

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

“Sistema de Instrumentación para el monitoreo de plantas en una estación de trabajo.”

POR
Ing. Adriana García Soto.

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

**DIRECTOR DE TESIS
M.C. Martín G. Vázquez Rueda.**

ISSN: 0188-9060



RIITEC: (04)-TMCIE-2013

Torreón, Coahuila, México,
Septiembre 2013

SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



Subsecretaría de Educación Superior
Dirección General de Educación Superior Tecnológica
Instituto Tecnológico de la Laguna

"2013, Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano"

Dependencia: **DEPI**
Oficio: **DEPIJ/152/2013**
Asunto: **Autorización de impresión
de tesis.**

Torreón, Coah., **04/Julio / 2013**

C. ADRIANA GARCÍA SOTO
CANDIDATA AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA.
PRESENTE

Después de haber sometido a revisión su trabajo de tesis titulado:

"Sistema de Instrumentación para el monitoreo de plantas en una estación de trabajo"

Habiendo cumplido con todas las indicaciones que el jurado revisor de tesis hizo, se le comunica que se le concede la autorización con número de registro RIITEC: **(04)-TMCIE-2013**, para que proceda a la impresión del mismo.

ATENCIÓN

DR. JOSÉ LUIS MEZA MEDINA
Jefe de la División de Estudios
de Posgrado e Investigación

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO
de la Laguna
División de Estudios de Posgrado
e Investigación



SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



Subsecretaría de Educación Superior
Dirección General de Educación Superior Tecnológica
Instituto Tecnológico de la Laguna

“2013, Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano”

Torreón, Coah., 04/Julio/ 2013

DR. JOSE LUIS MEZA MEDINA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
PRESENTE

Por medio de la presente, hacemos de su conocimiento que después de haber sometido a revisión e trabajo de tesis titulado:

“Sistema de Instrumentación para el monitoreo de plantas en una estación de trabajo”

Desarrollado por el C. **Adriana García Soto**, con número de control **M00130772** y habiendo cumplido con todas las correcciones que se le indicaron, estamos de acuerdo que se le conceda la autorización de la fecha de examen de grado para que proceda a la impresión de la misma.

ATENTAMENTE


M.C. Martín G. Vázquez Rueda
Asesor/Director


Dr. Francisco G. Flores García.
Comité Tutorial


M.C. Sergio F. Salas Huerta.
Comité Tutorial


M.C. Juan Sifuentes Mijares.
Comité Tutorial



Dedicatorias

A los amores de mi vida, a mi hermoso Diego Adrián y a mi pequeño Iker Emiliano, mis hijos, ambos parte muy importante en cada etapa de mi formación profesional.

A mis padres quienes siempre me han apoyado en las buenas y malas decisiones que he tomado en mi vida. Mamá te amo, Papá te amo.

A mi hermana quien amo con todo mi ser y a su espíritu soñador nunca se detiene.

A mi nueva familia que me aceptaron y apoyaron con todo lo que eso implicaba e implica.

A David mi compañero de vida y gran amigo, por su comprensión, su apoyo, su paciencia, su tolerancia. Te amo chaparrito.

Agradecimientos.

A CONACYT por el apoyo brindado durante el periodo que tomo realizar este posgrado.

A M.C. Martin G. Vázquez Rueda por haberme seleccionado como parte de equipo de trabajo y su infinita paciencia.

A mis amigos, compañeros, colegas y maestros por hacer más amena, divertida y emocionante mis estudios de posgrado.

A HOME DEPOT y a sus asesores en área de pintura José Miguel de la Fuente promotor de pintura “Berel” y Jaime Trujillo Carranza Representante de pinturas “Beer” en HOME DEPOT Torreón.

A el invernadero Bozanes S.P.R de R.L. y al Ing. Edagardo Arellano Salas por su apoyo para la realización de este estudio.

Resumen.

De manera continua se busca la mejora en el campo, dominando las tecnologías en plaguicidas y alimenticia en las plantas. En la región Lagunera se vuelve popular la siembra con el uso de invernaderos y malla sombras, en general este sistema de siembra es para la minimización de enfermedades en la planta y promover su sano desarrollo. El cuidado de las variables físicas que interviene en el sano crecimiento de una planta son temperatura, humedad relativa, humedad en tierra, bióxido de carbono entre otras, la falta de alguna de estas variables interviene en el desarrollo sano de la planta ya sea en el color, en su tonificación, en su apariencia, en el número de frutos etcétera. Este trabajo, consiste en el desarrollo de un módulo de trabajo para estudiar más detalladamente el cambio que sucede en una planta al ser limitada por alguna de estas variables.

El módulo fue construido de madera y se utilizaron sensores de fácil acceso para el desarrollo del mismo así como un "Arduino" como tarjeta adquisitoria de datos y módulos "Xbee" para su comunicación inalámbrica y por último se desarrolla una interface para el usuario en "Labview". La variable que se decide limitar es la humedad de tierra en la planta, seis individuos son puestos a prueba, dos de ellos con irrigados diariamente con 200 ml, otros dos con la mitad de agua que los anteriores y los dos restantes no son irrigados. Por medio de un sensor de luz se registraran el cambio de tonalidad de las hojas en cada uno de los individuos al modificar la irrigación de los mismos. El mayor cambio presentado fue el cambio de tonalidad hidráulica en la planta.

Abstract.

Continuously seeks to improve on the field, dominate in pesticides and food technologies in plants. In the Laguna region every day its more popular the use of greenhouses and shade mesh, this system of planting minimize plant diseases and help to healthy development of the plants. The physical variables involved in the healthy growth of a plant are temperature, relative humidity, soil moisture, carbon dioxide, among others, the lack of any of these

variables involved in the healthy development of the plant modifies characteristics of them either in color, in its tone, in appearance, in the number of fruits, etc.

This work consists in developing a working module to study in detail the changes in the plants when they have different values in these variables who involved in the healthy development of the plant.

The module was built out of wood and used sensors cheaper and the easy accessible to its development as well as an "Arduino" as data cards and modules adquisitoria. "Xbee" for wireless communication and finally develops the user interface "Labview The variable to limit soil moisture, six individuals are tested, two with irrigated daily with 200 ml, two with half the water 100 ml and the remaining two are not irrigated. By a light sensor is taken data the change of hue of leaves on each of the individuals.. By not watering the plants showed a change in hydraulic hue.

Índice general	i
Índice de figuras	iv
Índice de tablas y graficas	vii
Índice de ecuaciones y ejemplos de programación	ix
Índice general	
CAPITULO I. Introducción.	1
1.1 Planteamiento del Problema.	1
1.2 Justificación.	2
1.3 Objetivo de la Investigación.	2
1.3.1 Objetivo General.	2
1.3.2 Objetivos Específicos.	2
1.4 Desarrollo del modulo de trabajo.	2
1.5 Desarrollo del experimento.	4
1.6 Comportamiento de los sensores.	4
1.7 Desarrollo a futuro.	4
CAPITULO II. Invernaderos de la Región Lagunera.	5
2.1 Medio Ambientes y Metabolismo de las plantas.	7
2.1.1 Litosfera e Hidrósfera.	8
2.1.2 Atmósfera.	9
2.2 Nutrición de la Planta.	9
2.2.1 Patrones nutricionales.	10
2.2.2 Absorción y transporte.	10
2.3 Fotosíntesis.	11
2.4 Invernaderos.	12
2.4.1 Materiales utilizados como cubierta.	13

2.4.2 Luminosidad dentro del invernadero.	16
2.4.3 Temperaturas dentro del invernadero.	17
2.4.4 Ventilación.	18
2.4.5 Enfriamiento.	18
2.4.6 Humedad dentro del invernadero.	19
CAPITULO III. Historia del Arduino.	21
3.1 Descripción del Arduino.	22
3.2 Programando en Arduino.	23
3.2.1 Sintaxis.	23
3.2.2 Variables.	24
3.2.3 Operadores.	26
3.2.4 Constantes.	27
3.2.5 Estructuras condicionales de programación.	28
3.2.6 Entradas/Salidas Digitales y Analógicas.	28
3.2.7 Palabras Reservadas.	29
3.3 Interrupciones.	30
3.4 Funciones.	32
CAPITULO IV. Sensor de temperatura LM335.	34
CAPITULO V. Humedad relativa y su relación con la temperatura.	40
5.1 Cálculo de Humedad Relativa.	41
5.2 Sensor HMZ-433A.	41
5.2.1 Termómetro (termistor).	42
5.2.2 Humedad relativa.	47
CAPITULO VI. Humedad en tierra.	59
6.1 Método gravimétrico.	59

6.2 Programación del Arduino.	65
CAPITULO VII. Sensor de luz.	68
CAPITULO VIII. Comunicación Inalámbrica Xbee.	80
8.1 Bray+++ Terminal y Xbee.	80
8.2 Arduino y Xbee.	82
CAPITULO IX. Integración del Sistema.	94
9.1 Creación de un modulo de entradas y salidas.	97
9.2 Instalación de los sensores.	98
9.3 Unificación de los programas en Arduino.	99
9.4 Labview.	102
9.4.1 "Frontal Panel", Panel Frontal.	102
9.4.2 Comunicación USB.	104
9.4.3 Creación de Archivo en excel.	108
CAPITULO X. Metodología, resultados, análisis y conclusiones.	111
10.1 Hierbabuena.	111
10.2 Metodología.	111
10.2.1 Toma de muestras.	112
10.3 Resultados y Observaciones.	113
10.3.1 Viernes 21 de junio del 2013.	113
10.3.2 Sábado 22 de junio del 2013.	116
10.3.3 Domingo 23 de junio del 2013.	119
10.3.4 Lunes 24 de junio del 2013.	123
10.3.5 Martes 25 de junio del 2013.	125
10.3.6 Miércoles 26 de junio del 2013.	129
10.3.7 Jueves 27 de junio del 2013.	132

10.3.8 Viernes 28 de junio del 2013.	136
10.3.9 Lunes 1 de julio del 2013.	140
10.4 Resumen de los resultados y conclusiones	145
10.5 Conclusiones.	148
10.5.1 Sensor de humedad y temperatura 0°C a 60°C.	148
10.5.2 Sensor de temperatura -10°C a 50°C.	148
10.5.3 Sensor de humedad en tierra.	148
10.5.4 Sensor de luz.	149
10.5.5 Relación existente entre la falta de irrigación y el color de las plantas.	149
10.6 Trabajo a futuro.	150
Bibliografía.	151
ANEXO I. PROGRAMA EN ARDUINO.	155
ANEXO II. MANUAL TIMER PB373EB.	165
ANEXO III. PROGRAMA EN LABVIEW.	168
ANEXO IV. CARACTERISTICAS DEL LM335.	175
ANEXO V. CARACTERISTICAS DEL HMZ-433A.	176
ANEXO VI. CARACTERISTICAS DEL "MOISTURE SENSOR" SEN0114.	177
ANEXO VII. CARACTERISTICAS DEL TCS3200.	178

Índice de figuras

Figura 2.1 Charolas con plántulas germinadas de chile.	6
Figura 2.2. Fotografía externa de uno de los semilleros.	6
Figura 2.3 Invernadero de maya.	7
Figura 2.4. Espectro electromagnético de la radiación solar y acción de la luz sobre los fenómenos fisiológicos de los	

vegetales (según De Machilis y Torrey) [3].	14
Figura 2.5. Duración del día en la ciudad de Torreón Coahuila.	15
Figura 3.1 Foto: Massimo Banzi. La placa primer prototipo, realizado en 2005, fue un diseño simple, y no fue llamado Arduino [9].	21
Figura 3.2 Arduino UNO versión R3.	22
Figura 3.3. Partes básicas de un programa en Arduino.	23
Figura 4.1. LM335.	34
Figura 4.2 Amplificador Instrumental.	34
Figura 4.3 Sensor de temperatura en grados kelvín.	35
Figura 4.4 Set Point.	36
Figura 4.5 Amplificador Instrumental.	37
Figura 4.6 Ventana serial del Arduino.	39
Figura 4.7 Termómetro LM335.	39
Figura 5.1 Sensor HMZ-433A, parte anterior y posterior.	42
Figura 5.2 Circuito a bloque de HMZ-433A.	43
Figura 5.3 Temperatura del sensor digital comparada con el sensor HMZ-433A y al igual que la humedad relativa del ambiente.	47
Figura 6.1 Horno de laboratorio.	60
Figura 6.2 Balanza granataria.	60
Figura 6.3 Un aparato de neutralización, bureta, un recipiente de plástico, una computadora y un multímetro.	61
Figura 6.4 "Moisture Sensor".	61
Figura 6.5 Sensor de tierra.	63
Figura 7. 1. TCS3200 Vista frontal. [23]	68

Figura 7.2 Diseño del sensor integrado.	71
Figura 7.3 a) Distancia entre el sensor y el led ; b) Triángulo para la aplicación de funciones trigonométricas.	72
Figura 7.4 Sensor integrado.	72
Figura 7.7. Lectura de colores con diferentes filtros.	77
Figura 8.1 Modulo XbeeShiled	83
Figura 8.2 "Xbee" mas "XbeeShiled"	83
Figura 8.3 Monitor serial del Arduino generación de una "H" y una "L".	85
Figura 8.4 Monitor serial, programa del receptor.	86
Figura 8.5 Microcontrolador de Arduino.	86
Figura 8.6 "Xbee" mas "XbeeShiled" en el Arduino.	87
Figura 8.7 Programa "Bray---Terminal".	88
Figura 8.8 Acceso son +++,	89
Figura 8.9 Código para programación de transmisión de datos.	90
Figura 8.10 Respuesta de la programación del trasmisor.	91
Figura 8.11. Se aprecia la comunicación inalámbrica entre el receptor y el emisor.	92
Figura 9.1 Estación de trabajo.	94
Figura 9.2 Hojas de plástico.	95
Figura 9.3 Estación de trabajo de plástico.	96
Figura 9.4 Temporizador cara frontal.	96
Figura. 9.5 Modulo de entradas y salida.	98
Figura 9.6 Modulo de entradas y salidas físicamente.	98
Figura 9.7 Sensores Instalad	100

Figura 9.8. Indicadores numéricos del “Front Panel”.	103
Figura 9.9. Indicadores de cadena “String Indicator”.	104
Figura 9.10 Explorador Xbee USB V1.0 ROB-0279.[29]	105
Figura 9.11 VISA Configure Serial Port, configuración.	105
Figura 9.12 VISA Close Función.	106
Figura 9.13 VISA Read y Write Function.	106
Figura 9.14 Programación de los módulos VISA	107
Figura 9.15 While Loop.	107
Figura 9.16 “Case Structure”.	107
Figura 9.17 “Merge Signals Function” y “Build Table Express”.	108
Figura 9.18. Configuración del “Build Table Express”.	109
Figura 9.19. Crear Archivo.	110
Figura 9.20. Table Properties: Table.	110
Figura 10.1 Formato de captura de datos el programa realizado en “Labview”.	112
Figura 10.2 Hoja de hierbabuena en buen estado.	113
Figura 10.3 Hoja sin clorofila.	132
Figura 10.4 Los individuos “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F” 1 de julio.	141
Figura 10.5 Hoja flácida.	142

Índice de tablas y graficas

Tabla 2.1. Vegetales influenciados por la duración del día [3].	17
Tabla 2.2 Humedad Relativa.	19
Tabla 3.1. Tipos de variables.	25
Tabla 3.2 Concentración de signos operacionales.	26

Tabla 3.3 Concentración de signos operacionales lógicos.	27
Tabla 3.4 Estructuras de programación.	28
Tabla 3.5 I/O Digitales y analógicas.	29
Tabla 3.6 I/O Escritura y lectura digital.	29
Tabla 3.7 Entrada analógica.	30
Tabla 3.8 Palabras Reservadas.	30
Tabla 3.9 Funciones trigonométricas.	32
Tabla 4.1 Análisis del comportamiento del sensor de temperatura.	38
Tabla 5.1. Análisis del comportamiento del sensor de temperatura.	40
Tabla 5.2. Comportamiento del termistor.	43
Tabla 5.3. Comportamiento del termistor.[18]	48
Grafica 5.1. Gráficos HR% contra Voltaje.	48
Tabla 5.4. Comportamiento supuesto del termistor de 15°C a 20°C.	49
Grafica 5.2. Gráficos HR% contra Voltaje 15 ^o -20°C.	50
Tabla 5.5. Pendiente.	51
Tabla 5.6. Literal "b".	51
Grafica 5.3. Gráfica Pendiente, Temperatura.	51
Grafica 5.4. Gráfica literal "b", Temperatura.	52
Tabla 5.7. Valores supuestos del comportamiento del sensor de humedad.	55
Grafica 5.5. Gráfica del comportamiento en 29°C, 30°C y 31°C.	56
Grafica 5.6. Gráfica del comportamiento en 32°C.	57
Tabla 6.2. Promedio de los resultados.	64

Grafica 6.1. Gráfico del comportamiento del sensor de humedad en tierra.	65
Grafica 7.1 Resultados obtenidos a 6 distancias diferentes del sensor TSC3200 obteniendo los resultados en cual distancia el sensor absorbe mejor la luz [24].	69
Tabla 7.1 Color complementario[22]	69
Tabla 7.2 Y 7.3 Escalador de frecuencia y selección de filtro.	70
Tabla 7.4 Muestras de plántulas de tomate.	78
Tabla 7.5 Resultados de muestreo de colores comerciales.	79
Tabla 8.1. Método 1.	81
Tabla 8.2. Método 2.	81
Tabla 8.3. Comandos básicos.	81
Tabla 8.4 Comandos básicos.	82
Tabla 8.9 Interpretación de código para transmisión.	90
Tabla 8.5 Código de Transmisor y Receptor.	92
Tabla 9.1 Programación de horas de luz.	97
Grafica. 9.1 Hora de amanecer y atardecer.	97
Tabla 10.1 Temperatura °C y Humedad Relativa % 21/06/13.	114
Tabla 10.2 Lecturas de humedad en tierra en % 21/06/2013.	114
Tabla 10.3 Toma de datos nocturna 21-22 de Junio.	115
Tabla 10.4 Datos del sensor de luz día 21 de Junio (FA= filtro azul, FR= filtro rojo, FV=filtro verde y SF=sin filtro).	116
Tabla 10.5 Temperatura °C y Humedad Relativa % 22/06/13.	117
Tabla 10.6 Lecturas de humedad en tierra en % 22/06/2013.	117
Tabla 10.7 Toma de datos nocturna 22-23 de Junio.	118
Tabla 10.8. Datos del sensor de luz día 22 de Junio (FA=	

filtro azul, FR= filtro rojo, FV=filtro verde y SF=sin filtro).	119
Tabla 10.9 Temperatura °C y Humedad Relativa % 23/06/13.	120
Tabla 10.10 Lecturas de humedad en tierra en % 23/06/2013.	121
Tabla 10.11 Toma de datos nocturna 23-24 de Junio.	122
Tabla 10.12. Datos del sensor de luz día 23 de Junio (FA= filtro azul, FR= filtro rojo, FV=filtro verde y SF=sin filtro).	122
Tabla 10.13 Temperatura °C y Humedad Relativa % 24/06/13.	123
Tabla 10.14 Lecturas de humedad en tierra en % 24/06/2013.	124
Tabla 10.15 Toma de datos nocturna 24-25 de Junio.	125
Tabla 10.16. Datos del sensor de luz día 24 de Junio (FA= filtro azul, FR= filtro rojo, FV=filtro verde y SF=sin filtro).	126
Tabla 10.17 Temperatura °C y Humedad Relativa % 25/06/13.	126
Tabla 10.18 Lecturas de humedad en tierra en % 25/06/2013.	127
Tabla 10.19 Toma de datos nocturna 25-26 de Junio.	128
Tabla 10.20. Datos del sensor de luz día 25 de Junio (FA= filtro azul, FR= filtro rojo, FV=filtro verde y SF=sin filtro).	128
Tabla 10.21 Temperatura °C y Humedad Relativa % 26/06/13.	129
Tabla 10.22 Lecturas de humedad en tierra en % 26/06/2013.	130
Tabla 10.23 Toma de datos nocturna 26-27 de Junio.	131
Tabla 10.24. Datos del sensor de luz día 26 de Junio (FA= filtro azul, FR= filtro rojo, FV=filtro verde y SF=sin filtro).	131
Tabla 10.25. Datos del sensor de luz día 27 de Junio individuos "A", "B" y "C" (FA= filtro azul, FR= filtro rojo, FV=filtro verde y SF=sin filtro).	133
Tabla 10.26. Datos del sensor de luz día 27 de Junio "D", "E" y "F" (FA= filtro azul, FR= filtro rojo, FV=filtro verde y	

SF=sin filtro).	134
Tabla 10.27 Temperatura °C y Humedad Relativa % 27/06/13.	135
Tabla 10.28 Lecturas de humedad en tierra en % 27/06/2013.	136
Tabla 10.29. Datos del sensor de luz día 28 de Junio "A", "B" y "C" (FA= filtro azul, FR= filtro rojo, FV=filtro verde Y SF=sin filtro).	137
Tabla 10.30. Datos del sensor de luz día 28 de Junio, "D", "E" y "F" (FA= filtro azul, FR= filtro rojo, FV=filtro verde Y SF=sin filtro).	138
Tabla 10.31 Temperatura °C y Humedad Relativa % 28/06/13.	139
Tabla 10.32 Lecturas de humedad en tierra en % 28/06/2013.	140
Tabla 10.33. Hojas deshidratadas contra hojas sanas.	143
Tabla 10.34 Temperatura y humedad relativa 1 de julio 2013.	144
Tabla 10.35 Humedad de tierra en los individuos 1 de julio.	145
Grafica 10.1 Comportamiento de la temperatura y de HR durante el experimento.	145
Grafica 10.2 Comportamiento de humedad en tierra	146
Grafica 10.3 Respuesta del sensor de luz ante una hoja sana.	147
Grafica 10.4 Respuesta del sensor de luz ante una hoja amarilla.	147
Grafica 10.5 Respuesta del sensor de luz ante una hoja deshidratada.	147
Índice de ecuaciones y ejemplos de programación	
Ecuación (2.1)	11
Ecuación (2.2)	12
Ecuación (2.3)	12
(ejemplo 3.1)	24
(ejemplo 3.2)	24

(ejemplo 3.3)	26
(ejemplo 3.4)	27
(ejemplo 3.5)	31
(ejemplo 3.6)	32
Ecuación (4.1)	35
Ecuación (4.2)	35
Ecuación (4.3)	36
Ecuación (4.4)	37
(ejemplo 4.1)	37
Ecuación (5.1)	41
Ecuación (5.2)	42
Ecuación (5.3)	43
Ecuación (5.4)	43
Ecuación (5.5)	43
Ecuación (5.6)	44
Ecuación (5.7)	44
Ecuación (5.8)	44
Ecuación (5.9)	44
Ecuación (5.10)	44
Ecuación (5.11)	44
Ecuación (5.12)	44
Ecuación (5.13)	44
Ecuación (5.14)	44
Ecuación (5.15)	44
Ecuación (5.16)	44
Ecuación (5.17)	45

Ecuación (5.18)	45
Ecuación (5.19)	45
Ecuación (5.20)	45
ejemplo (5.1)	46
Ecuación (5.21)	49
Ecuación (5.22)	49
Ecuación (5.23)	49
Ecuación (5.24)	49
Ecuación (5.25)	49
Ecuación (5.26)	49
Ecuación (5.27)	49
Ecuación (5.28)	52
Ecuación (5.29)	52
Ecuación (5.30)	53
Ecuación (5.31)	53
Ecuación (5.32)	53
Ecuación (5.33)	53
(ejemplo 5.2)	53
(ejemplo 5.3)	54
(ejemplo 5.4)	57
Ecuación. (6.1)	59
(ejemplo 6.1)	62
Ecuación (6.2)	65
Ecuación (6.3)	66
(ejemplo 6.2)	66
Ecuación (7.1)	71

Ecuación (7.2)	71
Ecuación (7.3)	71
(ejemplo 7.1)	73
(ejemplo 8.1)	83
(ejemplo 8.2)	84
(ejemplo 9.1)	101
(ejemplo 9.2)	101

CAPITULO I.

Introducción.

En México la problemática del campo es más que conocida, falta de recursos tanto humanos como económicos para su desarrollo han ocasionado que aquellos que cuentan con recursos para incursionar en el campo lo hagan de manera discreta y con la mayor cautela posible, evitando invertir en tecnología. Torreón, en la Región Lagunera, Coahuila de Zaragoza no está alejado del panorama general de México. La ciudad de Torreón está caracterizada por tener un clima caluroso y de pocas lluvias, la forma de cultivo que predomina en la región es el de riego, mas sin embargo la fuerte radiación solar característica de la región tiende a dañar los cultivos para evitar esto algunos empresarios han optado por cultivar en invernaderos y mayas sombras.

Las plantas necesitan de la intervención de diferentes variables como la luz, la humedad de tierra, la humedad relativa, la temperatura, el contenido de CO_2 en el aire, nitrógeno para el crecimiento sano de la misma. El monitoreo de estas y más variables pueden prevenir enfermedades o deficiencias en el desarrollo de la planta.

1.1 Planteamiento del Problema.

Se observa que la mayor preocupación de un agricultor es la producción sana de su planta, por lo cual la inversión más fuerte que se realiza en un invernadero es aquella que garantice mayor número de plantas, que brinden una gran cantidad de frutos por plantas y frutos de alta calidad en otras palabras mayor producción a menor costo.

Cuando se conoce de manera detallada los signos y síntomas del crecimiento y desarrollo de una planta a falta de algún medio físico (humedad, temperatura, etcétera), es posible prevenirlo o en dado caso que ya se haya presente una alteración corregirla de manera asertivamente y obteniendo una mayor eficiencia en los invernaderos, reduciendo costos.

Desarrollando un sistema de monitoreo será posible el conocimiento profundo del desarrollo de las plantas a la falta de un medio físico para su crecimiento.

1.2 Justificación.

Uno de los principales objetivos de la germinación de las plantas en el invernadero o semillero es que tengan un crecimiento apropiado así como el que este libres de agentes patógenos.

El monitoreo de estos parámetros en un modulo proporcionara mayor conocimiento de las alteración que pueden sufrir las plantas a la falta de un medio físico en su desarrollo, como lo puede ser agua, luz, tierra inapropiadamente mineralizada etcétera y con este conocimiento adquirido se pretende mejorar los medio de cultivo controlado de las plantas .

1.3 Objetivo de la Investigación.

1.3.1 Objetivo General.

El desarrollo de un sistema de monitoreo de parámetros ambientales y de parámetros físicos que altere el sano desarrollo de una planta.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Sistema de monitoreo en tiempo real de parámetros físicos que afectan el desarrollo de las plantas.
- Captura de datos y almacenamiento en memoria para su posible análisis.
- Sistema inalámbrico de comunicación.
- Registrar alteraciones de la pigmentación verde de las plantas al alterar los diferentes medios que interviene en su crecimiento.

1.4 Desarrollo del modulo de trabajo.

Para iniciar con el desarrollo de modulo de trabajo se seleccionan las variables físicas a medir, los sensores a utilizar, hardware y software de apoyo. Las variables físicas seleccionadas fueron, temperatura, humedad relativa, humedad en tierra y el color verde de las plantas. El rango de temperatura a medir será de -10°C a 50°C .

Los sensores seleccionados para realizar las mediciones de las variables físicas mencionadas son: Para temperatura se selecciono el LM355 (características técnicas anexo 4), este sensor

entrega $10\text{mV}/^\circ\text{K}$ (10 mili volts por grado kelvin), con un diseño electrónico que simula la ecuación de conversión de grados kelvin a grados centígrados y un acoplamiento de señal más un programación se obtiene la escala deseada de -10°C a 50°C .

Para la medición de humedad relativa se selecciono el sensor HMZ-433A (características técnicas anexo 5), este sensor tiene integrado además un sensor de temperatura resistivo con un rango de 0°C a 60°C . La humedad relativa y la temperatura están íntimamente relacionadas, puesto que a mayor temperatura mayor porcentaje de humedad relativa es capaz de contener el aire. Se obtiene una relación matemática entre las respuestas de la temperatura y de humedad relativa y con programación se obtiene el porcentaje de humedad relativa dentro del modulo.

En humedad en tierra se selecciona el sensor "Moisture Sensor" SEN0114 (características técnicas anexo 6), este sensor es considerado de baja tecnología, se realizan varias pruebas para definir un comportamiento matemático de este y por medio de programación se obtendrá una salida interpretada como porcentaje de humedad en tierra.

Para identificar el color de las hojas de las plantas se selecciona el sensor programable convertidor de luz a frecuencia TCS3200 (características técnicas anexo 7), este sensor percibe la intensidad de luz que refleja un objeto o podría interpretarse como el color de ese objeto: cuenta con tres filtros, uno azul, rojo y verde, también cuenta con la opción sin filtro. Con esta característica del sensor, se pretende observar la diferencia en la respuesta del mismo al cambio de coloración de las hojas de una planta al variar alguna variable que afecte su desarrollo sano. La frecuencia que se generara por el sensor será leída a través de programación.

Se selecciona al Arduino como tarjeta procesadora de datos y al "Labview" como interfaz entre el usuario y el sistema de monitoreo. La comunicación del Arduino al CPU se realizara de manera inalámbrica con "Xbee".

La estructura del modulo de trabajo es construida con madera y recubierta con plástico cristal (el plástico con el que se forran los cuadernos no autodherible). Los sensores son colocados dentro de la estructura de manera estratégica.

La planta seleccionada para iniciar con el experimento es la Hierbabuena, los individuos separados en tres grupos que son, el primer grupo recibida irrigación diaria con 200ml de agua

diaria, el segundo grupo con 100 ml de agua y el tercero no será irrigado. Esto se llevara a cabo por 8 días.

1.5 Desarrollo en el estudio.

Durante ochos días se revisaron las variables de temperatura, humedad relativa, humedad en tierra y color de las hojas de los individuos, los primeros días los datos fueron tomados cada 15 minutos, pero por la poca variabilidad que presentaron específicamente en el aspecto físico (coloración de las hojas) los individuos se decide espaciar el periodo de prueba a cada hora.

El primer cambio registrado de los individuos fue en la coloración, la cual cambio de verde brillante medianamente obscuro a un tono amarillo limón, también se observaron colores pardos.

Al terminar con el experimento de ochos días, el cambio entre individuos irrigados, medianamente irrigados y no irrigados, era poco o nulo. El día octavo el sistema fue apagado. Dos días después se observa signos de deshidratación en los individuos, se retoman las pruebas, las cuales son analizadas y comparadas.

1.6 Comportamiento de los sensores.

El principal móvil de la selección de los sensores anteriormente mencionados es su bajo costo y su fácil adquisición.

Los sensores en general tuvieron un comportamiento aceptable a excepción del sensor de humedad en tierra, las medidas dadas por este son aceptadas más no exactas ni precisas.

1.7 Desarrollo a futuro.

Por medio de una red neuronal es posible seleccionar aquellas plantas son sanas a las que no son sanas. Esto realizándolo con los resultados arrojados por el sensor de luz.

Es necesario cambiar o realizar más estudios con el sensor de humedad en tierra para ser sustituido o mejorar el software para la interpretación de su salida.

CAPITULO II.

Invernaderos de la Región Lagunera.

La región lagunera se caracteriza por tener un 90% de días soleados y escasas lluvias; esto es debido a que se encuentra sobre el trópico de cáncer, y está rodeada de la Sierra Madre Oriental y Occidental. La ciudad más grande de esta región es Torreón, Coahuila de Zaragoza con las coordenadas 103° 26' 30" longitud oeste y 25°32'40" latitud norte y una altura sobre el nivel del mar de 1120 metros, con escasas lluvias entre 100 y 300 mm pluvial anual y con vientos que pueden llegar a una velocidad de 44 kilómetros por hora y con tolvaneras antes del inicio de la primavera, la temperatura puede llegar a oscilar entre los -10°C hasta los 48°C, siendo su oscilación promedio de 0°C hasta los 40°C según el INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía).

El uso de invernaderos en esta región es generalmente implementado para evitar plagas, sequías y principalmente en la producción de plántulas para el cultivo externo.

El invernadero más cercano a la ciudad de Torreón Coahuila es el que está en carretera Torreón-Matamoros, el cual consta de 4 raves de malla sombra (de 1 Ha², c/u) y 2 semilleros (de 25m x 12m).

La temporada de siembra se hace en el semillero un mes antes del traspaso de la planta a la malla sombra (figura 2.3), esto es a mediados de febrero, con una producción de 1, 200,000 plántulas, en abril con 700,000 plántulas y el último en junio con una producción de 1, 000,000 plántulas. El semillero es la primera etapa del crecimiento de la plántula, las semillas son colocadas en una charola (de hielo seco o poliexpan, medidas 80cm x 70cm), con un promedio de 100 a 200 perforaciones (de 1.5 cm de diámetro), en la figura 2.1 se aprecian las charolas con plántulas de chile. En cada perforación se coloca un sustituto de suelo para el agarre de la plántula, así como es colocado una fórmula nutritiva para la misma. Se busca en esta primera etapa obtener una plántula con un tallo grueso y fuerte, raíces sanas y abundantes, altura en el rango de 13-15 cm, hojas color verde claro, libres de plagas y enfermedades. En la figura 2.2 se observa uno de los semilleros desde el exterior.



Figura 2.1 Claros con plántulas germinadas de chile.

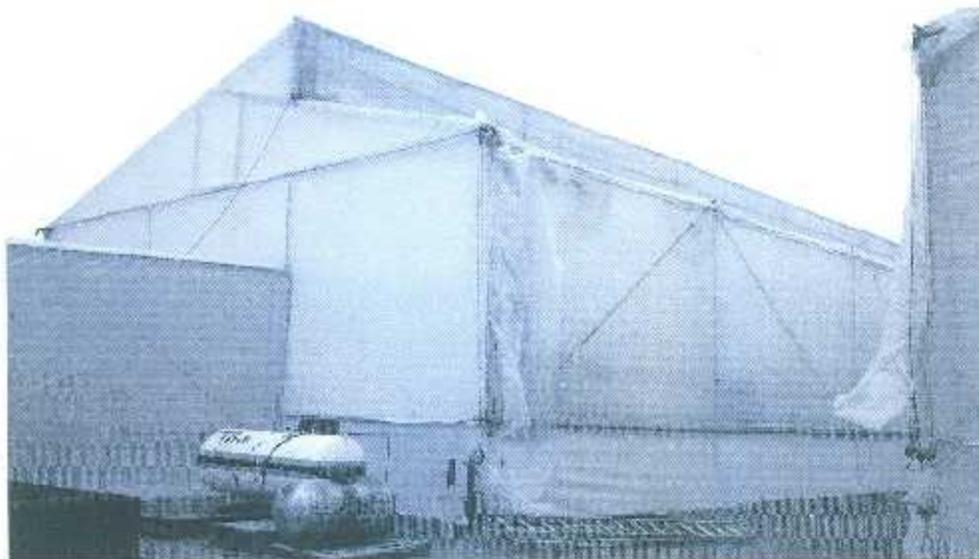


Figura 2.2. Fotografía externa de uno de los semilleros.

Una vez que la plántula se encuentra de un tamaño apropiado, tiene dos posibles destinos, uno ser cultivado en el exterior y otro ser cultivado en un invernadero de malla o nave de malla (figura 2.3), donde la plántula crecerá hasta convertirse en una planta adulta y en ese instante será plantada en el exterior para su última etapa de crecimiento donde dará frutos.



Figura 2.3 Invernadero de maya.

La producción de plantas no solo se hace en tierra dentro de la malla sombra sino también se hace de manera hidropónica (en la ausencia de suelo), se planta en una canaleta, la tierra es sustituida por fibra de coco. El costo de este proceso es 2 o 3 veces más caro que cualquier otro tipo de riego debido a que se incrementa el consumo de fertilizante y el gasto de agua, ya que el riego de la planta llega a ser de 7 a 9 veces diarias con un tiempo de 3 minutos. La producción de vegetales en invernaderos o en naves de mallas esta inclinada a la obtención de mayores frutos por planta. Para lograr lo anterior los productores invierten en alimentos, y en sistemas de bajo costo que controlen las variables físicas que intervienen en el crecimiento de la planta, como temperatura, humedad, viento de manera muy rudimentaria con sistemas manufacturados internamente, por citar un ejemplo, así como la construcción de un calentador ambiental por medio de un soplete y tanque metálico. Construyendo sus medios de control de variables físicas se pretende reducir los gastos al mínimo obteniendo una funcionalidad al máximo.

2.1 Medio Ambientales y Metabolismo de las plantas.

En la naturaleza existen dos grandes grupos de sistemas, los sistemas abiertos y los sistemas cerrados. Los sistemas abiertos son aquellos que intercambian materia, energía o ambas en el medio. Los sistemas cerrados no intercambian nada. [1][2]

Cualquier materia química que una planta requiere se llama **Nutriente o Metabolito**.

Las plantas se componen de sustancias químicas orgánica e inorgánicas; las sustancias orgánicas se llaman alimento. Las sustancias orgánicas e inorgánicas son para la perpetuación y mantenimiento de la planta. Las plantas fotosintetizadoras y quimiosintetizadoras elaboran metabolitos orgánicos.

El sol es el que activa en las plantas vivientes la fotosíntesis, con esto las plantas mueven los componentes de la tierra a través de sus cuerpos, iniciando la generación de carbohidratos.

El medio ambiente global está compuesto de tres capas principales: Hidrósfera, todo componente líquido, océanos, lagos, ríos etc., Litosfera, componentes sólidos, rocas mantos etc., y la Atmósfera, el manto gaseoso que envuelve las capas anteriores.

De cada capa del medio ambiente las plantas obtienen algo para su desarrollo, de la hidrósfera obtienen agua, de la litosfera los minerales y de la atmósfera el oxígeno, nitrógeno y bióxido de carbono. [1][2]

2.1.1 Litosfera e Hidrósfera.

El agua es el principal componente inorgánico requerido para las plantas, ya que es fuente única del elemento hidrógeno y una de las variables fuentes de oxígeno

La litosfera juega dos papeles importantes en el metabolismo de la planta. Primero es la fuente exclusiva de la mayoría de los metabolitos *minerales*, segundo, constituye el componente básico del *suelo*.

El agua al estar en contacto con las rocas, ésta disuelve pequeñas cantidades de ella, donde el agua adquiere un pequeño contenido mineral, éstos minerales son disueltos en su mayoría en forma de iones. En resumen el agua también es parte fundamental de minerales para las plantas. Los iones mayormente usados por las plantas son, iones de nitratos (NO_3^-), fosfatos (PO_4^{3-}), cloruros (Cl^-), carbonatos (CO_3^{2-}), sulfuros (SO_4^{2-}), iones de sodio (Na^+), potasio (K^+), calcio (Ca^{++}), manganeso (Mn^{++}), magnesio (Mg^{++}), cobre (Cu^{++}) y hierro (Fe^{3+}).

El suelo contribuye de dos formas muy importantes al desarrollo de la planta. Primero, proporciona agarre (anclaje) mecánico, sin impedir el crecimiento de las raíces; segundo retiene el agua y los iones minerales. [1][2][13]

2.1.2 Atmósfera.

La atmósfera está compuesta de: oxígeno O_2 (cerca del un 20%); bióxido de carbono CO_2 (cerca del 0.03%), nitrógeno N_2 (cerca de un 79%), vapor de agua en diversas cantidades, y restos mínimos de gases inertes (helio, ricón, kriptón, argón, xenón); a excepción de los gases inertes todos sirven como metabólicos. [1][2][13]

El ciclo del oxígeno se explica inicializando en que el oxígeno se requiere en la respiración de la planta, el oxígeno al unirse con el hidrógeno se obtiene agua. El agua tiene tres destinos posibles, primero regresar a la atmósfera, segundo como material de construcción en la formación de más materia viviente, siendo fuente de oxígeno e hidrógeno y por último es utilizada como materia prima fundamental en la fotosíntesis. Se descompone el agua en oxígeno e hidrógeno, este último sirve para la producción de alimento y el oxígeno es un subproducto y es liberado.

El bióxido de carbono atmosférico es la única forma de carbono que entra en contacto con la planta. El bióxido de carbono entra al medio viviente a través de la fotosíntesis. El carbono cumple con dos funciones principales; la primera ser material de construcción de materia orgánica viva y segunda como combustible de respiración, dejando como subproducto bióxido de carbono, de esta manera se resume el ciclo del carbono. [1]

El ciclo del nitrógeno inicia en la planta en donde ésta lo usa para la construcción de proteínas, nucleoproteínas etc. La fuente de nitrógeno en las plantas no es aquella que se encuentra en la atmósfera puesto que es en su mayoría es inerte, el que se utiliza para esto son los nitritos del suelo (NO_3^-), es de aquí que se absorbe como mineral metabólico, y el que es convertido en grupos de amínicos ($-NH_2$). [1][13]

2.2 Nutrición de la Planta.

En las plantas los elementos nutricionales son de dos tipos: Aquellos que funcionan en la obtención de metabolitos inorgánicos y orgánicos; y aquellos que funcionan en el transporte de todos los nutrientes hacia y dentro de todas las células.

Las funciones de obtención incluyen la absorción de nutrientes prefabricados o preexistentes en el medio ambiente, y la fabricación de nutrientes dentro de la célula que no existen previamente. [1]

2.2.1 Patrones nutricionales.

Las plantas se dividen en dos grandes grupos de acuerdo a su capacidad de producir o no alimento.

- *Plantas autótrofas*: Plantas que viven en medios completamente inorgánicos y son capaces de fabricar su propio alimento.
- *Plantas heterótrofas*: No son capaces de crear alimento a través de metabolismo inorgánico y deben de absorber mínimas cantidades de alimento prefabricado del medio ambiente.

También tiene otra división en cuanto a la fuente de energía primaria se refiere. El primer grupo es el de las *fotosintetizadoras*, donde la energía solar es la base de su energía. El segundo grupo, es el de *quimiosintetizadoras*, donde obtienen su mayor energía de sustancias químicas. [1]

Con la combinación de estas características obtenemos cuatro grupos de plantas:

- *Fotofitótrofas*: Necesitan luz y fabrican sus propios alimentos "plantas verdes".
- *Quimiolitótrofas*: Requieren energía química y fabrican sus propios alimentos.
- *Fotoorganótrofas*: Necesitan luz y deben de obtener material orgánico prefabricado.
- *Químioorganótrofas*: Requieren energía química y deben de obtener material orgánico prefabricado.

2.2.2 Absorción y transporte.

Existen dos procesos: uno difusión, material orgánico o inorgánico disuelto y la difusión osmótica, en el caso del agua.

La absorción del agua también requiere energía, aunque generalmente es un proceso osmótico de mayor a menor concentración.

Los minerales absorbidos por la plantas la células los absorben por medio de difusión, esto es solo si la concentración de mineral es mayor afuera que dentro de la célula.

El transporte se realiza una vez que todos los metabólicos estén dentro de la planta, los cual se lleve a cabo por difusión o ciclosis.

Los diferentes tipos de conductores en una planta son:

- *Conducción del Xilema.* Es el tejido que permite la conducción del agua y de los minerales absorbidos por la planta (localizado en el corazón de la raíz), los nutrientes se reparten del centro hacia afuera, y de arriba hacia abajo.
- *Conductos del floema.* Es el conducto de alimentación que va de un solo sentido de abajo hacia arriba, y de arriba para abajo. [1][2]

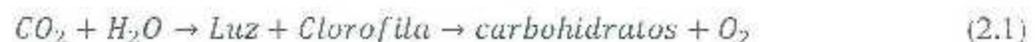
2.3 Fotosíntesis.

Atraves de la fotosíntesis se producen los carbohidratos (CO_2 , H_2O y luz) que constituyen las materias primas básicas que directa o indirectamente, dan origen a todos los componentes orgánicos virtualmente a toda la energía viviente.

La luz descompone el H_2O , separando el hidrógeno y le oxígeno quedando libre como un subproducto y el hidrógeno libre para unirse al bióxido de carbono formando un carbohidrato.

Se calcula que alrededor de 200 mil millones de toneladas de carbono pasan por el proceso de la fotosíntesis. [1]

El científico Van Helmont, demostró que el crecimiento de la planta estaba basado en el riego de la misma así como Priestley con un experimento encontró la interrelación existente entre la producción de CO_2 de los animales y la producción de oxígeno en las plantas. Al encontrar esta interrelación se encontró la ecuación 2.1 fotosintética total. [1]



Esta ecuación no describe la reacción fotosintética, ni da la información completa de todos los elementos requeridos para la obtención de carbohidratos, sin embargo da una idea de lo que es la fotosíntesis.

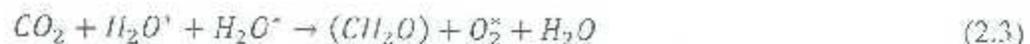
La clorofila es un pigmento que refleja la luz verde, y esto es debido a que la luz verde no es requerida para la fotosíntesis; cualquier otro tipo de luz es aceptada para la fotosíntesis.

Los cloroplastos es el colorante verde aunque existen pigmentos de diferentes colores los cuales son producidos por los carotinoides y grana. De igual manera estos se encargan de la fotosíntesis.

Retomando la reacción que explica la fotosíntesis se toma como base la unidad más simple de un carbohidrato es CH_2O (aunque la unidad más simple producida por la fotosíntesis es el triple de esta, es decir $C_3H_6O_6$), con esto se puede definir de mejor manera una ecuación unitaria 2.2, [1].



El oxígeno fuente para la fabricación de los carbohidratos en la fotosíntesis es el que proviene del bióxido de carbono. La ecuación 2.2 no está balanceada, con esto se concluye que se requieren dos moléculas de agua por una molécula de bióxido de carbono para la realización de la fotosíntesis, quedando de la siguiente manera, fórmula 2.3.



La fotosíntesis se puede separar en dos etapas la *fotoólisis*, la separación del agua en presencia de la luz y la clorofila. La segunda etapa es la *fijación del bióxido de carbono*, esto es la combinación del hidrógeno producido por la fotoólisis con el carbono y el oxígeno del bióxido de carbono. [1][2]

2.4 Invernaderos.

La función de un invernadero es modificar el ambiente para la mejor producción de la plantas ya sea de manera masiva para el abastecimiento a diferentes sembradío de plántulas o para la venta directa del producto final al consumidor. Proteger a las plantas de las inclemencias del tiempo así como de plagas y enfermedades. Se inicia con la selección del lugar, el cual no

debe de tener cerca arboles ni edificios y de ser posible pensar en una expansión a futuro, que tenga cercanía de corriente eléctrica y agua potable. El suelo debe de tener una permeabilidad aceptable para el correcto flujo del agua, se recomienda que tenga 4° de inclinación de un extremo al otro del invernadero.[3][5][6][7]

Se usan los invernaderos en floricultura y en la producción forzada de plantas horticolas especialmente de aquellas que se quieren producir con algunas anticipaciones a las sembradas en campo abierto, para obtener mejores precios en la cosecha.[3]

La temperatura de los invernaderos puede elevarse al grado conveniente en temporadas de mucho frío por medio de estufas, calentadores de electricidad o colocando dentro de ellos montones de estiércol que se humedecen para que su fermentación eleve la temperatura ambiental.[3] [5][6][7]

El uso de los invernaderos o de los invernáculos en los climas fríos de algunas regiones queda justificado por el elevado precio de las verduras, flores o frutos que en ellos se logran producir, sin embargo en regiones cálidas son también usados con regularidad.

La construcción de los invernaderos debe de ser de norte a sur, esto para que la sombra viaje de oriente a poniente conforme transcurre el día, los tamaños estándar de un invernadero son de 30m a 40m, con una altura de 2,5m o un máximo de 3ft. [5][6][7]

2.4.1 Materiales utilizados como cubierta.

Para la construcción de la cubierta de los invernaderos se busca materiales que permitan el paso de las ondas electromagnéticas del sol y que no les permita salir (retención del calor), entre otras características que se buscan son la transparencia, opacidad a las radiaciones nocturnas, condensación de humedad, resistencia a la rotura, flexibilidad, durabilidad, éstas características son encontradas generalmente en los polímeros, como el PVC, PMM (polimetacrilato de metilo).[3]

La energía luminosa del sol es radiada como ondas electromagnéticas, la cual se mide en "Longitud de onda" misma que se mide en Angstrom (décima parte de una milimera o diezmillonésima parte del milímetro), en la medición de la luz, hay que tomar en cuenta los conceptos "período" y "frecuencia". Las plantas tienen como espectro de luz óptimo para su desarrollo 3900 y 8100 Angstrom, esto se aprecia en la figura 2.4.[3]

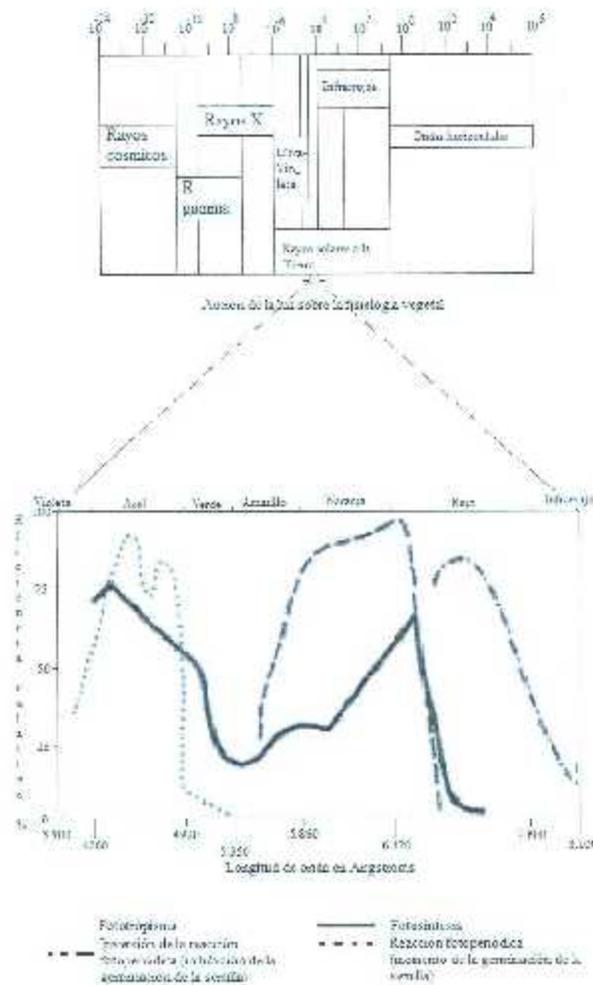


Figura 2.4. Espectro electromagnético de la radiación solar y acción de la luz sobre los fenómenos fisiológicos de los vegetales (según De Macmillan y Torrey) [3].

Del cien por ciento de la luz que es emitida por el sol existen pérdidas, ocasionadas por el efecto de reflexión que se lleva a cabo debido a: la humedad relativa, cantidad de partículas suspendidas en la atmósfera, época del año en la cual se encuentra, grado de inclinación de la tierra.

Los lugares geográficos situados en el trópico de Cáncer reciben los rayos solares perpendicularmente, al mediodía del día 21 de junio (solsticio de verano), en cambio los situados en el trópico de Capricornio recibirán al Sol perpendicularmente al mediodía del 22

de diciembre (solsticio de invierno) [3]. En la ciudad de Torreón Coahuila se presenta días muy largos, y pocos nublados esto se muestra la figura 2.5.

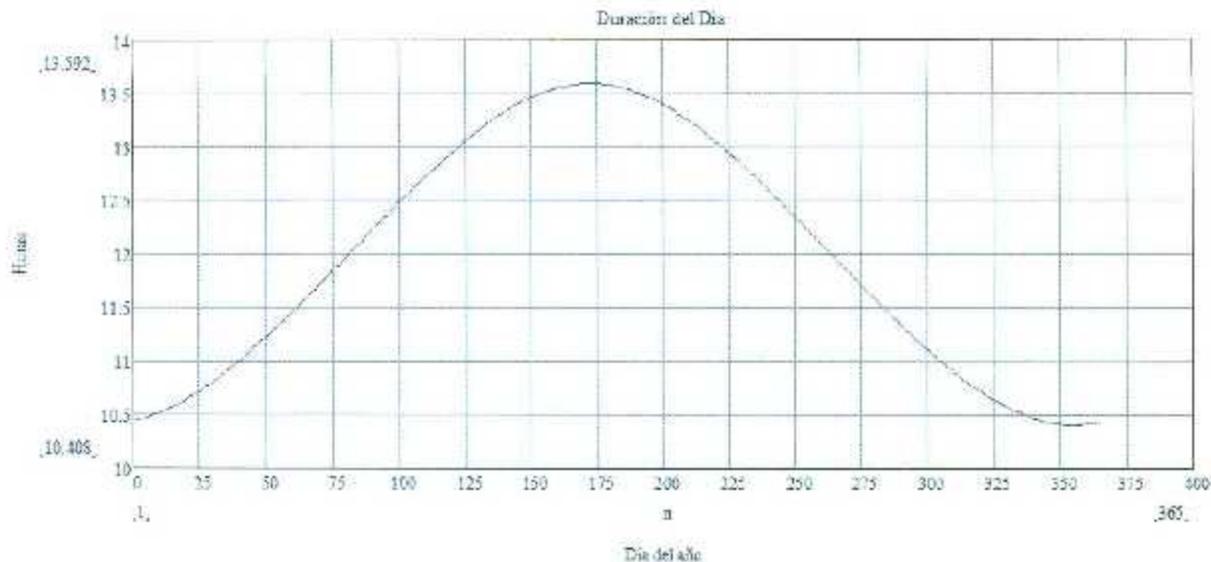


Figura 2.5. Duración del día en la ciudad de Torreón Coahuila.

En la figura 2.5 se muestra que el tiempo mínimo de duración del día es 10.408 horas y los días más largos tiene una duración de 13.582 horas.

Hay que tomar en cuenta que la radiación solar dentro de un invernadero es siempre menos a la que existe en el exterior lo cual es lógico por la pérdida por reflexión y absorción del material de la cubierta. La radiación que penetra dentro del invernadero, con longitud de onda corta, es tomada por el suelo, los vegetales y los cuerpos que hay dentro de la instalación, convirtiéndose en energía térmica, que a su vez, es irradiada en forma de radiaciones térmicas de longitud de onda larga.

En las construcciones de invernaderos, para que un invernadero aproveche al máximo la radiación solar, es necesario que el techo este a 90° grados en relación a la caída de la radiación solar, ahora bien, las paredes y el techumbre que no esté expuesto a la radiación directa del sol, también recibe energía por medio de la luz difusa que llega a esas superficies. Una vez construido un invernadero hay que considerar el control de los factores climáticos esto para el funcionamiento óptimo del invernadero; los factores son los siguientes;

luminosidad, temperatura, humedad, concentración de CO_2 y oxígeno. El control se debe de llevar a cabo sin evitar que uno u otro de los factores quede minimizado, ya que esto evita el adecuado desarrollo de las plantas.

Estos factores actúan de la siguiente manera en el desarrollo de la planta:

- Absorción de las raíces de las soluciones del suelo, con humedad óptima y temperatura controlada.
- Producción de elementos orgánicos por medio de la fotosíntesis, cuando en el ambiente hay luminosidad suficiente, con una concentración óptima de CO_2 , a una temperatura adecuada.
- Transpiración del vapor de agua excedente en la planta, cuando la humedad no es excesiva y la temperatura es la apropiada.
- Respiración óptima del vegetal en un medio excedente en oxígeno y normal en CO_2 , temperatura y humedad.

2.4.2 Luminosidad dentro del invernadero.

La luminosidad en el invernadero interviene en la fotosíntesis, fotoperiodismo (reacción fisiológica de los organismos, plantas y animales, a la duración del día o la noche) y en el fototropismo (respuesta del vegetal frente al estímulo luminoso): en el crecimiento del tejido, en la floración y en la maduración de los frutos. En la tabla 2.1 se muestra la influencia de la duración del día en el desarrollo del vegetal.[5][6][7]

A medida que aumenta la luminosidad en el interior del invernadero hay que aumentar la temperatura, la humedad relativa y el CO_2 para obtener el máximo rendimiento de la fotosíntesis. Al aumentar la luminosidad aumenta la temperatura y de manera inversa disminuye la humedad y la cantidad de CO_2 y aumentar la actividad fotosintética.

En las zonas comprendidas entre los 24° y 44° latitud norte no existen problemas con la luminosidad esto es arriba del trópico de cáncer $23^\circ 27'$ latitud norte.

2.4.3 Temperaturas dentro del invernadero.

Existen diferentes medios para calentar invernaderos, gas natural (metano), gas LP (propano), aceite de diesel N°2, madera, electricidad, o incluso una bomba de calor, hay que evitar que la combustión de estos métodos de calefacción entren al invernadero, puesto que algunos vegetales son altamente sensibles a la contaminación.[5][6][7]

Tabla 2.1. Vegetales influenciados por la duración del día [3].

Tabla 2.1 Influencia de la duración del día sobre determinados cultivos		
Día Largo	Día corto	Indiferente
Uspinacci	Fresón	Tomate
Lechuga	Crisantemo	Pimiento
Rábano	Fresa	Judía
Col-rábano	Cosmos	Guisante
Escarola	Bougainvillea	Melón
Borraja	Gardenia	Calabacín
Berenjena	Kalanchoe	Sandia
Col-china	Tagetes	Pepino
Remolacha	Zinnia	Espárrago
Papa	Crassula	Pelargonium
Petunia	Cactus	Ciclamen
Gladfole	Tulipán	Dianthus
Aster	Jacinto	Clavel
Calendula	Poinsetia	Rosal
Liliuam	Primulas	
Lathyrus		
Dalia		
Margarita		

Cada vegetal tiene bien definidas las temperaturas requeridas para cada función vital de las mismas (transpiración, respiración, fotosíntesis, germinación, crecimiento, floración y fructificación).

La temperatura mínima en la cual se desarrolla un vegetal se le conoce como “temperatura mínima latente” y de manera inversa a la mayor temperatura en la cual el vegetal presenta un desarrollo se le conoce como “temperatura máxima latente”. [4]

Para un desarrollo vegetativo adecuado de la planta se deben de considerar las variables de temperatura que deben de existir entre el día y la noche, como es en el caso del tomate; las condiciones ideales para el crecimiento y desarrollo de esta planta son aquellas en donde las temperaturas en el día oscilan entre los 20° y 28° C y en la noche no descienden de los 12° C.

La planta del tomate no tolera las heladas, y las temperaturas inferiores a los 10° C por la noche pueden afectar de manera negativa el desarrollo de los frutos, por lo tanto hay que considerar la temperatura para el desarrollo óptimo del vegetal. [4]

2.4.4 Ventilación.

En ambientes externos no se presenta un problema con el control del bióxido de carbono, puesto que el que existe en la atmósfera es constante en 0.03% y se considera el apropiado, para el proceso de la fotosíntesis. Ahora bien se presenta preocupación con los suelos ya que estos deben de presentar una permeabilidad buena para evitar la asfixia de las raíces.

Ahora bien en la construcción de invernadero se debe de colocar extractores en el extremo del invernadero contrario hacia donde sopla el viento para que ellos no estén soplando contra él, donde el intercambio de aire debe de ser por minuto. El intercambio de aire, baja los niveles de humedad, regula el nivel de bióxido de carbono. [4][5][6][7]

Ahora bien, independientemente de que los ventiladores o extractores estén prendidos, es necesario mantener un flujo constante de aire, ya que esto influye en la salud de los cultivos, debido a que mantiene el ambiente más uniforme, el movimiento del aire ayuda a mantener la hojas sin exceso de humedad, previniendo la condensación lo cual podría ocasionar sombras y a su vez disminuir la fotosíntesis y desde luego mantiene constante la cantidad de bióxido de carbono en el ambiente. Esto se logra con la instalación de ventiladores de bajo volumen los cuales se deben de apagar al prender extractores mucho más grandes, a este flujo extra de aire se le conoce como flujo horizontal de aire.

2.4.5 Enfriamiento.

Una manera de enfriar el interior de un invernadero es usando una pared de humedad de manera adicional a los ventiladores. Al lado opuesto de los extractores se proporciona humedad al aire que entra, esto es por medio de un sistema de goteo dirigido a un material absorbente, para que éste sistema sea eficaz es necesario que el aire exterior tenga una

humedad relativamente baja, a mayor humedad en el exterior del invernadero el sistema se vuelve obsoleto, pero en regiones desérticas es eficiente. [5] [6] [7]

2.4.6 Humedad dentro del invernadero.

Para un valor constante de vapor de agua en la atmósfera del invernadero (humedad absoluta), a medida que aumenta la temperatura de la atmósfera del invernadero, disminuye la humedad relativa de la misma, y al igual que disminuye la temperatura aumenta la humedad relativa. [4] La humedad influye en el crecimiento del tejido de la planta, en la fecundación de las flores y en el desarrollo de enfermedades criptogámicas. [4]

Tabla 2.2 Humedad Relativa.

Tabla 2.2 Humedad Relativa Óptima de Algunos Cultivos en Invernadero	
Cultivo.....	Humedad (%)
Tomate.....	50-60
Pimiento.....	50-60
Berenjena.....	50-65
Pepino.....	70-90
Melón.....	60-70
Calabacín.....	65-80
Sandía.....	65-75
Judía.....	60-75
Fresón.....	70-80
Guisante.....	65-75
Lecuga.....	60-80
Acelga.....	60-70
Apio.....	65-80

La humedad también influye en la transpiración, a mayor humedad menos posibilidades hay de aumentar la evaporación esto se puede contrarrestar al aumentar la temperatura. Aumentando la transpiración, aumenta la cantidad de sales en el área donde se realiza la fotosíntesis y disminuye ésta, ahora bien si la fotosíntesis es parada por la falta de luminosidad, la transpiración de las plantas es menos y no importa la cantidad de humedad y desaparece el riesgo de enfermedades criptogámicas.[4]

Cada especie de vegetales, varía en la cantidad de humedad relativa en la atmósfera, pero de manera general se puede establecer que se requiere de un 60% a 90% de humedad. [4]

CAPITULO III.

Historia del Arduino.

Arduino inició como un proyecto en el Instituto de Diseño Interactivo IVREA en 2005, se quería desarrollar una herramienta para los estudiantes de esta institución de bajo costo. Su nombre proviene del Bar di Re Arduino donde Massimo Banzi uno de los integrantes del proyecto Arduino pasaba horas, a su vez este nombre proviene de un antiguo rey europeo que vivió en el siglo IX. En el desarrollo de la tarjeta Arduino participaron varios alumnos destacando Hernando Barragan, Colombiano que desarrollo la plataforma de programación Wiring con la cual se programa el microcontrolador. La grandeza de la Arduino recae en que es un hardware libre. El Arduino pasó a ser una de las principales herramientas de DIY (Do It Yourself). En el 2011 se presentó la placa Arduino de 32 bits para el desarrollo de proyectos más complejos [9]. El primer prototipo del Arduino se aprecia en la figura 3.1.

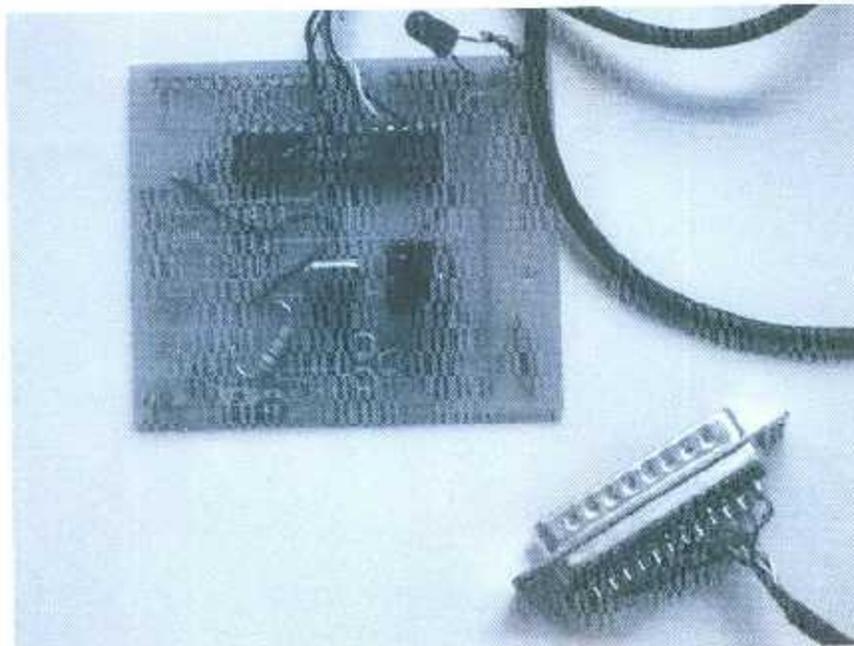


Figura 3.1 Foto: Massimo Banzi.

La placa primer prototipo, realizado en 2005, fue un diseño simple, y no fue llamado Arduino [9].

3.1 Descripción del Arduino.

El Arduino es una tarjeta de hardware libre, de color azul-verde. A la fecha se tienen distintos modelos de la tarjetas Arduino, así como la Arduino UNO, Nano, Mega, Mini, Ethernet, Fio etc. [9]

La tarjeta Arduino UNO con microcontrolador ATmega328, es con la cual se está desarrollando el presente proyecto, cuenta con 14 pines digitales que funcionan I/O, numerados en el rango de 0-13. Seis entradas analógicas numeradas del 0-5, con un convertidor cada una de 0-1023 bits. Seis de los pines digitales pueden ser programadas como salidas de PWM; estos son los pines 3, 5, 6, 9, 10 y 11. Un cristal de 16MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabeza de ICSP, un botón de reset; su voltaje de operación es de 5V, memoria flash de 32KB, SRAM 2KB, EEPROM 1KB. Los pines 0 (RX) y 1(TX), son utilizados para la recepción y transmisión de datos TTL. Los pines 2 y 3 pueden ser configurados para la activación de interrupciones externas. Los pines 10 (SS), 11(MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK) sirven de apoyo a la comunicación SPI (Serial Peripheral Interface). Tres pines como tierra, 0V Un pin de 3.3V de salida y tres pares de pines de programación. En la figura 3.2 se observa la Arduino UNO versión R3.[8]

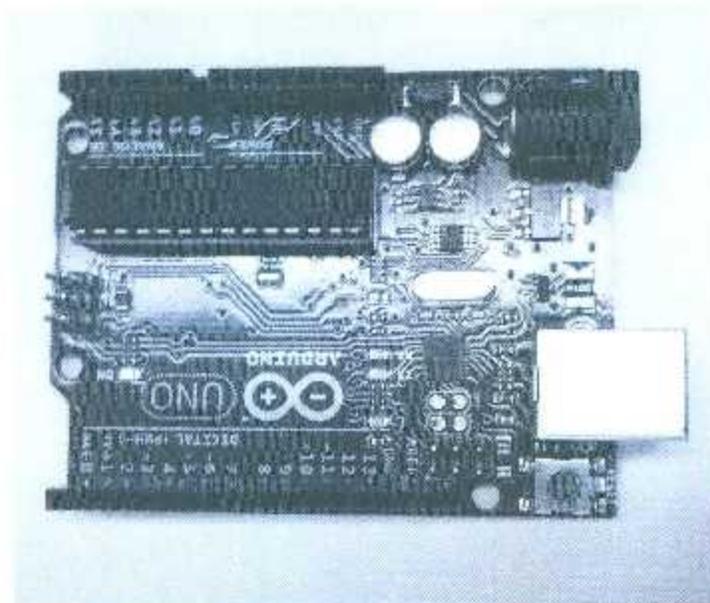


Figura 3.2 Arduino UNO versión R3.

3.2 Programando en Arduino.

La estructura de programación del Arduino es una estructura básica en C. La estructura básica de un programa en Arduino está integrada en tres partes básicas, lo cual se observa en la figura 3.3, la parte a) es en donde se declaran variables y constantes; la parte b) `setup()` es la preparación y la c) `loop()` es la ejecución; las dos últimas funciones son necesarias para la ejecución exitosa del programa.[8][10]

La función `setup` también se declaran algunas variables, es la primera función que corre y solo lo hace una vez. Es usado para establecer el modo en el cual trabajaran los pines si como entrada o salida; también se utiliza inicializar la comunicación serial. La función `loop`, incluye el código que será ejecutado de manera continua.[8][10]

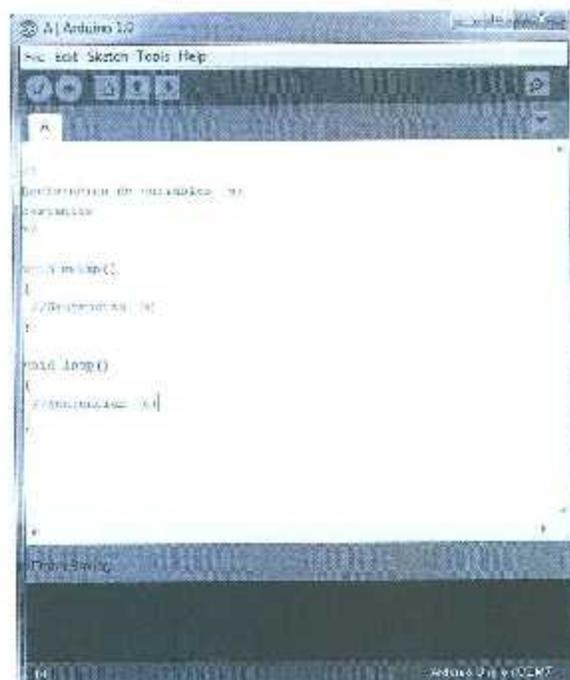


Figura 3.3. Partes básicas de un programa en Arduino.

3.2.1 Sintaxis.

La sintaxis es la forma correcta de escribir en un lenguaje de programación, y como cualquier otro lenguaje de programación Arduino cuenta con sus reglas de sintaxis. La primera es el punto y coma; el cual se coloca al finalizar una sentencia, por ejemplo; `int y=10`. El block de

comentarios `/*...*/` en este espacio se colocan notas que no pertenecen al lenguaje de programación, por ejemplo `/* Declaración de variables constantes*/`; dicho ejemplo se observa en la figura 3.3, en donde este comentario aparece de un color gris, el cual se significa que será ignorado en el lenguaje de programación. Doble línea `//` aquí solo se ignora el comentario que esta después de la doble línea, también se observa en la figura 3.3. Los corchetes `{ }`; marcan el inicio y el final respectivamente de un grupo de instrucciones, figura 3.3. [8][10]

3.2.2 Variables.

Una variable es una forma de nombrar y almacenar un valor numérico para su uso posterior por el programa. En el ejemplo 3.1 se hace la declaración de una variable `luz`, la cual es asignada con un valor cero, después se le asigna el valor analógico encontrado en el pin 2. [8]

(ejemplo 3.1)

```
int luz = 0;           // declaración de la variable y asignación de un valor
luz = analogRead (2); //se guarda en la variable luz el contenido del pin2 analógico
```

Antes de usar una variable esta tiene que ser declarada e indicando que tipo de dato tendrá; `int`, `long`, `float`, etcétera. En el ejemplo 3.1 tenemos la declaración de una variable entera con la palabra `int`.

Una variable puede ser declara antes del `void setup ()`, si la variable es declarada en este espacio (figura 3.3 inciso a)); será considerada una variable global, es decir que se podrá usar esta variable en cualquier función o parte del programa. También una variable puede ser declarada de manera local es decir dentro del `void loop ()` (figura 3.3 inciso c)) ó dentro de una función. En el ejemplo 3.2 se aprecia la declaración de variables locales y globales.[10]

(ejemplo 3.2)

```
int luz;              //declaración de una variable global
void setup ()
```

```

{Serial.begin(9600); //no requiere variables
}

void SENSOR_FREQ()
{ int a=0;          //declaración en una variable local en la función SENSOR_FREQ()
  a=a+1;          // la variable "a" solo podrá ser llamada en esta función.
}
void loop ()
{ for (int b=0; b<25;) //declaración de una variable dentro del for "int b=0"
  {                // de igual manera que la parte anterior la variable "b"
    b--;          //solo podrá ser llamada en el for
  }
float prom;      // variable declarada dentro del void loop ()
}                //por lo tanto es exclusiva del void loop ()

```

Así como existen diferentes tipos de variables en diferentes lenguajes de programación Arduino también los maneja como se observan en la tabla 3.1.[8][10][11]

Tabla 3.1. Tipos de variables.

Tipo	Característica
Byte	Números enteros de 8 bits. Rango numérico 0-255.
Int	Números enteros de 16 bits. Rango numérico -32,767 a 32,767
Long	Números largos enteros de 32 bits. Rango numérico -2,147,483,648 a 2,147,483,647
Float	Número de punto flotante de 32 bits. Rango numérico 3.4028235E+38 a 3.4028235E-38
Arrays	Conjunto de datos los cuales pueden ser de cual tipo de dato que son accedidos mediante un índice.

La variable arrays en el Arduino se declaran como se presentan en el ejemplo 3.3.

(ejemplo 3.3)

```
byte arreglo[4]; //arreglo: variable con 4 posibles posiciones para guardar datos de tipo byte.
arreglo [2]=5; //en la posición 2 de arreglo se guarda el dato 5
```

3.2.3 Operadores.

El Arduino cuenta con operador aritmético, de asignación, de comparación y lógicos en tabla 3.2 y 3.3 se concentran estos operadores.[11]

Tabla 3.2 Concentración de signos operacionales.

Operadores aritméticos		
Signo	Operación	Ejemplo con sintaxis
+	Suma	y=y+5;
-	Resta	x=x-4;
*	Multiplicación	w=y*3;
/	División	j=a/2;
Operadores de asignación		
Signo	Operación	Ejemplo con sintaxis
++	x=x+1	x++;
--	x=x-1	x--;
+=	x=x+y	x+= y;
-=	x=x-y	x-=y;
*=	x=x*y	x*=y;
/=	x=x/y	x/=y;
Operadores de comparación:		
Signo	Operación	Ejemplo con sintaxis
==	Es igual a	a==b;
!=	No es igual a	a!= b;
<	Es menos que	a<b;
>	Es mayor que	a>b;
<=	Es menor o igual que	a<= b;
>=	Es mayor o igual que	a>= b;

3.2.4 Constantes.

Las constantes son valor predeterminado y Arduino cuenta solo con algunas constantes. Las constantes que se presentan son:

Tabla 3.3 Concentración de signos operacionales lógicos.

Operadores de lógicos		
Signo	Operación	Ejemplo con sintaxis
&&	AND	IF (y>0 && < 5);
	OR	IF (x > 0 y > 0);
!_>_	NOT	IF (! x>0);

*Constantes booleanas: True/False; verdadero, falso respectivamente una definición alternativa a esto es True=1; false=0.(ejemplo 3.4)

- Constante para el estado del pin: High/Low; alto, bajo; respectivamente; uno, cero; respectivamente y 5V, 0V; respectivamente. Esta constante es utilizada en la escritura o lectura de un pin. (ejemplo 3.4)
- Constante de entrada salida del pin: Input/Output; entrada, salida respectivamente. Esta constante es utilizada para definir el modo en el cual funcionara el pin, es decir que funcione como entrada o que funcione como salida. (ejemplo 3.4)[8][10].

(ejemplo 3.4)

```
void setup()
{ pinMode(11,OUTPUT); //constante, pin como salida
}
void loop()
{ if(c==TRUE)           // constante, si c es verdadera
  {a++;                 //suma uno a "a"
  digitalWrite(11,HIGH); // constante, sacar una señal alta en el pin 11
  }
}
```

3.2.5 Estructuras condicionales de programación.

El Arduino básicamente cuenta con las mismas estructuras que cualquier otro lenguaje de computación en la tabla 3.4 se muestra y explica las mismas.[11]

Tabla 3.4 Estructuras de programación.

Estructura	Ejemplo con sintaxis	Decodificación
if(<i>condición</i>) { <i>sentencia</i> }	if (<i>cont</i> ==2) { <i>dif</i> = <i>b-a</i> ; }	Si la variable " <i>cont</i> " es igual a 2 guardar en " <i>dif</i> " la diferencia entre " <i>b</i> " y " <i>a</i> ".
if(<i>condición</i>) { <i>sentencia</i> } else { <i>sentencia</i> }	if (<i>cont2</i> <=-10) { <i>total</i> = <i>dif</i> ; } else { <i>prom</i> = <i>total</i> /10; }	Si la variable " <i>cont2</i> " es menor o igual a 10, <i>total</i> es igual a " <i>total</i> " mas " <i>dif</i> " si no " <i>prom</i> " es igual a " <i>total</i> " entre 10.
for (<i>inicialización; condición; expresión</i>) { <i>acciones</i> }	for (int <i>i</i> = 2; <i>i</i> < 8; ++) {Serial.println("Hola"); }	La variable " <i>i</i> " se inicializa en 2, mientras sea " <i>i</i> " sea menor a 8, incrementa " <i>i</i> " en uno; escribe "Hola".
while(<i>condición</i>) { <i>acciones</i> }	While (<i>i</i> <10) {Serial.println("Hola"); <i>i</i> ++; }	Mientras " <i>i</i> " sea menor a 10 escribe "Hola" e incrementar " <i>i</i> " más uno.
Do { <i>acciones</i> } while (<i>condición</i>);	Do {Serial.println("Hola"); <i>i</i> ++; } while (<i>i</i> <10);	Hacer...imprimir "Hola"; e incrementar " <i>i</i> " más uno...mientras " <i>i</i> " sea menor que 10.

3.2.6 Entradas/Salidas Digitales y Analógicas.

El Arduino cuenta con entradas/salidas digitales y analógicas, para usarlas hay que conocer las palabras reservadas, en la siguiente tabla 3.5 se observan una de ellas:[8][10]

Una vez que se haya declarado el pin digital, como entrada o salida según sea el caso; tenemos que leer el dato de entrada ó escribir en el dato de salida, al ser entrada o salida digital solo tenemos dos datos por escribir ó leer, 1,0; alto o bajo; para realizar esta acción tenemos dos palabras reservadas que se explican en la tabla 3.6.[8][10]

Tabla 3.5 I/O Digitales y analógicas.

Digitales	
Estructura	Ejemplo con sintaxis
pinMode (Pin, modo)	<pre>const int luz = 13 // Se realiza la declaración de las constantes, donde estas const int val = 12 // son el pin con el cual se va a trabajar. void setup () // En el setup() se realiza la designa del modo de trabajo { // del pin si será como entrada o salida. pinMode (luz, OUTPUT); //Pin 13, denominado "luz" será salida. pinMode (val, INPUT); // Pin 12, denominado "val" será entrada. }</pre>

Tabla 3.6 I/O Escritura y lectura digital.

Digitales	
Estructura	Ejemplo con sintaxis
digitalRead (pin);	<pre>void loop () // La lectura o escritura se realiza dentro del loop o de una f { // ce una función. valor=digitalRead(val); //En "valor" se guardara el dato existente en "val" el cual // puede ser alto o bajo. digitalWrite(luz,HIGH); //En "luz" se registrara un salida en "HIGH"(alto) digitalWrite(luz,LOW); //Ahora en "luz" se registra una salida en "LOW" (baje) }</pre>
digitalWrite(pin,valor)	

Las salidas analógicas son los pines del 0-5, la entrada analógica está en el rango de 0V-5V y se cuenta con un AD con una resolución de 10 bits es decir un respuesta de 0-1023 valores, siendo ésta la respuesta que se entregara a un sistema receptor. En la tabla 3.7 se aprecia el uso de las entradas analógicas.[8][10]

3.2.7 Palabras Reservadas.

En Arduino también se cuenta con palabras reservadas para la programación, en la tabla 3.8 se encuentran las utilizadas en el desarrollo de este proyecto.[8][10]

El Arduino también posee una librería para el uso de funciones trigonométricas y exponenciales esta librería es denominada avr-libc ó en la librería math.h; las cuales se muestran en la tabla 3.9.[8][10]

Tabla 3.7 Entrada analógica.

Estructura	Ejemplo con sintaxis
analogRead():	<pre>const int Hum = A0 // Se realiza la declaración de las constantes, en un pin analógico. int HU; //Se declara la variable en la cual se guardará el valor de: AD void setup () { Serial.begin(9600) // Monitor serial del Arduino } void loop () { HU=analogRead(Hum); //Lectura de la señal analógica, del pin A0 nombrado "Hum" // guardando el dato del AD en "HU". }</pre>

Tabla 3.8 Palabras Reservadas.

Palabra	Ejemplo con sintaxis	Explicación
delay(<i>milisegundos</i>):	delay(1000);	Paro completo de tu programa por 1000 milisegundos.
millis():	time= millis();	Esta palabra reservada da el tiempo en el cual se encuentra el Arduino corriendo al pasar por esta instrucción. Nota: El cero a sobre flajo se encuentra después de 9 horas de que el Arduino se encuentre en función.
Serial.begin(<i>rango</i>):	<pre>void setup () { Serial.begin(9600) }</pre>	Esta instrucción solo se coloca en setup() y abre el puerto serial indicando a que baud. serán mandados los datos o en su defecto se abre la ventana del Arduino donde se observan los datos procesados en el programa. Nota: La comunicación serial puede ser de Rx cuando el pin RX del Arduino está en 0 ó de TX cuando el pin TX está en 1.
Serial.println(<i>"Cadena de Caracteres"</i>):	Serial.println("Hola");	Imprime en la ventana serial del Arduino "Hola" y pásate un renglón.

3.3 Interrupciones.

Una interrupción es una suspensión del programa principal para realizar una tarea activada por medio de una acción o evento, externo o interno al microcontrolador. La Arduino Uno cuenta con dos interrupciones localizadas en el pin 2 y pin 3; interrupción 0 e interrupción 1, respectivamente. Se tiene cuatro modos de interrupciones:

- LOW; la interrupción se activa en el momento que el pin se encuentre en un valor bajo.

- CHANGE; la interrupción se activa cuando se presenta un cambio en el pin.
- RISING; la interrupción se activa cuando el pin pasa de un valor bajo a alto, es decir en flanco de subida.
- FALLING; la interrupción se activa cuando el pin pasa de una valor alto a bajo, es decir flanco de bajada.[10]

La interrupción es declara en el área del *setup()*, con la siguiente palabra reservada *attachInterrupt (num, nombre de subrutina, modo)*; en donde "num" es el numero de interrupción que se activará, si es "0", la interrupción se llevará a cabo en el pin 2 y si es "1" la interrupción se llevará a cabo en el pin 3; el *nombre de subrutina* se refiere al nombre de la subprograma que se realizara al momento que entre la interrupción y por último *modo* se refiere a la condición en la cual se realizará la subrutina, los cuales pueden ser LOW, CHANGE, RISING o FALLING.

En el ejemplo 3.5 se aprecia la correcta sintaxis de una interrupción.[10]

(ejemplo 3.5)

```
void setup()
{ attachInterrupt(0, SENSOR_FREQ, FALLING); //activación de la interrupción
}
void SENSOR_FREQ() //Subrutina la cual se realizara al suspender el programa principal.
{time = micros();
if (cont==100)
{
  Serial.print(time)
}
}
void loop()
{cont++;
}
```

Tabla 3.9 Funciones trigonométricas.

Palabra	Ejemplo con sintaxis	Función
cos(x):	cos(1);	Devuelve el coseno de "x" en radianes.
fabs(x):	fabs(-38);	Entrega el valor absoluto.
fmod(x,y):	fmod(43,54)	El módulo de dos números.
modf(x,y):	modf(43,54)	Argumento.
sin(x):	sin(1);	Seno de "x" en radianes.
sqrt(x):	sqrt(4);	La raíz cuadrada de "x".
tan(x):	tan(0.5);	Valor de tangente a "x" en radianes.
exp(x):	exp(3);	Devuelve el valor exponencial de "x".
atan(x):	atan(0.33);	Arco tangente de "x".
atan2(y,x):	atan2(4,3);	Arco tangente de "y/x".
log(x):	log(45);	Logaritmo neperiano de "x" (logaritmo natural).
log10(x):	log10(30);	Logaritmo en base 10 de "x".
pow(x,y):	pow(2,8);	"x" elevado a "y".
square(x):	square(15);	El cuadrado de "x".

3.4 Funciones.

En Arduino se pueden crear funciones; una función es un conjunto de instrucciones que realiza una tarea específica, la cual se puede realizar "n" número de veces en el programa, reduciendo el tamaño del mismo y aumentando la rapidez de ejecución de este.

Las funciones se declaran después del "loop ()". En el ejemplo 3.6 se aprecia la estructura de un programa con funciones, el cual es presenta una división.[12]

(ejemplo 3.6)

```
void setup(){
  Serial.begin(9600); // Declaración del uso de la ventana del Arduino
}

void loop{
  int a = 2;
  int b = 8;
  int c;
  c = division(a, b); // Llamado de la función
  Serial.println(c); // Imprimir c en pantalla de Arduino
```

```
    delay(500);  
}  
  
int división(int d, int e){ //Inicio de la función  
int resultado;  
resultado = d/e; // Guardar la el resultado de la división en  
return resultado; //regresar el valor de resultado.  
}
```

CAPITULO IV.

Sensor de temperatura LM335.

Para la medición de temperatura, (una de las variables cruciales para el buen crecimiento de una planta), se decidió utilizar el sensor LM335 por su precio y precisión, la desventaja que presenta éste es que su respuesta corresponde a $10\text{mV}/^{\circ}\text{K}$, y en este caso se requiere una respuesta de $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$. Su configuración electrónica es la siguiente (figura 4.1.).

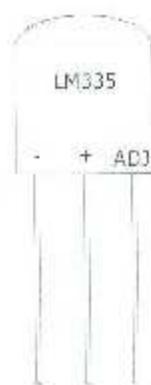


Figura 4.1. LM335.

Considerando el historial climatológico de la Ciudad de Torreón Coahuila, se determinó que el rango de operación de trabajo será de -10°C a 50°C . Otro circuito integrado clave para la realización de este termómetro fue el amplificador instrumental AD620. En la figura 4.2 se observa su configuración.

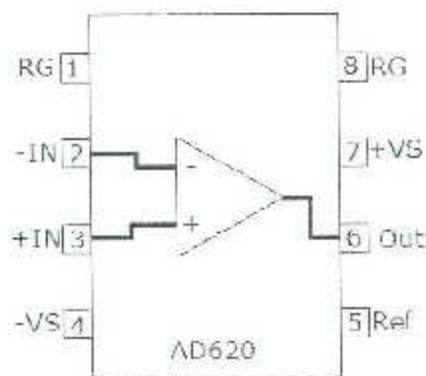


Figura 4.2 Amplificador Instrumental.

El rango de temperatura a medir es de -10°C a 50°C , es necesario establecer un set point, el cual será es de 2.6315V , esto debido a que -10°C equivale a 2.6315V , con la resistencia variable se calibra el divisor de voltaje para que se obtenga el set point deseado. Este voltaje se obtuvo mediante el siguiente divisor de voltaje, figura 4.4.

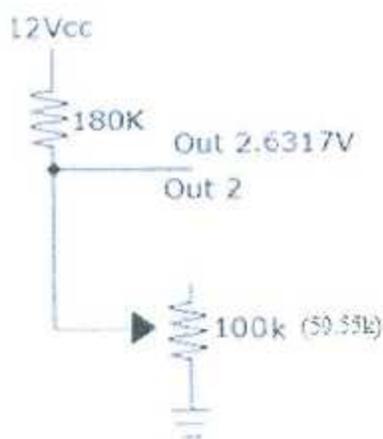


Figura 4.4 Set Point.

Una vez que se obtuvieron las señales "Out 1" y "Out 2", se realizó el acoplamiento de las mismas, lo cual se realizó con la suma de ambas señales, y que esto nos brindara un resultado de $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$, con un cero equivalente a -10°C . La suma de las señales se realiza con el C.I. AD620, tomando en cuenta que se utilizará un convertidor analógico digital de 10 bits y que la señal de entrada sólo puede ser de $0-5\text{V}$ se procede a realizar los cálculos para el acoplamiento de esta señal.

Tenemos un convertidos analógico digital de 1024 bits con un rango de trabajo en voltaje de $0-5\text{V}$, donde cada bit vale 0.0048828125V , para la obtención de este valor se divide:

$$V = \frac{5}{1024} \quad (4.3)$$

La suma de las salidas "Out1" y "Out2" se obtendrá un resultado caracterizado por $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$, en donde -10°C será igual a 0V , el voltaje máximo de salida será de 0.600V que equivalen a 50°C , si se trabaja con 0.600V a la entrada del AD, se desperdiciarán 4.4V y cerca de 900 bits. Para evitar esto y darle mayor precisión al termómetro se le dará una ganancia de 8 a la

salida del C.I. AD620, con esto la salida máxima final del termómetro será de 4.8 V siendo un total de 982 bits. Los cálculos realizados para la obtención la ganancia de 8, se sustituyen los valores deseados en la fórmula 4.4, obteniendo lo siguiente:

$$R_G = \frac{49.4k\Omega}{8 - 1} = 7057.1428\Omega \quad (4.4)$$

Con el resultado obtenido se arma el siguiente circuito.

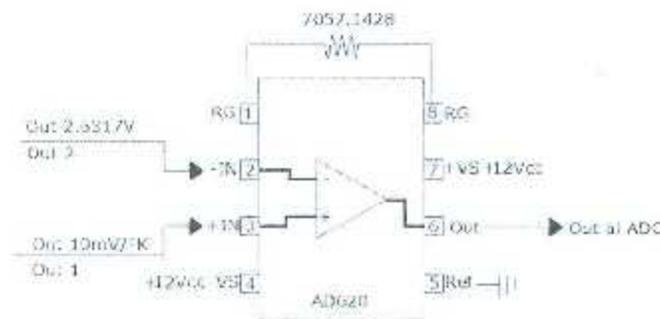


Figura 4.5 Amplificador Instrumental.

Con el análisis realizado se obtiene la siguiente tabla de comportamiento del sensor de temperatura.

El convertidor analógico digital utilizado es el que se encuentra en la tarjeta Arduino y ésta se cargo con el siguiente programa (ejemplo 4.1) para poder desplegar los datos en el monitor serial de la tarjeta.

(ejemplo 4.1)

```
// definiciones de pines de entrada analógica
const int temp=A0;
//variables a usar en el programa
float tempp;
float t;
//Variables a mostrar en pantalla
float tempera;
```

```

//inicializando el programa
void setup()
{Serial.begin(9600); //Encender la pantalla para visualizar los valores }
void loop()
{//// tomando los valores de los sensores
temp = analogRead(temp);
temp=(temp/16.36)-10;
////Mostrando temperatura en pantalla
//Serial.print(temp);
Serial.print("TEMPERATURA:");
Serial.println(temp);
delay(2500);}

```

Tabla 4.1 Análisis del comportamiento del sensor de temperatura.

K°	C°	LM335 Out1	Voltaje Out2	Out1- Out2	V.OUTInis2 G=5	Bits	K°	C°	LM335 Out1	Voltaje Out2	Out1- Out2	V.OUTInis2 G=5	Bits
265.17	-10	2.6517	-2.6517	0	0	0	281.17	8	2.8117	-2.8117	0.18	1.44	294.624
264.17	-9	2.6417	-2.6517	0.01	0.08	16.768	282.17	9	2.8217	-2.8217	0.19	1.52	310.096
265.17	-8	2.6517	-2.6517	0.02	0.16	32.736	283.17	10	2.8317	-2.8517	0.2	1.6	327.36
266.17	-7	2.6617	-2.6517	0.05	0.24	49.104	284.17	11	2.8417	-2.8517	0.21	1.68	342.728
267.17	-6	2.6717	-2.6517	0.04	0.32	62.472	285.17	12	2.8517	-2.6317	0.22	1.76	360.096
268.17	-5	2.6817	-2.6517	0.03	0.4	81.84	286.17	13	2.8617	-2.6317	0.23	1.84	375.464
269.17	-4	2.6917	-2.6517	0.06	0.48	98.208	287.17	14	2.8717	-2.6317	0.24	1.92	392.832
270.17	-3	2.7017	-2.6517	0.07	0.56	114.576	288.17	15	2.8817	-2.6317	0.25	2	409.2
271.17	-2	2.7117	-2.6517	0.08	0.64	130.944	289.17	16	2.8917	-2.6317	0.26	2.08	425.568
272.17	-1	2.7217	-2.6517	0.09	0.72	147.312	290.17	17	2.9017	-2.6517	0.27	2.16	441.936
273.17	0	2.7317	-2.6517	0.1	0.8	163.68	291.17	18	2.9117	-2.6517	0.28	2.24	458.304
274.17	1	2.7417	-2.6517	0.11	0.88	180.048	292.17	19	2.9217	-2.6517	0.29	2.32	474.672
275.17	2	2.7517	-2.6517	0.12	0.96	196.416	293.17	20	2.9317	-2.6517	0.3	2.4	491.04
276.17	3	2.7617	-2.6517	0.13	1.04	212.784	294.17	21	2.9417	-2.6517	0.31	2.48	507.408
277.17	4	2.7717	-2.6517	0.14	1.12	229.152	295.17	22	2.9517	-2.6517	0.32	2.56	523.776
278.17	5	2.7817	-2.6517	0.15	1.2	245.52	296.17	23	2.9617	-2.6517	0.33	2.64	540.144
279.17	6	2.7917	-2.6517	0.16	1.28	261.888	297.17	24	2.9717	-2.6517	0.34	2.72	556.512
280.17	7	2.8017	-2.6517	0.1	1.36	278.256	298.17	25	2.9817	-2.6517	0.35	2.8	572.88

La lectura de temperatura se observo en el monitor serial del Arduino de la siguiente manera, figura 4.6.

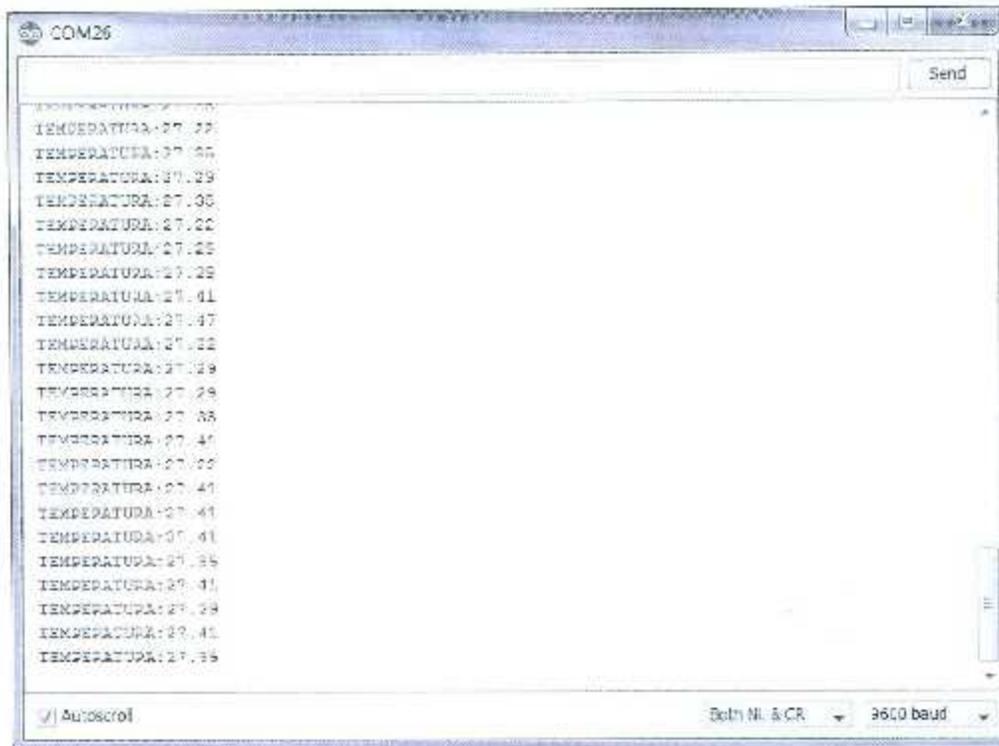


Figura 4.6 Ventana serial del Arduino.

Entre las consideraciones que se tomaron fue el de tener una buena alimentación puesto que al variar el voltaje de alimentación la respuesta del sensor también varia, ya que con una alimentación adecuada el error en la lectura de la temperatura se disminuye hasta el orden de decimas. El sensor de temperatura ya terminado se observa en la figura 4.7.

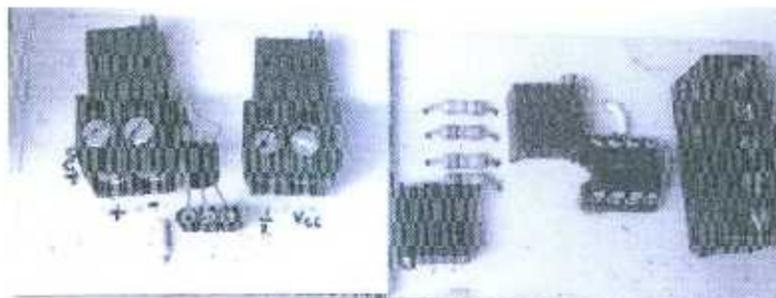


Figura 4.7 Termómetro LM335.

CAPITULO V.

Humedad relativa y su relación con la temperatura.

La humedad relativa es el vapor de agua que existente en la atmósfera, relacionada en dos conceptos humedad absoluta [16], es la cantidad de agua presente en el aire por unidad de masa de aire seco, y la humedad relativa que es la razón entre la humedad absoluta y la cantidad máxima de agua que admite el aire por unidad de volumen a cierta temperatura, esto al final se define como la *cantidad de vapor de agua que se encuentra en el aire*. La atmósfera tiene un punto límite en la retención del vapor de agua, condicionándose a la temperatura ambiental. Cuando la temperatura baja, el vapor de agua contenido en el aire no cambia, sin embargo al bajar la temperatura, la cantidad de vapor de agua que el aire puede retener cambia y se condensa convirtiéndose en líquido, separándose del aire, este fenómeno es conocido como punto de rocío o temperatura del punto de rocío. [15]

Al estar relacionado la humedad relativa y la temperatura es necesario tener ambos sensores trabajando de manera paralela, para obtener una lectura confiable de la cantidad de vapor de agua existente en el aire. En la tabla 4.1 se observa el punto de rocío existente a diferentes temperatura. [15]

Tabla 5.1. Análisis del comportamiento del sensor de temperatura.

Temperatura de saturación 0°C	Contenido de agua w/g/m ³ cúbico	Presión del vapor de agua		Temperatura de saturación 0°C	Contenido de agua w/g/m ³ cúbico	Presión del vapor de agua	
		m bar	mmHg			m bar	mmHg
-20	1,060	1,233	0,927	6	7,259	9,307	6,998
-18	1,637	1,484	1,116	8	8,257	10,663	8,017
-16	1,473	1,740	1,308	10	9,372	12,190	9,165
-14	1,761	2,060	1,549	12	10,613	13,908	10,457
-12	2,028	2,435	1,831	14	12,007	15,838	11,908
-10	2,303	2,784	2,093	16	13,554	18,003	13,536
-8	2,580	2,814	2,116	18	15,270	20,425	15,357
-6	3,117	3,070	2,308	20	17,177	23,130	17,391
-4	3,623	4,720	3,549	22	19,236	26,147	19,659
2	4,209	5,095	3,831	24	21,617	29,505	22,184
0	4,876	6,118	4,6	26	24,138	33,234	24,988
2	5,580	7,052	5,302	28	27,016	37,374	28,101
4	6,370	8,109	6,097	30	30,130	41,359	31,548

5.1 Cálculo de Humedad Relativa.

Como se mencionó en el capítulo anterior existen dos maneras de referirse al vapor de agua contenido en el aire, el primero es la humedad relativa. Para el cálculo de la humedad relativa se lleva a cabo con la siguiente fórmula:

$$HR\% = \frac{g. \text{ vapor de agua presente}}{g. \text{ vapor de agua en saturación}} \times 100 \quad (5.1)$$

Donde:

HR%= Humedad relativa porcentual

g.-Gramos

Nota: Esta fórmula solo es aplicable a una presión constante.

Para generar un aumento en la humedad relativa, que es la cantidad de vapor de agua que puede retener la atmósfera en relación al punto de rocío, el cual cambia en relación a la temperatura, solo es necesario bajar la temperatura, y así se genera un aumento en la humedad relativa. El instrumento para medir humedad relativa se llama higrómetro.

La humedad absoluta es la densidad de vapor de agua contenida en el aire a una temperatura y presión determinadas, gramos de vapor de agua entre un metro cúbico de aire [16]. Otro hecho destacable es que a mayor temperatura mayor vapor de agua es capaz de contener la atmósfera y mayor es el punto de rocío.

5.2 Sensor HMZ-433A.

El sensor HMZ-433A, éste sensor mide humedad relativa y temperatura; la selección de éste sensor fue crucial su costo económico y fácil adquisición.

Para la integración del sensor en primer lugar se adecuó el termómetro del HMZ-433A. Figura 5.1.

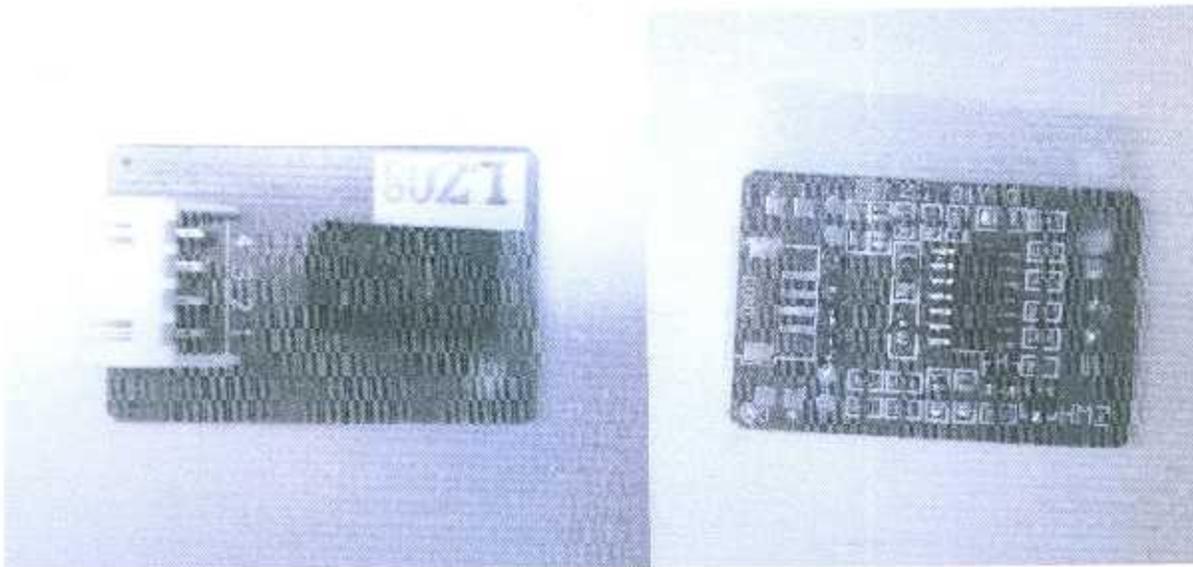


Figura 5.1 Sensor HMZ-433A, parte anterior y posterior.

5.2.1 Termómetro (termistor).

Este termómetro funciona a través de una resistencia variable o termistor, en donde varía la resistencia en relación a la temperatura con una respuesta que está dada en la siguiente ecuación Steinhart-Hart.[17]

$$\frac{1}{T} = A + B(\ln R) + C(\ln R)^3 \quad (5.2)$$

Donde:

T=Temperatura en Kelvin.

R=Resistencia del termistor.

A, B, C=Constante de la curva de aproximación.

Según la hoja de datos del HMZ-433A se le coloca al termistor una resistencia en serie para obtener un divisor de voltaje y con esto obtener una respuesta en voltaje, esto se muestra en la figura 5.2. [18]

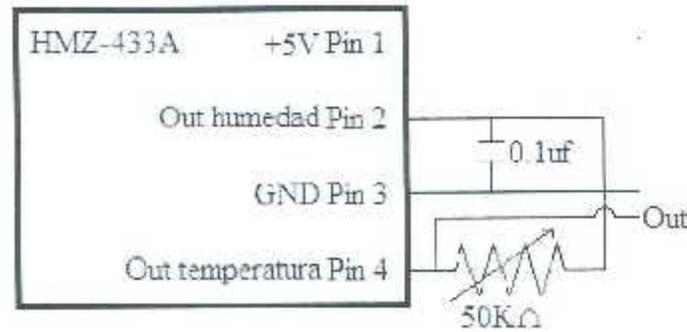


Figura 5.2 Circuito a bloque de HMZ-433A.

Según la tabla de comportamiento que se encuentra en la hoja de datos se muestran los siguientes valores, tabla 5.2.

Tabla 5.2. Comportamiento del termistor.

°C	0	10	20	25	30	40	50	60
Resistencia KΩ	160.56	98.71	62.32	50	40.3	26.75	18.8	12.5

Para caracterizar el termistor con la aplicación de la ecuación 5.2, es necesario obtener los valores de las constantes de la curva, las literales A, B y C; esto se realiza escogiendo tres valores de la tabla 5.2; los extremos y un valor medio; siendo 0°C para 160,560Ω; 30°C para 40,300Ω y 60°C para 12,500Ω. Una vez identificados estos valores se procede a resolver el siguiente sistema de ecuaciones simultáneas, tomando en cuenta que la temperatura está en grados kelvin:

$$\frac{1}{273.15} = A + B(\ln(160560)) + C(\ln(160560))^3 \quad (5.3)$$

$$\frac{1}{303.15} = A + B(\ln(40300)) + C(\ln(40300))^3 \quad (5.4)$$

$$\frac{1}{333.15} = A + B(\ln(12500)) + C(\ln(12500))^3 \quad (5.5)$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones simultáneas, se resta la ecuación 5.3 menos 5.4, obteniendo la ecuación 5.6.

$$B(1.382316) + C(529.740523) = 0.00036229511418 \quad (5.6)$$

Despejando "B" de la ecuación 5.6, se obtiene la ecuación 5.7.

$$B = 0.000262092786639 - C(383.226724702876) \quad (5.7)$$

Restando la ecuación 5.3 menos 5.5 se obtiene la ecuación 5.8.

$$B(2.5529390) + C(882.649789) = 0.0006593412208 \quad (5.8)$$

Despejando "B" de la ecuación 5.7, se obtiene la ecuación 5.9.

$$B = 0.000258268 - C(345.7386834) \quad (5.9)$$

Igualando las ecuaciones 5.9 y 5.7 se obtiene una ecuación con una incógnita (5.10) y se obtiene el valor de "C" ecuación 5.11.

$$0.000262092 - C(383.2267247) = 0.000258267 - C(345.7386834) \quad (5.10)$$

$$C = 0.00000010203984827542 \quad (5.11)$$

Sustituyendo el valor de "C" en la ecuación 5.7, se obtiene una ecuación con una incógnita (5.12) y el valor de "B".

$$B = 0.000262092 - (0.00000010203984827542)(383.2267247) \quad (5.12)$$

$$B = 0.000222988389795165 \quad (5.13)$$

Sustituyendo el valor de "B" y el valor de "C" en la ecuación 5.5, se obtiene la ecuación 5.14 y el valor de "A". Con esto ya se tienen las constantes de la curva.

$$A + (0.0002229883897)(\ln(12500)) + (0.00000010203984827)(\ln(12500))^2 = 0.003001650907999 \quad (5.14)$$

$$A = 0.000813784020051573 \quad (5.15)$$

Para convertir de grados kelvín a grados centígrados se sustituye la ecuación es la Steinhart-Hart (5.2) en la ecuación 5.5 y se obtiene la ecuación a programar en el Arduino 5.17.

$$C^{\circ} = {}^{\circ}K - 273.15 \quad (5.16)$$

$$C^{\circ} = \left(\frac{1}{0.0008137840 + (0.0002229983)(\ln(R))^2 + (0.00000010203984)(\ln(R))^3} \right) - 273.15 \quad (5.17)$$

Donde "R" es el valor variante del termistor.

El valor de "R" es una variable y para obtener este valor se considera su voltaje que cae en ella aplicando la fórmula de divisor de voltaje, ecuación 5.18.

$$V_{R1} = \frac{R_1 * V_{DD}}{R_1 + R_2} \quad (5.18)$$

Donde:

V_{R1} - Caída de voltaje en la resistencia 1.

R_1 - Resistencia uno.

R_2 - Resistencia dos.

V_{DD} - Voltaje de alimentación.

Cambiando las literales de la ecuación 5.18 a literales relacionadas con el termistor tendremos:

$$V_T = \frac{T * V_{Max}}{T + R_C} \quad (5.19)$$

Donde:

V_T - Caída de voltaje en el termistor.

T - Valor del termistor.

R_C - Resistencia constante 50k Ω .

V_{Max} - Voltaje máximo de salida del termistor 5V.

Para la aplicación de la ecuación de Steinhart Hart, se requiere conocer el valor de "T", al despejarla la ecuación 5.19 obtenemos:

$$T = \frac{V_T * 50,000}{5 - V_T} \quad (5.20)$$

Esta ecuación es la que también será programada en el Arduino. El Arduino con entradas de analógico de 0-5V a digital a 10 bits lo cual equivale a una resolución de 1024, donde cada bit equivale a 0.0048828125V. Para obtener " V_T " solo es necesario multiplicar el número de bits de la lectura del AD del Arduino por 0,0048828125 V.

Ya con la comprensión de estas ecuaciones el programa de conversión de resistencia a grados Centígrados en el Arduino queda de la siguiente manera:

(ejemplo 5.1)

```

TE=analogRead(Tem); //Lectura del AD en el Arduino
VT=TE*(0.0048828); //Convertir bits a Voltaje
T=(Vo*50000)/(5-Vo); //Obtención de valor del Termistor
B=0.00022310354780039*(log(RV)); //Ecuación de Steinhart-Hart
C=0.00000010245388311447*(log(RV)*log(RV)*log(RV)); //Ecuación de Steinhart-Hart
SUM=0.000812350100102326-B-C; //Ecuación de Steinhart-Hart
Div=1/SUM; //Ecuación de Steinhart-Hart
Ce=Div-273.15; //Esta ecuación da la temperatura en °K a °C

```

El termistor del sensor HMZ-433A fue comparado en su funcionamiento con el termómetro digital modelo "Foldable pocket thermometer" 212-095 marca "RS Componentes" CE 341999.

El error del termómetro fue corregido al ser ajustada la resistencia variable de 50k Ω , quedando en un error de 0.2 decimas, en la siguiente imagen se observa el comportamiento del mismo comparando la respuesta en el monitor serial del Arduino y el termómetro digital.

Figura 5.3.



Figura 5.3 Temperatura del sensor digital comparada con el sensor HMZ-433A y al igual que la humedad relativa del ambiente.

5.2.2 Humedad relativa.

Una vez que la temperatura del termistor ya fue caracterizada, sigue la obtención de la humedad relativa. Para el funcionamiento del sensor de humedad entre la salida del sensor el pin 2 y tierra se colocó un capacitor de 0.1 uf, esto se observa en la figura 5.2.

Basando en la hoja de datos del sensor HMZ-433A, tenemos la siguiente tabla de datos 5.3 de las variaciones de respuesta que sufre el sensor en relación a la temperatura.[18]

Se grafican las respuestas del sensor de humedad a las diferentes temperaturas.

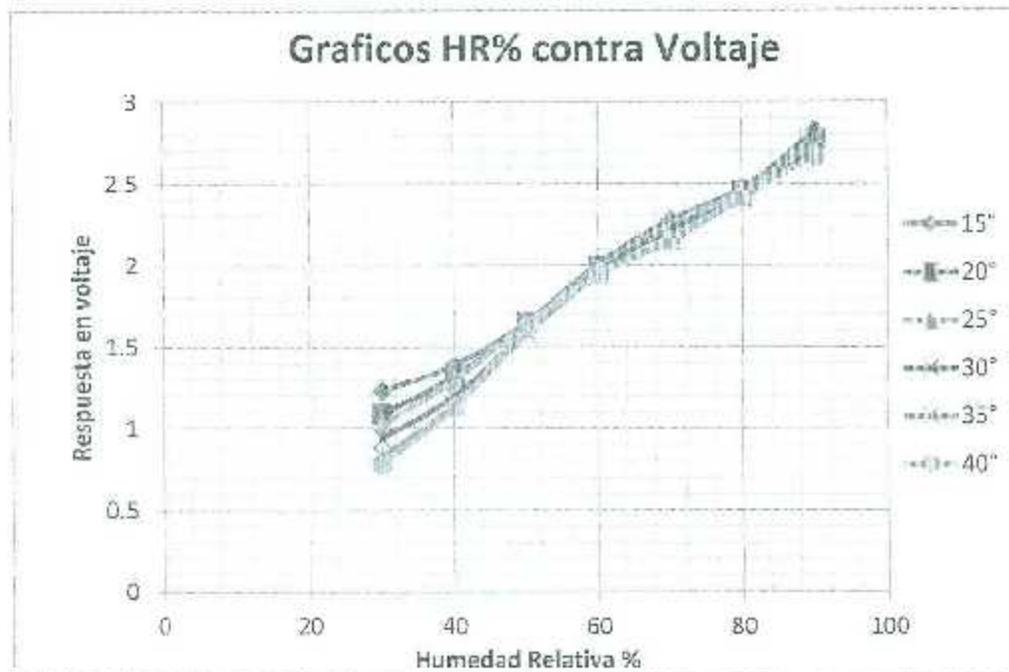
En la gráfica 5.1 se observa que la respuesta HR% y voltaje de salida del sensor se puede considerar lineal, pero esto es solo si la temperatura se mantiene constante, puesto que al cambiar la temperatura la respuesta del sensor se considera no uniforme.

Tabla 5.3. Comportamiento del termistor. [18]

°C	15°	20°	25°	30°	35°	40°
30 RH%	1.23	1.09	1.02	0.94	0.83	0.78
40 RH%	1.39	1.32	1.3	1.2	1.14	1.13
50 RH%	1.65	1.65	1.64	1.6	1.58	1.62
60 RH%	2.01	2	1.98	1.97	1.94	1.95
70 RH%	2.28	2.21	2.25	2.22	2.15	2.16
80 RH%	2.47	2.46	2.45	2.41	2.42	2.42
90 RH%	2.82	2.77	2.73	2.71	2.79	2.67

** Respuesta en voltaje del sensor de humedad

Gráfica 5.1. Gráficos HR% contra Voltaje.



Para obtener mayor cantidad de datos se considero que el aumento o disminución, presentado a la salida del pin 2 (salida de humedad) en relación a la temperatura, era constante, con esto se desarrollo la siguiente tabla de respuesta 5.4.

Tabla 5.4. Comportamiento supuesto del termistor de 15°C a 20°C.

°C	15°	16°	17°	18°	19°	20°
30 RH%	1.23	1.202	1.174	1.146	1.118	1.09
40 RH%	1.39	1.376	1.362	1.348	1.334	1.32
50 RH%	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65
60 RH%	2.01	2.008	2.006	2.004	2.002	2
70 RH%	2.28	2.266	2.252	2.238	2.224	2.21
80 RH%	2.47	2.468	2.466	2.464	2.462	2.46
90 RH%	2.87	2.81	2.8	2.79	2.78	2.77

** Respuesta en voltaje del sensor de humedad.

Para llenar esta tabla se obtuvo la diferencia entre el valor de voltaje de 30RH% a 15°C, y el valor de voltaje de 30RH% a 20°C, y se dividió entre 5, y el resultado obtenido fue sumado de manera subsecuente por cada grado centigrado aumentado, dicho procedimiento se expone a continuación.

$$a) 1.23 - 1.09 = 0.14 \quad (5.21)$$

$$b) \frac{0.14}{5} = 0.028 \quad (5.22)$$

Para 16°C la disminución de la respuesta en voltaje en una humedad relativa en un 30% sería:

$$c) 1.23 - 0.14 = 1.202 \quad (5.23)$$

Para 17°C la disminución de la respuesta en voltaje en una humedad relativa en un 30% sería:

$$d) 1.202 - 0.14 = 1.174 \quad (5.24)$$

Para 18°C la disminución de la respuesta en voltaje en una humedad relativa en un 30% sería:

$$d) 1.174 - 0.14 = 1.146 \quad (5.25)$$

Para 19°C la disminución de la respuesta en voltaje en una humedad relativa en un 30% sería:

$$d) 1.146 - 0.14 = 1.118 \quad (5.26)$$

Este mismo procedimiento se repite para 40RH%, 50RH%, 60RH%, 70RH%, 80RH% y 90RH%.

Tenemos que la ecuación de la línea es la siguiente:

$$y = mx + b \quad (5.27)$$

Donde cada literal es:

y= Valor de las ordenadas

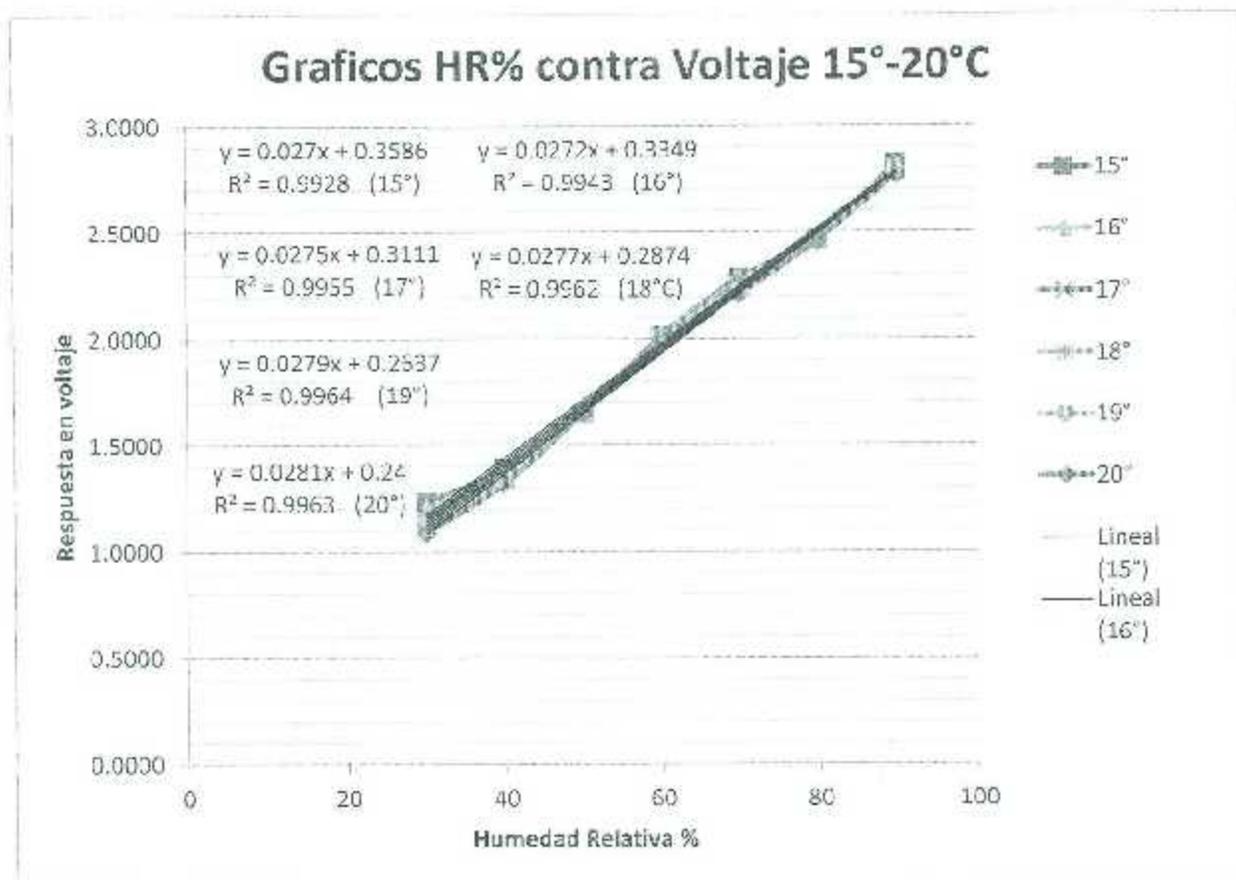
x= Valor de las abscisas

m= Valor de la pendiente

b= Valor en el cual la línea se cruza en el eje de las ordenadas cuando "x" tiene un valor de cero.

Se grafica y se obtiene su ecuación equivalente a cada una de las respuestas supuestas, en 15°, 16°, 17°, 18°, 19° y 20°.

Grafica 5.2. Gráficos HR% contra Voltaje 15°-20°C



En la liberalización de cada una de las respuesta a diferente temperatura, se obtuvo su R^2 y en todos los casos esta fue mayor a 0.99. De cada ecuación se toma el valor de la pendiente "m"

(tabla 5.5) y el valor de la literal "b" (tabla 5.6), y se grafica para observar su comportamiento, todo esto en función de la temperatura.

Tabla 5.5. Pendiente.

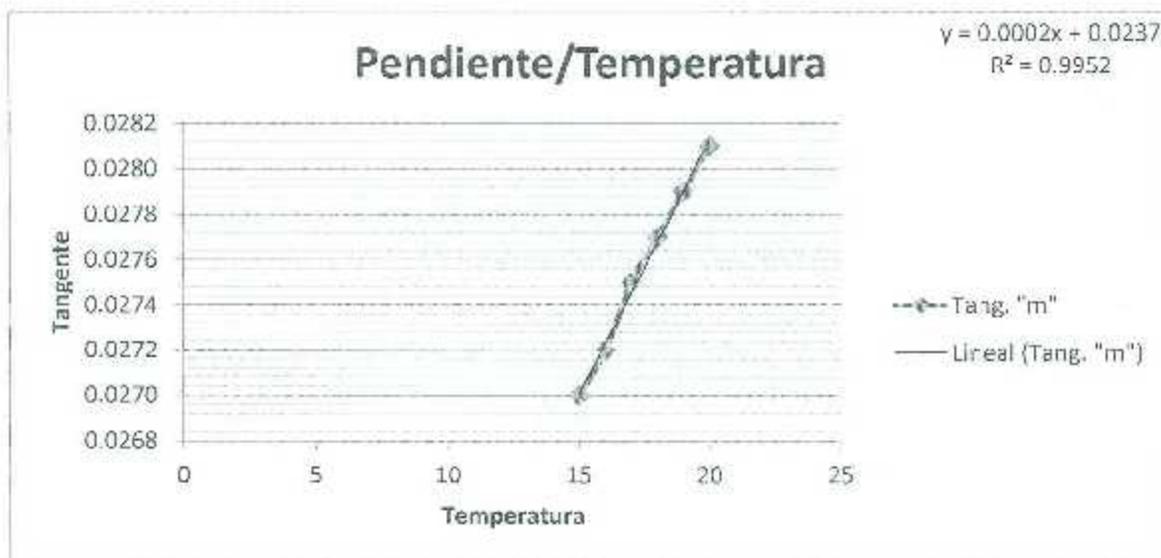
Tem °C	Tang. "m"
15	0.0270
16	0.0272
17	0.0275
18	0.0277
19	0.0279
20	0.0281

Tabla 5.6. Literal "b".

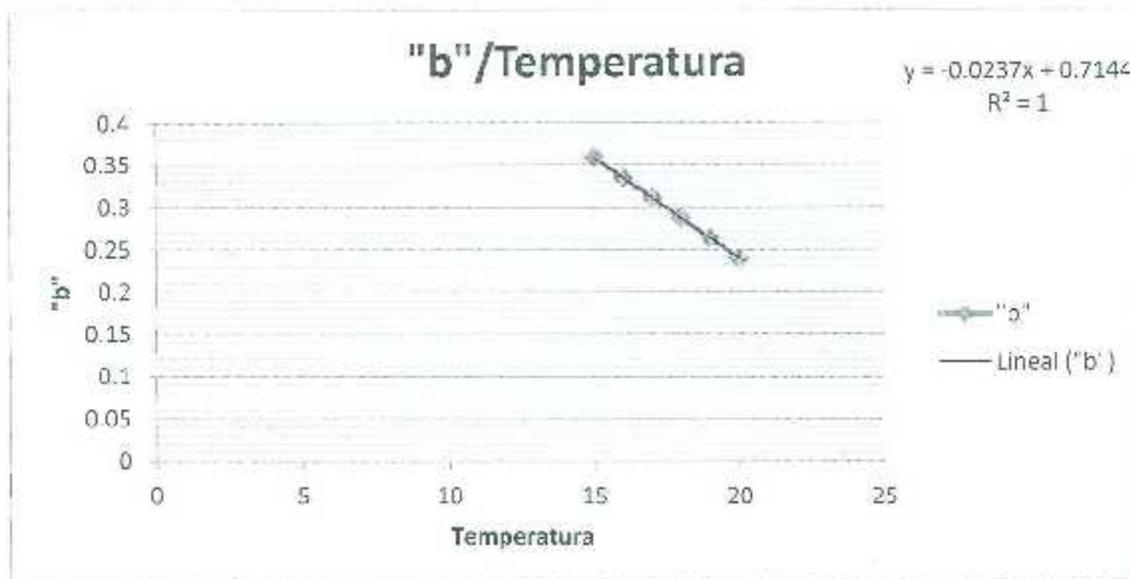
Tem °C	"b"
15	0.3586
16	0.3349
17	0.3111
18	0.2874
19	0.2637
20	0.24

Al graficar las tablas 5.5 y 5.6 se obtiene la ecuación lineal del comportamiento de la tangente en relación al cambio de la temperatura y de igual manera se encuentra esta relación de la literal "b" en relación de la temperatura (gráficos 5.3, y 5.4).

Gráfica 5.3. Gráfica Pendiente, Temperatura.



Grafica 5.4. Grafica literal "b", Temperatura.



Con la obtención de las gráficas 5.3 y 5.4, permite el movimiento libre entre el rango de 15° a 20°C para obtener el valor porcentual de la humedad relativa en el aire. Esto se logra considerando que el pin 2 del sensor HMZ-433A es conectado al AD del Arduino y tendremos una respuesta procesada en bits, cada bit equivale a 0.0048828V. La grafica 5.1 y 5.2 en sus ordenadas, es la respuesta del sensor HMZ-433A en voltaje.

Ya que las ecuaciones visualizadas en las graficas 5.3 y 5.4 están en función de la temperatura, es posible obtener los valores requeridos para obtener de manera final la humedad relativa porcentual en el medio ambiente. La ecuación de la gráfica 5.4 es la siguiente.

$$y = -0.0237x + 0.7144 \quad (5.28)$$

Donde:

y= Es el valor en el cual la línea se cruza en el eje de las ordenadas cuando "x" tiene un valor de cero en el rango de las ecuaciones para obtener HR% de la grafica 5.2.

x= Es la temperatura registrada por el sensor HMZ-433°.

Cambiando las literales de la ecuación 5.28 obtenemos:

$$b = -0.0237(Ce) + 0.7144 \quad (5.29)$$

$b = -0.0237 * (Ce) + 0.7144$; // Valor de "b" para la ecuación de HR%
 $HR = (VoH - b) / m$; // Humedad Relativa.

Este procedimiento para obtener las tres ecuaciones de la recta, para encontrar la humedad relativa se repite en los rangos de 20° a 25°C y de 25°C a 39°C, a partir de la creación de la tabla 5.4.

El código para la Arduino para obtener la HR% hasta 30° queda de la siguiente manera.

(ejemplo 5.3)

```

HU=analogRead(Hum); //Humedad en bits
VoH=HU*(0.0048828); //Humedad en voltaje
//*****|HUMEDAD RELATIVA*****
if(Ce<=20){
  m=0.0002*(Ce)-0.0237; //Pendiente de la ecuación para HR%
  b=-0.0237*(Ce)+0.7144; // Valor de "b" para la ecuación de HR%
  HR=(VoH-b)/m; //Humedad Relativa
}
else{ if(Ce>20&&Ce<=25){
  m=0.0001*(Ce)+0.0262;
  b=-0.0106*(Ce)+0.4516;
  HR=(VoH-b)/m;}
  else{if(Ce>20&&Ce<=29){
  m=0.0002*(Ce)-0.023;
  b=-0.0224*(Ce)+0.7477;
  HR=(VoH-b)/m;}
}

```

Si se continúa con este método hasta los 40°C, se presenta un error mayor al 10% en medidas de humedad en temperaturas mayores a los 29°C, para evitar esto se realiza la obtención de las ecuaciones grado por grado.

Para realizar las siguientes ecuaciones se considero que el aumento en la humedad cada dos por ciento fuese proporcional, al igual que la disminución de la respuesta en voltaje en relación al aumento de temperatura como lo explicado en la tabla 5.4

Tabla 5.7. Valores supuestos del comportamiento del sensor de humedad.

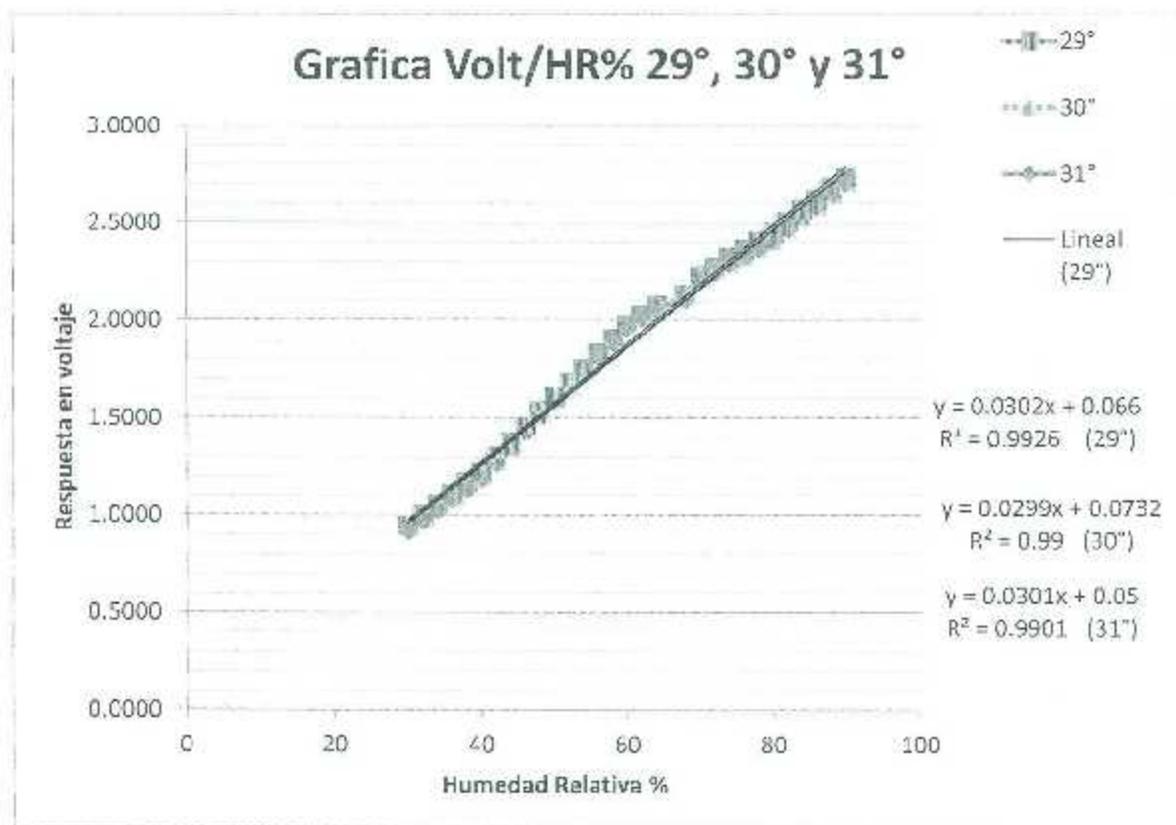
Temp °C	29°	30°	31°	32°	33°	34°	35°	36°	37°	38°	39°	40°
30 HR%	0.9560	0.9400	0.9180	0.8960	0.8740	0.8520	0.8300	0.8300	0.8100	0.8000	0.7900	0.7800
32 HR%	1.0088	0.9920	0.9720	0.9520	0.9320	0.9120	0.8920	0.8916	0.8752	0.8568	0.8584	0.8500
34 HR%	1.0616	1.0440	1.0260	1.0080	0.9900	0.9720	0.9540	0.9532	0.9404	0.9336	0.9268	0.9200
36 HR%	1.1144	1.0960	1.0800	1.0640	1.0480	1.0320	1.0160	1.0148	1.0056	1.0004	0.9952	0.9900
38 HR%	1.1672	1.1480	1.1340	1.1200	1.1060	1.0920	1.0780	1.0764	1.0708	1.0672	1.0636	1.0600
40 HR%	1.2200	1.2000	1.1880	1.1760	1.1640	1.1520	1.1400	1.1388	1.1360	1.1340	1.1320	1.1300
42 HR%	1.2976	1.2800	1.2696	1.2592	1.2488	1.2384	1.2280	1.2280	1.2280	1.2280	1.2280	1.2280
44 HR%	1.3752	1.3600	1.3512	1.3424	1.3336	1.2984	1.2900	1.3180	1.3200	1.3220	1.3240	1.3260
46 HR%	1.4528	1.4400	1.4328	1.4256	1.4184	1.3584	1.3520	1.4080	1.4120	1.4160	1.4200	1.4240
48 HR%	1.5304	1.5200	1.5144	1.5088	1.5032	1.4184	1.4140	1.4980	1.5040	1.5100	1.5160	1.5220
50 HR%	1.6080	1.6000	1.5960	1.5920	1.5880	1.5840	1.5800	1.5880	1.5960	1.6040	1.6120	1.6200
52 HR%	1.6856	1.6740	1.6696	1.6652	1.6608	1.6564	1.6520	1.6588	1.6656	1.6724	1.6792	1.6860
54 HR%	1.7532	1.7480	1.7432	1.7384	1.7336	1.7288	1.7240	1.7296	1.7552	1.7408	1.7464	1.7520
56 HR%	1.8254	1.8220	1.8168	1.8116	1.8064	1.8012	1.7960	1.8004	1.8048	1.8092	1.8136	1.8180
58 HR%	1.8992	1.8960	1.8904	1.8848	1.8792	1.8736	1.8680	1.8712	1.8744	1.8776	1.8808	1.8840
60 HR%	1.9720	1.9700	1.9640	1.9580	1.9520	1.9460	1.9400	1.9420	1.9440	1.9460	1.9480	1.9500
62 HR%	2.0228	2.0200	2.0174	2.0148	2.0122	2.0096	1.9944	1.9820	1.9840	1.9860	1.9880	1.9900
64 HR%	2.0736	2.0700	2.0668	2.0640	2.0612	2.0584	2.0428	2.0240	2.0260	2.0280	2.0300	2.0340
68 HR%	2.1244	2.1200	2.1152	2.1104	2.1056	2.0972	2.0912	2.0660	2.0680	2.0700	2.0720	2.0760
70 HR%	2.2260	2.2200	2.2160	2.1920	2.1780	2.1640	2.1500	2.1520	2.1540	2.1560	2.1580	2.1600
72 HR%	2.2708	2.2580	2.2472	2.2364	2.2256	2.2148	2.2040	2.2056	2.2072	2.2088	2.2104	2.2120
74 HR%	2.3156	2.2960	2.2864	2.2808	2.2732	2.2656	2.2580	2.2592	2.2604	2.2616	2.2628	2.2640
76 HR%	2.3604	2.3340	2.3296	2.3252	2.3208	2.3154	2.3120	2.3128	2.3136	2.3144	2.3152	2.3160
78 HR%	2.4052	2.3720	2.3708	2.3696	2.3684	2.3672	2.3660	2.3664	2.3668	2.3672	2.3676	2.3680
80 HR%	2.4500	2.4100	2.4120	2.4140	2.4160	2.4180	2.4200	2.4200	2.4200	2.4200	2.4200	2.4200
82 HR%	2.5060	2.4700	2.4712	2.4724	2.4736	2.4748	2.4760	2.4748	2.4736	2.4724	2.4712	2.4700
84 HR%	2.5620	2.5300	2.5304	2.5308	2.5312	2.5316	2.5320	2.5296	2.5272	2.5248	2.5224	2.5200
86 HR%	2.6180	2.5900	2.5896	2.5892	2.5888	2.5884	2.5880	2.5844	2.5808	2.5772	2.5736	2.5700
88 HR%	2.6740	2.6500	2.6488	2.6476	2.6464	2.6452	2.6440	2.6392	2.6344	2.6296	2.6248	2.6200
90 HR%	2.7300	2.7100	2.7080	2.7060	2.7040	2.7020	2.7000	2.6940	2.6880	2.6820	2.6760	2.6700

Obteniendo el aumento de respuesta de voltaje cada dos por ciento de humedad relativa se realizan las siguientes operaciones. En una temperatura de 30°C en una humedad del 30% se tiene una salida de 0.94 V, y para un 40% de humedad relativa se tiene una salida de 1.2 V. Se obtiene la diferencia y a esta diferencia se divide entre 5, el resultado es el aumento de voltaje

que se presenta en 32% de IIR, 34% de IIR, 36% de HR y 38% de HR. Al suponer todos datos de 29°C a 40°C, cada 2 por ciento hasta el 90% de HR; se obtiene la siguiente tabla.

Con la tabla 5.7 obtenida, se grafican los valores para la temperatura de 29°C, 30°C y 31°C y se obtiene ecuaciones únicas para estas temperaturas, gráficas 5.5. Se decide utilizar ecuación por grado centigrado para mantener la R^2 mayor a 0.99.

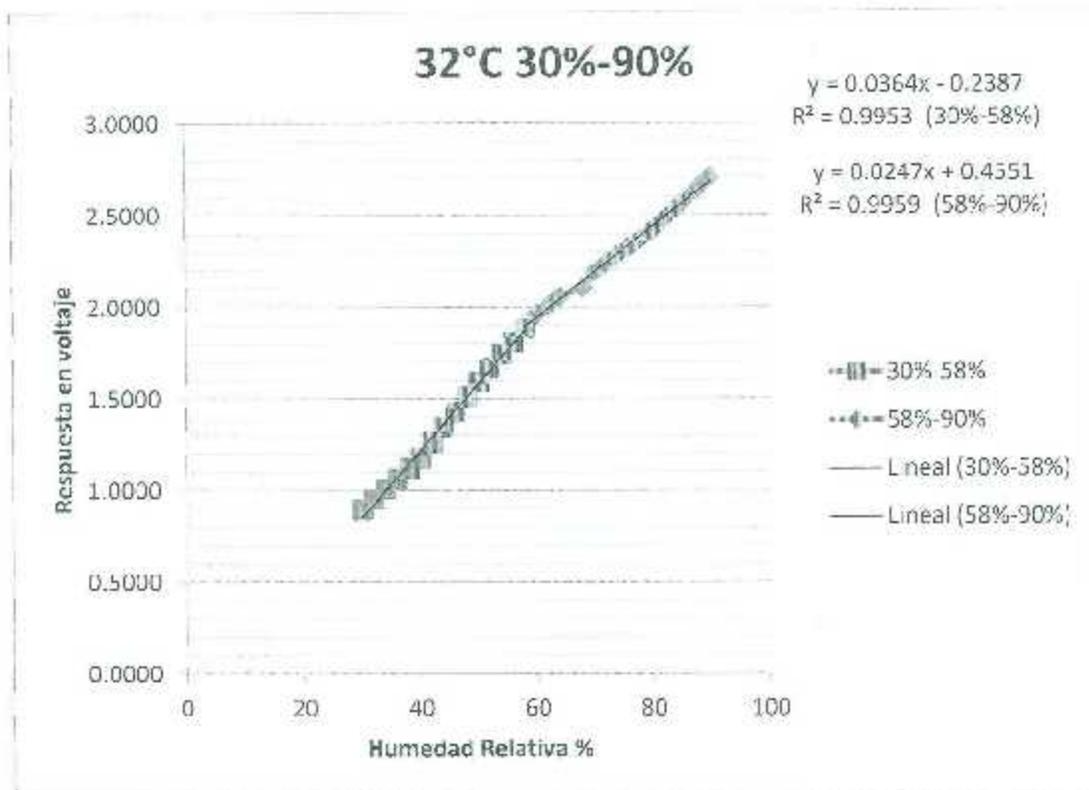
Grafica 5.5. Gráfica del comportamiento en 29°C, 30°C y 31°C.



La temperatura a partir de los 32°C la R^2 , utilizando el método anterior se la gráfica 5.5 es realizada, se obtiene una R^2 menor al 0.99, para evitar esto se decide realizar dos ecuaciones por grado centigrado, una ecuación para las humedades menores o iguales a 58%HR, y otra para humedades relativas mayores a 58%HR. En la gráfica 5.6 se observa como quedarán las ecuaciones para la medición de la humedad relativa en 32° C. Este procedimiento se lleva a

cabo hasta obtener las dos ecuaciones de cada grado centigrado con la intención de llegar a 40° C. En el ejemplo 5.4 se observa la programación de todos los parámetros de temperatura de 15°C hasta 40° C.

Gráfica 5.6. Gráfica del comportamiento en 32°C.



(ejemplo 5.4)

```

HU=analogRead(Hum); //Humedad en bits
VoH=HU*(0.0048828); //Humedad en voltaje
//*****HUMEDAD RELATIVA*****
if (Cc<=20){
  m=0.0002*(Ce)+0.0237; //Pendiente de la ecuación para HR%
  b=-0.0237*(Ce)-0.7144; // Valor de "b" para la ecuación de HR%
  HR=(VoH-b)/m; //Humedad Relativa
else{ if (Ce>20&&Ce<=25){
  
```


CAPITULO VI.

Humedad en tierra.

El contenido de humedad en tierra, se maneja en valor porcentual. Donde el peso del agua contenido en la masa de tierra es porcentaje de humedad contenido en la tierra. Para determinar esto se maneja la siguiente ecuación:

$$w = \left(\frac{W_w}{W_s} \right) \times 100 \quad (6.1)$$

Donde:

w= Contenido de humedad expresado en porciento.

Ww = Peso del agua, existente en la masa de suelo.

Ws = Peso del suelo seco, sin humedad alguna.

En el laboratorio, la manera tradicional para determinar la humedad en tierra es por medio del secado a horno, donde se aplica la ecuación 6.1. Este método es conocido como gravimétrico. [20][21]

6.1 Método gravimétrico.

El método gravimétrico consiste en la obtención de humedad en tierra por medio del horncado de la misma. Es decir el peso inicial de la masa contra el peso final de la misma al ser sometido a altas temperaturas obteniendo un resultado porcentual. [20][21]. Este método fue aplicado para el desarrollo del sensor de humedad en tierra, donde fue caracterizado el sensor, con los resultados obtenido. El material utilizado para este método fue un horno de laboratorio de mesa, modelo 05015-54, marca Cole Parmer (figura 6.1). Una balanza granataria de marca Ohaus serie 700, capacidad 2610 gramos (figura 6.2). Un aparato de neutralización, una bureta de 100 mililitros, un recipiente de plástico de 60.5 gr, una computadora y un multímetro (figura 6.3), la tierra a analizar, tela de alambre con aberturas de 2 mm, tarjeta Arduino y un sensor de humedad de tierra conocido como "Moisture Sensor" SEN0114 distribuido por DFROBOT (figura 6.4). El sensor "Moisture Sensor" SEN0114 es el sensor más económico.

en el mercado para la medición de humedad en tierra con un costo promedio de \$4.80 dólares. Este sensor no cuenta con una hoja de datos, el proveedor proporciona los datos, los cuales son: Utiliza oro de inmersión que protege el níquel de la oxidación, resistente a la oxidación, sensor de baja tecnología, alimentación de 3.3- 5 Vcd, señal de salida 0-4.2 V, corriente 35mA, cable azul salida, negro tierra, rojo alimentación. [19]



Figura 6.1 Horno de laboratorio.

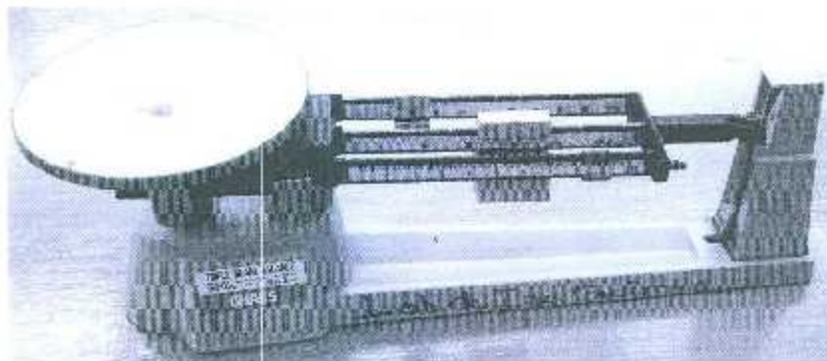


Figura 6.2 Balanza granatária.

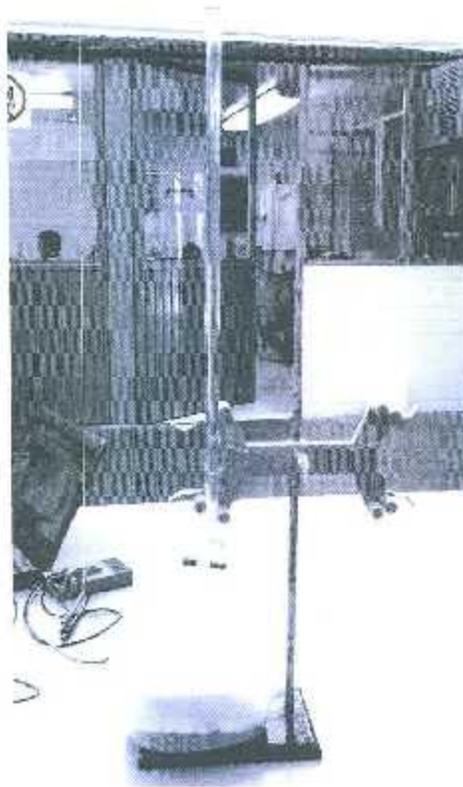


Figura 6.3 Un aparato de neutralización, bureta, un recipiente de plástico, una computadora y un multímetro.

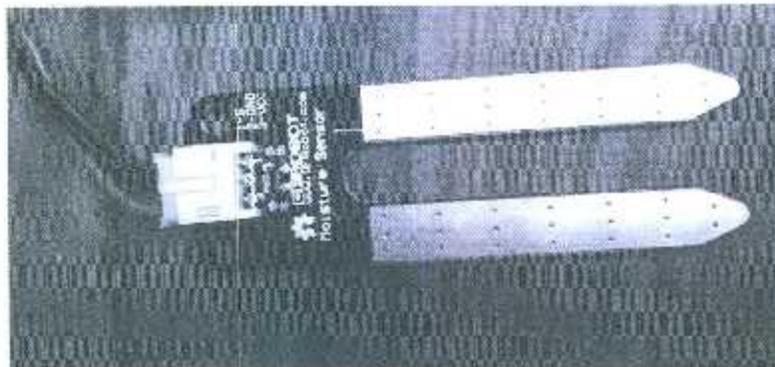


Figura 6.4 "Moisture Sensor".

El proceso llevado a cabo para la caracterización del sensor "Moisture Sensor" SEN0114 basado en el método gravimétrico. Se lleva a cabo de la siguiente manera.

1. La tierra es cernida con la tela de alambre con aberturas de 2mm, esto es con el propósito de homogenizar las partículas y liberar la tierra de materia orgánica. Se toman tres muestras de tierra de 300 gr.
2. El "Moisture Sensor" SEN0114 consta de dos cátodos que son introducidos a la tierra para obtener una respuesta de humedad en voltaje. Con esto se desarrolla un programa en Arduino para que lea el valor de humedad en bits. El programa que se realiza es el siguiente ejemplo 6.1.

(ejemplo 6.1)

```

const int HT=A0; // Entrada analógica
//variables a usar en el programa
float HTT;
float PROHT=0;
float total=0;
//Variables para el promedio de humedad en tierra en bits
int i=1;
//Iniciando el programa
void setup() {
  Serial.begin(9600);}
void loop()
{//// tomando los valores de los sensores
HTT = analogRead(HT);
if (i==100)
{PROHT=total/100; //Promedio de 100 muestras de temperatura
  Serial.print("Humedad en tierra:");
  Serial.println(PROHT);
  delay(1000);
  i=1;
  total=0;
  PROHT=0;}
```

```

else
{ i++;
total=HTT+total;//sumatoria de las muestras de temperatura}
}

```

3. Se conecta el sensor, al Arduino y éste a la computadora por medio del cable a USB como se muestra en la figura 6.5.

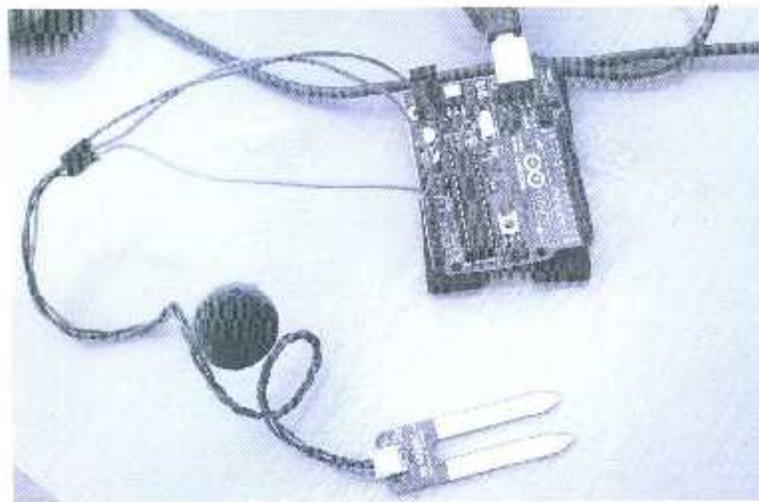


Figura 6.5 Sensor de tierra.

4. Para asegurarse la eliminación de cualquier rastro de humedad, las muestras son horneadas por 12 horas a 60°C.
5. Después de ser horneadas las muestras son pesadas nuevamente. Con esto se aprecia la pérdida de humedad después de ser hornead. Se inicia la construcción de una tabla que contendrá los siguientes parámetros; volumen de agua, peso total de la muestra, peso del agua, voltaje de salida del sensor, bits que muestra el Arduino y porcentaje de humedad en tierra. Con estos parámetros se aplica la ecuación 6.1, donde el peso de la tierra será constante.
6. Con la probeta se le agregan 5 mililitros de agua, se pesa la muestra, se le introduce el sensor en la muestra, se toma la lectura generada por el Arduino en bits, se mide el

voltaje que se presenta en la salida del sensor, y se obtiene porcentaje de humedad en tierra con la ecuación 6.1.

7. El paso 6 se repite hasta llevar el sensor a saturación.

Este procedimiento es llevado con las tres muestras. Con los resultados anteriores se obtiene una tabla promedio de los resultados (tabla 6.1).

Tabla 6.2. Promedio de los resultados.

ITEM	Volumen de H ₂ O/ml	Peso total de la muestra	Peso del agua	Voltaje de salida del sensor	Bits	w
	0	300	/	x	x	y
1	0	280.6	/	0	0	0
2	5	283.9	3.3	0.14	29	1.26238112
3	10	289.8	9.2	0.59	117	3.17480317
4	15	294.1	13.5	1.1	211	4.59027542
5	20	298.8	18.2	0.99	203	6.09103073
6	25	303.3	22.7	1.48	300	7.48433864
7	30	307.9	27.3	1.99	408	8.8635151
8	35	312.9	32.1	2.38	487	10.3227863
9	40	317.1	36.5	2.59	490	11.5105643
10	45	321.3	41.2	2.49	510	12.8029834
11	50	325.3	45.7	2.88	568	13.8735421
12	55	330.1	49.5	3.13	640	14.9534551
13	60	335.3	54.7	3.13	690	15.3234989
14	65	339.5	59.9	3.19	692	17.3450427
15	70	343.1	62.5	3.29	672	18.2162635
16	75	347.5	66.9	3.35	688	19.2517935
17	80	352.4	70.8	3.45	707	20.1479795
18	85	355.9	75.3	3.56	731	21.1576285
19	90	358.7	80.1	3.68	754	22.2008201
20	95.5	365.9	85.3	3.7	759	23.3123804
21	100	359.5	88.9	3.7	759	24.0595396
22	104.5	373.3	88.2	3.7	759	24.9331193
23	110	378.3	96.2	3.7	759	25.9239704

En la tabla de resultados se aprecia que la muestra a partir de 23% de humedad de agua en tierra, los valores registrados con el sensor y con el multímetro, empezó a variar ligeramente o a no variar, por esta razón se considera que el sensor ha llegado a su punto de saturación. Se grafica respuesta de voltaje en el sensor contra el valor de humedad de tierra y se obtiene la gráfica 6.1.

Gráfica 6.1. Gráfico de comportamiento del sensor de humedad en tierra.



Recordando que éste sensor es de baja tecnología, sus lecturas no son precisas, ya que al cambiar la concentración de minerales que tenga la tierra y/o agua, la lectura del sensor cambiará, sin embargo nos puede brindar una buena idea si una planta requiere agua o no. La ecuación de comportamiento de la curva del sensor se aprecia en la grafica 5.1. Con esto se realiza la programación para obtener una idea del porcentaje de humedad de agua en tierra.

6.2 Programación del Arduino.

La ecuación resultante que se acerca al comportamiento del sensor de humedad de tierra es:

$$y = 1.311x^2 + 0.9646x + 1.5988 \quad (6.2)$$

Donde

x= Voltaje de respuesta del sensor.

y= Porcentaje de humedad en tierra.

Retomando que el Arduino cuenta con un convertido AD de 1024 bits y que cada bit equivale a 0.0048828V por bits, con la siguiente ecuación obtenemos el voltaje de respuesta del sensor una vez que fue procesado por el Arduino.

$$V_{ht} = bits * 0.0048828 \quad (6.3)$$

Donde V_{ht} es el voltaje de respuesta del sensor de humedad, el cual es sustituido en x en la ecuación 6.2.

La programación de Arduino se realiza como se muestra en el ejemplo 6.2.

(ejemplo 6.2)

```

//*****HUMEDAD EN TIERRA*****
const int Humt=A3;//Sensor analogico de humedad
int HIUT;//Variable a mostrar en pantalla
float HT;//Humedad en %
float VHT;//Humedad en %
float PROHT=0;//Promedio humedad en tierra
float totalHT=0;//Promedio humedad en tierra
void setup ()
{ Serial.begin (9600);}
//*****HUMEDAD EN TIERRA*****
VIIT=HIUT*(0.0048828);
HT=VHT*VHT*1.311- 0.9646*VIIT-1.5983;
if (i==100)//Se obtiene un promedio de la temperatura para eliminar el error
{PROHT=totalHT/100;//Promedio humedad en tierra.
  Serial.print(PROHT);
  i=1;
  totalHT=0;
}
else

```

```
{ i++;  
  totalHT=HT+totalHT//HT  
}
```

CAPITULO VII.

Sensor de luz.

El sensor de luz seleccionado para su integración en el proyecto es TCS3200; este sensor se caracteriza por su bajo costo y su respuesta en frecuencia a la exposición de diferentes intensidades de luz, cuenta con 3 filtros, rojo, verde y azul y además presenta una opción de operación sin filtro. Figura 7.1.

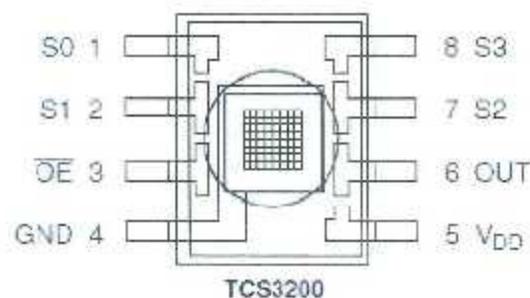


Figura 7.1. TCS3200 Vista frontal. [23]

Ya que la luz se trasmite por medio de ondas electromagnéticas que al chocar con un objeto reflejan una onda complementaria, que el ojo humano lo interpreta como color, este es el principio con el cual trabaja este sensor la luz reflejada en los objetos llega al sensor como luz complementaria, el sensor convierte esta luz a una respuesta en frecuencia la cual bajo las condiciones adecuadas, puede ser interpretada a color.

En la tabla 7.1 se aprecia que longitud de onda del espectro de luz es absorbida, a que color corresponde y que color es el que el ojo humano ve.

Los modos de operación del sensor son programados en los pines S0, S1, S2 y S4. Los modos de operación se encuentran en la tabla 7.2 y tabla 7.3. El pin OE, es negado por lo tanto su activación es en cero o tierra. El voltaje de alimentación mínimo es de 2.7V y el máximo de 5.5V; y el voltaje de alimentación normal es de 5V.

Para la obtención de una lectura confiable de este sensor es necesario que el objeto a estudiar este iluminado con luz blanca, en un lugar oscuro para minimizar una reflexión que pueda alterar el resultado, a una distancia de 20 mm, la grafica 7.1 muestra el comportamiento del sensor a diferentes distancias, la grafica fue obtenida durante el estudio realizado por *Mark*

Seelye quien realizo un trabajo con este mismo sensor para la identificación de diferentes colores y su reproducción en un sistema RGB.[24] Para el mejoramiento de las lecturas del sensor fue integrado en un circuito utilizando el siguiente material, 2 leds de luz blanca, 1 resistencia de 220Ω , baquelita y 8 conectores de tomillo.

Grafico 7.1 Resultados obtenidos a 6 distancias diferentes del sensor TSC3200 al objeto a analizar [24].

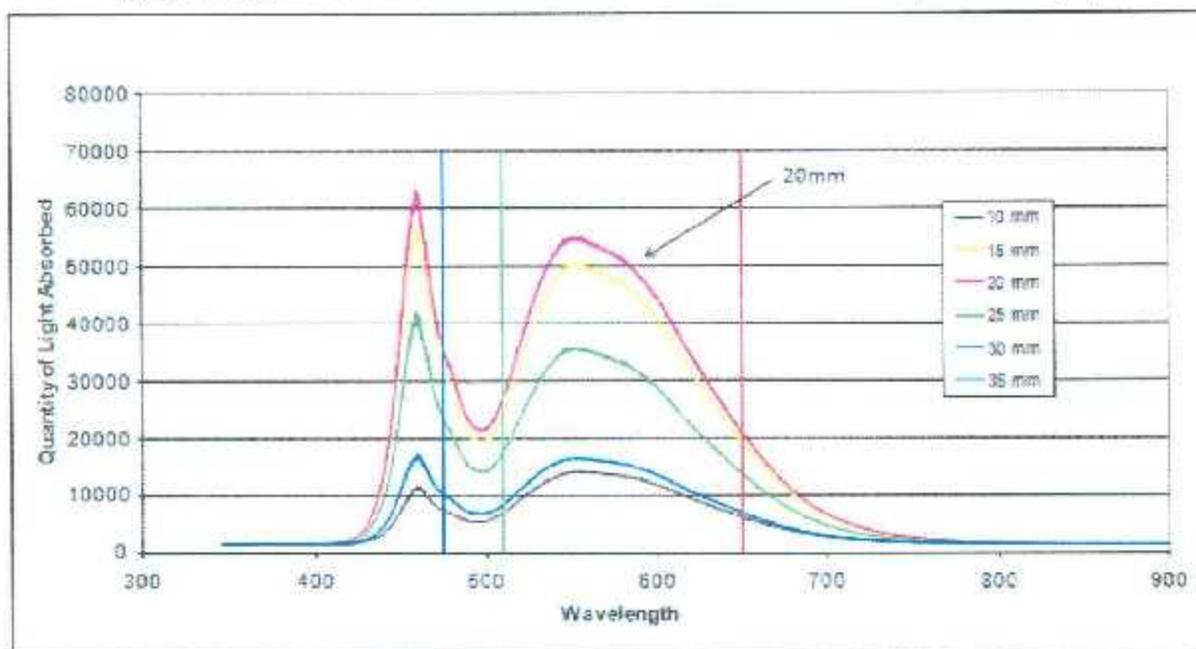


Tabla 7.1 Color complementario[22]

Longitud de onda absorbida (nm)	Color absorbido	Color transmitido (complementario)
380-450	Violeta	Amarillo Verdoso
450-495	Azul	Amarillo
495-570	Verde	Violeta
570-590	Amarillo	Azul
590-620	Anaranjado	Verde Azulado

Tabla 7.2 Y 7.3 Escalador de frecuencia y selección de filtro.

S0	S1	Escalador de Frecuencia en salida.	S2	S3	Activación de filtro
L	L	Sin escala	L	L	Rojo
L	H	2%	L	H	Azul
H	L	20%	H	L	No filtro
H	H	100%	H	H	Verde

Los pasos a seguir para la realización las mejoras en el sensor de luz son las siguientes:

1. Se realiza el diseño impreso del circuito con el software conocido como Ares con las siguientes dimensiones 6.64cm x 6.12cm. Procurando que el sensor se encuentre en medio de los dos leds de luz blanca, a una distancia de 2 cm del sensor de color figura 7.2.[24]
2. Se impresiona el diseño del circuito y se perfora la tablilla para soldar los elementos.
3. Los leds son soldados con cierto grado de inclinación para que el foco de la luz de estos se localice a dos centímetro de distancia del centro del sensor. Aplicando funciones trigonométricas (ecuación 7.1) como se observa en la figura 7.3, se obtiene el grado de inclinación de los leds. En las ecuaciones 7.1, 7.2 y 7.3 se desarrolla el procedimiento para llegar al grado de inclinación de los leds, adecuado para que la luz de los leds incida en el centro del dispositivo ha diseñado para contener el sensor de luz.

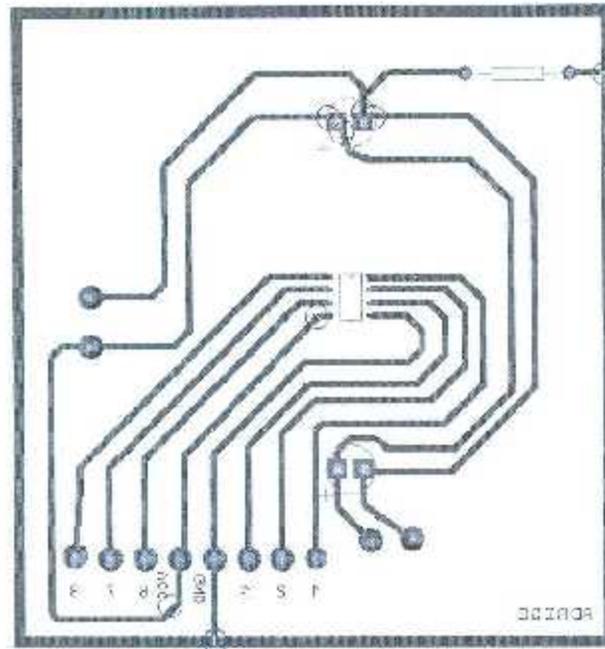


Figura 7.2 Diseño del sensor integrado

$$\tan \alpha = \frac{ope}{ady} \quad (7.1)$$

De la ecuación 7.1 estamos buscando la α por lo tanto esta es despejada ecuación 7.2.

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{ope}{ady}\right) \quad (7.2)$$

Sustituyendo los valores de la figura 7.5. b), donde se forma un triángulo rectángulo y el cateto opuesto vale 1.175 y el cateto adyacente vale 2 obtenemos que el ángulo de inclinación de los leds será de 30.43° variable "b" de la figura 7.5 b).

$$30.43^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{1.175}{2}\right) \quad (7.3)$$

4. Una vez soldados los elementos y tomando en cuenta las características técnicas del sensor integrado TSC3200 se fabrica una caja contenedora de prueba con una

profundidad aproximada de 2 cm. Esto es para que exista una mejor recepción del sensor a la luz reflejada por el color.

5. Se coloca una corona negra alrededor del sensor para impedir que exista una invasión inapropiada de la luz blanca ya que solo nos interesa la luz reflejada de la muestra hacia el sensor. Esto se aprecia en la figura 7.6.

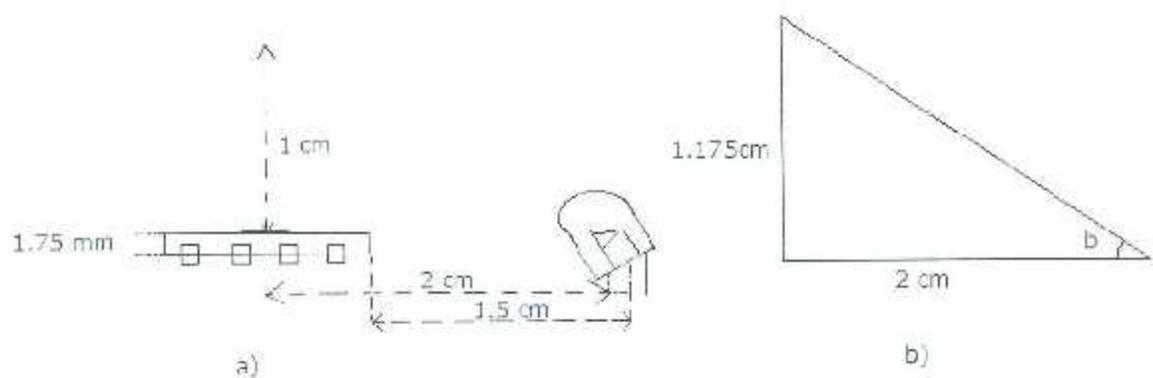


Figura 7.3 a) Distancia entre el sensor y el led; b) Triángulo para la aplicación de funciones trigonométricas.

6. El sensor final integrado es el siguiente.

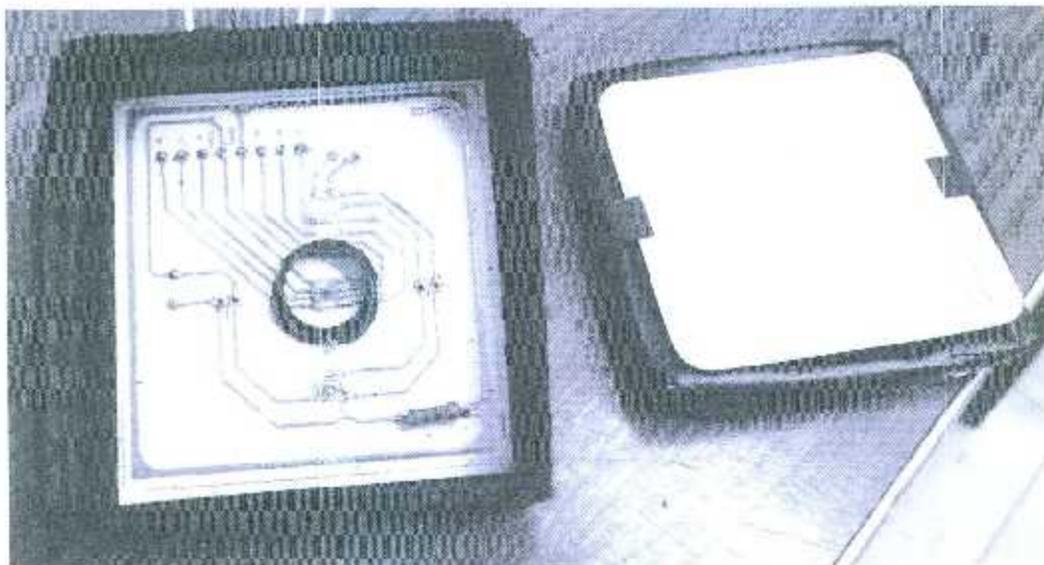


Figura 7.4 Sensor integrado.

7. Las primeras pruebas del sensor fueron realizadas con colores estandarizados y reproducibles para esto se recurrió a una tienda de pinturas, en donde se tomaron muestras de pintura ya seca obviamente.
8. Se desarrolla un programa en Arduino para monitorear la frecuencia resultante del sensor (ejemplo 7.1) El modo de trabajo del sensor fue al 20%, a razón de que así se obtendrán frecuencias bajas y puedan ser interpretadas por el Arduino.

(ejemplo 7.1)

```
// Salidas de control del sensor TCS3200
int S0=9;
int S1=10;
int S2=11;
int S3=12;
int OE=13;
//Variables a usar
//char instruccion='a';//variable de control de filtro
unsigned long time=0;
unsigned long a=0;
unsigned long b=0;
unsigned long dif=0;
int cont=1;
int cont2=1;
float totalC=0;
float PROC=0;
float frecuencia=0;
//Inicio del programa
void setup()
{ Serial.begin(9600);
```

```

/////Declaracion de salidas///
pinMode(S0,OUTPUT);
pinMode(S1,OUTPUT);
pinMode(S2,OUTPUT);
pinMode(S3,OUTPUT);
pinMode(OE,OUTPUT);
/////El sensor estara trabajando al 100% de la escala de frecuencia
digitalWrite(S0,HIGH);
digitalWrite(S1,LOW);
digitalWrite(OE,LOW);
///Activacion de la interrupcion
attachInterrupt(0, SENSOR_FREQ, FALLING);
//110 indica la interrupcion del pin 2 como in
//SENSOR_FREQ, nombre de la interrupcion
//FALLING interrupción activada en el cambio de alto-bajo
//en otras palabras con flanco de bajada.
}
//PROGRAMA DE INTERRUPCIÓN
void SENSOR_FREQ()
{
  time = micros();
  if (cont==1)
    a=time;
  if (cont==2)
    {b=time;
    cont=0;
    dif=b-a;
    if (con2<=100)
      {totalC=totalC+dif;
      con2=con2+1;}}
}

```

```
    else
      {PROC=totalC/100;
      frecuencia=1000000/PROC;
      totalC=0;
      cont2=1;}
  }
  cont=cont+1;
}
///Control del sensor TCS3200
void loop()
{ if (Serial.available()){
  //FILTRO AZUL
  digitalWrite(S2,LOW);
  digitalWrite(S3,HIGH);
  delay(250);
  Serial.print("Azul :");
  Serial.print(frecuencia);
  Serial.println(" Hz");
  delay(1000);
  //FILTRO ROJO
  digitalWrite(S2,LOW);
  digitalWrite(S3,LOW);
  delay(250);
  Serial.print("Rojo :");
  Serial.print(frecuencia);
  Serial.println(" Hz");
  delay(1000);
  //FILTRO VERDE
  digitalWrite(S2,HIGH);
```

```

digitalWrite(S3,HIGH);
delay(250);
Serial.print("Verde :");
Serial.print(frecuencia);
Serial.println(" Hz");
delay(1000);
//SIN FILTRO
digitalWrite(S2,HIGH);
digitalWrite(S3,LOW);
delay(250);
Serial.print("Sin filtro (c) :");
Serial.print(frecuencia);
Serial.println(" Hz");
Serial.println();
delay(1000);
}
}

```

9. En la figura 7.7 se observa como son mostrados los resultados interpretados por el Arduino.

10. Con los datos obtenidos se obtiene la tabla 7.6 que muestra el comportamiento de la frecuencia ante la presencia de diferentes colores y diferentes filtros. Para verificar que las lecturas del Arduino fueran correctas se conecta de manera paralela a la señal de salida del sensor el osciloscopio.

Al terminar de realizar las pruebas y analizar el contenido de la tabla 7.5 se aprecia que cualquiera que sea el filtro, los colores más claros dan una respuesta de mayor frecuencia.

Los filtros con los que cuenta el sensor son filtros permisivos, es decir, al usar el modo de filtro verde, aquellos colores que sean o tengan tonalidades verdes, el sensor manifestara una frecuencia alta comparada con cualquier otro colores que no cuente con una tonalidad verde o que no sean verde. Con el modo del filtro rojo y azul este fenómeno, habrá mayor frecuencia en colores que sean de las tonalidades del modo del filtro seleccionado para trabajar.



Figura 7.7. Lectura de colores con diferentes filtros.

Una vez realizado este estudio, se tomaron 100 muestras a 100 plántulas de tomate con el modo de trabajo al 2% del sensor de luz obteniendo la tabla 7.4. (Para métodos prácticos solo se muestran las últimas 20 muestras).

Del total de los datos obtenido, el promedio de la frecuencia registrada con cada filtro siendo para el color rojo 354.74hz, para el azul 194.83, para el verde 270.09 y sin filtro 819.68 (Tabla 7.4). También se obtuvo la media de los mismo datos, para rojo 358.60, para azul 192.93, para verde 271.73 y sin filtro 824.72 (Tabla 7.4). Cabe mencionar que los datos pertenecen a plántulas completamente sanas.

El fin último de este sensor es diferenciar hojas sanas de las hojas no sanas de una planta. En capítulos posteriores se observaran muestras de plantas no sanas.

Tabla 7.4 Muestras de plántulas de tomate.

ITEM	Filtro Rojo		Filtro Azul		Filtro Verde		Sin filtro
	S2	%	S2	%	S2	%	
	L		L		H		
	Frecuencia		Frecuencia		Frecuencia		
81	410.85	0.44	211.73	0.23	316.49	0.34	939.07
82	374.63	0.44	215.17	0.25	260.79	0.31	850.09
83	362.12	0.43	210.81	0.25	261.03	0.31	833.96
84	363.98	0.46	212.67	0.27	212.67	0.27	789.32
85	437.31	0.46	224.61	0.24	281.14	0.30	943.06
86	259.54	0.43	199.98	0.24	270.44	0.33	829.96
87	312.15	0.43	173.79	0.24	231.46	0.32	717.40
88	345.50	0.43	188.61	0.24	262.37	0.33	796.48
89	354.18	0.44	191.17	0.23	268.55	0.33	813.90
90	357.40	0.43	189.48	0.23	278.92	0.34	825.80
91	358.66	0.43	188.29	0.23	278.59	0.34	825.54
92	399.06	0.44	207.11	0.23	296.34	0.33	902.53
93	361.61	0.44	192.90	0.23	269.00	0.33	823.51
94	349.05	0.44	188.51	0.24	263.73	0.33	801.29
95	372.12	0.44	187.40	0.22	288.83	0.34	848.35
96	410.10	0.44	216.71	0.23	300.00	0.34	926.81
97	400.00	0.45	201.84	0.23	283.24	0.32	885.08
98	492.26	0.44	265.90	0.26	315.50	0.31	1073.66
99	318.86	0.43	190.58	0.25	244.96	0.32	754.40
100	446.54	0.42	296.57	0.28	321.29	0.30	1064.40
Promedio	354.76	0.43	194.83	0.24	270.09	0.33	819.68
Media	358.60	0.43	192.93	0.24	271.73	0.33	824.72

Tabla 7.5 Resultados de muestreo de colores comerciales:

ITEM	Color	Nombre de color	Codigo de barra	Marca	Filtro Rojo		Filtro Azul		Filtro Verde	
					S2	S3	S4	S5	S2	S3
					L	H	L	H	L	H
					Frecuencia 20mm		Frecuencia 30mm		Frecuencia 20mm	
1	Verde	verde	411N1 3-43	Print Canada	293.04		242.97		395.66	
2	Verde	medio	412N1	Print Canada	229.13		158.05		202.19	
3	Verde	oscuro	413N1	Print Canada	250.05		191.31		222.9	
4	Verde		414N1	Print Canada	249.28		229.2		336.24	
5	Verde		415N1	Print Canada	217.68		174.15		227.66	
6	Verde	Verdes	3-0401F	Print Canada	1405.07		809.8		1067.24	
7	Verde	claros	3-0402F	Print Canada	981.12		527.14		723.25	
8	Verde	claros	3-0403T	Print Canada	1093.35		547.73		911.15	
9	Verde		3-0404D	Print Canada	921.06		451.5		739	
10	Verde		3-0405B	Print Canada	780.7		370.79		700.61	
11	Verde	Washful Green	N416-2U	Behr	1036.74		701.32		818.21	
12	Verde	Wasabi	N340-4M	Behr	909.33		413.51		539.22	
13	Verde	White Radish	N350-2U	Behr	1058.3		553.22		815.25	
14	Verde	Fresh Apple	P360-0D	Behr	477.52		246.5		454.37	
15	Verde	Sun Valley	P370-7D	Behr	355.56		220		349.36	
16	Verde	Luscious Lime	P130-7D	Behr	544.76		225.05		355.1	
17	Verde	Secret Meadow	5360-6D	Behr	351.1		202.5		268.58	
18	Verde	Hojwanchan	5370-4M	Behr	607.65		354.76		462.29	
19	Verde	Forest Path	N420-4M	Behr	544.15		374.47		452.41	
20	Verde	Deep Verdian	5300-7D	Behr	282.46		186.17		241.33	
21	Verde	Urban Nature	5380-3M	Behr	782.5		502.37		635.3	
22	Verde	Vine Leaf	N400-7D	Behr	256.76		176.85		210.4	
23	Verde	Bitter Sage	N350-4M	Behr	472.25		315.08		591.54	
24	Verde	Floralyptus Wreath	N390-5M	Behr	455.28		306.87		379.27	
25	Verde	Saurel Garland	N390-6D	Behr	302.4		200.7		213.63	
26	Verde	Cypress Vine	N390-7D	Behr	268.42		177.46		215.27	
27	Verde	Ecological	5380-6D	Behr	403.32		230.65		309.1	
28	Verde	Global Green	5380-7D	Behr	315.54		138.1		243.23	
29	Verde	Fertile Green	5340-6D	Behr	454.31		233.35		373.87	
30	Verde	Tree Hugger	5340-7D	Behr	374.55		198.66		275.16	
31	Verde	Farm Fresh	5340-5D	Behr	504.64		302.19		424.94	
32	Verde	Green Bank	N410-5M	Behr	511.27		359.49		476.2	
33	Verde	Turtle Creek	N410-6D	Behr	410.24		261.24		380.61	
34	Verde	Perennial Green	N410-7D	Behr	240.32		170.30		227.39	
35	Verde	Marjoram	N360-4M	Behr	764.74		475.29		653.66	
36	Verde	Fresh Guacamole	N360-5M	Behr	525.23		321.39		516.58	
37	Verde	Bold Avocado	N360-6D	Behr	410.95		227.6		390.32	
38	Verde	Rockwall Vine	N360-7D	Behr	324.04		187.19		306.35	
39	Verde	Fresh Artichoke	N240-5M	Behr	670.24		356.73		524.32	
40	Verde	Spinach Dip	N340-6D	Behr	503.84		255.73		390.28	
41	Verde	Classic Avocado	61340-7D	Behr	424.58		175.5		249.02	
42	Verde	African Plain	5370-7D	Behr	391.27		192.1		280.22	
43	azul	Perfect Sky	P510-3M	Behr	366.1		448.72		331.92	
44	azul	Yucatan	P490-5M	Behr	344.21		479.53		402.67	
45	rojo	Joyful Cannon	P240-2U	Behr	1127.13		316.93		459.09	
46	rojo	Japanese Kai	P210-7D	Behr	905.82		260.37		350.41	
47	rojo	Pimento	P180-6D	Behr	875.57		267.33		274.83	

CAPITULO VIII.

Comunicación Inalámbrica Xbee.

El Xbee es un módulo de Digi para comunicación inalámbrica basado en protocolo Zigbee, a su vez basado en el estándar de comunicación para redes inalámbricas IEEE 802.15.4, realizado en una banda libre de 2.4 GHz. La velocidad de transmisión es de hasta 256Kbps y los módulos básicos tienen un alcance entre 30 m en interiores y 100 m en exteriores. Podemos usar dos modos de comunicación con el Xbee, serie 1 punto a multipunto y serie 2 ZB red mess. [26] Xbee funciona a 3.3 V y se comunica por el puerto serial al Arduino. [10] Para el conocimiento completo de los comandos y formas de programación del Xbee, se cuenta con el manual de usuario "XBee®/XBee-PRO ® OLEM RF Modules", el cual es de libre acceso en internet. [25][27]

8.1 Bray+++ Terminal y Xbee.

La programación de las Xbee, existen dos software recomendados, "Bray+++ Terminal" y el "X-CTU"; siendo el "Bray+++Terminal" utilizado para la programación del Xbee, es por su fácil acceso en internet. El "Bray+++Terminal" se baja de internet como un ejecutable. El comando para establecer comunicación con el Xbee a través del "Bray+++Terminal" son tres signos de más "+++"; una vez establecida la comunicación solo se cuenta con 5 segundos para realizar la programación con el Xbee, una vez transcurrido este tiempo es necesario volver a restablecer la comunicación con el mismo comando "+++".

Hay dos métodos de programación para la Xbee [25] [27].

- Método 1(Tabla 8.1). Comandos línea por línea. En este método antes de cada comando se antepone las letras AT. Ejemplo,
- Método 2(Tabla 8.2). Comandos múltiples en una sola línea. En este método solo una vez se antepone las letras AT. Ejemplo

Tabla 8.1. Método 1.

Comando enviado	Respuesta de "Bray++Terminal"
++ "(→ Send) click"	OK
ATDI "(→ Send) click"	OK
+++ "(→ Send) click"	OK
ATDL1A0D "(→ Send) click"	OK
+++ "(→ Send) click"	OK
ATWR "(→ Send) click"	OK
+++ "(→ Send) click"	OK
ATCN "(→ Send) click"	OK

Tabla 8.2. Método 2.

Comando enviado	Respuesta de "Bray++Terminal"
++ "(→ Send) click"	OK
ATDI,1A0D,WR,CN "(→ Send) click"	OK

Los comandos básicos para la programación de la Xbee son los siguientes [27] (Tabla 8.3 y Tabla 8.4).

Tabla 8.3. Comandos básicos.

Comando	Descripción	Valores	Default
ID	Dirección de Red.	0-0xFFFF	0x3532
CH	Dirección de Canal.	0x0B - 0x1A (XBee) 0x0C - 0x17 (XBee-PRO)	0x0C
MY	Dirección de modulo	0-0xFFFF	0
SH y SL	No. De Serie; SH 32 bits; SL 32 bits.	0-0xFFFFFFFF	Solo lectura. De cada modulo es diferente.

Tabla 8.4 Comandos básicos.

Comando	Descripción	Valores	Default
DH	Dirección del destino para la comunicación inalámbrica parte alta.	0 - 0 0xFFFFFFFF	
DL	Dirección del destino para la comunicación inalámbrica parte alta.	0 - 0 0xFFFFFFFF	
BD	Velocidad de comunicación.	0=1200bps; 1=2400bps; 2=4800bps ; 3=9600bps; 4=19600bps; 5=38400bps; 6=57600bps; 7=115200bps.	3-9600bps.
WR	Escribir en memoria.	-----	-----
CN	Salir del modo de comando.		

Al usar los códigos básicos del “Xbee” existen las siguientes reglas [26].

1. Si “DH” y “DL” son mayores a 0xFF los datos de transmitidos por ese modulo serán recibidos por cualquier modulo cuyos 16 bits del parametro “MY” sea igual a “DL”.
2. Si el “DH” o el “DL” o cualquiera de los dos es igual a 0xFFFF; todos los módulos recibirán.
3. Si el “DH” no es 0 o el “DL” es mayor de 0xFFFF, los datos solo serán recibidos por SH=DH y ó SL=DL.

8.2 Arduino y Xbee.

Como se explico en un capítulo anterior el Arduino es un microcontrolador de lenguaje de programación muy amigable y fácil de aprender, el Xbee es un modulo de comunicación inalámbrica relativamente económico. Se pretende establecer una comunicación inalámbrica entre dos Arduinos, para establecer las bases para una comunicación inalámbrica entre un Arduino y una PC con Labview, esto se explicara en un próximo capítulo.

Para lograr una comunicación inalámbrica con el “Xbee” con el Arduino existe un modulo para ello, llamado “XbeeShield”. Figura 8.1. Este modulo funciona como una interface física

entre ambos elementos. El "Xbee" se monta en el modulo "XbeeShield" como se observa en la figura 8.2.

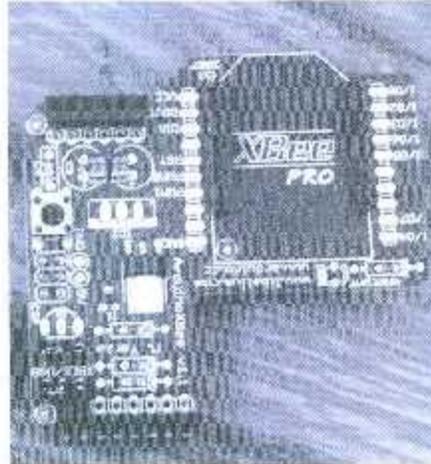


Figura 8.1 Módulo XbeeShield.

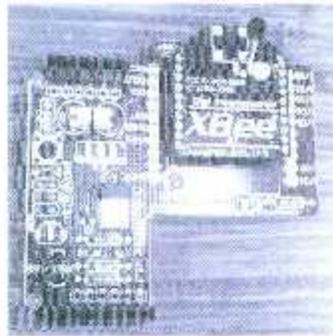


Figura 8.2 "Xbee" mas "XbeeShield".

A continuación se describirá la manera en la cual se realizara la comunicación inalámbrica utilizando el Arduino y el Xbee.

La comunicación inalámbrica entre dos Arduinos realiza de la siguiente manera:

1.- Se designa a uno de los Arduinos como trasmisor y otro como receptor. Aquella Arduino que será el transmisor se le carga el programa ejemplo 8.1.

```
( ejemplo 8.1)[26]
void setup()
{Serial.begin(9600);}
void loop()
```

```

{Serial.print('H');
  delay(1000);
  Serial.print('L');
  delay(1000);
}

```

El programa cargado en el Arduino transmisor solo mandara al monitor serial del Arduino una letra "H" y una "L" cada segundo. Como se aprecia en la figura 8.3.

2.- El Arduino receptor se guardara el programa denominado ejemplo 8.2. El programa cargado en el receptor, solo responderá a dos caracteres "L" y "H", si es "L" el carácter recibido, el led amarillo prendera y el rojo se apagara, si el carácter recibido por el Arduino es el "H" el led rojo prendera y el amarillo se apagara. En la figura 8.4 se observa lo que se verá en el monitor serial de Arduino.

(ejemplo 8.2)

```

int LEDredPin =10; //Pin 10 para el led rojo.
int LEDyellPin = 11; // Pin 11 para el led amarillo.
char dataByte; //Variable donde se guardara un caracter
void setup() //Inicio de programa
{ Serial.begin(9600); //Activación del monitor serial del Arduino
  pinMode(LEDredPin, OUTPUT); //Pin 10 como salida de datos
  pinMode(LEDyellPin, OUTPUT); //Pin 11 como salida de datos }
void loop()
{ if (Serial.available()) //Si tenemos una entrada del monitor serial
  { dataByte = Serial.read(); //guardamos el dato de entrada en "dataByte"
    Serial.print(dataByte); //En el monitor serial se imprime la variable recibida.
    if(dataByte == 'H') //Si es"H"
      { digitalWrite(LEDredPin, HIGH); //Mandar un 1 al pin 10 (rojo)

```

```
digitalWrite(LEDyellowPin, LOW); } //Mandar un 0 al pin 11(amarillo)
else if(dataByte == 'L') //Si no, si el caracter es "L."
{digitalWrite(LEDyellowPin, HIGH); //Mandar un 0 al pin 10 (rojo)
digitalWrite(LEDredPin, LOW); } //Mandar un 1 al pin 10 (amarillo)
} [26]
```

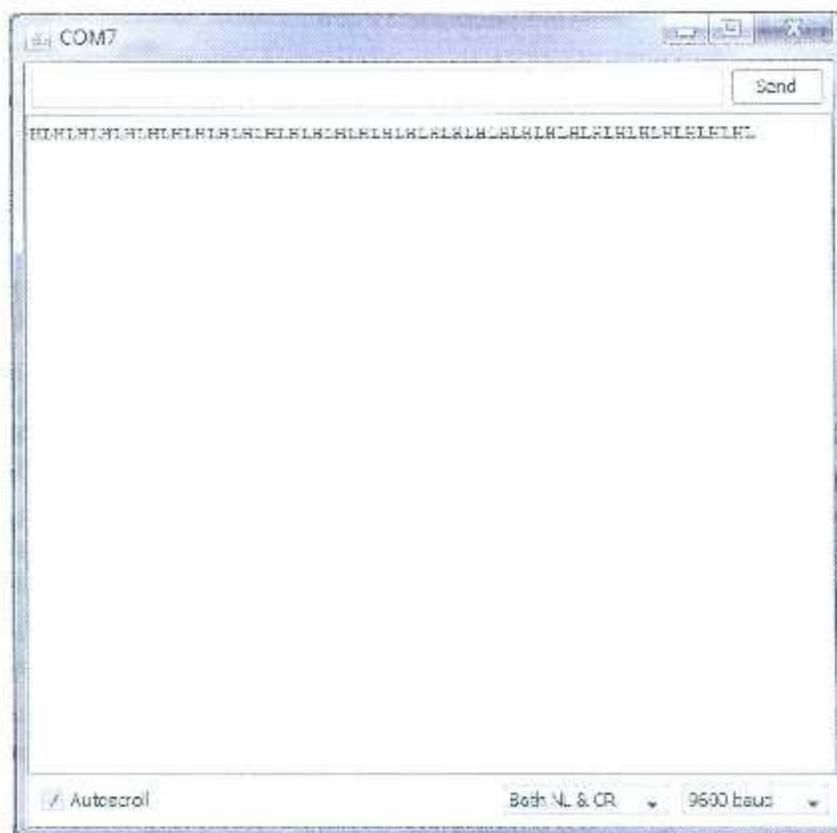


Figura 8.3 Monitor serial del Arduino generación de una "H" y una "L".

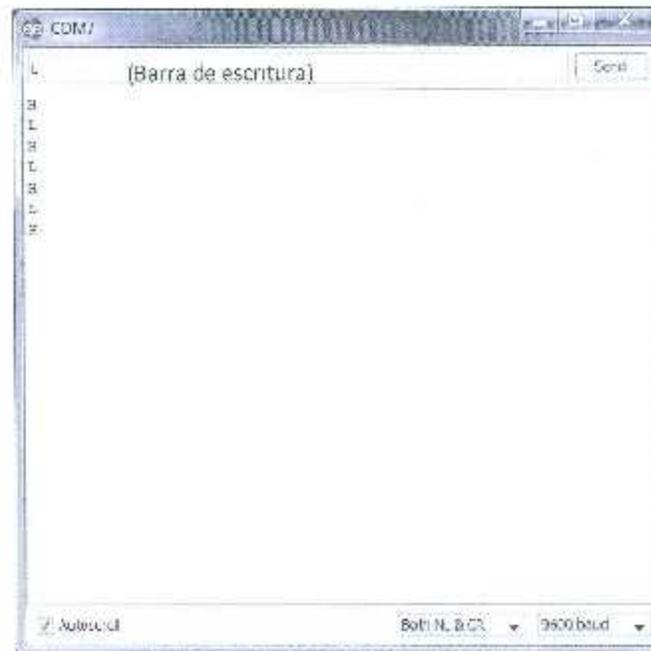


Figura 8.4 Monitor serial, programa del receptor.

3.-Se procede a la programación de las Xbee. Para la realización de esto es necesario quitar el microcontrolador del Arduino, figura 8.5.



Figura 8.5 Microcontrolador de Arduino.

Se monta la "Xbee" con "XbeeShield" en el Arduino. Figura 8.6. Se colocan los "jumpers" en modo de USB, esto se aprecia en la figura 8.6.

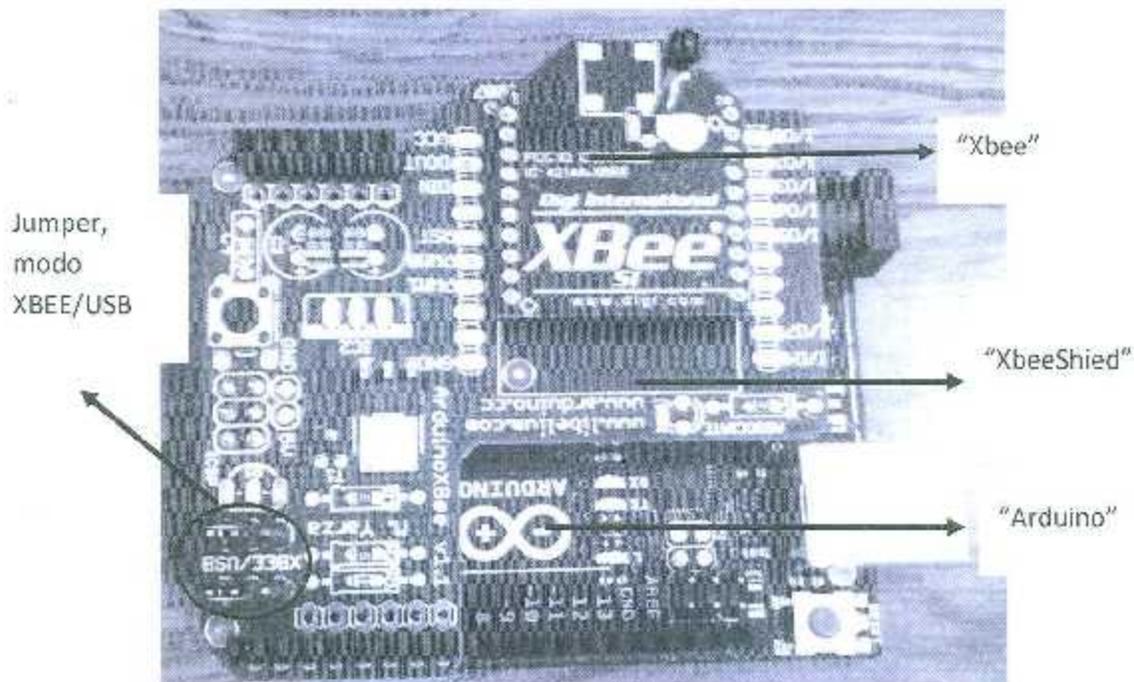


Figura 8.6 “Xbee” mas “XbeeShield” en el Arduino.

4.- Se conecta el modulo “Xbee” mas “XbeeShield” mas “Arduino”, al CPU y se abre el software “Bray++Terminal” figura 8.7. Antes de establecer conexión entre el software “Bray++Terminal” y el “Xbee” hay que colocar los parámetros apropiados “baud rate 9600”, “data bits 8”, “parity none”, “stop bits 1” y “handshaking none”. Parámetros localizados en la parte superior de la ventana figura 8.7. En el recuadro de “Settings”, deberán quedar seleccionados los siguientes parámetros Auto Dis/Connect, CR=LF, Custom BR=9600, Rx Clear =27, DSR y RI. En el recuadro de “Receive” el parámetro Reset Counter debe estar 13 y se debe de seleccionar ASCII. En el recuadro de “Transmit” solo el parámetro “Send file” debe de estar activado en 0. Por último se da click en el botón “Connect” en la esquina superior izquierda. Una vez seleccionado los parámetros anteriores se procede a la programación del “Xbee”.

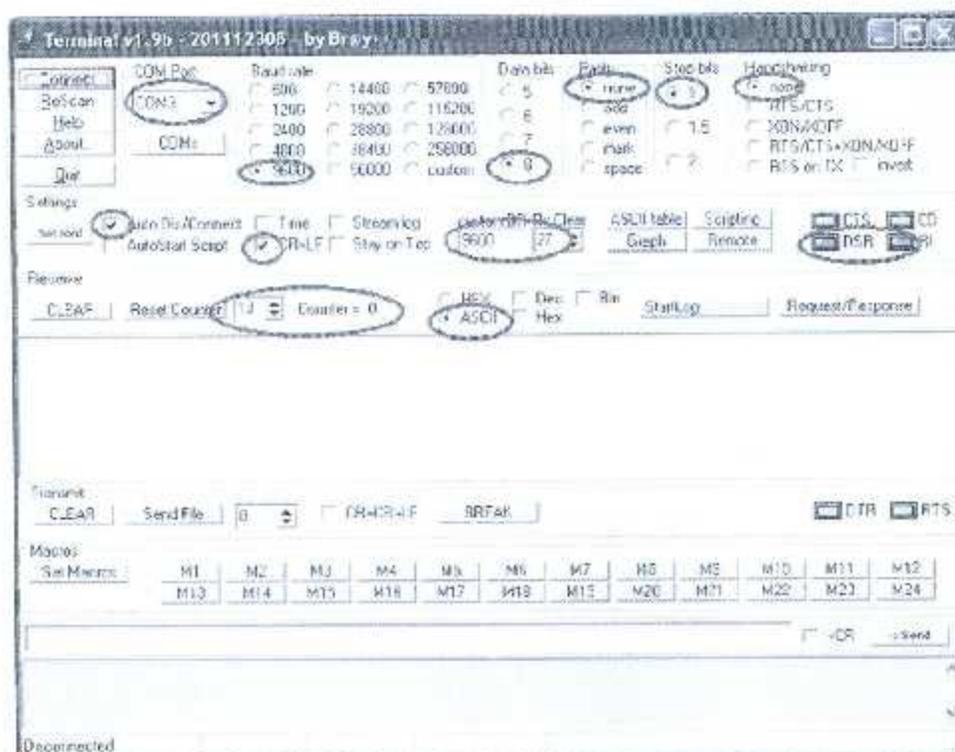


Figura 8.7 Software "Bray++-Terminal".

5.- Se establecer la comunicación entre el software y la "Xbee" con "++" esto se observa en la figura 8.8.

- En este espacio se colocan el texto que va a ser transmitido al "Xbee". En este caso "++" para iniciar comunicación con la "Xbee".
- Click en "→Send" para mandar los datos.
- Dato transmitido.
- Dato recibido.
- Respuesta del receptor, en este caso el "Xbee" un OK.
- Numero de caracteres recibidos y enviados en total "Rx: 3" y "Tx: 3".

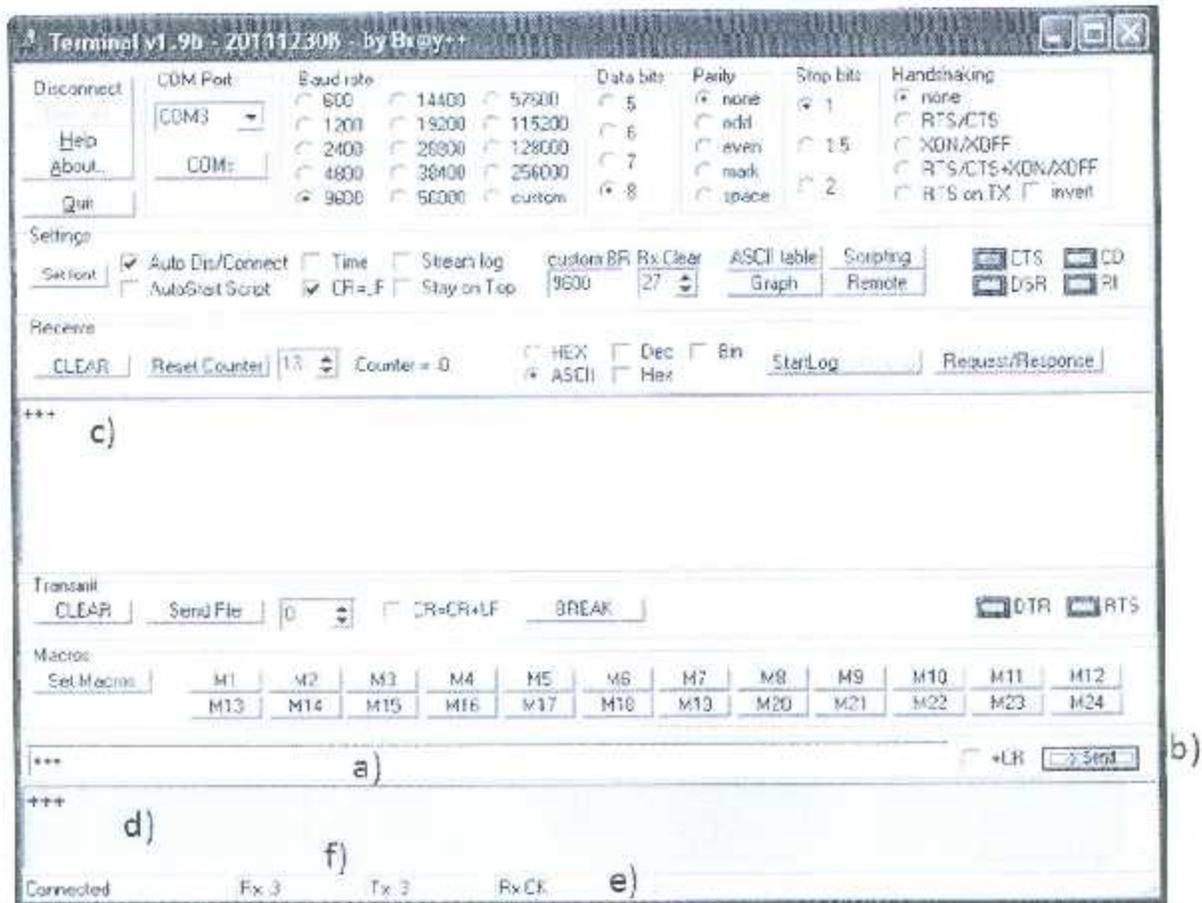


Figura 8.8 Acceso con +++.

6.- Para la programación del transmisor se introduce el siguiente código:

“ATID3332,CH0C,DH0,DL1,MY0,BD3,WR,CN”. En la tabla 8.9 se interpreta el código para la programación de transmisor. Hay que recordar que la comunicación entre el “Xbee” y “Bray+++Terminal” es de unos 5 segundos, se recomienda escribir el código en un archivo de *.txt y después cortar y pegar en el “Bray+++Terminal”.

Antes de pegar el código completo se borra los “+++” del espacio a) figura 8.8 y se pega el código, click en “→Send” para ingresar el código al “Xbee” figura 8.9. En la figura 8.10, se aprecia la respuesta del “Xbee”, así como el número de caracteres recibido y enviados.

Tabla 8.9 Interpretación de código para transmisión.

Comando	Descripción	Datos
ID	Dirección de Red.	0x3332
CH	Dirección de Canal.	0x0C
MY	Dirección de modulo	0
BD	Velocidad de comunicación.	3-9600bps
DH	Dirección del destino para la comunicación inalámbrica parte alta.	0
DI	Dirección del destino para la comunicación inalámbrica parte alta.	1
WR	Escribir en memoria.	-----
CN	Salir del modo de comando.	-----

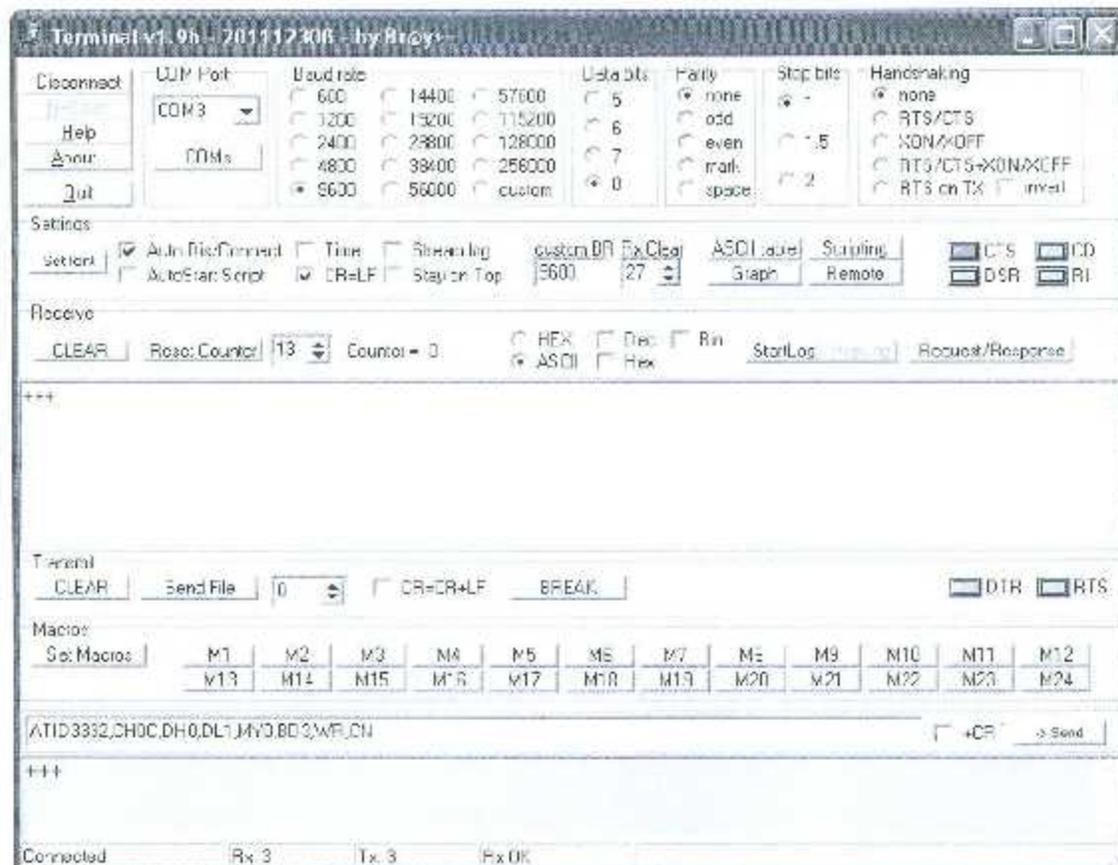


Figura 8.9 Código para programación de transmisión de datos.

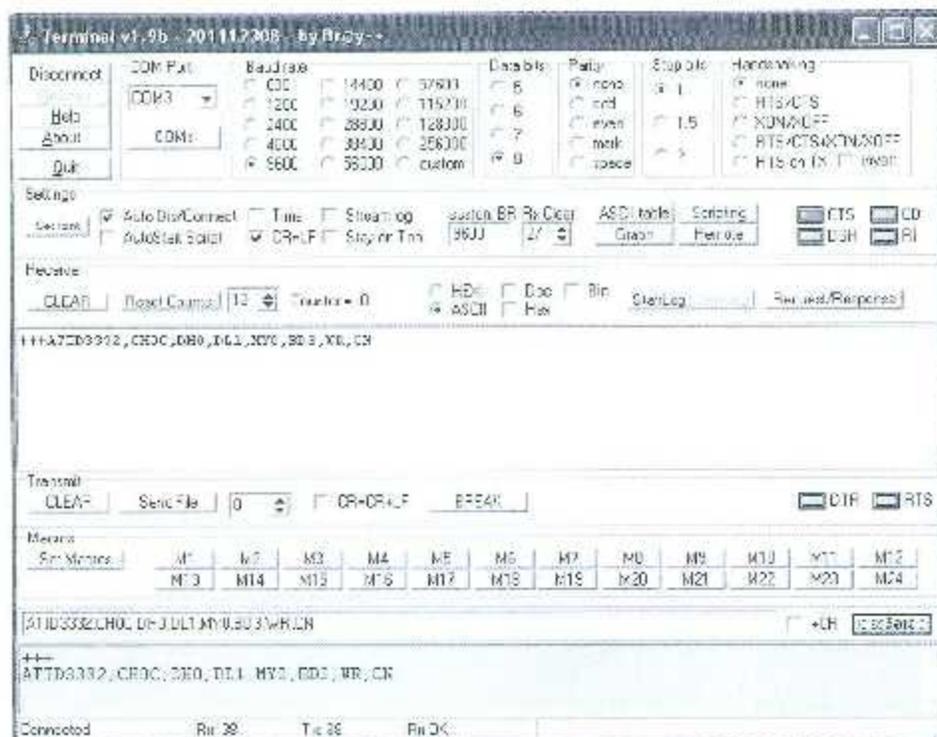


Figura 8.10 Respuesta de la programación del transmisor.

7.- Una vez configurado el transmisor se configura el receptor, se quita el “Xbee” mas “XbeeShield” y se deja la Arduino si microcontrolador para colocar el siguiente par de “Xbee” mas “XbeeShield” para que sean programados como receptor con el siguiente código. “ATID3332,CH0C,DH0,DL0,MY1,BD3,WR,CN. En este segmento de código a comparación con el de transmisión solo se cambian DL1 por DL0 y MY0 por MY1, como se observa en la tabla 8.6.

Recordando la primera regla de los códigos básicos para la programación en “Xbee” si los datos en “DH” y “DL” son menores a 0xFF, todos los módulos que tengan el MY (funcionara como transmisor) igual al DL de otro “XBee” serán los receptores del primero.

Ahora bien para la configuración del receptor hay que realizarla desde el establecimiento de comunicación con el comando “+++”, pasos 3 y 4 obviamente con el código para el receptor.

Tabla 8.5 Código de Trasmisor y Receptor.

Trasmisor		Receptor	
MY	Dirección de modulo	0	1
DH	Dirección del destino para la comunicación inalámbrica parte alta.	0	0
DL	Dirección del destino para la comunicación inalámbrica parte alta.	1	0

8.- Una vez que ambas Arduinos tengan los programas cargador. Aquella Arduino que tenga el programa para ser el trasmisor. conectarla con la "Xbee" más "XbeeShield" que tenga el código para funcionar como trasmisor. De igual manera el Arduino que tenga el programa para el receptor conectarla con la "Xbee" mas "XbeeShield" que tenga el código para funcionar como receptor.

9.-Se alimenta cada Arduino con los eliminadores y en cuestión de segundos iniciara la transmisión de datos, cada segundo se prenderán alternadamente los leds amarillos y rojos. Con esta programación realizada en cada una de las Arduino y en cada una de las "Xbee" se obtiene la comunicación inalámbrica figura 8.11.

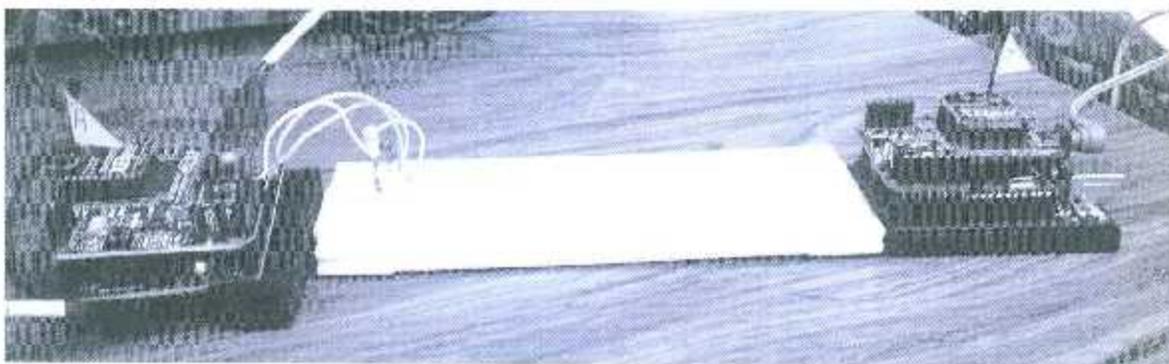


Figura 8.11. Se aprecia la comunicación inalámbrica entre el receptor y el emisor.

Al guardar los datos en el Xbee en la memoria con el comando WR, la programación de la misma no se borra, mas sin embargo la memoria del Xbee es sensible a la estática, lo cual

provoca que se borre la configuración de la misma al no estar energizada, a mientras se encuentre energizada no se borrara esta información. Para solucionar este problema solo hay que aislar correctamente el Xbee, esto lo realizamos con una esponja aislante.

A pesar de que la "Xbee" es programada como un solo receptor y un solo transmisor, la "Xbee" también puede ser bidireccional.

En el capítulo 9 se hablara de la integración de todos los sensores en un sistema inalámbrico.

CAPITULO IX.

Integración del Sistema.

En los capítulos anteriores se describieron los diferentes sensores a utilizar para el monitoreo de las variables que afectan el desarrollo y sano crecimiento de una planta. Estos sensores se colocaron en una estación de trabajo con las siguientes dimensiones 800mm X 800mm X 70 mm, el diseño de la misma así como los detalles de sus cotas se observa en la figura 9.1. El material con el que se fabricó esta estación fue madera.

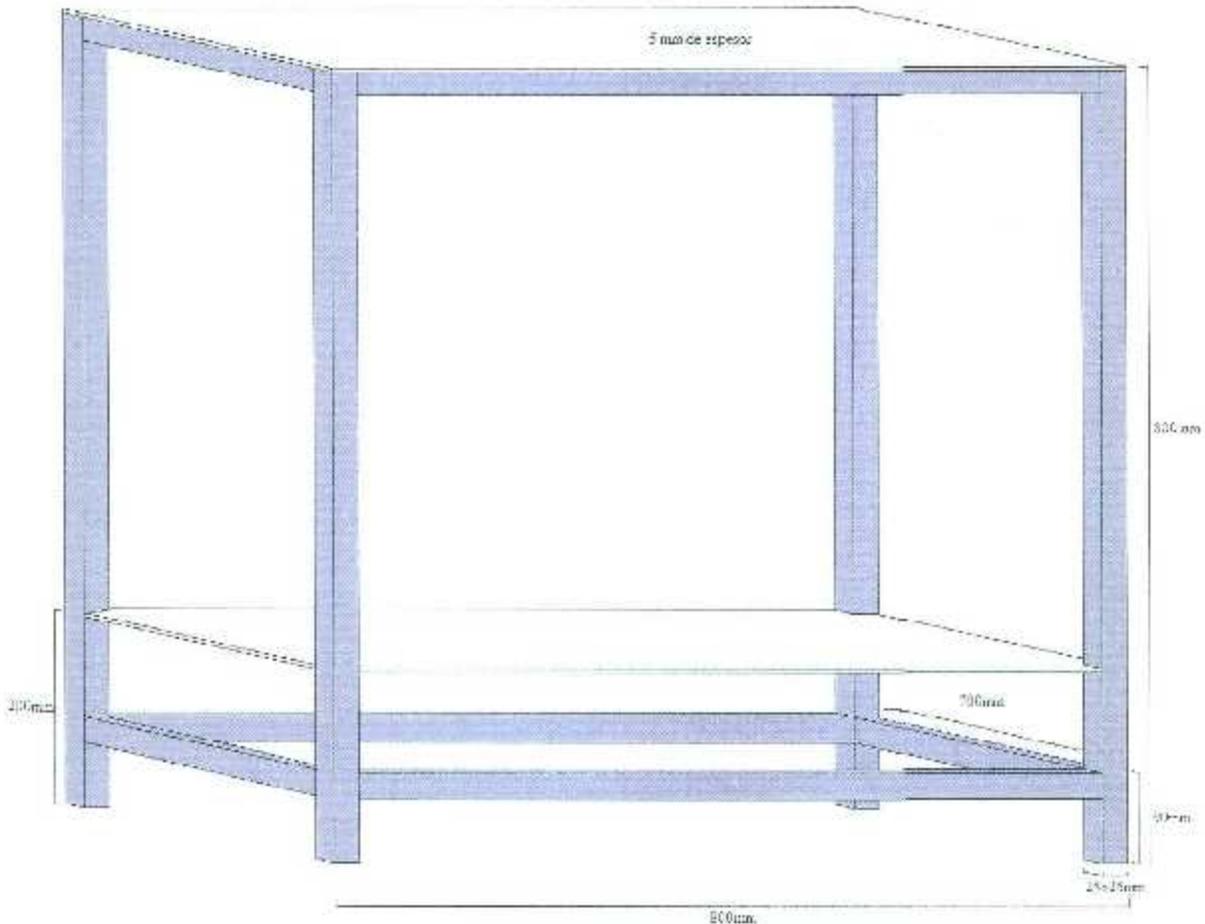


Figura 9.1 Estación de trabajo.

Para cubrir a las plantas del medio, la estación de trabajo fue recubierta de plástico conocido popularmente como plástico para forrar libros no autodhcrible o plástico cristal con un espesor de 0.5mm, el cual se adhería a la estación por medio de velcro. Las hojas de plástico para cubrir la estación fueron cortadas en las siguientes dimensiones, figura 9.2.

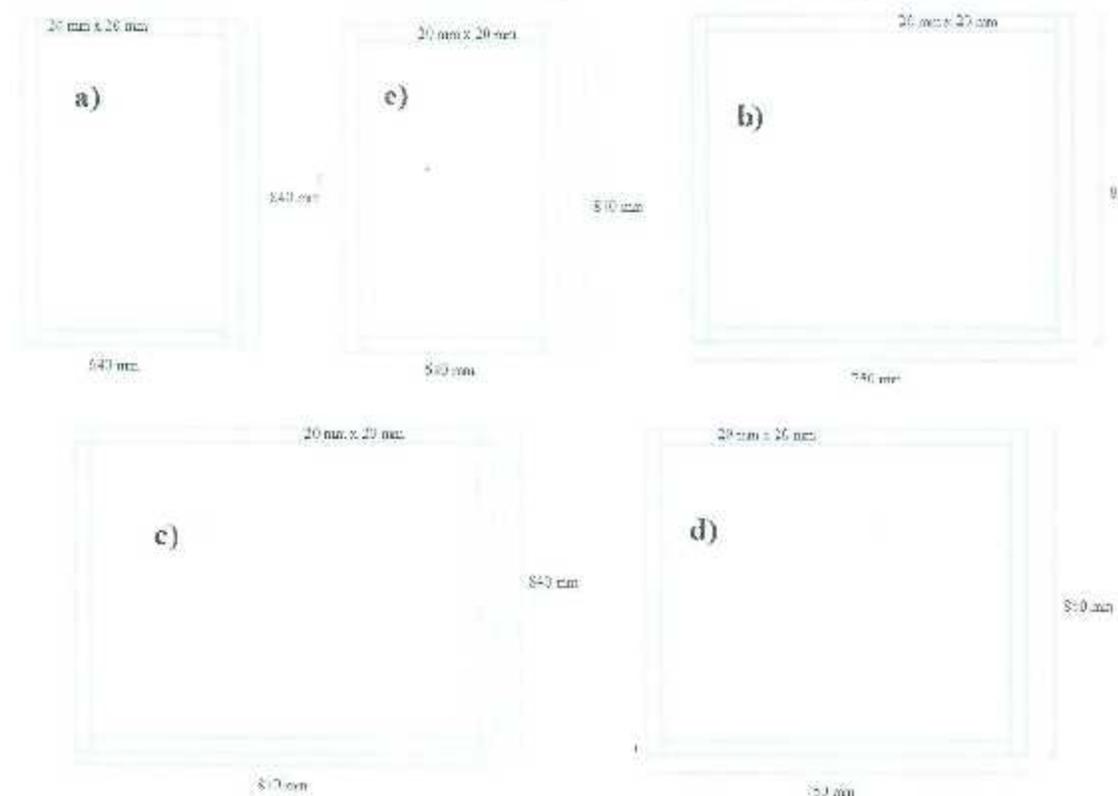


Figura 9.2 Hojas de plástico.

A cada hoja de plástico se le deja 20 mm de margen para realizarle una bastilla con el fin de cocer sobre ella una parte del velcro y la otra parte colocarla en la estación de trabajo con grapas. En la figura 9.3 se encuentra la estructura ya terminada.

Para simular la luz solar dentro de la estación se colocaron dos focos de luz blanca 35 W. Dichos focos serán controlados por un temporizador Marca Intermatic, modelo PB373EB, un polo, un tiro, resistencia de 20 Ω , 10 de tuxteno, 16Fl.A (11lp), 720VA servicio piloto, alimentación 120VAC 50-60 Hz, pila de litio tipo CR2032, certificación e RU us E1666259, 8 temporizadores programables, una entrada una salida (figura 9.4).

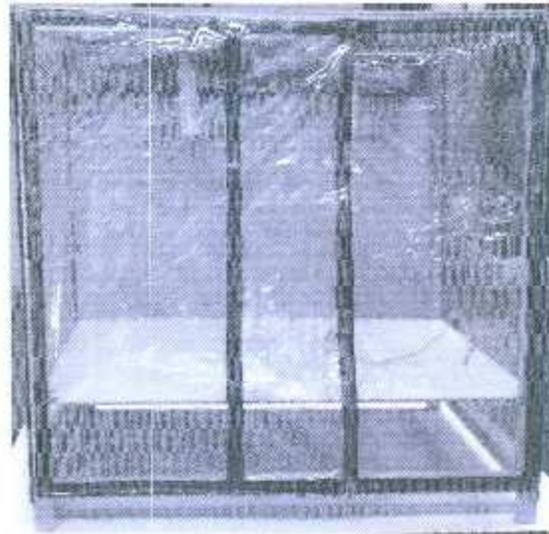


Figura 9.3 Estación de trabajo de plástico.



Figura 9.4 Temporizador cara frontal.

La programación del temporizador se lleva a cabo tomando en cuenta la hora en la cual amanece y atardecer en la semana 24 del año (las especificaciones técnicas de programación se encuentran en el anexo 2), correspondiente a los días 9 al 15 de junio del 2013. La hora de amanecer y atardecer se toma de los datos obtenida en la grafica 9.1 (línea roja amanecer línea azul atardecer). La hora que aparece en la grafica es la hora solar según las coordenadas que tiene la ciudad de Torreón Coahuila, en términos prácticos es la hora del estado de Chihuahua. Los focos permanecen encendidos 13:30 horas diarios en promedio, en la tabla 9.1 esta la

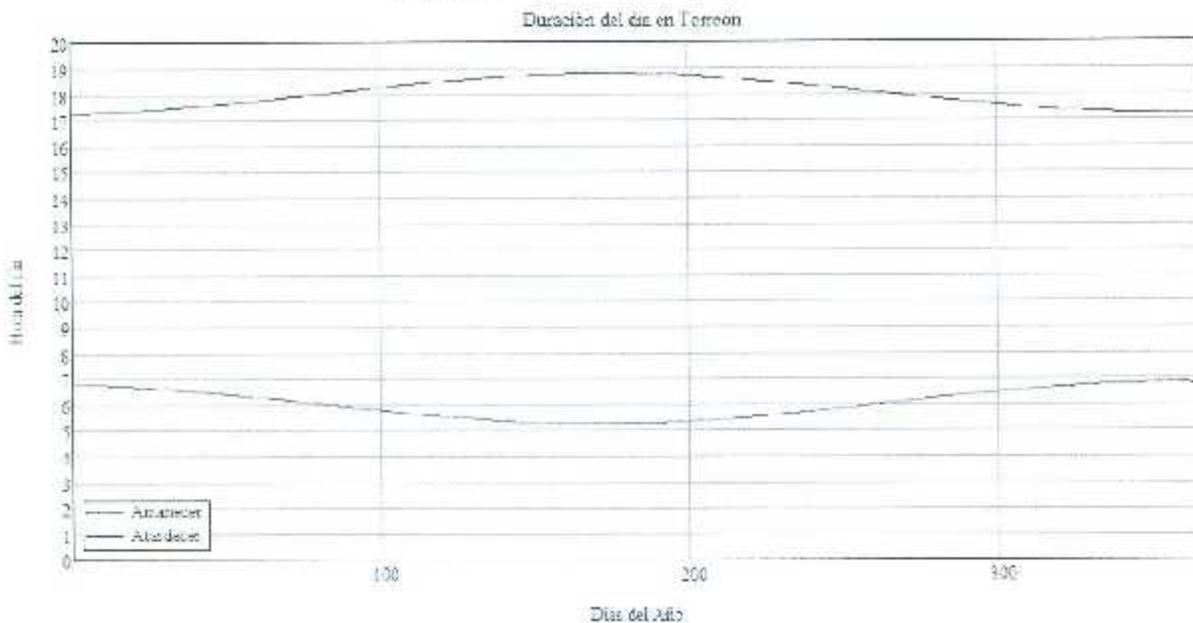
señalada la hora de amanecer y de atardecer en la cual se programo el temporizador ya en hora según el gobierno del estado de Coahuila.

Tabla 9.1 Programación de horas de luz.

	Semana 24 del Año						
	Domingo	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado
Día del Año	160	161	162	163	164	165	165
Amanecer	07:13	07:13	07:12	07:12	07:12	07:12	07:12
Atardecer	20:46	20:46	20:46	20:46	20:46	20:46	20:46
H. T. L.*	13:33	13:33	13:34	13:34	13:34	13:34	13:34

*Horas total de luz.

Gráfica 9.1 Hora de amanecer y atardecer.



9.1 Creación de un modulo de entradas y salidas.

Antes de instalar los sensores se creó un modulo de entradas y salidas para concentrar los pines que irían conectados al Arduino. En la figura 9.5 se aprecia el diseño en circuito impreso de dicho concentrado y en la figura 9.6 el concentrado de pines físicamente.

El sensor de humedad relativa fue colocado en la parte frontal, superior, esquina derecha, para evitar que sea mojado, a pesar de ser un sensor de humedad relativo no tolera el contacto con el agua.

El sensor de color fue colocado en la misma posición que el sensor de humedad en tierra, sin dejarlo fijo, ya que este se estará moviendo de manera constante para tomar muestras de las hojas de la planta sin que estas sean dañadas. En la figura 9.7 se observa la ubicación de los sensores.

9.3 Unificación de los programas en Arduino.

Arduino procesara en total 8 variables, humedad relativa, sensor de temperatura en el rango de -10°C a 50°C , sensor de temperatura en el rango de 0°C a 60°C , humedad en tierra, cuatro señales del sensor de color, filtro rojo, filtro azul, filtro verde y sin filtro. Para la unificación se decide unirlos por secciones.

Primera sección, "VARIABLES y CONSTANTES", aquí se colocan cada una de las variables y constantes de los diferentes programas. Segunda sección, "void setup()", se encuentra la velocidad de la transmisión de datos, designación de pines, y activación de interrupción. Tercer sección, "void SENSOR_IRC()" subprograma de la interrupción. Cuarta sección dentro del "void loop()", "TOMA DE DATOS", la señal analógica de las primeras 4 variables es capturada y convertida a dato digital. Quinta sección "PROCESAMIENTO DE DATOS", los datos digitales obtenidos son procesados con las distintas ecuaciones mencionadas anteriormente para convertirlos en porcentaje (humedad relativa y humedad en tierra) y grados $^{\circ}\text{C}$ (variables de toma de temperatura). Sexta sección "OBTENCION DE VARIABLES", esta parte es un ciclo el cual toma 100 muestras de las 4 primeras variables mencionadas obteniendo un promedio, siendo este el dato a mostrar, dentro de esta sección existe una subsección "//Muestro de datos" en la cual se agrega un permiso para iniciar la transmisión de datos (dicho permiso será transmitido desde el receptor de datos en este caso la computadora a través de un programa en "Labview" del cual se hablara más adelante), se inicia dando de alta una variable "data" la cual recibirá el permiso de inicio de transmisión de datos desde la computadora y mediante las instrucciones "Serial.available" y "Serial.read" se obtiene el dato

de autorización de inicio de transmisión de datos, después de esto el Arduino manda al receptor 7 caracteres "1111111" los cuales marcan el inicio de la cadena de caracteres de datos, al final de la cadena de caracteres se mandara un carácter "1" que marcara en fin de la cadena de datos mandada (este "1" esta al final de la sección de "OBTENCION DE VARIABLES"). (ejemplo 9.1). Y por último la sección de "SENSOR DE LUZ", donde se llama la interrupción la cual procesa y obtiene el dato a mostrar como resultado del sensor de luz dependiendo del filtro seleccionado.

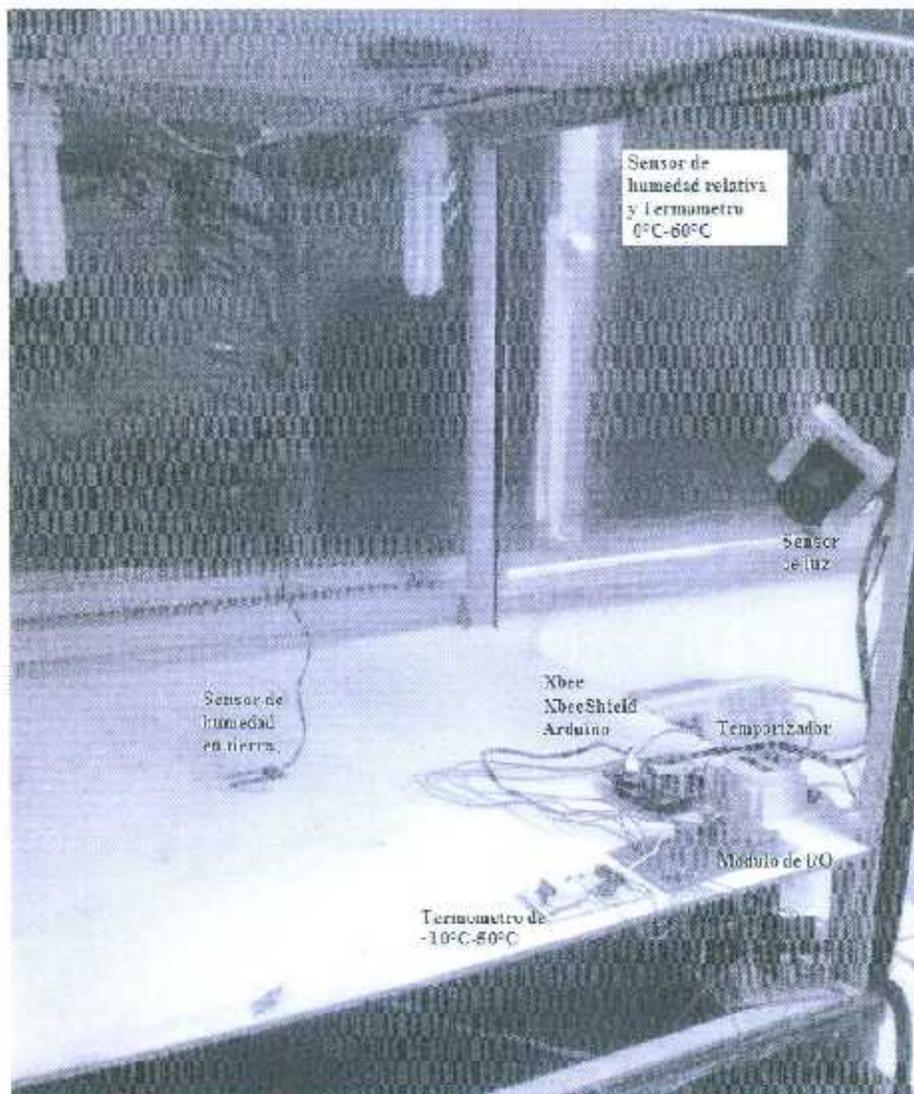


Figura 9.7 Sensores Instalados.

(ejemplo 9.1)

```

//*****TRASMISION DE DATOS*****
char data;
....
void setup ()
{Serial.begin (9600);}
void loop ()
{.....
if (Serial.available()) //Devolver el número de bytes para ser leídos.
  { data = Serial.read(); // Lo leído guardarlos en "data".
  if(data == '1'){ !" Inician instrucciones de transmisión de datos"
    delay(500);
    Serial.print("1111111");!"Inicio de cadena de transmisión de datos
    .....
    Serial.print("1"); }
.....}

```

Un factor a considerar al trabajar con el “Labview” y el puerto USB es que el “Labview”, lee tamaños de caracteres determinado por el programador, por lo tanto al salir la cadena de caracteres del Arduino debe de ser del tamaño que espera recibir el “Labview”; por esa razón, se mandan datos de 8 caracteres, esto se realizara mediante este fragmento de programación (ejemplo 9.2).

(ejemplo 9.2)

```

if(PROT>=(-10)&&PROT<0){Serial.print("00");}!"SI PROT es mayor o igual a -10, imprimir "00"
else{if(PROT>=0&&PROT<10){Serial.print("0000");}!" menor de 10 imprimir "0000"
else{if (PROT>=10&&PROT<100){Serial.print("000");}!" Si PROT es mayor o igual 10 imprimir "000"
else {if (PROT>=100&&PROT<1000){Serial.print("00");}!" Si PROT es mayor o igual a 100 imprimir
!"00"

```

```

else {if (PROT>=1000){Serial.print("0");} //Si PROT es mayor o igual a 1000 imprimir "0"
}}}}//
Serial.print(PROT); //Imprime temperatura de -10°C a 50°C.

```

Esta lógica se aplica a cada una de las variables a monitoreadas, siempre completando cadenas de 8 caracteres. Más adelante que se explique el programa de "Labview" será posible comprender este tema con mayor facilidad. El programa unificado en Arduino se encuentra en el Anexo I.

9.4 Labview.

Labview (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es un sistema de desarrollo basado en programación gráfica orientada a desarrollar aplicaciones para instrumentación utilizando íconos gráficos e intuitivos y cables que parecen un diagrama de flujo, también integra una serie de comunicaciones con instrumentos electrónicos como tarjetas de adquisición de datos, sistemas de adquisición y acondicionamiento.[28]

Labview, cuenta con dos pantalla de programación una es "Frontal Panel" y el "Block Diagram", el primero funciona como interface visual entre el usuario y la maquina (CPU), ya que por medio de gráficos visuales se interactúa con el sistema a controlar o a mostrar; en el segundo se lleva a cabo la programación a bloques del sistema reflejado en el "Frontal Panel", así como que cualquier instrumento de medición, botón, grafica, etcétera, que sea colocado en el "Frontal Panel" será visto en el "Block Diagram", esto es para que puedan ser incluidos en la programación del sistema .

9.4.1 "Frontal Panel", Panel Frontal.

Para iniciar en la programación en el "Labview" es necesario visualizar como quedara la vista del "Frontal Panel". Primero se toman en cuenta cuantas y cuales variables se estarán midiendo, en este caso contaremos ocho variables a monitorear, temperatura en un rango de -10°C a 50°C, temperatura de 0°C a 60°C, humedad relativa, humedad en tierra, luz con filtro rojo, luz con filtro verde, luz con filtro azul y por ultimo luz sin filtro; de las dos primeras

variables se obtendrán grados centígrados; de humedad relativa y humedad en tierra se obtendrá un porcentaje y de las variables de luz obtendremos frecuencia.

El “Labview” cuenta con diferentes indicadores numéricos, para las cuatro primeras variables se usaran los siguientes indicadores que se mencionan en la figura 9.8, localizados en click derecho en “Front Panel”, click en el símbolo \forall , “Modern”, “Numeric”.

Se pretende hacer la toma de datos de dos maneras, una es de manera automática cada 15 minutos y la otra es de manera manual. Para esto se colocan dos botones en el “Front Panel” (figura 9.8), uno de los botones es nombrado “Manual/Automático”, si el botón está presionado la captura de datos será automática si no lo está la captura de los datos será manual y para llevar la captura se requiere que el botón “Captura de datos” se encuentre activado.

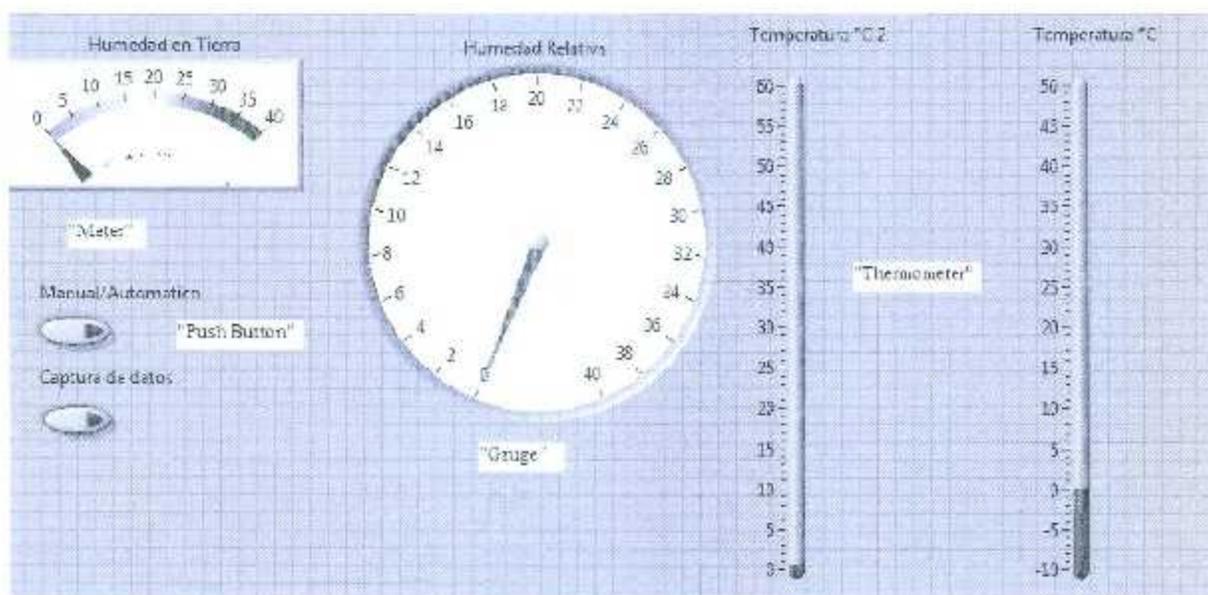


Figura 9.8. Indicadores numéricos del “Front Panel”.

Para brindar mayor apreciación de los datos capturados se coloca en cada indicador numérico, indicadores de cadena “String Indicator”, estos se encuentran localizados en click derecho en “Front Panel”, click en el símbolo \forall , “Modern”, “String & Panth”. También son colocados cuatro “String Indicator” para visualizar los datos del sensor de luz, con filtro rojo, luz con

filtro verde, luz con filtro azul y por ultimo luz sin filtro, como se muestra en la figura 9.9. Después de diseñar el “Front Panel” se procede a realizar la programación lógica grafica.

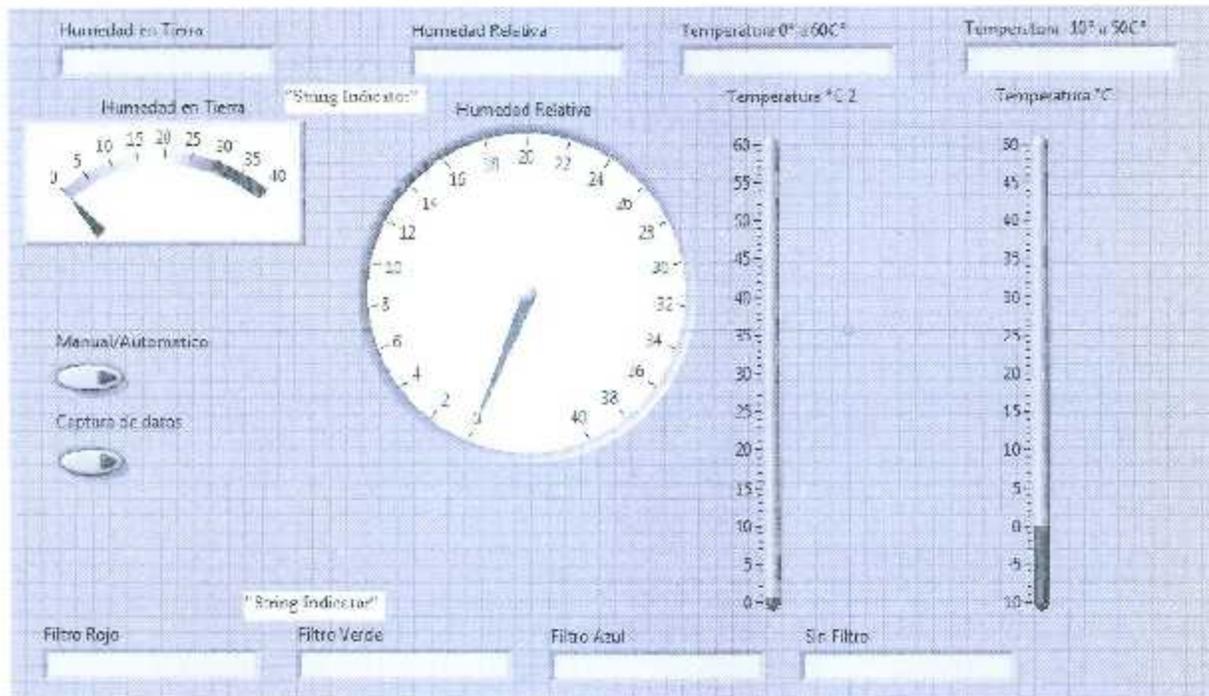


Figura 9.9. Indicadores de cadena “String Indicator”.

9.4.2 Comunicación USB.

Para la creación de la interface entre el Arduino y la comunicación inalámbrica con el Xbee, se utilizo un modulo para conectar la “Xbee” directa al puerto USB de la computadora el explorador “Xbee” USB V1.0 ROB-0279, el cual se alimenta a 5 V directamente del USB, con un consumo de corriente de 100 mA, conector mini USB-A V1.0, leds señalizadores de RX y TX [29]. Este modulo pasara los datos capturados por la “Xbee” directo al puerto USB, por lo tanto se tiene que crear un programa que lea el puerto USB. Los módulos de “VISA” (localizados en el “Block Diagram” de “Labview”) leen o escriben datos en los puertos USB. Para iniciar la comunicación con el puerto USB, hay que colocar el modulo de “VISA Configure Serial Port” y configurar el puerto serial con las características ya mencionadas en el capítulo 8, una velocidad de 9600 baud, “data bits” 8 y “parity” ninguna paridad (figura 9.11). El modulo final de comunicación por puerto USB, tiene que ser el modulo de “VISA

Close Function”, el cual cierra la comunicación, este modulo a su vez se cierra con el modulo “Cluster Properties” (figura 9.12).[30]

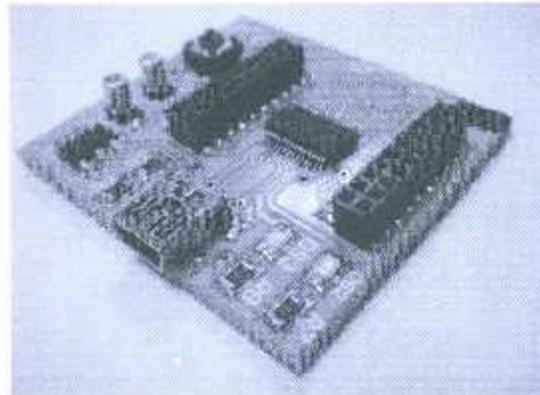


Figura 9.10 Explorador Xbee USB V1.0 RCB-0279.[29]

Recordando que el Arduino requiere recibir un “1” como permiso de inicio de transmisión, se usa un modulo de escritura para el USB, para que envíe el carácter “1” y que sea recibido por el Arduino para dar inicio a la transmisión de datos, a su vez se requiere un modulo de lectura de USB para leer los datos provenientes del Arduino; los módulos a usar son “VISA Write Function” y “VISA Read Function” correspondientemente (figura 9.13).

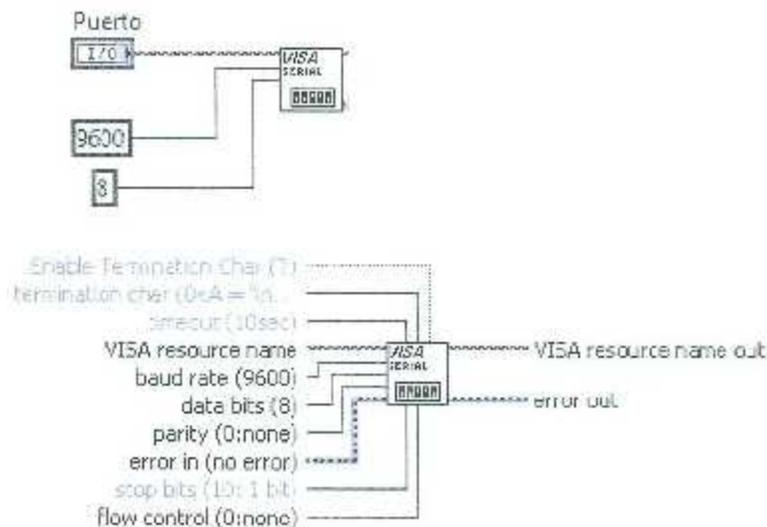


Figura 9.11 VISA Configure Serial Port, configuración.

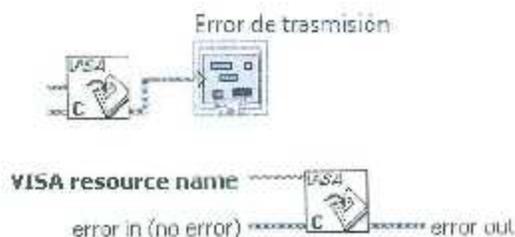


Figura 9.12 VISA Close Function.

El orden de los módulos para la adecuada comunicación en USB se muestra en la figura 9.14. La forma básica de un programa es que este corra dentro de un lazo o ciclo como el “While” en “Labview” es “While loop”; todo lo que se encuentre dentro lazo se realizara hasta que se habilita la condición de paro, en la figura 9.15 está el “While loop”. [30]

La condición de paro, generalmente es activado mediante un botón virtual localizado en la ventana de “Front Panel”.

Otra condicional de programación crucial en el “Labview” para el sistema de captura de datos de los sensores es el “Case Structure” (figura 9.16), este fue utilizado como un “IF”. La estructura “Case Structure” en un inicio cuenta con una condición verdadera y una condición falsa (figura 9.16).

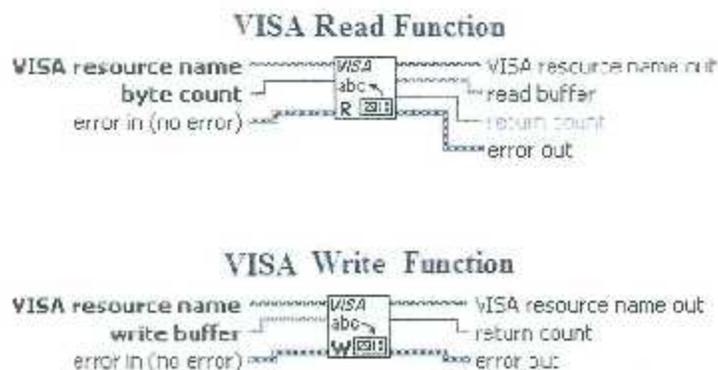


Figura 9.13 VISA Read y Write Function.

Si la condición es verdadera, se realizara en conjunto de instrucciones que se encuentren en el “True”, si es falsa se realizaran el grupo de condiciones que se encuentren en el “False”.

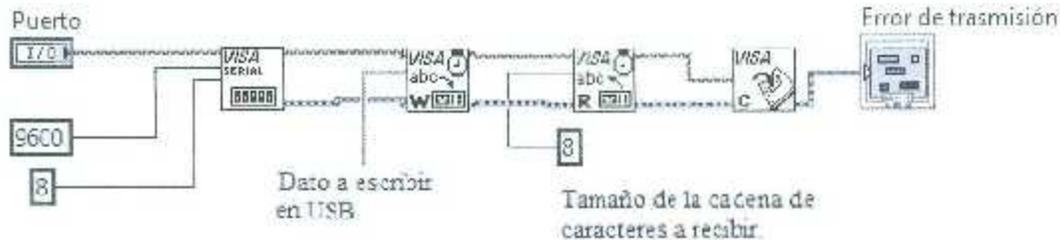


Figura 9.14 Programación de los módulos VISA.



Figura 9.15 While Loop.

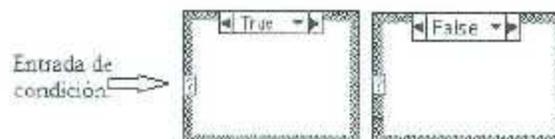


Figura 9.16 “Case Structure”.

9.4.3 Creación de Archivo en excel.

Existen diferentes maneras de crear un archivo en excel en el “Labview”. Una de ellas es la siguiente.

1.- Todos los datos son conectados a “Merge Signals Function”. Esta función, une dos o más señales, convirtiéndola en una sola, esta función aparece de manera automática al unir las señales a una “Build Table Express”. El “Build Table Express” mostrara en el “Front Panel”

una tabla en la cual se concentraran todos los datos conectados al "Merge Sinals Function" (figura 9.17).

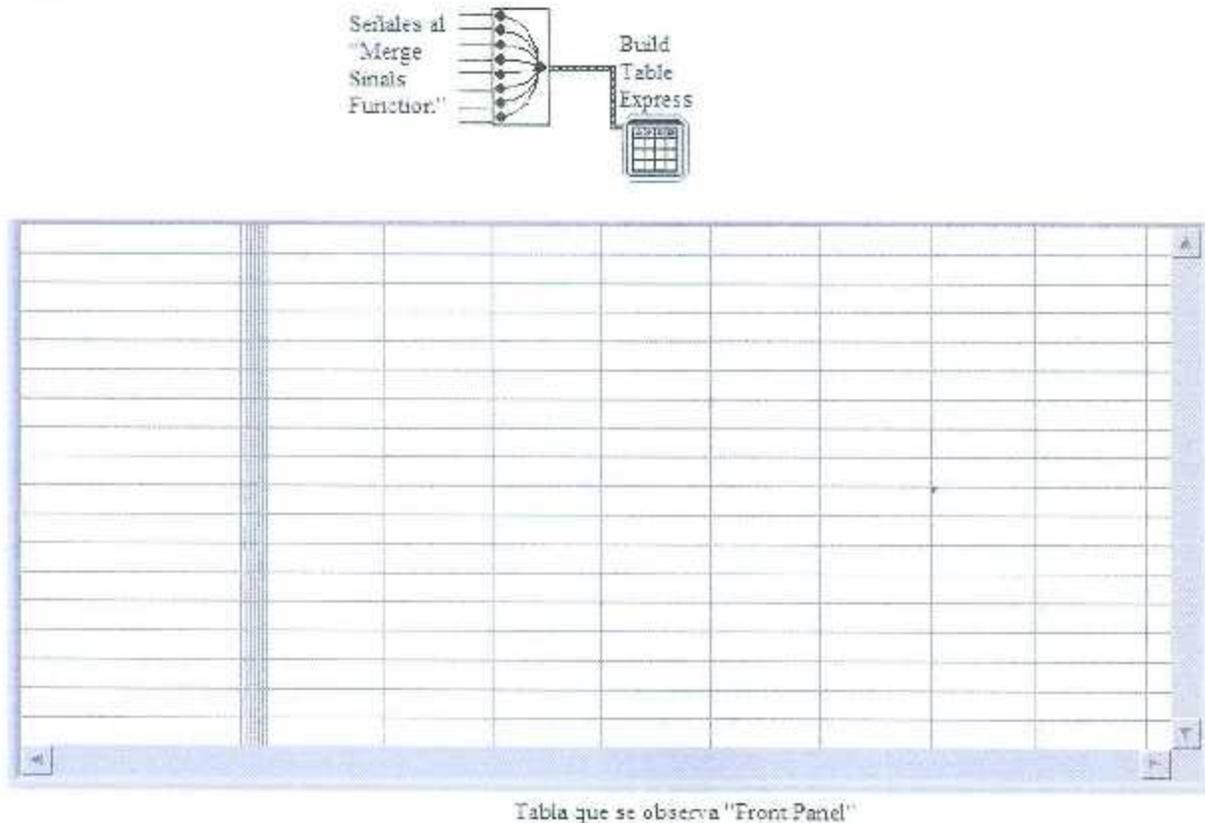


Figura 9.17 "Merge Sinals Function" y "Build Table Express".

2.-Se configura el "Build Table Express"; con un click derecho sobre este mismo en el "Block Diagram", aparece múltiples opciones de características de este modulo, se selecciona el "Properties" aparecerá una pantalla que se configurara de la siguiente manera, en la pestaña de "Format the numbers" seleccionar "Fractional (12.345)", en "Precision" seleccionar el numero "2", señalar "Use specified precision" y "Include time data" una vez que se tenga esta configuración, hay que colocar una constante verdadera en "Include time date" en el modulo de "Build Table Express" así como una condicional, en este caso un botón en el momento que se quiera limpiar la tabla (figura 9.18). Si no se coloca la constante verdadera en el modulo de "Build Table Express", en la tabla localizada en el "Front Panel", tendrá una fecha y hora erróneos.

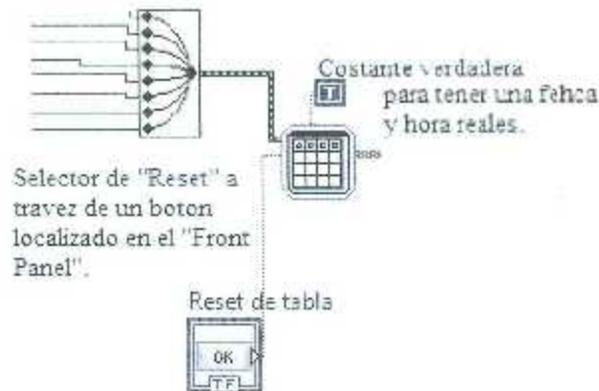


Figura 9.18. Configuración del "Build Table Express".

Nota: Por cada dato capturado se imprimirá en la tabla una fecha y hora en el momento justo que se tomó ese dato.

3.- El "Write To Spreadsheet File VI" creará un archivo cada vez que reciba un dato, para evitarlo se utiliza la condición "Case Structure". En el "Front Panel" se saca un botón que es constantemente falso y lo ponemos en la condicional de "Case Structure". El "Write To Spreadsheet File VI" será colocado en la parte "True" y la parte en "False" quedará vacía; esto se realiza para que en el momento que se de click al botón de crear archivo se creé un solo archivo con todos los datos capturados con un rango de tiempo determinado. se une la parte de "table" del "Build Table Express" a la parte "2D data" y por último se agrega "Table Properties : Table" al cable que une el "Build Table Express" al "Write To Spreadsheet File VI" (figura 9.19) y este es configurado, al hacer click derecho sobre se despliega una ventana de las cuales se señalizan los parámetros mostrados en la figura 9.20.

4.- Para crear el archivo en excel, una vez que se presione el botón de "Crear archivo" (figura 9.19) aparecerá una ventana de "Guardar como" en ambiente Windows, y al darle nombre al archivo se le agrega la extensión "xls", para que nuestro archivo automáticamente quede guardado en formato excel.

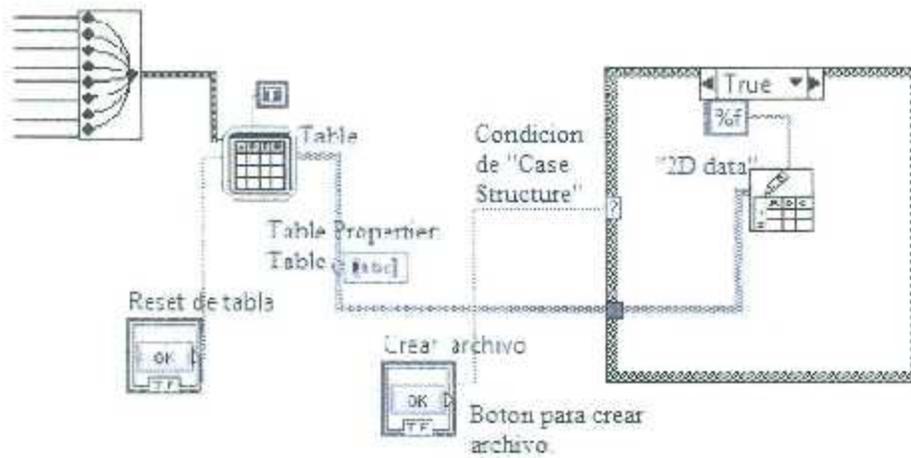


Figura 9.19. Crear Archivo.

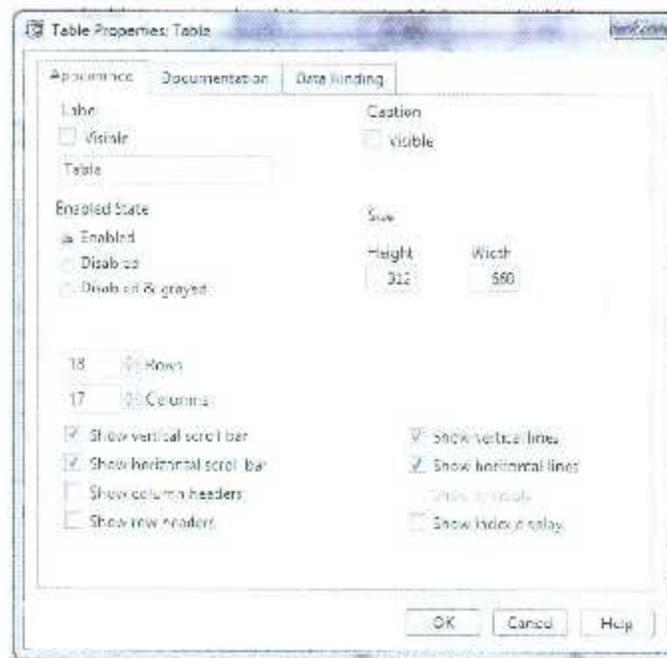


Figura 9.20. Table Properties: Table.

La programación completa se encuentra en el Anexo III.

CAPITULO X.

Metodología, resultados, análisis y conclusiones.

10.1 Hierbabuena.

La hierbabuena, yerbabuena o menta verde es una hierba perene aromática fresca, perteneciente a la familia de las *Lamiaceae*, su nombre científico es *Mentha piperita lamiaceae*, este nombre hace referencia en la forma de sus hojas parecida a una lanza. La hierbabuena es una planta híbrida procedente de la cruce de la menta negra de color violeta y la menta blanca con un verde uniforme, el color final de la hoja de la hierbabuena es un verde profundo medianamente obscuro (figura 10.2). Puede llegar a medir hasta un metro longitud aunque su longitud promedio es entre 30-90 cm. Su flor nace en el extremo superior de la planta, puede ser de tonos rosas, lilas o blanco.

La hierbabuena se encuentra en climas húmedos aunque puede tolerar muy bien el sol, prefiere suelos arcillosos y con abundante agua aunque toleran de buena manera las sequías.

Los usos de la hierbabuena van desde perfumes, aromatizantes, productos de limpieza tanto para el hogar como personales, usos medicinales para mejorar la digestión y expulsar gases, como expectorante y como relajador cutáneo.

10.2 Metodología.

Se adquirieron seis individuos, dos fueron regados con 200 ml de agua diarios, nombrados individuo "A" e individuo "B"; otros dos individuos fueron regados con 100 ml de agua diarios y nombrados individuo "C" e individuo "D"; por último los dos individuos restantes no fueron regados durante el tiempo que durara el experimento, nombrados individuo "E" e individuo "F".

El riego de las plantas se realizó entre las 6:00 p.m. y las 7:00 p.m. de manera diaria durante el periodo que abarca del 21 de Junio al 28 de Junio 2013 y el día 1 de Julio se realizó toma de muestras extraordinaria. Durante los días 21, 22 y 23 se realizaron tomas de muestras cada 15 minutos pero por la poca variación que presentaron las plantas en su estado, se decidió realizarlo cada hora los días siguientes.

Recordando que el objetivo principal de las pruebas es observar y registrar cambios en la pigmentación verde de las hojas al limitar su irrigación.

Para mantener una temperatura agradable para los individuos se mantiene el clima encendido en bajo dure el tiempo que dure el experimento.

Durante la noche el sensor de luz se mantuvo apagado y el sensor de humedad de tierra se colocó en el individuo "F", esto para visualizar la disminución de humedad en tierra.

10.2.1 Toma de muestras.

La toma de muestras fue realizada de manera semiautomática ya que solo se contaba con un sensor de humedad de tierra, y un sensor de color. Ambos sensores eran colocados en el individuo donde se tomaría la muestra de manera manual. En la figura 10.1 se aprecia la manera en la cual se captura las muestras por medio del programa del "Labview" en excel.

Column 1 (Date/Time)	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6	Column 7	Column 8
27/06/2015 08:25:00
27/06/2015 08:30:00
27/06/2015 08:35:00
27/06/2015 08:40:00
27/06/2015 08:45:00
27/06/2015 08:50:00
27/06/2015 08:55:00
27/06/2015 09:00:00
27/06/2015 09:05:00
27/06/2015 09:10:00
27/06/2015 09:15:00
27/06/2015 09:20:00
27/06/2015 09:25:00
27/06/2015 09:30:00
27/06/2015 09:35:00
27/06/2015 09:40:00
27/06/2015 09:45:00
27/06/2015 09:50:00
27/06/2015 09:55:00
27/06/2015 10:00:00
27/06/2015 10:05:00
27/06/2015 10:10:00
27/06/2015 10:15:00
27/06/2015 10:20:00
27/06/2015 10:25:00
27/06/2015 10:30:00
27/06/2015 10:35:00
27/06/2015 10:40:00
27/06/2015 10:45:00
27/06/2015 10:50:00
27/06/2015 10:55:00
27/06/2015 11:00:00
27/06/2015 11:05:00
27/06/2015 11:10:00
27/06/2015 11:15:00
27/06/2015 11:20:00
27/06/2015 11:25:00
27/06/2015 11:30:00
27/06/2015 11:35:00
27/06/2015 11:40:00
27/06/2015 11:45:00
27/06/2015 11:50:00
27/06/2015 11:55:00
27/06/2015 12:00:00

Figura 10.1 Formato de captura de datos el programa realizado en "Labview".

El programa del "Labview" por cada dato que tome imprime la hora y fecha de ese dato tomado, por esa razón aparecen 8 columnas de fechas y 8 columnas de datos, donde la primera columna de fechas corresponde a la primera columna de datos y así de manera sucesiva. La

primera columna de datos corresponde al sensor de temperatura de -10°C a 50°C ; la segunda columna de datos corresponde al sensor de temperatura de 0°C a 60°C ; la tercera columna de datos es del sensor de humedad relativa; la cuarta columna de datos corresponde a la humedad en tierra, la quinta columna corresponde al sensor de luz con el filtro azul, la sexta columna corresponde al sensor de color con filtro rojo, la séptima columna corresponde al sensor de luz con filtro verde y la octava columna corresponde al sensor de luz sin filtro.

10.3 Resultados y Observaciones.

Los resultados del periodo de experimento se homogenizaron de tal manera que se recopilaron los datos tomados cada hora en el periodo de prueba. Los resultados recopilados se muestran a continuación.

10.3.1 Viernes 21 de junio del 2013.

La toma de pruebas inicio a las 09:00 horas, el primer día de toma de muestras los individuos presentaban un buen estado de salud, un color verde medianamente oscuro, en la figura 10.2 se observan los individuos sin ninguna alteración.



Figura 10.2 Hoja de hierbabuena en buen estado.

La temperatura durante de 09:00 horas hasta las 00:00 horas del día 22 de Junio, así como la humedad relativa se observa en la tabla 10.1.

La humedad relativa dentro del modulo de trabaja oscilo entre el 28 % y 32 % de humedad relativa y la temperatura se mantuvo constante dentro de los 31°C .

La humedad en tierra en cada uno de los individuos se presenta en la tabla 10.2.

Tabla 10.1 Temperatura °C y Humedad Relativa % 21/06/13.

Fecha Hora	Temperatura °C	Humedad Relativa
21/06/2013 09:00	25	32
21/06/2013 10:00	25	32
21/06/2013 11:00	31	31
21/06/2013 12:00	31	31
21/06/2013 13:00	31	31
21/06/2013 14:00	31	31
21/06/2013 15:00	31	31
21/06/2013 16:00	31	31
21/06/2013 17:00	31	31
21/06/2013 18:00	31	31
21/06/2013 19:00	31	29
21/06/2013 20:00	31	29
21/06/2013 21:00	31	29
21/06/2013 22:00	31	29
21/06/2013 23:00	31	28
22/06/2013 00:00	31	28

Tabla 10.2 Lecturas de humedad en tierra en % 21/06/2013.

A		B		C	
Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra
21/06/2013 09:00	25	21/06/2013 09:00	24	21/06/2013 09:00	26
21/06/2013 10:00	28	21/06/2013 10:00	25	21/06/2013 10:00	24
21/06/2013 11:00	27	21/06/2013 11:00	25	21/06/2013 11:00	23
21/06/2013 12:00	27	21/06/2013 12:00	25	21/06/2013 12:00	25
21/06/2013 13:00	28	21/06/2013 13:00	26	21/06/2013 13:00	24
21/06/2013 14:00	25	21/06/2013 14:00	27	21/06/2013 14:00	23
21/06/2013 15:00	26	21/06/2013 15:00	26	21/06/2013 15:00	26
21/06/2013 16:00	27	21/06/2013 16:00	25	21/06/2013 16:00	26
21/06/2013 17:00	26	21/06/2013 17:00	25	21/06/2013 17:00	26
21/06/2013 18:00	25	21/06/2013 18:00	26	21/06/2013 18:00	26
21/06/2013 19:00	24	21/06/2013 19:00	24	21/06/2013 19:00	20
D		E		F	
Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra
21/06/2013 09:00	26	21/06/2013 09:11	25	21/06/2013 09:11	26
21/06/2013 10:00	26	21/06/2013 10:11	25	21/06/2013 10:11	26
21/06/2013 11:00	25	21/06/2013 11:11	24	21/06/2013 11:11	25
21/06/2013 12:00	25	21/06/2013 12:11	24	21/06/2013 12:11	25
21/06/2013 13:00	25	21/06/2013 13:11	23	21/06/2013 13:11	24
21/06/2013 14:00	24	21/06/2013 14:11	24	21/06/2013 14:11	25
21/06/2013 15:00	26	21/06/2013 15:11	25	21/06/2013 15:11	23
21/06/2013 16:00	24	21/06/2013 16:11	26	21/06/2013 16:11	24
21/06/2013 17:00	24	21/06/2013 17:11	26	21/06/2013 17:11	25
21/06/2013 18:00	26	21/06/2013 18:11	25	21/06/2013 18:11	26
21/06/2013 19:00	20	21/06/2013 19:11	24	21/06/2013 19:11	25

Las muestras de humedad en tierra de los diferentes individuos no se visualiza de manera repetitivamente constante, es decir la señal procesada por el "Arduino" al "Llavbiew" varia de

24% a un 26% de humedad en tierra esto es debido a la sensibilidad del sensor ya que no es preciso, mas sin embargo proporciona un idea del estado de humedad en tierra.

Recordando que la hora de riego está entre 18:00 y 19:00 horas, la lectura de cada individuo varia de manera apreciable aumentando el contenido de humedad en tierra al hacer la lectura después del riego, esto se aprecia en la tabla 10.2, en las lecturas del 19:00 horas en "A"; 19:03 horas en "B"; 19:05 horas en "C"; 19:08 horas en "D" y en las lecturas de aquellos individuos que no fueron irrigados la lectura fue muy similar a las lecturas anteriores 19:11 horas en "E" y 19:15 horas en "F".

El sensor de luz al realizar las lecturas en los diferentes individuos se muestra en la tabla 10.4. Todos los datos que aparecen en la tabla son de hojas sanas. El dato de menor frecuencia con el filtro azul es de 2433 hz, la frecuencia mayor con el filtro azul es 2616 hz, con el filtro rojo el menor dato es 4425 hz y el mayor dato fue 4586 hz, con el filtro verde el menor dato es 2901 y el mayor 3025 hz, el dato de menor frecuencia sin filtro 10184 hz y el mayor fue 10744 hz.

A partir del las 19:00 horas del día 21 de Junio a las 7:00 horas del día 22 de Junio los datos fueron tomados de manera automática mostrándose en la tabla 10.3, la humedad en tierra fue tomada del individuo "F", el cual no recibirá agua durante el periodo del experimento.

Tabla 10.3 Toma de datos nocturna 21-22 de Junio.

Fecha Hora	Temperatura °C	Humedad Relativa	Humedad en Tierra
21/06/2013 19:00	31	29	25
21/06/2013 20:00	31	29	25
21/06/2013 21:00	31	28	25
21/06/2013 22:00	31	29	26
21/06/2013 23:00	31	28	27
22/06/2013 00:00	31	28	25
22/06/2013 01:00	31	29	26
22/06/2013 02:00	31	30	17
22/06/2013 03:00	31	29	27
22/06/2013 04:00	31	29	26
22/06/2013 05:00	31	29	25
22/06/2013 06:00	31	28	24
22/06/2013 07:00	31	28	26

Tabla 10.4 Datos del sensor de luz día 21 de Junio (FA= filtro azul, FR= filtro rojo, FV= filtro verde y SF=sin filtro).

A					B				
Fecha Hora	FA	FR	FV	SF	Fecha Hora	FA	FR	FV	SF
21/06/2013 09:00	2523	4425	2910	10480	21/06/2013 09:03	2423	4355	2901	10530
21/06/2013 10:00	2543	4499	2930	10474	21/06/2013 10:03	2472	4354	2915	10454
21/06/2013 11:00	2547	4488	2953	10531	21/06/2013 11:03	2532	4458	2935	10480
21/06/2013 12:00	2537	4433	2913	10400	21/06/2013 12:03	2550	4470	2920	10428
21/06/2013 13:00	2543	4431	2951	10496	21/06/2013 13:03	2438	4428	2920	10482
21/06/2013 14:00	2520	4442	2911	10475	21/06/2013 14:03	2507	4467	2940	10497
21/06/2013 15:00	2509	4452	2944	10472	21/06/2013 15:03	2491	4559	2909	10480
21/06/2013 16:00	2551	4422	2952	10478	21/06/2013 16:03	2453	4546	2914	10522
21/06/2013 17:00	2533	4419	2930	10512	21/06/2013 17:03	2543	4554	2935	10505
21/06/2013 18:00	2519	4432	2932	10506	21/06/2013 18:03	2489	4533	2910	10494
C					D				
Fecha Hora	FA	FR	FV	SF	Fecha Hora	FA	FR	FV	SF
21/06/2013 09:05	2500	4503	2959	10502	21/06/2013 09:08	2594	4599	3024	10765
21/06/2013 10:05	2458	4492	2922	10468	21/06/2013 10:08	2595	4489	3024	10761
21/06/2013 11:05	2498	4493	3013	10465	21/06/2013 11:08	2603	4403	3025	10730
21/06/2013 12:05	2442	4544	2951	10503	21/06/2013 12:08	2396	4510	3016	10735
21/06/2013 13:05	2509	4552	2993	10477	21/06/2013 13:08	2611	4568	3027	10728
21/06/2013 14:05	2507	4523	2926	10525	21/06/2013 14:08	2605	4440	3008	10755
21/06/2013 15:05	2530	4533	2937	10517	21/06/2013 15:08	2605	4461	3006	10742
21/06/2013 16:05	2456	4573	2917	10449	21/06/2013 16:08	2610	4461	3003	10754
21/06/2013 17:05	2532	4532	3020	10459	21/06/2013 17:08	2603	4444	3000	10744
21/06/2013 18:05	2599	4448	2943	10443	21/06/2013 18:08	2608	4506	3018	10741
E					F				
Fecha Hora	FA	FR	FV	SF	Fecha Hora	FA	FR	FV	SF
21/06/2013 09:11	2613	4538	3021	10737	21/06/2013 09:15	2608	4493	2906	10134
21/06/2013 10:11	2603	4574	3009	10737	21/06/2013 10:15	2558	4573	2905	10655
21/06/2013 11:11	2594	4531	3019	10436	21/06/2013 11:15	2550	4557	2868	10623
21/06/2013 12:11	2612	4551	3002	10720	21/06/2013 12:15	2558	4437	2858	10339
21/06/2013 13:11	2612	4523	2984	10723	21/06/2013 13:15	2528	4414	3007	10580
21/06/2013 14:11	2553	4522	2995	10658	21/06/2013 14:15	2548	4509	2954	10632
21/06/2013 15:11	2603	4531	2985	10656	21/06/2013 15:15	2564	4579	2906	10421
21/06/2013 16:11	2611	4580	3010	10666	21/06/2013 16:15	2539	4438	2902	10337
21/06/2013 17:11	2601	4530	2992	10751	21/06/2013 17:15	2542	4448	2988	10513
21/06/2013 18:11	2619	4586	2999	10785	21/06/2013 18:15	2520	4574	2941	10417

10.3.2 Sábado 22 de junio del 2013.

La toma de pruebas inicio a las 08:00 horas, segundo día de toma de muestras los individuos no presentaban ningún cambio visible.

La temperatura durante de 08:00 horas hasta las 00:00 horas del día 23 de Junio, así como la humedad relativa se observa en la tabla 10.5.

La humedad relativa del modulo de trabaja oscilo entre el 19% y 34 % de humedad relativa y la temperatura oscilo 26 °C a 31°C, el clima del cubiculo fue encendido a las 10:00 horas y fue apagado a las 20:00 horas.

La humedad en tierra en cada uno de los individuos se presenta en la tabla 10.6.

Tabla 10.5 Temperatura °C y Humedad Relativa % 22/06/13.

Fecha Hora	Temperatura °C	Humedad Relativa
22/06/2013 08:00	31	28
22/06/2013 09:00	31	28
22/06/2013 10:00	31	28
22/06/2013 11:00	27	26
22/06/2013 12:00	26	24
22/06/2013 13:00	27	27
22/06/2013 14:00	28	24
22/06/2013 15:00	28	24
22/06/2013 16:00	28	27
22/06/2013 17:00	27	22
22/06/2013 18:00	27	21
22/06/2013 19:00	27	21
22/06/2013 20:00	26	19
22/06/2013 21:00	26	19
22/06/2013 22:00	26	22
22/06/2013 23:00	26	21
23/06/2013 00:00	26	23

Tabla 10.6 Lecturas de humedad en tierra en % 22/06/2013.

A		B		C	
Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra
22/06/2013 08:00	26	22/06/2013 08:03	26	22/06/2013 08:05	26
22/06/2013 09:00	26	22/06/2013 09:03	26	22/06/2013 09:05	26
22/06/2013 10:00	26	22/06/2013 10:03	26	22/06/2013 10:05	26
22/06/2013 11:00	25	22/06/2013 11:03	26	22/06/2013 11:05	26
22/06/2013 12:00	26	22/06/2013 12:03	25	22/06/2013 12:05	26
22/06/2013 13:00	26	22/06/2013 13:03	24	22/06/2013 13:05	26
22/06/2013 14:00	23	22/06/2013 14:03	24	22/06/2013 14:05	24
22/06/2013 15:00	24	22/06/2013 15:03	25	22/06/2013 15:05	25
22/06/2013 16:00	26	22/06/2013 16:03	26	22/06/2013 16:05	26
22/06/2013 17:00	26	22/06/2013 17:03	26	22/06/2013 17:05	25
22/06/2013 18:00	26	22/06/2013 18:03	25	22/06/2013 18:05	26
22/06/2013 19:00	31	22/06/2013 19:03	32	22/06/2013 19:05	25
D		E		F	
Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra
22/06/2013 08:08	26	22/06/2013 08:11	26	22/06/2013 08:15	26
22/06/2013 09:08	26	22/06/2013 09:11	26	22/06/2013 09:15	26
22/06/2013 10:08	26	22/06/2013 10:11	26	22/06/2013 10:15	26
22/06/2013 11:08	26	22/06/2013 11:11	25	22/06/2013 11:15	24
22/06/2013 12:08	26	22/06/2013 12:11	25	22/06/2013 12:15	24
22/06/2013 13:08	24	22/06/2013 13:11	25	22/06/2013 13:15	25
22/06/2013 14:08	24	22/06/2013 14:11	25	22/06/2013 14:15	24
22/06/2013 15:08	24	22/06/2013 15:11	25	22/06/2013 15:15	25
22/06/2013 16:08	26	22/06/2013 16:11	25	22/06/2013 16:15	24
22/06/2013 17:08	24	22/06/2013 17:11	25	22/06/2013 17:15	25
22/06/2013 18:08	24	22/06/2013 18:11	26	22/06/2013 18:15	24
22/06/2013 19:08	28	22/06/2013 19:11	25	22/06/2013 19:15	26

La humedad en tierra en los seis individuos se mantuvo en los rangos de 23% a 26%, solo aumentando a la hora de riego de las plantas entre 18:00 y 19:00 horas, en la tabla 10.6 se aprecia este aumento en las lecturas del 19:00 horas en "A"; 19:03 horas en "B"; 19:05 horas en "C"; 19:08 horas en "D" y en las lecturas de aquellos individuos que no fueron irrigados la lectura fue muy similar a las lecturas anteriores 19:11 horas en "E" y 19:15 horas en "F".

Se siguen sin presentar cambios en la coloración de las hojas de los individuos en la tabla 10.8 se aprecian los datos tomados. El dato de menor frecuencia con el filtro azul es de 2422 hz, la frecuencia mayor con el filtro azul es 2591 hz, con el filtro rojo el menor dato es 4456 hz y el mayor dato fue 4524 hz, con el filtro verde el menor dato es 2921 hz y el mayor 3015, el dato menor sin filtro es 10449 hz y el mayor es 10707 hz.

A partir del las 19:00 horas del día 22 de Junio a las 7:00 horas del día 23 de Junio los datos fueron tomados de manera automática mostrándose en la tabla 10.7, la humedad en tierra fue tomada del individuo "F", el cual no recibirá agua durante el periodo del experimento.

Tabla 10.7 Toma de datos nocturno 22-23 de Junio.

Fecha Hora	Temperatura °C	Humedad Relativa	Humedad en Tierra
22/06/2013 19:00	27	21	26
22/06/2013 20:00	26	19	23
22/06/2013 21:00	26	19	23
22/06/2013 22:00	26	22	23
22/06/2013 23:00	26	21	23
23/06/2013 00:00	26	23	24
23/06/2013 01:00	26	23	25
23/06/2013 02:00	26	24	25
23/06/2013 03:00	26	24	25
23/06/2013 04:00	26	24	25
23/06/2013 05:00	27	24	25
23/06/2013 06:00	27	32	23
23/06/2013 07:00	27	33	23

Tabla 10.8. Datos del sensor de luz día 22 de Junio (FA= filtro azul, FR= filtro rojo, FV= filtro verde y SF=sin filtro).

A					B				
Fecha Hora	FA	FR	FV	SF	Fecha Hora	FA	FR	FV	SF
22/06/2013 08:00	2570	4467	2951	10544	22/06/2013 08:03	2567	4404	2961	10589
22/06/2013 09:00	2539	4501	2946	10596	22/06/2013 09:03	2583	4416	2929	10619
22/06/2013 10:00	2566	4470	2951	10540	22/06/2013 10:03	2563	4455	2951	10551
22/06/2013 11:00	2588	4458	2968	10359	22/06/2013 11:03	2574	4500	2932	10639
22/06/2013 12:00	2574	4427	2951	10666	22/06/2013 12:04	2585	4511	2941	10618
22/06/2013 13:00	2367	4501	2924	10617	22/06/2013 13:03	2583	4498	2930	10631
22/06/2013 14:00	2581	4502	2955	10540	22/06/2013 14:03	2557	4523	2941	10524
22/06/2013 15:00	2570	4472	2915	10578	22/06/2013 15:03	2552	4513	2947	10585
22/06/2013 16:00	2548	4482	2929	10654	22/06/2013 16:03	2582	4521	2945	10682
22/06/2013 17:00	2573	4492	2960	10469	22/06/2013 17:03	2570	4516	2950	10504
22/06/2013 18:00	2577	4458	2901	10470	22/06/2013 18:03	2567	4458	2939	10554
C					D				
Fecha Hora	FA	FR	FV	SF	Fecha Hora	FA	FR	FV	SF
22/06/2013 08:05	2575	4511	2960	10493	22/06/2013 08:08	2588	4510	2953	10334
22/06/2013 09:05	2472	4513	2957	10538	22/06/2013 09:08	2581	4528	2970	10390
22/06/2013 10:05	2432	4517	2944	10654	22/06/2013 10:08	2593	4518	2952	10320
22/06/2013 11:05	2445	4519	2940	10529	22/06/2013 11:08	2585	4516	2954	10360
22/06/2013 12:05	2543	4513	2968	10359	22/06/2013 12:08	2592	4528	2951	10367
22/06/2013 13:05	2451	4507	2981	10589	22/06/2013 13:08	2582	4491	2950	10501
22/06/2013 14:05	2412	4516	2970	10580	22/06/2013 14:08	2580	4510	2960	10685
22/06/2013 15:05	2422	4511	2967	10684	22/06/2013 15:08	2586	4523	2969	10652
22/06/2013 16:05	2564	4521	2980	10397	22/06/2013 16:08	2585	4508	2953	10659
22/06/2013 17:05	2525	4511	2980	10396	22/06/2013 17:08	2586	4510	2951	10651
22/06/2013 18:05	2537	4514	2979	10412	22/06/2013 18:08	2594	4492	2974	10612
E					F				
Fecha Hora	FA	FR	FV	SF	Fecha Hora	FA	FR	FV	SF
22/06/2013 08:11	2559	4487	2981	10702	22/06/2013 08:15	2544	4471	2947	10643
22/06/2013 09:11	2539	4478	3013	10652	22/06/2013 09:15	2571	4497	2948	10471
22/06/2013 10:11	2568	4477	2995	10591	22/06/2013 10:15	2558	4456	2958	10400
22/06/2013 11:11	2588	4498	3008	10671	22/06/2013 11:15	2564	4497	2955	10726
22/06/2013 12:11	2560	4497	3010	10682	22/06/2013 12:15	2558	4470	2943	10615
22/06/2013 13:11	2570	4500	3003	10560	22/06/2013 13:15	2568	4467	2931	10494
22/06/2013 14:11	2593	4479	3001	10707	22/06/2013 14:15	2555	4465	2954	10726
22/06/2013 15:11	2805	4477	3015	10582	22/06/2013 15:15	2571	4461	2958	10588
22/06/2013 16:11	2878	4493	3015	10687	22/06/2013 16:15	2570	4484	2936	10573
22/06/2013 17:11	2858	4473	2988	10445	22/06/2013 17:15	2546	4488	2944	10552
22/06/2013 18:11	2877	4438	3000	10570	22/06/2013 18:15	2558	4456	2942	10448

10.3.3 Domingo 23 de junio del 2013.

La toma de pruebas inició a las 08:00 horas, tercer día de toma de muestras, aun los individuos se ven con un color verde medianamente obscuro brillante.

La temperatura durante de 08:00 horas hasta las 00:00 horas del día 23 de Junio, así como la humedad relativa se observa en la tabla 10.9.

La humedad relativa dentro del modulo de trabaja oscilo entre el 24 % y 33 % de humedad relativa y la temperatura oscilo 26 °C a 30°C, el clima del cubículo fue encendido a las 8:00 horas y apagado a las 20:00 horas.

La humedad en tierra en cada uno de los individuos se presenta en la tabla 10.10.

Tabla 10.9 Temperatura °C y Humedad Relativa % 23/06/13.

Fecha Hora	Temperatura °C	Humedad Relativa
23/06/2013 04:00	26	24
23/06/2013 05:00	27	24
23/06/2013 06:00	27	32
23/06/2013 07:00	27	33
23/06/2013 08:00	27	31
23/06/2013 09:00	25	30
23/06/2013 10:00	25	30
23/06/2013 11:00	25	32
23/06/2013 12:00	26	33
23/06/2013 13:00	26	33
23/06/2013 14:00	26	32
23/06/2013 15:00	26	32
23/06/2013 16:00	26	25
23/06/2013 17:00	27	32
23/06/2013 18:00	27	32
23/06/2013 19:00	27	32
23/06/2013 20:00	27	31
23/06/2013 21:00	27	31
23/06/2013 22:00	27	30
23/06/2013 23:00	27	33
24/06/2013 00:00	30	24

La humedad en tierra de los individuos "A" y "B" al ser regados (el riego es de 200 ml de agua) de valores 23 % a 25 % pasa a un 32 % y 33 % por ciento respectivamente. Los individuos "C" y "D" de valores en el rango de 23 % a 25 % pasa a valores de 27 % y 28 % de humedad en tierra respectivamente, los individuos "E" y "F" que no son irrigados marcan datos de 23 % a un 25 % de humedad en tierra respectivamente. El riego de los individuos se lleva a cabo entre 18:00 y 19:00 horas, en la tabla 10.10 se aprecia este aumento en las lecturas a las 19:00 horas en "A"; 19:03 horas en "B"; 19:05 horas en "C"; 19:08 horas en "D" y en las lecturas de aquellos individuos que no fueron irrigados la lectura fue muy similar a las lecturas anteriores 19:11 horas en "E" y 19:15 horas en "F".

Tabla 10.10 Lecturas de humedad en tierra en % 23/06/2013.

A		B		C	
Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra
23/06/2013 08:00	23	23/06/2013 08:08	23	23/06/2013 08:05	25
23/06/2013 09:00	25	23/06/2013 09:03	24	23/06/2013 09:05	25
23/06/2013 10:00	25	23/06/2013 10:02	25	23/06/2013 10:05	25
23/06/2013 11:00	24	23/06/2013 11:03	25	23/06/2013 11:05	25
23/06/2013 12:00	24	23/06/2013 12:07	25	23/06/2013 12:05	25
23/06/2013 13:00	25	23/06/2013 13:03	25	23/06/2013 13:05	25
23/06/2013 14:00	25	23/06/2013 14:03	25	23/06/2013 14:05	25
23/06/2013 15:00	25	23/06/2013 15:03	25	23/06/2013 15:05	25
23/06/2013 16:00	25	23/06/2013 16:03	25	23/06/2013 16:05	25
23/06/2013 17:00	23	23/06/2013 17:03	23	23/06/2013 17:05	23
23/06/2013 18:00	23	23/06/2013 18:03	23	23/06/2013 18:05	23
23/06/2013 19:00	22	23/06/2013 19:03	23	23/06/2013 19:05	27
D		E		F	
Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra
23/06/2013 08:08	23	23/06/2013 08:11	23	23/06/2013 08:15	23
23/06/2013 09:08	23	23/06/2013 09:11	25	23/06/2013 09:15	25
23/06/2013 10:08	23	23/06/2013 10:11	25	23/06/2013 10:15	24
23/06/2013 11:08	23	23/06/2013 11:11	25	23/06/2013 11:15	25
23/06/2013 12:08	23	23/06/2013 12:11	25	23/06/2013 12:15	25
23/06/2013 13:08	23	23/06/2013 13:11	24	23/06/2013 13:15	24
23/06/2013 14:03	23	23/06/2013 14:11	24	23/06/2013 14:15	25
23/06/2013 15:03	23	23/06/2013 15:11	25	23/06/2013 15:15	23
23/06/2013 16:03	21	23/06/2013 16:11	23	23/06/2013 16:15	25
23/06/2013 17:03	23	23/06/2013 17:11	23	23/06/2013 17:15	23
23/06/2013 18:03	23	23/06/2013 18:11	23	23/06/2013 18:15	23
23/06/2013 19:03	28	23/06/2013 19:11	23	23/06/2013 19:15	23

Se siguen sin presentar cambios en la coloración de las hojas de los individuos en la tabla 10.12 se aprecian los datos tomados. El dato de menor frecuencia con el filtro azul es de 2554 hz, la frecuencia mayor con el filtro azul es 2589 hz (la diferencia entre el valor mayor y menor de frecuencia a disminuido), con el filtro rojo el menor dato es 4409 hz y el mayor dato fue 4515 hz, con el filtro verde el menor dato es 2909 hz y el mayor 2975, el dato menor sin filtro es 10403 hz y el mayor es 10633 hz.

A partir del las 19:00 horas del día 23 de Junio a las 7:00 horas del día 24 de Junio los datos fueron tomados de manera automática mostrándose en la tabla 10.11, la humedad en tierra fue tomada del individuo "I", el cual no recibirá agua durante el periodo del experimento, la humedad en tierra existente en este individuo no ha presentado cambios notables.

Tabla 10.11 Toma de datos nocturna 23-24 de junio.

Fecha Hora	Temperature °C	Humedad Relativa	Humedad en Tierra
23/06/2013 19:00	27	32	23
23/06/2013 20:00	27	31	23
23/06/2013 21:00	27	31	23
23/06/2013 22:00	27	30	23
23/06/2013 23:00	27	35	23
24/06/2013 00:00	30	24	24
24/06/2013 01:00	30	24	24
24/06/2013 02:00	30	26	24
24/06/2013 03:00	30	27	24
24/06/2013 04:00	30	27	24
24/06/2013 05:00	30	26	24
24/06/2013 06:00	30	29	24
24/06/2013 07:00	30	28	24

Tabla 10.12. Datos del sensor de luz día 23 de Junio (FA= filtro azul, FR= filtro rojo, FV=filtro verde y SI=sin filtro).

A					B				
Fecha Hora	FA	FR	FV	SI	Fecha Hora	FA	FR	FV	SI
23/06/2013 08:00	2750	4420	2940	10010	23/06/2013 09:00	2770	4570	2950	10030
23/06/2013 09:00	2850	4417	2946	10003	23/06/2013 09:05	2785	4511	2940	10040
23/06/2013 09:00	2970	4579	2954	10021	23/06/2013 10:00	2804	4499	2928	10032
23/06/2013 10:00	2985	4590	2950	10041	23/06/2013 11:00	2927	4500	2902	10021
23/06/2013 10:00	2950	4585	2940	10077	23/06/2013 12:00	2974	4512	2907	10039
23/06/2013 10:00	2980	4583	2939	10070	23/06/2013 13:00	2921	4513	2900	10004
23/06/2013 14:00	2960	4494	2934	10070	23/06/2013 14:00	2920	4424	2900	10030
23/06/2013 15:00	2927	4383	2931	10090	23/06/2013 15:00	2929	4498	2905	10088
23/06/2013 15:00	2933	4380	2930	10098	23/06/2013 16:00	2930	4499	2907	10031
23/06/2013 16:00	2970	4380	2920	10030	23/06/2013 17:00	2929	4384	2899	10031
23/06/2013 16:00	2970	4380	2920	10097	23/06/2013 18:00	2929	4314	2899	10082
C					D				
Fecha Hora	FA	FR	FV	SI	Fecha Hora	FA	FR	FV	SI
23/06/2013 08:00	2590	4480	2970	10030	23/06/2013 09:00	2780	4491	2914	10040
23/06/2013 09:00	2630	4510	2960	10024	23/06/2013 09:00	2770	4490	2902	10020
23/06/2013 10:00	2670	4510	2964	10010	23/06/2013 10:00	2770	4500	2900	10072
23/06/2013 11:00	2690	4507	2960	10070	23/06/2013 11:00	2760	4490	2900	10080
23/06/2013 12:00	2670	4500	2960	10030	23/06/2013 12:00	2785	4490	2900	10040
23/06/2013 13:00	2680	4480	2960	10080	23/06/2013 13:00	2780	4490	2900	10070
23/06/2013 14:00	2670	4500	2960	10080	23/06/2013 14:00	2770	4490	2904	10050
23/06/2013 15:00	2680	4480	2960	10020	23/06/2013 15:00	2780	4490	2900	10030
23/06/2013 16:00	2680	4470	2960	10000	23/06/2013 16:00	2770	4490	2900	10050
23/06/2013 17:00	2690	4480	2960	10000	23/06/2013 17:00	2780	4490	2900	10070
23/06/2013 18:00	2670	4500	2960	10010	23/06/2013 18:00	2780	4490	2900	10080
E					F				
Fecha Hora	FA	FR	FV	SI	Fecha Hora	FA	FR	FV	SI
23/06/2013 08:00	2667	4451	2930	10020	23/06/2013 09:00	2800	4490	2900	10080
23/06/2013 09:00	2670	4440	2930	10040	23/06/2013 09:00	2800	4490	2900	10010
23/06/2013 10:00	2660	4430	2930	10020	23/06/2013 10:00	2800	4490	2900	10080
23/06/2013 11:00	2650	4430	2930	10040	23/06/2013 11:00	2800	4490	2900	10080
23/06/2013 12:00	2650	4440	2930	10060	23/06/2013 12:00	2800	4490	2900	10080
23/06/2013 13:00	2660	4450	2930	10080	23/06/2013 13:00	2800	4490	2900	10080
23/06/2013 14:00	2660	4450	2930	10080	23/06/2013 14:00	2800	4490	2900	10080
23/06/2013 15:00	2660	4450	2930	10080	23/06/2013 15:00	2800	4490	2900	10080
23/06/2013 16:00	2660	4450	2930	10080	23/06/2013 16:00	2800	4490	2900	10080
23/06/2013 17:00	2660	4450	2930	10080	23/06/2013 17:00	2800	4490	2900	10080
23/06/2013 18:00	2660	4450	2930	10080	23/06/2013 18:00	2800	4490	2900	10080

10.3.4 Lunes 24 de junio del 2013.

La toma de pruebas inicio a las 08:00 horas, cuarto día de toma de muestras, aun sin cambio notable en la coloración verde de los individuos.

La temperatura durante de 08:00 horas hasta las 00:00 horas del día 25 de Junio, así como la humedad relativa se observa en la tabla 10.13.

La humedad relativa dentro del modulo de trabaja oscilo entre el 20 % a 29 % de humedad relativa y la temperatura oscilo 22 °C a 32°C, marcando la temperatura más bajas a las 12:00 horas con 26°C y a las 13:00 horas con 22°C.

La humedad en tierra en cada uno de los individuos se presenta en la tabla 10.14

Tabla 10.13 Temperatura °C y Humedad Relativa % 24/06/13.

Fecha Hora	Temperatura °C	Humedad Relativa
24/06/2013 08:00	30	28
24/06/2013 09:00	30	28
24/06/2013 10:00	30	29
24/06/2013 11:00	30	29
24/06/2013 12:00	26	21
24/06/2013 13:00	22	20
24/06/2013 14:00	30	23
24/06/2013 15:00	30	22
24/06/2013 16:00	30	22
24/06/2013 17:00	30	22
24/06/2013 18:00	30	22
24/06/2013 19:00	30	22
24/06/2013 20:00	31	23
24/06/2013 21:00	31	28
24/06/2013 22:00	31	28
24/06/2013 23:00	31	28
25/06/2013 00:00	32	29

La humedad en tierra de los individuos "A" y "B" al ser regados (el riego es de 200 ml de agua) de valores 22 % a 24 % pasa a un 36% en ambos casos. Los individuos "C" y "D" de valores en el rango de 22 % a 24 % pasa a valores de 36% de humedad en tierra en ambos casos, los individuos "E" y "F" que no son irrigados marcan datos de 21 % a 24 % de humedad en tierra de manera general, cabe hacer mención que el sensor de tierra empieza a mostrar corrosión en la parte inferior del cátodo. El riego de los individuos se lleva a cabo entre 18:00 y 19:00 horas, en la tabla 10.14 se aprecia este aumento en las lecturas a las 19:00

horas en "A", 19:03 horas en "B", 19:05 horas en "C", 19:08 horas en "D" y en las lecturas de aquellos individuos que no fueron irrigados la lectura fue muy similar a las lecturas anteriores 19:11 horas en "E" y 19:15 horas en "F".

Tabla 10.14 Lecturas de humedad en tierra en % 24/06/2013.

A		B		C	
Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra
24/06/2013 08:00	24	24/06/2013 08:03	24	24/06/2013 08:05	24
24/06/2013 09:00	24	24/06/2013 09:03	24	24/06/2013 09:05	24
24/06/2013 10:00	24	24/06/2013 10:03	24	24/06/2013 10:05	24
24/06/2013 11:00	24	24/06/2013 11:03	24	24/06/2013 11:05	24
24/06/2013 12:00	22	24/06/2013 12:03	22	24/06/2013 12:05	22
24/06/2013 13:00	22	24/06/2013 13:03	22	24/06/2013 13:05	22
24/06/2013 14:00	22	24/06/2013 14:03	22	24/06/2013 14:05	23
24/06/2013 15:00	22	24/06/2013 15:03	22	24/06/2013 15:05	23
24/06/2013 16:00	22	24/06/2013 16:03	22	24/06/2013 16:05	24
24/06/2013 17:00	22	24/06/2013 17:03	22	24/06/2013 17:05	22
24/06/2013 18:00	36	24/06/2013 18:03	22	24/06/2013 18:05	22
24/06/2013 19:00	36	24/06/2013 19:03	36	24/06/2013 19:05	36
D		E		F	
Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra
24/06/2013 08:08	24	24/06/2013 08:11	24	24/06/2013 08:15	24
24/06/2013 09:05	24	24/06/2013 09:11	24	24/06/2013 09:15	24
24/06/2013 10:08	24	24/06/2013 10:11	22	24/06/2013 10:15	22
24/06/2013 11:08	24	24/06/2013 11:11	22	24/06/2013 11:15	22
24/06/2013 12:08	22	24/06/2013 12:11	22	24/06/2013 12:15	22
24/06/2013 13:08	22	24/06/2013 13:11	22	24/06/2013 13:15	22
24/06/2013 14:08	22	24/06/2013 14:11	24	24/06/2013 14:15	22
24/06/2013 15:08	24	24/06/2013 15:11	22	24/06/2013 15:15	21
24/06/2013 16:08	22	24/06/2013 16:11	22	24/06/2013 16:15	23
24/06/2013 17:08	22	24/06/2013 17:11	22	24/06/2013 17:15	23
24/06/2013 18:08	22	24/06/2013 18:11	22	24/06/2013 18:15	23
24/06/2013 19:08	34	24/06/2013 19:11	22	24/06/2013 19:15	23

Se siguen sin presentar cambios en la coloración de las hojas de los individuos en la tabla 10.16 se aprecian los datos tomados. El dato de menor frecuencia con el filtro azul es de 2572 hz. la frecuencia mayor con el filtro azul es 2609 hz (la diferencia entre el valor mayor y menor se mantiene baja), con el filtro rojo el menor dato es 4428 hz y el mayor dato fue 4528 hz, con el filtro verde el menor dato es 2933 hz y el mayor 2990, el dato menor sin filtro es 10501 hz y el mayor es 10677 hz.

A partir del las 19:00 horas del día 24 de Junio a las 7:00 horas del día 25 de Junio los datos fueron tomados de manera automática mostrándose en la tabla 10.15, la humedad en tierra fue

tomada del individuo "F", el cual no recibirá agua durante el periodo del experimento, la humedad en tierra existente en este individuo no ha presentado cambios notables. La humedad en tierra del individuo "F" empieza a mostrar una disminución de 24% de humedad que se presentaba el día de 23 a las 7:00 horas del día 25 muestra una disminución a 21%.

Tabla 10.15 Toma de datos nocturna 24-25 de Junio

Fecha Hora	Temperatura °C	Humedad Relativa	Humedad en Tierra
24/06/2013 19:00	30	22	22
24/06/2013 20:00	31	36	25
24/06/2013 21:00	31	36	25
24/06/2013 22:00	31	36	26
24/06/2013 23:00	31	36	25
25/06/2013 00:00	32	35	25
25/06/2013 01:00	32	47	36
25/06/2013 02:00	32	36	21
25/06/2013 03:00	32	30	21
25/06/2013 04:00	32	35	21
25/06/2013 05:00	32	34	21
25/06/2013 06:00	32	33	21
25/06/2013 07:00	32	33	21

10.3.5 Martes 25 de junio del 2013.

La toma de pruebas inicio a las 08:00 horas, quinto día de toma de muestras, aun sin cambio notable en la coloración verde de los individuos, los individuos "L" y "F" en especial el individuo "E" sigue mostrando un aspecto frondoso y un verde muy saludable.

La temperatura durante de 08:00 horas hasta las 00:00 horas del día 26 de Junio, así como la humedad relativa se observa en la tabla 10.17.

La humedad relativa dentro del modulo de trabajo oscilo entre el 34 % a 36 % y la temperatura se mantuvo constante en 27°C.

La humedad en tierra en cada uno de los individuos se presenta en la tabla 10.18.

Tabla 10.16. Datos del sensor de luz día 24 de Junio (FA= filtro azul, FR= filtro rojo, FV=filtro verde y SF= sin filtro).

A					B				
Fecha Hora	FA	FR	FV	SF	Fecha Hora	FA	FR	FV	SF
24/05/2013 08:00	2575	4528	2863	10615	24/06/2013 09:00	2575	4479	2935	10540
24/05/2013 09:00	2584	4509	2953	10591	24/06/2013 09:30	2575	4460	2936	10524
24/05/2013 10:00	2575	4511	2957	10593	24/06/2013 10:00	2582	4458	2947	10590
24/05/2013 11:00	2530	4513	2955	10551	24/06/2013 11:00	2577	4466	2930	10538
24/05/2013 12:00	2545	4524	2975	10595	24/06/2013 12:00	2580	4470	2943	10522
24/05/2013 13:00	2575	4495	2955	10627	24/06/2013 12:30	2573	4457	2947	10500
24/05/2013 14:00	2507	4522	2960	10558	24/06/2013 13:00	2575	4460	2933	10568
24/05/2013 15:00	2590	4513	2978	10547	24/06/2013 13:30	2576	4465	2937	10570
24/05/2013 16:00	2551	4512	2957	10559	24/06/2013 14:00	2574	4469	2957	10564
24/05/2013 17:00	2581	4522	2977	10555	24/06/2013 14:30	2551	4474	2951	10548
24/05/2013 18:00	2549	4524	2960	10558	24/06/2013 15:00	2570	4460	2938	10538
C					D				
Fecha Hora	FA	FR	FV	SF	Fecha Hora	FA	FR	FV	SF
24/05/2013 08:05	2577	4518	2960	10577	24/06/2013 09:00	2580	4503	2935	10528
24/05/2013 09:05	2525	4517	2965	10520	24/06/2013 09:30	2586	4505	2968	10516
24/05/2013 10:05	2553	4490	2975	10526	24/06/2013 10:00	2608	4523	2956	10565
24/05/2013 11:05	2507	4459	2967	10525	24/06/2013 11:00	2590	4526	2951	10588
24/05/2013 12:05	2590	4482	2974	10528	24/06/2013 12:00	2587	4518	2953	10550
24/05/2013 13:05	2587	4477	2957	10529	24/06/2013 13:00	2600	4527	2949	10585
24/05/2013 14:05	2603	4521	2990	10572	24/06/2013 14:00	2604	4510	2956	10528
24/05/2013 15:05	2584	4473	2990	10560	24/06/2013 15:00	2575	4525	2972	10544
24/05/2013 16:05	2607	4491	2987	10611	24/06/2013 16:00	2587	4475	2959	10607
24/05/2013 17:05	2608	4504	2992	10639	24/06/2013 17:00	2580	4512	2963	10578
24/05/2013 18:05	2591	4521	2970	10673	24/06/2013 18:00	2582	4521	2948	10629
E					F				
Fecha Hora	FA	FR	FV	SF	Fecha Hora	FA	FR	FV	SF
24/06/2013 08:11	2510	4465	2912	10546	24/06/2013 08:15	2591	4455	2937	10503
24/06/2013 09:11	2575	4475	2953	10554	24/06/2013 09:15	2576	4457	2959	10546
24/06/2013 10:11	2536	4455	2947	10524	24/06/2013 10:15	2584	4465	2964	10587
24/06/2013 11:11	2578	4478	2947	10554	24/06/2013 11:15	2583	4468	2935	10596
24/06/2013 12:11	2575	4481	2948	10550	24/06/2013 12:15	2556	4468	2944	10572
24/06/2013 13:11	2578	4474	2950	10540	24/06/2013 13:15	2574	4460	2937	10564
24/06/2013 14:11	2578	4478	2948	10546	24/06/2013 14:15	2572	4458	2953	10501
24/06/2013 15:11	2545	4459	2947	10540	24/06/2013 15:15	2560	4458	2955	10525
24/06/2013 16:11	2582	4464	2951	10544	24/06/2013 16:15	2575	4460	2987	10517
24/06/2013 17:11	2573	4480	2950	10541	24/06/2013 17:15	2582	4460	2938	10511
24/06/2013 18:11	2578	4475	2945	10548	24/06/2013 18:15	2577	4459	2952	10540

Tabla 10.17 Temperatura °C. y Humedad Relativa % 25/06/13.

Fecha Hora	Temperatura °C	Humedad Relativa %
25/06/2013 08:00	27	33
25/06/2013 09:00	27	33
25/06/2013 10:00	27	30
25/06/2013 11:00	27	30
25/06/2013 12:00	27	36
25/06/2013 13:00	27	35
25/06/2013 14:00	27	35
25/06/2013 15:00	27	35
25/06/2013 16:00	27	34
25/06/2013 17:00	27	34
25/06/2013 18:00	27	34
25/06/2013 19:00	27	35
25/06/2013 20:00	27	35
25/06/2013 21:00	27	35
25/06/2013 22:00	27	35
25/06/2013 23:00	27	33
25/06/2013 00:00	27	35

La humedad en tierra de los individuos "A" y "B" al ser regados (el riego es de 200 ml de agua) de valores 20 % a 26 % pasa a un 32% y 34% respectivamente. Los individuos "C" y "D" de valores en el rango de 21 % a 23 % pasa a valores de 27% y 29% de humedad en tierra respectivamente, los individuos "E" y "F" que no son irrigados marcan datos de 20 % a 24 %. El riego de los individuos se lleva a cabo entre 18:00 y 19:00 horas, en la tabla 10.14 se aprecia este aumento en las lecturas a las 19:00 horas en "A", 19:03 horas en "B", 19:05 horas en "C", 19:08 horas en "D" y en las lecturas de aquellos individuos que no fueron irrigados la lectura fue muy similar a las lecturas anteriores 19:11 horas en "E" y 19:15 horas en "F".

Se siguen sin presentar cambios en la coloración de las hojas de los individuos en la tabla 10.20 se aprecian los datos tomados. El dato de menor frecuencia con el filtro azul es de 2548 hz, la frecuencia mayor con el filtro azul es 2597 hz, (la diferencia menor que se había observado en días anteriores entre el valor mayor y menor de frecuencia entre los datos con el filtro azul se pierde) con el filtro rojo el menor dato es 3964 hz y el mayor dato fue 4536 hz, con el filtro verde el menor dato es 2910 hz y el mayor 2984, el dato menor sin filtro es 10465 hz y el mayor es 10688 hz.

Tabla 10.18 Lecturas de humedad en tierra en % 25/06/2013.

A		B		C	
Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra
25/06/2013 08:00	21	25/06/2013 08:03	25	25/06/2013 08:05	21
25/06/2013 09:00	20	25/06/2013 09:02	25	25/06/2013 09:05	22
25/06/2013 10:00	21	25/06/2013 10:03	25	25/06/2013 10:05	22
25/06/2013 11:00	26	25/06/2013 11:03	26	25/06/2013 11:05	21
25/06/2013 12:00	21	25/06/2013 12:03	25	25/06/2013 12:05	23
25/06/2013 13:00	21	25/06/2013 13:03	24	25/06/2013 13:05	23
25/06/2013 14:00	22	25/06/2013 14:03	22	25/06/2013 14:05	23
25/06/2013 15:00	21	25/06/2013 15:03	21	25/06/2013 15:05	23
25/06/2013 16:00	21	25/06/2013 16:03	22	25/06/2013 16:05	21
25/06/2013 17:00	21	25/06/2013 17:03	21	25/06/2013 17:05	21
25/06/2013 18:00	21	25/06/2013 18:03	24	25/06/2013 18:05	21
25/06/2013 19:00	32	25/06/2013 19:03	34	25/06/2013 19:05	27
D		E		F	
Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra
25/06/2013 08:08	21	25/06/2013 08:11	21	25/06/2013 08:15	21
25/06/2013 09:08	22	25/06/2013 09:11	21	25/06/2013 09:15	24
25/06/2013 10:08	22	25/06/2013 10:11	21	25/06/2013 10:15	20
25/06/2013 11:08	22	25/06/2013 11:11	22	25/06/2013 11:15	22
25/06/2013 12:08	23	25/06/2013 12:11	22	25/06/2013 12:15	21
25/06/2013 13:08	23	25/06/2013 13:11	22	25/06/2013 13:15	21
25/06/2013 14:08	21	25/06/2013 14:11	21	25/06/2013 14:15	20
25/06/2013 15:08	23	25/06/2013 15:11	21	25/06/2013 15:15	21
25/06/2013 16:08	21	25/06/2013 16:11	24	25/06/2013 16:15	21
25/06/2013 17:08	22	25/06/2013 17:11	21	25/06/2013 17:15	21
25/06/2013 18:08	23	25/06/2013 18:11	23	25/06/2013 18:15	22
25/06/2013 19:08	24	25/06/2013 19:11	23	25/06/2013 19:15	20

A partir del las 19:00 horas del día 25 de Junio a las 7:00 horas del día 26 de Junio los datos fueron tomados de manera automática mostrándose en la tabla 10.19, la humedad en tierra fue tomada del individuo "F". La humedad en tierra del individuo "F" se continúa perdiendo presentándose datos de 16% al 20% de humedad.

Tabla 10.19 Toma de datos nocturna 25-26 de Junio.

Fecha Hora	Temperatura °C	Humedad Relative	Humedad en Tierra
25/06/2013 20:00	27	21	22
25/06/2013 20:00	27	20	21
25/06/2013 21:00	27	20	21
25/06/2013 22:00	27	20	21
25/06/2013 23:00	27	20	21
26/06/2013 00:00	27	20	21
26/06/2013 01:00	27	20	21
26/06/2013 02:00	27	20	21
26/06/2013 03:00	27	20	21
26/06/2013 04:00	27	20	21
26/06/2013 05:00	27	20	21
26/06/2013 06:00	27	20	21
26/06/2013 07:00	27	20	21

Tabla 10.20. Datos del sensor de luz día 25 de Junio (FA= filtro azul, FR= filtro rojo, FV=filtro verde y SF sin filtro).

A					B					
Fecha Hora	FA	FR	FV	SF	Fecha Hora	FA	FR	FV	SF	
25/06/2013 08:00	2540	4420	4515	4515	10490	25/06/2013 08:00	2160	4490	4520	10520
25/06/2013 09:00	2530	4500	4500	4500	10590	25/06/2013 09:00	2170	4480	4540	10570
25/06/2013 10:00	2530	4500	4500	4500	10770	25/06/2013 10:00	2180	4470	4560	10620
25/06/2013 11:00	2590	4540	4500	4500	10900	25/06/2013 11:00	2180	4460	4570	10670
25/06/2013 12:00	2570	4520	4500	4500	11090	25/06/2013 12:00	2170	4450	4580	10720
25/06/2013 13:00	2580	4520	4500	4500	11270	25/06/2013 13:00	2160	4440	4590	10770
25/06/2013 14:00	2590	4520	4500	4500	11460	25/06/2013 14:00	2170	4440	4590	10820
25/06/2013 15:00	2580	4520	4500	4500	11640	25/06/2013 15:00	2160	4430	4590	10870
25/06/2013 16:00	2580	4520	4500	4500	11820	25/06/2013 16:00	2150	4420	4590	10920
25/06/2013 17:00	2580	4520	4500	4500	12000	25/06/2013 17:00	2160	4410	4590	10970
25/06/2013 18:00	2580	4520	4500	4500	12180	25/06/2013 18:00	2160	4400	4590	11020

C					D					
Fecha Hora	FA	FR	FV	SF	Fecha Hora	FA	FR	FV	SF	
25/06/2013 08:00	2570	4420	4500	4500	11280	25/06/2013 08:00	2160	4420	4570	10480
25/06/2013 09:00	2580	4420	4500	4500	11460	25/06/2013 09:00	2160	4420	4570	10530
25/06/2013 10:00	2590	4420	4500	4500	11640	25/06/2013 10:00	2160	4420	4570	10580
25/06/2013 11:00	2620	4420	4500	4500	11820	25/06/2013 11:00	2160	4420	4570	10630
25/06/2013 12:00	2620	4420	4500	4500	12000	25/06/2013 12:00	2160	4420	4570	10680
25/06/2013 13:00	2620	4420	4500	4500	12180	25/06/2013 13:00	2160	4420	4570	10730
25/06/2013 14:00	2620	4420	4500	4500	12360	25/06/2013 14:00	2160	4420	4570	10780
25/06/2013 15:00	2620	4420	4500	4500	12540	25/06/2013 15:00	2160	4420	4570	10830
25/06/2013 16:00	2620	4420	4500	4500	12720	25/06/2013 16:00	2160	4420	4570	10880
25/06/2013 17:00	2620	4420	4500	4500	12900	25/06/2013 17:00	2160	4420	4570	10930
25/06/2013 18:00	2620	4420	4500	4500	13080	25/06/2013 18:00	2160	4420	4570	10980

E					F					
Fecha Hora	FA	FR	FV	SF	Fecha Hora	FA	FR	FV	SF	
25/06/2013 08:00	2560	4500	4500	4500	10600	25/06/2013 08:00	2160	4400	4560	10500
25/06/2013 09:00	2560	4500	4500	4500	10780	25/06/2013 09:00	2160	4400	4560	10550
25/06/2013 10:00	2560	4500	4500	4500	10960	25/06/2013 10:00	2160	4400	4560	10600
25/06/2013 11:00	2560	4500	4500	4500	11140	25/06/2013 11:00	2160	4400	4560	10650
25/06/2013 12:00	2560	4500	4500	4500	11320	25/06/2013 12:00	2160	4400	4560	10700
25/06/2013 13:00	2560	4500	4500	4500	11500	25/06/2013 13:00	2160	4400	4560	10750
25/06/2013 14:00	2560	4500	4500	4500	11680	25/06/2013 14:00	2160	4400	4560	10800
25/06/2013 15:00	2560	4500	4500	4500	11860	25/06/2013 15:00	2160	4400	4560	10850
25/06/2013 16:00	2560	4500	4500	4500	12040	25/06/2013 16:00	2160	4400	4560	10900
25/06/2013 17:00	2560	4500	4500	4500	12220	25/06/2013 17:00	2160	4400	4560	10950
25/06/2013 18:00	2560	4500	4500	4500	12400	25/06/2013 18:00	2160	4400	4560	11000

10.3.6 Miércoles 26 de junio del 2013.

La toma de pruebas inició a las 08:00 horas, sexto día de toma de muestras, aun sin cambio notable en la coloración verde de los individuos.

La temperatura durante de 08:00 horas hasta las 00:00 horas del día 27 de Junio, así como la humedad relativa se observa en la tabla 10.21.

La humedad relativa dentro del modulo de trabajo oscilo entre el 31 % y 32 % y la temperatura se presento entre los 26°C y 29°C.

La humedad en tierra en cada uno de los individuos se presenta en la tabla 10.22.

Tabla 10.21 Temperatura °C y Humedad Relativa % 26/06/13.

Fecha Hora	Temperatura °C	Humedad Relativa %
25/06/2013 08:00	26	32
25/06/2013 09:00	29	32
25/06/2013 10:00	28	32
25/06/2013 11:00	27	32
25/06/2013 12:00	27	32
26/06/2013 13:00	27	32
26/06/2013 14:00	27	32
26/06/2013 15:00	27	31
26/06/2013 16:00	27	32
26/06/2013 17:00	27	31
26/06/2013 18:00	26	31
26/06/2013 19:00	26	32
26/06/2013 20:00	26	31
26/06/2013 21:00	26	31
26/06/2013 22:00	28	32
26/06/2013 23:00	28	31
27/06/2013 00:00	28	31

La humedad en tierra de los individuos "A" y "B" al ser regados en valores 21 % a 24 % pasa a un 30% y 32% respectivamente. Los individuos "C" y "D" de valores en el rango de 14 % a 20 % pasa a un valor de 26% de humedad ambos, los individuos "E" y "F" que no son irrigados marcan datos de 18 % a 17 % respectivamente. El riego de los individuos se lleva a cabo entre 18:00 y 19:00 horas, en la tabla 10.14 se aprecia este aumento en las lecturas a las 19:00 horas en "A", 19:03 horas en "B", 19:05 horas en "C", 19:08 horas en "D" y en las lecturas de aquellos individuos que no fueron irrigados la lectura fue muy similar a las lecturas anteriores 19:11 horas en "E" y 19:15 horas en "F".

Se siguen sin presentar cambios en la coloración de las hojas de los individuos en la tabla 10.24 se aprecian los datos tomados. El dato de menor frecuencia con el filtro azul es de 2419 hz, la frecuencia mayor con el filtro azul es 2622 hz, (se observa una enorme diferencia entre los valores obtenidos con el filtro azul) con el filtro rojo el menor dato es 3828 hz y el mayor dato fue 4668 hz (se aprecia una enorme diferencia), con el filtro verde se presentan dos datos muy bajos 1993 hz y 2132, se decide despreciarlos y se tomara el que valor siguiente, 2875 hz y el mayor 3244, el dato menor sin filtro es 9406 hz, el dato que le sigue es 10171 y 10267, el mayor es 10757 hz. En estas últimas lecturas se presentaron datos fuera de los rangos vistos en días anteriores.

Tabla 10.22 Lecturas de Humedad en tierra en % 26/06/2013.

A		B		C	
Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra
26/06/2013 08:00	24	26/06/2013 08:03	21	26/06/2013 08:05	14
26/06/2013 09:00	24	26/06/2013 09:03	21	26/06/2013 09:05	15
26/06/2013 10:00	24	26/06/2013 10:03	22	26/06/2013 10:05	15
26/06/2013 11:00	24	26/06/2013 11:03	23	26/06/2013 11:05	15
26/06/2013 12:00	21	26/06/2013 12:03	24	26/06/2013 12:05	24
26/06/2013 13:00	21	26/06/2013 13:03	24	26/06/2013 13:05	24
26/06/2013 14:00	23	26/06/2013 14:03	24	26/06/2013 14:05	20
26/06/2013 15:00	21	26/06/2013 15:03	23	26/06/2013 15:05	19
26/06/2013 16:00	20	26/06/2013 16:03	22	26/06/2013 16:05	18
26/06/2013 17:00	22	26/06/2013 17:03	22	26/06/2013 17:05	20
26/06/2013 18:00	17	26/06/2013 18:03	22	26/06/2013 18:05	20
26/06/2013 19:00	30	26/06/2013 19:03	32	26/06/2013 19:05	25
D		E		F	
Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra
26/06/2013 08:08	21	26/06/2013 08:11	20	26/06/2013 08:15	15
26/06/2013 09:08	20	26/06/2013 09:11	20	26/06/2013 09:15	15
26/06/2013 10:08	20	26/06/2013 10:11	20	26/06/2013 10:15	15
26/06/2013 11:08	20	26/06/2013 11:11	20	26/06/2013 11:15	15
26/06/2013 12:08	23	26/06/2013 12:11	21	26/06/2013 12:15	15
26/06/2013 13:08	23	26/06/2013 13:11	22	26/06/2013 13:15	16
26/06/2013 14:08	20	26/06/2013 14:11	22	26/06/2013 14:15	16
26/06/2013 15:08	19	26/06/2013 15:11	19	26/06/2013 15:15	18
26/06/2013 16:08	18	26/06/2013 16:11	18	26/06/2013 16:15	19
26/06/2013 17:08	17	26/06/2013 17:11	19	26/06/2013 17:15	16
26/06/2013 18:08	18	26/06/2013 18:11	19	26/06/2013 18:15	16
26/06/2013 19:08	25	26/06/2013 19:11	18	26/06/2013 19:15	17

A partir de las 19:00 horas del día 26 de Junio a las 7:00 horas del día 27 de Junio los datos fueron tomados de manera automática mostrándose en la tabla 10.23, la humedad en tierra fue tomada del individuo "F". La humedad en tierra del individuo "F" sigue disminuyendo, ahora mantuvo una lectura constante del 17%.

Tabla 10.23 Toma de datos nocturna 26-27 de junio.

Fecha Hora	Temperatura °C	Humedad Relativa	Humedad en Tierra
26/06/2013 19:00	28	31	17
26/06/2013 20:00	28	31	17
26/06/2013 21:00	28	32	17
26/06/2013 22:00	28	32	17
26/06/2013 23:00	28	31	17
27/06/2013 00:00	28	31	17
27/06/2013 01:00	28	31	17
27/06/2013 02:00	28	31	17
27/06/2013 03:00	28	31	17
27/06/2013 04:00	28	31	17
27/06/2013 05:00	28	31	17
27/06/2013 06:00	28	31	17
27/06/2013 07:00	28	31	17

Tabla 10.24. Datos del sensor de luz día 25 de Junio (FA= filtro azul, FR= filtro rojo, FV=filtro verde y SF=sin filtro).

A					B				
Fecha Hora	FA	FR	FV	SF	Fecha Hora	FA	FR	FV	SF
26/06/2013 08:00	2548	4485	2925	10169	26/06/2013 08:03	2535	4583	2929	10420
26/06/2013 09:00	2548	4477	2948	10460	26/06/2013 09:03	2536	4482	2932	10511
26/06/2013 10:00	2562	4489	2972	10735	26/06/2013 10:03	2539	4496	2934	10617
26/06/2013 11:00	2543	4448	2973	10425	26/06/2013 11:03	2479	4388	2989	10627
26/06/2013 12:00	2538	4475	2993	10787	26/06/2013 12:03	2505	4429	2975	10829
26/06/2013 13:00	2562	4383	2978	10305	26/06/2013 13:03	2587	4402	2963	10340
26/06/2013 14:00	2547	4473	2995	10478	26/06/2013 14:03	2530	4454	2984	10494
26/06/2013 15:00	2499	4378	2878	10007	26/06/2013 15:03	2513	4431	2944	10352
26/06/2013 16:00	2547	4471	2973	10491	26/06/2013 16:03	2541	4431	2933	10317
26/06/2013 17:00	2571	4562	2983	10771	26/06/2013 17:03	2518	4605	2974	10375

C					D				
Fecha Hora	FA	FR	FV	SF	Fecha Hora	FA	FR	FV	SF
26/06/2013 08:39	2537	4438	2917	10417	26/06/2013 08:08	2617	4587	3018	10739
26/06/2013 09:05	2568	4388	2893	10558	26/06/2013 09:08	2608	4591	3010	10716
26/06/2013 10:05	2922	4989	3024	10711	26/06/2013 10:08	2612	4604	3021	10748
26/06/2013 11:05	2615	4579	3023	10730	26/06/2013 11:08	2597	4558	3002	10668
26/06/2013 12:05	2615	4513	2980	10593	26/06/2013 12:08	2615	4661	3020	10757
26/06/2013 13:05	2491	4328	2927	9866	26/06/2013 13:08	2517	4561	2969	10579
26/06/2013 14:05	2548	4451	2934	10482	26/06/2013 14:08	2532	4461	2984	10825
26/06/2013 15:05	2595	4427	2900	10404	26/06/2013 15:08	2523	4336	2907	10326
26/06/2013 16:05	2640	4388	2886	10491	26/06/2013 16:08	2548	4491	2928	10444
26/06/2013 17:05	2575	4472	2906	10407	26/06/2013 17:08	2578	4476	2917	10366

E					F				
Fecha Hora	FA	FR	FV	SF	Fecha Hora	FA	FR	FV	SF
26/06/2013 08:11	2591	4547	3036	10700	26/06/2013 08:15	2582	4525	2980	10607
26/06/2013 09:11	2607	4507	3004	10398	26/06/2013 09:15	2522	4588	3013	10757
26/06/2013 10:11	2692	4541	2982	10320	26/06/2013 10:15	2512	4580	2984	10320
26/06/2013 11:11	2688	4531	2978	10322	26/06/2013 11:15	2528	4471	2923	10388
26/06/2013 12:11	2617	4588	3034	10707	26/06/2013 12:15	2476	4504	2840	10140
26/06/2013 13:11	2580	4504	2948	10571	26/06/2013 13:15	2534	4630	2940	10586
26/06/2013 14:11	2521	4487	2908	10532	26/06/2013 14:15	2576	4470	2938	10425
26/06/2013 15:11	2528	4475	2854	10540	26/06/2013 15:15	2518	4447	2923	10438
26/06/2013 16:11	2670	4495	2944	10562	26/06/2013 16:15	2544	4404	2861	10375
26/06/2013 17:11	2561	4450	2910	10585	26/06/2013 17:15	2541	4417	2900	10488

10.3.7 Jueves 27 de junio del 2013.

La toma de pruebas inició a las 08:00 horas, séptimo día de toma de muestras, por la falta de cambio a primera vista en los individuos se decide tomar las plantas y examinarlas a detalle y se encontró que las hojas inferiores de la planta presentan un cambio de coloración de verde brillante medianamente obscuro a un tono amarillo, color amarillo característico de las plantas cuando no reciben la luz necesaria para llevar a cabo la fotosíntesis, remarco de nuevo que estas hojas amarillentas fueron encontradas en todos los individuos en la parte inferior de cada individuo, aparte de hojas amarillentas también se encontraron hojas pardas o cafés. En la figura 10.3 se observa una imagen de una hoja amarilla.

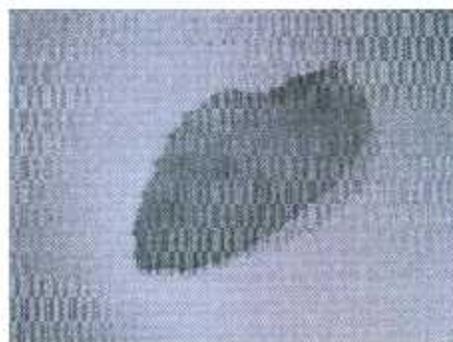


Figura 10.3 Hoja sin clorofila.

Se toman muestras de este tipo de hojas y de hojas sanas de la misma planta. Dichos datos se muestran en la tabla 10.25 de los individuos "A", "B" y "C".

Comparando exclusivamente estos resultados las hojas verde sano de los individuos "A", "B" y "C" con el filtro verde, los valores obtenido se encuentran entre los límites 2562 hz y 2595 hz, y en aquellas hojas que no son verde, los datos están fuera de los límites anteriores anteriormente, existe un valor de 2324 hz, los demás valores están entre los valores de 2610 hz a 2664 hz.

Los datos con filtro rojo, en aquellas hojas que son verde sano de los individuos "A", "B" y "C" los datos tomados se encuentran en los rangos de 4426 hz a 4522 hz, las hojas que no son de color verde, los datos obtenidas con el filtro rojo se encuentran fuera de este rango a

excepción del dato tomado en el individuo "B" registrado con 4517 hz, los demás valor se encuentran arriba de 4600hz y debajo de 4400hz.

Tabla 10.25. Datos del sensor de luz día 27 de Junio individuos "A", "B" y "C"
(FA= filtro azul, FR= filtro rojo, FV=filtro verde y SF=sin filtro).

A							
FA		FR		FV		SF	
Hoja verde	Hoja amarilla						
2581	2649	4493	4724	2961	3086	10571	10934
2565	2652	4153	4711	2956	3083	10561	10911
2564	2651	4148	4716	2935	3081	10460	10890
2562	2652	4435	4640	2928	3045	10469	10891
2561	2615	4426	4642	2921	3035	10434	10850
	2644		4714		3066		10865
B							
FA		FR		FV		SF	
Hoja verde	Hoja verde palido						
2575	2610	4495	4618	2956	3000	10508	10757
2570	2612	4520	4623	2967	2944	10530	10771
2584	2612	4518	4545	2960	3035	10611	10790
2596	2611	4513	4605	2971	3031	10611	10785
2538	2324	4512	4517	2968	2956	10634	10693
C							
FA		FR		FV		SF	
Hoja verde	Hoja amarilla						
2570	2626	4471	4485	2944	3048	10480	10874
2588	2632	4512	4654	2960	3040	10675	10855
2592	2623	4521	4655	2976	3055	10638	10874
2587	2634	4512	4655	2962	3040	10611	10870
2599	2620	4514	4649	2973	3033	10616	10860
	2644		4689		3011		10888

Con el filtro verde, aquellas hojas de color verde se obtienen datos entre 2921 hz y 2976 hz y los datos obtenidos de hojas que no son verde salen de estos límites hacia el lado inferior y superior.

Sin filtro los datos obtenidos de hojas verde sano están en los límites de 10434 hz y 10638 hz y los datos de aquellas hojas que no son verde sano salen de esos límites a excepción de la última toma de datos del individuo "B".

En la tabla 10.26 se observan los datos obtenidos con el sensor de luz de los individuos "D", "E" y "F".

Analizando los datos arrojados por las hojas verde sano en los tres individuos son los siguientes; con el filtro azul los límites están 2554 hz a 2607 hz, en hojas amarillas 2563 hz a 2615 hz y en las hojas pardas 2561 hz a 2630 hz, con estos datos es difícil establecer un patrón de comportamientos ante los tres colores de hojas analizadas.

Filtro rojo, una hoja de verde sano presenta límites de 4410 hz a 4567 (existe un dato muy bajo 4209 hz que no entra dentro de los límites obtenidos para una hoja verde sana), en hojas amarillas límite inferior 4410 hz límite superior 4567 hz, en las hojas amarillas los datos obtenidos son límite inferior 4427 y límite superior 4564 hz y las hojas pardas con un límite inferior de 4480 hz y límite superior 4652.

Filtro verde, datos en hojas verde sano límite inferior 2902 hz y límite superior 3006 hz, en hojas amarillas límite inferior 2928 hz y límite superior 3020 y en hojas pardas límite inferior 2936 hz y límite superior 3072 hz

Tabla 10.26. Datos del sensor de luz día 27 de junio "D", "E" y "F"
(FA=filtro azul, FR=filtro rojo, FV=filtro verde y SF=sin filtro).

D							
FA		FR		FV		SF	
Hoja verde	Hoja amarilla						
2572	2607	4490	4595	2950	3010	10549	10748
2500	2613	4501	4604	2960	3019	10562	10781
2585	2615	4501	4602	2958	3020	10593	10753
2571		4479		2947		10526	
2576		4493		2954		10562	
Verde pardo		Verde pardo		Verde pardo		Verde pardo	
2630		4652		3072		10851	
2634		4620		3058		10837	
2586		4509		2971		10616	
E							
FA		FR		FV		SF	
Hoja verde	Hoja amarilla						
2591	2563	4547	4475	3006	2934	10670	10540
2607	2570	4567	4496	3004	2944	10693	10562
2595	2564	4541	4430	2992	2940	10656	10566
2580		4531		2979		10625	
Verde pardo		Verde pardo		Verde pardo		Verde pardo	
2617		4588		3024		10757	
2569		4494		2948		10571	
2561		4480		2936		10535	
F							
FA		FR		FV		SF	
Hoja verde	Hoja amarilla						
2581	2593	4464	4518	2943	2980	10500	10629
2561	2610	4429	4564	2922	3006	10452	10697
2554	2590	4410	4505	2902	2977	10404	10611
2574	2561	4446	4434	2937	2922	10487	10471
2571	2559	4209	4427	2934	2918	10504	10443
2577		4460		2945		10513	

Sin filtro, en hojas verde sano, límite inferior 10500 hz y límite superior 10693 hz, en hojas amarillas el dato como límite inferior es 10421 hz y límite superior 10781 hz y en hojas pardas en límite inferior del dato registrado es 10535 hz y límite superior 10851 hz.

Con los datos obtenidos el día 27 de junio sin un análisis más profundo resulta difícil predecir un comportamiento de la frecuencia ante las diferentes colores que hasta ahorita se han presentado en los individuos en sus hojas.

La humedad relativa y la temperatura presentada durante el día se presentan en la tabla 10.27, iniciando desde las 8:00 horas del día 27 de junio hasta las 00:00 horas del día 28 del mismo mes.

Tabla 10.27 Temperatura °C y Humedad Relativa % 27/06/13.

Fecha Hora	Temperatura °C	Humedad Relativa
27/06/2013 08:00	25	36
27/06/2013 09:00	25	30
27/06/2013 10:00	23	30
27/06/2013 11:00	26	35
27/06/2013 12:00	26	31
27/06/2013 13:00	23	30
27/06/2013 14:00	24	36
27/06/2013 15:00	25	31
27/06/2013 16:00	24	30
27/06/2013 17:00	22	30
27/06/2013 18:00	22	35
27/06/2013 19:00	23	30
27/06/2013 20:00	24	35
27/06/2013 21:00	24	35
27/06/2013 22:00	23	30
27/06/2013 23:00	24	35
28/06/2013 00:00	24	35

La temperatura estuvo entre los 22°C y los 26 °C con una humedad relativa entre el 30 % a un 36%. La humedad en tierra en cada uno de los individuos se aprecia en la tabla 10.28. Como se ha observado de manera constante en las tablas anteriores de humedad en tierra, al irrigar los individuos "A" y "B" la humedad aumenta a un 33 % y 35 %, en los individuos "C" y "D" al ser irrigados el valor de humedad en tierra es de 27% de cada individuo. Mientras tanto los individuos "E" y "F" siguen sin ser irrigados y las datos registrados en ambos individuos van desde 11 % al 18 %.

10.28 Lecturas de humedad en tierra en % 27/06/2013.

A		E		C	
Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra
27/06/2013 08:00	21	27/06/2013 08:00	21	27/06/2013 08:00	21
27/06/2013 09:00	24	27/06/2013 09:00	25	27/06/2013 09:00	25
27/06/2013 10:00	24	27/06/2013 10:00	21	27/06/2013 10:00	22
27/06/2013 11:00	21	27/06/2013 11:00	24	27/06/2013 11:00	23
27/06/2013 12:00	25	27/06/2013 12:00	24	27/06/2013 12:00	24
27/06/2013 13:00	25	27/06/2013 13:00	35	27/06/2013 13:00	22
27/06/2013 14:00	39	27/06/2013 14:00	23	27/06/2013 14:00	23
27/06/2013 15:00	23	27/06/2013 15:00	22	27/06/2013 15:00	22
27/06/2013 16:00	20	27/06/2013 16:00	21	27/06/2013 16:00	24
27/06/2013 17:00	21	27/06/2013 17:00	23	27/06/2013 17:00	22
27/06/2013 18:00	22	27/06/2013 18:00	22	27/06/2013 18:00	23
27/06/2013 19:00	31	27/06/2013 19:00	35	27/06/2013 19:00	27
D		E		F	
Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra
27/06/2013 08:08	20	27/06/2013 08:11	16	27/06/2013 08:15	15
27/06/2013 09:08	20	27/06/2013 09:11	16	27/06/2013 09:15	15
27/06/2013 10:08	21	27/06/2013 10:11	15	27/06/2013 10:15	15
27/06/2013 11:08	22	27/06/2013 11:11	13	27/06/2013 11:15	16
27/06/2013 12:08	23	27/06/2013 12:11	14	27/06/2013 12:15	16
27/06/2013 13:08	20	27/06/2013 13:11	13	27/06/2013 13:15	18
27/06/2013 14:08	20	27/06/2013 14:11	17	27/06/2013 14:15	11
27/06/2013 15:08	21	27/06/2013 15:11	13	27/06/2013 15:15	13
27/06/2013 16:08	22	27/06/2013 16:11	17	27/06/2013 16:15	15
27/06/2013 17:08	23	27/06/2013 17:11	17	27/06/2013 17:15	15
27/06/2013 18:08	20	27/06/2013 18:11	13	27/06/2013 18:15	15
27/06/2013 19:08	27	27/06/2013 19:11	13	27/06/2013 19:15	33

10.3.8 Viernes 28 de junio del 2013.

La toma de pruebas inicio a las 08:00 horas, octavo día de toma de muestras, al igual que el día anterior con el sensor de luz se tomaron las lecturas del mismo con diferentes hojas de los individuos que mostraran diferentes tonalidades de verde, amarillo o cualquier anomalía que sea visible. Se siguen obteniendo datos de hojas amarillas, pardas y de verde sano; para evitar una clasificación entre hojas se manejara hoja sana y hoja no sana. Analizando los individuos "A", "B" y "C". En la tabla 10.29.

El análisis de los datos presentados en la tabla 10.29 es el siguiente. Las hojas sanas de los individuos "A", "B" y "C" presentaron los siguientes datos, con el filtro azul el límite menor

fue de 2568 hz y el límite superior es 2610, mas sin embargo solo existen dos datos que sobrepasan 2600 hz y los demás datos están por debajo de este valor y arriba de 2568.

Tabla 10.29. Datos del sensor de luz día 28 de Junio "A", "B" y "C"
(FA= filtro azul, FR= filtro rojo, FV= filtro verde y SF=sin filtro).

A							
FA		FR		FV		SF	
Hoja sana	Hoja no sana						
2591	2631	4533	4612	2978	3046	10652	10847
2576	2628	4485	4619	2951	3043	10553	10832
2595	2615	4511	4578	2974	3024	10616	10725
2593	2605	4515	4532	2969	2992	10611	10656
2584	2593	4488	4524	2959	2984	10571	10670
B							
FA		FR		FV		SF	
Hoja sana	Hoja no sana						
2588	2609	4466	4535	2931	3022	10513	10753
2571	2610	4485	4576	2951	3013	10553	10734
2595	2613	4511	4598	2974	3016	10616	10757
2593	2617	4513	4590	2969	3024	10611	10781
2584	2615	4488	4601	2959	3019	10571	10771
	2638		4123		2445		10846
	2649		4651		3051		10870
C							
FA		FR		FV		SF	
Hoja sana	Hoja no sana						
2607	2640	4533	4649	2990	3051	10679	10893
2587	2627	4491	4618	2955	3039	10598	10825
2610	2625	4532	4615	2993	3037	10679	10813
2593	2340	4492	4574	2967	2994	10589	10399
2583	2607	4474	4617	2955	3000	10566	10716
	2608		4610		2990		10730
	2603		4618		3005		10399

De hojas no sanas obtenidas se obtuvieron datos con el filtro azul dentro de los 2600 hz en su mayoría, se tiene dos datos de 2593 hz y otro de 2340, fuera de esos datos, los demás datos se encuentran entre los valores de 2605 hz y 2649 hz. Con el filtro rojo las hojas sanas se encuentran en rango de 4466 hz y 4553 hz y las hojas no sanas presentan un dato de 4123 hz, nuevos datos arriba de los 4600 hz y siete datos arriba de los 4500 hz, estos datos son difícil de diferenciar entre un tipo de hoja y otra. Los datos obtenidos con el filtro verde en la hoja sana están dentro del rango 2931 hz y 2993, a simple vista los datos de la hoja no sana se observa que estos datos son mayor que los anteriores, se presentan en un rango de 2984 hz a 3061 hz,

con excepción de un dato que está en 2445 hz pero fuera del rango de frecuencia que se presenta en una hoja sana. Sin filtro las hojas sanas dieron datos dentro del rango de 10513 hz a 10679 hz y las hojas no sanas presentaron datos muy superiores en el rango de 10656 hz a 10837 hz, con excepción de un dato que se encontró por muy por debajo del rango de hoja sana que es en 10399.

Tabla 10.30. Datos del sensor de luz día 28 de Junio, "D", "E" y "F"

(FA= filtro azul, FR= filtro rojo, FV=filtro verde y SF=sin filtro).

D							
FA		FR		FV		SF	
Hoja sana	Hoja no sana						
2608	2621	4531	4582	2902	3029	10665	10767
2591	2629	4475	4604	2943	2834	10553	10654
2579	2626	4471	3558	2943	3039	10544	10771
2592	2637	4484	4619	2960	3051	10557	10632
2581	2668	4484	4600	2960	3075	10571	10636
	2646		4650		3070		10691
	2668		4659		3078		10635
E							
FA		FR		FV		SF	
Hoja sana	Hoja no sana						
2580	2620	4467	4553	2946	3002	10540	10748
2583	2618	4467	4551	2951	2997	10557	10743
2574	2615	4454	4583	2927	2994	10487	10707
2597	2618	4482	4575	2951	3019	10557	10797
2586	2617	4471	4565	2953	3018	10557	10734
	2595		4473		2955		10531
	2618		4588		3019		10779
F							
FA		FR		FV		SF	
Hoja sana	Hoja no sana						
2557	2624	4479	4573	2955	3022	10557	10734
2586	2621	4462	4567	2947	3020	10539	10753
2598	2610	4488	4584	2969	3018	10562	10734
2579	2593	4447	4497	2927	2964	10495	10571
	2598		4508		2972		10625
	2604		4536		2996		10670
	2557		4509		2975		10627
	2595		4497		2968		10672

En la figura 10.30 están los datos de los individuos "D", "E" y "F". Las hojas sanas con el filtro azul proporcionan datos con un límite inferior de 2557 hz y límite superior en 2608 hz, y las hojas no sana se dan datos arriba de ese rango, límite inferior 2593 hz y límite superior 2668. En el caso del filtro rojo las hojas sanas presentan datos dentro del siguiente rango 4447 hz y 4531 hz y las hojas no sana presenta dos valores dentro de este rango, 4508 hz y 4509 hz los demás valores se encuentran fuera del rango de hojas sanas. En el caso del filtro verde las hojas sanas presentan datos dentro del rango de 2937 hz y 2982 hz, en el caso de las hojas no

sanas existen seis datos dentro de este rango, 2834 hz, 2964 hz, 2972 hz, 2975 hz y 2968 hz, 2955 hz los demás valores se encuentran fuera del rango de las hojas sanas, presentando como mayor valor 3078 hz y el menor valor 2994 y por último al no utilizar filtro los valores de las hojas sanas se encuentran en el siguiente rango 10487 hz y 10666 hz., dentro de este rango se encuentran valores de hojas no sanas, cinco valores en total 10531 hz, 10571 hz, 10625 hz, 10627 hz y 105572, los demás datos se encuentran arriba de este rango, siendo su valor menor 10670 hz y su valor mayor 10936.

La humedad relativa y la temperatura que se registraron durante el día octavo de pruebas se encuentran en la tabla 10.31.

Tabla 10.31 Temperatura °C y Humedad Relativa % 28/06/13.

Fecha Hora	Temperatura °C	Humedad Relativa
28/06/2013 08:00	24	32
28/06/2013 09:00	24	33
28/06/2013 10:00	24	33
28/06/2013 11:00	24	33
28/06/2013 13:00	24	33
28/06/2013 14:00	25	37
28/06/2013 15:00	25	37
28/06/2013 16:00	26	35
28/06/2013 17:00	26	33
28/06/2013 18:00	26	34
28/06/2013 19:00	25	31
28/06/2013 20:00	25	31

La temperatura y la humedad relativa solo fueron tomados hasta las 20:00 horas. La mayor temperatura registrada dentro del modulo de trabajo fue de 26 °C de las 15 horas a las 18 horas y la menor temperatura registrada fue de 24°C de las 8 horas hasta las 13 horas.

La humedad en tierra en cada uno de los individuos se aprecia en la tabla 10.31. Se lleva el riego de los individuos entre las 18 y 19 horas a excepción de los individuos "E" y "F", entre los individuos "A" y "B" la humedad en tierra mientras no eran regados oscilaba entre el 21% y 25 %, al ser regados aumentaron al 32% cada uno. Los individuos "C" y "D" la humedad en tierra mientras no eran regados estaba entre 19% y 23%, al ser regado la humedad en tierra fue de 26 % y 23 % respectivamente. Los individuos "E" y "F" mantiene una humedad baja

oscilando entre 10 % y 16 %, pero los datos de mayor presencia están entre el rango del 14% al 16%.

10.32 Lecturas de humedad en tierra en % 28/06/2013.

A		B		C	
Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra
28/06/2013 08:00	21	28/06/2013 08:05	25	28/06/2013 08:05	20
28/06/2013 09:00	22	28/06/2013 09:05	21	28/06/2013 09:05	23
28/06/2013 10:00	22	28/06/2013 10:05	22	28/06/2013 10:05	21
28/06/2013 11:00	21	28/06/2013 11:05	21	28/06/2013 11:05	20
28/06/2013 12:00	22	28/06/2013 12:05	25	28/06/2013 12:05	23
28/06/2013 13:00	22	28/06/2013 13:05	23	28/06/2013 13:05	23
28/06/2013 14:00	21	28/06/2013 14:05	25	28/06/2013 14:05	23
28/06/2013 15:00	22	28/06/2013 15:05	22	28/06/2013 15:05	22
28/06/2013 16:00	22	28/06/2013 16:05	23	28/06/2013 16:05	21
28/06/2013 17:00	23	28/06/2013 17:05	21	28/06/2013 17:05	22
28/06/2013 18:00	21	28/06/2013 18:05	22	28/06/2013 18:05	22
28/06/2013 19:00	22	28/06/2013 19:05	32	28/06/2013 19:05	26
D		E		F	
Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra	Fecha Hora	Humedad en Tierra
28/06/2013 08:08	20	28/06/2013 08:11	18	28/06/2013 08:15	14
28/06/2013 09:08	21	28/06/2013 09:11	14	28/06/2013 09:15	10
28/06/2013 10:08	21	28/06/2013 10:11	16	28/06/2013 10:15	16
28/06/2013 11:08	21	28/06/2013 11:11	14	28/06/2013 11:15	14
28/06/2013 12:08	21	28/06/2013 12:11	17	28/06/2013 12:15	10
28/06/2013 13:08	20	28/06/2013 13:11	15	28/06/2013 13:15	15
28/06/2013 14:08	19	28/06/2013 14:11	14	28/06/2013 14:15	16
28/06/2013 15:08	20	28/06/2013 15:11	14	28/06/2013 15:15	14
28/06/2013 16:08	19	28/06/2013 16:11	15	28/06/2013 16:15	15
28/06/2013 17:08	19	28/06/2013 17:11	14	28/06/2013 17:15	14
28/06/2013 18:08	21	28/06/2013 18:11	15	28/06/2013 18:15	16
28/06/2013 19:08	24	28/06/2013 19:11	14	28/06/2013 19:15	12

10.3.9 Lunes 1 de julio del 2013.

La idea original del experimento era que fuera llevado durante ocho días, y durante esos ocho días, las plantas a simple vista no se veían afectadas por la falta de agua, si no por la falta de luz solar, puesto que presentaban hojas en tonalidades amarillas. Los días 29 y 30 de junio no se llevo a cabo ninguna toma de datos. El día lunes 1 de julio se observa que los individuos presentan signos de falta de agua, el que más destaca es la falta de firmeza en los tallos y hojas es decir tiene una apariencia flácida y marchitada. En la figura 10.4 se ve la apariencia de los individuos.

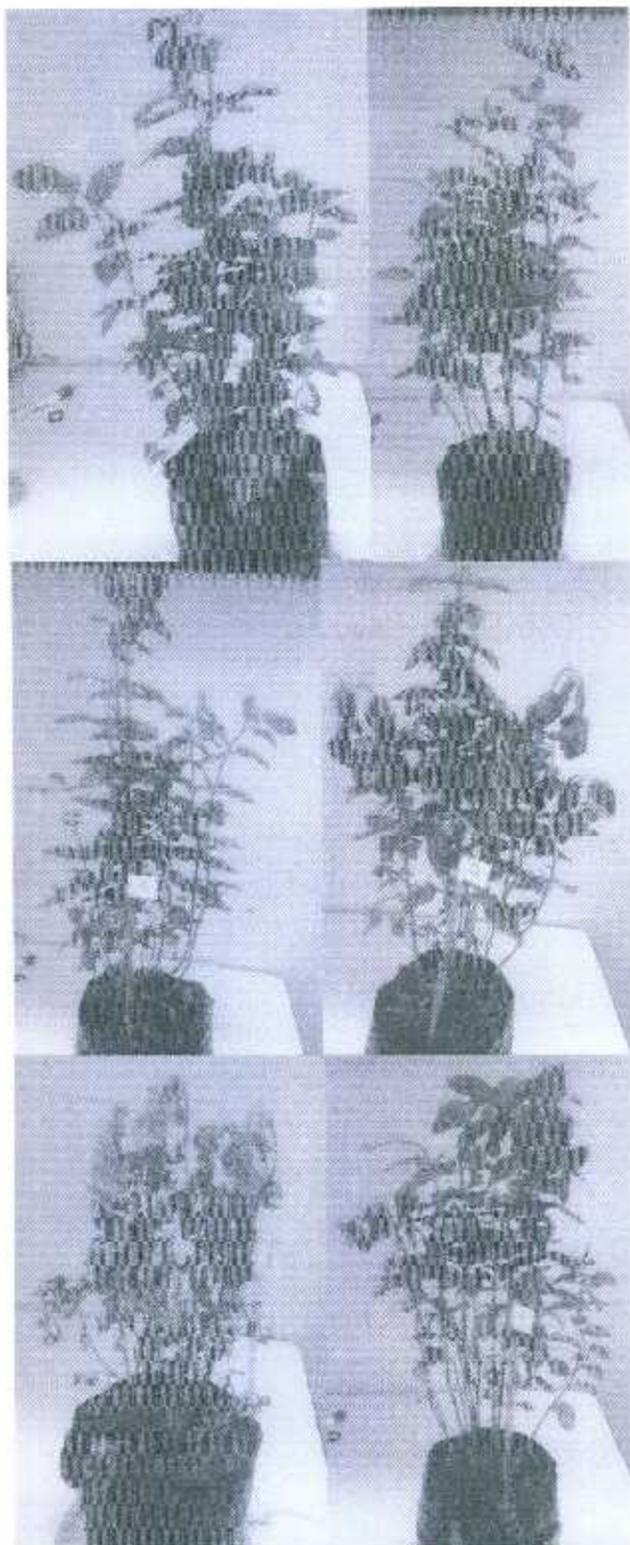


Figura 10.4 Los individuos "A", "B", "C", "D", "E" y "F" 1 de julio.

Los individuos que se ven mayor afectados por la falta de agua son el individuo "D", "E" y "F", en la figura 10.4 se observa la flacidez de los tallos y su apariencia marchitada. A pesar de que los individuos "C" y "D" fueron regados de igual manera con 100 mililitros diariamente el individuo "C" mostro poco o ninguna alteración ante la falta de agua. Los individuos "E" y "F" de manera lógica fueron los individuos más afectados por la falta de agua, y a pesar de que el individuo "E" durante días anteriores se mostraba más sano que el individuo "F", el "E" resulto fuertemente afectado.

Las hojas descritas como flácidas y con pérdida de hidratación de observa en la figura 10.5.

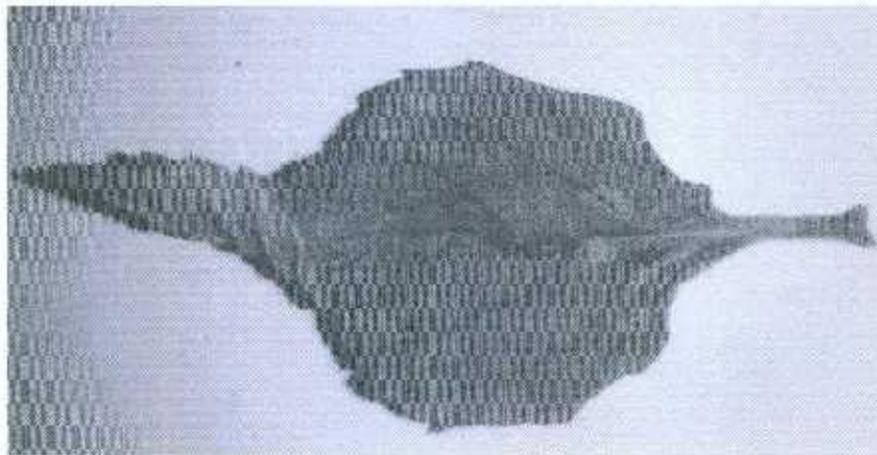


Figura 10.5 Hoja flácida

Una descripción más detallada de este tipo de hoja sería: El extremo que se encuentra extendido presenta una estructura flácida, y una textura similar a un pétalo marchitado. El otro extremo de la hoja se empieza a adquirir una forma cilíndrica con cierta rigidez por la falta de agua en ella, el color verde adquirido se puede describir oscuro ligeramente pardo. En la tabla 10.33 se están los datos tomados a estas hojas comparadas con hojas sanas. Analizando exclusivamente los datos de la tabla 10.32, los datos de las hojas sanas con el filtro azul se tienen datos en el rango que abarca de 2595 hz a 2624 hz, con una diferencia de 40 hz, de 19 pruebas realizadas 12 datos entre el rango de 2585 hz y 2598 hz, donde la diferencia entre ambos límites es de 13, los otros 7 datos están entre el rango de 2604 hz a 2624 hz y la diferencia entre ambos límites es de 27.

Tabla 10.33. Hojas deshidratadas contra hojas sanas.

FA		FR		FV		SF	
Hoja sana	Hoja con deshidratación						
2565	2584	4433	4442	2950	2956	10509	10482
2566	2583	4437	4437	2957	2955	10522	10504
2606	2444	4481	4558	2936	2920	10611	10675
2615	2597	4475	4535	2936	3003	10575	10629
2609	2598	4461	4539	2973	3006	10585	10699
2590	2601	4431	4539	2963	3008	10450	10652
2570	2622	4437	4575	2958	3031	10452	10711
2567	2614	4428	4559	2955	3043	10460	10716
2557	2616	4479	4553	2955	3043	10557	10739
2586	2559	4462	4386	2947	2914	10525	10386
2598	2375	4488	4419	2969	2940	10562	10469
2579	2560	4447	4398	2937	2924	10495	10438
2624	2561	4573	4336	3022	2922	10734	10404
2621	2567	4567	4334	3020	2924	10753	10408
2619	2592	4504	4454	3018	2972	10724	10540
2593	2590	4497	4453	2964	2967	10571	10517
2596	2602	4508	4484	2972	2985	10625	10562
2604	2604	4536	4478	2996	2989	10670	10607
2597	2599	4509	4466	2975	2973	10627	10562

Analizando los datos de las hojas deshidratadas con el filtro azul el rango en el cual se presentaron los datos es de 2444 hz a 2622 hz con una diferencia de 178, de los 19 datos 11 de estos datos se encuentran dentro del rango de hoja sana y los demás se encuentran fuera de este rango inclinados al límite inferior.

Con el filtro rojo, los datos obtenidos con hojas sanas están en el rango de 4431 hz a 4573 hz la diferencia entre ambos límites es de 136, 13 datos se encuentran entre valores de 4431 hz a 4497 hz con una diferencia de 65 los 6 datos restantes están entre el rango de 4508 hz a 4567 hz con una diferencia entre límites de 58. Ahora bien los datos resultantes de hojas deshidratadas están dentro del rango de 4386 hz a 4575 hz con una diferencia de 181, el número de datos que se encuentran dentro del rango de hojas sanas son 13 los 6 datos restantes se encuentran por debajo o por arriba del rango de hoja sana.

Con el filtro verde, los datos obtenidos con hojas sanas están en el rango de 2936 hz a 3022 hz la diferencia entre ambos límites es de 86, 16 datos se encuentran entre valores de 2936 hz a 2996 hz con una diferencia de 60 los 3 datos restantes están entre el rango de 3018 hz a 3022 hz con una diferencia entre límites de 4. Ahora bien los datos resultantes de hojas

deshidratadas están dentro del rango de 2922 hz a 3043 hz con una diferencia de 121, todos los datos se encuentran dentro del rango de hojas sanas.

Sin filtro, los datos obtenidos con hojas sanas están en el rango de 10452 hz a 10753 hz la diferencia entre ambos límites es de 301, 4 datos se encuentran entre valores de 10452 hz a 10495 hz con una diferencia de 44, 8 datos están entre el rango de 10509 hz a 10585 hz con una diferencia entre límites de 77, 4 datos están en el rango de 10611 hz a 10670 hz con una diferencia de 59 y por último los 3 datos restantes están entre el valor de 10734 hz a 10753 con una diferencia entre los límites del rango de 18. Ahora bien los datos resultantes de hojas deshidratadas están dentro del rango de 10386 hz a 10739 hz con una diferencia de 352, 14 datos se encuentran dentro del rango de hojas sanas y solo 5 datos se encuentran por debajo del límite inferior de las hojas sanas.

La temperatura y la humedad relativa en el módulo de trabajo se aprecia en la tabla 10.34.

Tabla 10.34 Temperatura y humedad relativa 1 de julio 2013.

Fecha Hora	Temperatura °C	Humedad Relativa
01/07/2013 08:00	26	25
01/07/2013 09:00	26	26
01/07/2013 10:00	26	27
01/07/2013 11:00	27	25
01/07/2013 12:00	28	25
01/07/2013 13:00	28	26
01/07/2013 14:00	28	26
01/07/2013 15:00	27	27
01/07/2013 16:00	28	27
01/07/2013 17:00	24	27
01/07/2013 18:00	26	28
01/07/2013 19:00	26	27

La temperatura se mantiene entre los 24°C a 27°C, y la humedad relativa entre el 25% y 28%.

La última lectura de la humedad de tierra por individuo se observa en la tabla 10.35.

Tabla 10.35 Humedad de tierra en los individuos 1 de julio.

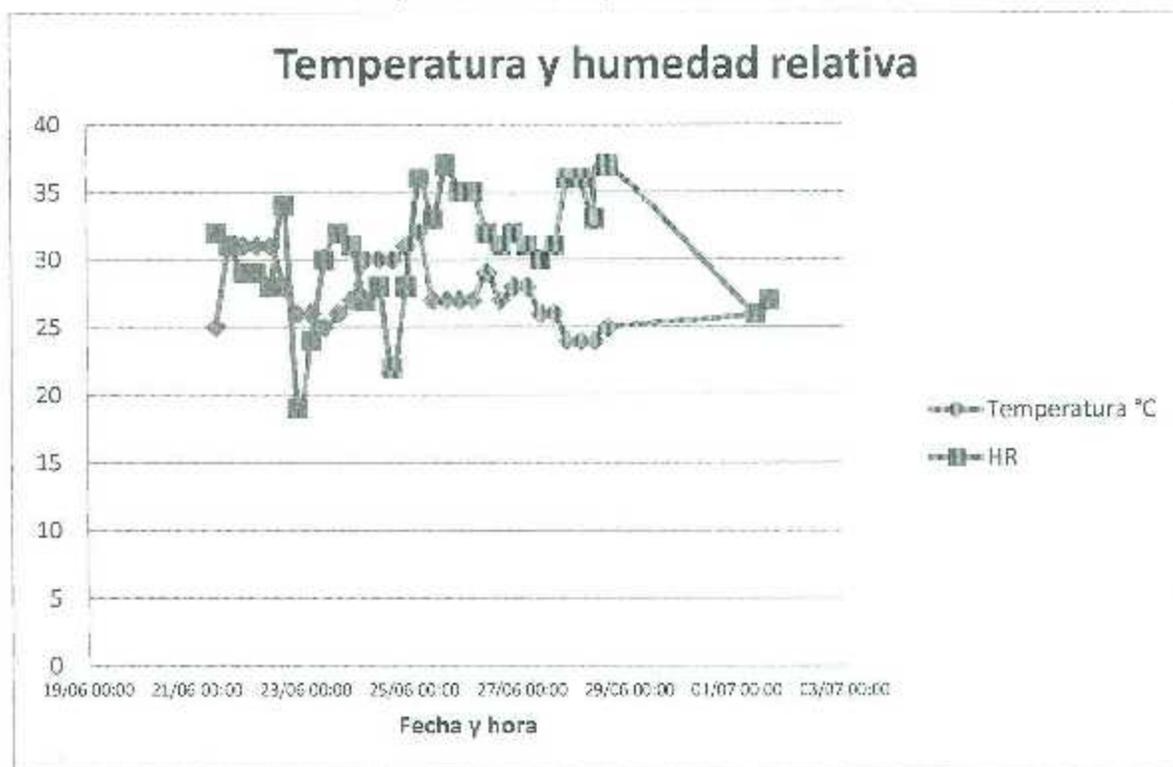
Individuo	Humedad en Tierra
A	21.62
B	22.59
C	17.69
D	15.54
E	7.25
F	6.21

La última toma de humedad de tierra fue realizada antes de que se regaran los individuos.

10.4 Resumen de los resultados y observaciones.

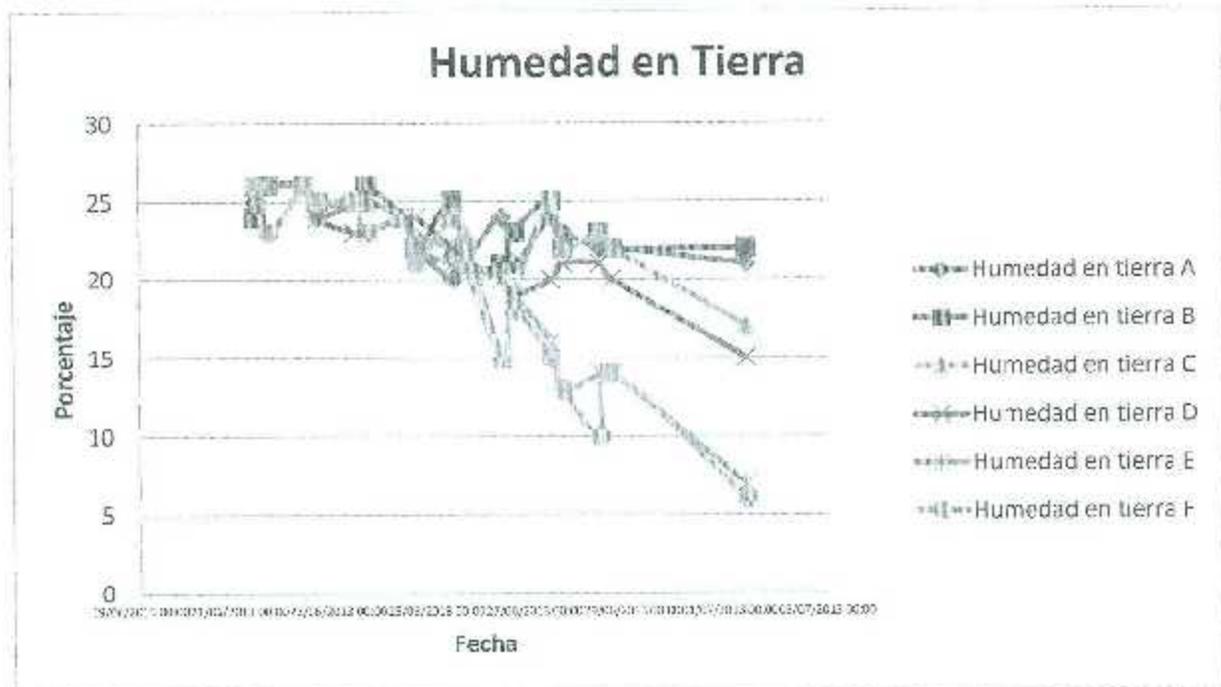
En la grafica 5.1 se aprecia la temperatura durante el periodo de experimento, la temperatura no fue constante, debido a la falta de control del aparato de clima en el modulo. Más sin embargo la temperatura era aceptable para el buen desarrollo de los individuos. (La temperatura no fue tomada durante los días 29 y 30 de junio.)

Grafica 10.1 Comportamiento de la temperatura y de HR durante el experimento.



En la grafica 10.1 se observa el comportamiento de la humedad relativa de igual manera el control de la misma no fue posible, mas sin embargo si fue satisfactorio para el desarrollo de los individuos.

Grafica 10.2 Comportamiento de humedad en tierra.



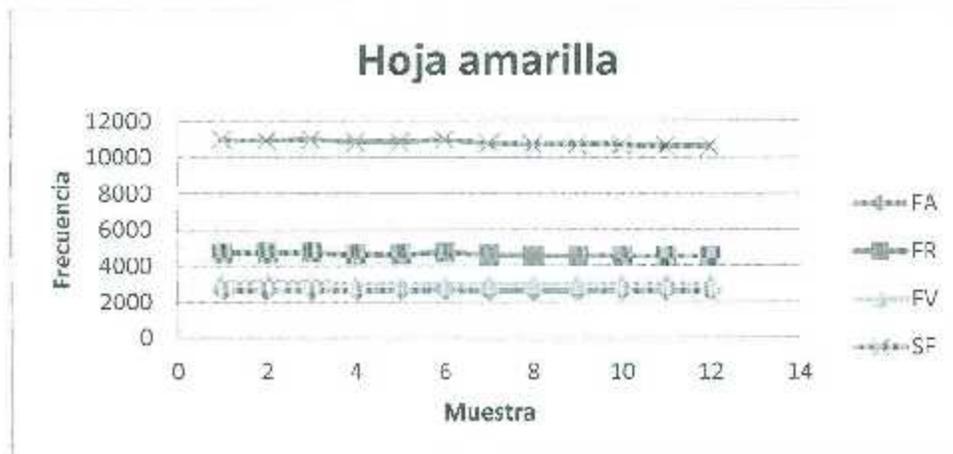
En la grafica 10.2 se aprecia el comportamiento de la humedad en tierra, donde los individuos A y B quienes fueron regados todos los días con 200 ml presentan un comportamiento similar. Los individuos C y D regados con 100 ml de igual manera presentan un comportamiento similar. Por último los individuos E y F al no ser regado la baja relativamente constante de la humedad de tierra es apreciada en la grafica.

En las graficas 5.4, 5.5 y 5.6 es difícil visualizar la diferencia de respuesta entre una hoja sana, una amarilla y una deshidratada. Pero en los resultados de las tablas mencionados anterior mente los límites de respuestas son diferentes entre si.

Grafica 10.3 Respuesta del sensor de luz ante una hoja sana.



Grafica 10.4 Respuesta del sensor de luz ante una hoja amarilla.



Grafica 10.5 Respuesta del sensor de luz ante una hoja deshidratada.



10.5 Conclusiones.

El modulo de trabajo diseñado, registro más de 30,000 datos diferentes, entre dos tomas de temperatura, humedad relativa, humedad en tierra y cuatro datos tomados del sensor de luz (toma de datos con filtro azul, con filtro rojo, con filtro verde y sin filtro).

10.5.1 Sensor de humedad y temperatura 0°C a 60°C.

Los datos tomados con el sensor HMZ-433A, fueron humedad relativa y temperatura, los datos tomados por este sensor son considerados un 95% confiable ya que se verifico de manera constante la toma de temperatura con un termómetro digital, su uso es altamente recomendable.

10.5.2 Sensor de temperatura -10°C a 50°C.

El sensor de temperatura fabricado con el LM335, es el ideal para el trabajo de temperaturas bajo cero grados centígrados, esto es a que este sensor nos brinda datos en grados kelvin, aquí solo es necesario realizar la conversión de grados kelvin a centígrados de manera electrónico. El funcionamiento de este también fue satisfactorio.

10.5.3 Sensor de humedad en tierra.

El sensor de humedad con el cual se trabajo es descrito por el fabricante como un sensor de baja tecnología pero confiable para su fin. La humedad en tierra es medida en porcentaje de peso de agua en relación al peso en tierra.

El comportamiento del sensor no correspondió al porcentaje real de humedad en tierra en cada planta, puesto que cuando se presenta una humedad en tierra entre el 20 % y 25 % el aspecto de la tierra presenta un aspecto acuoso y el aspecto de los individuos que presentaban estas medidas era muy firme para considerar estas mediciones válidas.

La ecuación que se tomo para la programación en "Arduino" para encontrar el porcentaje de humedad en tierra no fue la apropiada. Cabe mencionar que se obtuvieron diferentes ecuaciones y se selecciono aquella ecuación que tuviera la R^2 más alta.

El sensor de tierra no es confiable para proporcionar el porcentaje de humedad de tierra existente, mas sin embargo es confiable para verificar si la tierra requiere ser regada o no. Otra desventaja que presento el sensor de humedad, no es para trabajo rudo, puesto que a pocos días de huso se hizo evidente su oxidación en la parte inferior, siendo esta parte la que mayor contacto tenia con la tierra.

10.5.4 Sensor de luz.

El comportamiento del sensor de luz, se puede considerar constante, generando una señal cuadrada de buena calidad.

10.5.5 Relación existente entre la falta de irrigación y el color de las plantas.

De manera lógica la falta de la apropiada iluminación genera en las planta una decoloración de la misma, pasándola de colores amarillentos a colores verdes claros (sin que sean hojas jóvenes). A raíz de la falta de iluminación apropiada en el modulo de trabajo (la cual no se logro por falta de recurso económico) las primeras diferencias que se vieron a simple vista, fue ese cambio de las hojas de verdes brillantes a tonos amarillos y también se lograron ver durante las primeras etapas del experimento hojas parda (un tono café), al tomar muestras de a hojas sanas, amarillas y pardas, se registraron diferencias entre los distintos datos, ya que las hojas sana registraban cierta repetitividad entre las tomas en distintas hojas sanas, y era posible diferencias de las hojas amarillas y pardas, puesto que la toma de datos de estas hojas daba como resultados diferentes, que el de las hojas sanas. Como fue avanzando el experimento ya casi en la etapa final fue posible tomar muestras de hojas dañadas por la falta de agua, el color verde no se encontraba muy alejado al de la hoja sana, entre más seca la hoja mas se alejaba del color verde sano, en su etapa inicial de deshidratación de las hoja no es posible obtener datos diferentes con el sensor de color al sensar la hoja. Los datos ya sea que aumenten en la frecuencia o disminuya en la frecuencia considera como dentro del rango de hoja sana el cual está en 2500 hz a 2600 hz con el filtro azul, 4450 hz a 4490 hz con filtro rojo, de 2890 hz a 2990 hz con filtro verde y sin filtro de 10490 hz a 1590 hz. Se presentaron algunas excepciones, pero con frecuencia las hojas sanas presentaban datos dentro de estos rangos. Las excepciones mayormente presentadas fueron con las hojas que tenían los primeros

signos de deshidratación. La coloración de las hojas cambia al empezar a deshidratarse, esto se nota ya en una etapa medianamente avanzada, puesto que a la falta de agua, las plantas se empiezan a quemar por la luz que a su vez requieren para vivir.

10.6 Trabajo a futuro.

Es necesario diseñar o adquirir otro sensor de humedad en tierra con mayor precisión.

Realizar más pruebas con el sensor de luz si es posible adquirir el sensor que se encuentra en el mercado con mayor integración. Este sensor a pesar de ser muy económico se obtuvieron resultados constantes. Desarrollar una red neuronal para que sea posible identificar las hojas sanas y las no sanas.

El sensor de luz aparenta ser muy prometedor, puesto que se leyó una investigación de mismo (Anexo IV) en el cual manifiestan haber logrado identificar plenamente diferentes colores un mínimo de error.

Mejorar el modulo de trabaja adquiriendo luces para invernadero para evitar el efecto de hojas amarillas por falta de luz y concentrarse únicamente en las afectadas por la poca irrigación recibida.

Bibliografía.

- [1] Weisz, P.B. y Fuller, M. S. Tratado de botánica. Trad. Inglés. México, D.F., CECSA, 1969. 740 pag. Octava edición 1981.
- [2] Enciclopedia Agrícola y de Conocimientos Afines, por el Ing. Agr. Romulo Escobar. Directos de la escuela partículas de agricultura de C. Juárez, Chihuahua, México. Segundo Tomo 947 pág., Tomo I 125 pág. y tercer tomo 1006 pág.**
- [3] Construcción de invernaderos 3era Edición 2005 Z. Serrano Cermeño, 1994, Ediciones Mundi-Presa ISBN 84-8476-251-3, Madrid, España, 503 pág.**
- [4] Nuez Fernando, El cultivo del tomate, Ediciones Mundi-Prensa, 1era Edición 1995, ISBN 84-7114-549-9, Madrid, España, 100 pág.
- [5] **Pat Harris, Frank Killebrew, and Herbert Willcutt**, 1993. *Greenhouse Tomatoes -- Pest Management in Mississippi*. Mississippi State University Extension Service. Publication No. 1861. 11 pages.
- [6] **William Roberts and David Mears**, 1984. *Heating and Ventilating Greenhouses*. Rutgers University Cooperative Extension Service. New Brunswick, NJ 08903. Publication E-046. 19 pages.
- [7] **Richard G. Snyder**, 1992. *Greenhouse Tomato Handbook*. Mississippi State University Extension Service. Publication No. 1828. 25 pages.
- [8] **Banzi, Massimo**. *Getting Started with Arduino*, O'Reilly Media. Make.makezine.com. ISBN:978-0-596-15551-3, Octubre 2008, Printed in U.S.A., 118 pages.

- [9] Kushner, David. October 2011 *The Making of Arduino*. Consultado Diciembre 28, 2013 En <http://spectrum.ieee.org/geek-life/hands-on/the-making-of-arduino/0>
- [10] Margolis, Michael. *Arduino Cookbook*, Editorial. O'Reilly Media; ISBN: 978-0-596-80247-9 March 2011 paginas 662, U.S.A.
- [11] Horton, Ivor. *Beginning C From Novice to Professional Fourth Edition*, Editorial. Apress; ISBN-13:978-59059-735-4; ISBN-10: 1-59059-735-4; Año 2006; paginas 611, U.S.A.
- [12] Monk, Simon. *30 Arduino Projects For Evil Genius*, Editorial Mc Graw Hill; ISBN: 978-0-07-174134-7; en eBook ISBN: 978-0-07-174133-0
- [13] Smith, Peter J. ; Gass: Wilson. *Introducción a las ciencias de la tierra*. Editorial Reverté, S.A. ISBN: 84-292-4613-X; Diciembre 2002; paginas 417.
- [14] National Semiconductor LM135/LM235/LM335, LM135A/LM235A/LM335A Precision Temperature Sensors, datasheet; February 1995.
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/nationalsemiconductor/DS005698.PDF>
- [15] Rapin Pierre J., Jacquard Patrick. *Formulario del Frío*, Marcombo Boixareu Editoriales; Título de la edición original *Formulaire du froid*; traductor José Alarcón Creus. ISBN: 84-267-1210-X; ISBN:2-10-003901-6, París, Francia 1996; paginas 470.
- [16] Margarida, Manuel. *Aislamiento técnico. Aplicaciones en la edificación y la industria económica de energía*. Editoriales técnicos asociados, S.A. Barcelona, España 1983. ISBN:84-7146-243-5; paginas 391.
- [17] Pallás A. Ramón; *Sensores y acondicionadores de señal prácticas 4ª Edición*. Editorial Marcombo, S.A. Barcelona, España 2003. ISBN:84-267-1344-0; paginas 483.

[18] RFE International. Humidity & temperature module HMZ-433A, C7B03 REV2006.09.13
<http://www.alldatasheet.es/datasheet-pdf/pdf/334403/RFE/HMZ-433A.html>

[19] DFROBOT DRIVE THE FUTURE

http://www.dfrobot.com/index.php?route=product/product&path=36_64&product_id=599

[20] Skoog, Douglas A., West, Donald M; *Introducción a la química analítica*. Editorial Reverté, S.A., España 2002. ISBN: 84-291-7511-2; paginas 591.

[21] Flores M., María de Jesús. (2011). "*Implementación de una Red Inalámbrica de Sensores en Aplicaciones Agropecuarias*", Tesis presentada como requisito para obtener el grado de maestro en ciencias en ingeniería eléctrica. Instituto Tecnológico de la Laguna, Torreón Coahuila de Zaragoza, México.

[22] Gary D. Christian, *Química Analítica* Sexta Edición Mc Graw Hill ISBN: 978-970-10-7234-9 pág. 828 Capítulo 16

[23] Manual de datos: TAOS, Texas Advanced Optoelectronic Solutions, TCS3200, TCS3210 Programmable Color Light-To-Frequency Converter TAOS099- July 2009.

[24] Seelye, Mark (2011); *Autonomous Anthropomorphic Robotic Arm to Monitor Plant Growth in Laboratory*; Athesis presented in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Engineering at Massey University Palmerston North, New Zealand.

[25] XBee® Multipoint RF Modules Embedded RF Modules for OEMs © 2006-2011 Digi International Inc. info@digicom.com, www.digicom.com

[26] Meira, Álvaro; *Tutorial para la configuración de Xbee*. (alvaroneay@gmail.com), Versión 1. Curso Universitario de Software Libre.

[27] XBee®/ XBee-PRO® OEM RF Modules. Product Manual v1.xCx – 802.15.4 Protocol for OEM RF Module Part Numbers: XB24-..._001, XBP24-...-001.IEEE® 802.15.4 OEM RF Modules bay Digi International 90000982_A, 2008.09.04

[28] Cardenas, Ruben; Orozco, Osario; Pérez, Cardona y Pineda, Palacio; *“Diseño, Análisis y Simulación de un Prototipo de Péndulo Invertido y su respectivo Sistema de Control para el Laboratorio de Control de la UAN Sede Manizales”* Tesis; Copyright © 2009 GRIN Verlag. <http://www.grin.com/>; Druck und Bindung: Books on Demand GmbH, Norderstedt Germany. ISBN 978-3-640-79126-2.

[29] Carrod electrónico. <http://www.carrodelectronica.com>. Carrod Electrónica Online S. de R.L. de C.V.

[30] Lajara, José Rafael: *“LabVIEW entorno grafico de programación”*; 2 edición 2011; Editorial Marcombo ediciones técnicas; Barcelona, España; ISBN: 978-84-267-1868-6.

ANEXO I.

PROGRAMA EN ARDUINO

```

*****TRASMISION DE DATOS*****
char data;
*****HUMEDAD RELATIVA*****
const int Hum=A1;//Sensor analogico de humedad relativa
int IU;//Variable a mostrar en pantalla
float VoH;//Voltaje de humedad
float m;//pendiente de la recta de humedad
float Hp;//Humedad porcentual
float fxa=0;//factor de x->0 de 15-20°C
float PROH=0;
float totalH=0;
*****TEMPERATURA DE 0°-60°C*****
const int Tem=A0; //Sensor de temperatura
float T1; // Variable a mostrar de temperatura
float Vo;//Variable para Vout del sensor
float RV;//Variable para el valor de la resistencia
float B; //Variable para guardar el 0.00007241095057*ln(RV)
float C; //Variable para guardar el 0.0000005249877979*(ln(RV))*(ln(RV))*(ln(RV))
float SUM; //Variable para guardar las sumas de A+B+constante
float Div; //Variable para la Div
float Ce;//Variable para guardar grados centígrados.
float PRO=0;
float total=0;
float A;
int i=1;
*****TEMPERATURA DE -10°A 50°C*****
const int temp=A2;

```

```

float temp;
float PROT=0;
float totalT=0;
//*****SENSOR DE COLOR*****
//Salidas de control del sensor TCS3200
int S2=11;
int S3=12;
//int OE=13;
//Variables a usar
unsigned long time=0;
unsigned long a=0;
unsigned long b=0;
unsigned long dif=0;
int cont=1;
int cont2=1;
float totalC=0;
float PROC=0;
float frecuencia=0;
//*****HUMEDAD EN TIERRA*****
const int Humt=A3;//Sensor analogico de humedad
int HUT;//Variable a mostrar en pantalla
float ITT;//Humedad en %
float VHT;//Humedad en %
float PROHIT=0;//Promedio humedad en tierra
float totalHT=0;//Promedio humedad en tierra
void setup ()
{
  Serial.begin (9600);
//*****SENSOR DE COLOR*****
//Declaración de salidas//

```

```

pinMode(S2,OUTPUT);
pinMode(S3,OUTPUT);
//Activacion de la interrupcion
attachInterrupt(0, SENSOR_FREQ, FALLING);
//El 0 indica la interrupcion del pin 2 como in
//SENSOR_FREQ, nombre de la interrupcion
//FALLING interrupcion activada en el cambio de alto-bajo
//en otras palabras con flanco de bajada.
}
//*****SENSOR DE COLOR*****
//PROGRAMA DE INTERRUPTIÓN
void SENSOR_FREQ()
{
time = micros();
if (cont==1)
{a=time;}
if (cont==2)
{b=time;
cont=0;
dif=b-a;
if (cont2<=100)
{totalC=totalC+dif;
cont2=cont2+1;}
else
{PROC=totalC/100;
frecuencia=1000000/PROC;
totalC=0;
cont2=1;}
}
cont=cont+1;

```

```

}

void loop ()
{
  /*******TOMA DE DATOS*****
  temp=analogRead(temp);//Temperatura -10 a 50
  TE=analogRead(TE);//Temperatura 0-60
  HU=analogRead(Hum); //Humedad Relativa
  HUT=analogRead(Humt);//Humedad en tierra
  /*******PROCESAMIENTO DE DATOS*****
  /*******HUMEDAD EN TIERRA*****
  VHT=HUT*(0.0048828);
  HT=VHT*VHT*1.311+ 0.9646*VHT+1.5988;
  /*******TEMPERATURA DE -10° A 50°C*****
  temp=(temp/16.36)-10;
  /*******TEMPERATURA DE 0° A 60°C*****
  Vo=TE*(0.0048828); //Convertir bits a Voltaje
  RV=(Vo*50000)/(5-Vo); //Obtención de Resistencia variable
  B=0.00022310354780039*(log(RV)); //Equation de Steinhart-Hart
  C=0.00000010245388311447*(log(RV)*log(RV)*log(RV)); //Equation de Steinhart-Hart
  SUM=0.000812350100102326+B+C; //Equation de Steinhart-Hart
  Div=1/SUM; //Equation de Steinhart-Hart
  Ce=Div-273.15; //Esta ecuación da la temperatura en °K, conversión de °K a °C
  VoH=HU*(0.0048828); //Humedad en voltaje
  /*******HUMEDAD RELATIVA*****
  if (Ce<=20){
    m=0.0002*(Ce)-0.0237; //Pendiente entre temperatura y pendiente de las ecuaciones de la
    humedad en relación a la humedad
    fxa=-0.0237*(Ce)+0.7144; //factor de x=>0 de 15-20°C
    Hp=(VoH-fxa)/m; //Despejando la ecuación de la línea tomando encuentra la x=>0
  }
}

```

```

    }
else{ if (Ce>20&&Ce<=25){
    m=0.0001*(Ce)+0.0262; //EL 20°C nunca entra
    fxa=-0.0106*(Ce)+0.4516;//factor de x->0 de 15-20°C
    Hp=(VoH-fxa)/m;//Despejando la ecuación de la línea tomando encuentra la x=>0
    }
else{if (Ce>20&&Ce<=29){
    m=0.0002*(Ce)+0.023; //Pendiente entre temperatura y pendiente de las ecuaciones
de la humedad en relación a la humedad
    fxa=-0.0224*(Ce)+0.7477;//factor de x->0 de 15-20°C
    Hp=(VoH-fxa)/m;//Despejando la ecuación de la línea tomando encuentra la x=>0
    }
else{if (Ce>29&&Ce<=29.99){Hp=(VoH-0.066)/0.0302;}//Solo existe una ecuación
para 29° grados
else{if (Ce>29.99&&Ce<=30.99){Hp=(VoH-0.0732)/0.0299;}//Solo existe una
ecuación para 30° grados
else{if (Ce>30.99&&Ce<=31.99){Hp=(VoH-0.05)/0.0301;}//Solo existe una
ecuación para 31° grados
else
                                                                    {if
(Ce>31.99&&Ce<=32.99&&HU<=390){Hp=(VoH+0.2387)/0.0364;}//Ecuacion para 32°
grados, con una humedad menor o igual a 58%
else{if(Ce>31.99&&Ce<=32.99&&HU>390){Hp=(VoH-
0.4551)/0.0247;}//Ecuacion para 32° grados, con una humedad mayor 58%

else{if(Ce>32.99&&Ce<=33.99&&HU<=390){Hp=(VoH-0.2776)/0.037;}//Ecuacion para
33° grados, con una humedad menor o igual a 58%
else{if(Ce>32.99&&Ce<=33.99&&HU>390){Hp=(VoH-
0.4312)/0.025;}//Ecuacion para 33° grados, con una humedad mayor 58%

```

```

else{if(Ce>33.99&&Ce<=34.99&&HU<=390){Hp=(VoH-0.3106)/0.0373;}//Ecuacion
para 34º grados, con una humedad menor o igual a 58%
    else{if(Ce>33.99&&Ce<=34.99&&HU>390){Hp=(VoH-
0.4074)/0.0253;}//Ecuación para 34º grados, con una humedad mayor 58%

else{if(Ce>34.99&&Ce<=35.99&&HU<=390){Hp=(VoH+0.3497)/0.038;}//Ecuacion para
35º grados, con una humedad menor o igual a 58%
    else{if(Ce>34.99&&Ce<=35.99&&HU>390){Hp=(VoH-
0.365)/0.0257;}//Ecuacion para 35º grados, con una humedad mayor 58%
else{if(Ce>35.99&&Ce<=36.99&&HU<=390){Hp=(VoH+0.3662)/0.0386;}//Ecuacion
para 36º grados, con una humedad menor o igual a 58%
    else{if(Ce>35.99&&Ce<=36.99&&HU>390){Hp=(VoH-
0.3832)/0.0255;}//Ecuacion para 36º grados, con una humedad mayor 58%
else{if(Ce>36.99&&Ce<=37.99&&HU<=390){Hp=(VoH+0.4075)/0.0395;}//Ecuacion
para 37º grados, con una humedad menor o igual a 58%
    else{if(Ce>36.99&&Ce<=37.99&&HU>390){Hp=(VoH-
0.4014)/0.0253;}//Ecuacion para 37º grados, con una humedad mayor 58%
else{if(Ce>37.99&&Ce<=38.99&&HU<=390){Hp=(VoH+0.4335)/0.0401;}//Ecuacion
para 38º grados, con una humedad menor o igual a 58%
    else{if(Ce>37.99&&Ce<=38.99&&HU>390){Hp=(VoH-
0.4196)/0.025;}//Ecuacion para 38º grados, con una humedad mayor
58%else{if(Ce>38.99&&Ce<=39.99&&HU<=390){Hp=(VoH-0.4595)/0.0407;}//Ecuacio
n para 39º grados, con una humedad menor o igual a 58%
    else{if(Ce>38.99&&Ce<=39.99&&HU>390){Hp=(VoH-
0.4378)/0.0248;}//Ecuacion para 39º grados, con una humedad mayor 58%

else{if(Ce>39.99&&HU<=390){Hp=(VoH+0.4855)/0.0413;}//Ecuación para 40º grados,
con una humedad menor o igual a 58%

```

```

else {if (Cc>39.99&&HU>390){Hp=(VoH-0.456)/0.0245;} //Ecuación
para 40° grados, con una humedad mayor 58%
}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}} //Anidado de humedad

//////OBTENCION DE LAS VARIABLES
if (i==100)//Se obtiene un promedio de la temperatura para eliminar el error
{ PRO=totaI/100;//Promedio de temperatura 0-60
PROH=totaII/100;//Promedio II humedad R
PROT=totaIT/100; //Promedio de temperatura -10°C-50°C
PROIIT=totaIHT/100;//Promedio humedad en tierra
//Muestreo de datos
if (Serial.available())
{ data = Serial.read();
if(data == '1')
{ delay(500);
Serial.print("11111111");
if (PROI >= (-10) && PROT < 0) {Serial.print("00");}
else {if (PROT >= 0 && PROI < 10) {Serial.print("0000");}
else {if (PROI >= 10 && PROT < 100) {Serial.print("000");}
else {if (PROT >= -100 && PROT < 1000) {Serial.print("00");}
else {if (PROI >= 1000) {Serial.print("0");}
}}}}
Serial.print(PROT);
delay(200);
if (PRO >= 1 && PRO < 10) {Serial.print("0000");}
else {if (PRO >= 10 && PRO < 100) {Serial.print("000");}
else {if (PRO >= -100 && PRO < 1000) {Serial.print("00");}
else {if (PRO >= -1000) {Serial.print("0");}
}}
Serial.println(PRO);

```

```

delay(200);
if (PROH>=1&&PROH<10){Serial.print("0000");}
  else{if (PROH>=10&&PROH<100){Serial.print("000");}
    else{if (PROH>=100&&PROH<1000){Serial.print("00");}
      else{if (PROH>=1000){Serial.print("0");}
        }}}
Serial.print(PROH);
delay(200);
if (PROHT>=1&&PROHT<10){Serial.print("0000");}
  else{if (PROHT>=10&&PROHT<100){Serial.print("000");}
    else{if (PROHT>=100&&PROHT<1000){Serial.print("00");}
      else{if (PROHT>=1000){Serial.print("0");}
        }}}
Serial.print(PROHT);
//*****SENSOR DE LUZ*****
//if (Serial.available()){
//FILTRO AZUL
digitalWrite(S2,LOW);
digitalWrite(S3,HIGH);
delay(1000);
//frecuencia=100;
if (frecuencia>=0&&frecuencia<10){Serial.print("0000");}
else{if (frecuencia>=10&&frecuencia<100){Serial.print("000");}
  else{if (frecuencia>=100&&frecuencia<1000){Serial.print("00");}
    else{if (frecuencia>=1000){Serial.print("0");}
      }}}
Serial.print(frecuencia);
//FILTO ROJO
digitalWrite(S2,LOW);
digitalWrite(S3,LOW);

```

```

delay(1000);
//frecuencia=100;
if (frecuencia>=0&&frecuencia<10){Serial.print("0000");}
else{if (frecuencia>=10&&frecuencia<100){Serial.print("000");}
    else{if(frecuencia>=100&&frecuencia<1000){Serial.print("00");}
        else{if(frecuencia>=1000){Serial.print("0");}
            }}}
Serial.print(frecuencia);
//FILTRO VERDE
digitalWrite(S2,HIGH);
digitalWrite(S3,HIGH);
delay(1000);
//frecuencia=100;
if (frecuencia>=0&&frecuencia<10){Serial.print("0000");}
else{if (frecuencia>=10&&frecuencia<100){Serial.print("000");}
    else{if(frecuencia>=100&&frecuencia<1000){Serial.print("00");}
        else{if(frecuencia>=1000){Serial.print("0");}
            }}}
Serial.print(frecuencia);
//SIN FILTRO
digitalWrite(S2,HIGH);
digitalWrite(S3,LOW);
delay(1000);
//frecuencia=100;
if (frecuencia>=0&&frecuencia<10){Serial.print("0000");}
else{if (frecuencia>=10&&frecuencia<100){Serial.print("000");}
    else{if(frecuencia>=100&&frecuencia<1000){Serial.print("00");}
        else{if(frecuencia>=1000){Serial.print("0");}
            }}}
Serial.print(frecuencia);

```

```

    delay(1000);
    Serial.print("1" );
  }
  i=1; // Se reinician condiciones iniciales
  PRO=0;//0°C-60°C
  total=0;//0°C-60°C
  PROH=0;//HR
  totalH=0;//HR
  PROT=0;//-10°C-50°C
  totalT=0;//-10°C-50°C
  PROIT=0;//Humedad en tierra
  totalHT=0;//Huemdad en tierra
}
else
{ i++;
  total=Ce+total;//0°-60°C
  totalH=Hp-totalH;//HR
  totalT=tempp-totalT;//-10°C-50°C
  totalIT=IT+totalHT;//HT
}
}
}

```

ANEXO II.

MANUAL TIMER PB373EB.

CARACTERISITICAS

Temporizador Marca Intermatic.

Modelo PB373EB.

Un polo, un tiro, resistencia de 20Ω , 10 de tuxteno, 16FLA (1Hp), 720VA servicio piloto, alimentación 120VAC 50-60 Hz.

Pila de litio tipo CR2032

Certificación e RU us E1666259

8 temporizadores programables

Una entrada una salida. Figura 1.



Figura 1. Características técnicas del temporizado.

DESCRIPCION DEL LCD.

En la pantalla del LCD se observa (figura 2):

1. Indicador AM, PM.

2. Indicador de día de la semana Mo, Tu, We, Th, Fr, Sa y Su.
3. El formato de HH:MM:ss (Hora, Minutos, Segundos).

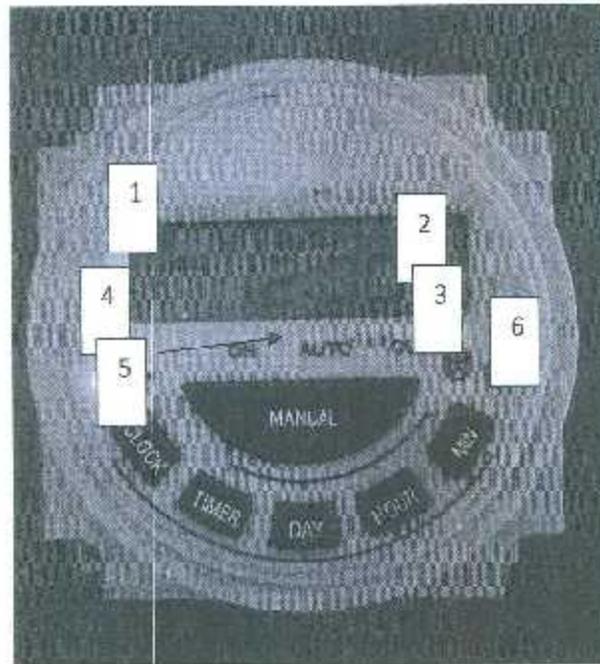


Figura 2. Temporizador cara frontal

4. Visualización del temporizador activado.
5. Guión de señalización de modo de trabajo.
6. Reset.

FUNCIONAMIENTO.

1.-Colocacion del día, hora y minuto. Antes de iniciar con la programación automática es necesario colocar el día, hora y minutos del temporizador esto se realiza de la siguiente manera.

- 1.1 Se da click al botón "Clock", y al mismo tiempo se presiona "Day" se coloca en el día deseado.(Cada pulso es un cambio de día)
- 1.2 Se da click al botón "Clock", y al mismo tiempo se presiona "Hour" se coloca en la hora deseado. El formato de la está dado en 12 horas con indicación en el LCD, si es "AM" o "PM". (Cada pulso es un cambio de hora).

1.3 Se da click al botón "Clock", y al mismo tiempo se presiona "Min" se coloca en el minuto deseado. (Cada pulso es un cambio de minuto)

2.-Modo automático.

2.1 El modo automático. Con el botón "Manual" se selecciona el modo automático, la selección del modo automático es visualizada con el guion que se observa en el LCD.

2.2 Se presiona el botón de "Timer" primero, para seleccionar el temporizador a usar así como la selección del día, hora y minuto en el cual se activara figura 3. La selección de los parámetros anteriores se realiza con los botones "Day", "Hour" y "Min", correspondientemente.

2.3 Al presionar el "Timer" por segunda vez, se activa la programación del apagado del temporizador seleccionado, de igual manera se selecciona día, hora y minuto en el cual este se apagara, figura 4. La selección de los parámetros anteriores se realiza con los botones "Day", "Hour" y "Min", correspondientemente.

2.4 Para seleccionar otro temporizador se presiona nuevamente el botón "Timer", repitiendo los pasos 2.2 y 2.3. Figura 3.



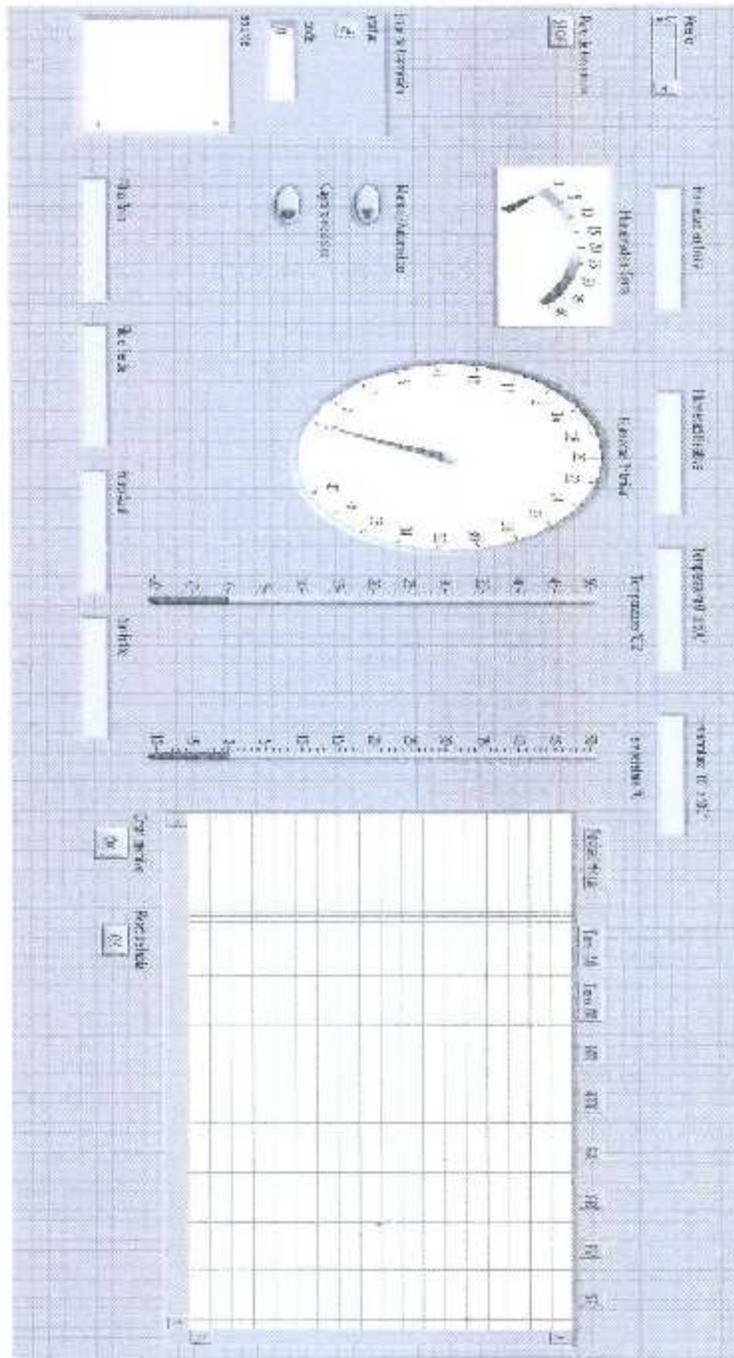
Figura 3. Programación del 1er "Timer" del temporizador, encender a las 6:05 a.m. el día lunes.

3.- Modo manual. Presionando el botón "Manual", es posible seleccionar solo el "On", "Off" del relevador. Esto se visualiza con el guion que se ve en el LCD del temporizador.

ANEXO III.

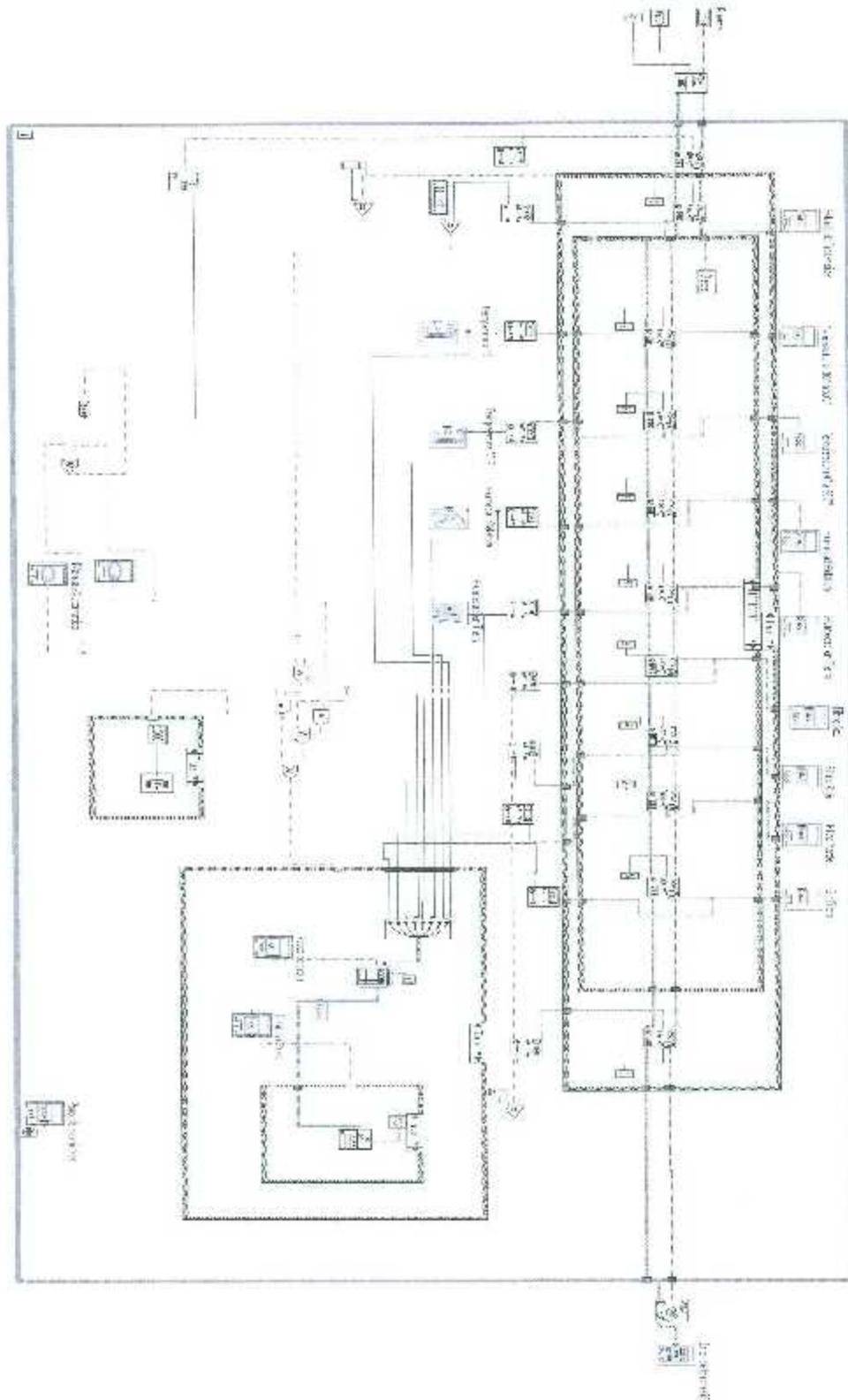
PROGRAMA EN LABVIEW.

Frontal Panel.

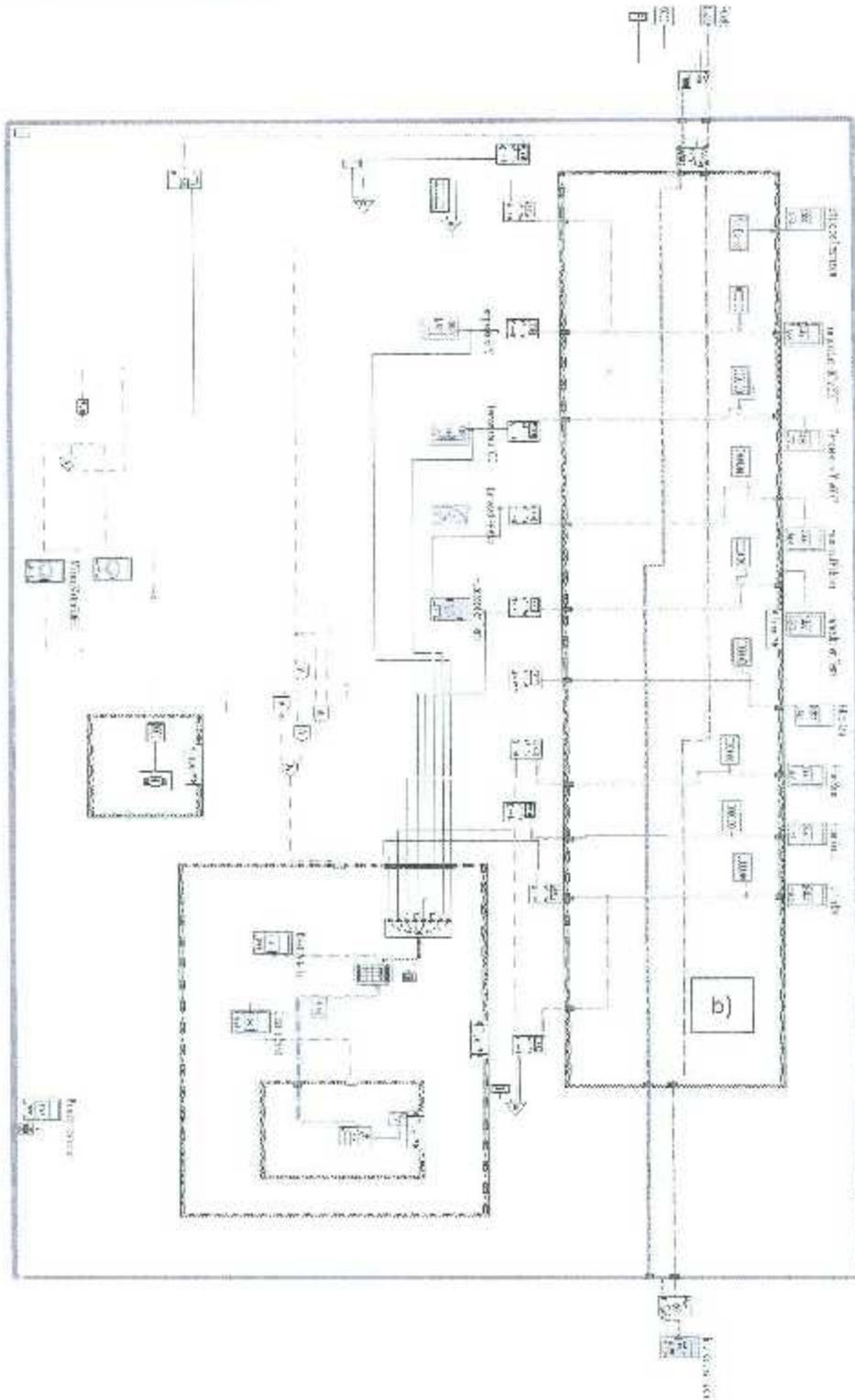


Block Diagram.

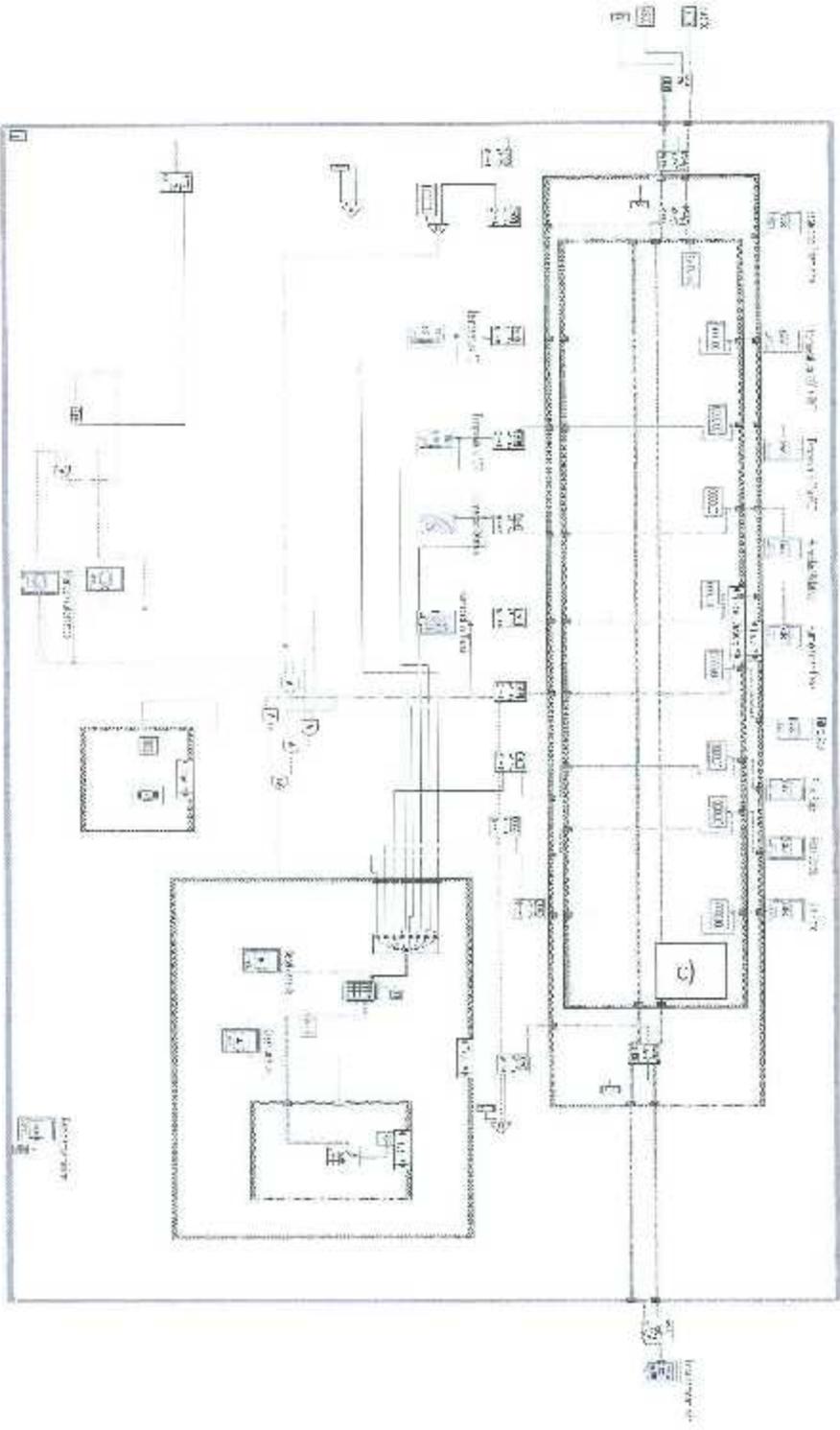
a) Todas las condiciones verdaderas.



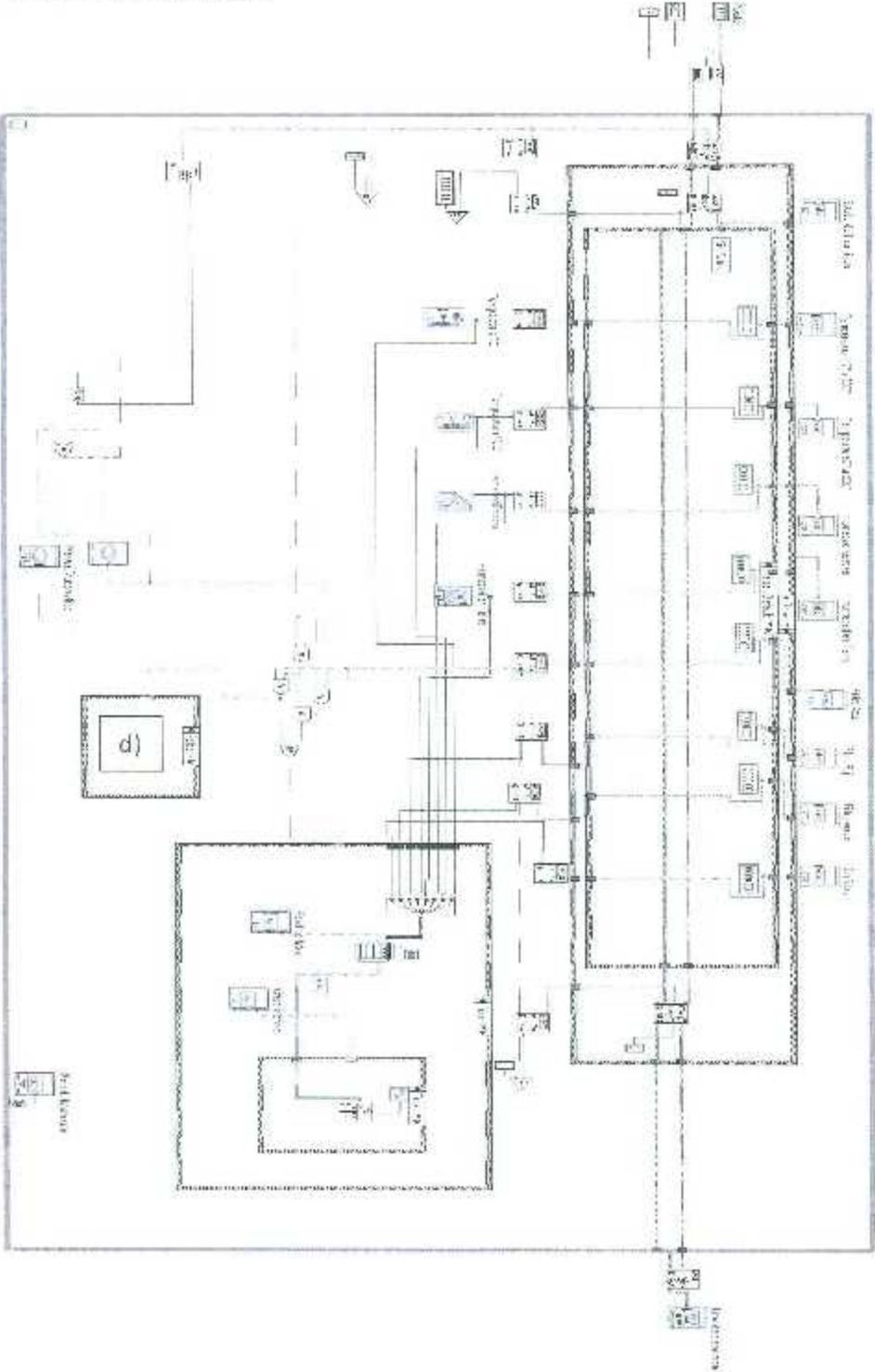
b) Primera condición en falso.



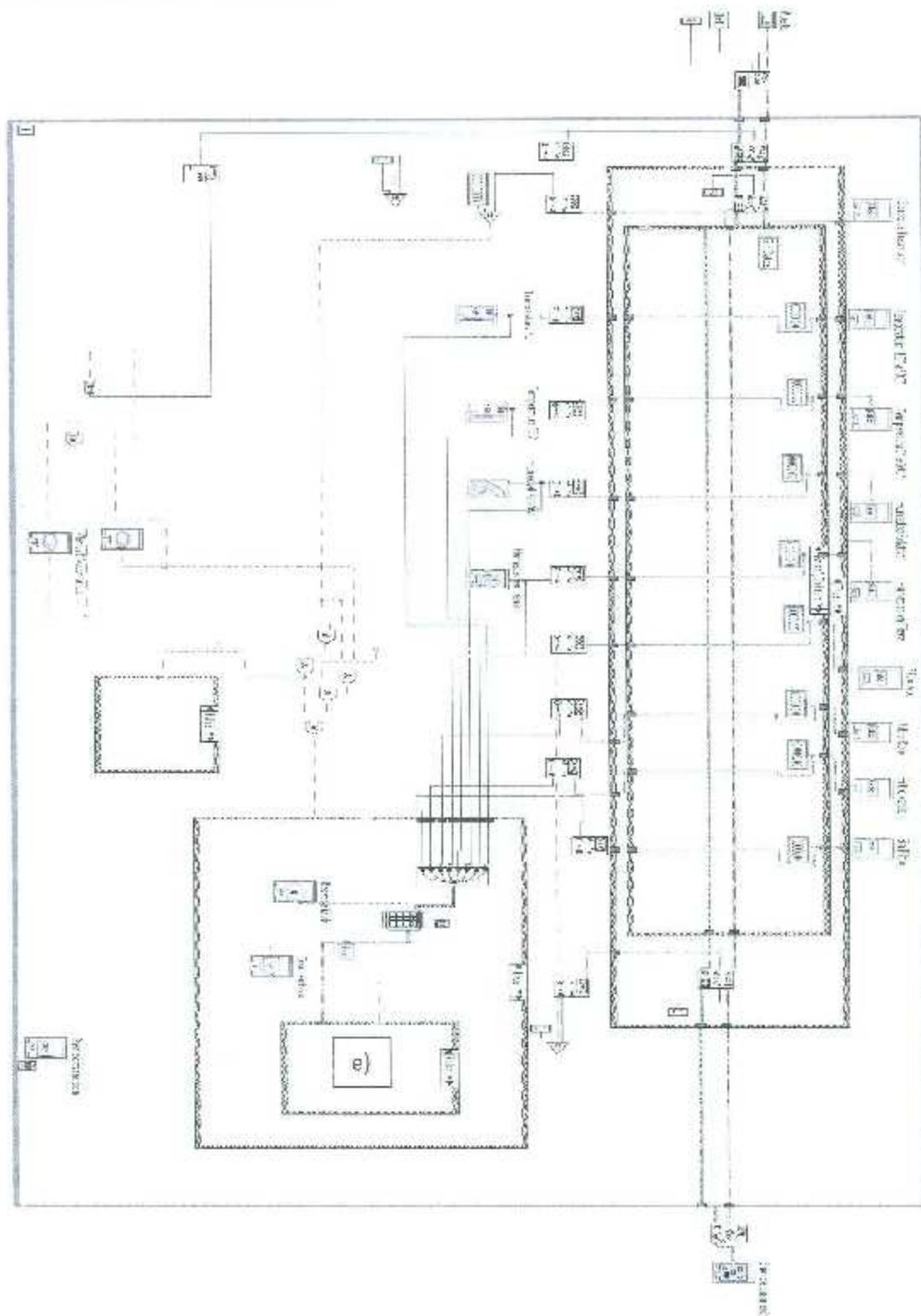
c) Segunda condición en falso.



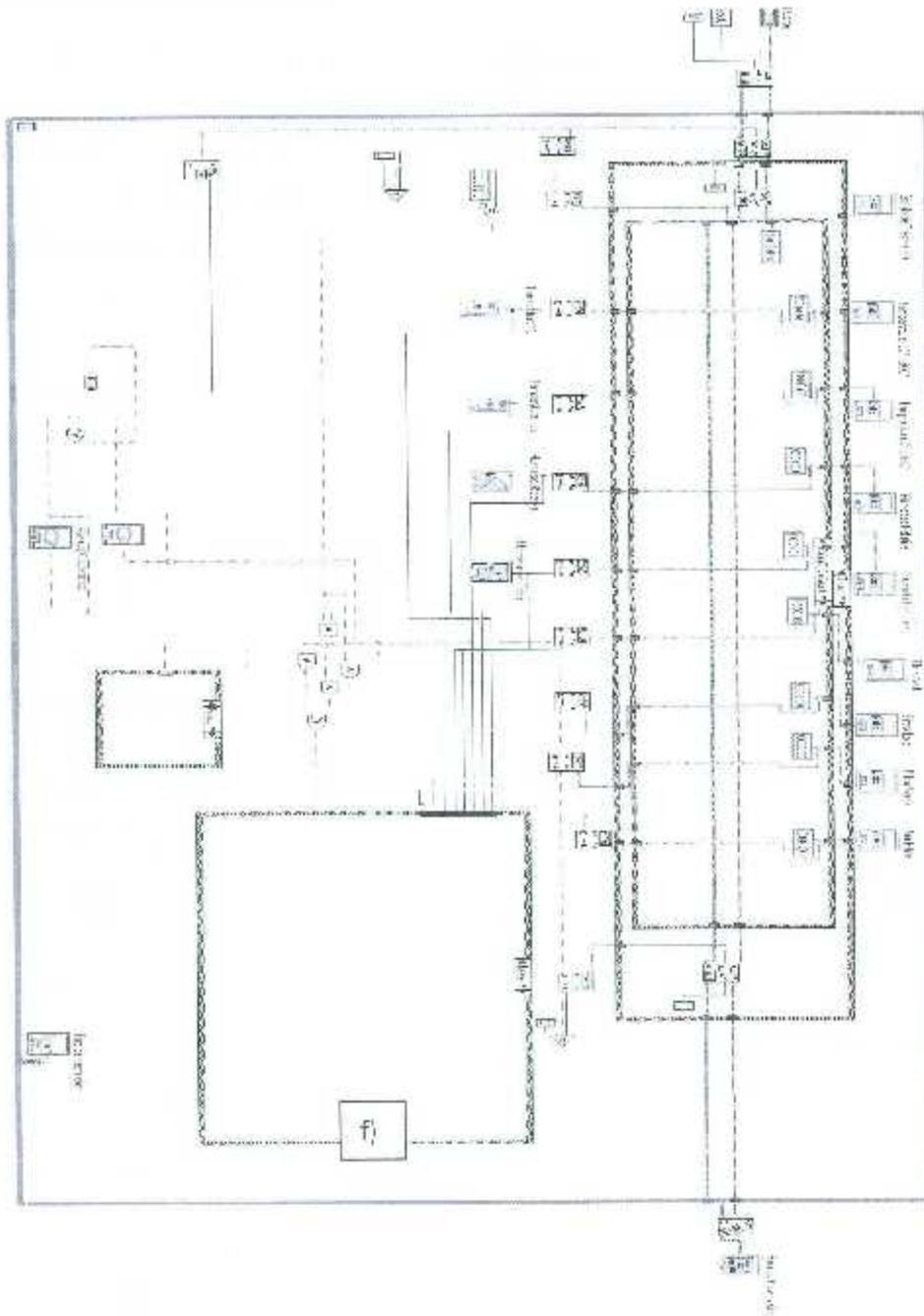
d) Tercera condición en falso.



e) Cuarta condición en falso.



f) Quinta condición en falso.



ANEXO IV.

CARACTERÍSTICAS DEL LM335.

LM135/LM235/LM335, LM135A/LM235A/LM335A Precision Temperature Sensors

General Description

The LM135 series are precision, easily-calibrated, integrated circuit temperature sensors. Operating as a 2-terminal zener, the LM135 has a breakdown voltage directly proportional to absolute temperature at $+10 \text{ mV}/^\circ\text{K}$. With less than 1Ω dynamic impedance the device operates over a current range of $400 \mu\text{A}$ to 5 mA with virtually no change in performance. When calibrated at 25°C the LM135 has typically less than 1°C error over a 100°C temperature range. Unlike other sensors the LM135 has a linear output.

Applications for the LM135 include almost any type of temperature sensing over a -55°C to 150°C temperature range. The low impedance and linear output make interfacing to readout or control circuitry especially easy.

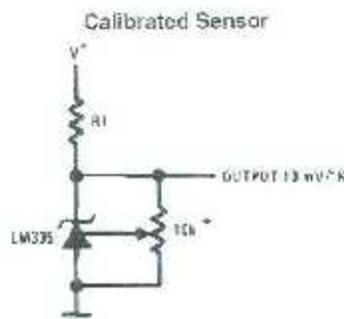
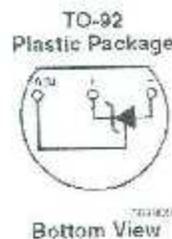
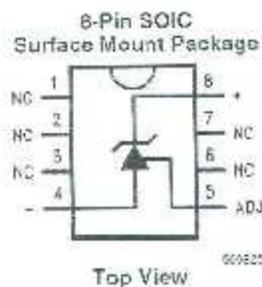
The LM135 operates over a -55°C to 150°C temperature range while the LM235 operates over a -40°C to 125°C tem-

perature range. The LM335 operates from -40°C to 100°C . The LM135/LM235/LM335 are available packaged in hermetic TO-46 transistor packages while the LM335 is also available in plastic TO-92 packages.

Features

- Directly calibrated in $^\circ\text{Kelvin}$
- 1°C initial accuracy available
- Operates from $400 \mu\text{A}$ to 5 mA
- Less than 1Ω dynamic impedance
- Easily calibrated
- Wide operating temperature range
- 200°C overrange
- Low cost

Connection Diagrams



ANEXO V.

CARACTERISTICAS DEL HMZ-433A

INTRODUCTION

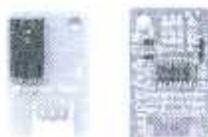
The HMZ-433A is a humidity and temperature sensing module that can be installed in a wide range of applications. This module requires no additional engineering and has specified inputs and outputs.

APPLICATIONS

- Air conditioner, Humidifier, Dehumidifier
- Humidity Controller, Humidity transmitter
- Hygrometer, Hydro recorder
- Copy machines, Data Equipment,
- Appliance
- Weather forecast Equipment

FEATURES

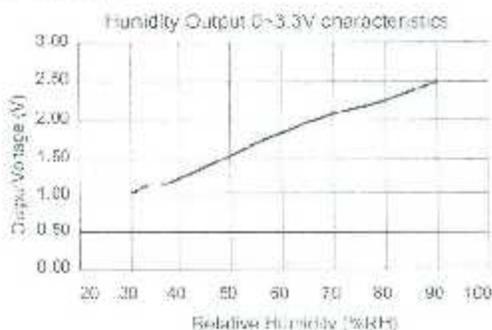
- Wide humidity operation range
- Linear 3C output
- Long term stability
- Small and economical
- Temperature sensing included
- RoHS compliant



ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Sensing Element(Humidity)	HMZ-433A, GELTRON HCD-100A																		
Supply Voltage (VDC)	3.3V±5%																		
Current Consumption	500µA max (2mA average)																		
Operating Range	0 to 120°C 0% RH to 100%																		
Storage Range	-20 to 50°C 0% RH to 100%																		
Humidity Operating Range	0 to 100% RH																		
Accuracy @ 25°C(±0.5%)	±0.5% RH (at 30%RH), 100%RH																		
Humidity Output (At 25°C, V=3.3Vdc) *See Figure A	<table border="1"> <tr> <td>% RH</td> <td>30</td> <td>40</td> <td>50</td> <td>60</td> <td>70</td> <td>80</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>V_{OUT}</td> <td>1.00</td> <td>1.32</td> <td>1.65</td> <td>1.98</td> <td>2.31</td> <td>2.64</td> <td>2.97</td> </tr> </table>	% RH	30	40	50	60	70	80	90	V _{OUT}	1.00	1.32	1.65	1.98	2.31	2.64	2.97		
% RH	30	40	50	60	70	80	90												
V _{OUT}	1.00	1.32	1.65	1.98	2.31	2.64	2.97												
Temperature Response (50%RH(±1% Humidity)) *See Figure B	<table border="1"> <tr> <td>Temp(°C)</td> <td>0</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>25</td> <td>30</td> <td>40</td> <td>50</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Resistance (kΩ)</td> <td>10.0</td> <td>10.1</td> <td>10.2</td> <td>10.3</td> <td>10.4</td> <td>10.5</td> <td>10.6</td> <td>10.7</td> </tr> </table>	Temp(°C)	0	10	20	25	30	40	50	60	Resistance (kΩ)	10.0	10.1	10.2	10.3	10.4	10.5	10.6	10.7
Temp(°C)	0	10	20	25	30	40	50	60											
Resistance (kΩ)	10.0	10.1	10.2	10.3	10.4	10.5	10.6	10.7											

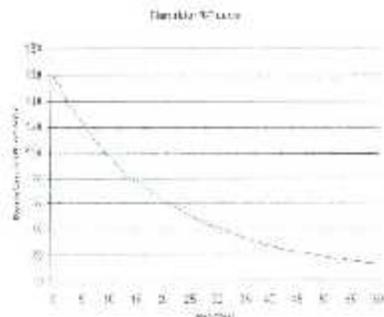
FIGURE A



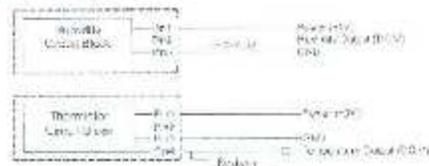
	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
90% RH	2.37	2.61	2.85	3.09	3.33	3.57
42% RH	1.39	1.52	1.70	1.88	2.06	2.24
80% RH	1.69	1.85	1.99	2.15	2.31	2.47
62% RH	2.01	2.20	2.38	2.57	2.76	2.95
25% RH	0.26	0.31	0.37	0.43	0.49	0.55
10% RH	2.47	2.35	2.42	2.31	2.22	2.12
90% RH	2.82	2.77	2.72	2.71	2.70	2.67

HMZ Module Humidity Output 0-3.3V vs. Temperature Characteristics

FIGURE B



HOW TO USE IN CIRCUIT



ANEXO VI.

CARACTERÍSTICAS DEL “MOISTURE SENSOR” SEN0114.

Moisture Sensor (SKU:SEN0114):



Este sensor de humedad se puede leer la cantidad de humedad presente en el suelo que lo rodea. Es un sensor de baja tecnología, pero es ideal para el seguimiento de un jardín urbano, o el nivel de agua de la planta de PET. Esta es una herramienta indispensable para un jardín de contacto.

Este sensor utiliza las dos sondas para pasar corriente a través del suelo, y luego se lee que la resistencia para obtener el nivel de humedad. Más agua hace que la tierra conduce la electricidad con mayor facilidad (menos resistencia), mientras que el suelo seco conduce la electricidad mal (mayor resistencia).

Será útil para recordarle que debe regar las plantas de interior o para monitorear la humedad del suelo en su jardín.

Especificaciones	
Alimentación	3.3V a 5 V
Voltaje de salida	0 a 4.2 V
Corriente	33mA
Salida analógica (cable azul)	
Tierra cable negro	
Alimentación cable negro	
Dimensión 50x20x5mm	
Rango de valores según una AD de 10 bits	
0-300: suelo seco	
300-700: tierra húmeda	
700-950: agua	

Tabla VI.1 Características técnicas SEN0114

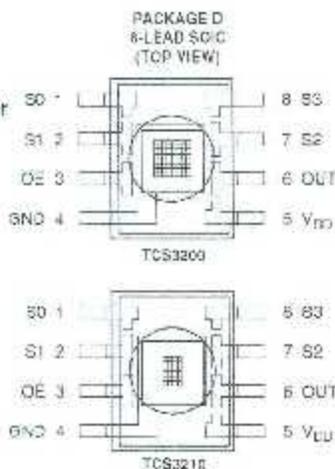
[http://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Moisture_Sensor_\(SKU:SEN0114\)](http://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Moisture_Sensor_(SKU:SEN0114))

ANEXO VII.

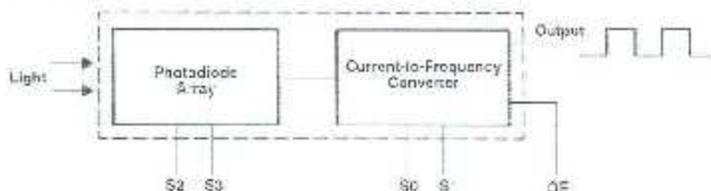
CARACTERISTICAS DEL TCS3200.

- High-Resolution Conversion of Light Intensity to Frequency
- Programmable Color and Full-Scale Output Frequency
- Communicates Directly With a Microcontroller
- Single-Supply Operation (2.7 V to 5.5 V)
- Power Down Feature
- Nonlinearity Error Typically 0.2% at 50 kHz
- Stable 200 ppm/°C Temperature Coefficient
- Low-Profile Lead (Pb) Free and RoHS Compliant Surface-Mount Package

TCS3200, TCS3210 PROGRAMMABLE COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER



Functional Block Diagram



Terminal Functions

TERMINAL NAME	NO.	I/O	DESCRIPTION
GND	4		Power supply ground. All voltages are referenced to GND.
OE	6	I	Enable for f_o (active low).
OUT	6	O	Output frequency (f_o).
S0, S1	1, 2	I	Output frequency scaling selection inputs.
S2, S3	7, 8	I	Photodiode type selection inputs.
VDD	5		Supply voltage.

Table 1. Selectable Options

S0	S1	OUTPUT FREQUENCY SCALING (f_o)
L	L	Power down
L	H	2%
H	L	20%
H	H	100%

S2	S3	PHOTODIODE TYPE
L	L	Red
L	H	Blue
H	L	Clear (no filter)
H	H	Green

Recommended Operating Conditions

	MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{DD}	2.7	5	5.5	V
High-level input voltage, V_{IH}	$V_{DD} = 2.7\text{ V to }5.5\text{ V}$?	V_{DD}
Low-level input voltage, V_L	$V_{DD} = 2.7\text{ V to }5.5\text{ V}$		0	V
Operating free-air temperature range, T_A	-40		76	°C