

**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**



FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

PROYECTO DE TESIS:

**PROTOTIPO DE CONTROL DE RIEGO AUTOMÁTICO
MEDIANTE PC**

PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO EN ELECTRONICA

PRESENTA:

MIGUEL MÉNDEZ POZOS

ASESOR:

ING. IGNACIO FRANCO TORRES

MORELIA MICHOACAN, OCTUBRE DE 2012

Agradecimientos

A mi familia que siempre ha estado para apoyarme para aconsejarme y en general para acompañarme en estos años.

A mis padres que sin su guía no habría sido posible llegar tan lejos.

A mis amigos que siempre hicieron muy amena la carrera y nos apoyamos para concluirla.

Y a mis profesores que más que enseñarme una materia muchos me enseñaron cosas importantes para la vida y se convirtieron en buenos amigos.

Dedicatoria

A mis abuelitos que ya no están conmigo.

A todos los maestros que me impartieron las materias de la carrera que a pesar de que les intente complicar la enseñanza no se rindieron y pensaron que tenía más que ofrecer.

Y en general a todas las personas que han formado parte de mi enseñanza y que ahora soy lo que soy mucho en parte a ellos, amigos de la facultad, de la prepa y de la vida, a mi familia y a los que se hicieron merecedores de considerarlos mi familia, a mis profesores de toda la vida no solo de la carrera.

Índice.

Agradecimientos.....	I
Dedicatoria	II
Índice.....	III
Índice de Figuras.....	VII
Glosario de Términos	X
Capítulo 1.	1
1.1 Objetivo.....	1
Justificación.	1
1.2 Introducción.	1
1.3 Descripción de los capítulos.	2
Capítulo 2. Antecedentes	4
2.1 Definición.....	4
2.2 Historia de riego.....	5
2.3 Métodos de riego fundamentales.....	7
2.4 Riego en México.	15
2.5 Desperdicio de agua	17
2.6 Eficiencia de riego.	19
	III

2.7 Sistemas actuales.....	22
Capitulo 3 Diseño	25
3.1 Sistema Desarrollado.....	25
3.2 Software.....	25
3.2.1 Entorno de desarrollo LabView.	25
3.2.2 Historia	28
3.2.3 Entorno.....	28
3.2.4 Panel de control	29
3.2.5 Creación de programas.....	29
3.2.6 Flujo de ejecución	30
3.2.7 VI y SubVI	30
3.3 ADQUISICION DE DATOS.....	31
3.3.1. Selección de valores de entrada.	35
3.3.2 Selección de puerto.....	35
3.3.3. Lectura	36
3.4. Escritura de datos	37
3.5. Control de tiempos.....	38
3.6 Modo manual	38
3.6.1 Riego por tiempo	42

3.7. Programa Automático.	43
3.7.1 Principal	44
3.8. Publicación Web	47
3.9. Control de la electroválvula.....	51
3.9.1 Diseño	53
3.9.2 Válvulas.....	53
3.9.3. Observaciones	58
3.9.4. Circuito de disparo TRIAC.....	58
3.9.5. DISEÑO	61
3.10. Sensor de humedad de suelo	62
3.10.1. Diseño del sensor.....	67
Capitulo 4 Pruebas y resultados.....	69
4.1. Prueba en modo manual.....	70
Datos del sensor.....	71
4.2. Prueba del modo automático.	73
CAPITULO 5 Conclusiones generales y trabajos futuros.....	74
5.1 conclusiones generales.	74
5.2. Ventajas y desventajas.	74
5.3. Trabajos a futuro.....	75
	V

Bibliografía	76
Anexos	77
Hoja de Datos Moc3011	77
Hoja de Datos Triac 2N6071.....	81

Índice de Figuras.

Figura 2. 1 Riego superficial o gravedad.....	9
Figura 2. 2 Riego por goteo.....	12
Figura 2. 3 Efecto del viento en riego por aspersión.	13
Figura 2. 4 Distintos tipos de aspersores.	14
Figura 2. 5 Sistema de Microaspersión.	15
Figura 2. 9 Temporizador económico.....	24
Figura 3. 1 Diagrama de bloques del sistema diseñado.....	25
Figura 3. 2 SubVI implementados.	31
Figura 3. 3 Tarjeta de adquisición de datos.	34
Figura 3. 5 Selección de valores de configuración para la DAQ.	35
Figura 3. 6 Selección de puerto de entrada.	36
Figura 3. 7 Conversión de la señal obtenida a valor numérico.....	36
Figura 3. 8 Diagrama de DACoutDO.vi	37
Figura 3. 9 Diagrama de escritura para activar salida digital.....	38
Figura 3. 10 Rutina para control de tiempo.	38
Figura 3. 11 Programación de selección de hora.vi	39
Figura 3. 12 Encendido y apagado del puerto DO0.	41
Figura 3. 13 Entrada de datos para riego manual.	41

Figura 3. 14 Riego por tiempo	42
Figura 3. 15 Programación de automatico00.vi	43
Figura 3. 16 Panel de control principal.	44
Figura 3. 17 Unión de los subVI en el programa principal.	46
Figura 3. 18 Web Publishing Tool	48
Figura 3. 19 Control del sistema mediante la Web	50
Figura 3. 20 URL sistema	50
Figura 3. 21 Optotriac esquema y encapsulado.	52
Figura 3. 23 Moc 3011 disparo por circuito lógico.	53
Figura 3. 24 Funcionamiento de electroválvula.	56
Figura 3. 25 Electroválvula Rainbird	57
Figura 3. 26 Electroválvula marca Orbit.	57
Figura 3. 27 Estructura Triac.	59
Figura 3. 29 Circuito de disparo Electroválvula.	61
Figura 3. 30 Tensiómetro.	62
Figura 3. 31 Bloques de yeso	64
Figura 3. 32 Sensor de Humedad implementado.	68
Figura 4. 1 Instalación del sensor en el sistema	70
Figura 4. 2 Selección de fecha y hora de riego.	71

Figura 4. 3 Acondicionamiento de señal del sensor.	72
---	----

Glosario de Términos

Drenaje natural:

Tempero: Estado del suelo en relación a la posibilidad de darle una labor. Tiene que ver con su estado de humedad y su estructura.

Surcos: Abertura o hendidura alargada que se hace en la tierra, generalmente con el arado.

Melgas: Abertura o hendidura alargada que se hace en la tierra, generalmente con el arado de mayor ancho que un surco.

Terrazas: Técnica agrícola desarrollada en los Andes desde tiempos preincaicos, por medio de la cual se corta el perfil de una pendiente de manera escalonada, para usar el suelo horizontal sin ningún riesgo significativo de erosión del suelo en las montañas.

Punto de marchitamiento permanente: Es el punto de humedad mínima en el cual una planta no puede seguir extrayendo agua del suelo y no puede recuperarse de la pérdida hídrica aunque la humedad ambiental sea saturada.

Capítulo 1.

1.1 Objetivo

Diseño de un sistema de riego automático controlado mediante una PC, realimentado mediante sensores de humedad.

Justificación.

Los sistemas de riego generalmente utilizados tienen un sistema de control manual, provocando desperdicio de agua, y electricidad en el caso de sistemas con un control eléctrico, estos sistemas tienen el problema de no alcanzar el nivel adecuado de humedad.

El uso eficiente del agua de riego se puede dar mediante la automatización de los sistemas de riego y una de las alternativas es el uso de un control automático mediante el uso de una computadora, otros sistemas mediante microprocesadores pueden ser más económicos, pero requieren más circuitería y programación, además de que el uso de una PC ofrece una plataforma más amigable y con más posibilidades de expansión.

1.2 Introducción.

El nivel adecuado de humedad varía para cada cultivo, y si la cantidad de agua utilizada produce una humedad mayor o menor a ese nivel, la planta no puede desarrollarse de forma óptima y el cultivo se pierde o disminuye su producción. El ahorro del agua es una de las prioridades sociales actuales, ya que ha disminuido drásticamente la cantidad disponible para la población. Por tanto, es necesario que al realizar actividades de riego, se evite su desperdicio.

El objetivo principal de esta tesis es diseñar y construir un sistema de control de riego que mantenga el óptimo nivel deseado de humedad, sin consumir más agua de la necesaria. La operación e instalación del sistema debe ser sencillo, y amigable para el usuario.

Dentro de las diferentes opciones de software para realizar el sistema de control del proceso se encuentra LabView. LabView es un sistema de instrumentación virtual que ofrece las herramientas de programación necesarias, siendo capaz de realizar acciones de control de cualquier variable de entrada y salida utilizando la interfaz adecuada.

El software LabView cuenta con módulos de adquisición de datos para Introducir u obtener señales, dichos módulos se pueden conectar por medio de ranuras de expansión u puertos de instrumentación dedicados del PC.

Para un sistema de control es importante tener una interface que permita al usuario una lectura ágil de la información, así como definir los parámetros en los cuales funcionara el sistema, el software LabView permite una plataforma muy amigable para el usuario. Dicho software permite no solo la implementación de este sistema sino unir otros sistemas dando un paso a la domótica.

Otra parte fundamental en un sistema de riego es el poder detener o permitir el flujo del agua según los requisitos del cultivo, por tanto es esencial el uso de una electroválvula y su respectivo sistema de control dentro del sistema.

1.3 Descripción de los capítulos.

Capitulo uno, se describen los objetivos del proyecto, así como generalidades del sistema desarrollado.

Capitulo dos, se muestran los antecedentes históricos de riego, el riego en México, los problemas de desperdicio de agua, los sistemas actuales de riego y las partes que los conforman, así como las mejoras implementadas.

Capitulo tres, se muestra el diseño del sistema los métodos usados y el software que se utiliza para implementar el sistema, así como los circuitos externos que se implementaron.

Capitulo cuatro, se presentan las pruebas del sistema en un ambiente controlado para obtener la caracterización de su funcionamiento.

Capitulo cinco, se describen las conclusiones obtenidas del proyecto, así como las mejoras que se requieren implementar en el futuro.

Capítulo 2. Antecedentes

2.1 Definición.

Riego: Se define como la aplicación artificial de agua al terreno con el fin de suministrar a las especies vegetales la humedad necesaria para su desarrollo.

(Orson W. Israelsen, 1985) *La irrigación puede definirse como la aplicación de agua al terreno con los siguientes objetivos:*

1. *Proporcionar la humedad necesaria para que los cultivos puedan desarrollarse.*
2. *Asegurar la cosecha contra sequías de corta duración.*
3. *Refrigerar el suelo y la atmosfera para de esta forma mejorar las condiciones ambientales para el cultivo.*
4. *Disolver sales contenidas en el suelo.*
5. *Reducir la probabilidad de formación de drenajes naturales.*
6. *Dar tempero a la tierra.*

En primer lugar se advierte que debe regarse el suelo y no las plantas. De esta forma, se repone en el suelo el agua que ha sido consumida por las plantas; no debe utilizarse el concepto erróneo de que cuando se riega se está dando agua a las plantas de forma directa, sino que se está reponiendo el agua en el suelo para que las plantas posteriormente la aprovechen a lo largo del periodo comprendido entre dos riegos consecutivos. Salvo en algunos sistemas de riego muy sofisticados, no es posible regar el suelo en forma permanente sino a través de intervalos discretos de tiempo.

Un buen riego no es aquel que moja uniformemente la superficie del suelo, sino el que moja adecuadamente el perfil del suelo, es dentro del perfil de suelo donde se encuentran las raíces de las plantas, órganos encargados de absorber el agua que necesitan éstas para el desarrollo de sus funciones vitales.

Se señala así mismo que la aplicación de agua debe ser de forma oportuna, de tal manera que las plantas no se vean sometidas a la falta de agua por dejar pasar demasiado tiempo entre periodos de riego, ni se vean sometidas al exceso de agua en el perfil del suelo por regar demasiado frecuente la superficie.

2.2 Historia de riego.

En el transcurso de su historia, las civilizaciones han sufrido la influencia de la evolución del riego. Civilizaciones han florecido y se han extinguido sobre tierras regadas, (Orson W. Israelsen, 1985) *“La mayor parte de los expertos en cuestiones de riego están convencidos de la duración indefinida de una cultura, siempre y cuando el regadío se practique racionalmente.”*

El riego es una de las prácticas más antiguas usadas por el hombre para producir sus alimentos.

Durante la edad de bronce, iniciada alrededor de 3500 A.C. las primeras grandes obras de riego se desarrollaron en Egipto y Mesopotamia.

Cuando el hombre descubrió algunos métodos para producir alimentos se hizo necesario su establecimiento en un lugar, por lo menos durante el desarrollo completo de un cultivo (desde el momento de la siembra hasta la cosecha). Los descubrimientos arqueológicos indican que esto ocurrió alrededor de 5000 años A.C. en los territorios hoy ocupados por Egipto, Irán, China, Turquía, España, Inglaterra, Perú, México y el Sur de los Estados Unidos.

Los seres humanos debieron desde muy temprano preocuparse por asegurar el abastecimiento de agua para las superficies cultivadas.

Al principio eran inundados los terrenos más planos; luego se construyeron terrazas que también se regaron por inundación, con métodos que variaron en eficiencia de acuerdo la habilidad, el ingenio y la necesidad del hombre de economizar agua. Con el fin de aumentar la producción de alimentos el hombre se

vio forzado a variar el curso de pequeñas corrientes de agua, hacer diques de contención para almacenar y regular sus recursos, emparejar la superficie que quería regar, elevar agua desde el suelo hacia la superficie y poner en práctica varias técnicas sencillas que son los rudimentos de las técnicas modernas de riego y drenaje.

Las cartas de Hammurabi, que datan del 2000 A.C. revelan las instrucciones a sus subordinados por parte del administrador estatal:

“A Sid-Indiannam. Hammurabi dice como sigue: Reúne a los hombres que tienen tierras a lo largo del canal de Damanum para limpiar el canal de Damanum. Que este mes la monda del canal de Damanum sea terminada.”

Se atribuye a una antigua reina asiria que se supone vivió en el año 2000 A.C. el haber ordenado su política la desviación de las aguas del río Nilo a fin de regar tierras del desierto de Egipto, los canales que se cree fueron construidos durante el reinado de esta reina todavía llevan agua.

Egipto se precia de poseer la presa más antigua del mundo, construida hace 5000 años, para almacenar agua para riego y reabastecimiento de la población.

En el siglo XIX los proyectos de riego a gran escala incrementaron el área de riego en 6 veces; los progresos de hidráulica hicieron enorme impacto en la planificación, diseño y construcción de varios sistemas de riego. En el siglo XX el progreso fue impresionante, sobre todo después de la segunda guerra mundial.

Ese desarrollo se dirigió a estructuras hidráulicas (embalses de acumulación o regulación, y canales principales de conducción) pero no se prestó suficiente atención a factores como el manejo de agua o a la relación entre el suelo, la planta, el agua y el clima.

Solo a partir de las últimas décadas se ha enfrentado el riego con un enfoque científico racional que permita utilizar el recurso del agua con mayor eficiencia.

Situación del riego en Latinoamérica

En general se requiere en toda América Latina una recolección y reordenamiento de elementos básicos necesarios para desarrollar en forma racional el riego. Problemas como la falta de fondos, el deficiente manejo de la tierra y la baja rentabilidad han limitado el progreso del riego en nuestra región.

El reducido interés por aplicar una tecnología de riego adecuada, tanto por parte de los agricultores como de los profesionales relacionados con la agricultura, se debe a que no existe conciencia entre estos de que el riego tiene una tecnología altamente rentable; no se advierte que es posible obtener significativos aumentos de rendimiento y notorias mejorías en la calidad de los productos cultivados con una tecnología de riego racional.

2.3 Métodos de riego fundamentales.

Los métodos de riego pueden ser considerados como la forma en que el riego es aplicado al suelo para el desarrollo de los cultivos. Estos pueden ser:

- a) Riego superficial o gravedad
- b) Riego por aspersión
- c) Riego por goteo
- d) Riego subterráneo

Riego superficial: El agua se distribuye por la superficie del campo por gravedad, esto es, a través de surcos, melgas, cuadros, terrazas, etc.

Riego por aspersión: El agua se distribuye en forma de lluvia artificial a través de equipo especial de rociado.

Riego por goteo: El agua se suministra en forma de gotas directamente a la zona radicular de cada planta.

Riego subterráneo: El humedecimiento del suelo se realiza por medio de humidificadores colocados debajo de la planta, aproximadamente a 40 - 45 cm. También puede regarse en forma subterránea, a través del control de niveles freáticos, donde se mantiene la humedad del terreno en niveles deseados.

A continuación se presenta una clasificación de los métodos de riego mencionados con algunos tipos en los que estos pueden dividirse:

Riego superficial o gravedad

Estos sistemas conducen el agua por canales abiertos, esto es, sin presión.

El agua se aplica directamente a la superficie del suelo, ya sea por inundación total controlada por bordos o a través de surcos donde la inundación es parcial.

En general se usa el riego por inundación en el caso de cultivos que cubren el terreno de un modo continuo, y el riego por surcos cuando se trata de cultivos sembrados en líneas o de escarda. En los métodos de riego por inundación completa, el agua se aplica a la superficie y se regula por medio de bordos y regaderas. Bajo este método se distinguen diferentes tipos de riego conocidos como:

- a) Riego por inundación de cuadros.
- b) Riego por regaderas que siguen curvas a nivel.
- c) Riego por bordos siguiendo curvas de nivel.
- d) Riego por fajas o melgas a igual nivel.

El diseño de un riego de superficie dependerá de la topografía, la infiltración, el gasto y la erodabilidad, principalmente. La infiltración y la erodabilidad están en función de la textura del terreno.

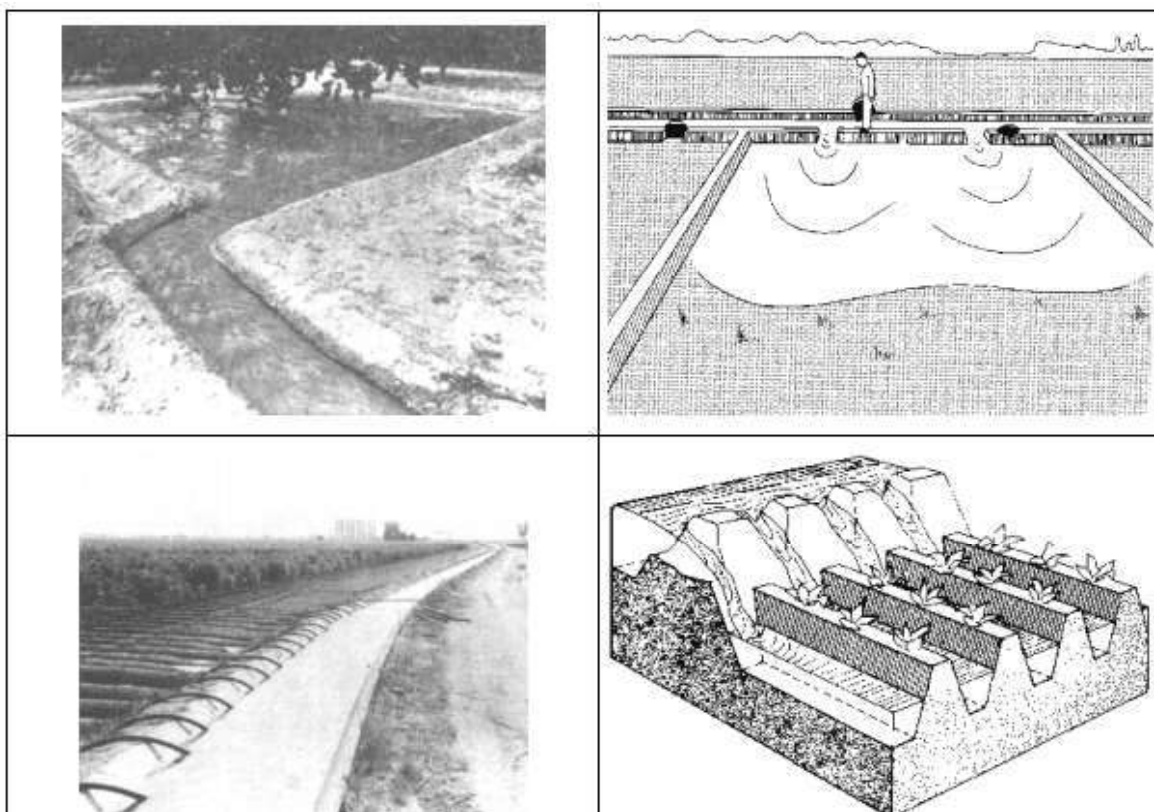


Figura 2. 1 Riego superficial o gravedad.

Presurizados

Riego por goteo.

El riego por goteo es un sistema que proporciona agua filtrada y fertilizantes directamente sobre el suelo al lado de la planta. Este sistema elimina la aspersion y el agua que fluye sobre la superficie del suelo; permite que el agua liberada a baja presión en el punto de emisión moje el perfil del suelo en una forma predeterminada.

El agua de riego es transportada a través de una extensa red de cañerías o tuberías plásticas hasta cada planta; el aparato que emite el agua en el suelo se denomina emisor o gotero. Los emisores disipan la presión que existe en la red de cañerías por medio de un orificio de pequeño diámetro, o por medio de un largo camino de recorrido; de esta forma disminuye la presión del agua y permite

descargar desde el sistema hacia el suelo solamente unos pocos litros por hora por cada gotero. Después de dejar el emisor, el agua es distribuida gracias a su movimiento normal a través de todo el perfil del suelo. De esta manera el volumen del suelo que puede ser mojado por cada punto emisor está limitado por las restricciones del movimiento horizontal y vertical del agua en el perfil del suelo.

Existen muchos métodos para controlar la operación de un sistema de riego por goteo; varían desde una operación completamente manual a una operación completamente automática. Los métodos básicos para proporcionar un sistema de control son el control del tiempo y el control del volumen. Un sistema de control de tiempo, permite que el agua circule por el sistema o no circuleen lapsos de tiempo predeterminados. Un sistema de control por volumen, permite que el agua circule o deje de circular de acuerdo con el volumen de agua que ha sido entregado por el sistema.

Ventajas

El riego por goteo ofrece beneficios potenciales en el uso eficiente del agua, en la respuesta de las plantas, en el manejo del cultivo y en los rendimientos agronómicos de los cultivos.

- 1) Uso eficiente del agua de riego: en el riego por goteo las pérdidas directas por evaporación se llevan a un mínimo, no existe movimiento de gotas de agua a través del aire, no hay mojamiento del follaje de las plantas y no hay evaporación desde la superficie del suelo fuera de aquella zona mojada al lado del gotero o emisor.
- 2) Respuesta de las plantas: la respuesta de las plantas sometidas al riego por goteo parece ser superior que en otros sistemas de riego.
- 3) El ambiente de las raíces: un sistema de riego por goteo bien manejado permite una aireación del suelo efectiva, una provisión de suficientes nutrientes y fertilizantes inyectados en el agua.

- 4) Enfermedades y plagas: al minimizar el humedecimiento de la superficie del suelo y el follaje de la planta, el riego por goteo reduce la posibilidad de ataque de plagas y desarrollo de enfermedades y problemas fungosos (hongos). Además se mejora notablemente la eficiencia de las pulverizaciones para el control de enfermedades.
- 5) Salinidad: cuando deben usarse aguas salinas para el riego, es muy conveniente utilizar un sistema de riego por goteo de alta frecuencia, para mantener continuamente un alto contenido de agua en el suelo: de esta manera la concentración de sales en el agua del suelo puede ser mantenida más baja que aquella que pueda producir daño a las plantas.
- 6) Malezas: en las zonas áridas los huertos frutales regados por goteo se han mantenido prácticamente libres de malezas, ya que éstas no crecen en la superficie del suelo que se mantiene seca entre las hileras. En zonas húmedas y sombreadas, alrededor de los árboles y cerca de los emisores, las malezas crecen en forma retardada.

Desventajas.

El riego por goteo está sujeto a tres problemas potenciales importantes: la taponadura de los emisores, problemas de salinidad alrededor de la planta y una mala distribución de la humedad en el suelo. A continuación se detalla cada una de ellas:

- 1) Sensibilidad en el tapamiento o taponamiento de los goteros: el taponamiento del paso del agua en los emisores es el problema más serio que debe considerarse en el riego por goteo. Las causas más comunes de taponamiento son las partículas de arena y los crecimientos orgánicos. La filtración del agua de riego es la mejor defensa contra estos problemas, pues es bastante difícil y caro detectar un emisor tapado.
- 2) Desarrollo de condiciones de salinidad del suelo: todas las aguas de riego contienen algunas sales disueltas. Como la planta absorbe

solamente el agua, una gran parte de la sal es dejada en el suelo. Estas sales son generalmente empujadas hacia los bordes de la masa de suelo humedecida durante la estación de crecimiento. Por medio de una aplicación mayor de agua que la cantidad consumida por las plantas, la mayor parte de las sales puede ser empujada o lavada fuera de las zonas de raíces. De esta manera la sal se acumula alrededor de los bordes de la superficie mojada. Una lluvia ligera puede mover estas sales acumuladas dentro de la zona de intensa actividad de las raíces y dañar en forma severa a las plantas.

- 3) Distribución de la humedad: el sistema de riego por goteo normalmente humedece solo una parte del volumen del suelo necesario para el crecimiento de las raíces, por lo tanto el desarrollo del sistema radicular de un cultivo está limitado al área de humedad alrededor de cada emisor.

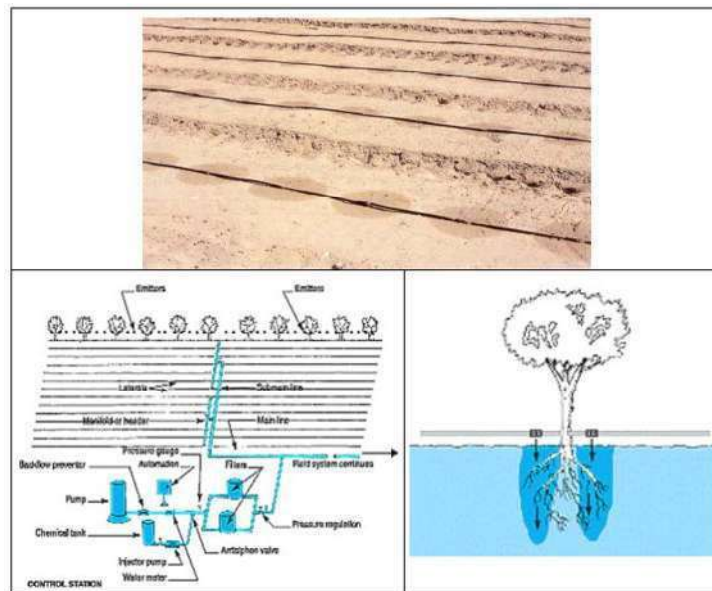


Figura 2. 2 Riego por goteo.

Sistemas de riego por aspersión

El riego por aspersión es un método de riego mecanizado o presurizado, ya que necesita mecanismos que generen presión para mover el agua. Con este

método de riego no es necesario nivelar el suelo, y se puede regar recién sembrado sin causar problemas de erosión o de corrimiento de las semillas, si se usa la presión y el aspersor adecuado.

Cuando se riegue por aspersión será en las horas con menor viento, incluso es recomendado realizarlo de noche, ya que los vientos alteran la distribución de agua en el suelo.

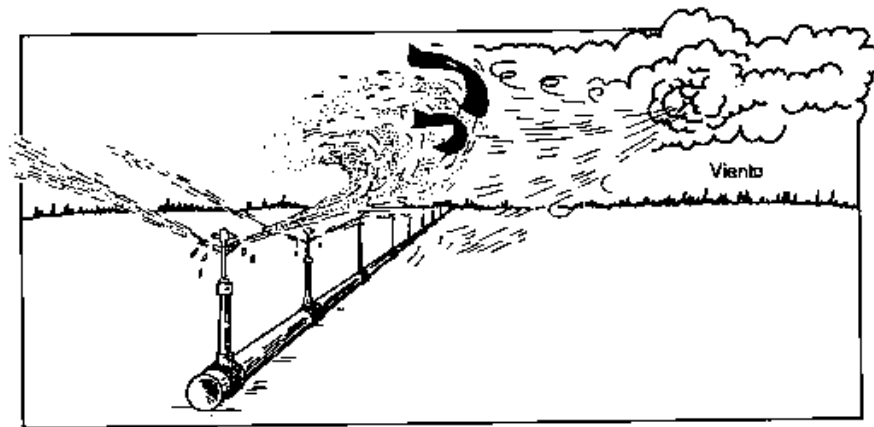


Figura 2. 3 Efecto del viento en riego por aspersión.

Ventajas:

- 1) Proveen un control de primera calidad sobre la cantidad y calidad de aplicación del agua, (por esto mismo, son sistemas de riego eficiente).

Los sistemas son adaptables:

- a) Suelos de casi todas las clases.
 - b) Cultivos que requieren riegos ligeros y frecuentes.
 - c) Suelos con capacidad de retención baja.
 - d) Suelos pesados con baja capacidad de trasporo.
- 2) No se requiere de suelos muy nivelados:
 - a) Reduce costos de nivelación.
 - b) Se adapta a la topología ondulante.
 - c) La tierra se puede poner en producción rápidamente.

- d) Se adapta a suelos someros (con baja capacidad de retener el agua) que no pueden ser nivelados.
- 3) Eliminan la necesidad de regaderas (canales). Alta eficiencia de riego es muy posible de alcanzar.
- 4) Se permite la aplicación eficiente de productos químicos a través del agua de riego.
- 5) Reducen las operaciones de cultivo (trazo de surcos, melgas, bordos,...).
- 6) Reducción de peligros de erosión.
- 7) Requieren de operadores sin un alto grado de entrenamiento.

Desventajas:

- 1) La inversión inicial es alta.
- 2) El viento distorsiona bastante la distribución del agua.
- 3) Las perdidas por evaporación y por el viento pueden ser altas.
- 4) Se lavan los insecticidas que se han aplicado.
- 5) Se requiere agua relativamente limpia.
- 6) Se requiere mayor consumo de energía.



Figura 2. 4 Distintos tipos de aspersores.

Microaspersión: muy utilizado en frutales (agrícola) y residencial (doméstico), principalmente.

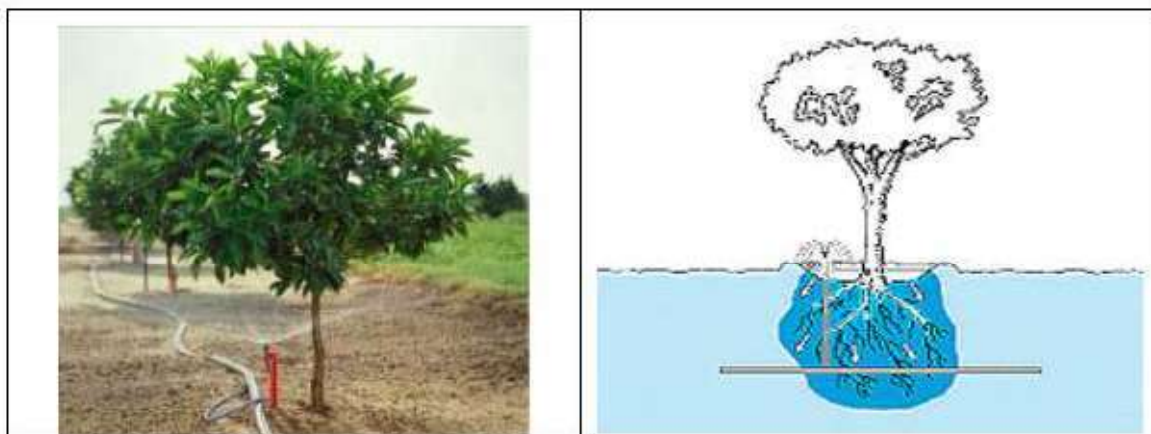


Figura 2. 5 Sistema de Microaspersion.

2.4 Riego en México.

México es un país con gran tradición en el diseño y construcción de obras hidroagrícola, la cual se remonta a la época prehispánica. Esta tradición en el diseño y la construcción de infraestructura hidroagrícola continuó enriqueciéndose durante la época colonial y la independencia. Sin embargo, no fue sino hasta después de la Revolución Mexicana que se inicia la construcción de las grandes obras de riego, con la formación de la Comisión Nacional de Irrigación en 1926. Al crearse la Secretaría de Recursos Hidráulicos en 1946 nacen los distritos de riego, dando así mayor fortaleza institucional al país para el mejor aprovechamiento del agua en las áreas de riego. En 1976, las Secretarías de Agricultura y Ganadería, y de Recursos Hidráulicos se fusionan en la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, en donde la Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica continuó con la construcción de los distritos de riego. En 1989 se creó la Comisión Nacional del Agua como la autoridad ejecutiva única del agua.

Cabe mencionar que desde el nacimiento de la Comisión Nacional de Irrigación hasta la creación de la Comisión Nacional del Agua, el énfasis en la construcción de las áreas de riego se puso en la red de distribución mayor; poco

se hizo en las redes interparcelarias y muy poco en el desarrollo parcelario. Esto se debió a que en esa época se dio importancia a la incorporación de nuevas tierras a la agricultura de riego, para lo cual el Gobierno Federal construyó la red de distribución mayor y dejó la construcción de la red interparcelaria y el desarrollo parcelario a los propios usuarios. En 1971, la Secretaría de Recursos Hidráulicos decidió aumentar el número de Residencias de Proyectos de Grande Irrigación. Esto trajo como consecuencia el ingreso de ingenieros y técnicos jóvenes para diseñar y construir las nuevas obras de riego, y propició que el entonces llamado Departamento de Canales de la Dirección de Proyectos de Grande Irrigación publicara la obra Proyecto de zonas de riego, en donde se recogen las experiencias acumuladas por innumerables técnicos mexicanos que han contribuido al desarrollo del riego en México. En esta obra se presenta con mucho detalle la red de distribución mayor y se enfatiza poco en la red interparcelaria y en el riego parcelario.

La Comisión Nacional del Agua (Conagua) inició en 1989 un ambicioso programa de modernización y transferencia de los distritos de riego a los usuarios. En 2007 se ha transferido prácticamente la totalidad de los distritos de riego a 576 asociaciones de usuarios. Las asociaciones de usuarios legalmente constituidas se encargan de la recaudación de las cuotas de riego, y de la operación y mantenimiento de los distritos de riego transferidos, los cuales tienen 100% de autosuficiencia financiera. Este programa tiene entre sus objetivos la rehabilitación y modernización de la red de distribución mayor. La misma Comisión Nacional del Agua inició en 1992 negociaciones con el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF) para implantar y financiar en forma conjunta el Programa de Desarrollo Parcelario (Prodep). El énfasis de este programa está puesto en la tecnificación del riego parcelario y en la modernización de las redes interparcelarias y de las redes menores, por lo que viene a constituir un complemento del programa de transferencia y modernización de los distritos de riego.

Superficie de regadío	6,2 millones ha (equipadas), 5,5 millones ha (realmente irrigadas)
Sistemas de riego	5,8 millones ha (riego por superficie) 0,31 millones ha (riego por aspersión) 0,14 millones ha (riego localizado)

Tabla 2. 1 Sistemas de riego usados en México

2.5 Desperdicio de agua

El agua es un recurso esencial para la vida y soporte del desarrollo económico y social de cualquier país; es un elemento fundamental para los ecosistemas y base para la sustentabilidad ambiental. La distribución natural del agua en el ámbito mundial y regional es desigual: mientras en algunas regiones es abundante, en otras es escasa o inexistente.

La disponibilidad del líquido depende de la dinámica del ciclo hidrológico, en el cual los procesos de evaporación, precipitación, transpiración y escurrimiento dependen del clima, las características del suelo, la vegetación y ubicación geográfica. El hombre ha alterado el ciclo del agua para satisfacer las crecientes necesidades de la industria, la producción de alimentos y en general las necesidades de la población y de sus patrones de consumo, cada vez menos sustentables. Por ello es necesario hacer un mejor aprovechamiento del agua, por ejemplo en la agricultura, pues a nivel mundial utiliza más de dos terceras partes del agua dulce. En México las actividades agropecuarias consumen 77% del agua disponible.

El agua se ha convertido en un recurso estratégico para el desarrollo económico y la supervivencia de los países, debido a la escasez para consumo humano y a la pérdida de la calidad original. En 2009, según la FAO, UNICEF y el Programa Conjunto de Monitoreo del Agua y Saneamiento, 894 millones de personas en el mundo no tienen acceso a agua segura, y 2.5 mil millones no

cuentan con saneamiento. Cada año mueren 1.5 millones de niños por malas condiciones de drenaje y saneamiento.

Aunque se han producido avances considerables en el cuidado del agua, todavía queda una gran labor por hacer. Se debe dar una importancia prioritaria al saneamiento, aspecto en que el progreso va a la zaga. Aún en países desarrollados, las descargas de aguas residuales no reciben tratamiento adecuado, especialmente en las grandes ciudades, amenazando la salud humana y la de los ecosistemas. También es necesario demostrar que los recursos hídricos no deben ser fuente de conflicto, sino un elemento catalizador para la cooperación.

(Phene, 1999). *La situación actual del agua en el mundo corresponde a un panorama de escasez, sobreexplotación y contaminación, de tal forma que ya se considera un factor limitante para un desarrollo sustentable. Lo anterior obliga a buscar formas de incrementar la eficiencia en el uso del agua, para así impactar en aquellos aspectos donde el efecto del rescate del recurso, tanto en cantidad como en calidad, sea el mayor posible.*

En México más de 22 km cúbicos de aguas residuales se descargan en los cuerpos acuáticos de México. El uso en agricultura representa el 50% de este volumen, principalmente en la forma de descargas de fuentes no identificadas con elevados niveles de residuos de pesticidas, fertilizantes y otras sustancias químicas.

Como se observa en los sistemas de riego y su eficiencia, la Tabla 2.6. Muestra que en México 5.8 millones de hectáreas son regadas con sistemas ineficientes.

Vastas extensiones de la selva tropical del sur y del sureste se han deforestado para la cría de ganado y la agricultura. La deforestación ha contribuido a una grave erosión del suelo en todo el país. Según una clasificación del Gobierno de 1985, casi el 17% de todo el suelo estaba totalmente erosionado,

el 31% se encontraba en un estado acelerado de erosión y el 38% mostraba signos de erosión incipiente.

La destrucción del suelo es particularmente pronunciada en el norte y el noroeste, donde se considera que más del 60% del suelo está totalmente erosionado o en un estado acelerado de erosión. El suelo árido y semiárido de esta región se ha dañado cada vez más mediante el riego excesivo con aguas de elevado contenido salino. Como resultado, la región se está desertificando.

El riego ineficiente ha generado problemas de drenaje subterráneo y salinización en 384,163 ha de una superficie total de regadío de 5,203,346 ha. (FAO).

2.6 Eficiencia de riego.

(Gershenson, 2007) Hay algo que casi no se ha usado en México y que permitiría un mejor uso del agua: el riego eficiente. En el caso que mencionamos, podría servir para irrigar camellones, parques, etcétera, pero también para el riego de la parte rural del Distrito Federal. Y para el resto del país, es obvia su necesidad para el riego sin el actual derroche, cuando o donde hay suficiente agua, a costa de que no la haya en otros tiempos o lugares. Y si vemos alrededor, estará claro que no es sólo un problema local, sino que es a la vez parte de un problema nacional.

Se deben regar en forma eficiente los diferentes terrenos o cultivos que tiene el agricultor, aprovechando la mayor cantidad de agua posible. Por ejemplo, al regar con riego superficial generalmente se usa mucha agua, que es difícil controlar y gran parte va a caer a los desagües, comparado con el riego por aspersión, donde normalmente toda el agua que se aplica la absorbe el suelo, lográndose una gran eficiencia.

El agua que se aplica al suelo, puede seguir los siguientes caminos:

- Infiltrarse en el suelo, mojando hasta la zona de las raíces del cultivo; ésta es el agua útil para las plantas y se debe tratar que la mayor parte del agua llegue hasta esta zona.
- Infiltrarse en el suelo penetrando a mayor profundidad que las raíces, esta agua no la aprovechan las plantas. A este tipo de pérdidas se le llama percolación profunda.
- Escurrir por la superficie más allá del sector a regar, esta agua generalmente cae en los desagües o inunda caminos, es una pérdida que se llama escurrimiento superficial. La eficiencia de riego es la cantidad de agua útil para el cultivo que queda en el suelo después de un riego, en relación al total del agua que se aplicó. Generalmente se mide en porcentaje o litros de agua útil en el suelo por cada 100 litros aplicados. La eficiencia la determina en gran medida el método de riego utilizado cuyos valores se presentan en la tabla 2.7.

Método de riego	Agua útil para el cultivo Litros por cada 100 litros aplicados
Riego tendido	20 a 30
Riego por surco	40 a 70
Riego por melgas	50 a 60
Riego por aspersión	65 a 80
Riego por goteo	90 a 95

Tabla 2. 2 Eficiencia o cantidad de agua útil para las plantas que queda en el suelo según el método de riego.

Las cantidades que se señalan sirven como información general, ya que se puede usar un riego tecnificado como riego por surcos, pero emplear mucho tiempo de riego con lo que se producirá una excesiva percolación profunda o escurrimiento superficial, bajando la eficiencia. También puede suceder que se use un riego tecnificado por surcos y se tenga una mayor eficiencia que la señalada.

Mejorar la eficiencia de riego es regar mejor y significa:

- Mantener la zona de raíces de los cultivos sin excesos ni falta de agua.
- Evitar inundaciones en los sectores más bajos del terreno, con lo que se evitan las enfermedades del cuello de las plantas.
- Disminuir los problemas de drenaje.
- Aumentar los rendimientos de los cultivos.
- Regar más superficie con la misma agua que llega al predio.

Automatización

El término automatización se refiere a una amplia variedad de sistemas y procesos que operan con mínima o sin intervención del ser humano. En los más modernos sistemas de automatización, el control de las máquinas y aparatos es realizado por ellas mismas gracias a sensores y sistemas de control que le permiten percibir cambios en sus alrededores de ciertas condiciones tales como temperatura, volumen y fluidez de la corriente eléctrica y otros, sensores los cuales le permiten a la máquina o aparatos realizar los ajustes necesarios para poder compensar estos cambios.

Para el óptimo manejo del riego es conveniente disponer de sistemas automáticos de control, que pueden ayudar a conseguir mejoras sustanciales como: ahorro de mano de obra, agua y energía, mayor eficiencia de riego, control de operaciones anexas al riego (facturación del agua consumida), reducción de costes de instalación y mantenimiento (detección de fallos y la protección de los diferentes componentes del sistema de riego), posible aumentos de producción, reducción del uso de productos químicos, así como frutos y plantas más equilibradas en todos los sentidos.

2.7 Sistemas actuales

En el mercado actual se pueden encontrar sistemas de riego automático, básicamente se encuentran constituidos como se muestra en el diagrama de bloques de la figura 2.6:

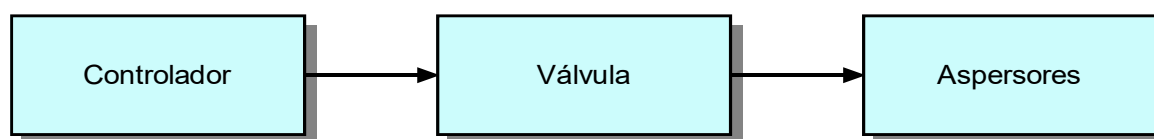


Figura 2. 6 Diagrama de bloques de sistemas actuales.

Centrando la atención en el controlador principalmente que es el que se pretende mejorar y en las válvulas dado que el sistema se tiene que adaptar a los requerimientos de estas.

Controlador

Es la parte del sistema encargada de la programación de riego, la interfaz con el usuario y el control de las electroválvulas (etapa de potencia), todo en un solo encapsulado. Disponen a su vez de una cantidad definida de terminales, no siendo expandibles ni configurables por separado.

La programación de riego o programas de riego se controlan mediante tiempo en la mayoría de los sistemas actuales, pudiendo ser configuradas las horas y días de riego dependiendo la sofisticación del sistema, estos sistemas (la gran mayoría no incorporan la medición de variables en el área de riego para que no se exceda o falte agua al sistema.

La interfaz con el usuario puede ser analógica o digital dependiendo nuevamente de lo sofisticado del sistema.

Se pueden encontrar sistemas en el mercado, variables en cuanto al precio y lo sofisticado de los equipos, unos ejemplos de esto son:

Programador híbrido *Custom Command* (figura 2.7)



Figura 2. 7 Programador híbrido Custom Command.

El programador híbrido Custom Command de Toro satisface una gran variedad de complicadas necesidades del riego. Existen modelos diferentes que tienen de 12 a 24 salidas con cuatro programas independientes, con 16 horarios de arranque y un calendario de 365 días para programar días pares e impares, ofreciendo gran flexibilidad.

Aunque se trata de un programador de tecnología avanzada, cuenta con una gran pantalla de representación visual de fácil lectura, un código por colores y un disco selector de 10 posiciones para facilitar la programación.

Especificaciones Eléctricas

- Salida máxima por estación: 24 VCA 0,5 A
- Salida máxima a las válvulas: 24 VCA 1,25 A (incluida la válvula maestra)
- Capacidad por estación: un total de dos solenoides de 24 VCA 0,25 Amps por estación, más la válvula maestra

Programador "Pocket Star Plus" (Figura 2.8)

Disponible en 4 y 6 estaciones para interior. Dos programas independientes "A" (días de la semana) y B" (día par/impar o intervalo 1-28 días). Tiempos de riego entre 1 a 99 minutos en incrementos de 1 minuto. Hasta 4 partidas por programa, permitiendo hasta 8 arranques diarios. Retardo de riego por 24, 48 y 72 horas. Cuenta con arranque de bomba. Corriente entrada: 220VAC +/- 10% Salida: 26 VAC 600mA.



Figura 2. 8 Programador Pocket Star Plus.

A continuación se muestra un temporizador mecánico económico, el cual permite realizar el riego controlando el periodo

Temporizador de Agua



Figura 2. 6 Temporizador económico.

Control por tiempo

Capítulo 3 Diseño

3.1 Sistema Desarrollado

El sistema desarrollado consta de software y hardware como se muestra en el diagrama de bloques. (Figura 3.1)

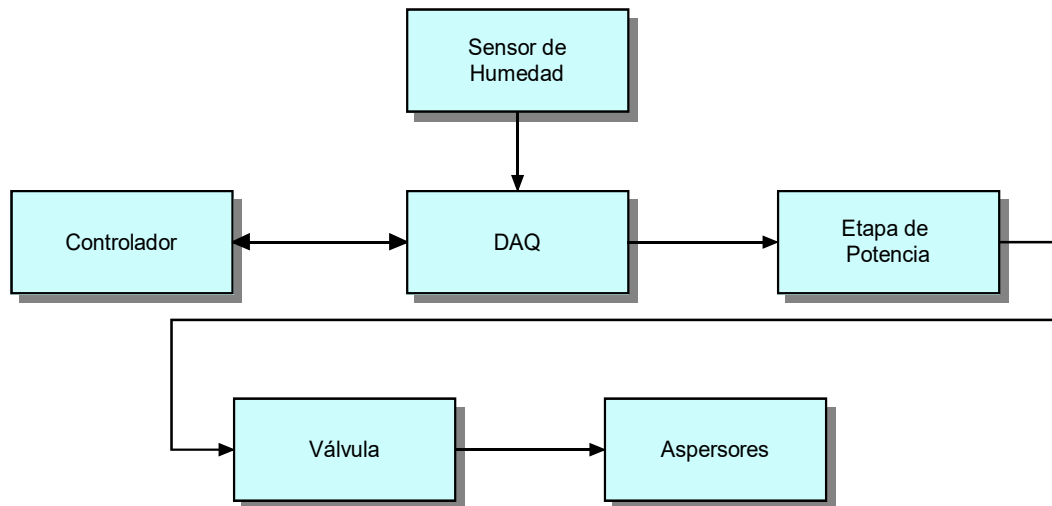


Figura 3. 1 Diagrama de bloques del sistema diseñado.

3.2 Software

En el diseño del software se pretenden tener mejoras sustanciales con respecto a los sistemas actuales tales como:

- Control de riego por horarios para evitar pérdidas por evaporación.
- Programas de riego preestablecido.
- Posibilidades de definir programas de riego por el usuario.
- Selección de zonas para riego.
- Interfaz amigable con el usuario.

3.2.1 Entorno de desarrollo LabView.

LabVIEW parte del concepto de programación orientada a objeto (OOP); muchos de los lenguajes OOP son secuenciales, mecanismos que coinciden con

el procedimiento usual de llamada a subrutina y retorno. Siendo la concurrencia característica intrínseca de los sistemas de medida en tiempo real, se deberá elegir un lenguaje concurrente (LabVIEW) donde los objetos en tiempo real (Real Time Objects) se comuniquen con otros, mediante mensajes asíncronos. Así los objetos son modelados como maquinas de estados finitos que evolucionan a través de un conjunto de fases, donde en cada momento solo habrá una función operativa.

Los programas hechos con LabVIEW se llaman VI (Virtual Instrument), lo que da una idea de su uso en origen: el control de instrumentos. Entre sus objetivos están el reducir el tiempo de desarrollo de aplicaciones de todo tipo (no sólo en ámbitos de prueba, Control y Diseño) y el permitir la entrada a la informática a programadores no expertos. Esto no significa que la empresa haga únicamente software, sino que busca combinar este software con todo tipo de hardware, tanto tarjetas - propias de adquisición de datos, PAC, Visión, y otro Hardware como de otras empresas.

Principales usos:

Es usado principalmente por ingenieros y científicos para tareas como:

- Adquisición de datos
- Control de instrumentos
- Automatización industrial o PAC (Controlador de Automatización Programable)
- Diseño de control: prototipo rápido y hardware
- Diseño de sistemas autónomos

Su principal característica es la facilidad de uso, válido para programadores profesionales como para personas con pocos conocimientos en programación pueden hacer programas relativamente complejos, difíciles de hacer con lenguajes tradicionales. También es muy rápido hacer programas con LabVIEW y cualquier programador, por experimentado que sea, puede beneficiarse de él. Para los

amantes de lo complejo, con LabVIEW pueden crearse programas de miles de Virtual Instruments o VI's (equivalente a millones de páginas de código texto) para aplicaciones complejas, programas de automatizaciones de decenas de miles de puntos de entradas/salidas, etc. Incluso existen buenas prácticas de programación para optimizar el rendimiento y la calidad de la programación.

Presenta facilidades para el manejo de interfaces de comunicaciones:

- Puerto serie
- Puerto paralelo
- GPIB (General Purpose Interface Bus)
- PXI (PCI eXtensions for Instrumentation)
- VXI (VME eXtensions for Instrumentation)
- TCP/IP, UDP, DataSocket
- Irda
- Bluetooth
- USB

Capacidad de interactuar con otros lenguajes y aplicaciones:

- DLL: bibliotecas de funciones
- .NET
- ActiveX
- MultiSim.
- Matlab/Simulink.
- AutoCAD, SolidWorks, etc.
- Herramientas gráficas y textuales para el procesamiento digital de señales.
- Visualización y manejo de gráficas con datos dinámicos.
- Adquisición y tratamiento de imágenes.
- Control de movimiento (combinado incluso con todo lo anterior).
- Tiempo Real estrictamente hablando.
- Programación de FPGAs para control o validación.

- Sincronización entre dispositivos.

3.2.2 Historia

Desarrollado por National Instruments, comenzó en 1976 en Austin, Texas con interface GPIB (General Purpose Interface Bus) enfocada a instrumentación. En 1983 comienza el desarrollo del sistema de programación LabView, con su primer lanzamiento en el año de 1986 con LabView 1.0 para Macintosh, hasta septiembre de 1992 es lanzado en su versión para el sistema operativo Windows.

Requisitos para Sistemas de Desarrollo de LabView 8.2

Windows	Mínimo	Recomendado
Procesador	Pentium III/Celeron 866 MHz	Pentium 4/M o equivalente
RAM	256 MB	1 GB
Resolución de Pantalla	1024 x 768 Pixeles	1024 x 768 Pixeles
Sistema Operativo	Windows Vista/XP/2000/7	Windows Vista/XP/7
Espacio en Disco Duro	1.6 GB	1.6 GB (Incluye controladores recomendados desde CD de Controladores de Dispositivos de NI)

Tabla 3. 1 Requisitos para sistema de desarrollo en LabView

3.2.3 Entorno

Es una herramienta de programación gráfica. Originalmente este programa estaba orientado a aplicaciones de control de instrumentos electrónicos usadas en el desarrollo de sistemas de instrumentación, conocido como instrumentación virtual, por tal motivo los archivos creados con Labview se guardan en ficheros llamados VI (virtual Instrument).

Un instrumento virtual es un modulo de software que simula el panel frontal de un instrumento apoyándose en elementos de hardware accesibles por la computadora (tarjetas de adquisición, instrumentos accesibles vía GPIB, VXI, RS-232, USB, Ethernet), realiza una serie de medidas como si se tratase de un instrumento real.

Cuando se ejecuta un programa que funciona como instrumento virtual o VI, el usuario ve en la pantalla de su computadora un panel cuya función es idéntica a la de un instrumentó físico, facilitando la visualización y el control del aparato. A partir de los datos reflejados en el panel frontal, el VI debe actuar recogiendo o generando señales, como lo haría su homologó físico.

El control de instrumentación por computadora no resulta nuevo; incluso el uso de la computadora en sistemas de medida se usaba en los setenta mediante la interface de bus IEEE 488 o GPIB (General Purpose Interface Bus). Pero ha sido en los noventa cuando los procesadores de 16 y 32 bits se han incorporado a equipos accesibles, consiguiendo altas velocidades y grandes capacidades de memoria. Esta popularización de computadoras de altas prestaciones ha traído consigo un fuerte desarrollo de potentes plataformas de software que simplifican la creación de aplicaciones.

3.2.4 Panel de control

En el panel de control las terminales se dividen en controles e indicadores aunque suelen ser llamados genéricamente como controles, los controles se refieren a las entradas de datos y los indicadores a las salidas.

3.2.5 Creación de programas

La programación se realiza mediante Diagramas de Bloques. Los programas están habitualmente formados por:

- Controles para entradas de datos.

- -Funciones, encargadas de realizar una o varias operaciones con los datos de entrada.
- -Indicadores: Salidas para los datos.

Estos elementos se encuentran unidos mediante cables por los que circula información uniendo todos los elementos del sistema, usando la herramienta Connect Wire. Un cable tendrá una única fuente (control, constante o salida de otro elemento) y uno o varios destinos (indicadores o entradas de otros elementos) los cuales tendrán que ser compatibles.

Una opción útil contenida en el menú contextual de los cables es Clean Up Wire que realiza un trazado automático de la ruta del cable. Un buen trazado no solo es más elegante y evita una mala conexión, sino que también puede hacer que el programa tenga mejor rendimiento en cuanto a memoria utilizada.

3.2.6 Flujo de ejecución

El lenguaje de LabView es también llamado lenguaje G. La mayoría de los lenguajes son simplemente una sucesión de operaciones. Sin embargo el lenguaje G usa programación basada en flujo de datos (Dataflow).

Una función solo podrá ejecutarse cuando tenga disponibles todos los datos en sus entradas, favoreciendo el paralelismo siendo más apropiado para sistemas multiprocesador y multihilo.

3.2.7 VI y SubVI

En muchas ocasiones cuando un programa adquiere un gran tamaño, o cuando una sección de código será utilizada varias veces debe ser separado en varios ficheros. Un VI puede contener a otro de forma que el segundo será un subVI del primero.

Para definir un subVI se tendrá que definir su interfaz, es decir la forma en la que se realizaran las conexiones cuando se utiliza dentro de otro VI, añadiendo

conectores de entrada y salida según los requerimientos de datos del programa, estos conectores o terminales son los lugares donde se conectarán los cables cuando se utiliza como subVI.

El diseño del controlador para el sistema, se dividió en bloques o subVI's en la figura 3.2 se presentan los subVI's implementados, teniendo bloques para adquisición de datos, envío de datos, sistema de control automático, sistema de control definido por el usuario, programa principal, control de tiempo, etc.

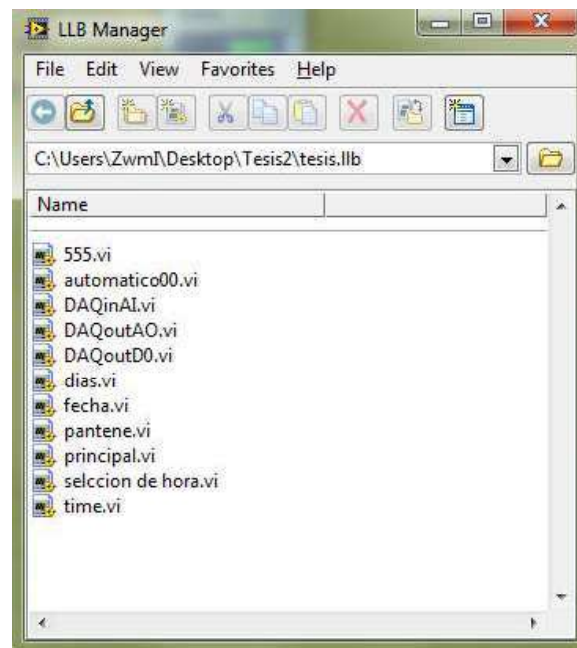


Figura 3. 2 SubVI implementados.

3.3 ADQUISICION DE DATOS.

Adquisición de datos es el proceso de obtener o generar información de manera automatizada desde recursos de medidas analógicas y digitales como sensores y dispositivos bajo prueba. Utiliza una combinación de hardware y software basados en PC para brindar un sistema de medida flexible y definido por el usuario. A menudo, es necesario acondicionar sensores y señales antes que un dispositivo de adquisición de datos los adquiera.

La adquisición de datos consiste en tomar un conjunto de variables físicas, convertirlas en voltajes y digitalizarlas de manera que se puedan procesar en una computadora. Se requiere una etapa de acondicionamiento que adecua la señal a niveles compatibles con el elemento que hace la transformación a señal digital. El elemento que hace dicha transformación es la tarjeta o módulo de Adquisición de Datos. Una vez que las señales eléctricas se transformaron en digitales, se envían a través del bus de datos dentro de la memoria del PC, se las puede procesar con un programa de aplicación adecuado al uso que el usuario desea, archivarlas en disco duro, graficarlas en pantalla, enviarlas a un lugar remoto utilizando sistemas de comunicación, imprimirlas por impresora, o pueden ser manipuladas desde Internet.

De la misma manera que se toma una señal eléctrica y se transforma en una digital para enviarla al ordenador, se puede también tomar una señal digital o binaria y convertirla en una eléctrica, en este caso el elemento que hace la transformación es una tarjeta o módulo de Adquisición de Datos de salida, o tarjeta de control. La señal dentro de la memoria del PC la genera un programa adecuado a las aplicaciones que quiere el usuario y luego de procesada es recibida por mecanismos que ejecutan movimientos mecánicos, a través de servomecanismos, que también son del tipo transductores.

Un sistema típico de adquisición utiliza sensores, transductores, amplificadores, convertidores analógicos a digital (A/D) y digital analógico (D/A), para procesar información acerca de un sistema físico de forma digitalizada.

Sus ventajas son: flexibilidad de procesamiento, posibilidad de realizar las tareas en tiempo real o en análisis posteriores, gran capacidad de almacenamiento, rápido acceso a la información y toma de decisión, posibilidad de emular una gran cantidad de dispositivos de medición y activar varios instrumentos al mismo tiempo, facilidad de automatización, etc.

Y sus usos son muy variados dependiendo del tipo de aplicación que se le va a dar, entre los más comunes destacan los siguientes:

- Todo tipo de industrias
- Grandes Hoteles
- Sanatorios y Hospitales
- Bancos
- Agroindustrias
- Laboratorios de Medición y Pruebas
- Control de Calidad
- Detección de Fallas
- Control de máquinas
- Control de producción
- Automatización
- Aeroespacial
- Nanotecnología
- Biotecnología

Tarjeta de adquisición de datos.

Se cuenta con una tarjeta de adquisición de datos basada en un microcontrolador PIC18f4550.

En la figura 3.3 se muestra la tarjeta de adquisición de datos que cuenta con:

- 1 Cinco entradas analógicas
- 2 Dos salidas analógicas.
- 3 Dos módulos PWM
- 4 Cuatro salidas digitales
- 5 Conexión USB
- 6 Cuatro entradas digitales

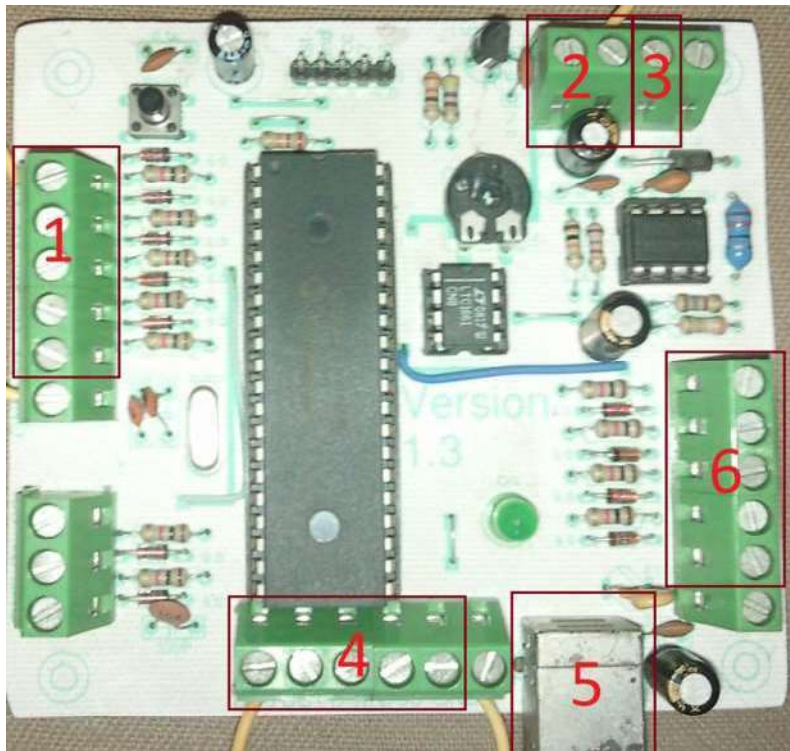


Figura 3. 3 Tarjeta de adquisición de datos.

- El sistema desarrollado requiere adquirir el dato de la humedad del suelo el cual será comparado con el nivel de humedad requerido por las plantas a regar.
- Se adquirirán datos mediante una entrada analógica usando el siguiente programa.

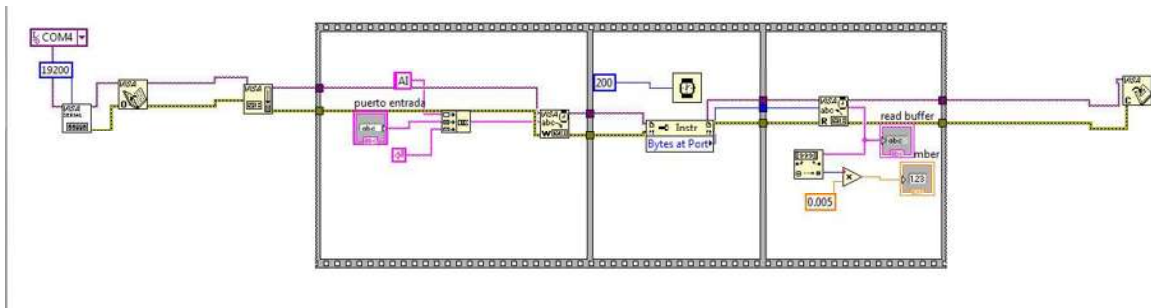


Figura 3. 4 Panel de conexiones de DAQinAI.vi

3.3.1. Selección de valores de entrada.

La tarjeta de adquisición de datos se instaló en el Puerto COM04 a 19200 bauds (Figura 3.5), estos datos se ingresan a un subVI que configura la DAQ. En caso de que la DAQ se instale en otro puerto se selecciona en la pantalla principal del programa.

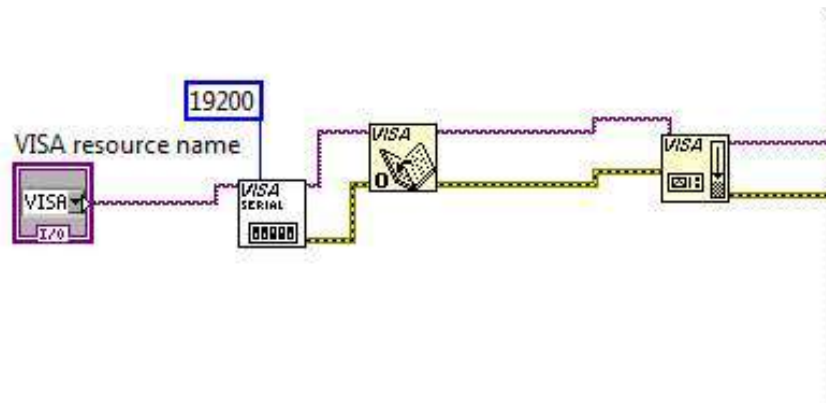


Figura 3. 5 Selección de valores de configuración para la DAQ.

3.3.2 Selección de puerto.

La tarjeta de adquisición de datos cuenta con cinco entradas analógicas AI0, AI1, AI2, AI3 y AI4 Programadas para ser llamadas de la misma forma, el sistema requiere de los puertos AI (analog input) ya que se medirá la humedad de los sensores instalados en el suelo, este tipo de sensor proporciona una señal analógica proporcional a la humedad del suelo.

En la Figura 3.6 se muestra los bloques para la selección de puerto de entrada. La instrucción AI selecciona entrada analógica, se creó un selector para poder ingresar un valor del 0 al 4 teniendo la posibilidad de seleccionar cualquiera de los puertos, este valor será definido en otro de los subVI, por último un salto de línea para completar el comando.

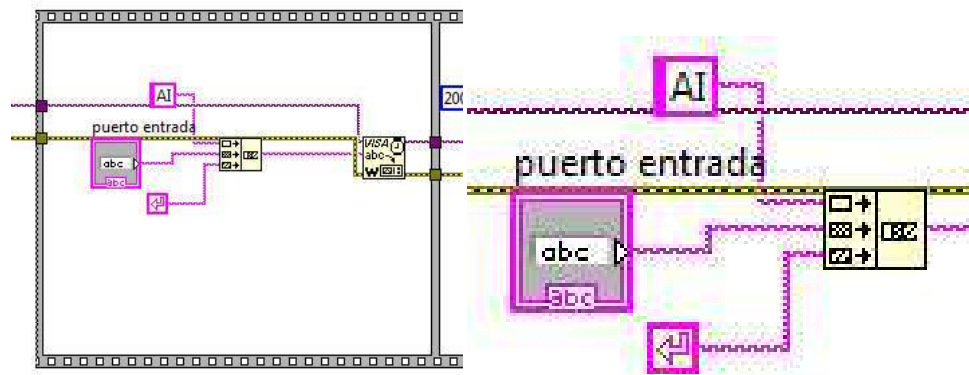


Figura 3. 6 Selección de puerto de entrada.

3.3.3. Lectura

La Tarjeta de adquisición de datos entrega el valor en una rango de 0 a 1023 para convertir este dato en un voltaje se multiplica por la resolución de 0.005 entregando así un dato numérico que puede ser comparado fácilmente. Con un rango de 0 V a 5.12 V.

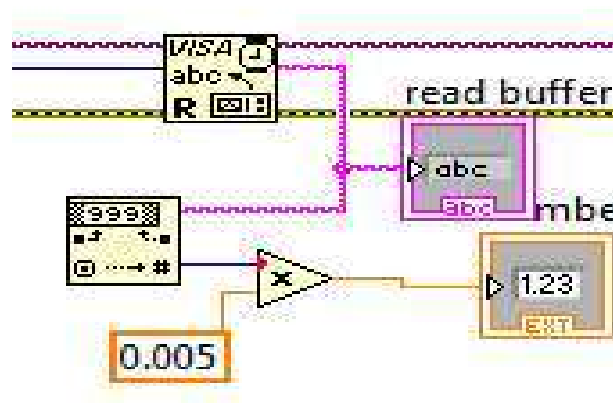


Figura 3. 7 Conversión de la señal obtenida a valor numérico

3.4. Escritura de datos

El programa describe un proceso parecido al de adquisición con la diferencia que la tarjeta de adquisición no regresará un valor por lo cual no se requiere hacer lectura y conversión de datos. Figura 3.8

La configuración de bauds y puerto COM se mantienen de la misma manera.

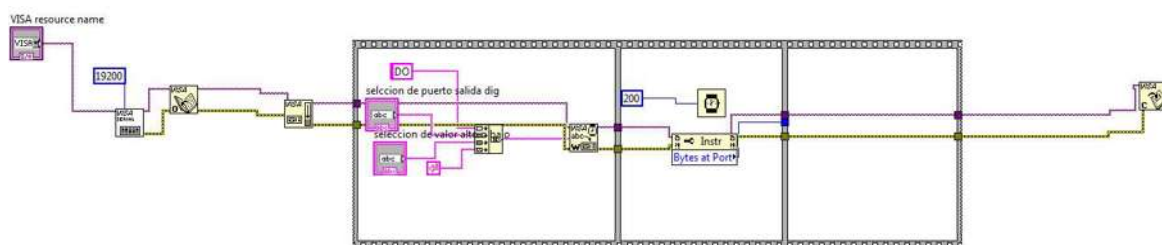


Figura 3. 8 Diagrama de DACoutDO.vi

Con la instrucción de activar el puerto DO0 (digital output cero) a DO4 para el control de las electroválvulas en caso de necesidad de riego. (Figura 3.9). La instrucción DO indica que se usara salida digital.

Se colocó un bloque para definir el puerto que se activará, en un rango de 0 a 4, estos valores se definen en otro subVl.

La instrucción requiere si el puerto se colocara en alto o bajo escribiendo un cero o uno, el sistema requiere apagar el puerto y encenderlo cuando sea necesario ya que no pasa solo de un estado a otro.

Un salto de línea para finalizar el comando, por defecto se escribirá DO00.

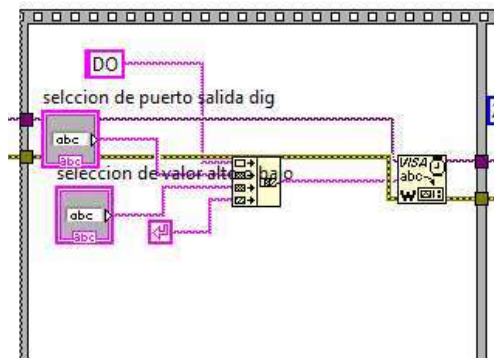


Figura 3. 9 Diagrama de escritura para activar salida digital.

3.5. Control de tiempos.

En el modo automático el sistema realizará el riego en horarios en que las perdidas por evaporación sean mínimas, programado de la siguiente manera (Figura 3.10).

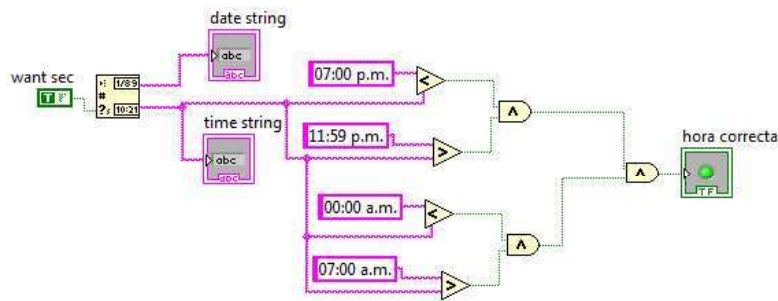


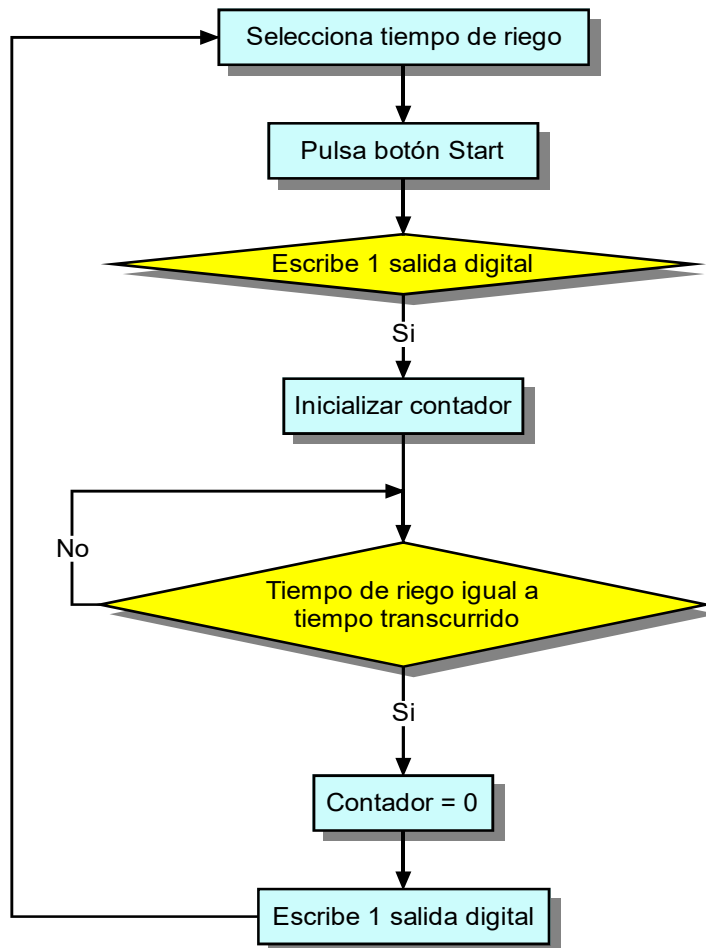
Figura 3. 10 Rutina para control de tiempo.

El sistema compara la hora del sistema con los horarios permitidos para el riego, permitiendo o negando la activación de las electroválvulas. El sistema está programado para regar desde las 7:00 p.m. a las 7:00 a.m.

3.6 Modo manual

Para permitir que el usuario tenga el control como en los sistemas actuales se diseñó un sistema de control donde se pueden elegir los horarios de riego sin importar las perdidas por evaporación.

El sistema así permite la entrada de horarios de riego definidos por el usuario.



El sistema compara la hora de inicio con la hora del sistema, se programaron bloques para que el usuario pueda ingresar los horarios de forma sencilla, si el horario de inicio es mayor que el horario del sistema se cumple la primera condición, si el horario de terminación es mayor que el horario del sistema se cumple la segunda condición, el sistema compara los días de riego permitidos con el día de la semana entregado por el sistema, estas tres condiciones se unen en una compuerta AND, si esta arroja un valor verdadero el sistema escribirá un

valor 1 en el puerto 0 (Figura 3.12), en el caso de que no se cumpla alguna de las condiciones el sistema mandara a cero el puerto.

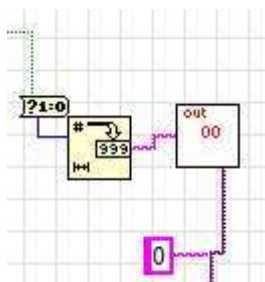


Figura 3. 12 Encendido y apagado del puerto DO0.

El sistema convierte el valor lógico a un valor numérico (0,1) y luego a una cadena de texto para enviar el dato al subVI encargado de la escritura de datos.

El sistema requiere que el horario se escriba con un formato específico (HH:MM a.m.) de faltar un punto o un espacio, el sistema no podría hacer la comparación. Por lo cual se realizó una selección por bloques (figura 3.13), para facilitar el ingreso de datos al usuario.

Figura 3. 13 Entrada de datos para riego manual.

3.6.1 Riego por tiempo

El sistema cuenta con un modulo para regar por un tiempo determinado cero a ciento veinte minutos, mediante un contador.

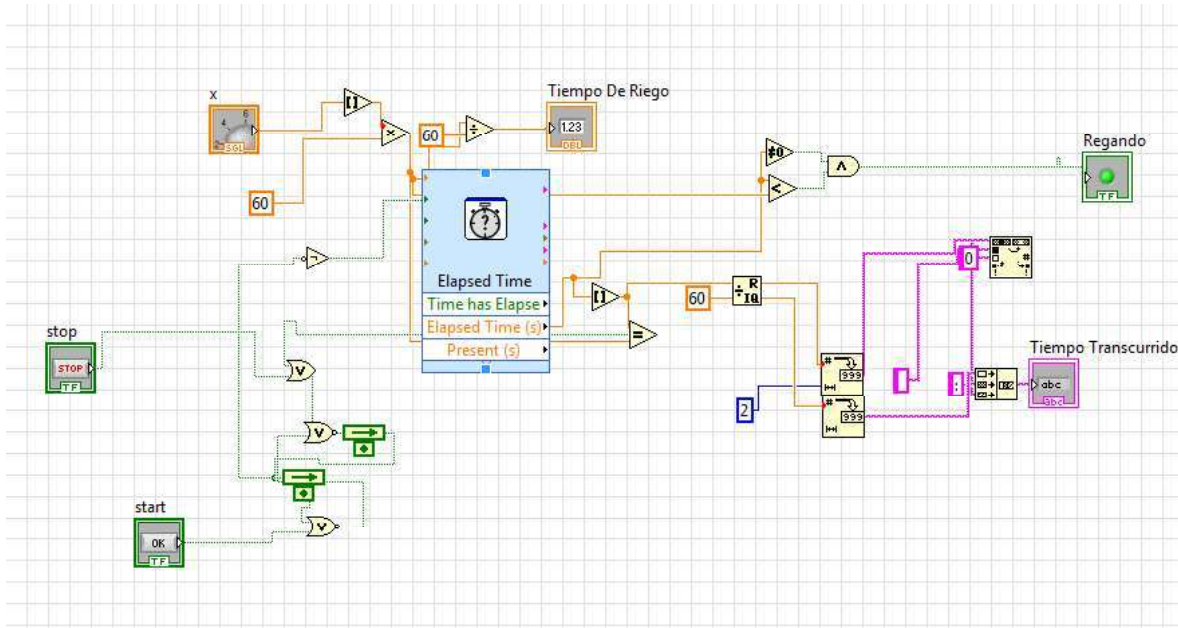
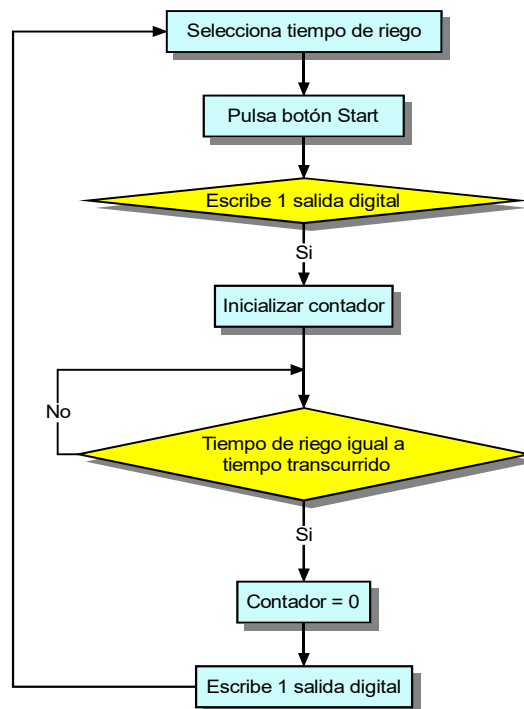


Figura 3. 14 Riego por tiempo

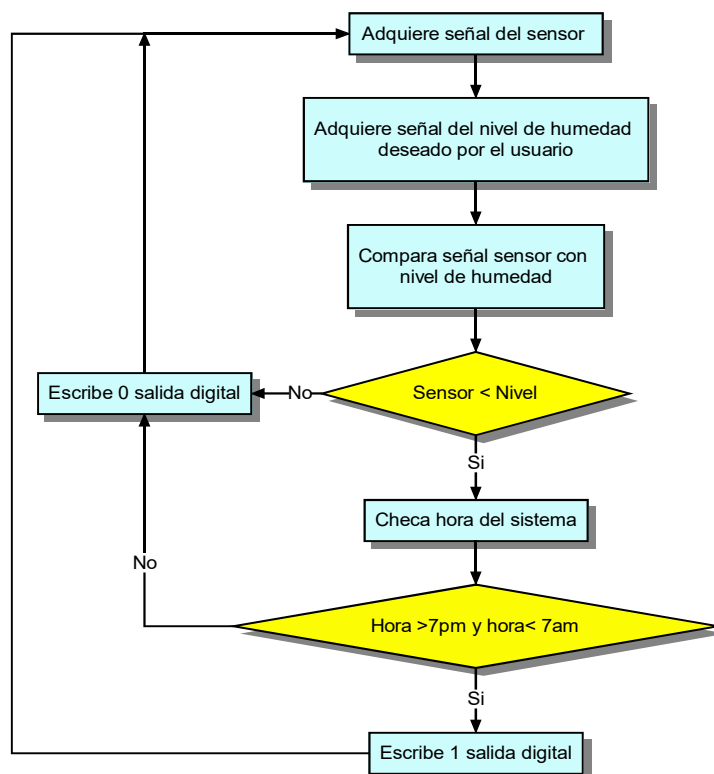


3.7. Programa Automático.

Al juntar las condiciones de riego automático programadas por separado el programa queda de acuerdo a la Figura 3.14 Se puede observar como el sistema compara la señal obtenida por el sensor de humedad con el nivel de humedad seleccionado por el usuario, en el caso de que el nivel de humedad sea menor, se compara el horario, si se cumple las condiciones de hora de riego el sistema envía la señal mediante la DAQ de activar las electo válvulas.



Figura 3. 15 Programación de automatico00.vi



3.7.1 Principal

Uniendo los sistemas manual y automático el panel de control queda de la siguiente manera. (Figura 3.16)

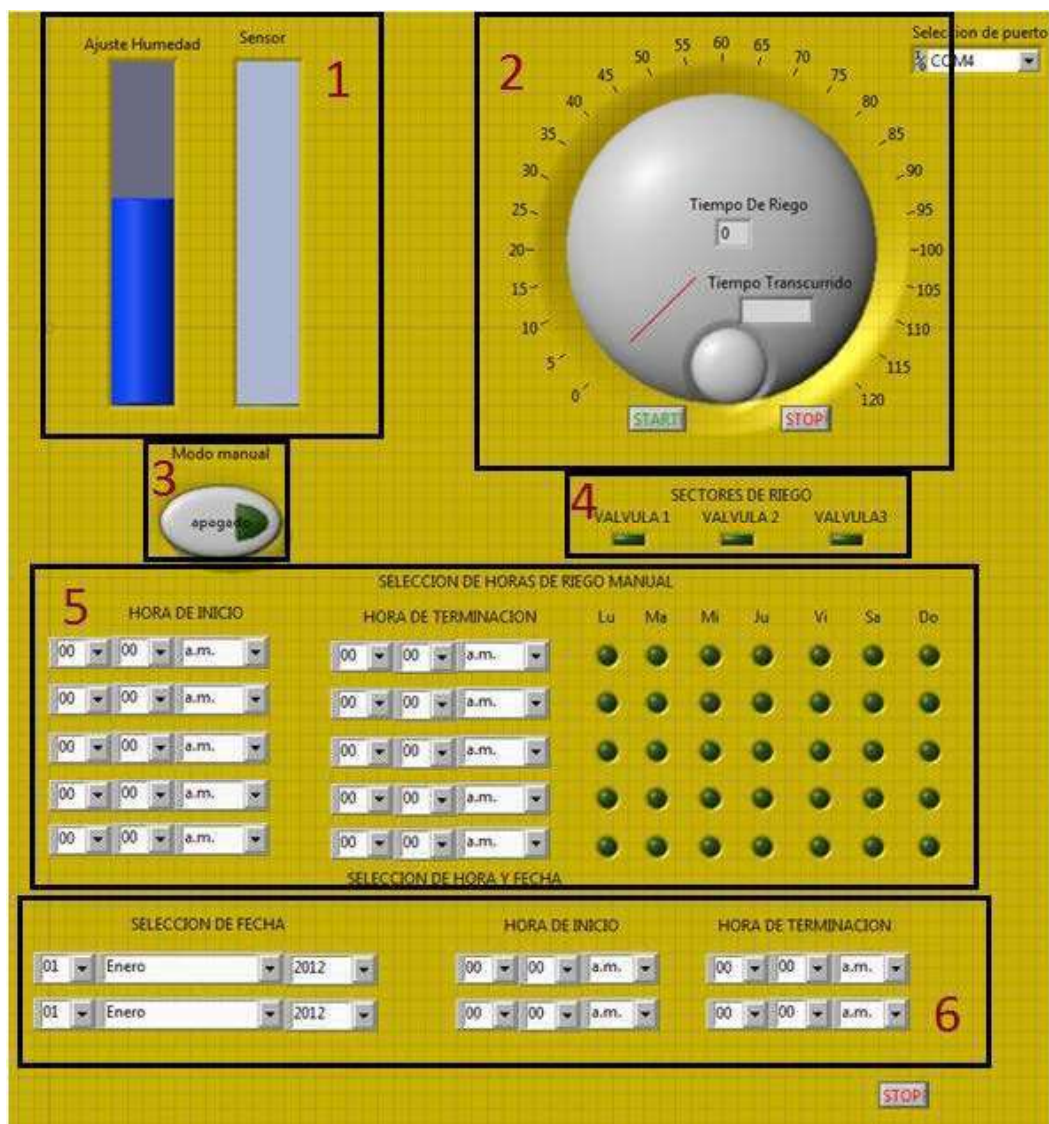
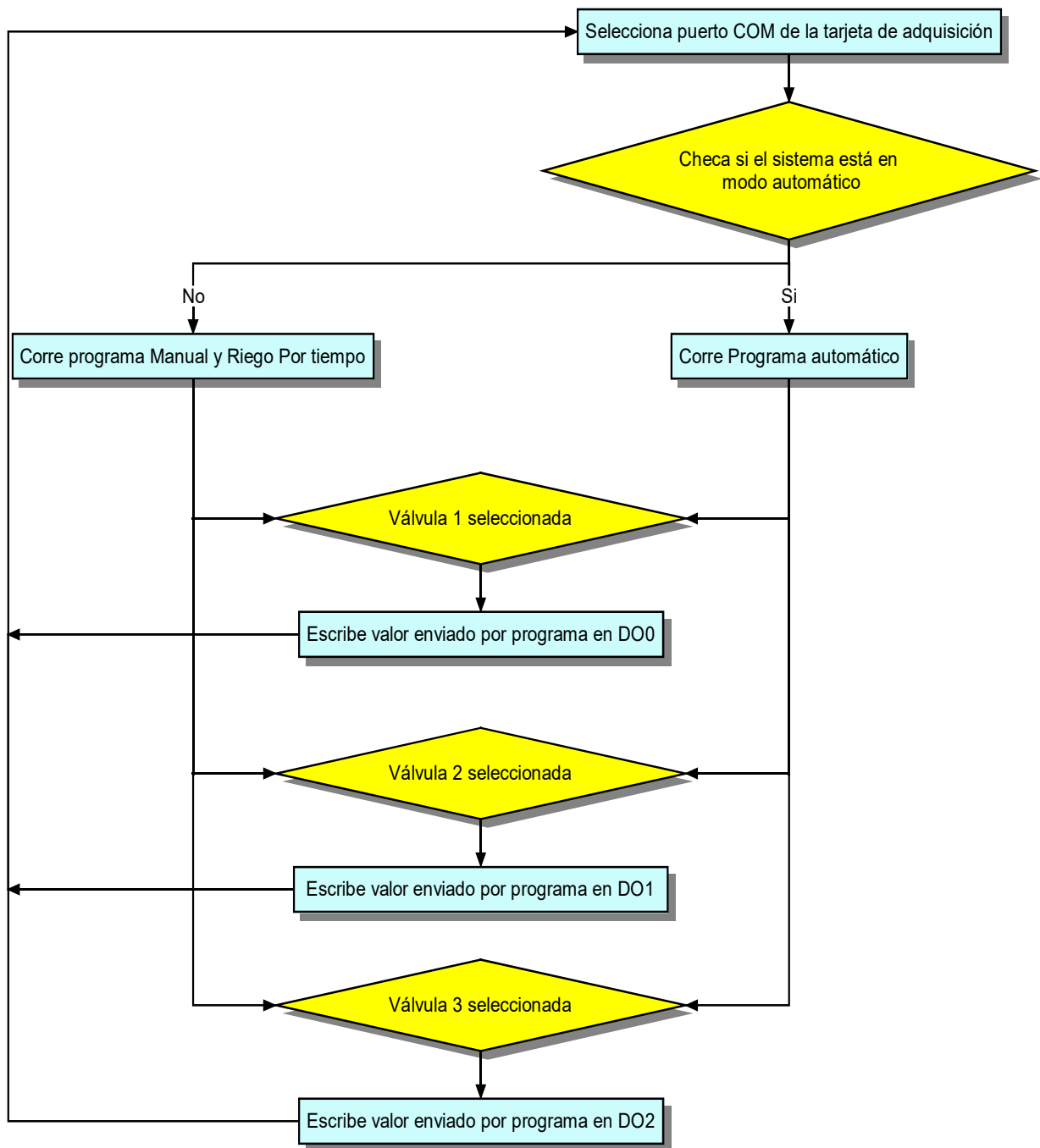


Figura 3. 16 Panel de control principal.

El sistema muestra los siguientes bloques 1 Nivel de riego (modo automático), 2 Control de riego por tiempo, 3 Selección de modo de riego (manual-automático), 4 Selección de zona de riego, 5 Selección de horario y día de riego, 6 Selección de fecha de riego.



Uniendo todos los subVI el programa queda de la siguiente manera.



Figura 3. 17 Unión de los subVI en el programa principal.

3.8. Publicación Web

Hoy en día, que cada vez más son las empresas que conectan sus procesos industriales a redes de datos e Internet; acortando distancias, y aumentando notablemente la flexibilidad y posibilidades de actuación. Desde un PC ubicado en cualquier lugar de la empresa, el usuario puede cambiar los puntos de referencia o incluso enviar las acciones de control a los actuadores. Debido al auge de la red LAN e Internet, se pueden idear sistemas de monitoreo que permitan a la persona autorizada, obtener información de una planta industrial, prácticamente desde cualquier lugar donde se tenga acceso a un punto de datos, sin limitaciones de distancia, en forma económica y en cualquier momento, lo que evita la necesidad de encontrarse físicamente en el lugar donde se está desarrollando el proceso.

Un sistema de control y monitoreo de una aplicación industrial, utilizando una red LAN ETHERNET, cuenta con un computador, “servidor”, que se encuentra en la planta industrial y está relacionada directamente con el proceso, por lo cual, dispone de toda la información necesaria para realizar un monitoreo del mismo; y una serie de computadoras, esparcidas por distintos puntos de la red, que se conectan con el servidor. Al conectarse con el servidor, se puede obtener información para que una persona calificada realice un monitoreo desde una posición remota.

Actualmente es posible utilizar la característica que ofrece LabView para implementar un servidor de datos de una red LAN e Internet, permitiendo así a cualquier usuario autorizado acceder a la página WEB de la Planta Industrial o proceso, mediante cualquier navegador y poder visualizar on-line el estado del proceso y modificar las entradas del mismo.

Web Publishing Tool: web server: es una herramienta que incorpora LabVIEW y que nos permitira crear una sencilla pagina web que estará compuesta por un titulo, una primer párrafo de texto, una imagen del panel frontal de nuestra

aplicación para poder controlar y monitorear a distancia la aplicación o bien el panel frontal real de nuestra aplicación para monitorear utilizando un navegador http. Esta herramienta está disponible en el menú Tool de LabVIEW en la opción Web Publishing Tool.

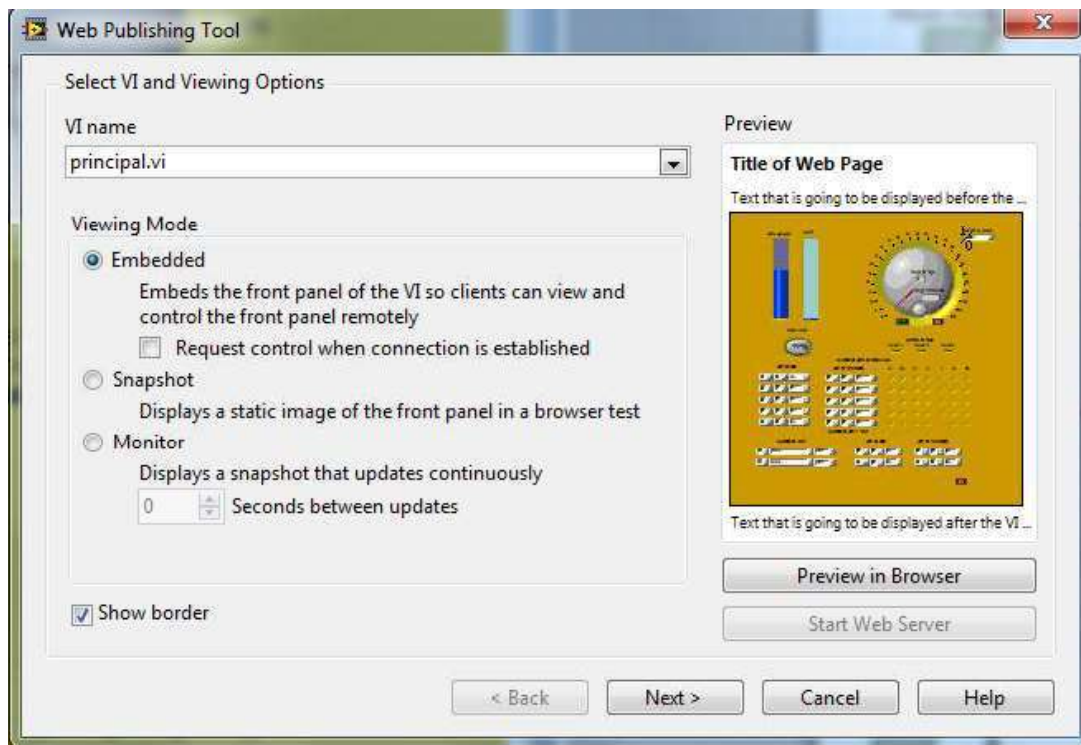


Figura 3. 18 Web Publishing Tool

En la figura 3.18 podemos ver la ventana de dialogo que nos permite configurar la creación de un archivo html con los elementos comentados antes. Tenemos tres campos donde configuramos el titulo del documento y la posibilidad de escribir dos párrafos de texto (la cabecera y el pie de página).

Se tiene la opción de enmarcar la imagen del panel frontal (Border) y la de configurar como se mostrara el panel frontal:

Snapshot, Monitor o Embedded.

Mediante las opciones de snapshot o Monitor aparecerá en la página web creada una captura de pantalla de panel frontal, es decir, una imagen estática. Mediante las opciones de Snapshot o Monitor aparecerá en la página web que puede ir refrescándose para ver las actualizaciones de los valores.

Algo interesante y potente es la posibilidad de controlar los controles del panel frontal desde el propio navegador, opción Embedded. Esta es la opción mas pesada porque el envío de información a través de la red va a ser mayor, pero permite controlar y monitorizar nuestra aplicación en LabVIEW via web sin tener que programar. Para poder utilizar esta opción es necesario instalar en el computador cliente el LabVIEW Run-Time Engine, que es el toolkit de libre distribución que nos permitirá utilizar tanto archivos ejecutables como controlar nuestro programa desde el navegador web remoto.

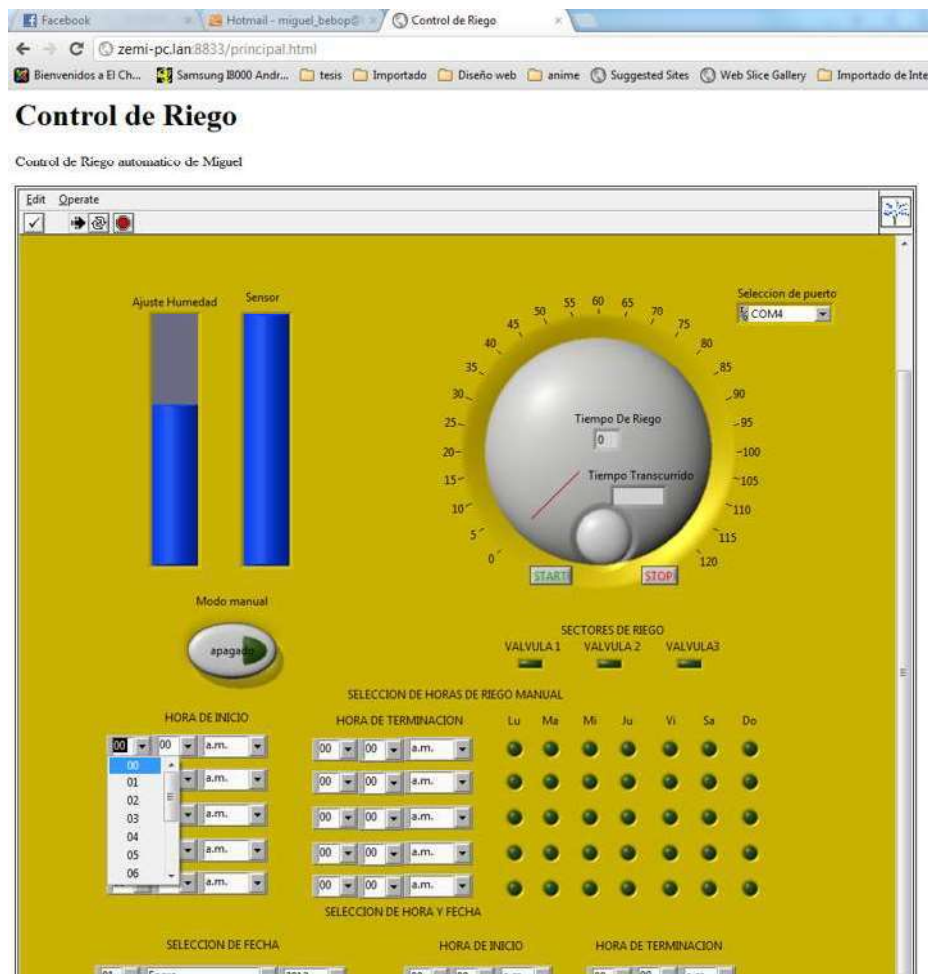


Figura 3. 19 Control del sistema mediante la Web

Ya realizadas estas configuraciones tenemos que lanzar el servidor web mediante el botón Start Web Server y salvar el documento htm mediante el botón Save to Disk. Salimos de la ventana mediante Done y arrancamos el explorador.

Para visualizar el archivo, en el campo de dirección escribimos la dirección web determinada por LabView Web Publishing Tool.

URL

<http://ZemI-PC.lan:8833/principal.html>

Figura 3. 20 URL sistema

3.9. Control de la electroválvula

En esta parte implementaremos una interfaz de potencia para controlar la electroválvula utilizando un TRIAC y un Optocoplador.

Disparador para Tiristores.

Un circuito que contenga un SCR o un TRIAC debe ser capaz de proveer un adecuado voltaje y corriente de compuerta sin exceder su máxima disipación de potencia en la compuerta. Ya que este debe limitar la energía requerida para la terminal (tarjeta de adquisición de datos). También, debe proveer aislamiento de la línea eléctrica de tal forma que el común del circuito de control no necesite ser conectado a la línea neutral. Sin embargo, es necesario para que el tiristor sea disparado con un pulso referenciado a su cátodo (MT1). Esto sugiere que el cátodo y el común de control sean conectados a la línea de potencia neutral (esto podría ser peligroso ya que una simple conexión incorrecta podría aplicar la línea de voltaje al común de la red de control que en nuestro caso es una computadora). Recomendamos ampliamente el aislamiento entre el común de control y cualquier terminal de potencia haciendo que el pulso de disparo del SCR que esta acoplado. Ya sea mediante un transformador de pulso o un acoplador óptico.

En la figura 3.21 se muestra el diagrama esquemático y se describe cada uno de los pines del MOC3011. Este dispositivo internamente contiene un interruptor bilateral de silicio activado por luz que esta ópticamente acoplado a un diodo emisor de luz (LED). Cuando el LED se enciende, se activa el interruptor. Mediante el manejo del LED a 60 Hz y sobre el intervalo de tiempo de 80 μ s, se pueden suministrar corrientes de disparo del orden de 600 mA a la compuerta del SRC o el TRIAC.

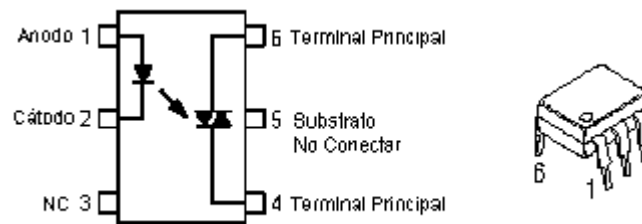


Figura 3. 21 Optotriac esquema y encapsulado.

La figura 3.22, muestra un circuito de disparo típico. Para disparar el interruptor de silicio (por consiguiente el TRIAC), primeramente se debe encender el LED. Aunque esto se consigue con 8 mA, a 1.8V a través del LED, la corriente de salida máxima a la compuerta del tiristor requiere una corriente directa a través del LED de 30 mA, con una caída de voltaje a través del mismo de aproximadamente 4Volts. Esto ocurre cuando la salida del comparador cambia a una lógica baja, por lo que fluye una corriente por el LED. Su valor es fijado por la fuente de alimentación, la caída a través del LED (2 a 4V) y el tamaño de la resistencia limitadora 1.5V. este voltaje es muy pequeño para mantener encendido al interruptor bilateral del MOC 3011, por lo que se apaga. Esto es muy conveniente, lo que permite pulsos de corriente en compuerta grandes procedentes del MOC 3011, sin requerir ninguna red generadora de pulsos.

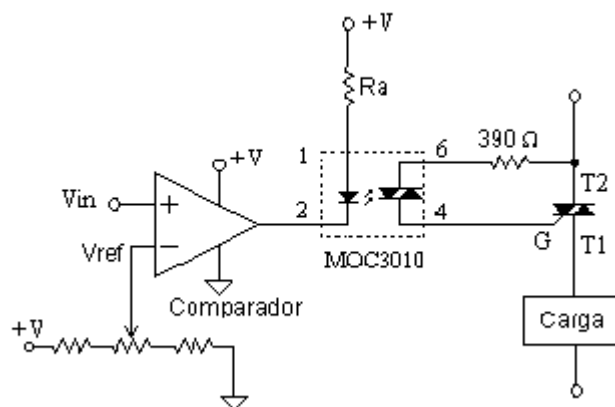


Figura 3. 22 Circuito de disparo con triac.

El MOC 3011 puede ser manejado directamente por lógica de colector abierto. En la figura 3.23 Se muestran varias aplicaciones, al igual que las versiones manejadas por comparador, la carga es activada cuando el pin 2 del manejador (cátodo del LED) es llevado a tierra. El resistor R_{in} debe ser seleccionado para fijar la corriente directa por el LED entre 8 y 50 mA.

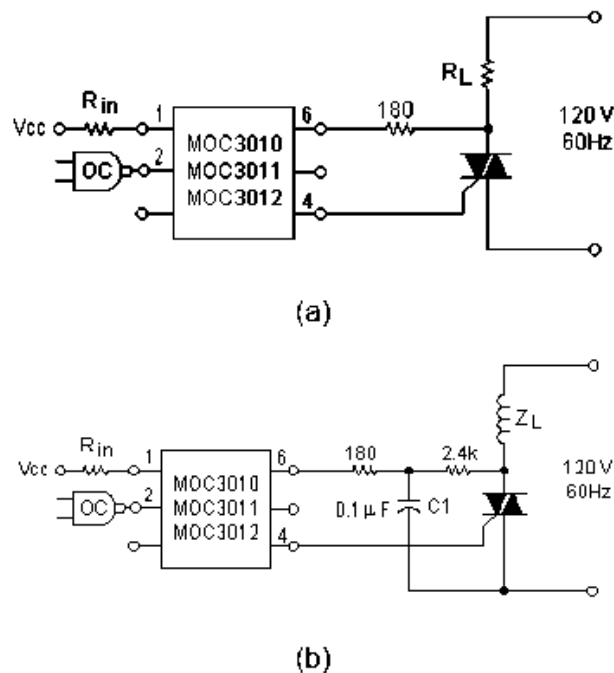


Figura 3. 23 Moc 3011 disparo por circuito lógico.

3.9.1 Diseño

Para Poder diseñar el circuito de disparo es necesario analizar las diferentes electroválvulas disponibles en el mercado.

3.9.2 Válvulas

Una **electroválvula** es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería. La válvula está controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina solenoide.

No se debe confundir la electroválvula con válvulas motorizadas, que son aquellas en las que un motor acciona el cuerpo de la válvula.

Clases y funcionamiento.

Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte energía eléctrica en energía mecánica para actuar la válvula.

Existen varios tipos de electroválvulas. En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para su movimiento. Es corriente que la válvula se mantenga cerrada por la acción de un muelle y que el solenoide la abra venciendo la fuerza del muelle. Esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo energía mientras la válvula deba estar abierta.

También es posible construir electroválvulas biestables que usan un solenoide para abrir la válvula y otro para cerrar o bien un solo solenoide que abre con un pulso y cierra con el siguiente.

Las electroválvulas pueden ser *cerradas en reposo* o *normalmente cerradas* lo cual quiere decir que cuando falla la alimentación eléctrica quedan cerradas o bien pueden ser del tipo *abiertas en reposo* o *normalmente abiertas* que quedan abiertas cuando no hay alimentación.

Hay electroválvulas que en lugar de abrir y cerrar lo que hacen es conmutar la entrada entre dos salidas. Este tipo de electroválvulas a menudo se usan en los sistemas de calefacción por zonas lo que permite calentar varias zonas de forma independiente utilizando una sola bomba de circulación.

En otro tipo de electroválvula el solenoide no controla la válvula directamente sino que el solenoide controla una válvula piloto secundaria y la

energía para la actuación de la válvula principal la suministra la presión del propio fluido.

La figura 3.24 muestra el funcionamiento de este tipo de válvula. En la parte superior vemos la válvula cerrada. El agua bajo presión entra por **A**. **B** es un diafragma elástico y tiene encima un muelle que le empuja hacia abajo con fuerza débil. La función de este muelle no nos interesa por ahora y lo ignoramos ya que la válvula no depende de él para mantenerse cerrada. El diafragma tiene un diminuto orificio en el centro que permite el paso de un pequeño flujo de agua. Esto hace que el agua llene la cavidad **C** y que la presión sea igual en ambos lados del diafragma. Mientras que la presión es igual a ambos lados, vemos que actúa en más superficie por el lado de arriba que por el de abajo por lo que presiona hacia abajo sellando la entrada. Cuanto mayor sea la presión de entrada, mayor será la fuerza con que cierra la válvula.

Ahora estudiamos el conducto **D**. Hasta ahora estaba bloqueado por el núcleo del solenoide **E** al que un muelle empuja hacia abajo. Si se activa el solenoide, el núcleo sube y permite pasar el agua desde la cavidad **C** hacia la salida con lo cual disminuye la presión en **C** y el diafragma se levanta permitiendo el paso directo de agua desde la entrada **A** a la salida **F** de la válvula. Esta es la situación representada en la parte inferior de la figura.

Si se vuelve a desactivar el solenoide se vuelve a bloquear el conducto **D** y el muelle situado sobre el diafragma necesita muy poca fuerza para que vuelva a bajar ya que la fuerza principal la hace el propio fluido en la cavidad **C**.

De esta explicación se deduce que este tipo de válvula depende para su funcionamiento de que haya mayor presión a la entrada que a la salida y que si se invierte esta situación entonces la válvula abre sin que el solenoide pueda controlarla.

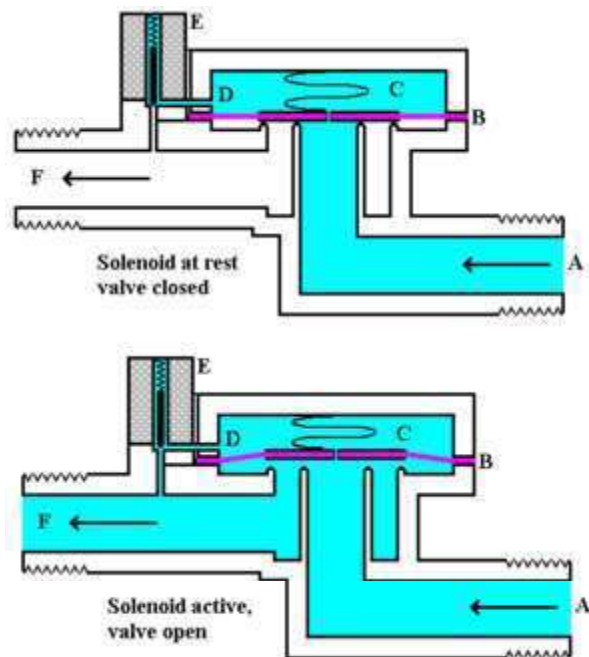


Figura 3. 24 Funcionamiento de electroválvula.

Este tipo de válvulas se utilizan muy comúnmente en lavadoras, lavaplatos, riegos y otros usos similares.

Las electroválvulas también se usan mucho en la industria para controlar el flujo de todo tipo de fluidos.

Al igual que en los sistemas de control se encuentra gran cantidad de válvulas disponibles en el mercado, con el fin de adaptar el sistema a estos equipos existentes se enfocara la atención en las características eléctricas de las mismas

Electroválvula serie Dv 3/4" con solenoide 24 v Rosca hembra marca Rainbird.



Figura 3. 25 Electroválvula Rainbird.

ESPECIFICACIONES ELECTRICAS

- Solenoide 24 V.
- Corriente de arranque: 0.30 A.

Válvula solenoide con control de flujo Orbit

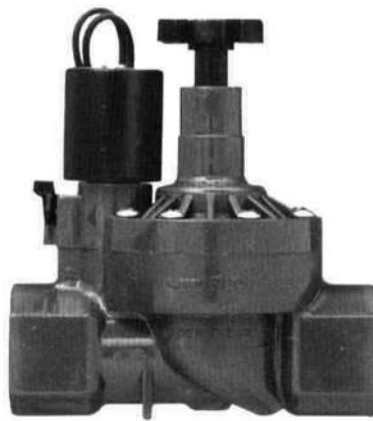


Figura 3. 26 Electroválvula marca Orbit.

Solenoide 24VAC

Corriente de arranque: 0.3 A.

3.9.3. Observaciones

Dadas las características eléctricas de las electroválvulas se diseñara el circuito de disparo a 24VCA. y 0.3.A. teniendo en cuenta que la mayoría de las electroválvulas cuentan con esos estándares.

3.9.4. Circuito de disparo TRIAC

El **Triac** es un semiconductor, de la familia de los tiristores. La diferencia con el tiristor convencional es que éste es unidireccional, es decir, funciona con corriente alterna en el sentido de polarización con medio semiciclo, y el Triac es bidireccional, funciona en los semiciclos positivos y negativos.

Entonces un tiristor o SCR, dará solo la mitad de voltaje a la carga, mientras que el Triac será todo el voltaje. De forma coloquial podría decirse que el Triac es un switch que conmutar la corriente alterna a la carga. Su estructura interna se asemeja en cierto modo a la disposición que formarían dos SCR en antiparalelo.

Cuando el Triac conduce, hay una trayectoria de flujo de corriente de muy baja resistencia de una terminal a la otra, dependiendo la dirección de flujo de la polaridad del voltaje externo aplicado. Cuando el voltaje es mas positivo en MT2, la corriente fluye de MT2 a MT1 en caso contrario fluye de MT1 a MT2. En ambos casos el Triac se comporta como un interruptor cerrado. Cuando el Triac deja de conducir no puede fluir corriente entre las terminales principales sin importar la polaridad del voltaje externo aplicado por tanto actúa como un interruptor abierto.

Debe tenerse en cuenta que si se aplica una variación de tensión importante al Triac (dv/dt) aún sin conducción previa, el Triac puede entrar en conducción directa.

SÍMBOLO esquemático y terminales del Triac

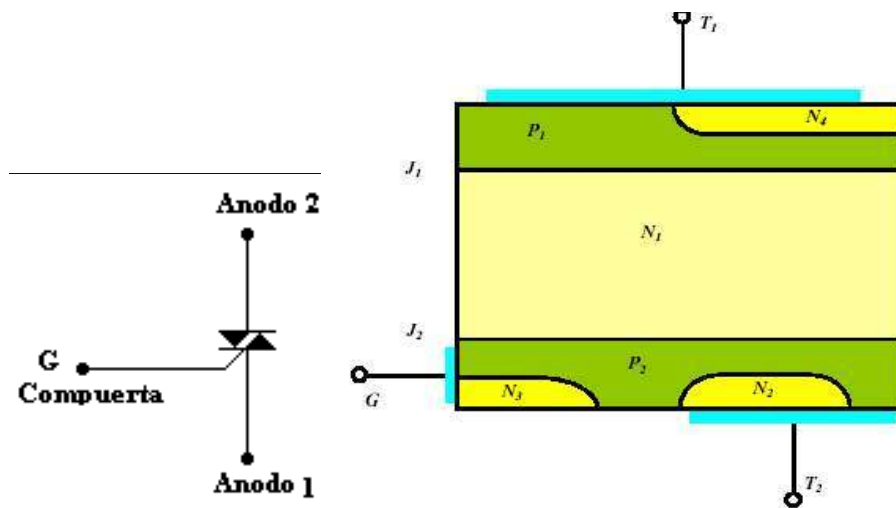


Figura 3. 27 Estructura Triac.

La estructura contiene seis capas como se indica en la Figura 3.27 aunque funciona siempre como un tiristor de cuatro capas. En sentido MT2-MT1 conduce a través de $P_1N_1P_2N_2$ y en sentido MT1-MT2 a través de $P_2N_1P_1N_4$. La capa N_3 facilita el disparo con intensidad de puerta negativa. La complicación de su estructura lo hace mas delicado que un tiristor en cuanto a di/dt y dv/dt y capacidad para soportar sobre intensidades. Se fabrican para intensidades de algunos amperios hasta unos 200 A eficaces y desde 400 a 1000 V de tensión de pico repetitivo. Los Triac son fabricados para funcionar a frecuencias bajas, los fabricados para trabajar a frecuencias medias son denominados *alternistores*. En la figura 3.27. se muestra el símbolo esquemático e identificación de las terminales de un Triac, la nomenclatura Ánodo 2 (A2) y Ánodo 1 (A1) pueden ser reemplazados por Terminal Principal 2 (MT2) y Terminal Principal 1 (MT1) respectivamente.

CARACTERISTICA TENSION – CORRIENTE

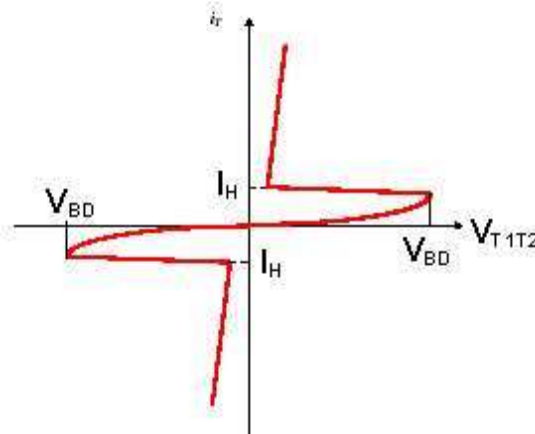


Figura 3. 28 Curva de operación Triac.

La figura 3.28 describe la característica tensión–corriente del Triac. Muestra la corriente a través del Triac como una función de la tensión entre los ánodos MT_2 y MT_1 .

El punto V_{BD} (tensión de ruptura) es el punto por el cual el dispositivo pasa de una resistencia alta a una resistencia baja y la corriente, a través del Triac, crece con un pequeño cambio en la tensión entre los ánodos.

El Triac permanece en estado ON hasta que la corriente disminuye por debajo de la corriente de mantenimiento I_H . Esto se realiza por medio de la disminución de la tensión de la fuente. Una vez que el Triac entra en conducción, la compuerta no controla más la conducción, por esta razón se acostumbra dar un pulso de corriente corto y de esta manera se impide la disipación de energía sobrante en la compuerta.

El mismo proceso ocurre con respecto al tercer cuadrante, cuando la tensión en el ánodo MT_2 es negativa con respecto al ánodo MT_1 y obtenemos la característica invertida. Por esto es un componente simétrico en cuanto a conducción y estado de bloqueo se refiere, pues la característica en el cuadrante I de la curva es igual a la del III

3.9.5. DISEÑO

En la figura 3.29 puede verse una aplicación de gobierno para la electroválvula mediante un Triac. La señal de control (pulso positivo) llega desde la salida de la tarjeta de adquisición de datos DO (digital output), cuando se envía la señal de riego se activa un 1 lógico (5v) por lo que circulará corriente a través del diodo emisor perteneciente al MOC3011 (opto acoplador). Dicho diodo emite un haz luminoso que hace conducir al fototriac a través de R2 tomando la tensión del ánodo del Triac de potencia. Este proceso produce una tensión de puerta suficiente para excitar al Triac principal que pasa al estado de conducción provocando el arranque de la electroválvula.

Se debe recordar que el Triac se desactiva automáticamente cada vez que la corriente pasa por cero, es decir, en cada semiciclo, por lo que es necesario redisparar el Triac en cada semiciclo o bien mantenerlo con la señal de control activada durante el tiempo que consideremos oportuno.

Es importante tener en cuenta que el Triac debe ir montado sobre un disipador de calor constituido a base de aletas de aluminio de forma que el semiconductor se refrigere adecuadamente.

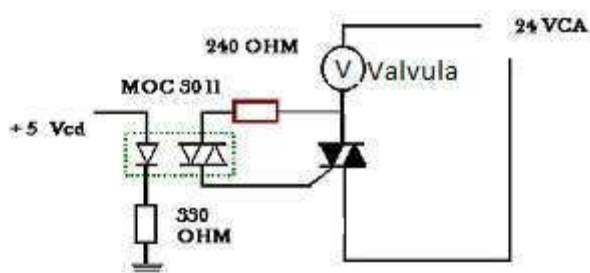


Figura 3. 29 Circuito de disparo Electroválvula.

3.10. Sensor de humedad de suelo

La mayoría de los métodos e instrumentos para medir la humedad del suelo consisten en medir algunas propiedades del suelo que se alteran con cambios en el contenido de humedad. De esta forma proporcionan valiosa ayuda en la determinación de la disponibilidad del agua en las plantas.

Tensiómetro.

Este método indirecto es uno de los más precisos para determinar la humedad en el suelo. El tensiómetro mide la tensión de un suelo en función de la humedad presente. El instrumento consiste de una cápsula porosa de cerámica conectada a un tubo que contiene un sensor de vacío o un manómetro (figura 2.30).



Figura 3. 30 Tensiómetro.

Para operar el tensiómetro se llena de agua, se extrae el aire, se cierra y se instala en el suelo lo más cerca posible de la zona de raíces. Para asegurar un estado de equilibrio, las lecturas deben tomarse 24 hr después de su instalación. A medida que el suelo se seca, el agua dentro del tensiómetro es succionada a través de la cápsula porosa por la matriz del suelo, creándose un vacío parcial que es detectado por el manómetro. Este vacío es aproximadamente igual al potencial

métrico (succión) del suelo al contenido de humedad que esté presente en ese momento en el suelo. Cuando un suelo es regado, el agua se mueve desde el suelo húmedo hacia el interior del tensiómetro, esto reduce el vacío y el manómetro detecta la nueva tensión o el relativo contenido de humedad.

Los tensiómetros generalmente trabajan en un rango de valores entre 0 a 100 centibares (cb). Una lectura de 0 indica que el suelo está saturado, mientras que la máxima lectura útil está a 75 cb. Una guía práctica en la programación del riego es aplicar el riego cuando el contenido de la humedad del suelo es el 75 % de la humedad a capacidad de campo. Si esta guía es aplicada a un cultivo en un suelo arenoso, el riego se aplicaría cuando el tensiómetro marque 25 o menos centibares. En contraste, este mismo cultivo en un suelo arcilloso podría ser regado cuando la lectura en el tensiómetro marque alrededor de 80 cb, sin embargo, 80 cb está fuera de rango de operación de los tensiómetros, por esta razón no se recomienda su uso en suelos arcillosos.

La instalación de los tensiómetros debe hacerse a una profundidad y ubicación que represente el contenido de humedad dentro de la zona activa de raíces. Para cultivos de raíces poco profundas (menor de 50 cm) un tensiómetro es recomendable, instalándolo a la mitad del bulbo de raíces. En cultivos de raíces profundas como frutales, dos o tres tensiómetros son recomendables.

Para la instalación de los tensiómetros debe tomarse en consideración el sistema de riego a emplear. En riego por surcos la instalación se efectúa en el surco del cultivo, en riego por aspersión, se colocan de tal manera que el agua proveniente del aspersor no sea interceptada y alcance al tensiómetro, y en riego por goteo, la instalación se hace entre 0.3 y 0.6 m del emisor del gotero.

Bloques de yeso.

Este método está basado en que la resistencia eléctrica de un suelo depende de la cantidad de humedad que haya entrado en él. Los bloques de yeso son sensores de resistencia eléctrica usados para determinar el contenido de

humedad a una profundidad deseada en el suelo. El dispositivo consiste en dos electrodos colocados en dos pequeños bloques de yeso que son enterrados en el suelo. Ambos electrodos van conectados al aparato donde es medida la resistencia eléctrica en ohms.

Los bloques de yeso requieren de ser calibrados para que una determinada resistencia represente un cierto contenido de humedad para ese suelo. Al calibrarlos se ha encontrado que la resistencia eléctrica varía de acuerdo a una función de tipo exponencial con la humedad.

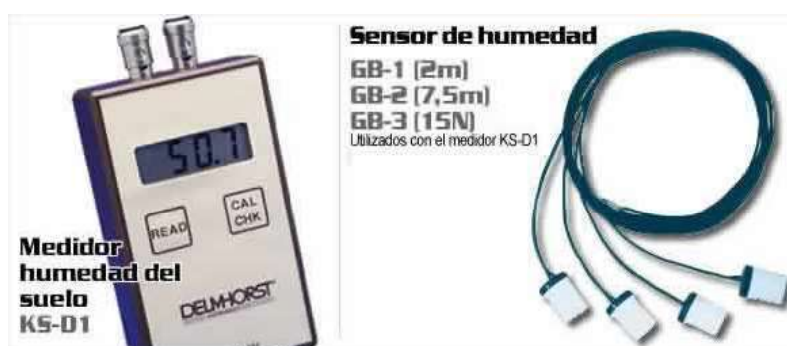


Figura 3. 31 Bloques de yeso.

Este instrumento requiere considerablemente más tiempo para llegar al equilibrio con el suelo. En las cercanías de la capacidad de campo la variación de la resistencia respecto a la humedad es muy pequeña, aumentando súbitamente al acercarse el PMP (punto de marchitamiento permanente), de donde se deduce que para valores altos de humedad aprovechable, la exactitud del método es baja, siendo muy alta para valores cercanos al PMP. Si se tuviere un cultivo sensible, cuando el bloque de yeso muestra algún cambio en el contenido de humedad, podría ser muy tarde para regar.

Cuando la humedad del suelo es agotada rápidamente, como en los suelos arenosos, o en los cultivos con raíces poco profundas, el uso de este instrumento puede traer serios problemas. Por esta razón se recomienda ser usado en suelos medios o pesados con cultivos de raíces profundas o tolerantes a la sequía.

Respecto a esto los tensiómetros son más apropiados para suelos arenosos a medios con cultivos sensibles a la sequía o con raíces poco profundas.

Aspersor de neutrones (neutrómetro).

El aspersor de neutrones o neutrómetro es un método usado más frecuentemente en trabajos de investigación para medir directamente en el campo la Et (evapotranspiración) del cultivo. El aspersor o dispersor de neutrones está equipado con una fuente de poder, detector y fuente de neutrones que emite neutrones en el suelo, algunos de estos neutrones chocan con los hidrógenos del agua y son deflectados, y finalmente, estos últimos son registrados por un sensor digital. Existe una relación directa entre los neutrones deflectados y la humedad del suelo, sin embargo, el neutrómetro necesita ser calibrado para cada tipo de suelo.

Hay dos maneras de calibrar el neutrómetro, con el método gravimétrico o en laboratorio con ayuda de un barril lleno de suelo a una determinada humedad, este último es más complicado por el manejo del barril. Con cualquiera de las dos calibraciones es importante encontrar una curva de calibración.

La manera de medir el contenido de humedad es introducir la fuente de neutrones a un tubo de acceso (introducido previamente en el suelo) que puede ser de aluminio, acero o PVC, el cual se instala dentro de la zona radicular.

Para una mayor facilidad de lecturas se utilizan varios tubos distribuidos en todo el terreno, en las zonas más representativas, los tubos pueden dejarse instalados en el terreno durante el ciclo de cultivo y realizar la determinación cuando se requiera.

El neutrómetro mide la humedad en un volumen aproximadamente igual al de un balón de 30 cm de diámetro, mientras que un tensiómetro la mide en un punto. Esto puede ser bueno o malo. Por ejemplo, en un campo regado uniformemente puede resultar un contenido de humedad más representativo,

mientras que en un campo regado por goteo, donde el contenido de humedad no es uniformemente distribuido, medidas con el neutrómetro pueden ser erróneas. Cerca de la superficie (menos de 30 cm) del suelo, las lecturas no son correctas ya que los neutrones se pierden en la atmósfera.

Medidor Aquater

El medidor Aquater es un instrumento sensible a la humedad que mide el contenido relativo de la humedad en el suelo basado en la propiedad dieléctrica del mismo. El instrumento es insertado a la profundidad deseada y su punta propaga una onda electromagnética en el suelo la cual indica el contenido de humedad.

La ventaja del Aquater es su portabilidad y fácil operación, lo cual permite realizar múltiples lecturas en un tiempo relativamente corto. Se recomienda que el aparato sea calibrado con la misma agua de riego antes de ser usado. Las lecturas en el medidor están numeradas de 1 a 100. Para calibrarlo la punta se sumerge en agua y el tornillo de calibración es ajustado a 100. Este instrumento da lecturas en puntos determinados de círculos de aproximadamente 0.25 pulgadas de diámetro y dependiendo del nivel de salinidad y temperatura del suelo, sus lecturas pueden estar sujetas a errores. Este aparato se recomienda como un indicador de la humedad del suelo, no siendo apropiado para calcular la cantidad de agua requerida en cada riego. Una vez que el momento del riego es determinado, la cantidad de agua es calculada utilizando la E_t del cultivo multiplicada por el intervalo de riego. El Aquater también puede ser utilizado para evaluar la uniformidad del riego haciendo medidas en diferentes puntos del campo. Debe tenerse cuidado en suelos rocosos o muy secos, ya que la punta es sensible y puede quebrarse.

Termómetro infrarrojo.

El termómetro infrarrojo se basa en el principio que utilizaban los antiguos agricultores, que era el de entre otras observaciones, la de tocar las hojas y en función de su temperatura decidían regar o no. Un cultivo bajo tensión (falta de agua) se identifica por tener la hoja caliente.

El termómetro mide la diferencia en temperatura entre el aire y el follaje del cultivo. Si esta diferencia es menor la evapotranspiración también va ser menor. Un cultivo muerto tendrá la temperatura de su follaje igual que la del aire. Esta diferencia en temperatura es usada para calcular un término llamado índice de tensión por agua del cultivo. Este índice puede calibrarse con la cantidad extraída del suelo o con la humedad que queda disponible en la zona de raíces. Esta calibración es única para cada tipo de suelo y cultivo.

3.10.1. Diseño del sensor

Se implementara un sensor resistivo compuesto por dos láminas de aluminio en una sustancia porosa.

La finalidad del sensor es medir los cambios de resistencia eléctrica a medida que cambia la humedad, la sustancia porosa hecha de yeso se encargara de absorber la humedad de la tierra que rodea al sensor.

Se decidió el uso de yeso por su capacidad de absorción, su tiempo de vida medio para soportar el uso en suelo y su bajo costo.

Al absorber la humedad del suelo cambiaran sus propiedades resistivas mediante un divisor de voltaje se medirá este ultimo como la referencia de humedad el cual será leído por la tarjeta de adquisición de datos.

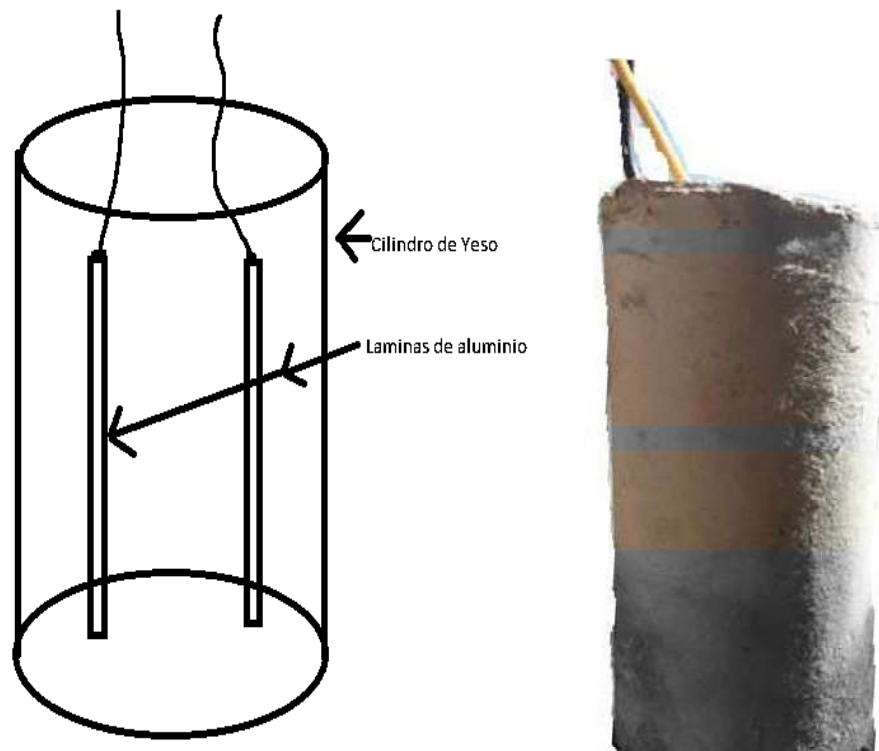


Figura 3. 32 Sensor de Humedad implementado.

Capítulo 4 Pruebas y resultados

El sistema fue instalado en una computadora que cuenta con procesador Intel a 2.4 GB, 1 GB de memoria RAM, 80 Gb en disco duro y Windows 7.

El sistema de riego fue instalado en una maceta de 40 cm de diámetro por 30 cm de altura una distancia de la computadora de 5 metros aproximadamente, se selecciono este sistema por la posibilidad de ubicarlo en un área fuera de intervenciones externas (riego accidental, lluvias).

El sensor se ubico a una profundidad de 6 centímetros altura a la que se encuentran las raíces de la planta, se utilizo un solo sensor dada la reducida área de riego aunque el sistema tiene la posibilidad de implementar hasta 4 sensores.



Figura 4. 1 Instalación del sensor en el sistema.

La electroválvula se conecto a una toma de agua mediante un coplee de 1 pulgada y guiada hasta el sistema mediante una manguera de 3 metros de largo.

Para las pruebas mediante el control en red se utilizo una computadora Acer one procesador Atom 1.6 GB, 1 GB en RAM, navegador Google chrome internet Explorer 8, conexión a internet a 1 Mb

4.1. Prueba en modo manual.

La primera prueba se realizo mediante el uso del sistema definido por el usuario (figura 3.5) indicando al sistema que regara de 4:30 p.m. a 5:20 p.m. el día 05/02/2012 con la finalidad de probar el sistema definido por el usuario y tomar datos del sensor.

La profundidad del sensor se coloco a 6 centímetros ya que es la profundidad a la que se encuentran las raíces de las plantas pequeñas, la idea es tener la cantidad de humedad en las raíces, dado que estas son las que absorberán el agua.

La planta se rego el tiempo suficiente para que alcanzara el máximo nivel de humedad posible, el cual se revisó por inspección, esto se realizo corroborando que la cantidad de agua que se le proporcionaba a la planta (maceta) fuera la misma cantidad que salía de ella, tomando así la consideración de que la tierra ya no podía absorber mas liquido.



Figura 4. 2 Selección de fecha y hora de riego.

El sistema funciona de acuerdo a los parámetros establecidos anteriormente, irrigando por 30 minutos de acuerdo a la hora de inicio y a los días marcados, en la fecha indicada realizando un riego por un periodo de 16 minutos de acuerdo a lo establecido.

Datos del sensor.

Durante la prueba se tomaron las mediciones de voltaje que el sensor proporcionó, se tomaron mediciones cada 5 minutos. Y hasta que la tierra alcanzó la saturación.

El sensor proporcionó los siguientes datos.

Tiempo de riego (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Voltaje en sensor	2.2	2.93	3.65	4.22	5.2	6.03	7.1	8.23	8.26	8.18	8.21

4.2. Prueba del modo automático.

Para las pruebas de el modo automático se selecciono un nivel de humedad al azar, dado que no se tiene la información de la cantidad de humedad requerida para la planta, dejando funcionar el sistema por un periodo de tres días.

La plata se coloco en un área donde le diera el sol durante todo el periodo de luz natural para así tener la mayor evaporación de agua durante el día.

Fecha	Hora de inicio	Hora de terminación
22/05/2012	7:00 p.m.	7:18 p.m.
	01:22 a.m.	01:36 a.m.
23/05/2012	7:00 p.m.	7:16 p.m.
	00:42 a.m.	01:03a.m.
24/05/2012	7:00 p.m.	7:22 p.m.
	01:17 a.m.	01:36 a.m.

El registro de tiempos se realizo de forma manual, así que no se pudo determinar si realizo más activaciones durante la noche.

De los datos obtenidos se observa que el sistema funciona de acuerdo a lo esperado.

CAPITULO 5 Conclusiones generales y trabajos futuros.

5.1 conclusiones generales.

Mismo control de sistemas actuales.

Uno de los objetivos es tener el mismo control que ofrece un sistema actual, el programa cuenta con selección de horarios de riego y selección de hora y fecha con lo cual se cumplió lo esperado, además de integrar el riego automático y el control a través de internet con lo cual el sistema ofrece ventajas sobre los sistemas actuales.

Modo automático.

Resultados favorables en las pruebas realizadas, teniendo control de riego por medio del sensor de humedad, el sistema es capaz de mantener el control de riego sin ninguna intervención del usuario.

Interfaz por computadora.

Se tiene un control de todas las funciones por medio del PC, se logro implementar una interfaz sencilla y amigable para cualquier usuario del sistema, así como el control del sistema a través de internet ampliando las posibilidades de control.

5.2. Ventajas y desventajas.

Ventajas.

El sistema ahorrara agua a diferencia de los sistemas convencionales, se tiene un control más preciso de la cantidad de agua y de los horarios.

El sistema permite un control desde la comodidad del hogar a diferencia de los actuales que normalmente se instalan en el jardín.

Desventajas.

El costo del sistema es similar al de los actuales en el mercado siempre y cuando ya se disponga de una PC con los requisitos que pide el sistema, si no se cuenta con dicho equipo el costo es mucho mayor.

Aun no se cuenta con un prototipo que sea fácil de instalar.

5.3. Trabajos a futuro.

Mayor cantidad de pruebas.

Dado la limitación de tiempo se pudo realizar pocas pruebas al sistema, pretendiendo incrementarlas.

Programar modulo de registro de datos.

Durante las pruebas realizadas la recolección de datos fue hecha de forma manual, se pretende agregar módulos de registro de datos para que se guarden de forma autónoma.

Mejoras del sensor.

Aunque el sensor ha mostrado buenos resultados en las pruebas obtenidas se intenta mejorar su eficiencia, o reemplazarlo por un sensor comercial que proporcione mejor rendimiento.

Bibliografía

GUROVICH, Luis A. Fundamentos y diseño de sistemas de riego, Costa Rica: IICA, 1985.

Phene, D.J., R.J. McCormick, J.M. Miyamoto, D.W. Meek, y K.R. Davis, 1985, Evapotranspiration and crop coefficient trickle irrigated tomatoes. Third. international Drip/Trickle Irrigation Congress, Fresno, California, USA.

FAO. Food and Agriculture Organization. «Country Profile: Mexico». *Aquastats*. Consultado el 24 noviembre 2011.

CONAGUA. *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*, México D.F. 2008.

INEGI. *II Censo de Captación, Tratamiento y Suministro de Agua*. Censos Económicos 2004. México

CISNEROS ALMAZAN, R. (2003). *Apuntes de la materia de riego y drenaje*. San Luis Potosí: Centro de Investigación y Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. .

Gershenson, A. (2007). *La Jornada*. Recuperado el 13 de 11 de 2011, de <http://www.jornada.unam.mx/2007/03/04/index.php?section=politica&article=016a2pol>

Orson W. Israelsen, V. E. (1985). *Principios y aplicaciones del riego*. Barcelona, España: Editorial Reverte, S.A.

Anexos

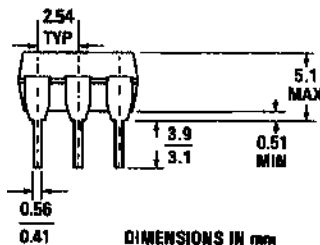
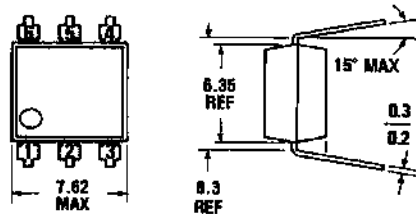
Hoja de Datos Moc3011



NON-ZERO-CROSSING TRIACS

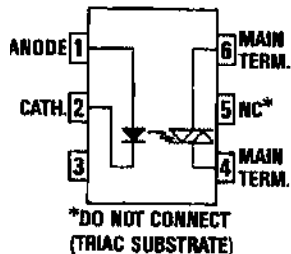
**MOC3009 MOC3010
MOC3011 MOC3012**

PACKAGE DIMENSIONS



DIMENSIONS IN mm
PACKAGE CODE E

ST1603-02



Equivalent Circuit

C2081

DESCRIPTION

The MOC3009, MOC3010, MOC3011 and MOC3012 are optically isolated triac driver devices. These devices contain a GaAs infrared emitting diode and a light activated silicon bilateral switch, which functions like a triac. This series is designed for interfacing between electronic controls and power triacs to control resistive and inductive loads for 120 VAC operations.

FEATURES

- Low input current required (typically 5mA—MOC3011)
- High isolation voltage—minimum 7500 VAC peak
- Underwriters Laboratory (UL) recognized—File E90700

APPLICATIONS

- Triac driver
- Industrial controls
- Traffic lights
- Vending machines
- Motor control
- Solid state relay

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

TOTAL PACKAGE

Storage temperature -55°C to 150°C
Operating temperature -40°C to 100°C
Lead temperature
(soldering 10 sec) 260°C
Withstand test voltage ... 7500 VAC Peak (50-60 Hz)

INPUT DIODE

Forward DC current 50 mA
Reverse voltage 3 V
Peak forward current
(1 μ s pulse, 300 pps) 3.0 A
Power dissipation (25°C ambient) 100 mW
Derate linearly (above 25°C) 1.33 mW/°C

OUTPUT DRIVER

Off-state output terminal voltage 250 volts
On-state RMS current $T_A=25^\circ\text{C}$ 100 mA
(Full cycle, 50 to 60 Hz) $T_A=70^\circ\text{C}$ 50 mA
Peak nonrepetitive surge current 1.2 A
(PW=10 ms, DC=10%)
Total power dissipation @ $T_A=25^\circ\text{C}$ 300 mW
Derate above 25°C 4.0 mW/°C

2.55

ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS (25°C Temperature Unless Otherwise Specified)

INDIVIDUAL COMPONENT CHARACTERISTICS

CHARACTERISTIC	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNITS	TEST CONDITIONS
INPUT DIODE						
Forward voltage	V_f		1.2	1.50	V	$I_f = 10 \text{ mA}$
Junction capacitance	C_j		50		pF	$V_f = 0 \text{ V}$, $f = 1 \text{ MHz}$
Reverse leakage current	I_s			100	μA	$V_s = 3.0 \text{ V}$
OUTPUT DETECTOR						
Peak blocking current, either direction	I_{ORW}	—		100	nA	$V_{\text{ORW}} = 250 \text{ V}$, Note 1
Peak on-state voltage, either direction	V_{TM}	—	2.0	3.0	Volts	$I_{\text{TM}} = 100 \text{ mA Peak}$

Note 1. Test voltage must be applied within dv/dt rating.

TRANSFER CHARACTERISTICS

DC CHARACTERISTICS	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNITS	TEST CONDITIONS
LED trigger current (current required to latch output)	MOC3009 I_{ET}	—	15.0	30	mA	Main terminal voltage = 3.0 V, $R_L = 150\Omega$
	MOC3010 I_{ET}	—	10.0	15	mA	
	MOC3011 I_{ET}	—	5	10	mA	
	MOC3012 I_{ET}	—	—	5	mA	
Holding current	I_H	—	100	—	μA	Either direction

TRANSFER CHARACTERISTICS

CHARACTERISTICS	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNITS	TEST CONDITIONS
AC dv/dt RATING						
Critical rate of rise of off-state voltage	dv/dt	—	12.0	—	V/ μs	Static dv/dt (see Fig. 4)
Critical rate of rise of commutating voltage	dv/dt	—	0.2	—	V/ μs	Commutating dv/dt $I_{\text{OAO}} = 15 \text{ mA}$ (see Fig. 4)

ISOLATION CHARACTERISTICS

CHARACTERISTICS	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNITS	TEST CONDITIONS
Isolation voltage	V_{iso}	5300			$V_{\text{AC RMS}}$	$I_{\text{O}} < 1 \mu\text{A}$, 1 Minute
	V_{iso}	7500			$V_{\text{AC PEAK}}$	$I_{\text{O}} < 1 \mu\text{A}$, 1 Minute
Isolation resistance	R_{iso}	10^{11}			ohms	$V_{\text{IO}} = 500 \text{ VDC}$
Isolation capacitance	C_{iso}		0.5		pF	$f = 1 \text{ MHz}$

TYPICAL ELECTRICAL CHARACTERISTIC CURVES
(25°C Free Air Temperature Unless Otherwise Specified)

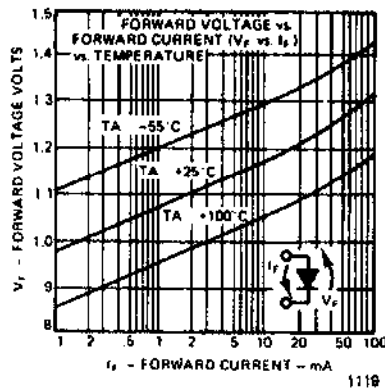


Fig. 1. Forward Voltage Drop vs. Forward Current

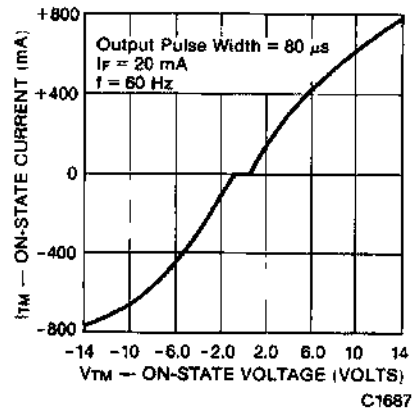


Fig. 2. On-State Characteristics

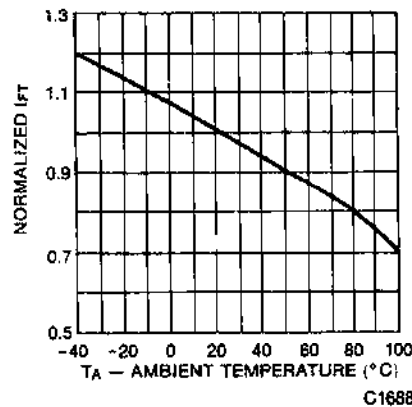


Fig. 3. Trigger Current vs. Temperature

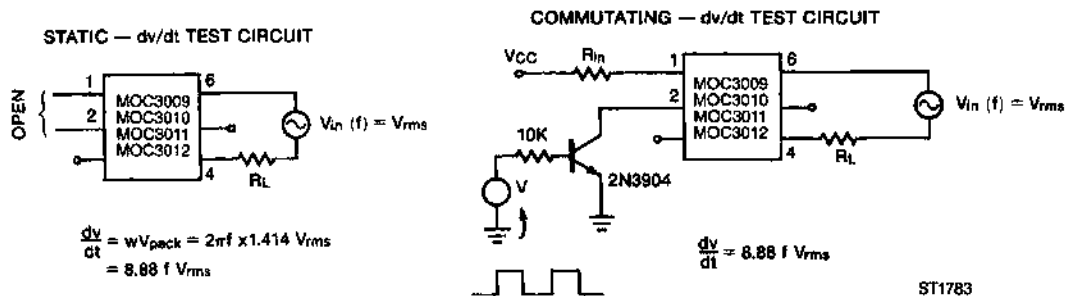


Fig. 4. dv/dt Test Circuits

Hoja de Datos Triac 2N6071.

MOTOROLA SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Order this document
by 2N6071/D

Sensitive Gate Triacs Silicon Bidirectional Thyristors

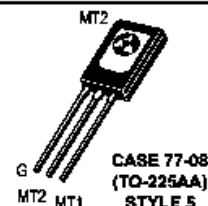
... designed primarily for full-wave ac control applications, such as light dimmers, motor controls, heating controls and power supplies; or wherever full-wave silicon gate controlled solid-state devices are needed. Triac type thyristors switch from a blocking to a conducting state for either polarity of applied anode voltage with positive or negative gate triggering.

- Sensitive Gate Triggering Uniquely Compatible for Direct Coupling to TTL, HTL, CMOS and Operational Amplifier Integrated Circuit Logic Functions
- Gate Triggering 4 Mode — 2N6071A,B, 2N6073A,B, 2N6075A,B
- Blocking Voltages to 600 Volts
- All Diffused and Glass Passivated Junctions for Greater Parameter Uniformity and Stability
- Small, Rugged, Thermopad Construction for Low Thermal Resistance, High Heat Dissipation and Durability

2N6071A,B*
2N6073A,B*
2N6075A,B*

*Motorola preferred devices

TRIACs
4 AMPERES RMS
200 thru 600 VOLTS



MAXIMUM RATINGS ($T_J = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
*Peak Repetitive Off-State Voltage ⁽¹⁾ (Gate Open, $T_J = 25$ to 110°C)	V_{DRM}	200 400 600	Volts
*On-State Current RMS ($T_C = 85^\circ\text{C}$)	$I_T(\text{RMS})$	4	Amps
*Peak Surge Current (One Full cycle, 60 Hz, $T_J = -40$ to $+110^\circ\text{C}$)	I_{TSM}	30	Amps
Circuit Fusing Considerations ($t = 8.3$ ms)	I^2t	3.7	A^2s
*Peak Gate Power	P_{GM}	10	Watts
*Average Gate Power	$P_{G(AV)}$	0.5	Watt
*Peak Gate Voltage	V_{GM}	5	Volts

*Indicates JEDEC Registered Data.

1. V_{DRM} for all types can be applied on a continuous basis. Blocking voltages shall not be tested with a constant current source such that the voltage ratings of the devices are exceeded.

2N6071A,B 2N6073A,B 2N6075A,B**MAXIMUM RATINGS**

Rating	Symbol	Value	Unit
*Operating Junction Temperature Range	T_J	-40 to +110	°C
*Storage Temperature Range	T_{stg}	-40 to +150	°C
Mounting Torque (8-32 Screw)(1)	—	8	in. lb.

*Indicates JEDEC Registered Data.

1. Torque rating applies with use of compression washer (B52200F006). Mounting torque in excess of 8 in. lb. does not appreciably lower case-to-sink thermal resistance. Main terminal 2 and heatsink contact pad are common.
For soldering purposes (either terminal connection or device mounting), soldering temperatures shall not exceed +200°C, for 10 seconds. Consult factory for lead bending options.

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
*Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	3.5	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	75	°C/W

*Indicates JEDEC Registered Data.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_C = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
*Peak Blocking Current ($V_D = \text{Rated } V_{DRM}$, gate open, $T_J = 25^\circ\text{C}$) ($T_J = 110^\circ\text{C}$)	I_{DRM}	—	—	10 2	μA mA
*On-State Voltage (Either Direction) ($I_{TM} = 6 \text{ A Peak}$)	V_{TM}	—	—	2	Volts
*Peak Gate Trigger Voltage (Continuous dc) (Main Terminal Voltage = 12 Vdc, $R_L = 100 \text{ Ohms}$, $T_J = -40^\circ\text{C}$) MT2(+), G(+); MT2(-), G(-) All Types MT2(+), G(-); MT2(-), G(+) (Main Terminal Voltage = Rated V_{DRM} , $R_L = 10 \text{ k ohms}$, $T_J = 110^\circ\text{C}$) MT2(+), G(+); MT2(-), G(-) All Types MT2(+), G(-); MT2(-), G(+)	V_{GT}	— — 0.2 0.2	1.4 1.4 — —	2.5 2.5 — —	Volts
*Holding Current (Either Direction) (Main Terminal Voltage = 12 Vdc, Gate Open, $T_J = -40^\circ\text{C}$) (Initiating Current = 1 Adc) 2N6071A,B, 2N6073A,B, 2N6075A,B ($T_J = 25^\circ\text{C}$) 2N6071A,B, 2N6073A,B, 2N6075A,B	I_H	— —	— —	30 15	mA
Turn-On Time (Either Direction) ($I_{TM} = 14 \text{ Adc}$, $I_{GT} = 100 \text{ mAdc}$)	t_{on}	—	1.5	—	μs
Blocking Voltage Application Rate at Commutation @ V_{DRM} , $T_J = 85^\circ\text{C}$, Gate Open, $I_{TM} = 5.7 \text{ A}$, Commutating $di/dt = 2.0 \text{ A/ms}$	$dv/dt(c)$	—	5	—	V/ μs

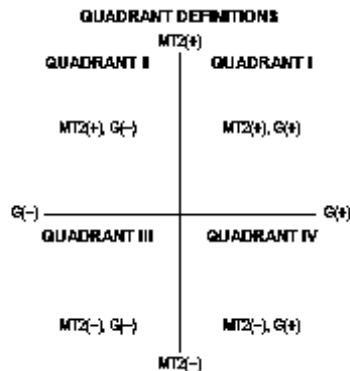
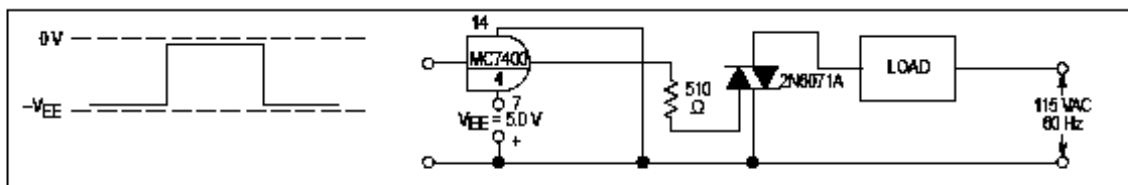
*Indicates JEDEC Registered Data.

2N6071A,B 2N6073A,B 2N6075A,B

			QUADRANT (See Definition Below)			
Gate Trigger Current (Continuous dc) (Main Terminal Voltage = 12 Vdc, $R_L = 100 \text{ ohms}$) Maximum Value	Type	I_{GT} @ T_J	I mA	II mA	III mA	IV mA
	2N6071A 2N6073A 2N6075A	+25°C	5	5	5	10
		-40°C	20	20	20	30
	2N6071B 2N6073B 2N6075B	+25°C	3	3	3	5
		-40°C	15	15	15	20

*Indicates JEDEC Registered Data.

SAMPLE APPLICATION: TTL-SENSITIVE GATE 4 AMPERE TRIAC TRIGGERS IN MODES II AND III



Trigger devices are recommended for gating on Triacs. They provide:

1. Consistent predictable turn-on points.
2. Simplified circuitry.
3. Fast turn-on time for cooler, more efficient and reliable operation.

SENSITIVE GATE LOGIC REFERENCE

IC Logic Functions	Firing Quadrant			
	I	II	III	IV
TTL		2N6071A Series	2N6071A Series	
HTL		2N6071A Series	2N6071A Series	
CMOS (NAND)	2N6071B Series			2N6071B Series
CMOS (Buffer)		2N6071B Series	2N6071B Series	
Operational Amplifier	2N6071A Series			2N6071A Series
Zero Voltage Switch		2N6071A Series	2N6071A Series	

2N5071A,B 2N5073A,B 2N5075A,B

FIGURE 7 - MAXIMUM ON-STATE CHARACTERISTICS

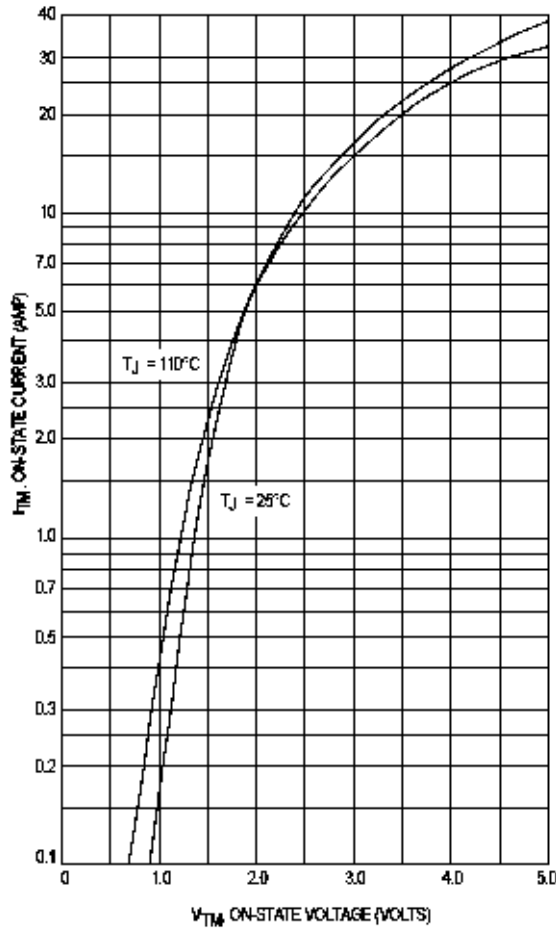


FIGURE 8 - TYPICAL HOLDING CURRENT

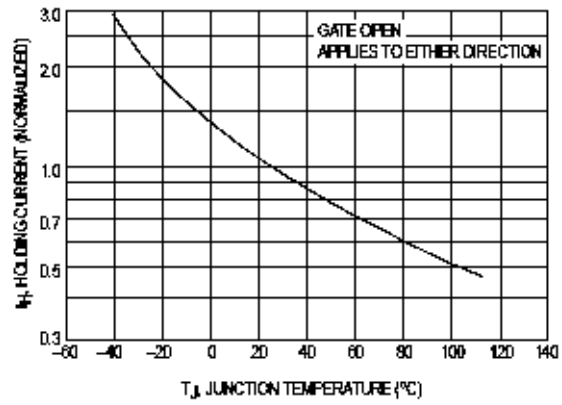


FIGURE 9 - MAXIMUM ALLOWABLE SURGE CURRENT

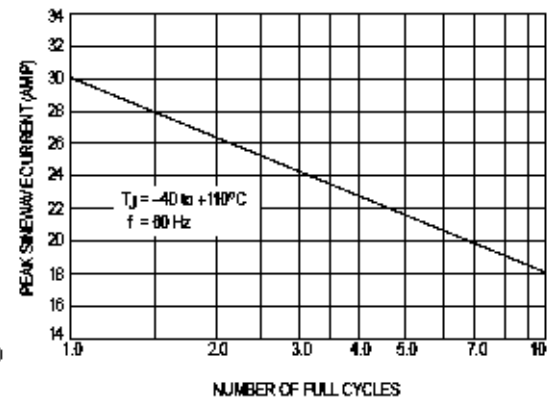
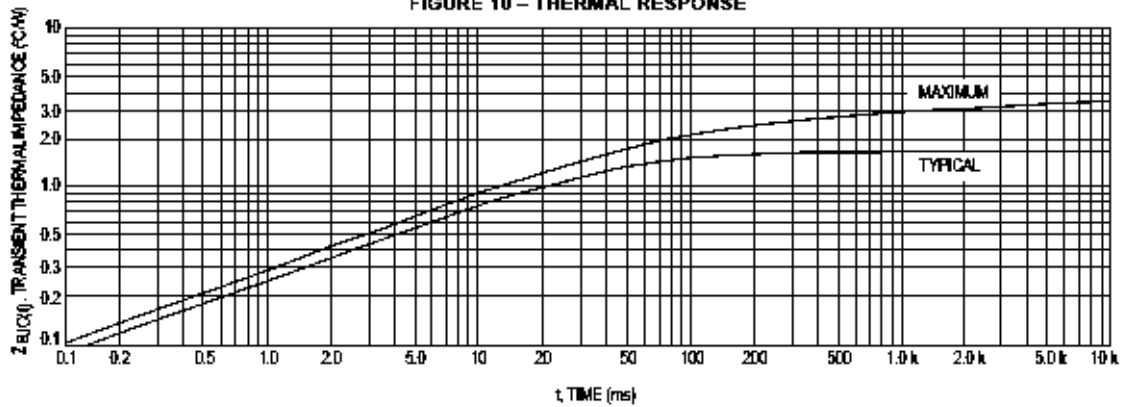


FIGURE 10 - THERMAL RESPONSE



2N6071A,B 2N6073A,B 2N6075A,B

FIGURE 1 – AVERAGE CURRENT DERATING

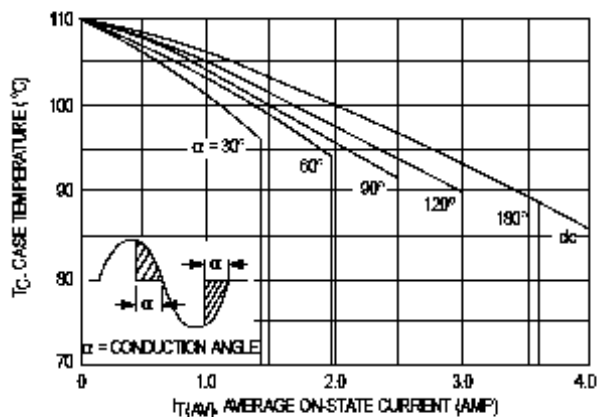


FIGURE 2 – RMS CURRENT DERATING

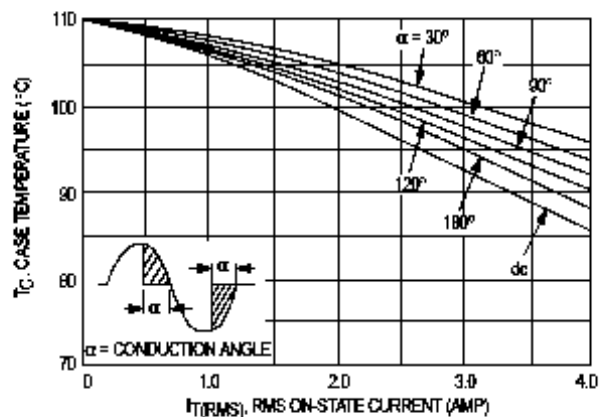


FIGURE 3 – POWER DISSIPATION

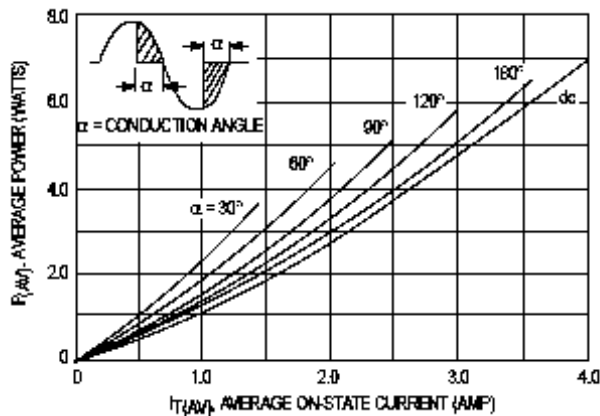


FIGURE 4 – POWER DISSIPATION

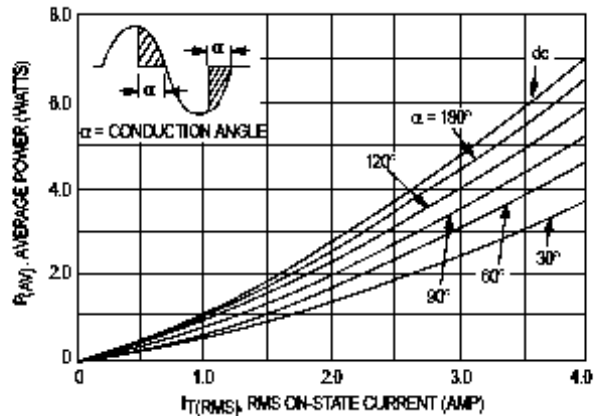


FIGURE 5 – TYPICAL GATE-TRIGGER VOLTAGE

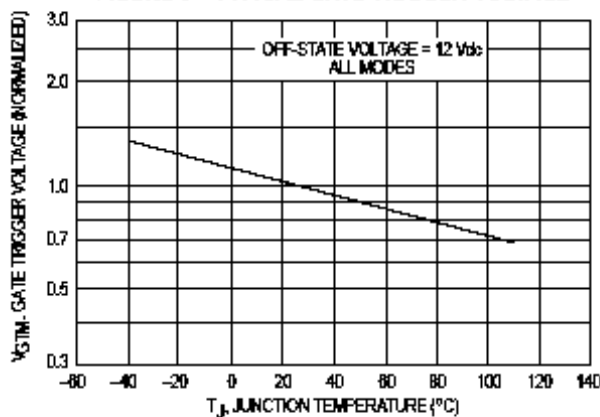
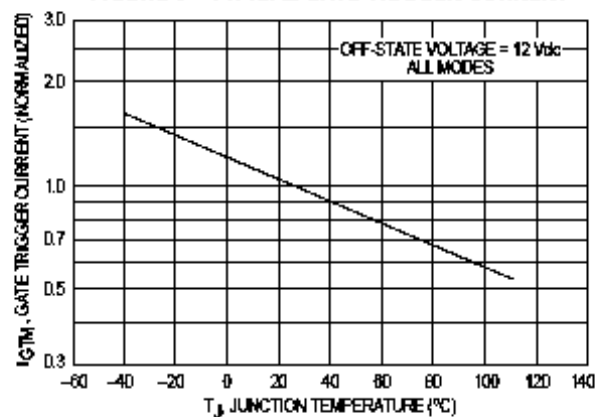


FIGURE 6 – TYPICAL GATE-TRIGGER CURRENT



2N5071A,B 2N5073A,B 2N5075A,B

FIGURE 7 – MAXIMUM ON-STATE CHARACTERISTICS

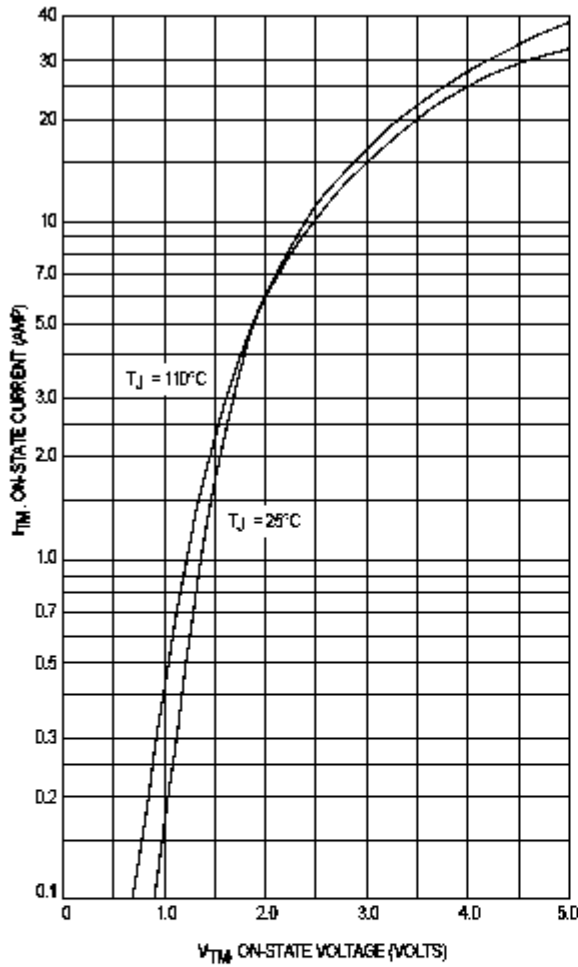


FIGURE 8 – TYPICAL HOLDING CURRENT

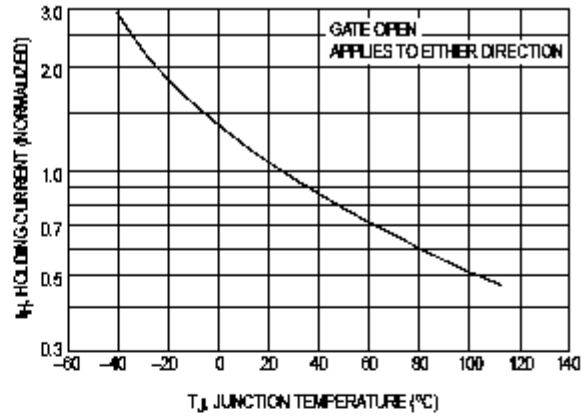


FIGURE 9 – MAXIMUM ALLOWABLE SURGE CURRENT

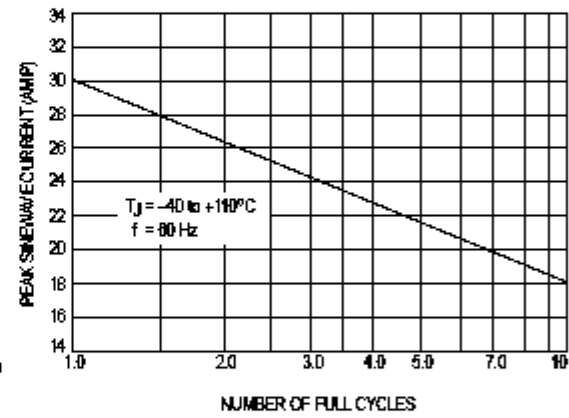
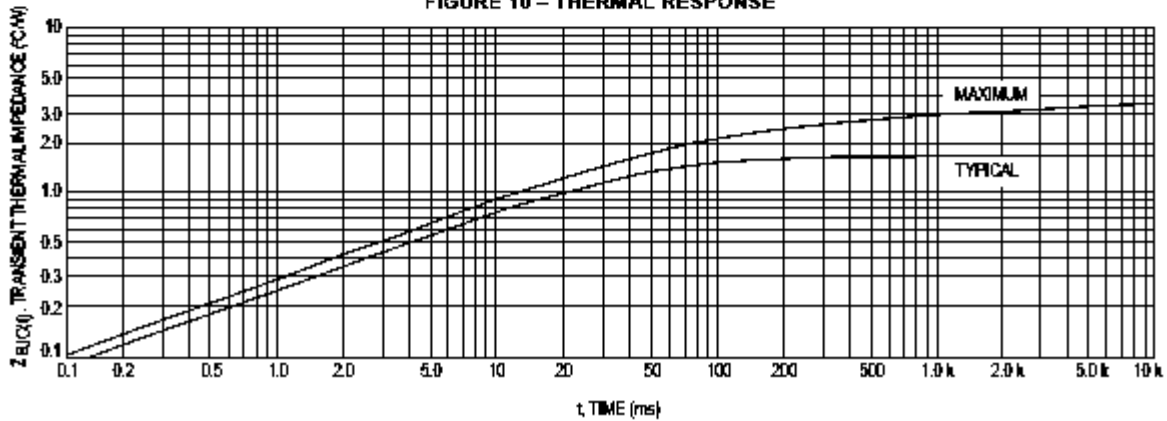
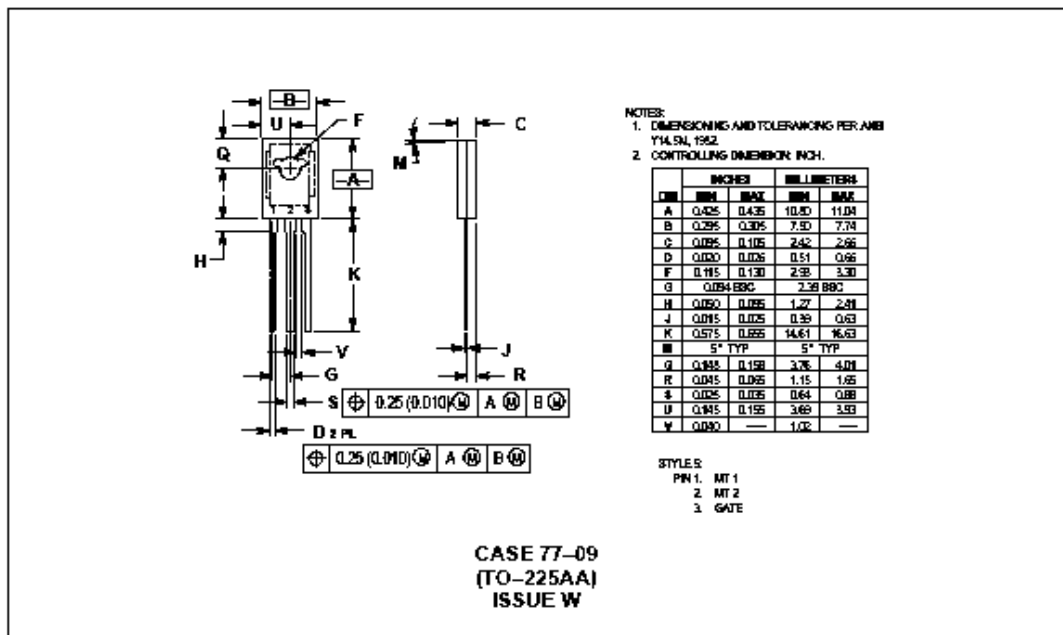


FIGURE 10 – THERMAL RESPONSE



2N6071A, B 2N6073A, B 2N6075A, B

PACKAGE DIMENSIONS



Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in Motorola data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

How to reach us:

USA/EUROPE/Locations Not Listed: Motorola Literature Distribution;
P.O. Box 5405, Denver, Colorado 80217. 1-303-675-2140 or 1-800-441-2447

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; SPD, Strategic Planning Office, 141,
4-32-1 Nishi-Gotanda, Shinagawa-Ku, Tokyo, Japan. 81-3-5467-8488

Customer Focus Center: 1-800-521-6274

Infotax™: RUMFAXD@emil.sps.mot.com — TOUCHTONE 1-602-244-6609
— US & Canada ONLY 1-800-774-1848
— <http://sps.motorola.com/infotax/>

ASIA/PACIFIC: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 88 Tai Ping Industrial Park,
51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26623238

HOME PAGE: <http://motorola.com/sps/>

Mfax is a trademark of Motorola, Inc.



2N6071/D