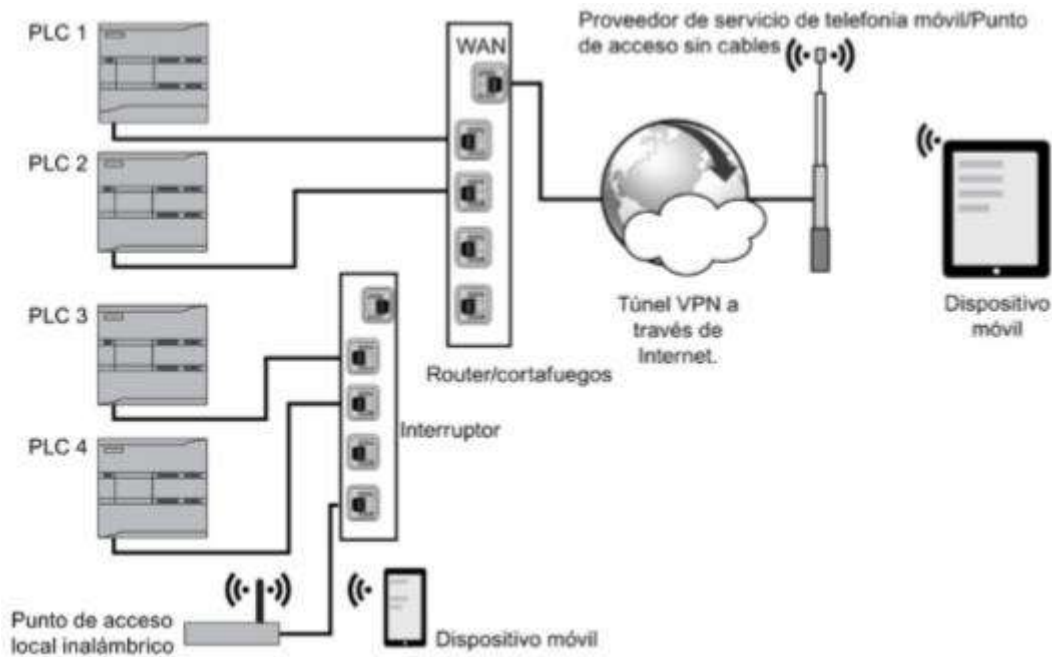


Figura 5. 13:Controlador PLC S7 Visualizado por Web con un Router

Páginas web estándar

Representación de las páginas web estándar



Figura 5. 14:Página Web Estándar

El PLC posee entradas preparadas para admitir señales analógicas y no necesitará de convertidores ADC para la lectura de los sensores, sus salidas

también poseen la potencia suficiente para accionar contactores directamente con la tensión de la red eléctrica.

5.2.3. Análisis y comparación técnica de alternativas

A partir de la clasificación de alternativas disponibles se realizará una comparación técnica analizando las ventajas y desventajas de cada una de ellas, además de considerar los criterios ya mencionados para cumplir con los objetivos propuestos en el proyecto. Como resultado de este análisis se optará por una alternativa la cual se desarrollará en el capítulo siguiente

5.2.3.1 Arduino

Precio muy económico y de fácil implementación. Se necesita solamente del código de programación del Arduino desde el IDE que puede ser instalado en cualquier computadora porque tanto el Hardware como el Software es de código abierto (Open Source) lo que significa que cualquiera puede tener acceso a su uso.

Ventajas resaltantes de la utilización del Arduino como controlador de procesos:

- Precio accesible.
- Programación de fácil entendimiento.
- Estudiantes de todo el mundo lo conocen.
- Soporte online los 365 días del año. Gracias a los foros en internet.
- Tutoriales de programación en muchas páginas webs.
- Tutoriales de programación en YouTube.
- Fácil implementación.

Desventajas de la utilización del Arduino:

- Requiere de circuitos extras para protección contra sobretensiones, variaciones de tensión.
- Requiere de una buena fuente de alimentación libre de ruidos por poseer componentes sensibles.
- Circuitos extras para adaptaciones de protocolos de comunicación industriales.

5.2.3.2 Controllino Mini

Está basado en el Arduino lo cual es de fácil implementación. Su lenguaje de programación es accesible a todos, ya que es un software

Es un sistema nuevo en el mercado.

Ventajas del uso del Controllino

- Precio accesible
- Lenguaje de programación Arduino (ide)
- Confiabilidad ya que presenta una robustez de uso industrial como el PLC

Desventajas del uso del Controllino

- Es un sistema Nuevo que está empezando en el mercado industrial.

Ventajas de uso del uso de del módulo ethernet en el Arduino:

- Precio accesible.
- La programación de la interfaz puede ser realizada en el lenguaje que se desee y en cualquier sistema operativo.
- Fácil de conseguir en el mercado.

5.2.3.3. Raspberry pi con Arduino

Precio razonable, pero programación complicada y posibles complicaciones en reinicios o cortes de energía. El Raspberry pi 3 B a pesar de ser el modelo de Raspberry más estable tiene fallos y aun no es tan fluido como una computadora de escritorio normal. Puede ser utilizado en sistemas de control

Ventajas del uso de Raspberry Pi:

- Precio promedio.
- Implementación relativamente fácil.
- Sistema operativo basado en Linux. (configurable según necesidades del usuario)
- Tamaño reducido.
- Posee incorporado el puerto ethernet de comunicación

Desventajas:

- Sistema operativo basado en Linux.
- Al tratarse de una programación muy específica (requiere manejo avanzado de sistemas informáticos).
- Requiere de circuitos extras para protección contra sobretensiones, variaciones de tensión.
- Requiere de una buena fuente de alimentación libre de ruidos por poseer componentes sensibles.

- Circuitos extras para adaptaciones de protocolos de comunicación industriales

5.2.3.4 PLC

El PLC ofrece la posibilidad de su aplicación en procesos complejos siempre y cuando el modelo elegido permita su ampliación mediante módulos. Un PLC de marca confiable tiene un precio bastante elevado en comparación con otros dispositivos que también pueden cumplir la misma función, pero con una confiabilidad razonable. A continuación, se presentan las ventajas y desventajas del uso del PLC de acuerdo con la situación geográfica y la realidad técnico-económica del Paraguay.

Ventajas del uso del PLC:

- Confiabilidad tratándose de un producto que lleva mucho tiempo en el mercado y con años de experiencia en cuestiones de automatización y control. - Seguridad por las mismas razones mencionadas en el punto anterior.
- Caja o carcasa de fábrica con protecciones con las diferentes certificaciones IP. - Terminaciones, conectores y puertos con elementos mecánicos de uso industrial resistentes.

Desventajas del uso del PLC:

- Precio elevado. - Programación compleja. No todos los técnicos entienden su programación y el soporte de fábrica normalmente tarda en responder.
- Software de programación muy pesado. Más de 16 Gb. Es una desventaja con las limitaciones de internet en el país. Además, el software requiere de licencia.

Selección de alternativas a ser aplicadas

Teniendo en cuenta las desventajas más negativas se procederá a la eliminación de las alternativas con las desventajas con mayor influencia en la viabilidad del proyecto. Estas desventajas se obtuvieron tomando en cuenta la condición tecnológica del país, su ubicación geográfica, la ubicación geográfica de los dispositivos necesarios, entre otros criterios que se creyeron convenientes. La Tabla 6.1 presenta un resumen de aquellas desventajas de cada una de las alternativas.

Alternativa	Desventajas
Arduino	Requiere de circuitos extras para protección contra sobretensiones, variaciones de tensión. Requiere de una buena fuente de alimentación libre de ruidos por poseer componentes sensibles. Circuitos extras para adaptaciones de protocolos de comunicación industriales. Programación específica. Requiere de conocimientos de lenguajes de programación
Controllino	La desventaja principal de este aparato es que es un sistema nuevo lo cual no es extenso su aplicación.
Raspberry pi con Arduino	Sistema operativo basado en Linux. Al tratarse de una programación muy específica (requiere manejo avanzado de sistemas informáticos). Requiere de circuitos extras para protección contra sobretensiones, variaciones de tensión. Requiere de una buena fuente de alimentación libre de ruidos por poseer componentes sensibles. Circuitos extras para adaptaciones de protocolos de comunicación industriales.

PLC	<p>Precio excesivo. 100 veces el precio del Arduino UNO. Programación compleja. Se programa con el mismo software que el PLC elegido. Circuito complejo. Basado en microprocesadores, chips de memoria y microcontroladores. Mínima posibilidad de reparación en caso de fallas del hardware</p>
------------	--

Tabla 5. 2: Comparación de los dispositivos de Control

Según el análisis y la comparación se llegó a la conclusión de que todas las alternativas requieren de conocimientos de programación. Y según la tabla anterior del resumen de las desventajas, la alternativa que posee las desventajas menos importantes es el Controllino y el Arduino MEGA. Es decir, sin demasiadas complicaciones se puede crear un sistema de monitoreo y control con el Controllino Y el Arduino MEGA. El Controllino Y el Arduino Mega ya viene incluido con las debidas protecciones tanto a nivel de Hardware como de software puede llegar a ser inclusive mejor que un PLC de fábrica porque primeramente en el Paraguay no se puede acceder fácilmente a estos dispositivos, el costo de mantenimiento de los mismos es costoso por ser dispositivos de uso industrial. El Raspberry a su vez es muy susceptible a daños a causa de poseer sus pines GPIO (Entradas y Salidas de propósito general del Ingles) directamente adheridas a los pines del procesador, sin ninguna protección. La alternativa PLC son muy costosas.

5.3. Diseño de una aplicación en la web de gestión de datos que permita el almacenamiento y control de las magnitudes.

5.3.1. Diseño de la arquitectura de comunicación

La red estará basada en la estructura Cliente-Servidor. Esta arquitectura consiste básicamente en un cliente que realiza peticiones a otro programa el servidor que le da respuesta en este.

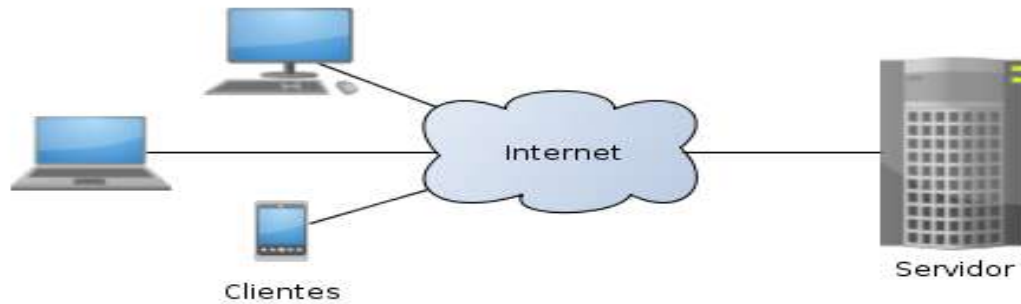


Figura 5. 15: Conexión de los dispositivos con el Servidor

5.3.2. Protocolo de comunicación

El protocolo que se utilizó para la comunicación es el MQTT (Message Queue Telemetry Transport). Este protocolo está orientado a la comunicación de sensores, debido a que consume muy poco ancho de banda y puede ser utilizado en la mayoría de los dispositivos empujados con pocos recursos (CPU, RAM). La arquitectura de MQTT sigue una **topología de estrella**, con un nodo central que hace de servidor o "broker" con una capacidad de hasta 10000 clientes. El broker utilizado es el denominado mosquito lo cual es el encargado de gestionar la red y de transmitir los mensajes, para mantener activo el canal, los clientes mandan periódicamente un paquete (**PINGREQ**) y esperan la respuesta del broker (**PINGRESP**).

5.3.2.1. Característica del MQTT

El protocolo tiene varias características distintivas:

- Es un protocolo de publicación/suscripción.
- Además de proporcionar distribución de uno a muchos, la publicación/suscripción desacopla las aplicaciones. Ambas funciones resultan útiles en aplicaciones que tengan muchos clientes.
- No depende en modo alguno del contenido del mensaje.
- Se ejecuta sobre TCP/IP, que proporciona conectividad de red básica.
- Tiene tres calidades de servicio para la entrega de mensajes
- Dispone de una función Última voluntad y testamento que notifica a los suscriptores si se produce una desconexión de un cliente de un servidor MQTT

5.3.3. El Entorno de desarrollo y lenguajes de Programación que se utilizó para la creación de página web

Eclipse es una plataforma de desarrollo, diseñada para ser extendida de forma indefinida a través de plug-ins. Fue concebida desde sus orígenes para convertirse en una plataforma de integración de herramientas de desarrollo. No tiene en mente un lenguaje específico, sino que es un IDE genérico, proporciona herramientas para la gestión de espacios de trabajo, escribir, desplegar, ejecutar y depurar aplicaciones

Los lenguajes utilizados fueron

- Python (backend)
- framework django(backend)
- JavaScript y jquery
- CSS Y Bootstrap(backend)
- Lenguaje de marcado de etiquetas de hipertexto es HTML

5.4 Diseño de los circuitos electrónicos

5.4.1 Elaboración de cálculos matemáticos y modelado del sistema

El sistema requiere de un modelado para definir las fórmulas necesarias a ser programadas en el dispositivo controlador. En función del modelo matemático obtenido será programado el controlador. A continuación, se presenta el diagrama de bloques del sistema:

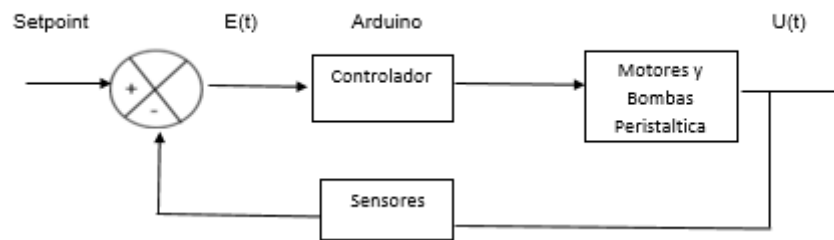


Figura 5. 16:Diagrama de bloque del Sistema de Control

El diagrama anterior muestra una representación del sistema de control de lazo cerrado. Un modo de control en lazo cerrado es el control PID (Proporcional Integral Derivativo). Este método de control será el utilizado en el proyecto para el control de los dispositivos actuadores. En un controlador PID la salida del controlador es determinada por la siguiente ecuación:

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \cdot \frac{de(t)}{dt}$$
$$u(t) = K_p \cdot e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

En donde:

U(s)= es la salida del sistema

Kp= es la ganancia proporcional

E(t)= offset o error

Ki= la constante de tiempo integral

Kd= la constante de tiempo derivativa

Ti= el tiempo integral o índice de reajuste

Td= tiempo derivativo o razón de cambio

El Arduino realizará la función de controlador y comparador de las señales de entrada con el punto de ajuste. El programa de control a ser utilizado será escrito en lenguaje C y cargado al Arduino

5.5. Diseño del sistema hidropónico

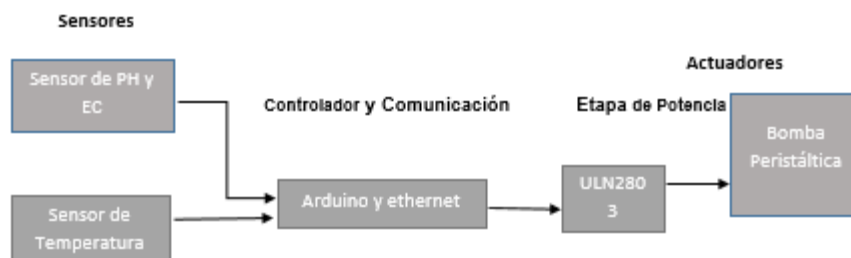


Figura 5. 17:Diagrama de bloque de conexión del Sistema Hidropónico

5.5.1. Controlador y Comunicación

Para este tipo de sistema se optó por el Arduino mega por la mayor capacidad de memoria del controlador como así también cantidad de entrada y salida de sus pines.

El sistema de comunicación como ya se habló anteriormente es de Ethernet shield.



Figura 5. 18:Diagrama Incorporado con el Modulo Ethernet

5.5.2. Sensores

Sensor de Ec y PH: Se eligió este tipo de sensor por el gran rendimiento que posee, sin la necesidad de cables, placas y soldaduras ya que viene incorporado un módulo con sus debidas protecciones

Tiene 3 unidades de cable para su conexión, diseñado para trabajar con Arduino 3.3 – 5 V Fuente de alimentación. Su rango de error de PH es de 1% y la de EC es de 2%.



Figura 5. 19:Diagrama de Sensor de PH y EC

Sensor de Temperatura del agua: El DS18B20 ofrece 9 a 12 bits lecturas de temperatura más una interfaz 1-Wire, por lo que sólo un hilo debe conectarse desde un microprocesador central.

Tiene 3 cables de conexión que dos de ellos son de alimentación y uno de señal del arduino para lea el valor del sensor, tiene 7mm de diámetro y 23 mm de largo.

Características:

- Voltaje de entrada 3.0-5.5V
- Impermeable
- Rango de temperatura de -55 ° C hasta + 125 ° C
- Precisión de $\pm 0,5$ ° C a -10 ° C
- 1 interfaz de alambre

5.5.3. Etapa de Potencia

El ULN2003 es un circuito integrado muy versátil, compuesto internamente por 7 drivers idénticos e independientes entre sí, que permiten comandar con un microcontrolador relés, pequeños motores DC, motores paso a paso, luces de baja tensión o tiras de leds.

Para el proyecto se decidió utilizar un módulo que incorpora este circuito integrado, además posee leds indicadores, este módulo es adaptable en sus entradas y salidas para el Arduino

En nuestro caso es comandar las 2 bombas peristáltica que sirve para proporcionar nutrientes al agua que se les suministra a las plantas.

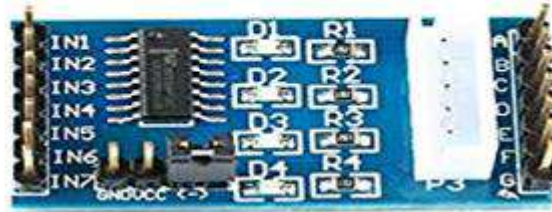


Figura 5. 20:Diagrama de ULN2003

5.5.4. Actuadores

El actuador del sistema hidropónico es una bomba de líquido peristáltica con tubo de silicona, cuya función es la de mover en forma segura los 2 tipos de nutrientes que se le aplica al tanque por cierta cantidad de litros de agua

La bomba es básicamente un motor DC con engranajes, por lo que tiene mucho torque. Dentro de la bomba es un patrón de "trébol" de rodillos. Como el motor gira, el trébol presiona el tubo para presionar el fluido entonces. La bomba no necesita ser cebada, de hecho, se ceba ella misma con agua a medio metro con facilidad.

El PWM se encarga de regular el flujo de líquido de nutrientes que pasa por la manguerita, de acuerdo al valor del Sensor, este regula la cantidad de nutrientes que se le aplica a un tanque de reservorio de agua. Para regular la dirección del sentido del líquido, solo hace falta cambiar las polaridades del motor.



Figura 5. 21:Bomba Peristáltica

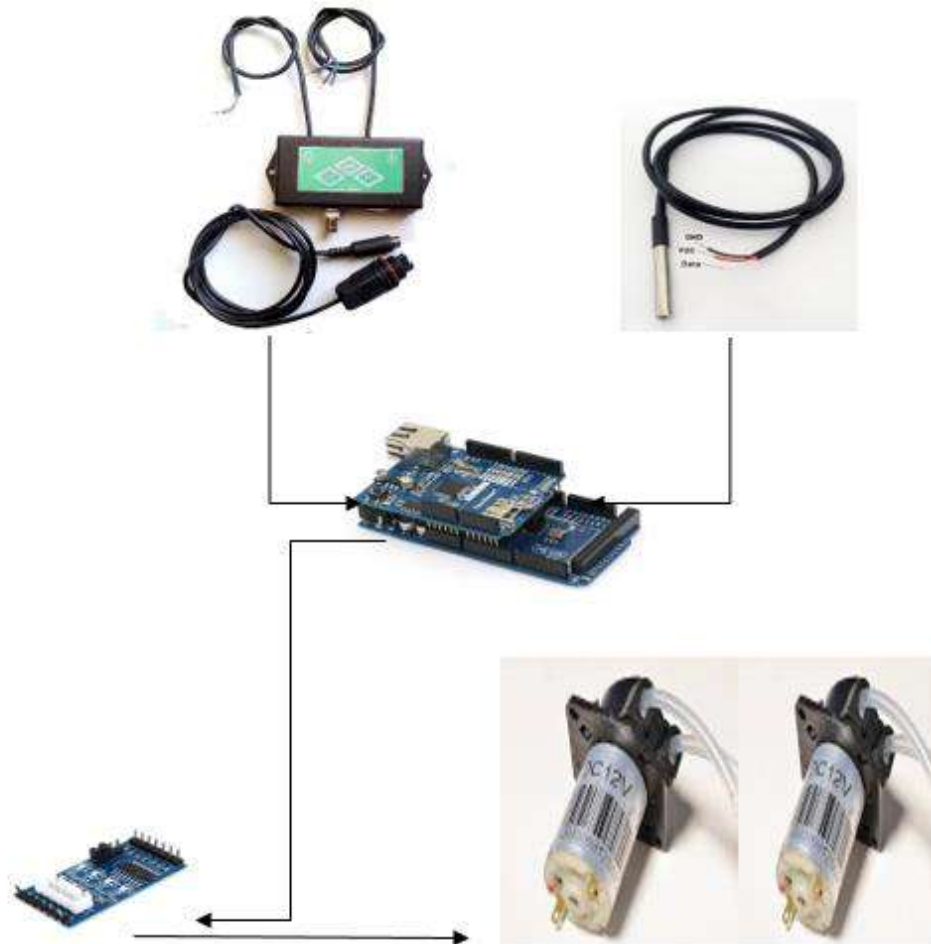


Figura 5. 22:Diseño Armado del Sistema Hidropónico

5.6. Diseño del Sistema de Ventilación del Invernadero

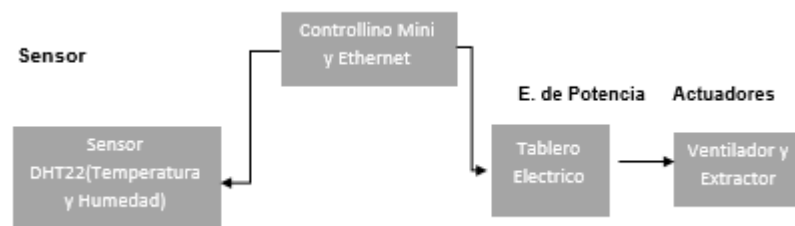


Figura 5. 23:Diagrama de Bloque del Sistema de Ventilación

5.6.1. Controlador Y comunicación

Se utilizó el controlador Controllino Mini por su gran versatilidad y su fácil programación, cuyos fines son ideal para accionar cargas de gran potencia. El mismo está basado en el Arduino Uno. La gran diferencia del Arduino Uno convencional y el Controllino Mini es su estructura, ya que este ya viene incluida con sus protecciones adecuadas para accionar actuadores de gran potencia ,lo cual con el convencional no se podría hacer sin ninguna etapa de potencia.

El Ethernet Shield se conecta igual al Arduino Mega.

5.6.2. Sensores

El DHT22 es un sensor de Temperatura y Humedad del ambiente fácil de implementar con cualquier microcontrolador. Utiliza un sensor capacitivo de humedad y un termistor para el aire circundante. El rango de medición de temperatura es de -40°C a 80 °C con precisión de ± 0.5 °C y rango de humedad de 0 a 100% RH con precisión de 2% RH.



Figura 5. 24:Sensor de Temperatura y Humedad del Ambiente (DHT22)

5.6.3. Etapa de Potencia

El Controllino viene incluido relé de potencia lo cual conmuta y activa un contacto auxiliar de un tablero principal, lo cual dependiendo del rango de temperatura del sensor DHT22 en el Invernadero, este se activa hasta llegar a un nivel óptimo que son ideales para las plantas.

5.6.4. Actuadores

Los actuadores son 3 motores, lo cual 2 sirven de extractor que están ubicados en los extremos, cuya función es de sacar el aire del invernadero y el otro es de ventilación ubicado estratégicamente en el medio para la ventilación.

La Capacidad de los motores son de 2hp

5.6.5. Esquema de Fuerza y Mando

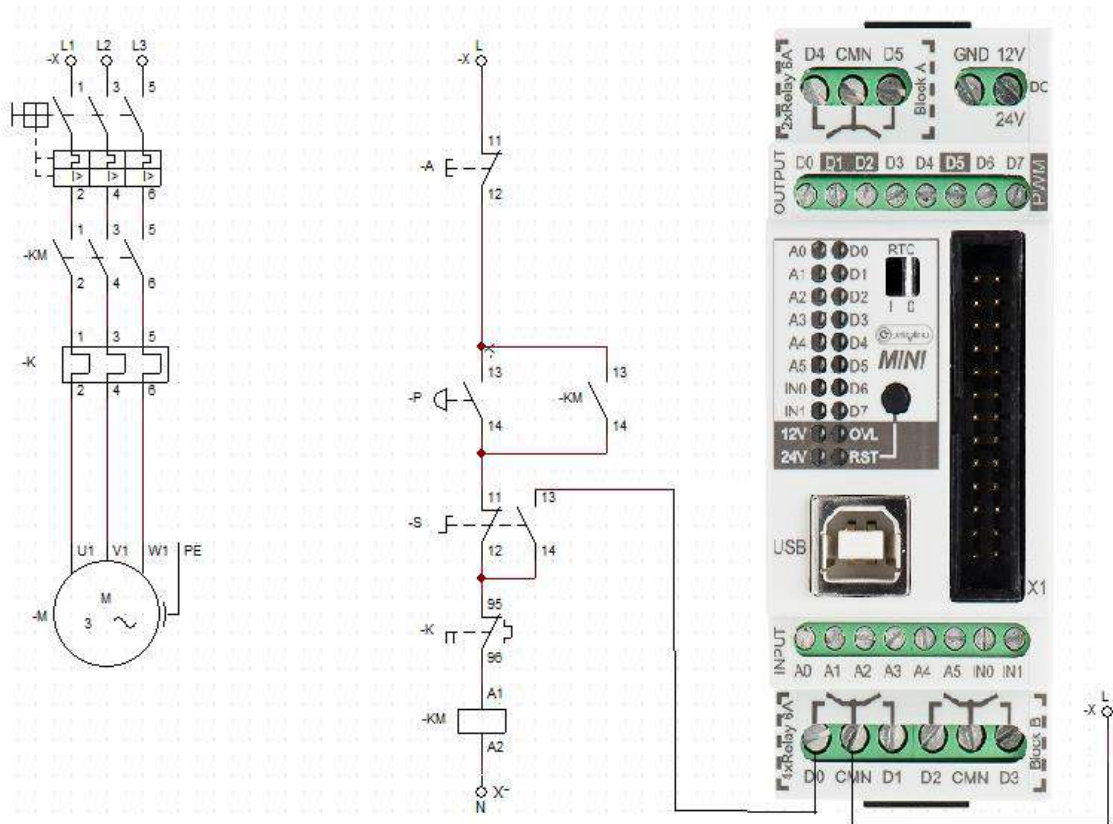


Figura 5. 25:Diagrama de Fuerza y Mando

En la figura se puede apreciar el esquema de fuerza de lado izquierdo con el de mando a la derecha incluido con el Controllino Mini.

Se representa en el esquema el control de uno de los ventiladores. Para el control de los otros dos motores se utiliza el mismo esquema tanto como circuito de mando como de Fuerza con la variación del pin de salida del controlador

La parte de mando posee una llave selectora lo cual consiste en seleccionar el tipo de mecanismo que se quiera utilizar, ya sea automático o Manual.

En el modo automático el Controllino se encarga de accionar automáticamente, de acuerdo al valor del Sensor DHT22 (Temperatura y humedad), este acciona a los motores de ventilación y extracción hasta que llegue el valor deseado de los parámetros.

En el modo Manual, Su accionamiento está ubicado en la parte del tablero eléctrico. Posee pulsadores de Marcha (color rojo) y Parada (color verde) lo cual presionando los pulsadores se enciende y se apaga los motores.

Este contiene sus debidas protecciones contra sobrecarga y corto circuito.

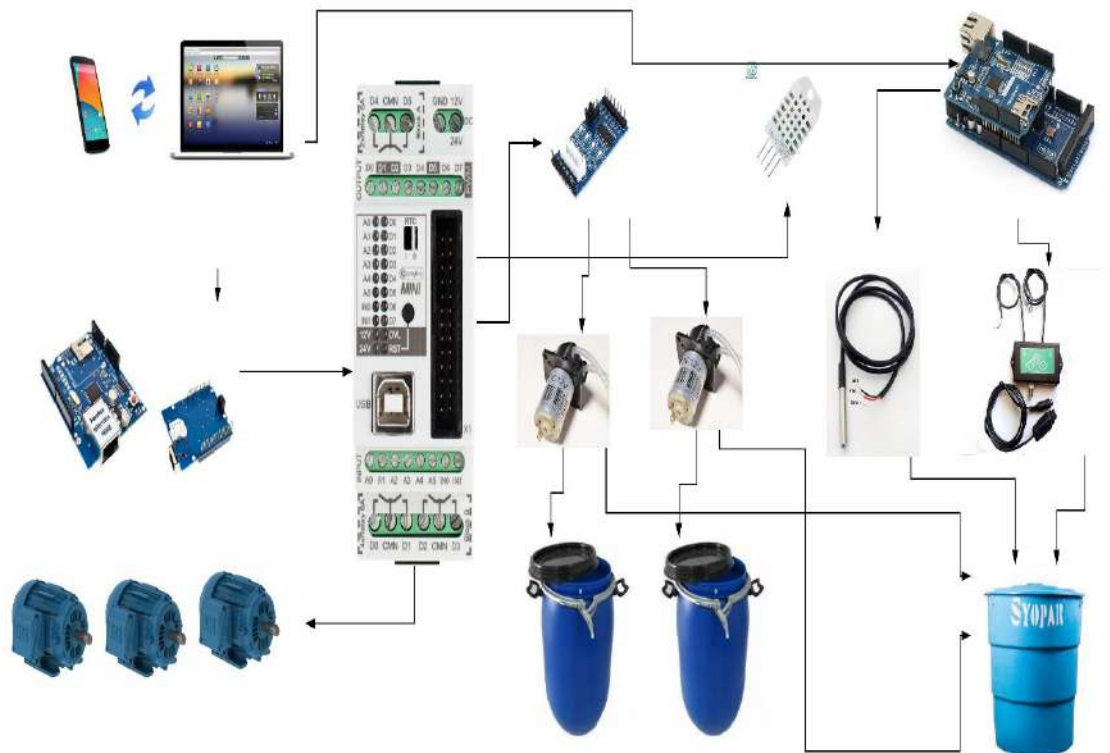


Figura 5. 26 Diseño completo del sistema hidropónico con los extractores y ventiladores

En este diseño de la fig. 5.26. se puede apreciar el sistema completo ya sea el sistema hidropónico con sus diferentes sensores y actuadores, como también el sistema de ventilación con el sensor de temperatura y humedad(Dht22) y los extractores y ventiladores.

5.6 Interfaz Gráfica del Controlador

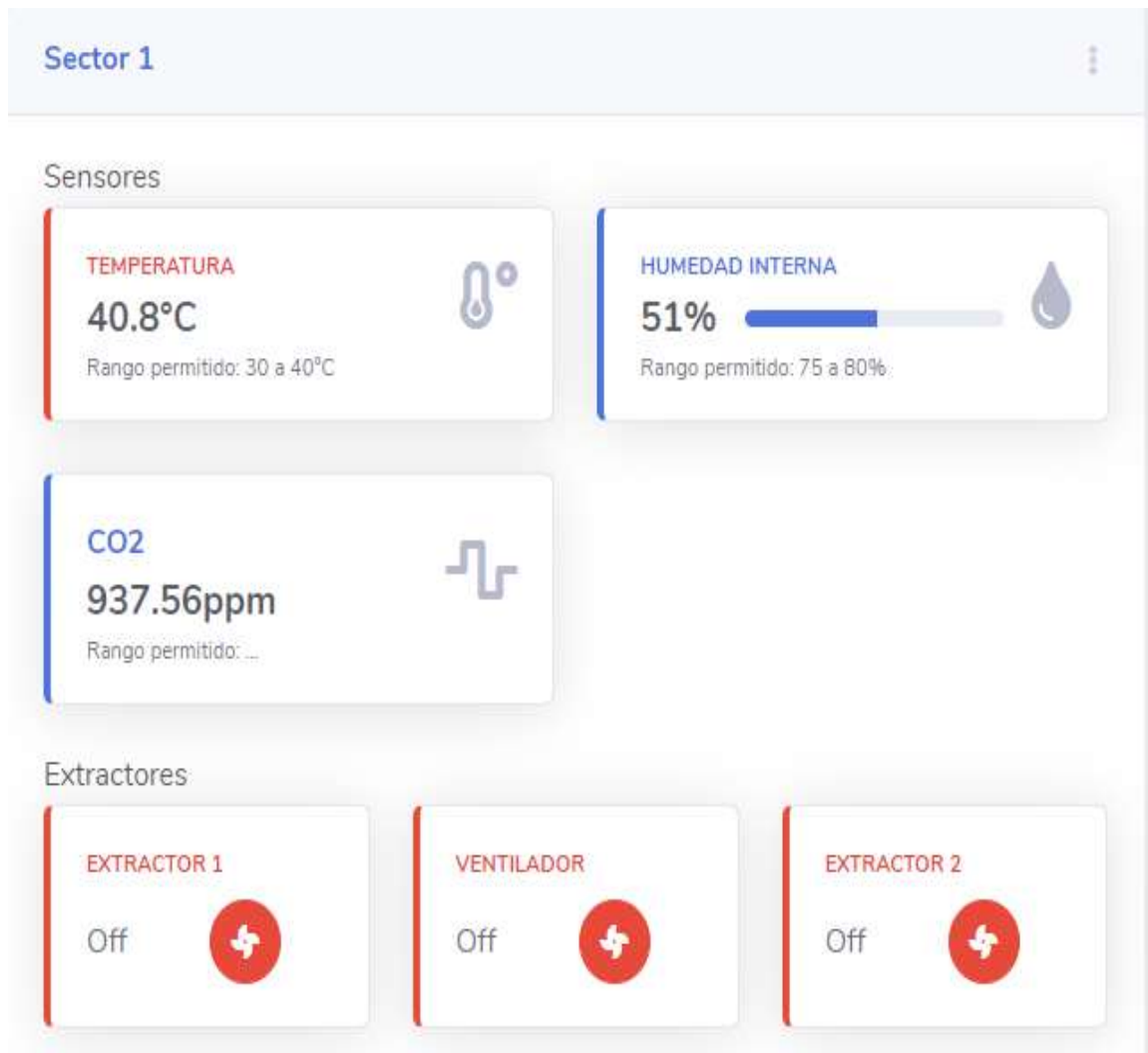




Figura 5. 27:Plataforma de Control y Monitoreo

Esta parte consiste en la plataforma de Monitoreo y Control

El usuario específico que desea ingresar a la página web del Invernadero, deberá ingresar un código de acceso, con un nombre de usuario y código de acceso

El lenguaje que se utilizó para la creación de esta plataforma de Control y Monitoreo se menciona en la página anterior de este capítulo.

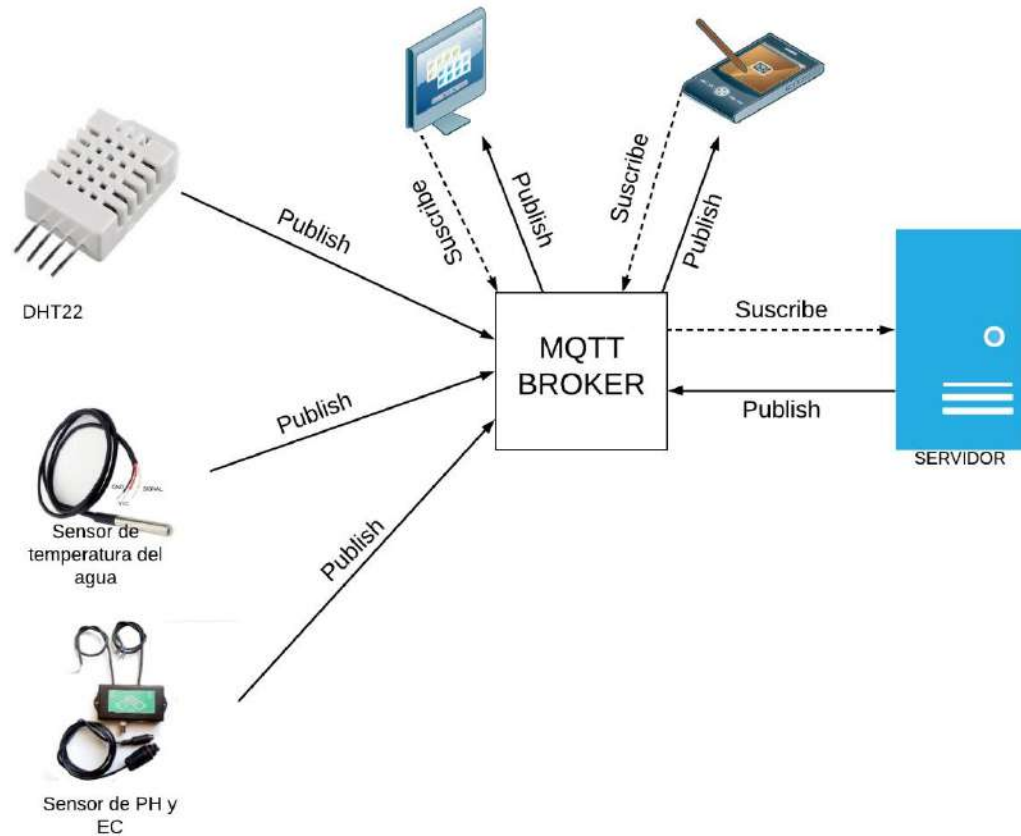


Figura 5. 28 Esquema de funcionamiento del Sistema Informático con los respectivos sensores

En el esquema de la fig. 5.28 se puede apreciar los sensores con lo cual envía informaciones cada instante al broke mqtt para poder responder las consultas del usuario (suscripciones). El broke mqtt envía las peticiones del usuario al servidor para poder obtener una respuesta ya así ordenarla y enviar al usuario final.

5.7. Diagrama de Flujo de Funcionamiento

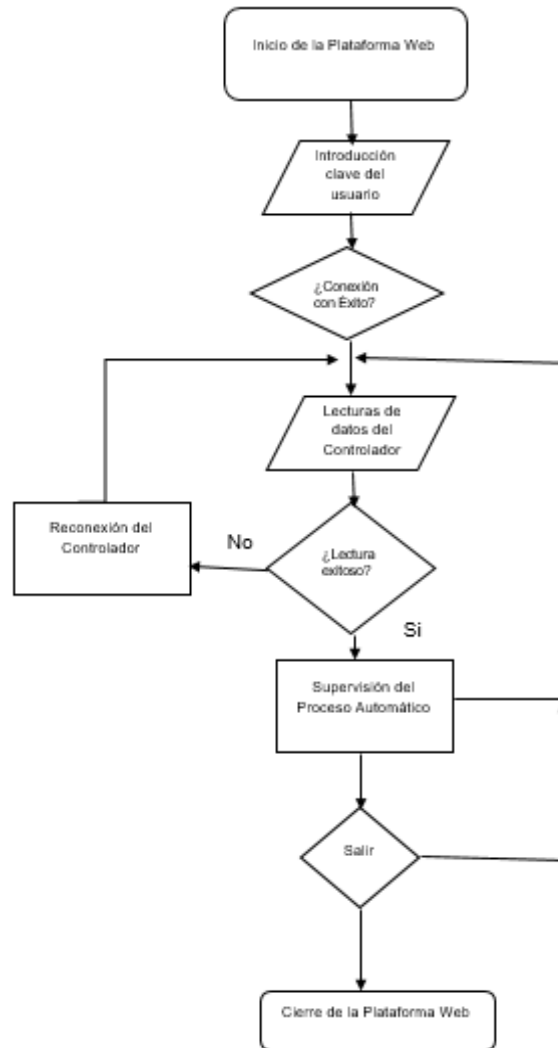


Figura 5. 29 Diagrama de Flujo de Funcionamiento

En la figura 5.29 se muestra el diagrama de flujo de funcionamiento de la plataforma Web.

La secuencia de operación es la siguiente:

- **Inicio de la plataforma Web:** El usuario ingresa a la plataforma web
- **Introducción clave de acceso:** El usuario debe ingresar su código de ingreso con un nombre de usuario específico con su contraseña correspondiente
- **¿Contraseña correcta?:** El sistema verifica si la contraseña es correcta, si es así pasa a la lectura de datos

- **Lectura de datos del controlador:** El usuario puede apreciar las magnitudes correspondientes al sistema. Luego de una lectura exitosa se procesa los datos y se actúa de acuerdo a los parámetros requeridos en donde entra el apartado de Supervisión del Proceso Automático. Si hay un proceso de la lectura que falla se realiza la reconexión del controlador
- **Salir:** el usuario puede salir de la plataforma si cerrar la aplicación
- **Cierre de la Plataforma Web:** El usuario cierra la sección de la plataforma web.

5.8. Sistema de Protección eléctrico y de Datos de los Parámetros

Los sistemas de respaldo para los datos de los parámetros, son elementos muy importantes para un sistema con operación continua, dado que el objetivo principal del presente trabajo no es el diseño de un sistema de protección para elementos de control. Este apartado presenta solamente las alternativas de protección y respaldo para el sistema, y no se encargará de presentar todos los detalles, pero sí los aspectos más importantes.

Para respaldo existen como alternativas

- UPS para los sistemas de monitoreo y control.

En cuanto a protección:

- Interruptores termomagnéticos para protección individual de ambos sistemas de control (hidropónico y de ventilación) y para los circuitos de mando y fuerza.
- Relé de falta de fase ...
- Relés térmicos para la protección de los motores por sobrecarga.
- Un buen sistema de puesta a tierra para toda la instalación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En lo inherente al sistema de control se han analizado en total cuatro alternativas de automatización para el Invernadero Hidropónico de los cuales se seleccionó en Controllino Mini al poseer ventajas de su versatilidad, precio, adaptabilidad tanto a nivel de hardware como de software a casi cualquier sistema de control frente a las otras alternativas con las protecciones adecuadas

Se llegó a un sistema de control eficiente y rápido con su accionamiento, y barato por el hecho de que se hizo con un software libre comparado con los otros softwares libre (tiene costo por su uso). Se utilizó un lenguaje de programación sencillo y muy accesible.

En cuanto a la plataforma web los resultados obtenidos fueron: una red amplia de información respecto a los parámetros obtenidos de las hortalizas, una plataforma firme que permite visualizar los datos del invernadero. Al concluir el proyecto se pudo comprender que hubo puntos en los cuales el tiempo fue un factor importante para el desarrollo, lo que para próximos avances será un punto importante a considerar para evitar repetirlos.

Se analizaron los Parámetros del sistema Hidropónico, lo cual se llegó a un valor estandarizado de Temperatura y Humedad del Ambiente y también de la Cantidad de Nutrientes que son aplicados, mediante la medición de la Electro conductividad del agua.

V. CONCLUSIONES

Al termino de este Proyecto, se resaltan las mejoras que se podrán obtener en el Invernadero de la Empresa Cetapar, como lo son el mayor control de los parámetros agro técnicos que afectan a las hortalizas, así como la visualización en tiempo real con registros de los datos en una interfaz de usuario sencillo.

Con este proyecto se puede lograr un importante ahorro de los nutrientes debido a la medición más exacta de los parámetros mencionados. Además de mencionar los ahorros que permitirá conseguir la implementación de un sistema de control automatizado.

El tiempo también fue una mejora exponencial, dado que con el sistema manual se tardaba alrededor de 40 días para un proceso terminado de maduración de las plantas, mientras que con este sistema tecnológico se tarda alrededor de 20 días.

Para mejor entendimiento del sistema de control se tuvo que investigar y adquirir conocimiento de cultivo. Tal el caso del estudio de las hortalizas, ya sea para saber los nutrientes, el ambiente de las plantas para un crecimiento sin interrupción. Todo ellos se tratan de puros conceptos agronómicos. Así también se tuvo que adquirir conocimiento de informática, ya que se manejó lenguajes de programación complicadas y el uso de librerías con varias herramientas informáticas.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda la utilización de aspersores, ya que los ventiladores no compensan completamente la temperatura de las hortalizas, de tal modo que se pueda tener una mayor eficacia, en el mantenimiento de la temperatura de las plantas.

Es necesario además la implementación de un sistema automático de cierre y apertura de las cortinas ya que muchas veces el ambiente de afuera es ideal para el invernadero, con lo que se podría obtener un funcionamiento más eficiente del sistema.

Se debería investigar el reemplazo de la fuente de suministro de energía con otros tipos de fuente, tales como paneles solares, lo cual permitiría la utilización de una energía no convencional y que posibilitaría un ahorro en la cuenta de pago del servicio de energía eléctrica.

Se recomienda investigar mecanismos con lo cual se pueda evitar el fenómeno de evo transpiración de las plantas ya que es un factor bastante perjudicial a las plantas.

En otros estudios se debe estudiar el nivel de CO₂, ya que es un factor fundamental para el tema agrícola y es necesario su medición en distintos aspectos del cultivo.

Finalmente es recomendable implementar este sistema tecnológico a los sistemas de cultivo por macetas.

VII – APÉNDICE

Apéndice A: Resumen Ejecutivo

Apéndice A1: Determinación honorarios para mano de obra del sistema de Automatización

En este apartado se expone el costo de mano de obra necesario para la ejecución e implementación del Proyecto de Automatización, teniendo en cuenta las horas de programación, el diseño de la plataforma web y el análisis que conlleva la realización del nuevo Sistema de Control

En la tabla A.4 se puede observar los honorarios individuales que percibirán tanto el Ingeniero Analista y Programador en horas de trabajo como la remuneración que percibirá el técnico electricista encargado de realizar las adecuaciones y nuevas instalaciones por cada día trabajo.

Item	Cantidad	Unidad	Designacion de Trabajo	Costo Unitario	Costo Total
1	40	Hs	Honorario del Ingeniero Electronico	¢ 250.000	¢ 10.000.000
2	32	Hs	Honorario del Electricista	¢ 125.000	¢ 4.000.000
Total Honorarios					14.000.000

Tabla A. 1:Honorario Personal

Apéndice A2: Beneficios y Gastos Económicos de la implementación del sistema

En este apartado se cuantificarán los beneficios que se obtendrán con la implementación de este nuevo Sistema de Automatización. Como se mencionó en apartados anteriores se tendrá un aumento de productividad del 50 % debido a que se redujeron los tiempos de activaciones, ese aumento se ve reflejado en la tabla A.5 en donde en forma mensual se tendrá un ingreso adicional de 1.500.000 gs

Item	Unidad	Aumento de la Produccion	Costo Unitario	Sub Total	Costo Annual
1	m3	300	¢ 5.000	¢ 1.500.000	¢ 18.000.000

Tabla A. 2:Ingreso Adicional

Este ingreso mensual adicional le generara a la empresa un aumento anual de 18.000.000 Gs.

Otro ahorro monetario importante que se obtendrá con la implementación de este sistema es la del ingreso mensual del operario que se encargaba exclusivamente de las hortalizas.

Apéndice A.4: Costo Mantenimiento Preventivo

De manera a poder prolongar la vida útil de los dispositivos que serán instalados y de los que serán reutilizados es necesario la realización de por lo menos 2 mantenimientos preventivos anuales a todos los equipos que compondrán el nuevo sistema.

Este mantenimiento consistirá en la verificación del buen funcionamiento, limpieza, control y cambio si corresponde de todos los componentes eléctricos, electrónicos que componen este proceso de Fabricación de Placas.

En la tabla A.6 se puede observar el presupuesto que será destinado a los trabajos de mantenimiento.

Item	Cantidad	Aumento de la Produccion	Costo Unitar	Sub Total	Costo Annual	
	1	2	300	5.000	1.500.000	18.000.000

Tabla A. 3:Costo Mantenimiento

Apéndice B: Ingeniería de diseño

Apéndice B.1: Programación del Controllino

```
#include <string.h>
#include <SPI.h>
#include <PubSubClient.h> // http://knolleary.net/arduino-client-for-mqtt/
#include <Ethernet.h>
#include <EEPROM.h>
#include <dhtnew.h>
//#include <TrueRandom.h>

/*
temponitor2mqtt (C)2014 by Jan-Piet Mens
This Arduino sketch reads a simulates a temperature sensor and periodically
publishes the obtained value to an MQTT broker. The simulation is done
with a potentiometer: when set to 0, the program reports random values
between 10 and 40 "degrees", otherwise a "flattened" potentiometer
setting.
The sketch also announces itself as being "alive" by publishing
a "1" to WILLTOPIC when it successfully connects, and by
instructing the broker to publish on its behalf (LWT) a "0" when
it dies.
*/

#define WILLTOPIC      "yonestor87@gmail.com/lwt/%d"           //" + id_disp"
#define SENSOR_TOPIC  "yonestor87@gmail.com/sensor/%d"        //" + id_sensor"
#define FEEDBACK_TOPIC "yonestor87@gmail.com/feedback/%d"     //" + id_actuador" - se realimentacion de salida, para informar a la plataforma
#define CONTROL_TOPIC  "yonestor87@gmail.com/control/%d"      //" + id_actuador"
//#define FEEDBACK_TOPIC_SUB "yonestor87@gmail.com/feedback/#"
#define CONTROL_TOPIC_SUB "yonestor87@gmail.com/control/#"
#define MQTT_SERVER    "test.mosquitto.org"
```

```
//#define MQTT_SERVER "broker.hivemq.com"
#define MQTT_PORT 1883
#define USER NULL
#define PASS NULL
#define WILLMESSAGE "0"
#define TRUE (1)
#define RETAIN (1)

#define DEBUG

#ifndef DEBUG
#define DINFO() Serial.print(millis()); Serial.print(": "); \
Serial.print(_FUNCTION_); Serial.print("():"); \
Serial.print(_LINE_); Serial.print(" > ");
#define DPRINT(...) Serial.print(_VA_ARGS_)
#define DPRINTLN(...) Serial.println(_VA_ARGS_)
#else
#define DINFO()
#define DPRINT(...)
#define DPRINTLN(...)
#endif

/*
http://nizeyear.co.nz/blog/autogenerated-random-persistent-mac-address-for-arduino-ethernet/
*/
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };

const unsigned long dhcp_freq = (60 * 60 * 1000); // milliseconds between DHCP lease check
unsigned long last_dhcp = 0L;

const unsigned long pub_freq = (60000); // milliseconds between temperature PUB
unsigned long last_pub = 0L;

const unsigned long dht_freq = (10000); // milliseconds between temperature PUB

float last_temp = -1;
int last_hum = -1;

int id_disp = 1;
char willtopic[30];
char clientid[15];

//===== VARIABLES GLOBALES PARA LAS SALIDAS Y SUS FEEDBACKS =====

const int num_outs = 6;
const int id_actuator[num_outs] = {4, 5, 6, 7, 8, 9};
const int actuator_pin[num_outs] = {4, 5, 6, 7, 8, 9};
const int feedback_pin[num_outs] = {A0, A1, A2, A3, 2, 3};
int feedback_state[num_outs];
```

```
//===== VARIABLES GLOBALES PARA EL DHT22 =====
const int cant_dht      = 2;
const int id_sensor_tem[cant_dht] = {1, 6};
const int id_sensor_hum[cant_dht] = {3, 7};
const int dht_pin[cant_dht] = {A5, A4};

char tempF[cant_dht][6];
char humF[cant_dht][4];

int humidity[cant_dht];
float temperature[cant_dht];

DHTNEW myDHT_1(dht_pin[0]);
DHTNEW myDHT_2(dht_pin[1]);

const float max_tem[cant_dht] = {40, 40};
const int max_hum[cant_dht] = {80, 80};
const float min_tem[cant_dht] = {38, 38};
const int min_hum[cant_dht] = {75, 75};
//=====

void callback(char *topic, byte *payload, unsigned int length);

EthernetClient eth;
PubSubClient mqtt(MQTT_SERVER, MQTT_PORT, callback, eth);

void setup() { //=====
#ifdef DEBUG
  Serial.begin(9600);
#endif

  DPRINTLN("startup");

  if (Ethernet.begin(mac) == 0) {
    DPRINTLN("Failed to configure Ethernet using DHCP");
  } else {
    Serial.print(" DHCP assigned IP ");
    Serial.println(Ethernet.localIP());
  }

  for (int i = 0; i < num_outs; i++) {
    pinMode(feedback_pin[i], INPUT);
    pinMode(actuator_pin[i], OUTPUT);
    feedback_state[i] = 0;
    last_feedback_state[i] = 1;
  }
}
```

```
    sprintf(willtopic, WILLTOPIC, id_disp);
    sprintf(clientid, "yonestor87-%d", id_disp);

    DPRINT("LIBRARY VERSION: ");
    DPRINTLN(DHTNEW_LIB_VERSION);

}

boolean mqttconnect() { //=====
if (!mqtt.connected()) {
    /*
    Connect to the broker. In the event we die, the broker
    will, on our behalf, publish a retained "0" to the will topic.
    */

    if (mqtt.connect(clientid, USER, PASS, willtopic, MQTTQOS2, RETAIN, WILLMESSAGE)) {
        /*
        Tell the world that we are online, by publishing a retained
        "1" onto our will topic.
        */
        mqtt_pub(willtopic, (byte *)"1");

        //mqtt.subscribe(FEEDBACK_TOPIC_SUB);    /* Mensajes de Control para activar los leds */
        mqtt.subscribe(CONTROL_TOPIC_SUB);    /* Is it retained "on"? - Para leer los mensajes retenidos y verificar el último estado */

        DINFO();
        DPRINT("SUB ");
        DPRINTLN(CONTROL_TOPIC_SUB);
        //DINFO();
        //DPRINT("SUB ");
        //DPRINTLN(FEEDBACK_TOPIC_SUB);

    } else {
        DPRINTLN("Cannot connect to broker");
        Ethernet.begin(mac);
    }
}
return mqtt.connected();
}

void mqtt_pub(char *topic, char *payload) { //=====
    DINFO();
    DPRINT("PUB ");
    DPRINT(topic);
    DPRINT(", ");
    DPRINTLN(payload);
    mqtt.publish(topic, (byte *)payload, strlen(payload), RETAIN);
    delay(100);
}

void read_dht() { //=====+=====
```

```
int chk = myDHT_1.read();
char info[30];

if (chk == DHTLIB_OK) {
  //int humidity = myDHT_1.humidity;
  //float temperature = myDHT_1.temperature;
  humidity[0] = myDHT_1.humidity;
  temperature[0] = myDHT_1.temperature;

  dtostrf(temperature[0], 5, 1, tempF[0]); /* Convertir a string */
  sprintf(humF[0], "%d", humidity[0]); /* Convertir a string */

  sprintf(info, "DHT: 1\tTemp: %s\tHum: %s", tempF[0], humF[0]);
  DPRINTLN(info);
} else {
  DPRINTLN("Error leyendo DHT 1");
}

chk = myDHT_2.read();
if (chk == DHTLIB_OK) {
  //int humidity = myDHT_2.humidity;
  //float temperature = myDHT_2.temperature;
  humidity[1] = myDHT_2.humidity;
  temperature[1] = myDHT_2.temperature;

  dtostrf(temperature[1], 5, 1, tempF[1]); /* Convertir a string */
  sprintf(humF[1], "%d", humidity[1]); /* Convertir a string */
```

```
    sprintf(info, "DHT: 2\tTemp: %s\tHum: %s", tempF[1], humF[1]);
    DPRINTLN(info);
} else {
    DPRINTLN("Error leyendo DHT 2");
}
}

void check_setpoint() {
    int on;

    if ((temperature[0] > max_tem[0]) || (humidity[0] > max_hum[0])) {
        on = 1;
    }
    if ((temperature[0] < min_tem[0]) && (humidity[0] < max_hum[0])) {
        on = 0;
    }

    for (int i = 0; i < 3; i++) {
        int actuator_state = digitalRead(actuator_pin[i]);

        if (((!on) && (actuator_state)) || ((!feedback_state[i]) && (on))) {

            actuator_state = ((!feedback_state[i]) && (on) && (!actuator_state));
            digitalWrite(actuator_pin[i], actuator_state);
            DPRINT("Actuador pin ");
            DPRINT(actuator_pin[i]);
            DPRINT("\testado:\t");
            DPRINTLN(actuator_state);
            delay(2000);

            feedback_state[i] = digitalRead(feedback_pin[i]);
            if (feedback_state[i] != actuator_state) {
                digitalWrite(actuator_pin[i], LOW);
                DPRINT("Actuador pin ");
                DPRINT(actuator_pin[i]);
                DPRINT("\testado:\t");
                DPRINTLN(digitalRead(actuator_pin[i]));
                delay(100);
                break;
            }
        }
    }

    if ((temperature[1] > max_tem[1]) || (humidity[1] > max_hum[1])) {
        on = 1;
    }
    if ((temperature[1] < min_tem[1]) && (humidity[1] < max_hum[1])) {
        on = 0;
    }

    for (int i = 3; i < 6; i++) {
        int actuator_state = digitalRead(actuator_pin[i]);
```

```
if (((!on) && (actuator_state)) || ((!feedback_state[i]) && (on))) {

    actuator_state = ((!feedback_state[i]) && (on) && (!actuator_state));
    digitalWrite(actuator_pin[i], actuator_state);
    DPRINT("Actuador pin ");
    DPRINT(actuator_pin[i]);
    DPRINT("\testado:\t");
    DPRINTLN(actuator_state);
    delay(2000);

    feedback_state[i] = digitalRead(feedback_pin[i]);
    if (feedback_state[i] != actuator_state) {
        digitalWrite(actuator_pin[i], LOW);
        DPRINT("Actuador pin ");
        DPRINT(actuator_pin[i]);
        DPRINT("\testado:\t");
        DPRINTLN(digitalRead(actuator_pin[i]));
        delay(100);
        break;
    }
}
}
```

```
void loop() { //=====
  static char topic[35], payload[5];

  mqttconnect();

  if ((millis() - last_dhcp) > dhcp_freq) {
    last_dhcp = millis();
    /* Renew DHCP lease if necessary */
    DINFO();
    DPRINTLN(" .. renew DHCP lease");
    Ethernet.maintain();
  }

  if ((millis() - last_pub) > pub_freq) {
    last_pub = millis();

    for (int i = 0; i < cant_dht; i++) {
      sprintf(topic, SENSOR_TOPIC, id_sensor_tem[i]);
      sprintf(payload, "%s", tempF[i]);
      mqtt_pub(topic, (byte *)payload);

      sprintf(topic, SENSOR_TOPIC, id_sensor_hum[i]);
      sprintf(payload, "%s", humF[i]);

      mqtt_pub(topic, (byte *)payload);
    }
  }
}
```

```
/*
  if (temperature != last_temp) {
    last_temp = temperature;

    sprintf(topic, SENSOR_TOPIC, id_sensor_tem);
    sprintf(payload, "%s", tempF);

    mqtt_pub(topic, (byte *)payload);
  }

  if (humidity != last_hum) {
    last_hum = humidity;

    sprintf(topic, SENSOR_TOPIC, id_sensor_hum);
    sprintf(payload, "%s", humF);

    mqtt_pub(topic, (byte *)payload);
  }
*/

for (int i = 0; i < num_outs; i++) {

  feedback_state[i] = digitalRead(feedback_pin[i]);
  if (feedback_state[i] != last_feedback_state[i]) {
    last_feedback_state[i] = feedback_state[i];

    DINFO();
    DPRINT("Actuador: ");
```

```
        DPRINT(id_actuator[i]);
        DPRINT(" Estado: ");
        DPRINTLN(feedback_state[i]);

        sprintf(topic, FEEDBACK_TOPIC, id_actuator[i]);
        sprintf(payload, "%d", feedback_state[i]);

        mqtt_pub(topic, (byte *)payload);
    }
}

if ((millis() - myDHT_1.lastRead()) > dht_freq) {
    read_dht();
    check_setpoint();
}

mqtt.loop();
}

void callback(char *topic, byte *payload, unsigned int length)
{
    char msg[5], fb[2], aux_topic[35];
    int n, on;

    for (n = 0; (n < length) && (n < sizeof(msg) - 1); n++) {
        msg[n] = payload[n];
    }
    msg[n] = 0;

    for (int i = 0; i < num_outs; i++) {

        /* On power up, restore state of LED from the retained message */
        /*
        sprintf(aux_topic, FEEDBACK_TOPIC, id_actuator[i]);
        if (strcmp(topic, aux_topic) == 0) { //Si son iguales
            on = atoi(msg) ? HIGH : LOW;
            digitalWrite(actuator_pin[i], on);
            delay(3000);
        }
        */

        sprintf(aux_topic, CONTROL_TOPIC, id_actuator[i]);
        if (strcmp(topic, aux_topic) == 0) { // La web envía msj a este topic
            on = atoi(msg) ? HIGH : LOW;
            digitalWrite(actuator_pin[i], on);

            sprintf(aux_topic, FEEDBACK_TOPIC, id_actuator[i]);
            strcpy(fb, (on) ? "1" : "0");
            mqtt_pub(aux_topic, (byte *)fb); //feedback
        }
    }
}
```

Apéndice B.2 Programación de la Parte Hidropónica

```
#include <string.h>
#include <SPI.h>
#include <PubSubClient.h> // http://knolleary.net/arduino-client-for-mqtt/
#include <Ethernet.h>
#include <EEPROM.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

#define WILLTOPIC      "yonestor87@gmail.com/lwt/%d"           //"+ id_disp"
#define SENSOR_TOPIC   "yonestor87@gmail.com/sensor/%d"       //"+ id_sensor"
#define FEEDBACK_TOPIC "yonestor87@gmail.com/feedback/%d"     //"+ id_actuador" - se realimentacion de salida, para informar a la plataforma
#define CONTROL_TOPIC  "yonestor87@gmail.com/control/%d"      //"+ id_actuador"
#define CONTROL_TOPIC_SUB "yonestor87@gmail.com/control/#"
#define MQTT_SERVER    "test.mosquitto.org"
#define MQTT_PORT 1883
#define USER NULL
#define PASS NULL
#define WILLMESSAGE "0"
#define TRUE (1)
#define RETAIN (1)

#define DEBUG

#ifndef DEBUG
# define DINFO()          Serial.print(millis()); Serial.print(": "); \
    Serial.print(__FUNCTION__); Serial.print("():"); \
    Serial.print(__LINE__); Serial.print(" > ");
# define DPRINT(...)     Serial.print( VA_ARGS )
# define DPRINTLN(...)   Serial.println(__VA_ARGS__)
#else
# define DINFO()
# define DPRINT(...)
# define DPRINTLN(...)
#endif

/*
http://nicegear.co.nz/blog/autogenerated-random-persistent-mac-address-for-arduino-ethernet/
*/
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xEE };

const unsigned long dhcp_freq = (60 * 60 * 1000); // milliseconds between DHCP lease check
unsigned long last_dhcp = 0L;

const unsigned long pub_freq = (60000); // milliseconds between temperature PUB
unsigned long last_pub = 0L;

const unsigned long sensor_freq = (10000); // milliseconds between sensor read
unsigned long last_sensor = 0L;

//float last_ph = -1;
//int last_ec = -1;
//int last_temp = -1;
//int last_presion = -1;

int id_disp = 2;
char willtopic[30];
char clientid[15];
```

```
//===== VARIABLES GLOBALES PARA LAS SALIDAS Y SUS FEEDBACKS =====

const int num_outs          = 1;
const int id_actuator[num_outs] = {11};
const int actuator_pin[num_outs] = {22};
//const int feedback_pin[num_outs] = {23};
//int feedback_state[num_outs];
//int last_feedback_state[num_outs];

//===== VARIABLES GLOBALES PARA EL PH, EC y TEMP =====
#define EC_PIN A1
#define PH_PIN A2
#define TEMP_PIN 2
#define PRESION_PIN 3

const int id_sensor_ph = 9;
const int id_sensor_ec = 10;
const int id_sensor_pres = 11;
const int id_sensor_temp = 12;

const int time_motor = 3000;

//Variables to store the processed values
float PhValue = 0;
float EcValue = 0;

char phF[6];
char ecF[5];
char tempF[6];

int presion_state;
int last_presion_state;

//=====

void callback(char *topic, byte *payload, unsigned int length);

EthernetClient eth;
PubSubClient mqtt(MQTT_SERVER, MQTT_PORT, callback, eth);

OneWire ourWire(TEMP_PIN); //Se establece el pin 2 como bus OneWire
DallasTemperature temp_sens(&ourWire); //Se declara una variable u objeto para nuestro sensor

void setup() { //=====
#ifdef DEBUG
  Serial.begin(9600);
#endif

  DPRINTLN("startup");

  if (Ethernet.begin(mac) == 0) {
    DPRINTLN("Failed to configure Ethernet using DHCP");
  } else {
    Serial.print(" DHCP assigned IP ");
    Serial.println(Ethernet.localIP());
  }
}
```

```
    }

    for (int i = 0; i < num_outs; i++) {
        pinMode(actuator_pin[i], OUTPUT);
    }

    pinMode(PRESION_PIN, INPUT);

    temp_sens.begin();

    sprintf(willtopic, WILLTOPIC, id_disp);
    sprintf(clientid, "yonestor87-%d", id_disp);

}

boolean mqttconnect() { //=====
    if (!mqtt.connected()) {
        /*
         * Connect to the broker. In the event we die, the broker
         * will, on our behalf, publish a retained "0" to the will topic.
         */

        if (mqtt.connect(clientid, USER, PASS, willtopic, MQTTQOS2, RETAIN, WILLMESSAGE)) {
            /*
             * Tell the world that we are online, by publishing a retained
             * "1" onto our will topic.
             */
            mqtt_pub(willtopic, (byte *)"1");

            //mqtt.subscribe(FEEDBACK_TOPIC_SUB); /* Mensajes de Control para activar los leds */
            mqtt.subscribe(CONTROL_TOPIC_SUB); /* Is it retained "on"? - Para leer los mensajes retenidos y verificar el último estado */

            DINFO();
            DPRINT("SUB ");
            DPRINTLN(CONTROL_TOPIC_SUB);
            //DINFO();
            //DPRINT("SUB ");
            //DPRINTLN(FEEDBACK_TOPIC_SUB);

        } else {
            DPRINTLN("Cannot connect to broker");
            Ethernet.begin(mac);
        }
    }
    return mqtt.connected();
}

void mqtt_pub(char *topic, char *payload) { //=====
    DINFO();
    DPRINT("PUB ");
    DPRINT(topic);
    DPRINT(", ");
    DPRINTLN(payload);
    mqtt.publish(topic, (byte *)payload, strlen(payload), RETAIN);
    delay(100);
}
```

```
void ProcessPH() { //=====+=====
  int rawPhReading = analogRead(PH_PIN);
  PhValue = rawPhReading * 14.00 / 1024;

  dtostrf(PhValue, 4, 2, pHF); /* Convertir a string */

  DPRINT("PH = ");
  DPRINTLN(PhValue);
}

void ProcessEC() {
  int rawEcReading = analogRead(EC_PIN);
  EcValue = rawEcReading * 5.00 / 1024;
  //finalEcValue = finalEcValue / 1.00;

  dtostrf(EcValue, 3, 2, ecF); /* Convertir a string */

  DPRINT("EC = ");
  DPRINTLN(EcValue);
}

void ProcessTemp() {
  temp_sens.requestTemperatures(); //Se envía el comando para leer la temperatura
  float temp = temp_sens.getTempCByIndex(0); //Se obtiene la temperatura en °C

  dtostrf(temp, 5, 1, tempF); /* Convertir a string */

  DPRINT("Temperatura = ");
}
```

```
DPRINT(temp);
DPRINTLN(" C");
delay(100);
}

void check_setpoint() {
  if (EcValue < 1.30) {
    digitalWrite(actuator_pin[0], HIGH);
    delay(time_motor);
    digitalWrite(actuator_pin[0], LOW);
  }
}

void loop() { //=====
  static char topic[64], payload[10];

  mqttconnect();

  if ((millis() - last_dhcp) > dhcp_freq) {
    last_dhcp = millis();
    /* Renew DHCP lease if necessary */
    DINFO();
    DPRINTLN(" .. renew DHCP lease");
    Ethernet.maintain();
  }

  if ((millis() - last_pub) > pub_freq) {
```

```
    last_pub = millis();

    sprintf(topic, SENSOR_TOPIC, id_sensor_ph);
    sprintf(payload, "%s", pHF);
    mqtt_pub(topic, (byte *)payload);

    sprintf(topic, SENSOR_TOPIC, id_sensor_ec);
    sprintf(payload, "%s", ecF);
    mqtt_pub(topic, (byte *)payload);

    sprintf(topic, SENSOR_TOPIC, id_sensor_temp);
    sprintf(payload, "%s", tempF);
    mqtt_pub(topic, (byte *)payload);
}

presion_state = digitalRead(PRESION_PIN);
if (presion_state != last_presion_state) {
    last_presion_state = presion_state;

    DINFO();
    DPRINT("Sensor de Presion Id: ");
    DPRINT(id_sensor_pres);
    DPRINT(" Estado: ");
    DPRINTLN(presion_state);

    sprintf(topic, SENSOR_TOPIC, id_sensor_pres);
    sprintf(payload, "%d", presion_state);
```

```
    mqtt_pub(topic, (byte *)payload);
}

if ((millis() - last_sensor) > sensor_freq) {
    last_sensor = millis();
    ProcessPH();
    ProcessEC();
    ProcessTemp();
    //check_setpoint();
}

mqtt.loop();
}

void callback(char *topic, byte *payload, unsigned int length)
{
    char msg[5], fb[2], aux_topic[35];
    int n, on;

    for (n = 0; (n < length) && (n < sizeof(msg) - 1); n++) {
        msg[n] = payload[n];
    }
    msg[n] = 0;

    for (int i = 0; i < num_outs; i++) {

        /* On power up, restore state of LED from the retained message */
```

Apéndice C: Evaluación económica

Apéndice C.1: Flujo de Caja Proyectada

A continuación, se presenta el flujo de caja de los beneficios previstos, ingresos y egresos del proyecto.

Flujo de Caja Proyectada							
Horizonte del Proyecto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 03	Año 4	Año 5	
Ventas de las Plantas	₡ 19.425.000	₡ 38.850.000	₡ 38.850.000	₡ 38.850.000	₡ 38.850.000	₡ 38.850.000	₡ 38.850.000
Total de Ingresos	₡ 19.425.000	₡ 38.850.000	₡ 38.850.000	₡ 38.850.000	₡ 38.850.000	₡ 38.850.000	₡ 38.850.000
Total de Egresos	₡ 79.957.686	₡ 12.400.000	₡ 12.400.000	₡ 12.400.000	₡ 12.400.000	₡ 12.400.000	₡ 12.400.000
Costo de Materiales	₡ 2.757.686	-	-	-	-	-	-
Invernadero	₡ 7.000.000	-	-	-	-	-	-
Sistema Hidropónico	₡ 7.000.000	-	-	-	-	-	-
Personal	₡ 36.000.000	-	-	-	-	-	-
Sistema Eléctrico	₡ 4.000.000	-	-	-	-	-	-
Nutrientes	₡ 400.000	₡ 400.000	₡ 400.000	₡ 400.000	₡ 400.000	₡ 400.000	₡ 400.000
Mano de obra	₡ 10.000.000	-	-	-	-	-	-
Imprevisto	₡ 5.000.000	₡ 5.000.000	₡ 5.000.000	₡ 5.000.000	₡ 5.000.000	₡ 5.000.000	₡ 5.000.000
Acondicionamiento de los Motores	₡ 800.000	-	-	-	-	-	-
Mantenimiento	₡ 7.000.000	₡ 7.000.000	₡ 7.000.000	₡ 7.000.000	₡ 7.000.000	₡ 7.000.000	₡ 7.000.000
Resultado	₡ -60.532.686	₡ 26.450.000	₡ 26.450.000	₡ 26.450.000	₡ 26.450.000	₡ 26.450.000	₡ 26.450.000
Impuesto	₡ -6.053.269	₡ 2.645.000	₡ 2.645.000	₡ 2.645.000	₡ 2.645.000	₡ 2.645.000	₡ 2.645.000
Flujo Neto de Caja	₡ -54.479.417	₡ 23.805.000	₡ 23.805.000	₡ 23.805.000	₡ 23.805.000	₡ 23.805.000	₡ 23.805.000

Tabla C.1.1. Flujo de caja proyectada.

Apéndice C.2: Determinación de la Tasa Interna de Retorno (TIR).

En base al flujo de caja expuesta en la tabla anterior se calcula la tasa interna de rendimiento, obteniendo el siguiente resultado:

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{F_n}{(1+i)^n} = 0$$

TIR	33%
-----	-----

Tabla C.2.1. Resultado de TIR.

Al ser la tasa de descuento = 10% y TIR = 33%, el proyecto es rentable.

Apéndice C.3: Determinación del valor presente neto (VPN).

Teniendo en cuenta los valores obtenidos en el flujo de caja proyectada y con una tasa de descuento igual al 10% para un plazo de 5 años, se calcula el valor presente neto.

$$VAN = \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1 + TIR)^n} - I = 0$$

Donde:

Q_n = es el flujo de caja en el periodo n.

n = es el número de periodos.

I = es el valor de la inversión inicial

Aplicando la fórmula del VPN en Excel con una proyección de 5 años se obtuvo un resultado de:

VPN	₺	35.760.262
-----	---	------------

Tabla C.3.1. Resultado de VPN.

Como el VPN > 0 se concluye que el proyecto es rentable.

Apéndice C.4: Determinación del Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI).

Teniendo en cuenta los valores del flujo de caja se puede aplicar la fórmula siguiente para la obtención del periodo de recuperación de la inversión que se vuelve muy importante, ya que de esto dependerá cuan rentable es, y qué tan riesgoso será llevarlo a cabo. Cuanto más corto sea el periodo de recuperación, menos riesgoso será el proyecto.

$$PRI = (A) + \frac{|B|}{C}$$

Dónde:

A: Periodo último con flujo acumulado negativo.

B: Valor absoluto del último flujo acumulado negativo.

C: Valor del flujo de caja en el siguiente periodo

$$PRI = 2 + \frac{|-6.869.417|}{23.805.000} = 2,28$$

PRI	Dos Años Y 3 Meses con 11 días
-----	--------------------------------

Tabla C.4.1. Tiempo de recuperación de la inversión

Bibliografía

- [1] Ogata, INGENIERIA DE CONTROL MODERNA, Madrid: PEARSON EDUCACION, 2010.
- [2] J. M. Alfonso, ELECTRONICA INDUSTRIAL AVANZADA, Bogota: Centro Nacional de Medios para el aprendizaje, 2008. .
- [3] S. M. J. Park, Practical Data Acquisition for Instrumentation and Control Systems,, Oxford: ELSEVIER, , 2003.
- [4] W. Bolton, MecatrónicaAlfaomega, Segunda ed, 2001.
- [5] [Http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_invernadero.htm](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_invernadero.htm).
- [6] [Http://www.Horticulturaefectiva.net/2011/06/que-son-los-invernaderos.html](http://www.Horticulturaefectiva.net/2011/06/que-son-los-invernaderos.html).
- [7] [Http://www.inforjardin.net/glosario/Aerobico/agricultura-tradicional.htm](http://www.inforjardin.net/glosario/Aerobico/agricultura-tradicional.htm).
- [8] [Http://www.definicionabc.com/economia/produccion-agricola.php](http://www.definicionabc.com/economia/produccion-agricola.php).
- [9] [Http://www.definicionabc.com/salud/hortalizas.php](http://www.definicionabc.com/salud/hortalizas.php).
- [10] [Http://cambioclimaticoglobal.com/](http://cambioclimaticoglobal.com/).
- [11] [Http://climayagua.inta.gob.ar/que_es_el_fenomeno_el_ni%C3%B1o](http://climayagua.inta.gob.ar/que_es_el_fenomeno_el_ni%C3%B1o).
- [12] (14) Manual de hidroponía de la Empresa OASIS,
[Http://oasisfloral.mx/pfd/manual-hidroponia.pdf](http://oasisfloral.mx/pfd/manual-hidroponia.pdf).
- [13] (15) Hidroponía por Instituto INAU Uruguay,
http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/ad/ad_509.pdf.
- [14] (16) Manual de Hidroponía por la empresa OASIS,
<http://www.oasisfloral.mx/pdf/manualhidroponia.pdf>.
- [15] (17) <http://www.hortalizas.com/uncategorized/selecciona-la-malla-adecuada-para-tus-necesidades/> (31).
- [16] F. S. Espinosa, Microcontroladores M. C., Marzo 2019 .
- [17] http://meteo.ieec.uned.es/www_Usumeteo2/Memoria/Capitulo3.pd.