

# Universidad Autónoma de Guadalajara

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

J 2  
Egen



TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN

Diseño del Control del Sistema de Riego para mantener la Humedad del Terreno y Protección Contra Heladas en un Huerto de Duraznos

## TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

JUAN CARLOS CASILLAS PELLAT

GUADALAJARA, JAL., 1987



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## I N D I C E .

	Pág.
INTROLUCCION.	1
ANTECEDENTES.	3
CAPITULO I . DISEÑO DE TRANSLUCTORES UTILIZADOS EN EL PROYECTO.	4
CAPITULO II. DISEÑO DEL CONTROL DE HUMEDAD.	10
CAPITULO III. DISEÑO DEL CONTROL DE PROTECCION CONTRA HELADAS.	15
CAPITULO IV. ACOPLAMIENTO DE LOS SUBSISTEMAS DE CONTROL Y PUESTA EN MARCHA.	25
CAPITULO V. ESTUDIO ECONOMICO.	37
CONCLUSIONES.	40
BIBLIOGRAFIA.	44

## INTRODUCCION

El hombre, desde sus inicios, ha tratado de facilitar su trabajo, y optimizarlo. Para lograr este objetivo, se ha valido de muchas herramientas que encuentra disponibles. Una de las herramientas que se han venido utilizando ultimamente, es la electronica. Con ella, se ha logrado controlar, con la ayuda de transductores (sensores que convierten una señal como lo es la luz, humedad, temperatura, tiempo, presión, etc., en una señal eléctrica.), desde los procesos mas simples hasta los mas complejos, logrando asi optimizar la producción.

En nuestro país, la producción agricola es esencial para su desarrollo. El sistema de riego es un factor muy importante para tener una mayor productividad, asi como el proteger los cultivos contra las heladas.

Lo que se propone en este diseño es, por una parte, controlar el nivel de humedad en la tierra de tal forma que el sistema de riego sea automático. Cuando la humedad de la tierra sea el mínimo requerido (cuando empiece a hacer falta el agua), el sistema de riego comenzará a funcionar, y estará regando hasta que la tierra esté lo suficientemente mojada, sin excederse de un límite (de tal forma que no sea demasiada el agua). Entonces, dejará de regar. Debera de seguir sin regar hasta que el nivel de humedad de la tierra vuelva a ser el mínimo requerido por los duraznos (u otro cultivo, en su caso), y cuando llegue a él, volverá a empezar a regar automáticamente.

Por otra parte, se quiere proteger los arboles frutales contra las heladas . En epoca de frio, especialmente en los meses de Enero ,Febrero y Marzo, los duraznos estan en floración, y si cae una helada, gran parte de la flor se pierde, y los árboles sufren daños que pueden ser fatales.Para su protección, se propone utilizar el sistema de riego por aspersión. Este sistema, se basa en que el agua al pasar de estado líquido a solido, desprende (cede) 8 calorías por gramo (calor latente de fusión). Esto mantiene a las partes rociadas de la planta , a una temperatura mayor de  $-0.5$  grados centígrados, lo cual la protege de los daños de la heladfa, pues el agua que contienen las plantas no es pura, y se congela a temperatura menor de  $-0.5$  grados centigrados. El riego debe de mantqnerse durante toda la helada, pues de no ser así, traería consecuencias peores.

El viento incrementa la evaporación, lo que origina un enfriamiento de los objetos al evaporarse el agua), por lo cual debe aumentarse la densidad de aspersión.

El riego normal se debe hacer durante la noche, pues se evita la pérdida de agua por evaporación y así se ahorra mucho en el consumo del agua.

El riego para la protección debe comenzar un poco antes de que empiece la helada(aproximadamente 1 grado centígrado).

## ANTECEDENTES.

La forma en que se controla actualmente en algunas partes el sistema de riego, es a base de tiempos. Se calcula el tiempo que debe durar regando para tener una cierta lámina de agua que dará la humedad suficiente. Lo que se propone es controlar el riego dependiendo de la humedad que haya en la tierra.

En algunas partes, se protegen los frutales contra las heladas mediante calentadores de diesel, o quemando llantas, lo cual produce una gran contaminación al producir una densa neblina de humo. Esta es la principal causa por la que se propone cambiar de este sistema al sistema de protección usando el riego por aspersión, puesto que el sistema de riego por aspersión no produce contaminación.

El mismo sistema de riego por aspersión para la protección contra las heladas se puede usar también para el riego normal y para la aplicación de fertilizantes, o plaguicidas.

Existen otros métodos para la protección contra heladas, por ejemplo, con ventiladores o creando neblina.

## CAPITULO 1.

### DISEÑO DE TRANSDUCTORES UTILIZADOS EN EL PROYECTO.

El primer problema a resolver fue el diseño de transductores. Un transductor es un dispositivo que convierte una señal de alguna variable física en una señal eléctrica. Las variables físicas a medir en este caso, son:

- a) La intensidad de la luz, para saber si es de día o es de noche, pues el riego debe ser en la noche.
- b) La humedad de la tierra, para saber cuando se debe de regar y cuando no.
- c) La temperatura, para saber cuando se debe de accionar la protección contra las heladas.
- d) El viento, puesto que si existe, la helada, y hay viento, la densidad de aspersión debe ser mayor.
- e) El nivel del agua del tanque de almacenamiento, para que se llene automáticamente.

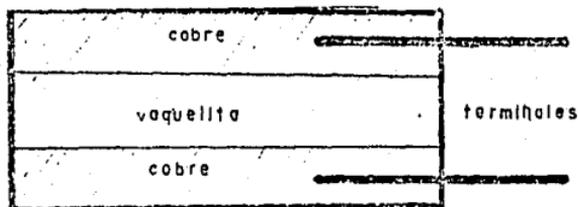
La medición de la intensidad de la luz puede hacerse por medio de un optotransistor, con una fotoresistencia o una celda fotovoltaica. El optotransistor varía su punto de operación con los diferentes niveles de iluminación; la celda fotovoltaica produce una diferencia de potencial y la fotoresistencia varía su resistividad con las variaciones de la intensidad luminosa. Se decidió utilizar una fotoresistencia, puesto que no necesitamos mucha exactitud y su costo es bajo.

Para el diseño del transductor de humedad, primero se pensó en usar un higrometro, que utiliza cloruro de litio, el cual varía

sus características con la humedad. Sin embargo, para esta aplicación no se puede usar, pues al contacto con el agua varía sus cualidades (cambia sus características) irreversiblemente. Este transductor solo sirve para humedades relativas menores del 90 por ciento. Existen otros transductores de humedad, pero la mayoría son solo para humedad relativa, en el aire.

Por último, se decidió aprovechar la propiedad de la tierra de que, al variar el nivel de humedad en ella, varía la conductividad (capacidad de permitir el flujo de corriente) en ella. Para esto, se utilizaron dos placas de cobre separadas entre sí una cierta distancia constante. Así, al variar la resistividad de la tierra, variará la resistividad en las terminales del transductor, lo cual se aprovechará para sensar los niveles de humedad requeridos.

El transductor de humedad se muestra en la siguiente figura:



TRANSDUCTOR DE HUMEDAD

Existen varias formas para medir la temperatura. Se puede medir con una termocupla, que produce una diferencia de potencial

con los diferentes niveles de temperatura. Sin embargo, estos no registran temperaturas menores de cero grados centígrados, su costo es elevado, y necesita amplificarse la salida, pues su respuesta es del orden de los milivolts.

También se puede utilizar un termistor, el cual tiene la propiedad de variar su resistencia con la temperatura, de una forma casi lineal. Hay dos tipos de termistores, de coeficiente negativo (a mayor temperatura, hay menor resistencia) y de coeficiente positivo (a mayor temperatura, mayor resistencia). Estos dispositivos son baratos y fáciles de conseguir, pero para saber los valores de la resistencia a diferentes temperaturas, se les tienen que hacer pruebas a cada uno, pues cada uno tiene diferentes valores de resistencia. El termistor utilizado fue un termistor de coeficiente negativo de cinco mil ohms a temperatura ambiente.

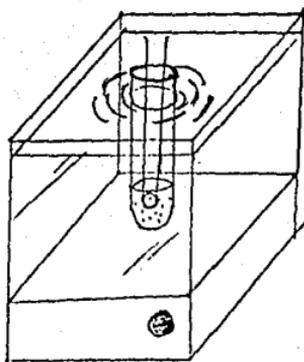
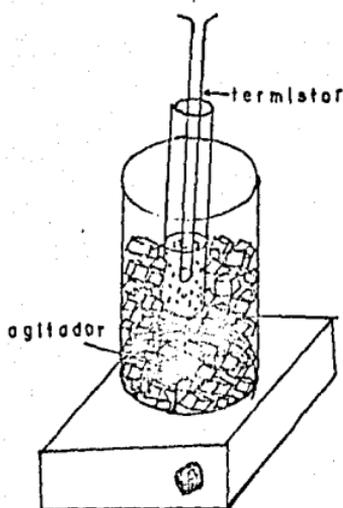
Para obtener la curva de respuesta del termistor, se hicieron varias mediciones a diferentes temperaturas. Para hacer estas mediciones, se introdujo el termistor a un tubo de ensayo con aceite y esto en agua a diferentes temperaturas, pues si se hubiera puesto el termistor en el agua directamente, no se tendría una medición de la resistencia real. La medición de la resistencia del termistor se realizó con un multímetro digital. Para medir la temperatura en el termistor, se midió con un termómetro con décimas de grado, el cual se puso en el aceite, junto al termistor.

Se hicieron mediciones a temperatura ambiente (veintinueve grados), 50 grados, 0 grados, y -4 grados centígrados. Pa-

ra. obtener la temperatura de 50 grados centígrados, se logró con un baño de temperatura constante; para la temperatura de 0 grados centígrados, con hielos y sal y un agitador magnético, para evitar los espectros de temperatura. La temperatura de -4 grados centígrados se logró añadiendo hielo seco, para bajar la temperatura.

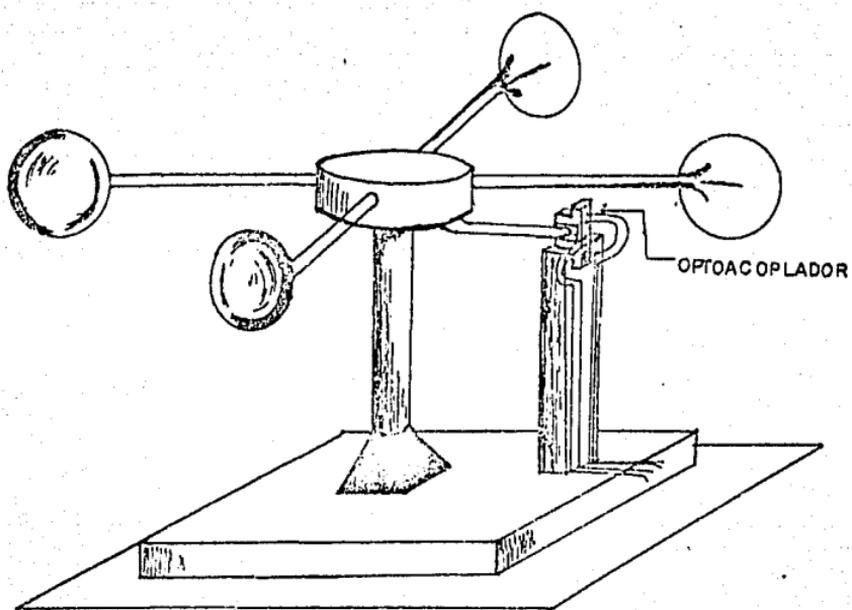
Los valores medidos para el termistor son los siguientes:

Temperatura (grados C)	-4	0	29	50
Resistencia (kilo-ohms)	19.5	16	4.38	1.88



PRUEBAS HECHAS AL TERMISTOR.

La medición del viento, se hizo utilizando un anemómetro, el cual dará vueltas en función del viento que choque en la superficie interna de las capas que están en los extremos de 4 vertices incorporados a un eje. Para tener una señal eléctrica de la intensidad del viento, se le acoplo una lámina, la cual al dar vueltas el anemómetro, cada vuelta cruzará un optoacoplador y mandará un pulso, pues el optoacoplador consta de un diodo emisor de la luz infraroja y un optotransistor.



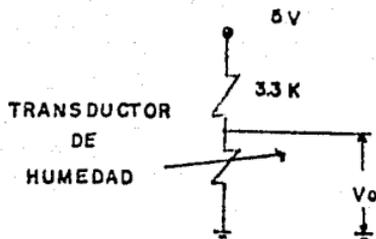
ANEMOMETRO

## CAPITULO 2.

### DISEÑO DEL CONTROL DE HUMEDAD

Se requiere que a un nivel mínimo de humedad de la tierra (Cuando le empiece a hacer falta el agua al arbol), mande una señal que indique que debe de comenzar a regar, y seguir regando hasta que llegue a un valor máximo de humedad de tal foma que la humedad no sea excesiva, y al llegar a ese nivel, deje de regar y no vuelva a regar, sino hasta que vuelva a tener el nivel mínimo de humedad.

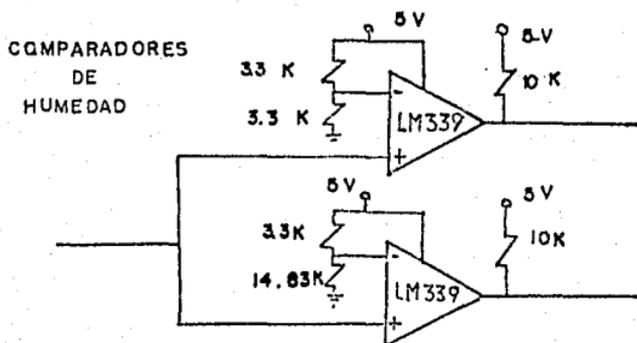
Para esto, el transductor de humedad se conecta a tierra y a una resistencia polarizada con 5Vcc, de tal forma que funcione como un divisor de voltaje. Asi, como el valor de la resistencia en terminales del transductor varía inversamente con el valor de humedad de la tierra, a mayor humedad, habrá mayor resistencia.



Al disminuir la humedad, aumentará el voltaje de salida, y al aumentar la humedad, disminuirá el voltaje de salida.

Se hicieron mediciones de la resistencia en terminales del transductor, y se obtuvo que para el nivel mínimo de humedad, se midió 3k ohms.

Para el nivel mínimo de humedad, se obtuvo 4.09V de salida y para el máximo 2.5V. La salida del divisor de tensiones se acopló a dos comparadores de voltaje, poniendoles como referencia los valores medidos.



Para obtener la lógica requerida, se utilizó un flip-flop tipo RS, utilizando compuertas NOR, y un inversor.

Llamando a la salida lógica del comparador de referencia de tierra seca "A", y al de referencia de tierra mojada "B" y "C" a la condición que debe de tener el sistema de riego (1 = regar y 2 = no regar), la tabla requerida es la siguiente:

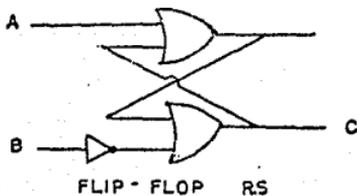
	A	B	C
MUY SECO	1	1	1
ALGO MOJADO	0	1	1 (DESPUES DE MUY SECO)
MUY MOJADO	0	0	0
ALGO SECO	0	1	0 (DESPUES DE MUY MOJADO)
MUY SECO	1	1	1

La tabla de verdad del flip flop RS es la siguiente:

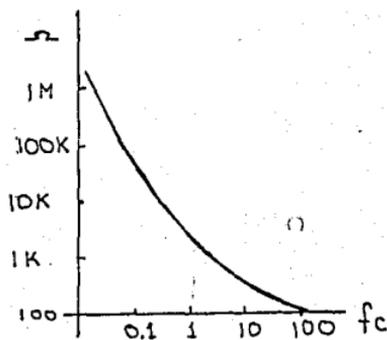
S	R	Q
1	0	1
0	0	1 (DESPUES DE S=1,R=0)
0	1	0
0	0	0
1	0	1 (DESPUES DE S=0,R=1)

Comparando las dos tablas de verdad, se puede observar que son similares, si los valores de la salida del comparador "A" se pone a la entrada "S" del flip flop y la salida del comparador "B" se invierte y se pone a la entrada "R" del flip flop. La salida Q del flip flop sera la respuesta deseada "C".

El diagrama del flip flop RS utilizado queda de la siguiente manera:



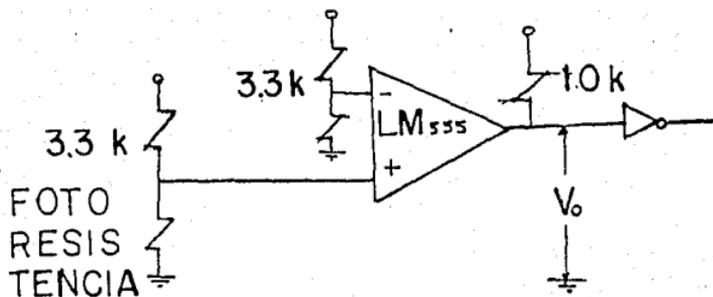
La curva de resistencia contra iluminacion para una fotoresistencia tipica es:



El valor de resistencia en la fotoresistencia que se midió cuando es de noche fue de 3.3 K ohms. Cuando la resistencia sea menor o igual que ese valor, será de noche, y se podrá regar en el riego normal. Esta fotoresistencia se adaptó a un divisor de tensiones con otra resistencia de 3.3 K, en el cual el voltaje de salida cuando sea de noche será menor o igual a 2.5 volts.

El divisor de voltajes se conectó a la entrada de un comparador de voltaje al cual, en la entrada inversora se le puso la referencia de 2.5 volts, con un divisor de tensiones que consta de dos resistencias de 3.3K ohms polarizadas a 5 V. En la entrada no inversora del comparador se acopló la salida del divisor de tensiones de la fotoresistencia. El OPAMP utilizado es un LM339 que es especial para comparar voltajes, vienen 4 en cada chip y son de colector abierto.

Cuando el voltaje sea mayor que 2.5 volts, habra un uno logico a la salida del OPAMP y cuando sea menor que 2.5 V, habra un cero logico. Entonces, cuando sea de noche habra un 0 logico y cuando sea de dia, habra un uno logico a la salida del comparador de voltajes. Para que haya un uno a la salida cuando sea de noche, solo se le pone un inversor.



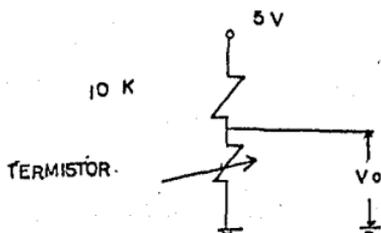
### CAPITULO III.

#### DISEÑO DEL CONTROL DE PROTECCIÓN CONTRA HELADAS.

Para la protección contra heladas, se deben considerar dos factores: la temperatura y el viento.

Al llegar la temperatura a un valor menor o igual a 0 grados centígrados deberá de empezar a regar y seguir regando hasta que termine la helada. A la temperatura de cero grados centígrados, se midió la resistencia del termistor y se obtuvo un valor de 16 k ohms.

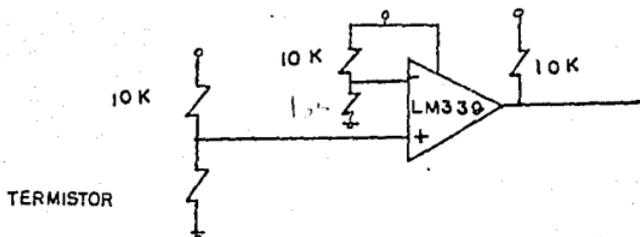
El termistor se utilizó para hacer un arreglo de divisor de tensiones, para tener una señal de voltaje dependiendo del valor de la resistencia que tome el termistor el cual, a su vez, depende de la temperatura.



Divisor de tension del termistor

Para una temperatura de cero grados centígrados, el voltaje de salida es:  $V_o = ((16K)/10k+16k) * (5) = 3.076$  volts.

La salida del divisor de voltaje del termistor , se acopló a un comparador de voltaje, al cual se le asignó la referencia de 3.07V. Como a menor temperatura. se tendrá mayor resistencia en el termistor, el voltaje será mayor que 3.07 V a temperatura menor de cero grados centígrados. por lo tanto a la salida del comparador habra un uno lógico cuando la temperatura sea menor que cero grados centígrados, y cero lógico cuando la temperatura sea mayor que cero grados centígrados.

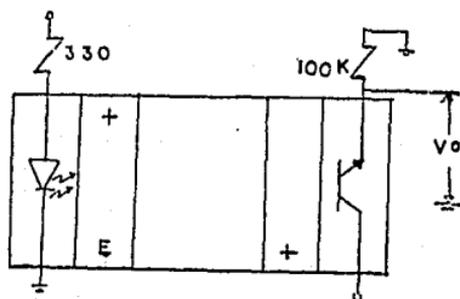


Arreglo del termistor

Por otra parte, si al haber helada, existe viento, densidad de aspersión debe ser mayor.

La detección de la presencia y la intensidad del viento se hizo utilizando un anemometro. Para detectar el movimiento del anemometro se utilizo un optoacoplador, que consta de un diodo infrarojo y un optotransistor. Asi, cada

vez que se cruce el optoacoplador con la lámina que se le fijó al anemómetro, se tendrá un pulso. El diodo se polariza con 5 volts y una resistencia de 330 ohms en el ánodo, y poniendo cátodo a tierra. El transistor se polariza con 5 Volts en el colector y una resistencia de 100 kilo ohms entre el emisor y tierra. El voltaje de salida se toma del emisor del optotransistor.



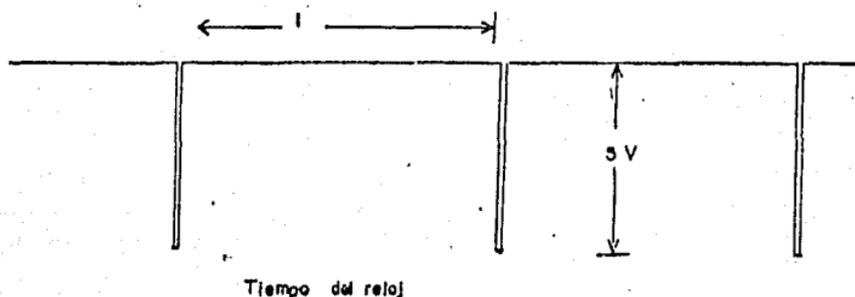
Optoacoplador

Para contar los pulsos del optoacoplador, se utilizó un contador BCD (CD4518). La tabla de verdad es la siguiente:

CLOCK	ENABLE	RESET	ACCION
SUBIDA	1	0	INCREM. CONTADOR
0	BAJADA	0	INCREM. CONTADOR
BAJADA	X	0	NO CAMBIA
X	SUBIDA	0	NO CAMBIA
SUBIDA	0	0	NO CAMBIA
1	BAJADA	0	NO CAMBIA
X	X	1	Q1 A Q4 = 0.

Los pulsos se mandaron al clock del contador de unidades: el Enable se puso al voltaje de polarización y el reset a un reloj, para que este muestreando cada minuto.

La señal del reloj que se requiere debe durar en estado logico uno durante un minuto, y al minuto debe dar un pequeño pulso (baja hasta cero logico y vuelve a subir inmediatamente) La respuesta de salida del reloj requerida es:



Para lograr esta señal, se utilizo un LM555 como multivibrador estable. La configuración y formulas se tomaron del LINEAR DATA BOOK. Para el calculo de los valores de resistencias y capacitores utilizados, se uso la formula

$$f = 1/T = 1.44 / ((R_a + 2R_b)C) = 1/(60 \text{ seg.})$$

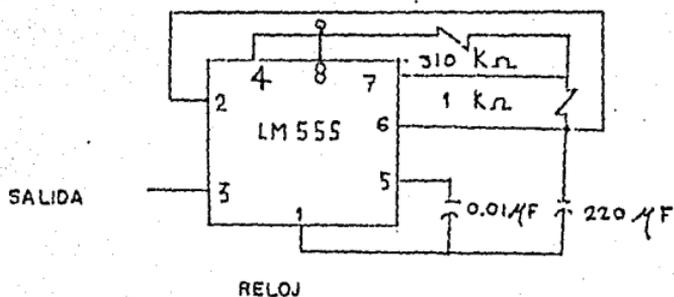
Se fijo primero un valor comercial de 220 uF al capacitor. Como para la respuesta deseada, el valor de  $R_a$  debe ser mucho mayor que el de  $R_b$ , se tomo un valor minimo para  $R_b$  de 1 K ohm. Asi, despejando obtenemos el valor de  $R_a$ :

$$R_a = T(1.44)/C - 2R_b = 60(1.44)/(220\mu) - 2 \text{ K}$$

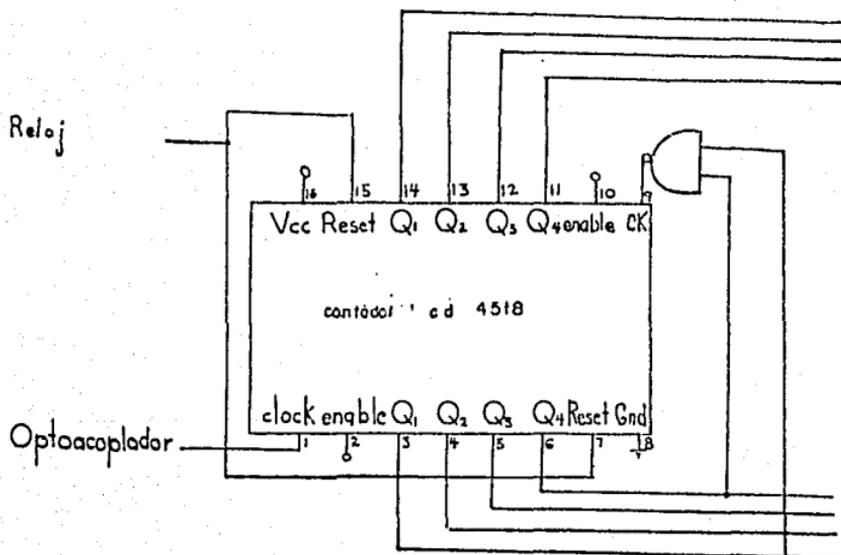
= 390 K ohms.

Tomando en cuenta las tolerancias de los dispositivos utilizados, se vio que fue necesario utilizar una resistencia de 310K, en lugar del de 390 K.

La configuración utilizada queda de la siguiente forma:



Para poder contar hasta 99, se utilizó otro contador que viene en el mismo chip. Como el numero 9 en BCD es 1001 y despues de 9 vuelve a cero, se puso una compuerta NAND de los bits mas significativo y menos significativo, al clock del segundo contador, para que este cuente las decenas. Se le había puesto primero una compuerta AND, pero al llegar al 9, en vez de contar 09, contaba 19, puesto que el contador cambia de estado a la subida del clock  $\nearrow$ , y con la compuerta NAND, esta subida sucedera hasta que cambie de 9 a 0 el primer contador. La pata 16 se conecta a voltaje de polarización y la pata 8 a tierra.



Las salidas de los contadores de metieron a las entradas de dos comparadores de magnitud de 4 bits (CD14585), uno para comparar las unidades y otro para las decenas. Las entradas del comparador de las unidades se conectaron como sigue:

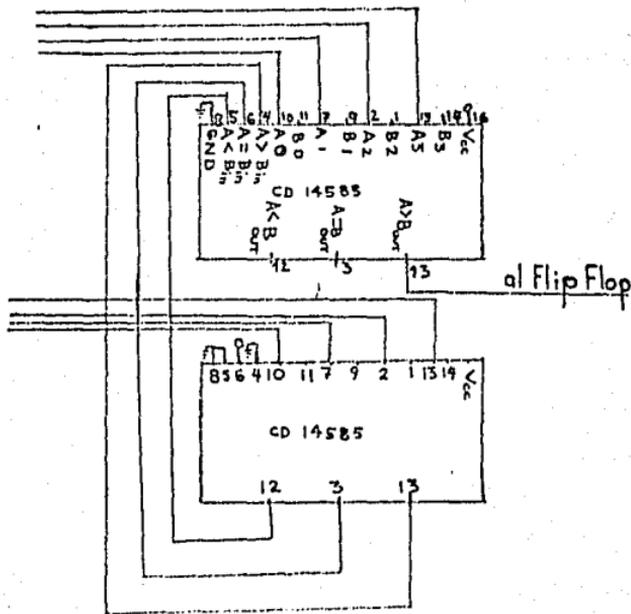
A>Bin y A<Bin a tierra

A=Bin a voltaje de polarización.

Las salidas de este comparador ( A>Bout, A<Bout y A=Bout ) se conectaron a las entradas del comparador de las decenas ( A>Bi , A<Bin y A=Bin ) respectivamente.

del contador  
de decenas

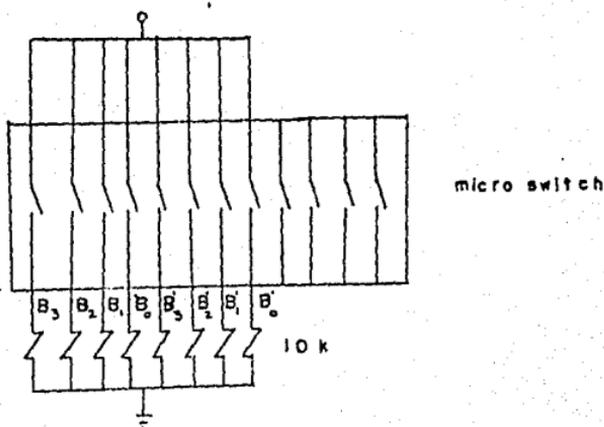
del contador  
de unidades



COMPARADORES DE MAGNITUDES

Los cuatro bits de referencia de cada comparador, que indican con qué número se va a comparar la lectura del anemómetro se pusieron a un micro switch cada uno, para tener mayor flexibilidad y poder cambiar la referencia.

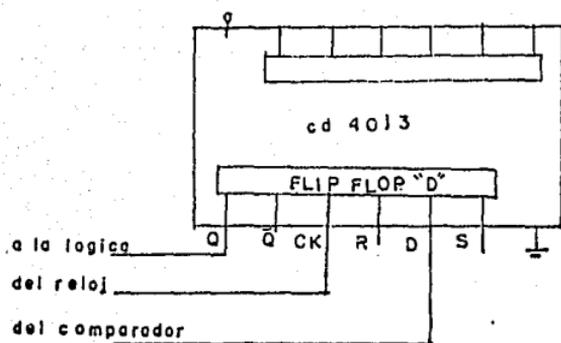
Para el anemómetro utilizado, se vio que aproximadamente a las 15 vueltas por minuto, hay suficiente viento como para tomarlo en cuenta para la densidad de aspersion. Cada micro switch se conectó, de un lado, al voltaje de polarización, y del otro lado a una resistencia de 10 kilo ohms a tierra. El lado que está a tierra con la resistencia de 10 kilo ohms, va a las entradas de la referencia del comparador. Así, cuando esté abierto el micro switch, habrá un voltaje de cero volts (cero logico), y cuando esté cerrado, habrá un voltaje igual a  $V_{cc}$  (polarización). La resistencia de diez kilo ohms se le puso para limitar la corriente de entrada al comparador.



La salida del comparador de las decenas ( A > B out ) se metió a un Flip Flop tipo "D", para almacenar la comparación que se tenga cada minuto, antes de resetear. La tabla de verdad del flip flop tipo "d" se muestra en seguida:

CLOCK	DATA	RESET	SET	Q	Q-
SUBIDA	0	0	0	0	1
SUBIDA	1	0	0	1	0
BAJADA	X	0	0	Q	Q-
X	X	1	0	0	1
X	X	0	1	1	0
X	X	1	1	1	1

El clock del flip flop y el clock que va al reset de los contadores, es el mismo, solo que para entrar al reset de los contadores, se le pusieron tres inversores para retardar el reset, porque de otra manera, al mismo tiempo que se le da un pulso al clock del flip flop para que guarde lo que haya en los comparadores, se estarían reseteando los contadores, y siempre habría un cero lógico a la salida del flip flop, puesto que siempre estaría comparando con cero, y nunca sería mayor que la referencia.



Todos los dispositivos CMOS utilizados en el circuito tienen alta inmunidad al ruido (0.45 Vcc), y compatibilidad con TTL de baja potencia (fan out para manejar 2 compuertas 74L o un 74 LS).

## CAPITULO IV

### ACOPPLAMIENTO DE LOS SUBSISTEMAS E CONTROL Y PUESTA EN MARCHA

Antes de definir la lógica que se uso para acoplar los subsistemas, y combinarlos adecuadamente, se analizaron primero las características técnicas del funcionamiento de el sistema de riego por aspersión para la protección contra heladas pues, como se vera, se necesitaran dos presiones diferentes.

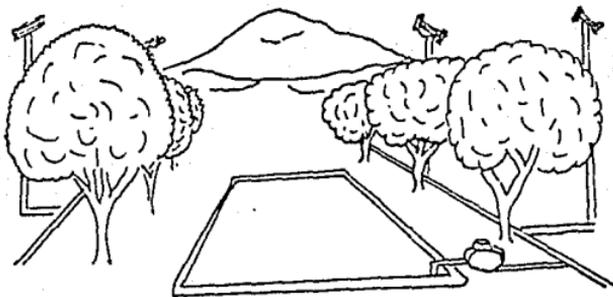
El riego por aspersión, para proteger los árboles contra las heladas, debe ser CONTÍNUO, pues de otro modo, en vez de proteger, perjudicaría de una manera mas drástica, pues el agua que permanecería congelada sin desprender calor, contribuiría más a la congelación del agua de la planta, que es lo que se pretende evitar.

El riego debe hacerse con aspersores lentos; el período de aspersión del aspersor debe ser menor de un minuto. Debe de crearse una lluvia artificial fina. homogénea y constante, con una amplia red de tuberías y una fuerte presión, del orden de los 4.2 Kg/centímetro cuadrado. La distancia entre aspersores fluctúa entre 18 y 30 metros. La densidad de aspersión debe aumentar si existe viento a la hora de la helada, pues el viento incrementa la evaporación. La densidad de aspersión puede regularse variando la presión del agua.

Para variar la presión del agua, se utilizó un sistema hidroneumático regu lado por dos presitómetros, uno para la presión necesaria para cuando hay helada, y no hay viento (para

tener un riego de 30 a 35 metros cubicos por hectarea y por hora).

Como el riego debe ser continuo, es necesario tener tuberia fija en todo el huerto, y regar todo al mismo tiempo. Para esto, es necesario una gran cantidad de agua, y por otra parte, a una gran presion, asi que es necesario un tanque de almacenamiento.

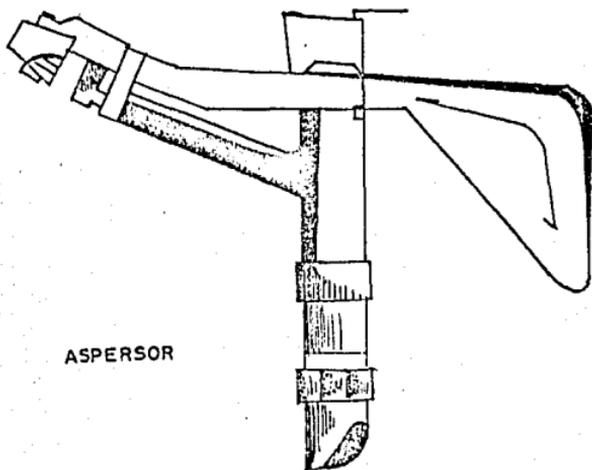


TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Para un huert de diez hectareas, suponiendo que la helada dure tres horas, se necesitaria almacenar novecientos metros cubicos de agua. Para que, si al dia siguiente cae una helada de nuevo, no falte el agua, o si la helada dura mas de

tres horas, se le puede adaptar al almacenamiento un transductor de nivel, para que se llene automáticamente cuando tenga muy poca agua, y que deje de llenarse al llegar al nivel máximo. Este transductor puede ser un simple flotador adaptado para usarse en el tanque.

El tipo de aspersores utilizados se muestra en la siguiente figura:



ASPERSOR

El mismo sistema de riego se utilizará para el riego normal, para aplicar fertilizantes, fungicidas, defoliación, etc. . La mejor distribución del agua sobre la superficie del campo se logra colocando los aspersores en los vértices de los triángulos equiláteros. Es necesario el uso de filtros para evi-

tar la obstrucción de las boquillas de los aspersores, las cuales deben limpiarse constantemente.

El resultado de la combinación de los subsistemas debe ser el siguiente: El riego para protección debe tener prioridad al de la humedad, pues si no, no regaría al haber helada; cuando haya temperatura menor que cero grados centígrados y no haya viento, funcionará el riego con una presión (P1) de 4.2 Kg./centímetro cuadrado (Se pone en funcionamiento el presitómetro 1) y cuando ha temperatura menor que cero grados centígrados y hay viento, funcionará con una presión de 6 Kg /centímetro cuadrado (Se pone en funcionamiento el presitómetro 2). Cuando hay falta de agua, deberá regar, y cuando este muy húmedo, no, a menos de que haya helada. El riego normal deberá de ser solo en la noche, para evitar evaporación, pero no deberá influir si es de día o de noche en el riego para protección de las heladas.

La tabla de verdad de la figura describe el funcionamiento del sistema completo.

NOCHE?	FALTA DE AGUA?	VIENTO?	TEMP. < 0?	(BAJA) PRESION 1	(ALTA) PRESION 2
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0
0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	0	1
0	1	0	0	0	0
0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	0	0
0	1	1	1	0	1
1	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	0
1	0	1	0	0	0
1	0	1	1	0	1
1	1	0	0	1	0
1	1	0	1	1	0
1	1	1	0	1	0
1	1	1	1	0	1

Para la interpretación de esta tabla, se supone:

NOCHE?= 1 Si es de noche      FALTA DE AGUA?= 1 Si falta regar

0 Si es de día

0 Si no falta regar

VIENTO?=1 Si hay viento      TEMP. < 0 ? = 1 Si Temp. es < 0

0 Si no hay viento

0 Si Temp. > = 0

PRESION 1 = 1 Si el presitometro de 4.2 Kg/cm.2 esta activado

0 Si el presitometro de 4.2 Kg/cm2 no esta activado

PRESION 2 = 1 Si el presitometro de 6 Kg/cm2 esta activado

0 Si el presitometro de 6 Kg/cm2 no esta activado

Para determinar la logica a utilizar, y minimizar el numero de compuertas utilizadas, tomando como base la tabla de verdad buscada, se utilizo el metodo de minimizacion por mapas de Carnot . Suponiendo N= Noche

A= Falta de agua

V= Viento

T= Temp.< 0

Los mapas de Carnot resultantes son los siguientes:

PREISION 1 (P1)

V \ N		A			
		0 0	0 1	1 1	1 0
T	0 0	0	0	1	0
	0 1	1	1	1	1
	1 1	0	0	1	0
	1 0	0	0	0	0

PREISION 2 (P2)

V \ N		A			
		0 0	0 1	1 1	1 0
T	0 0	0	0	0	0
	0 1	0	0	0	0
	1 1	1	1	1	1
	1 0	0	0	0	0

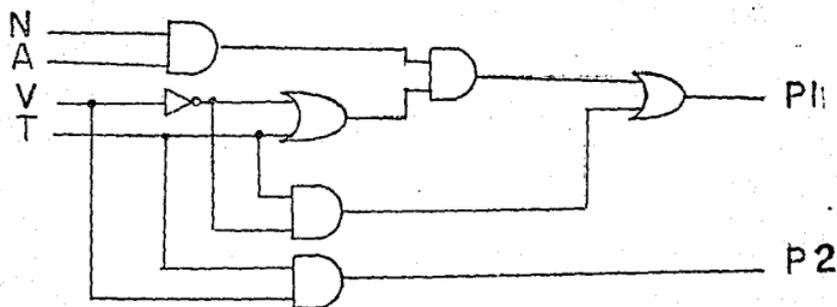
La ecuacion resultante del mapa de P1 es:

$$P1 = VT + NAV + NAT = VT + NA ( V + T )$$

La ecuacion resultante del mapa de P2 es:

$$P2 = VT$$

La logica de compuertas resultante, es la siguiente:



## LOGICA

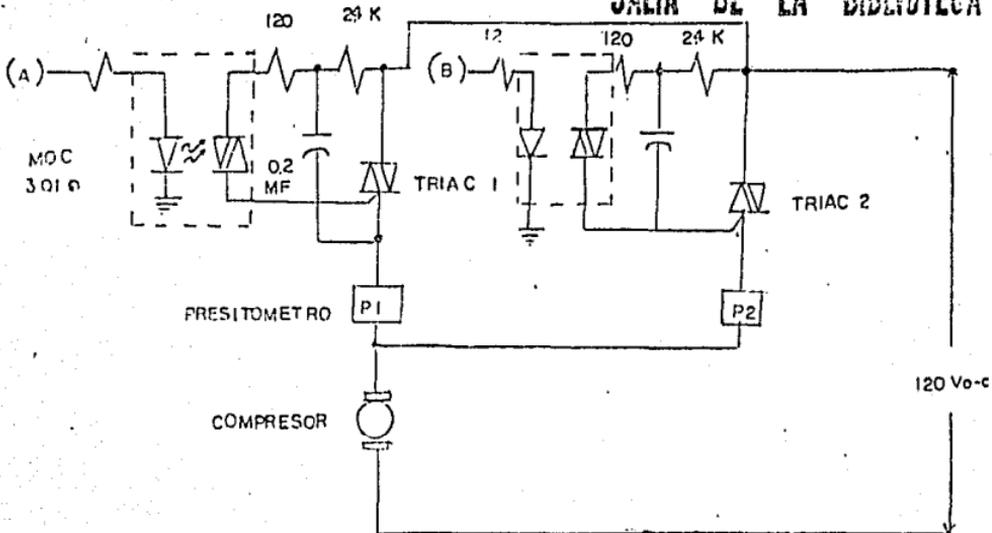
Para activar o desactivar los presitómetros que controlan la acción del compresor, se utilizó un triac, y para disparar este, se utilizó un optotriac, para separar el circuito electrónico del de potencia, y así proteger al circuito electrónico.

Para acoplar el triac al optotriac, se necesitaron una resistencia de 120 ohms y una de 2.4 K ohms para limitar la corriente del gatillo a una corriente menor a igual a 15 miliamperes, si el triac es de gatillo sensible. En el caso de que fuera de gatillo no sensible se usaría una resistencia de 1.2 K, para limitar la corriente de gatillo entre 15 y 50 miliamperes, pues se están utilizando cargas inductivas.

Para cargas inductivas, es necesario poner un ca -

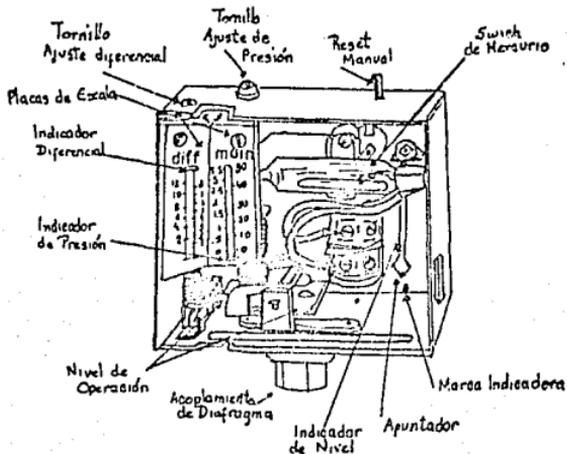
pacitor de 0.1 micro faradios si el triac es de gatillo sensitivo. o de 0.2 micro faradios si el triac es de gatillo no sensitivo. para evitar que se dispare solo el triac.

A la entrada del opototriac es necesario poner una resistencia de 330 ohms para limitar la corriente a un valor de  $I = V/R = 5\text{Volts} / 330 \text{ ohms} = 15 \text{ mili amperes}$ ,



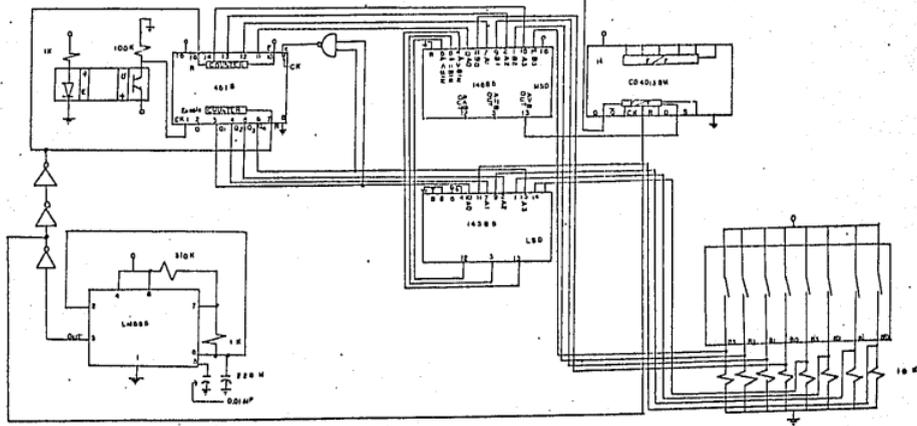
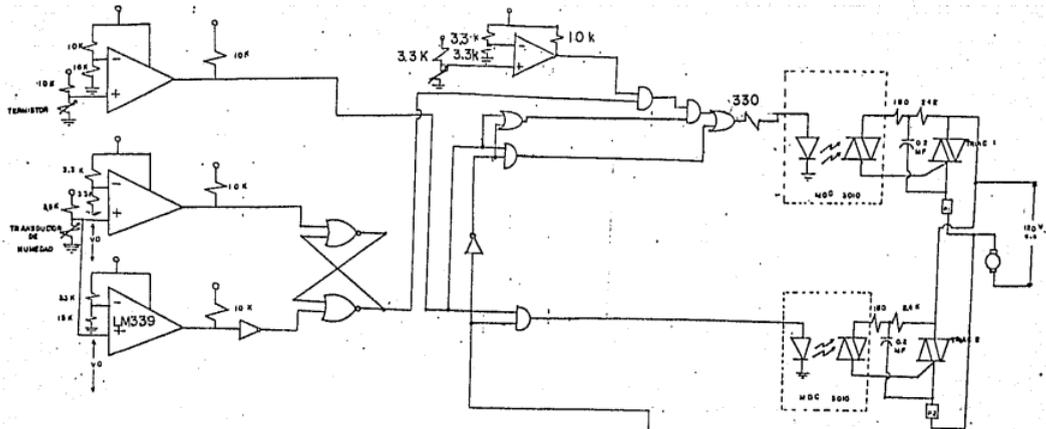
CIRCUITO DE DISPARO

El diagrama interno del presitometro (presuretrol) utilizado para controlar la presión, es el siguiente:



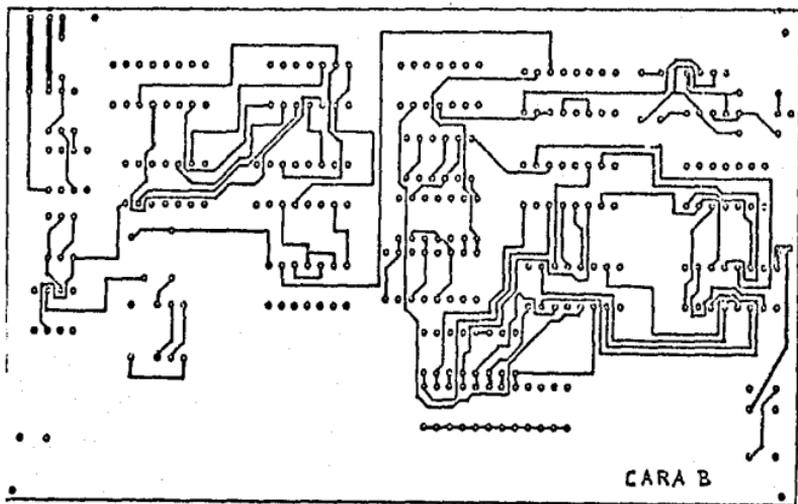
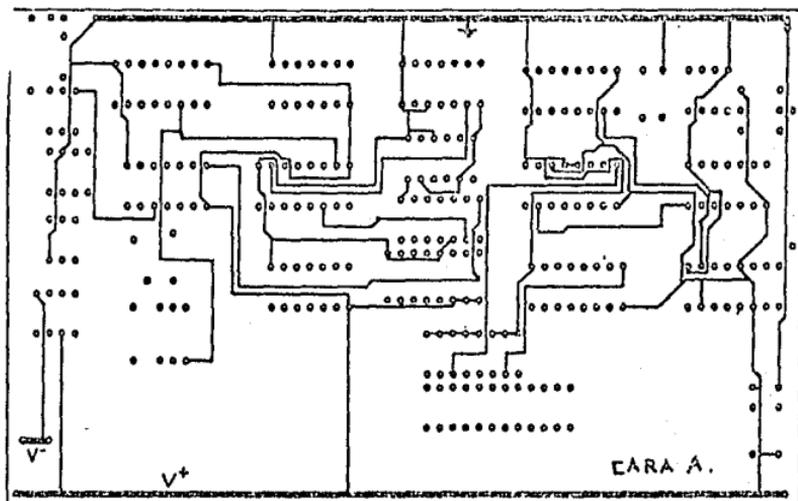
PRESITOMETRO

El circuito electrónico completo, ya con los subsistemas acoplados a un solo sistema, se muestra en la siguiente hoja:



"DIAGRAMA - ELECTRICO - COMPLETO"

Para el diseño del circuito impreso, se aprovecho la ayuda de una computadora. Se utilizo una placa de doble cara las cuales se muestran en la siguiente figura:



En las siguientes fotografías se puede ver un huerto de perales protegido por riego por aspersión.



(Clif. H. Christen a la Potassa)

Perales en flor.



(Clif. H. Christen a la Potassa)

Los mismos perales protegidos por aspersión.

CAPITULO V .

ESTUDIO ECONÓMICO .

El sistema completo puede dividirse en dos partes principales: 1) El circuito electrónico y 2) Instalación hidráulica e hidroneumática. El costo total del circuito electrónico debe de incluir, además del costo de los componentes utilizados, el costo del diseño, trabajo y tiempo utilizado en comprar los componentes, soldar, limpiar, probar, etc.

Los precios de los elementos usados para el circuito electrónico del control, en los meses de abril y mayo de 1987, se muestran en seguida:

CANTIDAD	ELEMENTO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1	LM 339 (4 COMPARADORES DE VOLTAJE)	635	635
2	CD 4049 (6 INVERSORES EN C/PASTILLA)	800	1600
1	CD 4050 (6 BUFFERS NO INVERSORES)	735	735
1	CD 4518 (2 CONTADORES BCD )	1580	1580
2	CD 14585 (1 COMPARADOR DE MAGNITUD DE 4 BITS C/U)	2900	5800
1	LM 555 (TIMER)	650	650
1	CD 4013 (FLIP FLOP TIPO D )	640	640
2	MOC 3010 (OPTOTRIAC)	1200	2400
1	MICROSWITCH (10 INTERRUPTORES)	900	900
2	TRIACS	1000	1000
1	CD 4001 (NDR)	560	560

1	CD 4071 (OR)	765	765
1	CD 4081 (AND)	670	670
1	OPTOACOPLADOR	2500	2500
4	RESISTENCIAS 1/2 WATT	25	100
31	RESISTENCIAS 1/4	15	465
1	TERMISTOR DE 5 K OHMS.	400	400
4	CAPACITORES	90	360
1	FOTORESISTENCIA	450	450
3	BASES PARA CI (8 PINES)	135	405
6	BASES PARA CI (14 PINES)	175	1050
6	BASES PARA CI (16 PINES)	198	1188
1	PLACA DE COBRE DE DOBLE CARA (17X13)	18 CM2	3978
2	FOTOLITOS PARA CIRCUITO IMPRESO	2500	5000
1	REVELADO DEL IMPRESO	4000	4000
1	PLACA DE 1 CARA PARA SENSOR HUMEDAD	12 CMS	600

Si se toma en cuenta el costo del anemómetro, la fuente de alimentación, gasolina gastada para comprar las cosas, brocas utilizadas para hacer los hoyos del impreso, soldadura utilizada, y sin tomar en cuenta el tiempo y trabajo dedicados al proyecto, se tiene un costo aproximado de 90 000 pesos.

El riego por aspersión que se utiliza normalmente para el riego de verano, es un sistema en el que se utilizó solo una sección de tubería, la cual se va rotando y se esta cambiando manualmente a donde se necesite regar.

En este caso, el sistema de riego debe ser fijo y se debe poder regar todo al mismo tiempo, es necesario un depósito para almacenar el agua, un sistema hidroneumático para obtener la presión deseada y dos presitómetros (presuretroles) para controlar el sistema hidroneumático. Todo lo antes mencionado eleva mucho la inversión inicial. El costo de la instalación hidráulica es aproximadamente de cinco millones de pesos por hectárea .

La inversión inicial es mucho mayor, pero debe tomarse en cuenta que en este caso, el riego se esta utilizando para la protección contra heladas, el riego normal, fertilización, aplicación de plaguicidas al mismo tiempo, y que en este caso el riego se hace automáticamente, y que están evitando los daños que causaría la helada, que podrían causar la pérdida total de la cosecha, y que se esta evitando la contaminación que causarían otros metodos de protección, y se esta ahorrando el combustible que se utiliza en los calentadores de diesel, por ejemplo.

## CONCLUSIONES.

El sistema propuesto aporta grandes beneficios a la sociedad y al propietario, pues se tiene ausencia de contaminación, lo cual es un grave problema en otros sistemas utilizados para combatir los daños de las heladas; el manejo del sistema es sencillo y de bajo costo, y tiene pocas exigencias de mano de obra. Se tiene ahorro de agua en el riego normal, pues solo se riega de noche en el riego normal, y esto evita la evaporación que habría si se hiciera de día. Evita los daños por las heladas, que podrían ser de grandes magnitudes. Mejora la productividad, pues siempre tendrá el nivel de humedad requerido. El mismo sistema de riego se puede usar para la protección contra heladas, el riego normal, aplicación de fertilizantes, protección contra plagas y defoliación.

Las desventajas principales son que el costo de la infraestructura hidráulica es muy alto, y que para terrenos de extensiones grandes, se necesita grandes cantidades de agua, para poder regar todo al mismo tiempo.

Para la realización del circuito se utilizaron dispositivos de tecnología CMOS, pues estos disipan menos potencia que los TTL y tienen mayor inmunidad al ruido. Sin embargo, se deben de tomar ciertas precauciones para su manejo, pues se pueden dañar con la carga estática del cuerpo humano, por lo que es necesaria la utilización de guantes y descargarse antes de manejarlos. Estos circuitos integrados deben de poder trabajar con

una polarización de 3 a 15 volts.

En un principio, se utilizaron 12 volts para polarizar, pero se tuvieron muchos problemas con los contadores, comparadores y flip flop tipo d , pues no estaban trabajando como deberían y no se obtenía la respuesta deseada. Se probaron los circuitos con una polarización de 5 volts, y si funcionaron, así que se decidió cambiar la polarización de todo el circuito a 5 volts. Estas fallas en los circuitos integrados son probablemente debidos a que en muchas de las tiendas de electrónica en Guadalajara, los dispositivos que venden son lotes que compran mas baratos, pero que ya vienen dañados o que no cumplen las especificaciones.

Otro problema que se tuvo al hacer el circuito fue que la grasa utilizada al soldar, al oxidarse, se hace conductora y esto provoca que haya cortos o que haya cierta resistencia entre puntos en los que debería haber circuito abierto o una resistencia mucho mayor. Para resolver este problema, fue necesario limpiar varias veces con thinner, y se estuvo midiendo resistencia en los diferentes puntos del circuito. En la parte de abajo de las bases para circuitos integrados se presentó mucho este problema.

Para tener las referencias de humedad adecuadas para el sistema de riego, es necesario hacer mediciones y un estudio para cada caso, pues la resistividad de la tierra varia dependiendo del tipo de terreno .

El riego para la protección contra heladas debe ser continuo, con aspersores lentos, con un período de rotación aspersora menor de un minuto, se necesita una amplia red de tuberías, una fuerte presión de aproximadamente  $4.2 \text{ Kg/cm}^2$  y la cantidad de agua aplicada debe ser de 30 a 50 metros cúbicos por hectárea y por hora.

Es recomendable estudiar la factibilidad de que se proporcione o abastezca el sistema de riego por métodos directos (río o pozo), para tratar de eliminar el costo del almacén.

Este sistema se puede utilizar para otro tipo de cultivos, como fresas, hortalizas, alfalfa, sorgo, maíz, etc., que pueden ser más redituables, pues se pueden tener 3 o 4 cosechas al año en vez de una sola, si fuera de temporal.

El circuito que se utilizó para contar y comparar las revoluciones por minuto del anemómetro puede utilizarse en otras aplicaciones, como por ejemplo, para controlar la velocidad de una banda transportadora de botellas, dependiendo de la cantidad de botellas que pasen por minuto, simplemente utilizando una fotoresistencia y una lámpara que detecten el paso de las botellas y manden los pulsos al contador.

Si se perfeccionara un poco, y se hicieran los cálculos, se podría hacer un anemómetro digital teniendo como base el circuito y anemómetro utilizados en este sistema.

Con el termistor, si en lugar de conectarlo a un comparador de voltaje, se conecta a un convertidor analógico a digital, decodificador a siete segmentos y displays, se pue-

de hacer un termómetro digital.

Por otra parte, si se quisiera hacer mas exacto el riego normal, se puede dividir por secciones y en cada sección poner un sensor de humedad, el cual tendra sus comparadores para los dos niveles de humedad, y cuya salida operaría unas válvulas solenoides que permitirían que se riegue esa sección cuando sea necesario.

## B I B L I O G R A F I A .

- CLULEY J.C. . TRANSDUCERS FOR MICROPROCESSOR SYSTEMS-NEW YORK,  
U.S.A.:SPRINGER-VERLAG NEW YORK INC.,1985.
- MALONEY T.J. ELECTRONICA INDUSTRIAL. MEXICO:PRENTICE HALL IN-  
TERNACIONAL,1983.
- MAND M. DISEÑO DE CIRCUITOS DIGITALES.MEXICO:PRENTICE HALL IN-  
TERNACIONAL,1983.
- MILLMAN Y HALFIAS . INTEGRATED LLECTRONICS.SINGAPORE:MC. GRAW  
HILL. 1985.
- CMOS DATA BOOK :NATIONAL SEMICONDUCTOR COPPORATION,1981.
- LINEAR DATA BOOK : NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION,1981.
- CATALOGO DE OPTOELECTRONICS: ECG
- CALDERON E. FRUTICULTURA GENERAL:ECA
- CANTANCEAU M. FRUTICULTURTA:OIHOS TAU,S.A.
- WESTWOOD M.N. FRUTICULTURA DE ZONAS TEMPLADAS:MUNDI PRENSA.
- SCARBOROUGH S. CULTIVO DE ARBOLES FRUTALES:CECSA.
- KRAMER-SCHURICHT F. FRUTICULTURA: CECSA.