

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA



"Diseño e implementación de un sistema de
monitoreo remoto de descargas atmosféricas"

PRESENTADO POR:

LUIS ERNESTO FAJARDO TORRES
PABLO EDGARDO RIVERA PINEDA

PARA OPTAR AL TITULO DE:
INGENIERO ELECTRICISTA

CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE DE 2005

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO ELECTRICISTA

Título :
"Diseño e implementación de un
sistema de monitoreo remoto de
descargas atmosféricas"

Presentado por :
LUÍS ERNESTO FAJARDO TORRES
PABLO EDGARDO RIVERA PINEDA

Trabajo de Graduación aprobado por:

Docente Director :
Luis Roberto Chévez Paz

San Salvador, Octubre de 2005

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA :
Dra. Maria Isabel Rodríguez

SECRETARIA GENERAL :
Licda. Alicia Margarita Rivas de Recinos

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO :
Ing. Mario Roberto Nieto Lovo

SECRETARIO :
Ing. Oscar Eduardo Marroquín Hernández

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

DIRECTOR :
Ing. Luís Roberto Chevez Paz

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Director:

Ing. Luís Roberto Chevez Paz

AGRADECIMIENTOS:

- A dios todopoderoso por haberme permitido culminar con mi carrera.
- A mi padre Benjamín Fajardo por haberme brindado todo su apoyo económico y moral para finalizar este triunfo obtenido.
- A mi madre Celia Torres de Fajardo por haberme brindado todo el apoyo durante todos los logros académicos obtenidos y guiarme por el buen camino.
- A mi familia que siempre estuvo a mi lado en especial a mi tía Victoria Torres que siempre me ayudo y alentó en este proceso.
- Agradezco también a Don Salvador Posada y a Juan Olano por todo el apoyo brindado durante estos años.
- A todos mis amigos y amigas que tuvieron fe en mí y me apoyaron durante este proceso y me alentaron a seguir adelante.

Luis Ernesto Fajardo Torres

AGRADECIMIENTOS:

- A mi Madre Maria Paz Pineda Galvez (Q.D.D.G) a quien además de agradecerle le dedico este trabajo, por darme todo el apoyo y por todo su sacrificio. Gracias a ella hoy puedo sentirme satisfecho por haber terminado mi carrera
- A mi Hermana Sandra Yanira Rivera Pineda por apoyarme en esos momentos mas difíciles y saber que siempre cuento con ella.
- A mi Esposa Elsa Elizabeth Menjivar por darme los ánimos para continuar en los momentos de debilidad para seguir con esta carrera.
- A mis Hijos Pablo Alberto, Karla Violeta y Ronal Josael por haberme entendido por el tiempo que les quite para terminar mi carrera.
- A David Agreda y su esposa, todo lo que hicieron por mi cuando estaba a media carrera y darme los ánimos para terminarla, y por tenerme siempre es sus oraciones.

Pablo Rivera

PREFACIO

Los estudio sobre las descargas atmosféricas en El Salvador son muy pocos conocidos a pesar de que los efectos que derivan de estas tanto a nivel personal como en la industria son cuantiosos. Muchas empresas poseen sistemas de protección pero por lo general estos están basados en datos estimados sobre la actividad eléctrica de la zona los cuales pueden ser a veces sobre o sub dimensionados con lo que muchas veces estos sistemas no funciona como es debido.

La decisión de investigar acerca de este fenómeno atmosférico y proponer un sistema de monitoreo del mismo se da por el hecho del desconocimiento de datos precisos sobre la actividad eléctrica en El Salvador. Por la razón antes expuesta, es que se dio la necesidad de realizar esta investigación. Este documento contiene en su primer capitulo toda la información pertinente sobre la teoría del rayo, el mecanismo de descensos de las descargas, los parámetros asociados a este así como algunas formas de protección contra estos.

En el segundo capitulo se aborda sobre todo el trabajo de campo realizado en el diseño e implementación del sistema de monitoreo de descargas propuesto tanto en lo teórico como lo técnico.

En el tercer capitulo se trata todo sobre lo relacionado con el sistema de comunicación utilizado para enlazar las estaciones de monitoreo con la estación central.

En el cuarto capitulo se detallan todas las pruebas de campo realizadas tanto en el laboratorio, así como con el espinterometro y las mediciones hechas durante las tormentas eléctricas tanto las que se hicieron para caracterizar el rayo así como las hechas con el dispositivo implementado para determinar el nivel isoceraunico.

En el quinto capitulo se hace una comparación tanto técnica como económica entre un sistema comercial de monitoreo de descargas contra el sistema de monitoreo propuesto en el presente trabajo presentando las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

Al final del documento se incluyen todas las hojas técnicas de los componentes utilizados, mapas de actividad eléctrica en el mundo, costo del dispositivo y el manual de usuario de este.

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I

DESCARGAS ATMOSFERICAS (RAYOS)

INTRODUCCION.....	5
1.1 DEFINICION DE UN RAYO.....	5
1.1.1 TIPOS DERAYOS.....	6
1.2 COMO SE FORMAN LOS RAYOS.....	8
1.3 MODELADO DE UN RAYO.....	9
1.4 PARAMETROS DE UN RAYO.....	13
1.5 FORMAS DE MEDIR UN RAYO.....	16
1.5.1 METODO DIRECTO.....	16
1.5.2 MEDICION INDIRECTA.....	17
1.6 EFECTOS CAUSADOS POR LOS RAYOS.....	17
1.7 DISPOSITIVOS DE PROTECCION CONTRA RAYOS.....	20
1.7.1 SISTEMA DE PROTECCION CONTA EL RAYO.....	20
1.7.2 QUE ES UN PARARAYO.....	21
1.8 IMPORTANCIA DE PROTEGER LOS DISPOSITIVOS CONTRA RAYOS.....	24
CONCLUSIONES.....	25
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	26

CAPITULO II

TRABAJO DE CAMPO

INTODUCCION.....	27
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	27
2.2 DESCRIPCION DEL SISTEMA A IMPLEMENTAR.....	27
2.3 ANTENAS.....	29
2.4 DETECTOR.....	31
2.5 INTERFAS DE CONTROL YCOMUNICACIÓN.....	34
2.5.1 CONVERTIDOR ANALOGICO DIGITAL.....	34
2.5.2 MICROPROCESADOR.....	39
2.5.3 PROGRAMACION DEL PIC 16F874A.....	44
2.5.4 RELOJ DE TIEMPO REAL (RTC).....	49
2.5.5 BLOQUE DE INTERFACE DE NIVELES.....	56
CONCLUSIONES.....	62
REFERNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	63

CAPITULO III
SISTEMA DE COMUNICACION REMOTA CON LA ESTACION

INTRODUCCION.....	64
3.1 SISTEMA DE COMUNICACION REMOTA CON LAESTACION.....	64
3.2 CONFIGURACION DE LOS RADIOS.....	66
3.3 INSTALACION DEL WAVENET.....	69
CONCLUSIONES.....	71
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	72

CAPITULO IV
PRUEBAS DE CAMPO

INTRODUCCION.....	73
4.1 DETERMINACION DEL UMBRAL DE DISPARO.....	73
4.2 PRUEBAS CON EL ESPINTEROMETRO.....	74
4.3 MEDICIONES DURANTE TORMENTA ELECTRICA.....	76
4.4 COMPARACION ENTRE DATOS OBTENIDOS Y DATOS DE OTOS DISPOSITIVOS.....	81
CONCLUSIONES.....	83
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	84

CAPITULO V
COMPARACION ENTRE EL SISTEMA PROPUESTO Y UN SISTEMA
COMERCIAL

INTODUCCION	85
5.1 SISTEMA COMERCIAL DE DETECCION DE DESCARGAS ATMOSFERICAS.....	85
5.2 SISTEMA DE DETECCION DE DESCARGAS ATMOSFERICAS CON EL DETECTOR PROPUESTO.....	88
5.3 COMPARACION ECONOMICA ENTRE AMBOS SISTEMAS.....	90
CONCLUSIONES.....	92
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	93
ANEXOS	

INDICE DE FIGURAS

	Nombre de la figura	# Pág.
1.1	Tipos de descargas que se producen en una tormenta	5
1.2	Diferencia de potencial entre la superficie de la tierra y la ionosfera	9
1.3	Geometría del canal de un rayo planteado para modelarlo matemáticamente	11
1.4	Mapa isoseraunico de El salvador	14
1.5	Configuraciones de antenas de medición directa mas usadas en el mundo	16
1.6	Rayos sobre líneas eléctricas	18
1.7	Sistema de protección separado del volumen a proteger	21
1.8	Instalación de un pararrayos y la zona de cobertura	22
1.9	Pararrayos con conductores aéreos	23
1.10	Jaula de Faraday como pararrayos	23
2.1	Diagrama en bloques del sistema	28
2.2	Detector de campo magnético	29
2.3	Molde para la bobina	30
2.4	Construcción de la bobina	30
2.5	Cubierta de protección	31
2.6	Antena circular	31
2.7	Circuito integrador	32
2.8	Respuesta en frecuencia del circuito	32
2.9	Circuito integrador con filtro en la entrada	33
2.10	Vista externa del detector	33
2.11	Seguidor de voltaje	34
2.12	Pinout del AD7821	35
2.13	Conexión del AD7821 para una entrada unipolar	36
2.14	Característica de transferencia para una operación unipolar	37
2.15	Operación en modo standalone	38
2.16	Comunicación entre el AD7821 y el PIC 16F874A	39
2.17	Pinout del microcontrolador	40
2.18	Organización del mapa de memoria	42
2.19	diagrama en bloque del PIC 18F874A	43
2.20	Secuencia de programación del microcontrolador	46
2.21	Interface del programa de simulación	47
2.22	Pinout del reloj de tiempo real MC146818A	50
2.23	Conexión del oscilador de cristal	51
2.24	Mapa de memoria del MC146818A	52
2.25	Conexiones entre el RTC y el PIC	57
2.26	Pinout del IC MC1488	58
2.27	Pinout del IC MC1489	59
2.28	Conexión entre el microcontrolador y el puerto serial	59
2.29	Circuito completo del Sistema	60
2.30	Circuito completo del Sistema	61
3.1	Red de comunicación	65
3.2	Radio IP utilizado	65

3.3	Antena direccional	66
3.4	Vista de la entrada al WaveNet vía Browser	67
3.5	Vista de la pantalla de configuración del WaveNet	68
3.6	Configuración final de uno de los equipos WaveNet	69
3.7	Instalación del router sobre un mástil	70
4.1	Señal de ruido durante la tarde	73
4.2	Señal de ruido durante la noche	74
4.3	Espinterometro	74
4.4	Señal de campo ante una descarga con el Espinterometro	75
4.5	Señal de campo ante una descarga con el Espinterometro	75
4.6	Señal de campo ante una descarga con el Espinterometro	76
4.7	Señal de campo producido por una descarga atmosférica	76
4.8	Señal de campo producido por una descarga atmosférica	77
4.9	Espectro de frecuencias de la figura 4.8	77
4.10	Señal de campo producido por una descarga atmosférica	78
4.11	Espectro de frecuencias de la figura 4.10	78
4.12	Señal de campo producido por una descarga atmosférica	79
4.13	Espectro de frecuencias de la figura 4.12	79
4.14	Osciloscopio Digital FLUK 196C	80
4.15	Datos de Descargas durante los primeros 10 días del mes de octubre	80
4.16	Registro de los Eventos	81
4.17	Señal de campo magnético	81
4.18	Señal producida por un rayo Intranube	82
4.19	Señal de voltaje producido por un rayo Intranube	82
5.1	Detectores IMPACT ESP	86
5.2	Método de intercepción de círculos	87
5.3	Interface del software LTRAX	88
5.4	Método de intercepción de señales incidentes	89
5.5	Iterface de usuario del prototipo	89
5.6	Comparación de costos	91

INDICE DE TABLAS

# DE TABLA	TITULO DE LA TABLA	Pág.
2.1	Valores de los parámetros del circuito integrador	32
2.2	Valores de sensibilidad del circuito	32
2.3	Características del PIC 16F874A	40
2.4	Selección del banco de la memoria de datos	41
2.5	Selección del tipo de base de tiempo a utilizar	51
2.6	Modos de programación del tiempo, calendario y alarma en el MC146818A	53
2.7	Resumen de los tiempos de actualización del MC146818A	54
2.8	Registro A (\$0A)	54
2.9	Tasa de periodo de interrupción y selección de la frecuencia para SQW	55
2.10	Registro B (\$0B)	55
2.11	Registro C (\$0C)	56
2.12	Registro D (\$0D)	56

INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo, en las diferentes estaciones del año y en diversas latitudes de nuestro planeta, se ha observado e investigado el comportamiento de eventos eléctricos de la atmósfera, con especial interés en los fenómenos de descargas producidos por perturbaciones en el circuito tierra-ionosfera conocidos como rayos.

La observación de estos fenómenos se remonta a las diferentes culturas a través de los siglos, en El Salvador la riqueza mitológica del fenómeno del rayo en las culturas indígenas precolombinas, está representada ejemplarmente en el libro del Popol Vuh; Un análisis del significado de las invocaciones a los dioses Mayas para la lluvia, muestra el conocimiento que parece ya tenían sobre la diferencia que actualmente se tiene entre rayos de nube a tierra y entre nubes, así como las relaciones no directas que hoy en día conocemos entre número de días con rayos y número de días con lluvia. Y así alrededor del mundo todas las culturas tenían sus propias interpretaciones sobre los rayos a lo largo del tiempo.

Pero el conocimiento e investigación científica de ellos sólo inició hacia 1720, cuando se realizó un experimento en Leyden (Holanda) que se convirtió en el punto de partida para muchas de las interpretaciones del rayo: El Jarrón de Leyden. El Conde de Moschenbroeck tomó una botella y la llenó de agua. Dentro de la botella puso un conductor (hierro) y en el otro extremo comenzó a generar electricidad con una bola de cristal que puso a rotar (la fricción separa cargas). Andreas, ayudante del Conde, tenía la botella de agua en la mano, y cuando el conde generó electricidad rotando el cristal, se produjo un "fuego eléctrico" hacia la mano de Andreas, es decir, un rayo.

En 1746, El gran aporte de Benjamín Franklin fue proponer y explicar que un rayo obedece al mismo fenómeno presentado en el Jarrón de Leyden. Franklin pensó que al elevar una cometa que interceptara un rayo, éste debía bajar por el hilo conductor de la cometa hasta una llave metálica, y de ella a tierra. Si esto sucedía así, entonces el fenómeno del rayo era igual al de un fluido eléctrico en laboratorio, es decir, a la descarga producida en un Jarrón de Leyden.

A partir de estas fechas el estudio de las descargas atmosféricas a provocado la construcción de aparatos que midan y detecten los rayos para tener un mejor conocimiento y entendimiento de estos y poder diseñar, a partir de este conocimiento mecanismos de protección contra este tipo de fenómenos. Se sabe que cada día caen sobre la tierra ocho

millones de rayos (cien por segundo), los cuales se concentran principalmente en tres zonas principales: Suramérica Tropical, Centro de África y Sureste Asiático, en el área continental de estas tres zonas. En El Salvador los pocos estudios realizados muestran que en algunos lugares caen hasta 133 rayos. Muchos de estas descargas atmosféricas (rayos) incontrolables e inevitables ocasionan problemas y daños severos, y algunas veces irreversibles a dispositivos electrónicos y redes eléctricas que prestan servicio de energía eléctrica, por lo que la preocupación por tales daños ha conducido a una serie de estudios y observaciones ambientales para recabar información que facilite la tarea de análisis estadísticos y determine las zonas de mayor afluencia de tormentas, con la finalidad de tomar acciones preventivas en equipos conectados a las redes eléctricas y minimizar pérdidas cuantiosas.

Este documento trata sobre el estudio de descargas atmosféricas y la construcción de un aparato detector de rayos, para esto se ha considerado el diseño de un dispositivo capaz de captar el campo magnético generado por una descarga eléctrica que cae de la nube a tierra e intra nube, en el primer capítulo tenemos la teoría referente a los rayos: definiciones, características parámetros, dispositivos utilizados para medirlos, dispositivos de protección, etc.

El segundo capítulo contiene todo lo referente al diseño del detector de campo magnético producido por un rayo y todos los detalles de su implementación y construcción.

En el tercer capítulo muestra todo lo relacionado con el sistema de supervisión remota del sistema.

En el cuarto capítulo se detallan todos los datos de campo obtenidos.

En el quinto capítulo se hace una comparación entre un sistema comercial y el sistema propuesto en este trabajo.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Construir un instrumento detector de campo magnético capaz de captar el campo producido por un rayo que se genera cuando ocurre una descarga atmosférica desde una nube a la tierra e intra nube, así como una etapa de almacenamiento de eventos y un sistema de control remoto vía radio.

Objetivos específicos:

Investigar sobre los estudios realizados alrededor de los rayos para tener el conocimiento teórico necesario en la elaboración de un sistema de detección de descargas atmosféricas que tenga la base teórica suficiente y adecuada.

Proponer un sistema detector de descargas atmosféricas remoto basado en un detector de campo magnético producido por una descarga atmosférica para poder así determinar la distribución y densidad de rayos que caen en un lugar determinado, teniendo de esta forma la información necesaria para seleccionar el tipo de protección para los equipos.

ALCANCES Y LIMITACIONES

Alcances

La construcción de un sistema de monitoreo de descargas atmosféricas remoto basado en la implementación de un instrumento detector así como una unidad de adquisición de datos y un sistema de monitoreo remoto vía radio así como el diseño de una interfaz de usuario para la descarga de datos.

LIMITACIONES:

- El sistema no puede operar con baterías por lo que se hace necesario que en el lugar donde será colocado exista servicio de energía eléctrica.
- El sistema de comunicación utilizado entre la estación remota y la central necesita tener una buena línea vista para establecer un buen enlace y garantizar la comunicación.
- El sistema de detección solo es capaz de suministrar datos para obtener el nivel isoceraunico y no es capaz de caracterizar el fenómeno.
- El sistema de comunicación solo opera bajo ambiente Windows.
- El rango de cobertura de detección de descargas atmosféricas depende del nivel de ruido presente en el sitio donde será colocado el detector.
- El sistema de detección solo es capaz de almacenar hasta 30 eventos continuos debido a la capacidad de memoria con que se contaba.

CAPITULO I

DESCARGAS ATMOSFERICAS (RAYOS)

Introducción:

En este capítulo se define que es una descarga atmosférica, los tipos de rayos el proceso de formación de un rayo así como el modelado matemático de los mismos, también se dan a conocer los parámetros y formas de medir un rayo finalmente se describen los efectos causados por estos y algunos dispositivos de protección contra este tipo de fenómeno.

1.1 DEFINICION DE UN RAYO.

Se puede definir el rayo como una transferencia de carga entre la nube y la tierra y entre la tierra y la nube, que también se puede dar dentro de una nube, o entre nubes, o de la nube hacia la ionosfera, este fenómeno último descubierto hace menos de diez años por la NASA. Esto quiere decir que al mismo tiempo que un rayo comienza a bajar, hay otro rayo que comienza a subir desde la nube, el cual es conocido como "chorro azul" (*Blue Jets*.) por su color. Se calcula que estos rayos suben de 80 a 90 kilómetros, con un diámetro superior a 10 kilómetros, y cuando están arriba, se dispersan como una fuente, tomando el color rojo, por lo que se conocen con el nombre de "dispersión roja" (*Red Sprites*).

También una descarga eléctrica atmosférica o Rayo se define como la transferencia de carga positiva o negativa dentro de la nube, de nube a nube, de nube a tierra o de tierra a nube, esto se ilustra en la figura 1.1.

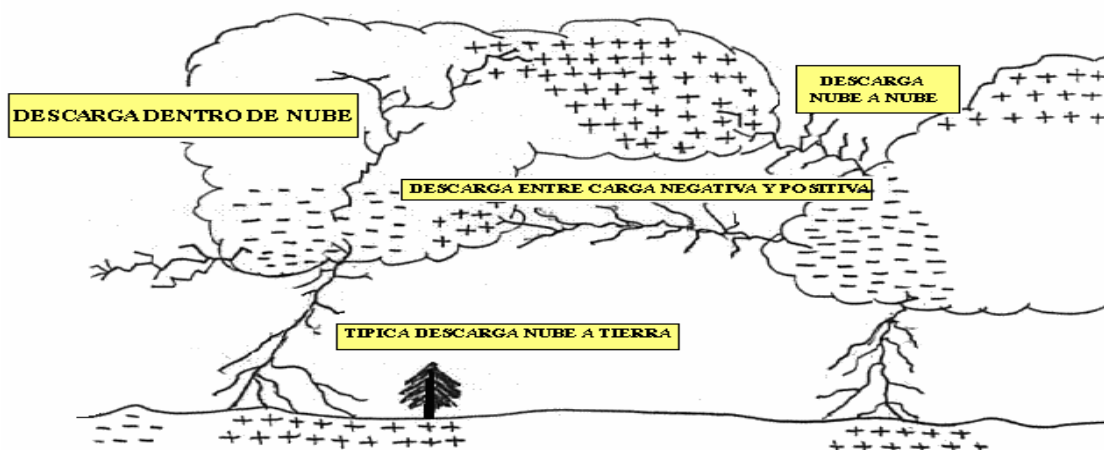


Figura 1.1. Tipos de descarga que se producen en una tormenta.

Hay muchos otros nombres y descripciones que la literatura le ha dado a los Rayos en diferentes idiomas. Algunos pueden ser ilusiones ópticas o mitos. Algunos bellos términos populares dados en el idioma español son: centella, destello, chispa, relámpago, exhalación.

1.1.1 TIPOS DE RAYOS:

· El **Rayo tipo nube-tierra:** es el más dañino y peligroso. Aunque no es el más común, es uno de los más estudiados y mejor entendidos. La mayoría se originan cerca del centro de carga negativo de la nube de tormenta y liberan carga negativa hacia la tierra. En menor proporción (aunque depende de variaciones espacio - temporales) se transporta carga positiva hacia la tierra. Las descargas positivas ocurren generalmente durante la etapa de disipación de una tormenta. El Rayo tipo nube - tierra está compuesto típicamente de una secuencia de descargas de Retorno (***return strokes***) individuales, que transfieren carga eléctrica de la nube a la tierra. Cada ***stroke*** presenta Corrientes de Retorno pico dentro de un rango típico de **1 kA a 400 kA**.

· El **Rayo intra nube:** es el tipo más común de descarga. Ocurre entre centros de carga opuestos dentro de la misma nube de tormenta. Usualmente el proceso se realiza dentro de la misma nube y al observarlo desde la parte externa de la nube se ven destellos muy difusos. Sin embargo, la descarga puede salir de los límites de la nube y un canal brillante, similar al de una descarga nube - tierra, puede ser visible a varios kilómetros de distancia.

· El **Rayo entre nubes:** como su nombre lo indica, ocurre entre centros de carga en dos diferentes nubes con la descarga puenteando el espacio de aire entre ellas.

· El **Rayo nube a ionosfera:** Antes de 1990, la literatura especializada en descargas eléctricas atmosféricas reportaba ocasionales descargas luminosas que aparecían a grandes alturas en la estratosfera sobre nubes de tormenta. En 1926, el científico Boys, creyó que tales eventos se presentaban una sola vez en la vida. Sin embargo, Wilson en 1956, especuló que una descarga entre la parte alta de una nube y la ionosfera podría estar acompañada de una descarga a tierra. El fenómeno, ahora conocido como espectro (***sprite***), fue primero accidentalmente documentado con base en grabaciones de vídeo en la noche del 6 de julio de 1989. En 1994 una firma norteamericana editó un vídeo con el nombre "***Red sprites and Blue Jets***", con lo cual se popularizaron los nombres y ofrecieron un vocabulario de términos para describir los atributos visuales. Un tercer fenómeno fue descubierto con grabaciones de vídeo en octubre de 1990, en la parte baja de la ionosfera, directamente sobre una

tormenta activa. Este consistía de un gran resplandor horizontal de varios cientos de kilómetros. En 1995, la firma norteamericana Lyons confirmó la existencia de éste tipo de destellos breves a los que llamaron *Emissions of Light and Very Low Frequency Perturbations From Electromagnetic Pulse Sources* (ELVES). Debido a que los *sprites*, *jets* y ELVES han estado desde hace miles de años, su descubrimiento era inevitable. Un evento típico de estos tres fenómenos se caracteriza por filamentos simples o múltiples que se extienden 30 o 40 kilómetros sobre una tormenta. Los ejemplos de grabaciones fueron encontrados en zonas templadas y tropicales, sobre los océanos y sobre la parte continental.

Los detalles de porque una descarga ocurre dentro de una nube o llega a tierra no están aún entendidos. Quizás una descarga se propaga hacia la tierra cuando el gradiente de potencial eléctrico en las regiones bajas de la nube es más fuerte que en la dirección de descenso.

Dependiendo de la altura de la nube sobre la tierra y cambios en la magnitud del campo eléctrico entre nube y tierra, la descarga se realiza dentro de la nube o hace contacto directo con tierra. Si la magnitud del campo eléctrico es mayor en las regiones bajas de la nube, una descarga descendente puede ocurrir de nube a tierra.

Flash: un flash se compone de uno o más *strokes*, con una duración de 20 a 50 microsegundos y con una separación típica entre cada uno de 20 a 100 milisegundos.

Según investigaciones a nivel mundial un flash se compone, en promedio, de 2 a 3 *strokes*, pero se tienen referencias de máximo veintiséis. Para la mayoría de *flashes*, las descargas subsecuentes (*strokes* que ocurren después del primero) impactarán en la tierra en el mismo punto que el primero, debido a que ellos viajan a través del canal establecido por la primera descarga. Sin embargo, aproximadamente una tercera parte de todos los *flashes* pueden contener *strokes* con diferentes puntos de impacto a tierra, separados por unos cuantos cientos de metros hasta varios kilómetros.

Es razonable definir la Localización de un Rayo nube - tierra con base en su punto de impacto a tierra (o el punto de impacto del primer *stroke* de un flash), pero no es precisa la localización de un Rayo entre o *intra* nubes. Un Rayo típico entre nubes puede tener una extensión horizontal de 10 a 20 Km.

Debido a lo anterior y al hecho que los Rayos nube - tierra son los eventos más importantes para el hombre y su entorno, los sistemas localizadores de Rayos han trabajado

históricamente para identificar y eliminar Rayos entre o intra nubes de los eventos reportados por los sistemas.

1.2 COMO SE FORMAN LOS RAYOS

Cuando llueve sobre la superficie terrestre, se produce evaporación natural (causada por el fenómeno de la convección^{1[1]}), llevando hacia arriba gotas de agua, es decir, H₂O. Mientras tanto, a una altura de 2,5 a 3 kilómetros donde la temperatura es de 15 a 20 grados centígrados bajo cero, se producen partículas de hielo que caen por gravedad y que chocan con las gotas de agua que suben por la evaporación. Estas fricciones y colisiones producen separación de cargas eléctricas, y se genera un campo eléctrico, es decir, fuerzas que se ejercen entre cargas, hasta que llega el momento en que se dan transferencias de cargas, conocidas como rayos. Dentro de los nubarrones, la turbulencia generada por el aire que sube produce la colisión entre pequeños cristales de hielo y gotas de agua (llamados "hidrometeoros"). Por causas no completamente entendidas, las cargas eléctricas positivas se acumulan en las partículas más pequeñas -- esto es, sobre los hidrometeoros menores de 100 micrómetros -- mientras que las cargas negativas se localizan en las partículas más grandes. El viento y la gravedad separan a los hidrometeoros eléctricamente cargados y produce una enorme diferencia de potencial eléctrico dentro de la tormenta.

Lo que hoy se conoce científicamente como rayo nube-tierra tierra-nube se debe a que cuando el rayo que baja de la nube está muy cerca de llegar a la tierra (a unos cien metros), se produce un rayo de la tierra hacia la nube, tal como sucede al frotar una peinilla y acercarla a unos pedazos de papel que suben hacia la peinilla antes de que ésta llegue a ellos. Una persona puede producir rayos hacia arriba si está muy cerca de un rayo que baja. En el encuentro entre el rayo que baja hacia la tierra y el que sube desde la tierra se produce un choque térmico, causado por un fenómeno de plasma, es decir, una alta temperatura (que puede llegar a 30.000 grados centígrados) durante la cual se ioniza completamente el aire.

^{1[1]} convección Se refiere a los movimientos verticales de masas. La convección causada por fuerzas de fluctuación, resulta de diferencias de temperatura y densidad dentro de la atmósfera. El aire caliente es menos denso que el aire circundante frío, lo cual hace que el primero se eleve.

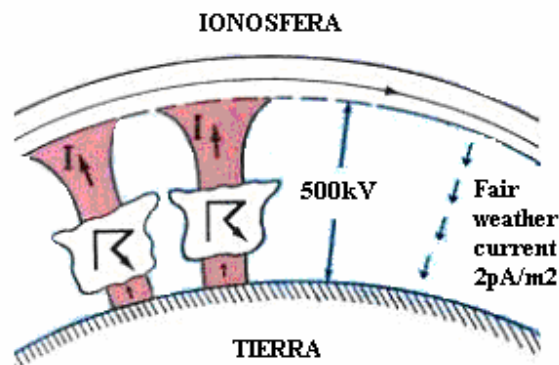


Figura 1.2. Existe una diferencia de potencial entre la superficie de la tierra y la ionosfera de 200,000 a 500,000 voltios

En 1920 un físico inglés de apellido Wilson, con base en una serie de mediciones, plantea esta hipótesis: "entre la superficie de la tierra y la ionosfera (a cien kilómetros de altura) existe una diferencia de potencial (un voltaje) del orden de 250.000 voltios". La pregunta es: ¿quién genera esos 250.000 voltios? Y la respuesta es: los rayos. La figura 1.2 ilustra el circuito global formado entre la tierra y la ionosfera.

Hoy se sabe que esa diferencia de potencial no son 250.000 voltios sino 249.900 voltios, que varían poco con la latitud. Wilson planteó entonces la teoría del Circuito Eléctrico Global, es decir, un generador de voltaje, resistencias y corrientes. Pero luego el señor Whipple, uno de los discípulos de Wilson, planteó el siguiente colorario: "existe una diferencia de potencial debida a los rayos, pero no está uniformemente distribuida alrededor del globo terráqueo, sino que está concentrada en las tres zonas de convección profunda tropical, Suramérica Tropical, Centro de África y Sureste Asiático. La mayor actividad de rayos está en zona continental y no en zona marítima". como lo revela la densidad de rayos sobre el planeta registrado por satélite. (Anexo 1).

1.3 MODELADO DE UN RAYO.

Cuando un rayo comienza, un arco inicia descendiendo con pasos discretos de 50 mts, esto es llamado paso del líder, este se desarrolla creando una trayectoria ionizada depositando cargas a lo largo del canal. Cuando esta cercano a la tierra, una gran diferencia de potencial es generada entre el final del arco y la tierra, típicamente un arco es lanzado de la tierra para interceptar al líder que desciende justamente antes de alcanzar la tierra; en ese instante una

descarga sube por la trayectoria ya ionizada a casi la velocidad de la luz, generalmente esta descarga tierra a nube tiene una carga neta positiva.

El líder esta compuesto de dos partes un canal delgado altamente conductor y un espacio de carga negativo alrededor del canal, el diámetro del canal es aproximadamente de 2mm y una caída de voltaje de 50kv/m.

La corriente máxima en el pico de rayo promedio es del orden de los 20.000 a 30.000 Amperios. En el 5% de los rayos, dicho parámetro supera los 150.000 Amperios y este es el valor que toman algunos formuladores de normas para sus cálculos.

La longitud total de descenso del líder o el canal es aproximadamente de 5 a 6 km.

El rayo es idealizado como una línea vertical con un extremo fijado a tierra. El modelado del rayo se hace tomando en cuenta la descarga de retorno es decir la descarga que sube de la tierra a la nube. Asumimos que la descarga se mueve a una fracción de la velocidad de la luz, delante de la descarga la corriente es cero y atrás la corriente esta cambiando con el tiempo y es diferente a diferentes alturas a lo largo del canal. Para encontrar el campo eléctrico y magnético debido a la variación tiempo-altura de la corriente, se considera un diferencial de altura dz como lo muestra la figura 1.3.

Un vector potencial de la corriente variante en el tiempo puede ser encontrado:

$$\overline{dA} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i\left(z', t - \frac{R(z')}{c}\right)}{R(z')} dz'z$$

Notar que se ha utilizado un retardo de tiempo $t = \frac{R(z')}{c}$ ya que se ha considerado una corriente variante en el tiempo dentro de un elemento estacionario de longitud dz.

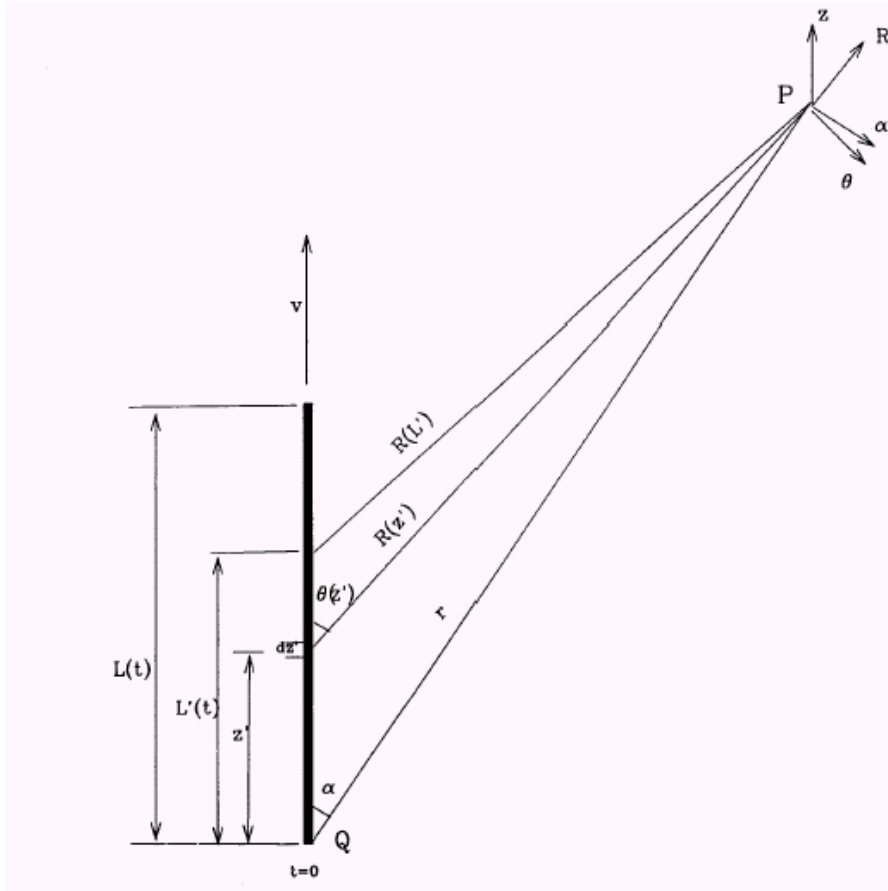


Figura 1.3. Geometría del canal de un rayo planteado para modelarlo matemáticamente.

De la ecuación anterior podemos encontrar el potencial escalar y entonces el campo eléctrico y magnético es expresado en las ecuaciones siguientes:

$$+ \frac{2}{cR^2(z')} i \left(z', t - \frac{R(z')}{C} \right) dz' \hat{R}$$

$$dE = -\nabla d\phi - \frac{\partial}{\partial t} \overline{dA}$$

$$\overline{dB} = \nabla \times \overline{dA}$$

$$\overline{E}(r, t) = \int_0^{L'(t)} dE$$

$$\bar{B}(r,t) = \int_0^{L'(t)} dB$$

Donde t_b es el tiempo en el cual el observador ve la fuente y $L'(t)$ es la longitud de radiación de la descarga vista por el observador en el tiempo t . Note que el escalar y el vector potencial son cero antes de t_b por lo tanto son igual a cero. Las ecuaciones de campo eléctrico y magnético pueden ser escritas en coordenadas esféricas de la siguiente forma, despreciando el efecto de tierra:

$$\begin{aligned} \bar{E}(r,t) = & \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_0^{L'(t)} \cos\theta \times \left[\frac{2}{R^3(z')} \int_{\frac{z'-R(z')}{c}}^z i\left(z', t - \frac{R(z')}{c}\right) dt + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_0^{L'(t)} \sin\theta \times \left[\frac{1}{R^3(z')} \int_{\frac{z'-R(z')}{c}}^z i\left(z', t - \frac{R(z')}{c}\right) dt \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{1}{cR^2(z')} i\left(z', t - \frac{R(z')}{c}\right) + \frac{1}{c^2 R(z')} \frac{\partial i(z', t - R(z')/c)}{\partial t} \right] dz' \theta \right] \end{aligned}$$

$$\bar{B}(r,t) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_0^{L'(t)} \sin\theta \left[\frac{1}{R^2(z')} i\left(z', t - \frac{R(z')}{c}\right) + \frac{1}{cR(z')} \frac{\partial i(z', t - R(z')/c)}{\partial t} \right] dz' \phi$$

Las ecuaciones anteriores pueden ser modificadas asumiendo una antena con una altura fija H , así el limite de integración superior es cambiado por H en lugar de $L'(t)$, para el campo eléctrico también se puede simplificar la ecuación con $t=0$ en lugar de $\frac{z'}{v} + R(z')/c$.

En general no es muy factible la aplicación directa de estas formulas cuando los campos son variantes en el tiempo y su complejidad se pone en evidencia cuando las soluciones de campo deben satisfacer simultáneamente las cuatro ecuaciones integrales de Maxwell.

También podemos evaluar las ecuaciones para una distancia D horizontal entre el punto de observación y el canal del rayo. Finalmente tenemos una ecuación más sencilla para el campo eléctrico:

$$\bar{E}_r(D,t) = -\frac{v}{4\pi\epsilon_0 c^2 D} i\left(0, t - \frac{D}{c}\right) \hat{z}$$

Es posible modelar el rayo haciendo una aproximación magnetoestática, como se ha supuesto una línea recta de corriente es posible calcular la magnitud del campo magnético B, por lo tanto, una corriente I a lo largo de un eje perpendicular a la superficie de la tierra originada a una altura H y terminando en un nivel de tierra (H=0) generara un campo magnético:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi D} \frac{H}{\sqrt{H^2 + D^2}}$$

Que es la ley circuital de Ampere para campos estáticos y donde D es como se menciono antes, la distancia sobre la superficie de la tierra desde el eje donde se origina la descarga hasta el punto de observación.

Si asumimos un conductor infinitamente largo podemos simplificar aun más la ecuación anterior:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi D}$$

1.4 PARÁMETROS DE UN RAYO

Dentro de las características del rayo, se conocen más de quince parámetros que poseen una ligada relación con las características espacio-temporales de las descargas eléctricas atmosféricas, pero para aplicaciones en ingeniería se pueden considerar los siguientes:

Nivel ceráuneo (NC): Por muchas décadas, el parámetro universalmente aceptado para caracterizar la actividad eléctrica atmosférica de una región ha sido el Nivel Ceráuneo, definido como el número de días del año en que por lo menos es escuchado un trueno.

La distribución espacio-temporal del NC a todo lo largo del territorio Salvadoreño se presenta en el Mapa de Niveles Ceráuneos de la figura 1.4. Algunas zonas de El Salvador presentan niveles ceráuneos de 81 o más.

Densidad de rayos a tierra: Se define como el número de rayos a tierra por kilómetro cuadrado al año, y es un parámetro complementario al Nivel Ceráuneo que permite cuantificar la incidencia de rayos en la zona.

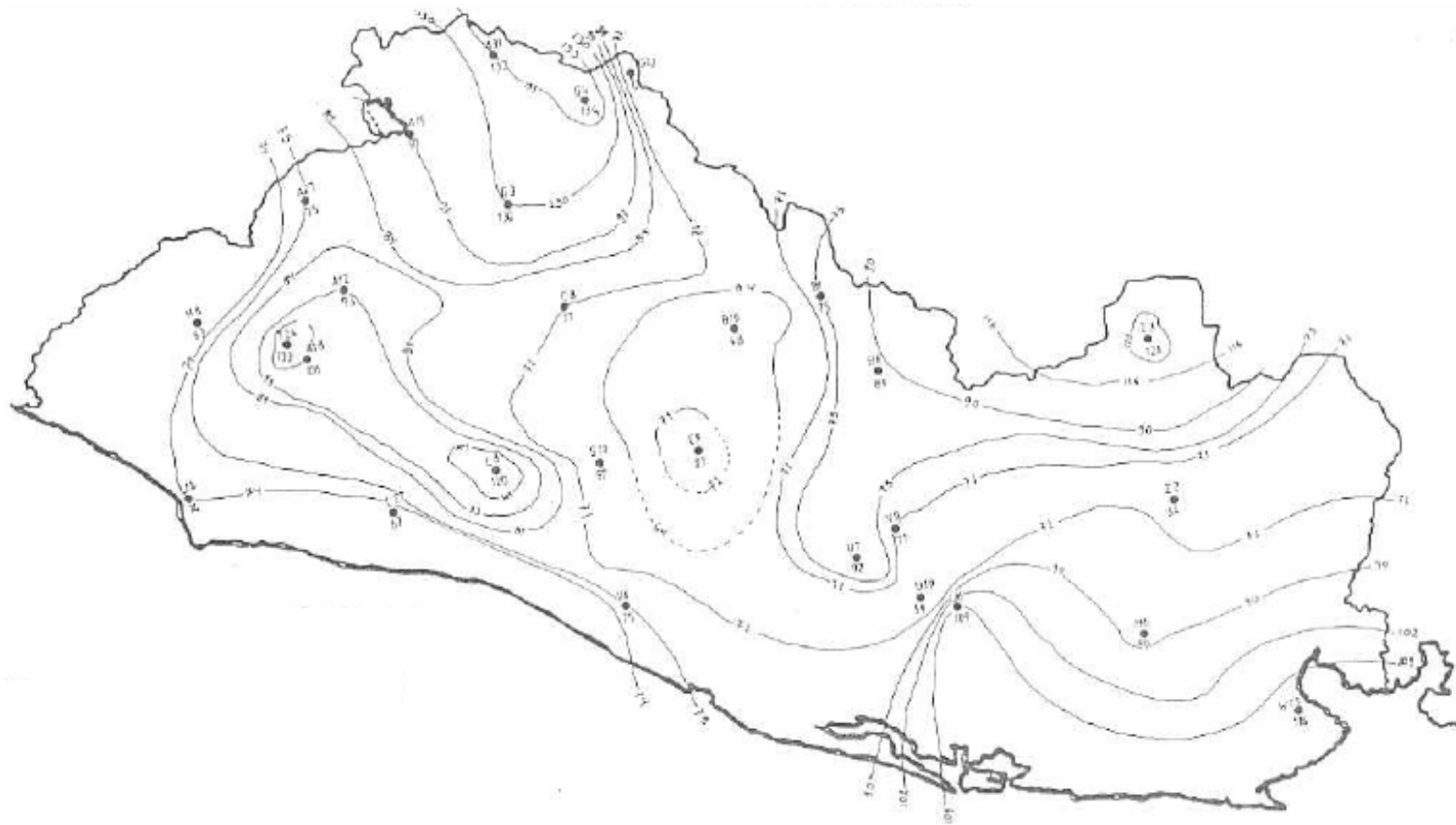


Figura 1.4 Mapa Isoceraunico de El Salvador.

Durante décadas y en diferentes lugares del mundo se han realizado investigaciones sobre densidad de rayos a tierra. En El Salvador, poco se conoce de la instalación de equipos y redes para la medición de este parámetro.

Polaridad: La Polaridad del Rayo es el tipo de Carga que se esta transfiriendo (Positiva o Negativa), no importa en que dirección esta carga es transferida. Se ha determinado que un 95% son negativos.

Máximo valor de corriente del rayo: Los dos principales parámetros de interés de una descarga de retorno (*return stroke*), son el valor máximo de la corriente de rayo, o también llamado corriente pico (*current peak*), y la máxima tasa de ascenso de corriente (*current maximum rate-of-rise*).

El valor máximo de la corriente de rayo, i , dado en kiloamperios, es importante para el cálculo de dos valores en el diseño de protección contra rayos: uno, la caída de tensión U_e en voltios, cuando el rayo impacta en la Resistencia de puesta a tierra al impulso - R_{st} de la instalación; y el otro, la distancia de impacto - r_s en metros, del rayo a la estructura.

La correcta medición de la corriente pico, para *strokes* individuales o *flashes*, es esencial en el análisis de ingeniería de fallas individuales, así como para el mantenimiento y operación de los sistemas eléctricos y electrónicos.

La corriente pico es sólo indirectamente estimada por un sistema localizador de rayos. Esto es debido a que tales sistemas tienen sensores remotos y pueden entonces medir únicamente el campo eléctrico o magnético producido por el rayo a grandes distancias.

Máxima tasa de ascenso de la corriente del rayo: Mientras la corriente pico se puede medir remotamente del campo electromagnético pico con un aceptable error, éste no es el caso para la máxima rata de ascenso de la corriente pico (*current rate-of-rise*).

El valor $(di/dt)_{max}$ se utiliza para el cálculo de tensiones electromagnéticas inducidas U_{max} , expresadas en voltios, que se presentan en los lazos metálicos, abiertos o cerrados, en cualquier instalación y son las causantes de daños de equipos electrónicos (televisores, teléfonos, equipos de comunicación, etc.).

Cuadrado de la corriente de impulso del rayo: El valor del cuadrado de la corriente de impulso del rayo, se utiliza para el cálculo del calentamiento y los esfuerzos

electromecánicos al circular la corriente del rayo por conductores metálicos.

1.5 FORMAS DE MEDIR UN RAYO.

Existen dos formas de medir un rayo: de forma directa y de forma indirecta.

1.5.1 Método directo:

Las estaciones de medición directa deben soportar la magnitud del valor nominal de los parámetros del rayo, los cuales están ligados a su lugar de ubicación. Esto implica considerar las diferentes condiciones y variables propias de cada estación, puesto que podrían afectar valores o rangos de referencia de algunos instrumentos, para lo cual se prevé que no se alteren las características de funcionamiento cuando el fenómeno esté presente.

Generalmente se colocan antenas de descarga (figura 1.5) ubicadas en torres. Estos sistemas se complementan con técnicas de fotografía y detección de campo.

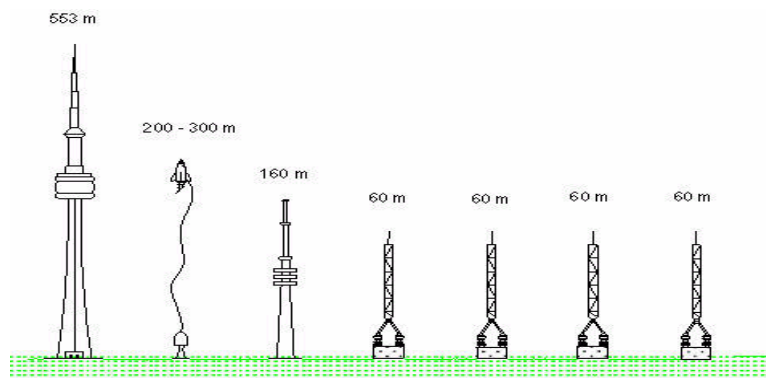


FIGURA 1.5. Configuraciones de antenas de medición directa, más usadas en el mundo.

Además de estas antenas se han utilizado en el pasado otros instrumentos como el oscilógrafo, el klidonografo.

1.5.2 Medición Indirecta:

Sistemas localizadores de rayos

En general se puede decir que hay dos métodos ampliamente utilizados para la localización de rayos; el primero está basado en la tecnología conocida como *Direction Finding (DF)*, desarrollado por la firma norteamericana LLP Inc. y el segundo en la tecnología *Time of Arrival (TOA)*, desarrollado por la empresa, también norteamericana ARSI.

El sistema DF consta de dos partes: el Sensor o antena receptora (*direction finder*) y el analizador de posición. El sistema puede operar como una estación DF (TSS) o múltiples estaciones.

El Sensor consta de una antena de campo magnético de lazos ortogonales, una antena de campo eléctrico de placas y un microprocesador. El ancho de banda del sistema de sensores es aproximadamente 1-400 kHz., tal que la forma y polaridad de las ondas electromagnéticas generadas por el Rayo pueden ser registradas con relativa buena precisión..

El sistema *Lightning Position and Tracking System (LPATS)* fue desarrollado hacia 1980; mide las diferencias de tiempo de arribo (*Time of Arrival TOA*) de una señal de descarga de retorno mediante tres o más sensores y localiza el sitio de impacto por medio de la intersección de las correspondientes hipérbolas sobre una superficie esférica.

Existen también detectores ópticos altamente sofisticados como el Detector Óptico de Oscilación Transitoria (OTD por las siglas en inglés, *Optical Transient Detector*) y el Sensor de Imágenes de Relámpagos (*Lightning Imaging Sensor o LIS*). "El OTD y el LIS son dos sensores ópticos que se han colocado en órbita baja sobre la Tierra", "El OTD fue puesto en órbita en 1995, El LIS fue lanzado a bordo del satélite de la Misión para la Medición de Lluvia Tropical (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) en 1997. Basado en estos sensores se obtuvo el mapa del anexo 1 que muestra el número de relámpagos por km² /año.

1.6 EFECTOS CAUSADOS POR LOS RAYOS

Los efectos de un rayo pueden clasificarse en dos categorías: personales y económicos.

Efectos personales: ocurren cuando una persona es alcanzada por un rayo y es afectada físicamente por el golpe de este. Estos efectos son extremadamente variables e imposible de predecir.

Efectos económicos: los efectos económicos ocasionados por un rayo son extremadamente comunes y dejan millones de dólares en pérdidas. Tanto viviendas como la industria se ven afectados por los rayos; las distribuidoras eléctricas son una de las más directamente impactada.

Los efectos causados por los rayos a instalaciones, fábricas o estructuras pueden ser clasificados de la siguiente forma:

Efectos directos:

Los efectos que las descargas atmosféricas se pueden palpar fácilmente, esto quiere decir que es cuando un rayo choca en un punto determinado se puede observar la destrucción en el lugar de la descarga.

Los daños directos son los que más comúnmente se conocen dado que sus manifestaciones son muy visibles y se producen por el impacto directo y externo del rayo sobre bienes tales como edificios, tanques o transformadores ubicados a la intemperie.

Si el rayo cae directamente sobre una línea conductora de electricidad o sobre una línea telefónica, generará un pulso de sobre tensión por varios kilómetros que atravesará los equipos del usuario y derivará a tierra generando todo tipo de averías y destrucción particularmente en equipos eléctricos y electrónicos. Figura 1.6.

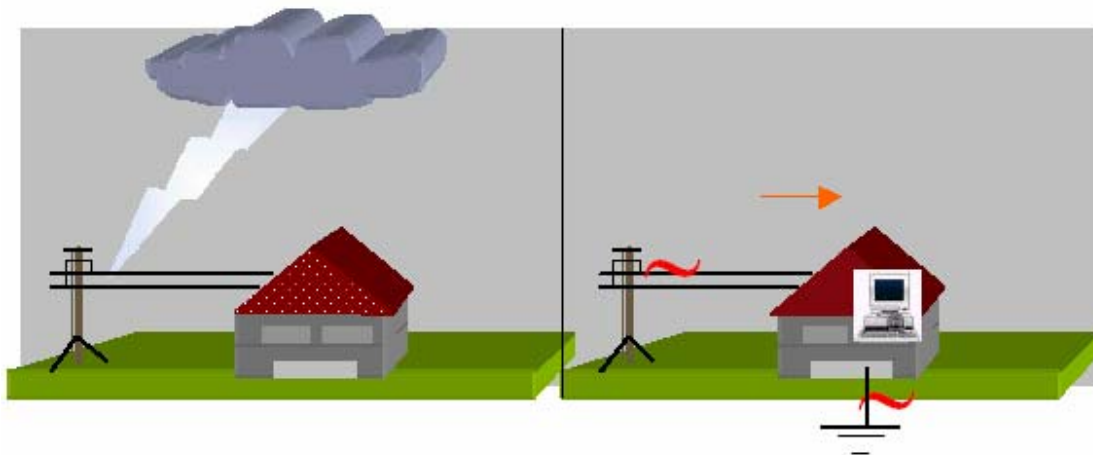


Figura 1.6. Rayo sobre líneas eléctricas generando un pulso de sobre tensión.

Algunos de estos efectos se describen a continuación.

Daño térmico. Cuando un pulso instantáneo de corriente es generado por un rayo con un valor i , fluye a través de un conductor de resistencia R , esto genera un calentamiento en el conductor de un valor de $R \cdot i^2 dt$ joules, la cantidad $i^2 dt$

es llamada acción integral del pulso y es medida en joules por ohms. La elevación de la temperatura es proporcional a R y múltiplo de la acción integral del pulso. Por lo tanto las instalaciones que estén expuestas a este tipo de pulsos de corriente deben de ser diseñadas para mantener esta elevación de la temperatura debajo de valores críticos.

Fuerzas mecánicas destructivas: cuando un conductor de pequeña sección transversal lleva una corriente de un rayo es forzado a llevar una parte sustancial de la corriente del rayo este se comporta como un fusible explosivo.

Fuerza y presión magnética: una corriente llevando una corriente sufre en su interior un efecto de presión, cuando la corriente es suficientemente alta para producir un campo magnético en la superficie de valor elevado, una severa distorsión mecánica puede ocurrir.

Sparking: chispas de voltaje pueden ocurrir cuando un dieléctrico es averiado, esto se da en trayectorias resistivas de un material y especialmente en uniones. También se dan chispas térmicas que consisten de fragmentos de material a una gran temperatura ocasionados por las altas concentraciones de corriente que se dan en el material.

Efectos indirectos:

Los menos conocidos pero no por si menos destructivos llamados efectos indirectos y cuyas manifestaciones están relacionadas con daños a equipos eléctricos y electrónicos por picos de sobre tensión inducidos. Algunas causas de estos efectos son de naturaleza electromagnética como las siguientes.

Transitorio debido a la corriente del rayo: esencialmente un pulso de corriente a través de una instalación o cercana inyecta un voltaje en los metales. La corriente que fluye depende de la resistividad del circuito. La forma de onda del voltaje inducido es muy compleja. Pero usualmente consta de un voltaje proporcional a la corriente debida a la resistencia de acoplamiento, un voltaje proporcional al cambio de corriente del rayo di/dt debido al acoplamiento directo del campo magnético y oscilaciones senoidales de alta frecuencia debida a la resonancia natural de los materiales.

Pulsos electromagnéticos (EMP): Es el resultado de los campos magnéticos transitorios formados por el flujo de corriente que se produce a través del canal establecido entre la nube y el potencial cero de la tierra. Los transitorios de corriente que fluyen por el canal producen un campo magnético relativo. Las corrientes alcanzan cientos

de miles de amperios por lo que el pulso magnético generado es significativo.

Pulsos electroestáticos: los transitorios atmosféricos o electrostático son el resultado directo de la variación del campo electrostático que acompaña a una tormenta eléctrica debido a la turbulencia que ella genera. Los cables suspendidos cerca de la tierra se encuentran inmersos en campos electrostáticos y a su vez pueden ser cargados a un potencial relativo que esta en función de la altura.

Corrientes de tierra: los transitorios de corrientes de tierra son el resultado directo de los procesos de neutralización que siguen la finalización de un rayo. El proceso de neutralización esta acompañado por movimientos en la carga a lo largo y cerca de la tierra, la localización donde la carga fue inducida y el punto donde el impacto del rayo finalizo.

1.7 DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGA ATMOSFERICAS.

Dado la naturaleza destructiva de los rayos es necesario proteger los equipos o cualquier otro sistema expuesto al fenómeno.

Debe tenerse en cuenta, que un sistema de protección contra descargas eléctricas atmosféricas no puede impedir la formación de rayos. Además tal sistema no garantiza en forma absoluta la protección de la vida, bienes y estructura, pero si, reducirá en forma significativa el riesgo de los daños producidos por el rayo.

1.7.1 Sistema de Protección contra el Rayo:

Es un sistema completo que permite proteger una estructura contra los efectos del rayo; consta de un sistema externo y de un sistema interno de protección contra el rayo.

Sistema Externo: Comprende un dispositivo captor (Terminal aéreo), las bajadas y un sistema de puesta a tierra.

Sistema Interno: Comprende todos los dispositivos complementarios al anterior con el objeto de reducir los efectos electromagnéticos (voltajes inducidos) de la corriente de rayo dentro del espacio a proteger.

Algunas particularidades aumentan la probabilidad de la caída de rayos en un lugar. Por ejemplo, la frecuencia de descargas en un lugar es proporcional al cuadrado de la altura sobre el terreno circundante. Esto hace que las estructuras aisladas sean particularmente vulnerables. Además, las puntas agudas incrementan también la probabilidad de una descarga.

Los Sistema de Protección son separado del volumen a proteger, la figura 1.7 muestra que los captores y las bajadas están ubicados de tal manera que el trayecto de la descarga no tiene ningún contacto con el volumen a proteger y evita las descargas laterales.

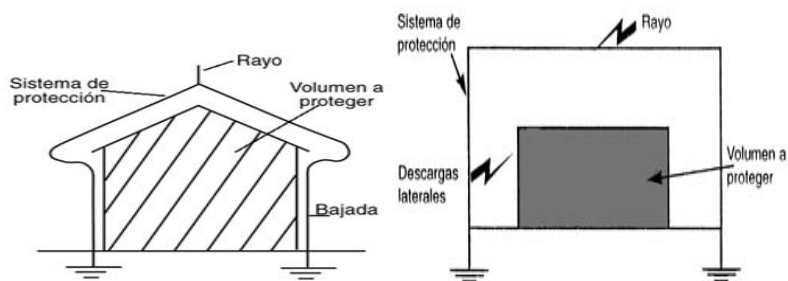


Figura 1.7. Sistema de protección separado del volumen a proteger

Los rayos ocurren con diferentes intensidades y un sistema que proteja contra su efecto deberá ser diseñado tomando en cuenta los rayos promedio o mayores del área en cuestión. Las descargas no pueden ser detenidas, pero la energía puede ser desviada en una forma controlada.

1.7.2 Que es un pararrayos:

El pararrayos no es más que un dispositivo que, colocado en lo alto de un edificio, dirigen al rayo a través de un cable hasta la tierra para que no cause desperfectos.

Ya hemos comentado que normalmente las nubes de tormenta tienen su base cargada negativamente, mientras que la región de tierra que se encuentra debajo de ellas, por efecto de inducción electroestática, presenta carga positiva.

Las cargas negativas de la nube se repelen entre sí y son atraídas por las cargas positivas de la tierra.

Puesto que el pararrayos está conectado a tierra, sus electrones son repelidos por los de la nube con lo que queda cargado positivamente al igual que la tierra bajo la nube.

Un sistema de protección contra descargas, llamado de pararrayos, debe:

- a) Capturar el rayo en el punto diseñado para tal propósito. La terminal aérea.
- b) Conducir la energía de la descarga a tierra, mediante un sistema de cables conductores que transfieren la energía de la descarga mediante trayectoria de baja impedancia; y,
- c) Disipar la energía en un sistema de terminales (electrodos) en tierra.

Dado que cuando se produce el fenómeno de polarización de cargas eléctricas entre la nube y la tierra la mayor concentración de cargas eléctricas se genera en los puntos más altos de las estructuras, estos serán los puntos donde más probablemente impactará el rayo.

El elemento de captación del pararrayos por ende se colocará en la parte más alta de las estructuras.

A los efectos del entendimiento práctico un pararrayos común, genera aproximadamente un cono de protección con radio igual a la altura a que se encuentra su elemento de captación en relación al suelo. Figura 1.8.

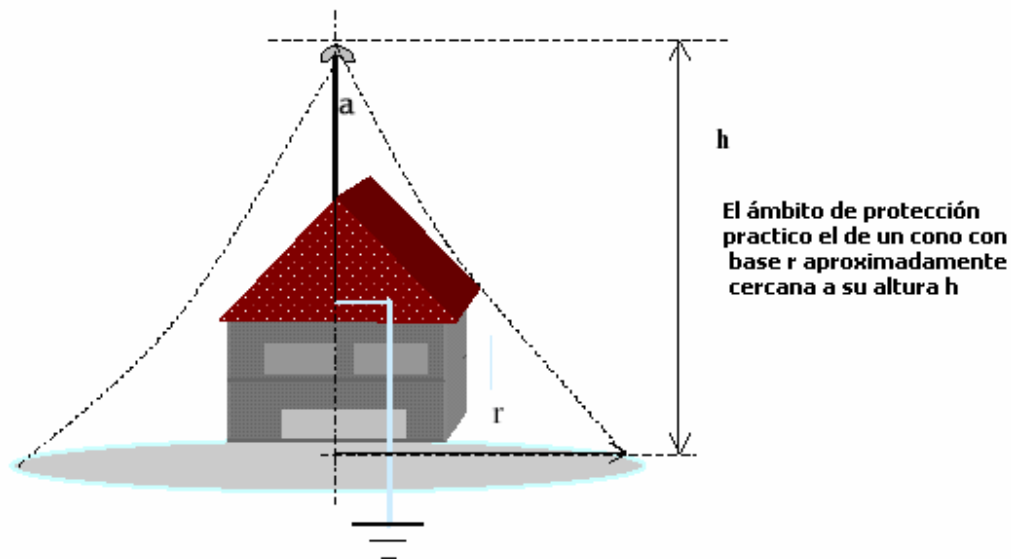


Figura 1.8 . Instalación de un pararrayos y la zona de cobertura

El ángulo variará de acuerdo a la altura de colocación del elemento captor.

La Norma Iram 2184-1 "Protección contra descargas atmosféricas" establece alturas básicas y ángulos de

colocación del dispositivo para dar un círculo de protección de los elementos en tierra de acuerdo al nivel de protección deseado.

Las normas internacionales indican que los edificios que contengan o procesen líquidos inflamables o gases combustibles sean protegidos con pararrayos particularmente en áreas con alta actividad eléctrica atmosférica.

Otros ejemplos de dispositivos pararrayos:

Conductor aéreo:

Se sitúan uno o más conductores aéreos sobre la estructura a proteger y se unen a tierra mediante bajadas y conexión equipotencial del circuito general de tierra. El área protegida estará bajo los conductores aéreos.



Figura 1.9. Pararrayos con conductores aéreos

Jaula de Faraday

Múltiples puntos de captación formando una malla con una bajante por punta captadora y conexión a tierra. Hay que hacer notar que las estructuras modernas con estructuras metálicas, cumplen una función similar a la jaula de Faraday, por lo que la posibilidad de que un rayo penetre las instalaciones es extremadamente baja. Unión equipotencial de todas las conexiones.

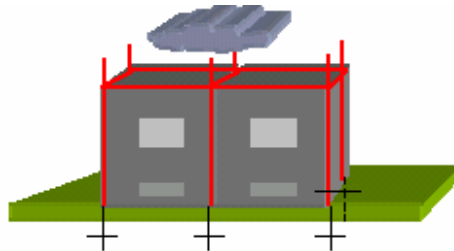


Figura 1.10. Jaula de Faraday como pararrayos.

Pararrayos activos

Hay otros pararrayos activos denominados "con dispositivo de cebado", cuya característica principal es el aprovechamiento de la energía contenida en el campo eléctrico ambiental. La intensidad de este campo eléctrico aumenta muy

considerablemente con la proximidad de una tormenta dado que se incrementa la actividad eléctrica de la atmósfera. Este pararrayos capta y almacena esta energía y cuando la descarga del rayo es inminente la libera ionizando el dispositivo captador del pararrayos con el objeto de atraerlo. Estos pararrayos tienen como ventaja que su rango de protección es mucho mayor que el del pararrayos pasivo.

1.8 IMPORTANCIA DE PROTEGER LOS EQUIPOS CONTRA LOS RAYOS.

Dado que los efectos causados por los rayos y sus consecuencias a nivel económico son elevados, se hace necesario proteger los equipos y las estructuras con el fin de reducir estos problemas.

Tanto los efectos directos como los indirectos requieren de un buen conocimiento para diseñar un adecuado sistema de protección, en consecuencia un estudio minucioso de las características de los rayos es demandado.

Un buen conocimiento del fenómeno así como las interpretaciones del mismo traerán como consecuencia un buen diseño de los sistemas de protección. Pero antes de esto se requiere construir instrumentos que nos ayuden a medir las características como intensidad de campo magnético y corriente producidos así como la frecuencia con que ocurren estos fenómenos, con el objetivo de diseñar protecciones que cumplan con su finalidad.

CONCLUSIONES DEL CAPITULO I

- El fenómeno de las descargas atmosféricas por su naturaleza es imposible evitarlo pero si es posible diseñar medidas de protección que minimicen sus efectos.
- Existen diferentes tipos de rayos entre ellos el más dañino y perjudicial para el hombre es el rayo nube-tierra aunque no el más común pero es al que se le dedica más atención e interés de estudio por los efectos negativos que ocasiona.
- El nivel ceráuneo es el numero de días al año que al menos se escucha un rayo en algunos lugares del planeta este parámetro llega a 300, en El Salvador este valor se ha estimado que llega a un máximo de 133.
- Dada la gran cantidad de energía que libera un rayo; los efectos de un rayo son numerosos y variados desde los incendios y electrocuciones debidos a impactos directos hasta los efectos por interferencia e inducción en equipos eléctricos y electrónicos así como en líneas de transmisión.
- Ya que un rayo buscara el camino de mas baja impedancia a tierra, si este baja por un conductor donde existe algún equipo conectado y no tiene protecciones, es casi seguro de este equipo resultara dañado
- Tener un claro concepto de este fenómeno es importante para el diseño de una red de protección que va más allá de la colocación de un pararrayos o un dispositivo de protección.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS CAPITULO I

- ESTUDIO DE LOS FENOMENOS ELECTROMAGNETICOS PROVOCADOS POR LAS DSCARGAS ATMOSFERICAS.
Hector Antonio Chicas.
- TORIA ELECTROMAGNETICA
Carl T. A. Johnk
- www.indelec.com
- www.lightningsafety.com
- www.rayos.info/como_actuar.htm

CAPITULO II

TRABAJO DE CAMPO

INTRODUCCION

En este capitulo se presenta en forma detallada el diseño y la construcción del sistema de monitoreo de descargas atmosféricas propuesto. Iniciamos detallando el sistema por medio de un diagrama en bloques luego se describe la construcción de cada etapa que forma el sistema.

En la primera parte se trata la construcción del detector de campo magnético utilizado para este proyecto a continuación se detalla la parte de adquisición de datos, luego la etapa del microcontrolador y por último se describe el circuito del reloj de tiempo real y la interfaz de niveles TTL y RS232.

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En el presente trabajo se plantea el diseño de un sistema de monitoreo de descargas atmosféricas remoto tanto de descargas de nube a tierra como entre nubes, para así poder determinar el nivel isocerauneo de una zona específica. Para esto se plantea la construcción de dos detectores de campo magnético cada uno con su respectiva antena, así como el diseño de una unidad de adquisición y almacenamiento de datos capas de registrar el evento y la implementación de un sistema de comunicación vía radio con la estación, que permita el monitoreo y control remoto de esta.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA A IMPLEMENTAR.

La descripción de las características del sistema se hace a partir de un diagrama de bloques el cual muestra su operación. Cada etapa del diagrama muestra como están constituidos estos bloques, y los componentes y circuitos para implementarlos.

En la figura 2.1 se presenta el diagrama de bloques del proyecto.

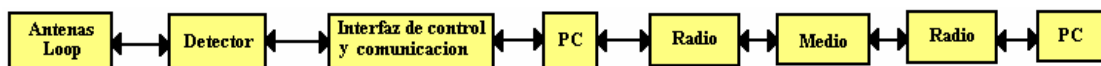


Figura 2.1 diagrama en bloques del sistema

Antes de pasar a describir cada etapa del sistema es necesario aclarar que tanto la etapa de las antenas y el detector, se basaron, en una propuesta de diseño presentada en el artículo de la IEEE llamado "*high sensitivity 50 hz 1MHz probe for B and db/dt*" (ver Anexo 2) en este artículo se detalla el diseño y construcción de un detector de campo magnético y campo eléctrico para ser usado en ambientes industriales, el cual consta de tres circuitos para la detección de campo magnético y dos para la detección de campo eléctrico, para nuestros fines solamente se utilizó una de las etapas para detección de campo magnético (la que presentaba mayor sensibilidad). Además se tuvieron que hacer ciertos cambios al diseño original para adecuar el dispositivo a la aplicación deseada. La propuesta del detector presentada en el artículo de la IEEE se muestra en la figura 2.2.

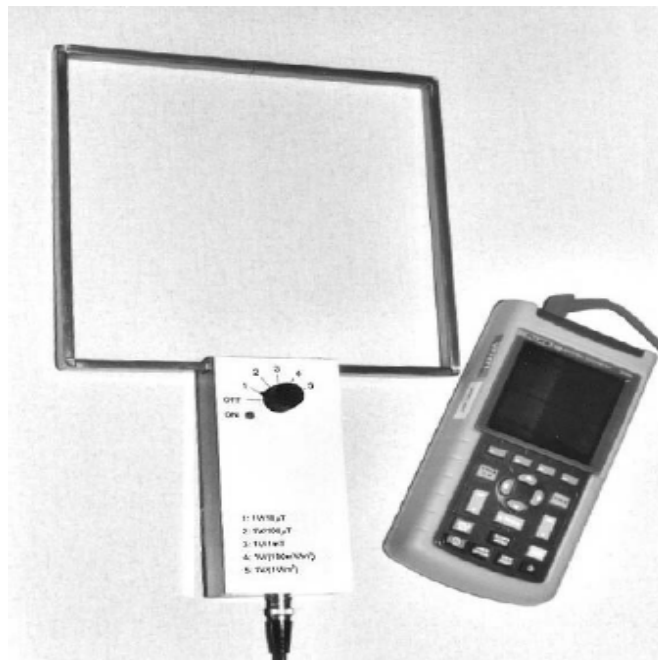


Figura 2.2. Detector de campo magnético y eléctrico

Como se puede observar, el detector está diseñado para ser utilizado como punta de prueba en ambientes interiores, ya que tanto la antena como los circuitos están prácticamente montados en la misma estructura lo cual no resultaba práctico para nuestra aplicación, ya que la antena debía estar a la intemperie bajo sol, lluvia etc., por lo que debía separarse de los circuitos detectores, además se tuvo que cambiar el diseño estructural de forma cuadrada a forma circular así también se prescindió del osciloscopio como forma de medir las señales debido a que no se ajustaba a las necesidades del sistema y a su elevado costo, todo esto se detalla de manera más específica a continuación.

2.3 Antenas:

Cambiar la forma cuadrada de la bobina a una forma circular facilitaría tanto su construcción como su instalación, la modificación no presentó mayor problema solo requirió la conversión del área cuadrada a circular.

El segundo inconveniente era que en el diseño propuesto la antena presenta una coraza envolvente de lamina de cobre, la cual es muy practica ya que es muy maleable pero presenta el problema que es muy susceptible a los embates del medio ambiente ya que el cobre se corroe fácilmente; así también presenta poca resistencia mecánica lo cual es un problema a la hora de fijarla a un mástil por lo que se decidió cambiar el cobre por acero inoxidable que presenta mayor resistencia mecánica con lo que se facilito la construcción ya que solo se necesitan dos piezas que pueden sujetarse mecánicamente con abrazaderas para armar la coraza mientras, que con el cobre es necesario soldar las piezas con estaño lo cual no le da mucha solides a la estructura así también se facilito la instalación ya que el acero por su dureza puede ser fijado a una estructura sin mayor problema, así también presenta mayor durabilidad a la exposición en exterior.

La antena es una bobina que esta contenida dentro de la coraza de acero, consta de 16 vueltas de alambre de cobre esmaltado colocadas una a la par de la otra para así formar una bobina plana, para tal fin se utilizó una cincha plástica como base para la construcción de la bobina como se muestra en la figura 2.3.



Figura 2.3 molde para la bobina.

Luego se procedió a colocar las espiras una a la par de la otra hasta completar las 16 vueltas como se muestra en la figura 2.4.



Figura 2.4 construcción de la bobina.

Luego la bobina fue colocada dentro de un tubo plástico para protegerla de cualquier contacto con la coraza de acero inoxidable ver figura 2.5.



Figura 2.5 cubierta de protección.

Luego se procedió a ensamblar las dos cubiertas de acero para formar la antena figura 2.6.



Figura 2.6 antena circular.

2.4 Detector:

El detector consta de dos circuitos integradores debido a que la superficie de la bobina de la antena es de 1 m^2 , de acuerdo a la ley de Faraday, el voltaje inducido en esta es igual a $V_{\text{out}} = -dB/dt$ por lo que para obtener el valor de campo magnético B es necesario integrar, lo cual se realiza por medio de dos circuitos, la configuración de estos se muestra en la figura 2.7.

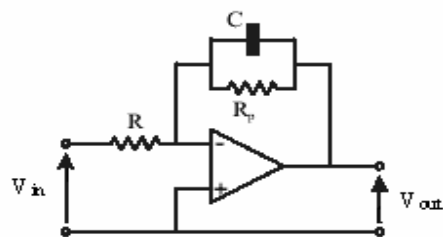


Figura 2.7 circuito integrado

La resistencia R_p en paralelo con el capacitor C de la figura 2.7 es un resistor de alta impedancia, añadido para corregir resultados incorrectos debidos al offset, y limitar la ganancia a un valor menor al de la ganancia de lazo abierto del amplificador operacional, los valores utilizados se muestran en la tabla 2.1.

CIRCUITO	R_p	c
1	44M Ω	1nF

Tabla 2.1 valores de los parámetros del circuito integrador

Con este circuito se obtienen valores de voltaje los cuales son equivalentes a valores de campo magnético en *teslas* tal como lo muestra la relación mostrada en la tabla 2.2.

Var	sensitividad	Rango
B	1V/10 μ T	10nT - 50 μ T

Tabla 2.2 valores de sensibilidad del circuito

La respuesta en frecuencia, para los circuitos integradores en el rango de 50 Hz - 1 MHz se muestra en la figura 2.8.

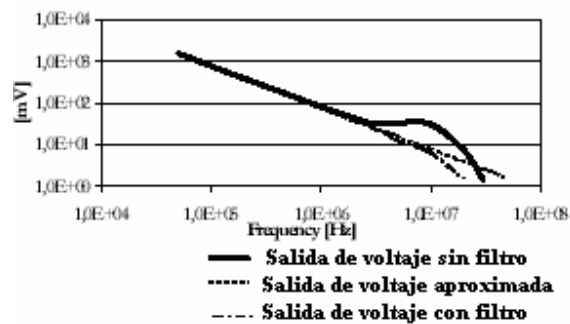


Figura 2.8 respuesta en frecuencia del circuito

En la figura 2.8 se muestra la característica 1/f, típica para un integrador. La diferencia entre la curva teórica y la medida, es de al menos de 1% en este rango de frecuencia. Debajo de los 50 Hz, R_p y la ganancia limitada del amplificador operacional hacen una característica plana. Defecto de la aplicación de amplificadores operacionales, como la impedancia de salida, causa errores arriba de 1 MHz. Esto se compensa al añadir un filtro paso bajo de segundo orden a la entrada del circuito amplificador tal como se muestra en la figura 2.9 el filtro tiene la misma resistencia serie (10 k Ω) como la R_p en la figura 2.8.

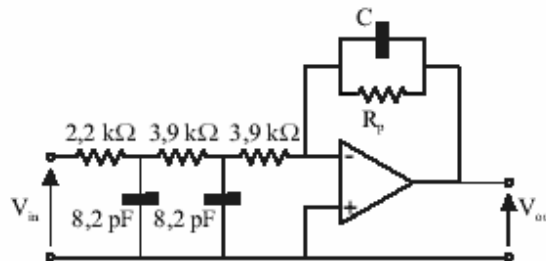


Figura 2.9 circuito integrador con filtro a la entrada

Para el circuito integrador se utilizaron operacionales con entrada FET (OPA604) con un valor de *slew rate* de 25V/ μ s.

Dado que se debe medir tanto la componente horizontal como la vertical producida por una descarga atmosférica, se utilizaron dos circuitos para tal fin (con las mismas características) los cuales están contenidos dentro de una carcasa plástica la cual en su interior esta revestida de pintura conductiva de plata con lo que se obtiene un blindaje para evitar que campos eléctricos externos afecten los circuitos integradores. En la figura 2.10 se muestra la apariencia externa de la carcasa plástica con sus conectores de entrada y salida.



Figura 2.10 vista externa del detector

Los conectores son del tipo BNC hembra y se utilizan para conectar los cables de las antenas.

Fuente de alimentación:

Esta es una parte fundamental de la unidad detectora ya que se necesita de una fuente de voltaje lo mas estable posible debido a que cualquier variación afecta el offset en lós operacionales lo cual deriva en reajustes del mismo, se hicieron varias pruebas con fuentes de DC comunes pero estas presentaban demasiada inestabilidad y en el caso de las baterías estas presentan buen nivel de voltaje sin rizo pero introducían el problema que con el tiempo y uso, su nivel de voltaje disminuye por lo que hay que ajustar nuevamente el circuito para un buen desempeño. Por lo anterior se tomo la decisión de utilizar una fuente de DC de las que utilizan los *routers* las cuales presentan una estabilidad óptima. Con lo anterior, se obtuvieron excelentes resultados.

2.5 Interfaz de control y comunicación:

Esta etapa esta conformada por dos convertidores analógico-digital, dos microprocesadores, reloj de tiempo real y una interfaz de comunicación RS232.

2.5.1 Convertidor analógico-digital:

El sensor de descargas atmosféricas provee señales analógicas por lo que es necesario digitalizarlas para poder manejar esta información con el PIC, para este propósito se utilizo un convertidor analógico digital de alta velocidad dado la naturaleza de las señales a sensar este dispositivo es el AD7821.

El AD7821 es un convertidor de alta velocidad con tiempos de conversión de 660ns max, y una tasa de muestreo de 1Mhz, el muestreo ocurre en el flanco de bajada de las entradas WR o RD. Permite digitalizar señales entre ± 5 V. La figura 2.12 muestra el pinout del AD7821

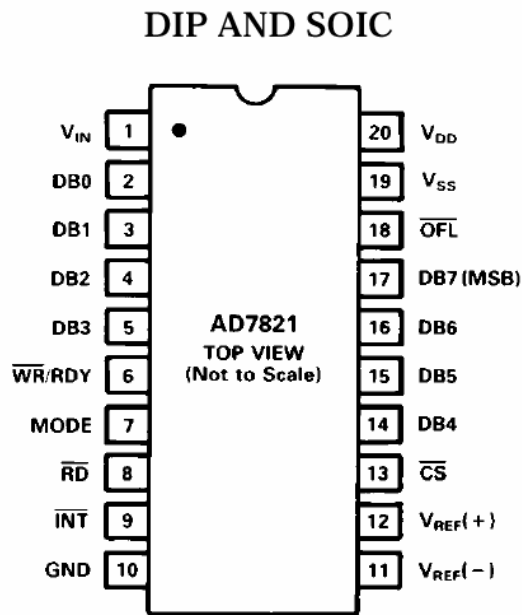


Figura 2.11 pinout del AD7821.

El AD7821 utiliza una técnica de conversión half flash , por lo que son usados dos ADC de 4 bit para archivar un resultado de 8 bits, el ADC mas significativo (MS) convierte el voltaje de entrada analógico y proporciona, los cuatro bit mas significativos, un convertidor digital/analógico (DAC) maneja estos cuatro bits y reconstruye una aproximación del voltaje de entrada, la salida del DAC es restada de la entrada analógica, y la diferencia es convertida por el ADC menos significativo (LS) para proporcionar los cuatro bits de datos menos significativos,

el MS ADC también tiene un comparador adicional para detectar si la entrada analógica ha sobrepasado el rango.

Referencia y entrada del AD7821:

El $V_{REF(-)}$ y el $V_{REF(+)}$ son las referencias de la entrada y en un AD7821 son completamente diferenciales y definen el cero así como el rango de escala completa del ADC. La característica de transferencia es definida por el valor entero de la siguiente expresión.

$$Data (LSBs) = 256 \left[\frac{V_{IN} - V_{REF(-)}}{V_{REF(+)} - V_{REF(-)}} \right] + 0.5$$

Por lo tanto la entrada analógica puede ser unipolar o bipolar. En la figura 2.13 se muestra la configuración para una entrada unipolar que fue la se utilizo.

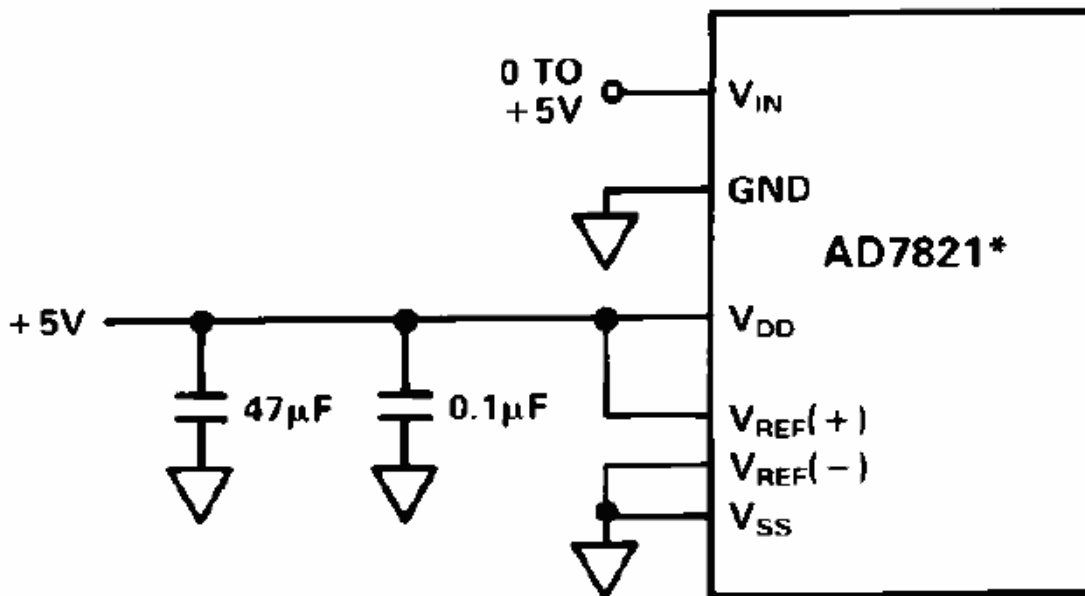


Figura 2.12 conexión del AD7821 para una entrada unipolar.

Para minimizar el ruido se ha conectado un capacitor de $47\mu\text{f}$ en paralelo con un capacitor de $0.1\mu\text{f}$ entre el voltaje de referencia y tierra.

En la figura 2.14 se muestra la característica de transferencia para un rango de voltaje de 0 a 5V que es el rango a manejar.

El código de salida es un binario natural con un LSB = $(5/256) \text{ V} = 19.5 \text{ mV}$.

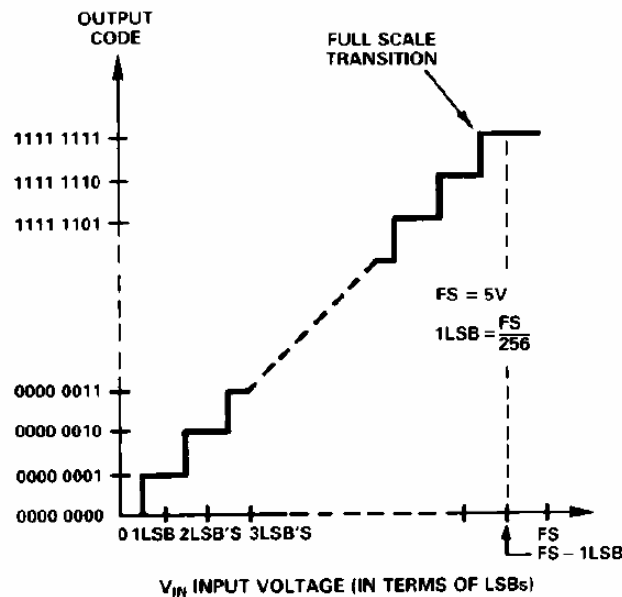


Figura 2.13 característica de transferencia para una operación unipolar (0V a +5V).

Comunicación entre el AD7821 y el PIC 16F874A.

El AD7821 tiene dos modos básicos de interface determinado por el pin MODE. Cuando este pin es bajo, el convertidor esta en modo RD, con este pin en alto, el AD7821 esta en modo WR-RD.

El modo RD esta diseñado para microprocesadores que pueden manejar el estado WAIT.

En nuestro caso utilizamos el modo WR-RD con el pin MODE=1, el pin 6 es configurado como una entrada WRITE (WR) para el AD7821. Con CS en bajo, la conversión es iniciada con el borde de caída de WR. Dos opciones operación se dan en el momento de leer el dato del convertidor.

La primera opción el procesador espera que la línea INT este en bajo antes de leer el dato.

La otra alternativa puede ser usada para acortar el tiempo de conversión, en este método la línea INT es ignorada. Cuando RD es puesta en nivel bajo el resultado es trasferido dentro del latch y activa las salidas DB0-DB7.

El AD7821 también puede ser usado en operación stand-alone en el modo WR-RD. CS y RD son mantenidos en estado bajo y una conversión inicia llevando ha estado bajo WR. La salida es valida 530 ns después del borde de caída de WR. El diagrama de tiempo para este modo se muestra en la figura 2.15; para este trabajo se utilizo este modo por la simplicidad que ofrece.

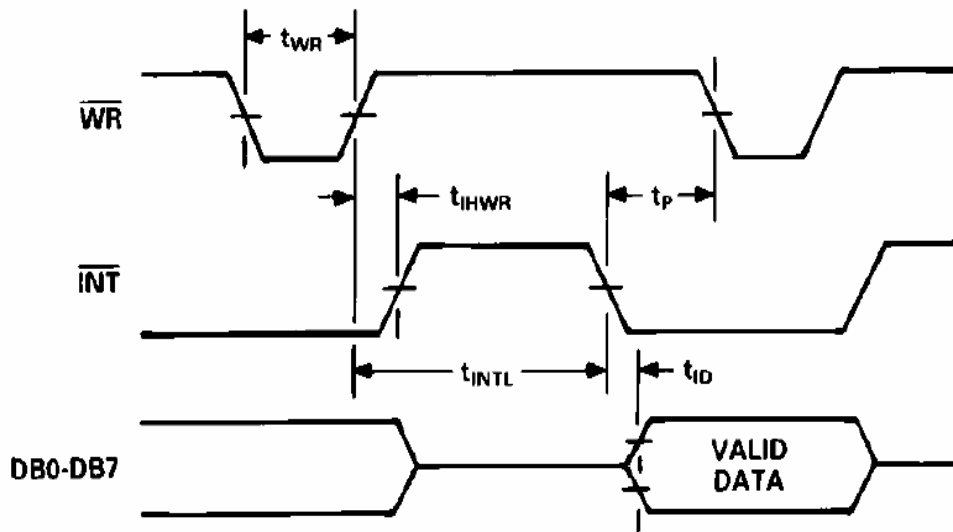


Figura 2.14 operación en modo WR-RD Stand-Alone con CS y RD = 0.

La figura 2.16 muestra la interconexión del AD7821 CON EL PIC 16F874A. en el cual utilizamos el puerto B para recibir los datos provenientes del convertidor y el pin RC0 del microcontrolador maneja la única señal de control WR del AD7821 que como mencionamos anteriormente trabajara en modo WR-RD Stand-Alone.

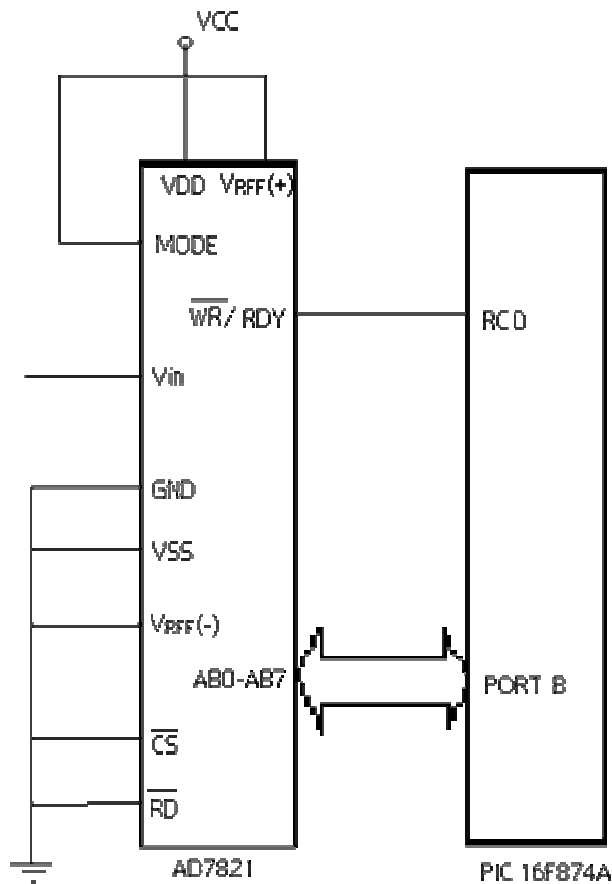


Figura 2.15 comunicación entre AD7821 y el PIC 16f874A.

Esta configuración se utiliza para los dos convertidores y los dos PICs. Un par de estos dispositivos se encargara de sensor las descargas atmosféricas entre nubes y el otro par se encargara de sensor las descargas atmosféricas que caen a tierra.

Debido a que el convertidor analógico digital ADC 7821 se ha configurado para trabajar de manera unipolar en el rango de 0 a 5 voltios se le ha agregado un seguidor de voltaje alimentado de la misma manera de modo que si se da una entrada de voltaje que exceda los 5 voltios el seguidor se saturara a este nivel impidiendo cualquier daño al convertidor. A continuación se muestra en la figura 2.11 el diagrama de un seguidor de voltaje.

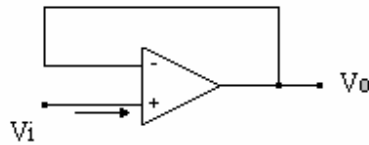


Figura 2.16 seguidor de voltaje

2.5.2 MICROPROCESADOR.

Para esta etapa se utilizó un PIC 16F874A de MICROCHIP, aunque en el mercado existe una gran diversidad de microcontroladores se optó por esta opción debido a que es un dispositivo con múltiples puertos de entrada salida, de ocho bits y posee la suficiente memoria, esto entre otras características que lo hacen ideal para nuestra aplicación. Este tipo de microcontrolador utiliza la tecnología **RISC**: (Computadores de Juego de Instrucciones Reducido). En estos procesadores el repertorio de instrucciones de máquina es muy reducido y son simples y generalmente, se ejecutan en un ciclo de reloj. La sencillez y rapidez de las instrucciones permiten optimizar el hardware y el software del procesador. En la figura 2.17 se muestra en pinout del PIC 16F874A.

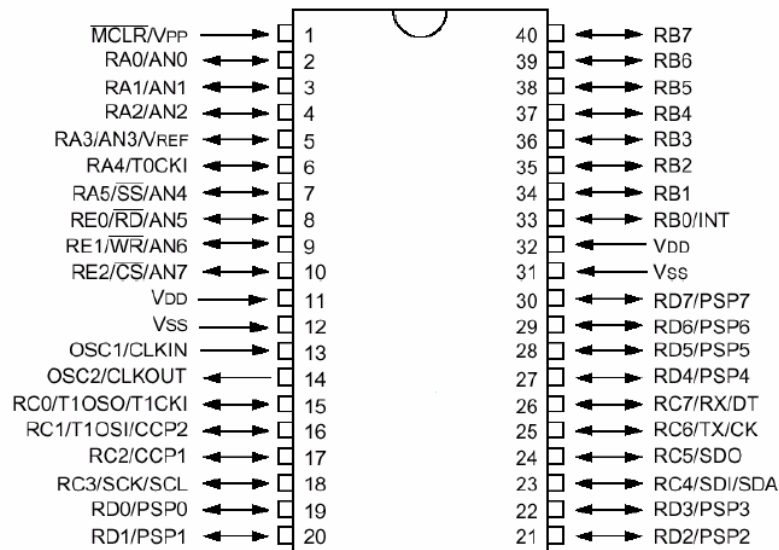


Figura 2.17 pinout del microcontrolador

Este es un microcontrolador de 35 instrucciones de 14 bits. También dispone de interrupciones y una Pila de 8 niveles que permite el anidamiento de subrutinas, además posee un puerto de comunicaciones USART que lo usamos para comunicarnos vía RS232 con la PC.

La tabla siguiente muestra las características de este dispositivo que es de la misma familia 16FXXX.

Key Features	PIC16F873A	PIC16F874A	PIC16F876A	PIC16F877A
Operating Frequency	DC – 20 MHz	DC – 20 MHz	DC – 20 MHz	DC – 20 MHz
Resets (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
Flash Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory (bytes)	128	128	256	256
Interrupts	14	15	14	15
I/O Ports	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Analog Comparators	2	2	2	2
Instruction Set	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions
Packages	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN

Tabla 2.3. Características del PIC 16F874A.

La figura 2.19 muestra el diagrama en bloques de este PIC. Como se observa en el diagrama tenemos a disposición 5 puertos de entrada salida, un puerto USART y 192 bytes de memoria de datos entre otras características.

ORGANIZACION DE LA MEMORIA.

Hay tres bloques de memoria en cada dispositivo 16F874A, La memoria de programa, memoria de datos y memoria EEPROM.

Posee un contador de programa de 13 bits y están reservadas la direcciones del vector reset en 0000h y el vector de interrupción en 0004h.

La figura 2.18 muestra la organización de la memoria en este PIC.

MEMORIA DE DATOS.

La memoria de datos esta particionada en varios bancos que contienen registros de propósito general y registros de funciones especiales. Los bits RP0 Y RP1 en el registro STATUS son utilizados para seleccionar el banco.

La tabla 2.4 muestra la selección del banco a través del registro STATUS con los bits RP0 y RP1.

RP1:RP0	Bank
00	0
01	1
10	2
11	3

Tabla 2.4 selección del banco de la memoria de datos.

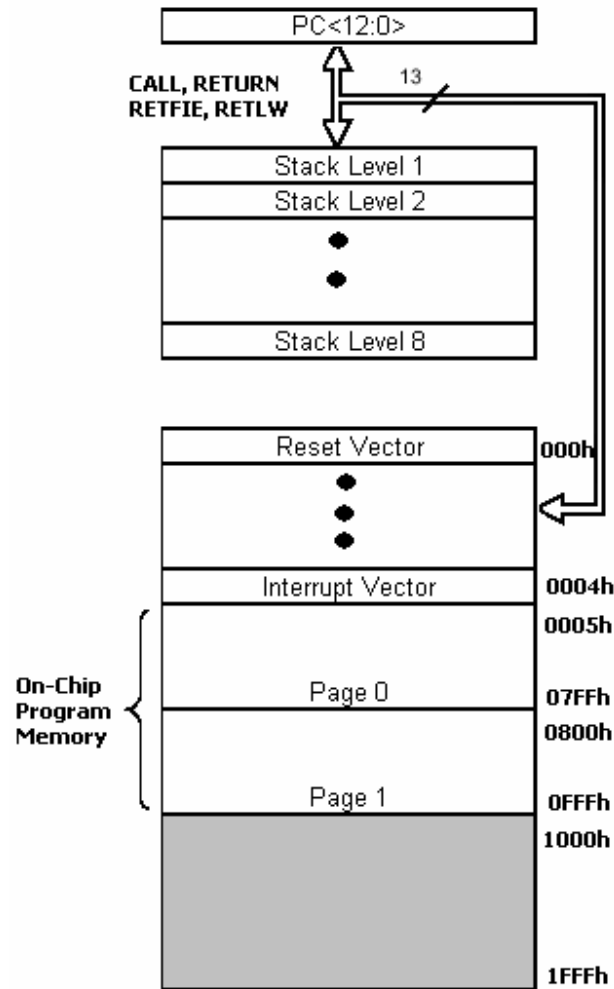


Figura 2.18 organización del mapa de memoria y stack en un 16F874A.

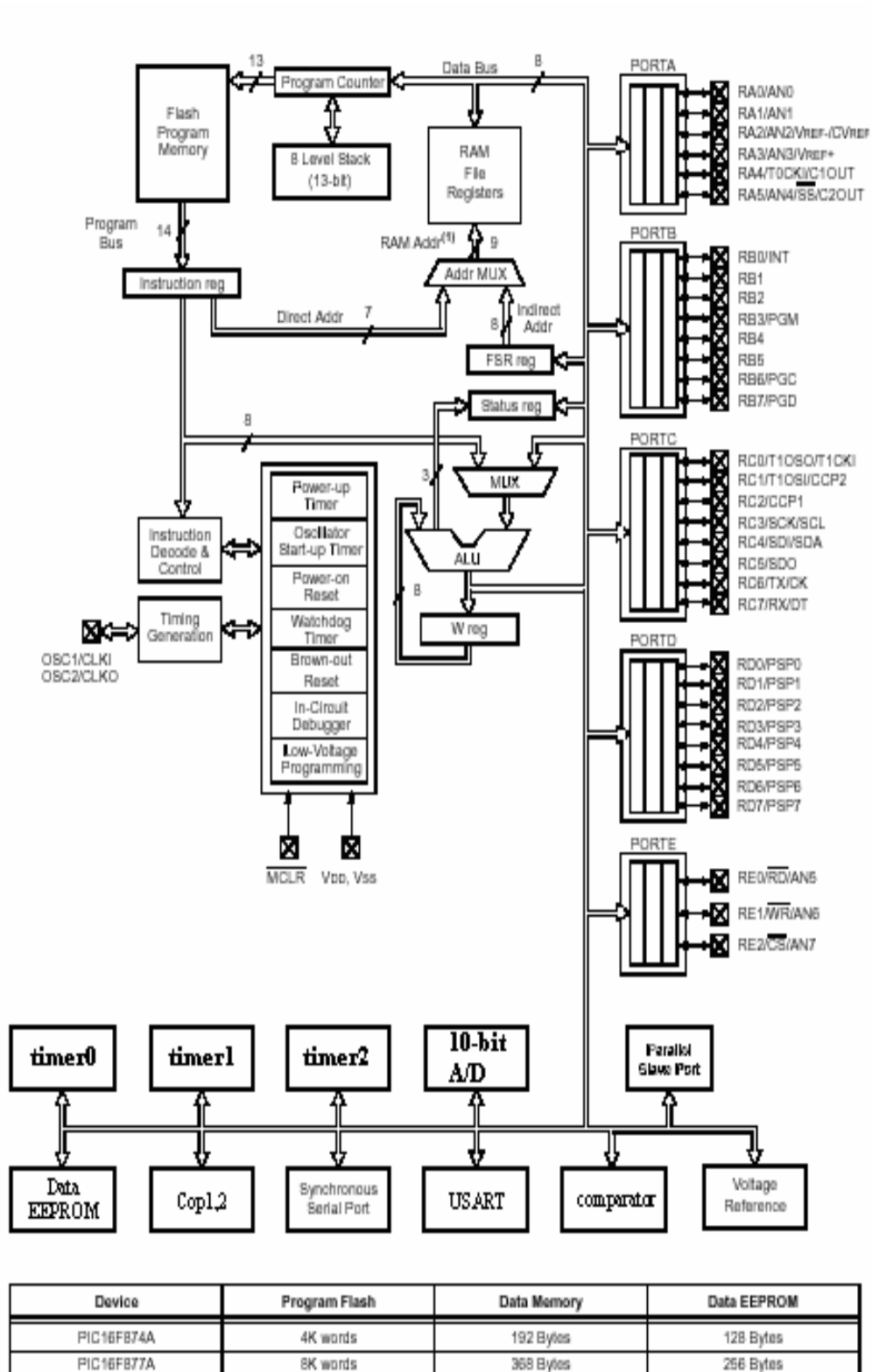


Figura 2.19 diagrama en bloques de PIC 16F874A.

Los principales recursos específicos que encontramos en el PIC 16F874A son:

- Temporizadores o "Timers".
- Perro guardián o "Watchdog".
- Protección ante fallo de alimentación o "Brownout".
- Estado de reposo o de bajo consumo.
- Conversor A/D.
- Conversor D/A.
- Comparador analógico.
- Modulador de anchura de impulsos o PWM.
- Puertas de E/S digitales.
- Puertas de comunicación.

A continuación se describen los recursos utilizados en nuestro proyecto:

Protección ante fallo de alimentación o "Brownout"

Se trata de un circuito que resetea al microcontrolador cuando el voltaje de alimentación (VDD) es inferior a un voltaje mínimo ("brownout"). Mientras el voltaje de alimentación sea inferior al de brownout el dispositivo se mantiene reseteado, comenzando a funcionar normalmente cuando sobrepasa dicho valor.

Estado de reposo ó de bajo consumo

Son abundantes las situaciones reales de trabajo en que el microcontrolador debe esperar, sin hacer nada, a que se produzca algún acontecimiento externo que le ponga de nuevo en funcionamiento. Para ahorrar energía, (factor clave en los aparatos portátiles), los microcontroladores disponen de una instrucción especial (SLEEP en los PIC), que les pasa al estado de reposo o de bajo consumo, en el cual los requerimientos de potencia son mínimos. En dicho estado se detiene el reloj principal y se "congelan" sus circuitos asociados, quedando sumido en un profundo "sueño" el microcontrolador. Al activarse una interrupción ocasionada por el acontecimiento esperado, el microcontrolador se despierta y reanuda su trabajo.

Puertos de E/S digitales

Todos los microcontroladores destinan algunas de sus patitas a soportar líneas de E/S digitales. Por lo general, estas líneas se agrupan de ocho en ocho formando Puertas. Las líneas digitales de las Puertas pueden configurarse como Entrada o como Salida cargando un 1 ó un 0 en el bit correspondiente de un registro destinado a su configuración.

Puertos de comunicación

Con objeto de dotar al microcontrolador de la posibilidad de comunicarse con otros dispositivos externos, otros buses de microprocesadores, buses de sistemas, buses de redes y poder adaptarlos con otros elementos bajo otras normas y protocolos.

Algunos modelos disponen de recursos que permiten directamente esta tarea, entre los que destacan:

- UART, adaptador de comunicación serie asíncrona.
- USART, adaptador de comunicación serie síncrona y asíncrona
- Puerta paralela esclava para poder conectarse con los buses de otros microprocesadores.
- USB (Universal Serial Bus), que es un moderno bus serie para los PC.
- Bus I²C, que es un interfaz serie de dos hilos desarrollado por Philips.

Para mas información relacionada con los registros y repertorio de instrucciones se recomienda visitar el sitio de MICROCHIP.

2.5.3 PROGRAMACION DEL PIC 16F874A.

Para programar el PIC nos auxiliamos de un programa de simulación: el PIC Simulator IDE.

La secuencia de programación del pic se muestra en la figura 2.20.



Figura 2.20 secuencia de programación del microcontrolador 16F874A.

La escritura del código fuente, el ensamblado, la simulación y la corrección de errores fue hecha en el PIC Simulator IDE, para la grabación de programa en el PIC utilizo el programa ICPROG.

Tanto el ICPROG como el PIC Simulator IDE están disponibles en Internet.

A continuación se describe de forma general el código fuente del programa diseñado para la aplicación:

Primeramente se muestra la pantalla del software simulador que permitió realizar pruebas y depurar el programa figura 2.21

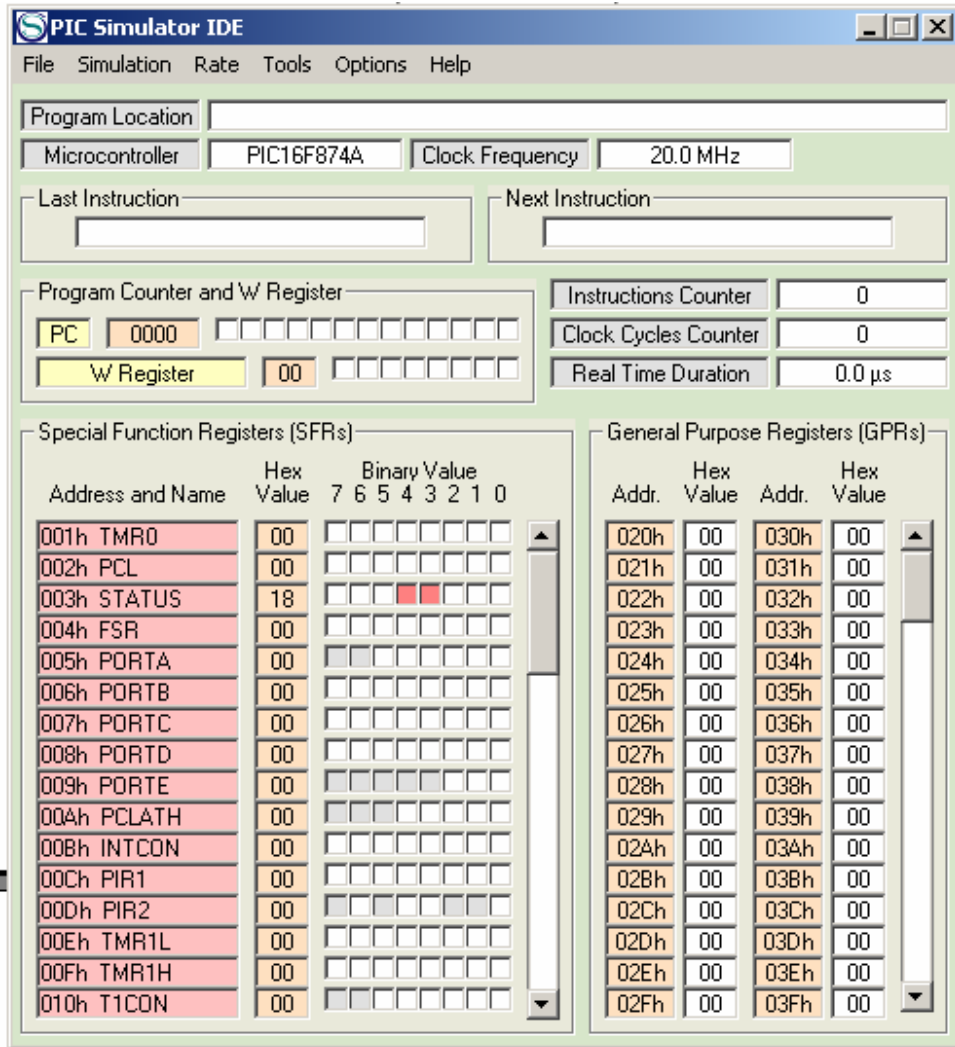


Figura 2.21 interfaz del programa de simulación

Esta aplicación permite darle seguimiento al estado de los registros, seleccionar la frecuencia del reloj, y da un estimado del tiempo real de una instrucción, también permite hacer una simulación del puerto de comunicaciones serie. En forma general el programa trabaja de la siguiente manera: Como en todo programa primero se inicializan las variables a utilizar, los puertos si serán entradas o salidas, la frecuencia de trabajo con el puerto USART, etc. En el programa principal se inicializa el reloj RTC con los valores iniciales de hora y fechas, luego el programa se queda monitoreando el puerto B que es el puerto asignado a las salidas digitales del convertidor analógico digital, además el puerto USART queda configurado en modo escucha, esto quiere decir que si el usuario quiere entrar al programa bastara con abrir el Hyper Terminal y pulsar la tecla Enter para acceder al menú del programa. (para mayor

información de como usar el Hyper Terminal y como entrar al programa ver Anexo 7)

Cuando el programa esta monitoreando el puerto B y encuentra que la muestra ha sobrepasado el umbral este registra la hora y fecha en que sucedió el evento y espera hasta un nuevo día para empezar a monitorear el puerto y repetir el proceso, esto es así porque el objetivo de el programa es definir si en el día hubo o no un rayo, este dato se contabiliza para dar el dato de cuantos días al año ha ocurrido al menos un rayo para determinar el nivel isocerauneo de la zona. El listado de programa se puede ver en el Anexo 3

A continuación se muestra el menú presentado al entrar al programa el cual describimos:

03:22:11 PM 01/10/05

```
SET UMBRAL>>0
ACTUALIZAR RELOJ>1
ACTUALIZAR FECHA>2
DESCARGAR DATOS>3
LIMPIAR MEMORIA>4
SALIR>5
>
```

03:22:11 PM 01/10/05

Lo primero que nos presenta es la hora y fecha, cuando se energiza por primera vez la fecha y la hora por defecto es 01:00:00 AM 01/01/00.

SET UMBRAL>>0

Luego aparece un opción para definir el umbral deseado, por defecto este umbral viene configurado en 20 lo que equivale a $20 \times 0.0195 = 390 \text{Mv}$. es de aclarar que el numero a introducir debe ser multiplicado por 0.0195mV para obtener el valor en milivoltios deseado.

Este valor va de 0 a 99 ya que solamente se aceptan dos dígitos en el diseño del programa.

Es importante mencionar que el ruido que las antenas captan depende de la situación climática de la zona por esta razón se agrego esta opción de modificar el umbral.

ACTUALIZAR RELOJ>1

Esta opción nos permite actualizar la hora, primero nos pedirá si será AM o PM y luego digitamos la hora deseada:

```
RELOJ>> AM=1 PM=2>>2
```

```
RELOJ>>03:20
```

Como se observa al entrar a modificar la hora nos aparece un RELOJ>> que nos indica que los datos a introducir son referentes a la hora.

ACTUALIZAR FECHA>2

Al seleccionar esta opción se puede modificar la fecha actual, introduciendo los datos con el siguiente orden: día del mes, número de mes y el año con los últimos dos dígitos:
FECHA>>01/10/05
FECHA>> nos indica que lo que se está modificando es la fecha.

DESCARGAR DATOS>3

Con esta opción descargamos los datos almacenados en la memoria del PIC y nos da la información del cuantos días con rayo se han contabilizado además nos da la hora y la fecha de el momento en que se registro el rayo.

DATOS>>
DIAS CON RAYO=000

NO HAY MAS DATOS.

LIMPIAR MEMORIA>4

Esta opción nos permite borrar todos los datos almacenados en memoria y nos pone a cero los días con rayo. Es de mencionar que la memoria de el PIC es de 192 Bytes y se utilizan 7 Bytes para las variables de programa por lo que nos quedan 185 Bytes para almacenar datos de los días con rayos, para guardar la información de un día con rayo se necesitan 6 Bytes, 3 para la hora y 3 para la fecha por lo tanto podemos almacenar 30 días con rayo, por lo que hay que estar pendientes para borrar la memoria y disponer de la memoria suficiente y evitar que se pierdan datos sin registrar.

SALIR>5

La última opción nos permite abandonar el menú del programa y dejar trabajando al micro con la tarea de sensar el rayo, es muy importante enfatizar que siempre hay que salirnos del menú para que el micro se quede trabajando en la tarea de sensar el rayo.

El programa está diseñado de tal forma que solamente se aceptan caracteres numéricos es decir del 0 al 9. También el programa está diseñado para no introducir datos erróneos, por ejemplo no nos permite introducir una hora mayor a 12, tampoco nos permitiría configurar un día mayor a 31, de tal manera que no es posible introducir datos que no estén de acuerdo al parámetro que se está configurando.

2.5.4 RELOJ DE TIEMPO REAL (RTC).

Para presentar la hora y fecha del momento en que se produjo la descarga atmosférica se diseñó una etapa que generara un reloj con una gran exactitud y precisión para ello se utilizó un circuito integrado RTC. Este circuito integrado es el MC146818A de MOTOROLA. El pinout de este circuito se muestra en la figura 2.22

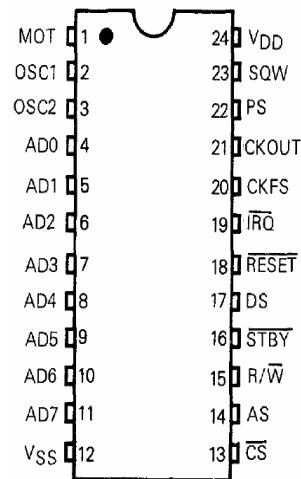


Figura 2.22: pinout para el MC146818A, reloj de tiempo real.

El MC146818A es un dispositivo periférico el cual puede ser usado con microprocesadores, microcomputadoras y grandes computadoras. Este elemento tiene un completo reloj (día y hora con alarma, además contiene 50 bytes de memoria donde se encuentran incluidos los registros de control. Las características eléctricas se pueden ver en el Anexo 4.

Para el funcionamiento del reloj se utiliza una base de tiempo ya sea generada externamente o con un oscilador de cristal. En este caso se utilizó un oscilador de cristal de 32.788 khz pero también puede trabajar con cristales de 1.048567 MHz y de 4.194304 MHz, la selección de la frecuencia del cristal con la que se trabajara se hace a través de uno de los registros internos del chip que mas adelante se describe.

La conexión de cristal se muestra en la figura 2.23

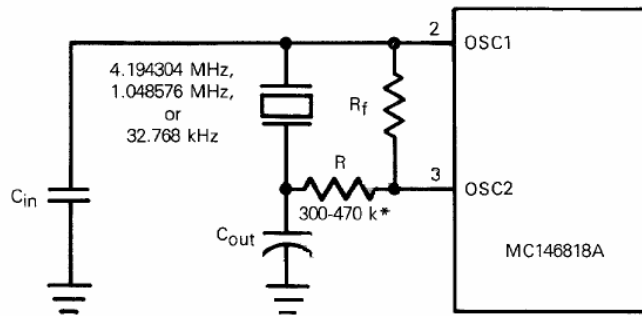


Figura 2.23 .conexión del oscilador de cristal

La base de tiempo es seleccionada por medio de los bits DV0, DV1 Y DV2 en el registro A como se ve en la tabla 2.5

Time-Base Frequency	Divider Bits Register A			Operation Mode	Divider Reset	Bypass First N-Divider Bits
	DV2	DV1	DV0			
4.194304 MHz	0	0	0	Yes	--	N=0
1.048576 MHz	0	0	1	Yes	--	N=2
32.768 kHz	0	1	0	Yes	--	N=7
Any	1	1	0	No	Yes	--
Any	1	1	1	No	Yes	--

Tabla 2.5 selección del tipo de base de tiempo a utilizar

El MC146818A puede trabajar en cascada para ello utiliza el ping CS para habilitar el chip a utilizar. El bus de direcciones y datos bidireccional multiplexado. Los pines ADO- AD7 son pines bidireccionales y son utilizados para datos y direcciones por el bus multiplexado. El bus multiplexado atrapa los pines presentes durante el primer ciclo del bus y los toma como una dirección y usa estos mismos pines durante el segundo ciclo del bus para datos. La dirección necesita estar presente en estos pines justo antes de que el pin AS se ponga en nivel alto para que sea atrapada en el latch de direcciones del MC146818A. Luego el dato a escribir necesita estar presente y estable antes de que se de el pulso de DS o WR. En un ciclo de lectura, el MC146818 pone los ocho bits de datos después que se ha atrapado la dirección, cuando se da el pulso DS o WR.

Mapa de direcciones del MC146818A

La figura 2.24 muestra el mapa de direcciones de del MC146818A. La memoria consiste de 50 bytes, 10 bytes de RAM que contienen normalmente los datos de tiempo, calendario y

alarma y cuatro bytes de control y estatus, los restantes bytes son de propósito general y disponible para el usuario.

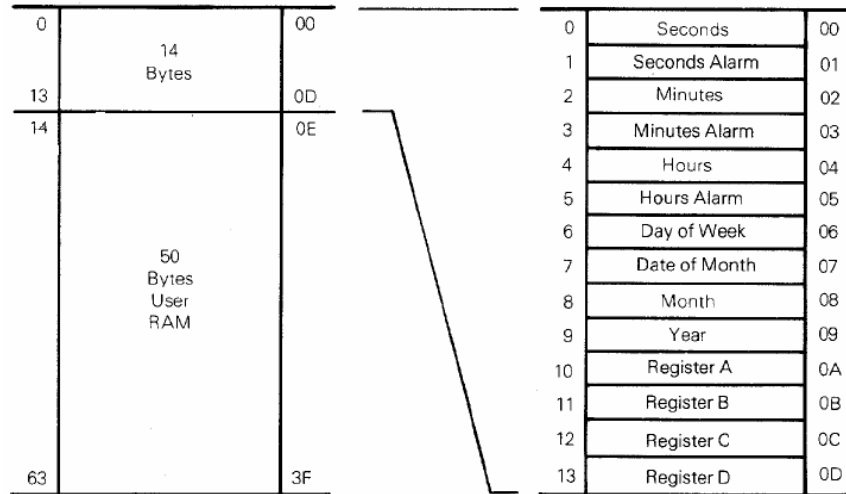


Figura 2.24 mapa de memoria de MC146818A.

Localizaciones de tiempo, calendario y alarmas.

El programa en el PIC obtiene la información del tiempo y calendario haciendo una lectura de las apropiadas localizaciones, el micro también puede inicializar el tiempo, calendario y alarma escribiendo en estas posiciones, el contenido de estos datos se pueden programar para que contengan código binario o BCD, nosotros lo hemos programado como dato binario.

Antes de inicializar estos registros internos, el bit SET en el registro B debe ser puesto en '1' para prevenir que el tiempo y el calendario sean actualizados.

El programa en el PIC inicializa el tiempo y el reloj seleccionando el tipo de dato ya sea binario o BCD manipulando el bit modo de dato DM en el registro B, luego el bit SET puede ser limpiado para permitir actualizaciones. El bit 24-12 en el registro B establece la presentación de la hora ya sea de 1 a 12 horas o de 0 a 23 horas, para el formato a 12 horas el bit de mayor orden representa AM o PM, PM si es un '1'.

Cada segundo estas 10 localizaciones son actualizadas y es chequeado el estado de las alarmas, si uno de estos datos es leído cuando una actualización está en progreso el dato será indefinido. La tabla 2.6 muestra un resumen de los modos de programación del tiempo, calendario y alarma.

Address Location	Function	Decimal Range	Range		Example*	
			Binary Data Mode	BCD Data Mode	Binary Data Mode	BCD Data Mode
0	Seconds	0-59	\$00-\$3B	\$00-\$59	15	21
1	Seconds Alarm	0-59	\$00-\$3B	\$00-\$59	15	21
2	Minutes	0-59	\$00-\$3B	\$00-\$59	3A	58
3	Minutes Alarm	0-59	\$00-\$3B	\$00-\$59	3A	58
4	Hours (12 Hour Mode)	1-12	\$01-\$0C (AM) and \$81-\$8C (PM)	\$01-\$12 (AM) and \$81-\$92 (PM)	05	05
	Hours (24 Hour Mode)	0-23	\$00-\$17	\$00-\$23	05	05
5	Hours Alarm (12 Hour Mode)	1-12	\$01-\$0C (AM) and \$81-\$8C (PM)	\$01-\$12 (AM) and \$81-\$92 (PM)	05	05
	Hours Alarm (24 Hour Mode)	0-23	\$00-\$17	\$00-\$23	05	05
6	Day of the Week Sunday=1	1-7	\$01-\$07	\$01-\$07	05	05
7	Date of the Month	1-31	\$01-\$1F	\$01-\$31	0F	15
8	Month	1-12	\$01-\$0C	\$01-\$12	02	02
9	Year	0-99	\$00-\$63	\$00-\$99	4F	79

*Example: 5:58:21 Thursday 15 February 1979 (time is AM)

Tabla 2.6 modos de programación del tiempo, calendario y alarma en el MC146818A

Ciclo de actualización.

El MC146818A ejecuta un ciclo de actualización un vez por segundo siempre y cuando el bit SET en el registro B este en '0', si el bit SET esta en '1' se permite al programador inicializar el tiempo y el calendario y evita nuevas actualizaciones ocurran.

La primera función del ciclo de actualización es incrementar el segundo byte, chequea si hay *overflow*, incrementa el byte se los minutos cuando es apropiado y así hasta llegar a los años, el ciclo de actualización también compara cada byte de alarma con el correspondiente tiempo.

Uno de los métodos para acceder estos bytes es verificar el estado del bit UIP en el registro A para determinar si un ciclo de actualización esta en progreso o no, el bit UIP pulsa una vez por segundo. Si un '1' es leído en el bit UIP el tiempo y calendario no están disponibles. La tabla 2.7 muestra en detalle los tiempos del ciclo de actualización.

UIP Bit	Time Base (OSC1)	Update Cycle Time (t _{UC})	Minimum Time Before Update Cycle (t _{BUC})
1	4.194304 MHz	248 μ s	—
1	1.048576 MHz	248 μ s	—
1	32.768 kHz	1984 μ s	—
0	4.194304 MHz	—	244 μ s
0	1.048576 MHz	—	244 μ s
0	32.768 kHz	—	244 μ s

Tabla 2.7 resumen de los tiempos de actualización en el MC146818A.

Registro Internos del MC146818A.

El MC146818A tiene cuatro registro disponibles al programador, estos registros también son completamente disponibles durante un el ciclo de actualización tal como se muestra en la tabla 2.8.

REGISTRO A (\$0A)

MSB				LSB			
b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
UIP	DV2	DV1	DV0	RS3	RS2	RS1	RS0

Tabla 2.8 registro A (\$0A)

Registro de lectura y escritura excepto el bit UIP.

El bit que indica una actualización en progreso es el bit UIP (*Update In Progress*) y puede ser monitoreado por el programador.

Escribiendo un '1' en el bit SET del registro B inhibe cualquier ciclo de actualización y el bit UIP es limpiado.

Los bit DV2, DV1 Y DV0 son utilizados para seleccionar la base de tiempo y los bits RS3, RS2, RS1 Y RS0 se utilizan para seleccionar la frecuencia de la salida de onda cuadrada en el pin SQW y para programar la interrupción. Esto es resumido en la tabla 2.9

Select Bits Register A				4.194304 or 1.048576 MHz Time Base		32.768 kHz Time Base	
				Periodic Interrupt Rate tPI	SQW Output Frequency	Periodic Interrupt Rate tPI	SQW Output Frequency
RS3	RS2	RS1	RS0				
0	0	0	0	None	None	None	None
0	0	0	1	30.517 μ s	32.768 kHz	3.90625 ms	256 Hz
0	0	1	0	61.035 μ s	16.384 kHz	7.8125 ms	128 Hz
0	0	1	1	122.070 μ s	8.192 kHz	122.070 μ s	8.192 kHz
0	1	0	0	244.141 μ s	4.096 kHz	244.141 μ s	4.096 kHz
0	1	0	1	488.281 μ s	2.048 kHz	488.281 μ s	2.048 kHz
0	1	1	0	976.562 μ s	1.024 kHz	976.562 μ s	1.024 kHz
0	1	1	1	1.953125 ms	512 Hz	1.953125 ms	512 Hz
1	0	0	0	3.90625 ms	256 Hz	3.90625 ms	256 Hz
1	0	0	1	7.8125 ms	128 Hz	7.8125 ms	128 Hz
1	0	1	0	15.625 ms	64 Hz	15.625 ms	64 Hz
1	0	1	1	31.25 ms	32 Hz	31.25 ms	32 Hz
1	1	0	0	62.5 ms	16 Hz	62.5 ms	16 Hz
1	1	0	1	125 ms	8 Hz	125 ms	8 Hz
1	1	1	0	250 ms	4 Hz	250 ms	4 Hz
1	1	1	1	500 ms	2 Hz	500 ms	2 Hz

Tabla 2.9 tasa de periodo de interrupción y selección de la frecuencia de la onda cuadrada en el pin SQW.

REGISTRO B (\$0B)

El registro B es un registro de lectura y escritura tal como se muestra en la tabla 2.10.

MSB				LSB			
b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
SET	PIE	AIE	UIE	SQWE	DM	24/12	DSE

Tabla 2.10 registro B (\$0B)

Cuando el bit SET es un '0' el ciclo de actualización funciona normalmente avanzando y contando una vez por segundo. Cuando el bit SET es un '1' cualquier ciclo de actualización es abortado y el programador puede inicializar el tiempo y el calendario sin problema de que ocurra una actualización en medio de la inicialización.

El bit PIE habilita la interrupción periódica, esto permite que la bandera PF en el registro C produzca una interrupción poniendo en nivel bajo el ping IRQ.

El pin AIE habilita la interrupción por alarma, cuando es '1' permite que la bandera AF en el registro C active IRQ, cuando este bit es '0' la bandera AF no inicia una señal IRQ. El bit UIE habilita o deshabilita la interrupción.

Cuando el bit SQWE es puesto en '1' una onda cuadrada de frecuencia seleccionada en los bits RS3-RS0 estará presente en el pin SQW, si este bit es puesto en cero el pin SQW permanecerá en estado bajo.

El bit DM sirve para seleccionar el modo de dato almacenado en los registros de tiempo y calendario, si este bit es '1' el dato está en formato binario, si es '0' el dato es un BCD.

El bit 24-12 selecciona el formato de horas, '1' para formato 24 horas y '0' para formato de 12 horas.

El bit DSE permite dos actualizaciones especiales relacionadas con el cambio de horario que se da en los estados unidos.

REGISTRO C (\$0C)

El registro c tabla 2.11 es de lectura solamente.

MSB				LSB			
b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
IRQF	PF	AF	UF	0	0	0	0

Tabla 2.11 registro C (\$0C)

El bit IRQF es una bandera de petición de interrupción, es puesto en '1' cuando una de las siguientes condiciones es verdadera:

PF = PIE = 1

AF = AIE = 1

UF = UIE = 1

El bit PF es la bandera de interrupción periódica y es puesto en uno cuando un particular borde es detectado de acuerdo a lo seleccionado en los bits RS3-RS0. PF es puesto en '1' independientemente del estado de PIE.

AF es '1' indicando la ocurrencia de una igualdad en los registros de alarma y los registros de tiempo, esto causa que el pin IRQ sea puesto en nivel bajo y un '1' aparece en IRQF.

El bit UF es puesto en '1' después de cada ciclo de actualización, esto también pone en '1' la bandera IRQF activando una IRQ.

Los bits b3-b0 no se utilizan.

REGISTRO D (\$0D)

El registro D tabla 2.12 es solamente de lectura.

MSB				LSB			
b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
VRT	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 2.12 registro D (\$0D)

El bit VRT este bit indica la condición de el contenido de la memoria RAM, proporciona información sobre el pin PS si esta satisfactoriamente conectado, un '0' aparece en VRT cuando el PS es un nivel bajo y el bit VRT puede ser puesto en '1' para indicar que la memoria RAM y el tiempo son validos, esto se hace haciendo una lectura a este registro. Los restantes bits no son utilizados y son leídos como '0's.

Interconectando el RTC con el PIC.

El MC 146818A se conectara a el PIC 16F874A el cual generara un bus multiplexado de direcciones y datos, utilizaremos el puerto D del PIC para generar este bus. También se utilizaran otros pines para establecer el control de la comunicación.

El pin RC4 enviara un pulso al pin DS del RTC para capturar o escribir un dato en el puerto D.

El pin RC3 del PIC enviara el pulso para atrapar una dirección en el match del RTC

El pin RC1 seleccionara si es una lectura o una escritura del RTC

El pin RC5 se utiliza para indicar cuando los datos en la memoria del RTC están disponibles.

La figura 2.25 muestra las conexiones que fueron necesarias para interconectar el PIC con el RTC.

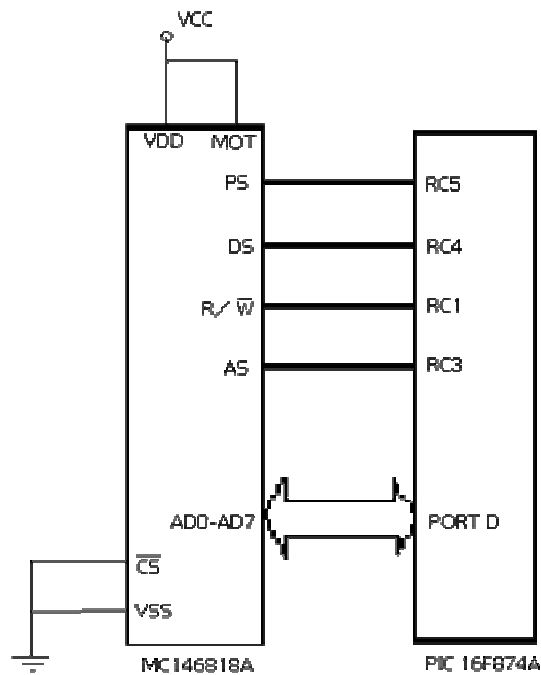


Figura 2.25 conexiones entre el MC146818A y el PIC 16F874A

2.5.5 BLOQUE DE INTERFACE DE NIVELES.

Para establecer la comunicación entre el microcontrolador y la PC es necesario hacer una conversión de voltajes TTL a niveles RS 232 y viceversa.

Este requerimiento para invertir los niveles de voltaje se utilizan dos IC especiales que se detallan a continuación: Para convertir de TTL a RS 232 se utiliza el IC MC1488 el cual presenta los siguientes niveles de entrada y salida:

Entrada	Salida
Nivel uno (+5v)	-8.3 Volts.
Nivel cero (GND)	+8.5 Volts.

A continuación se muestra en la figura 2.26 el pin-out del IC MC1488:

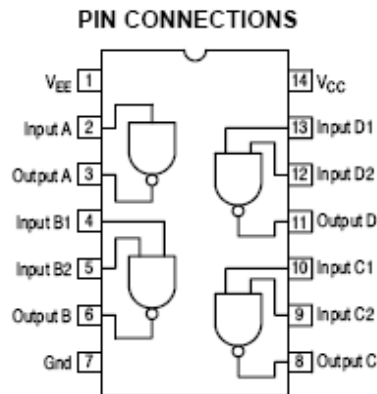


Figura 2.26 IC MC1488

Para convertir de RS 232 a TTL se utilizo el IC MC1489 el cual presenta los siguientes valores de entrada y salida:

Entrada

Nivel uno (-9V)
 Nivel cero (+9V)

Salida

+ 5 Volts.
 + 212 mVolts.

A continuación se muestra en la figura 2.27 el pin-out del IC MC1489:

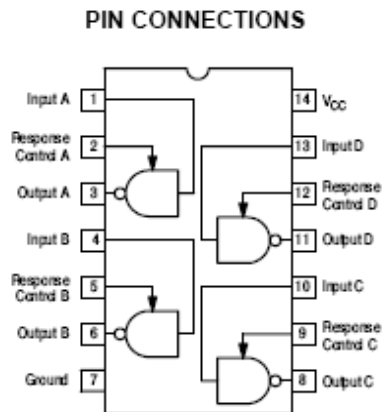


Figura 2.27 IC MC1489

A continuación se detalla la conexión entre el microcontrolador y el puerto serial RS 232 en la figura 2.28:

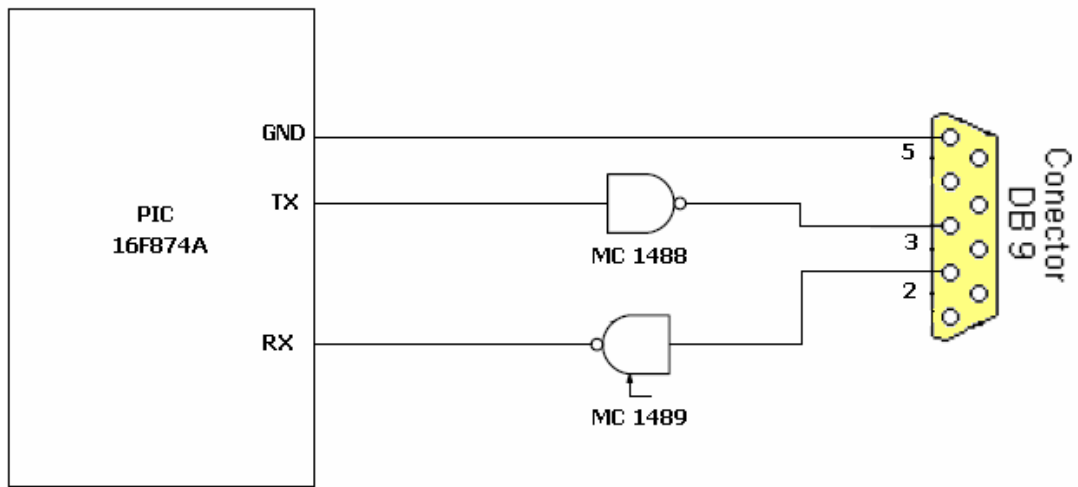


Figura 2.28 conexión entre el microcontrolador y el puerto serial

A continuación se muestra en las figuras 2.29 y 2.30 el diagrama completo de conexiones del microcontrolador y sus periféricos.

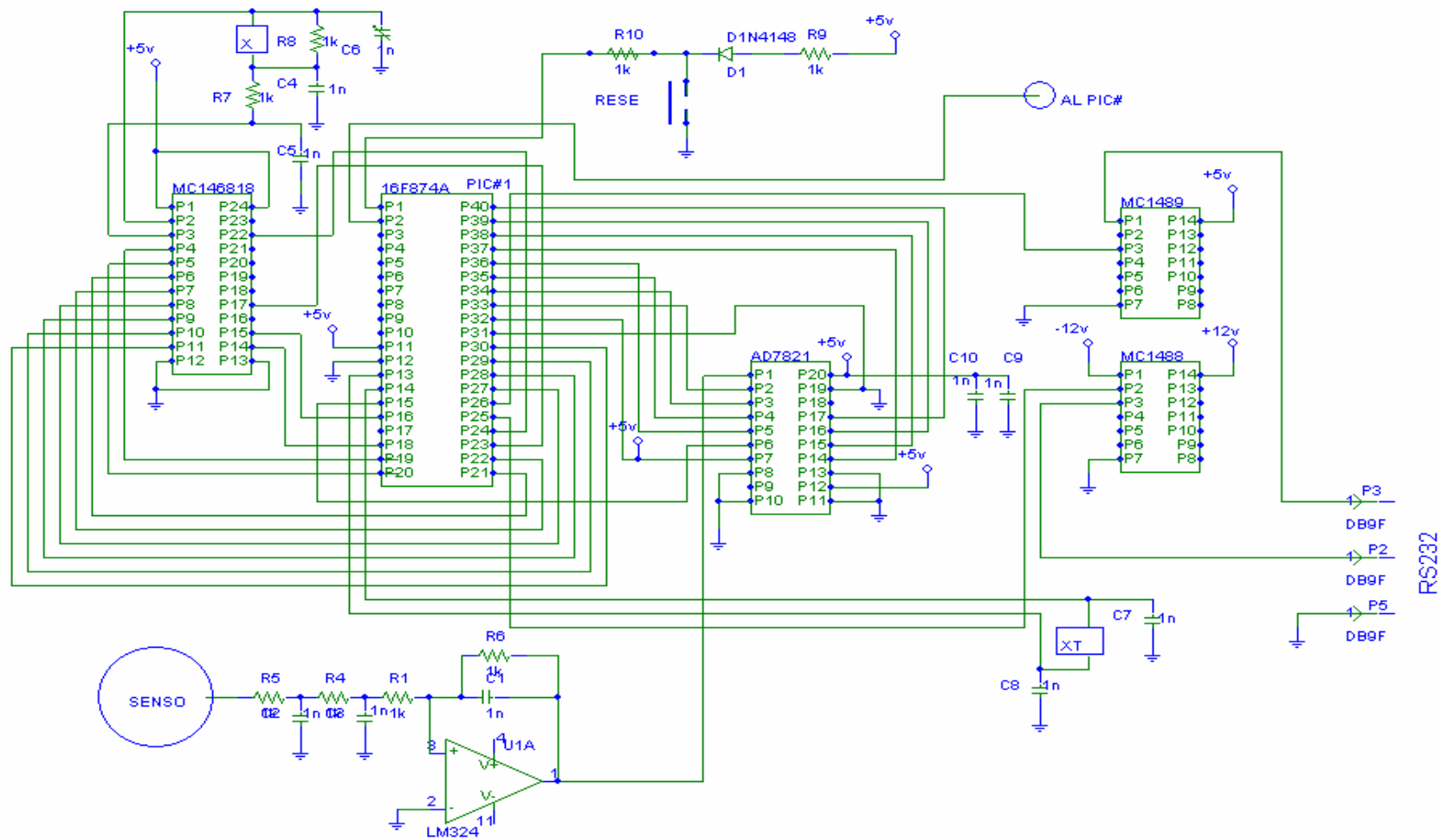


Figura 2.29. Diagrama completo del Sistema

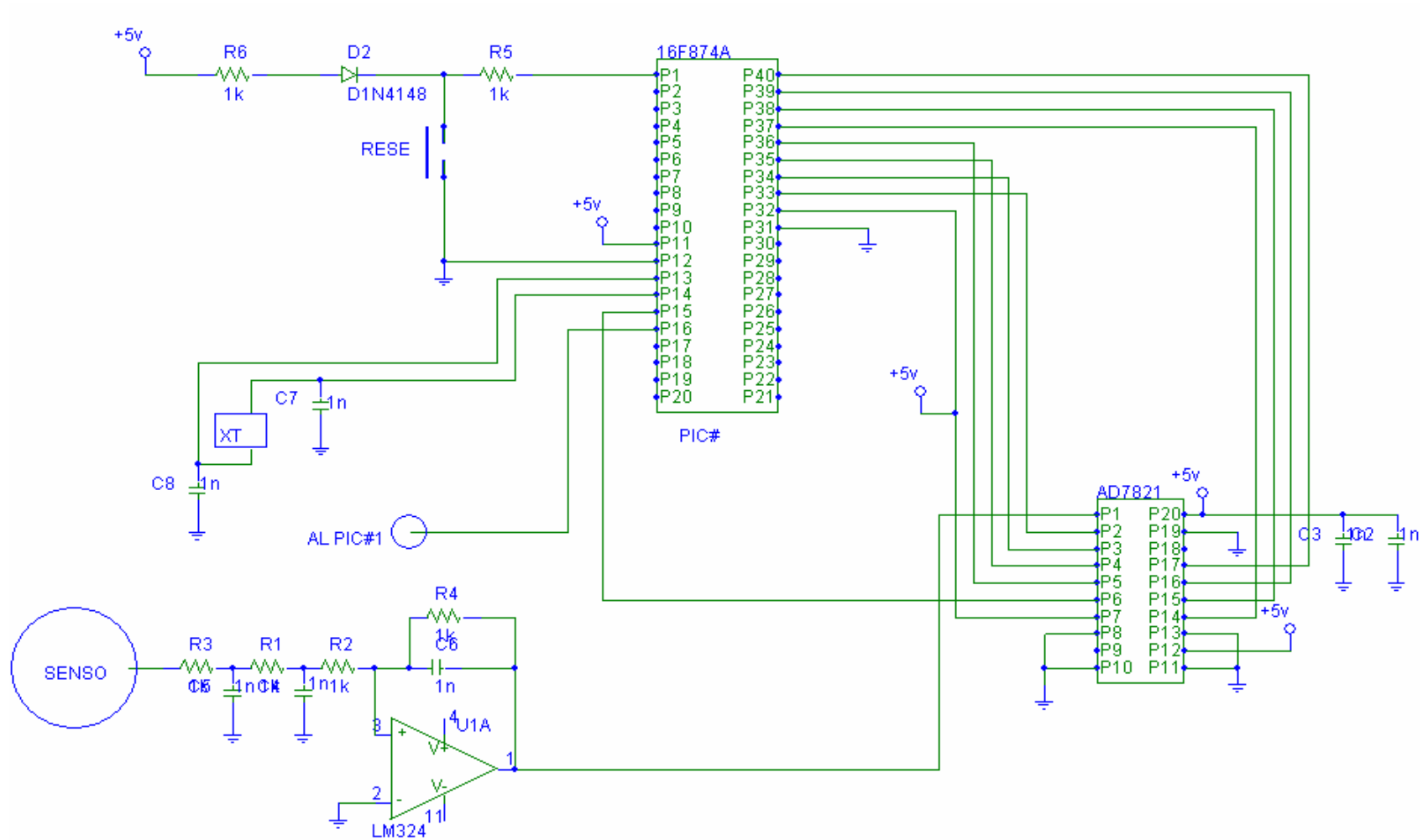


Figura 2.30 Diagrama Completo del Sistema

Unidad de respaldo:

Tanto el detector como la interfaz de control y comunicación están conectados a un UPS para así, en caso de una falla en el suministro energético estos no dejen de seguir sensando y almacenando la información (se asume que el equipo estará colocado en un lugar donde haya servicio energético). Debido al tipo de voltaje que necesitan ambas etapas no es factible el uso de baterías lo cual es una limitante del sistema.

Las etapas restantes radio y PC se describen en forma detallada en el capítulo III.

CONCLUSIONES DEL CAPITULO II

- Existen diferentes formas de detectar los rayos, unas de las formas mas sofisticadas son los sensores ópticos OTD y los sensores de imágenes de rayos LIS, también están los modos de detección directa, pero existe otra manera que nos permite estudiar los rayos que es la detección del campo magnético generado por estas descargas, este tipo de detectores es el que describimos en este trabajo.
- Los sistemas de adquisición de datos nos permiten tomar información de los fenómenos físicos y con la ayuda dispositivos transductores como el sensor de campo magnético no dan un valor manejable para su almacenamiento y procesamiento.
- Al momento de seleccionar un microcontrolador hay que tomar en cuenta muchos factores, como la disponibilidad de información, precio así como las características tales como cantidad de memoria , numero de puertos y etc. también es muy importante tomar en cuenta los dispositivos con los que se comunicara para tener la compatibilidad necesaria al momento de interconectarlos
- La comunicación entre el dispositivo construido y la PC se hace a través del puerto RS232 para no hay que perder de vista que el microcontrolador trabaja con un puerto USART que maneja niveles TTL por lo que es necesario utilizar dispositivos convertidores de nivel TTL a RS232.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS CAPITULO II

- Paper IEEE:
High sensitivity 50 Hz - 1 MHz probe for B and dB//dt
Peter Sergeant
Alex Vandenbossche
- Introducción a los microcontroladores
José Adolfo González V.
McGraw Hill
- PIC 16/17 microcontroller data Book,
Microchip
- www.todopic.com.ar
- www.ic-prog.com
- www.microchip.com

CAPITULO III

SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISION REMOTA CON LA ESTACION

INTRODUCCION

El sistema de detección de descargas atmosféricas construido necesita ser monitoreado de forma remota, de tal manera que necesitamos un enlace de comunicación entre el punto remoto y la estación de monitoreo para este fin. Este enlace podría ser vía MODEM por línea telefónica, opción que descartamos ya que se tomo en cuenta que el sitio remoto podría ser un lugar de poco acceso como una montaña donde no hay líneas telefónicas disponibles, otra opción era hacer el enlace por cobre o fibra óptica opción que también se descarto por motivos de la infraestructura que este tipo de enlace conlleva (poste, herrajes, instalación, etc.) por lo que la opción mas aceptable para este proyecto es un enlace vía radio que nos libere de los problemas antes mencionados. En este capítulo describiremos el sistema de radio enlace utilizado, mencionaremos sus características, protocolos, alcance, pasos para configurarlo, etc.

3.1 SISTEMA DE COMUNICACIÓN REMOTA CON LA ESTACIÓN.

El sistema implementado se conoce como *Wavenet IP* se opto por este sistema debido a la facilidad que estos presentan para comunicarse con una PC y a la disponibilidad que teníamos de acceder a su uso, se experimento con el uso de radios VHF pero se presentaron muchos problemas con las aplicaciones que se contaban y debido a la limitante de tiempo se opto por los primeros es de aclarar que los radios no son propiedad de la Universidad por lo que se recomienda buscar alternativas con los radios que se cuentan en la escuela ya sea aplicaciones en VHF o HF.

El sistema esta compuesto de un radio central y uno remoto. La frecuencia de operación es en el orden de los 2.4GHz con lo que no es necesario tener licencia de operación para su uso. El sistema además maneja los siguientes protocolos:

Protocolos

Network: IP Version 4.0, ICMP

Transport: TCP, UDP

Application: FTP, Telnet, HTTP, SNMP

A continuación se muestra en la figura 3.1 la red básica del sistema de comunicación propuesto:

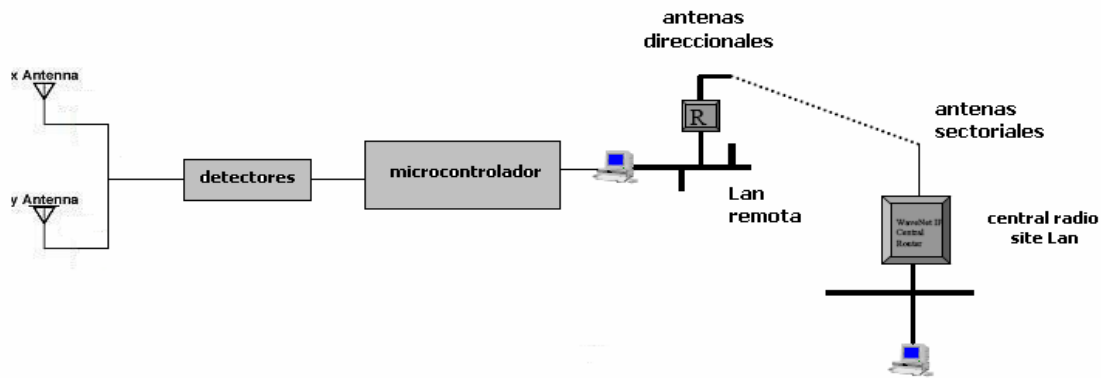


Figura 3.1 red de comunicación

Como puede observarse lo que se tiene es una red Lan con la diferencia de que el enlace es hecho vía radio, es de mencionar que cada estación central es capaz de manejar varias Lan remotas con lo que con este sistema se puede fácilmente montar una red de estaciones remotas manejadas desde una estación central. A continuación se muestra en las figuras 3.2 y 3.3 uno de los radios-router utilizados así como la antena direccional:

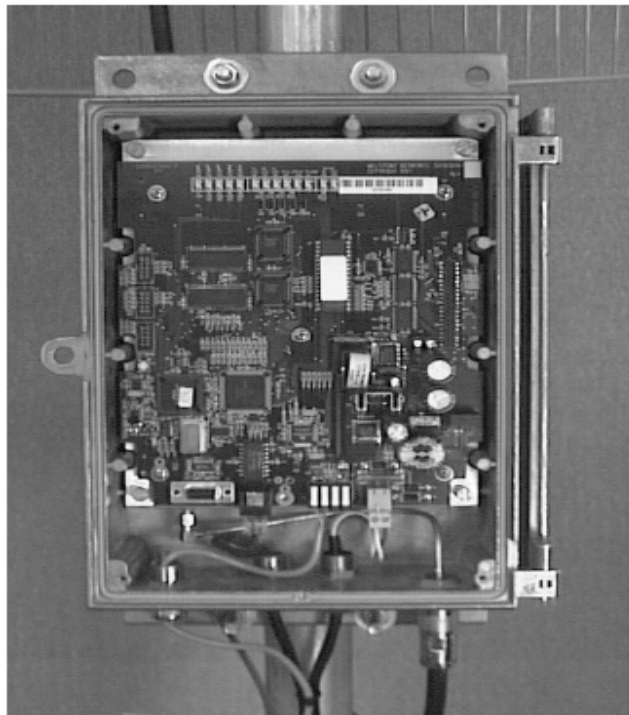


Figura 3.2 Radio IP utilizado



Figura 3.3 Antena direccional

Cabe mencionar que la distancia máxima de operación de este sistema es de 32 km utilizando antenas direccionales con una potencia de transmisión de +24 dbm.

3.2 CONFIGURACIÓN DE LOS RADIOS.

Es de notar que este sistema consta de dos partes: un radio al cual hay que asignarle una ip y un router que es el que maneja el tráfico de los equipos conectados en la LAN y al que también necesitamos asignarle una IP consistente con la de la red para comunicarnos con las redes remotas. El router y radio es configurado vía browser sobre una interfaz ethernet.

Configuración de la dirección IP de la PC:

La PC puede ser configurada con una de las siguientes IPs 10.0.0.xxx, donde xxx es un número entre 2 y 254, la subnet mask debe ser 255.0.0.0.

Procedimiento de configuración del equipo:

1. Lo primero es asegurarnos que el equipo este aterrizado y con sus protecciones contra descargas respectivas, en este caso es un protector para cable UTP cat 5, ver en Anexo 5 los detalles de esta protección.
2. Hacer las conexiones de cable de datos/power, conecte el cable de datos entre el equipo y la tarjeta ethernet de la PC, conecte el cable de power a la fuente y esta a la línea de servicio eléctrico 110 V.
3. Esperar unos minutos hasta que el LED de auto-prueba del equipo este iluminado

4. Mueva el jumper de *store* a *j4* y luego presione una vez el switch que se encuentra en la tarjeta dentro del equipo.
5. Esperar hasta que el LED de auto-prueba este encendido, luego regresar el jumper a la posición *store*. En este punto la interface ethernet tendrá los siguientes valores:

IP address: 10.0.0.1

Subset mask: 255.0.0.0

6. Entre al router vía Browser con la IP 10.0.0.1, aparecerá una pantalla como la de la figura 3.4 mostrando la configuración por defecto del equipo.

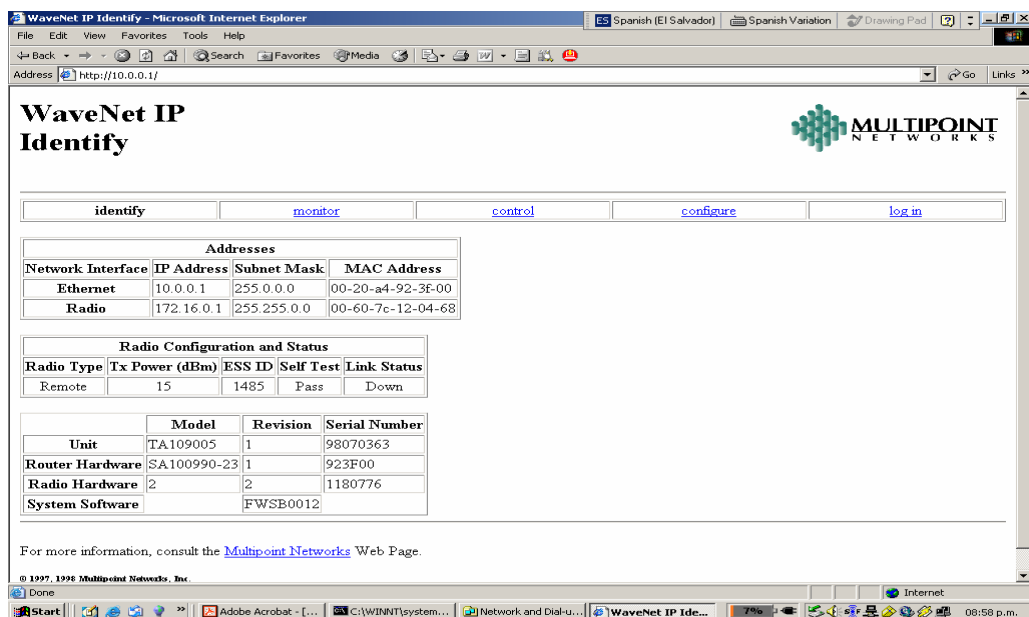


Figura 3.4 Vista de la entrada al wavenet vía Browser

7. seleccione *configure*, aparecerá una pantalla como la de la figura 3.5 en la cual podemos configurar los parámetros del radio, parámetros de la interface ethernet, podemos configurar el SNMP, crear usuarios y poner un login configurando user y password.

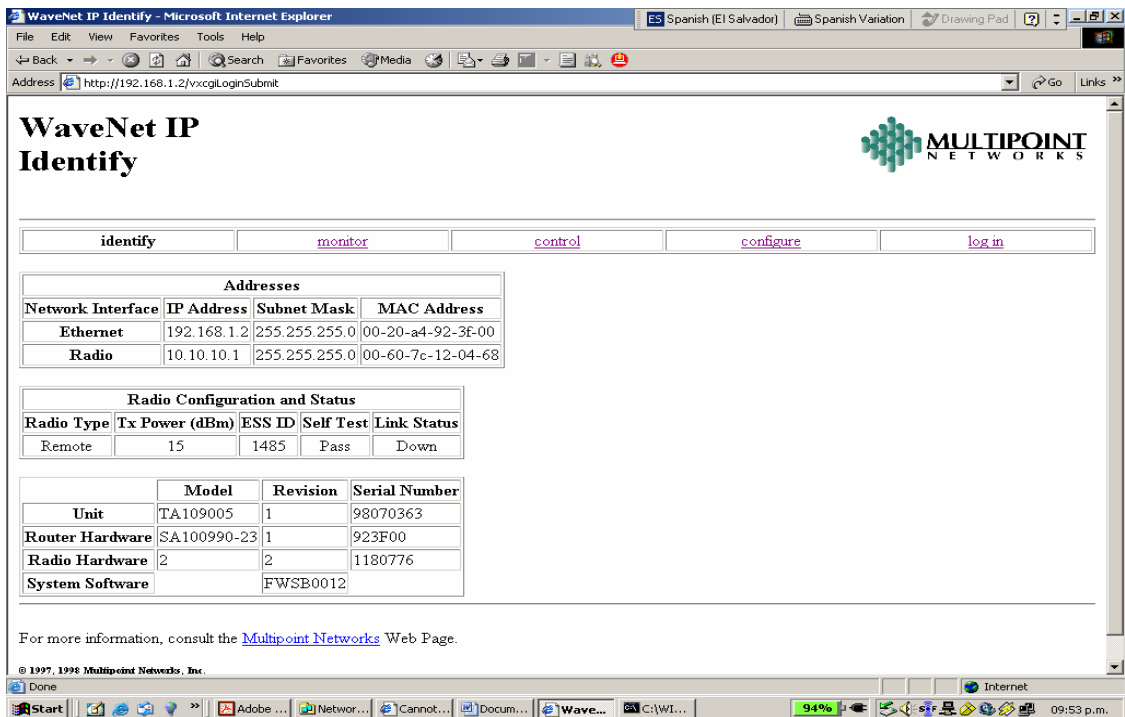


Figura 3.5 Vista de la pantalla de configuración del Wavenet

Introducir los datos de ip y submask y rutas si es necesario y verifique que aparezca la palabra OK y que no aparezca ningún mensaje de error, luego seleccione *submit* o *finish* para completar la configuración.

8. un dato importante es que tanto la interface ethernet como el radio deben tener IPs diferentes. después de esto reconfigure la PC con la nueva IP y submask consistente con la del router.
9. entre de nuevo al router vía browser utilizando la nueva IP que se le configuro al equipo, este le pedirá un user:ues y password: 12345678 para poder acceder al equipo. Aparecerán los datos con los que trabajaremos en este proyecto como se ve en la figura 3.6

WaveNet IP Identify

identify monitor control configure log in

Addresses			
Network Interface	IP Address	Subnet Mask	MAC Address
Ethernet	192.168.1.2	255.255.255.0	00-20-a4-92-3f-00
Radio	10.10.10.1	255.255.255.0	00-60-7c-12-04-68

Radio Configuration and Status				
Radio Type	Tx Power (dBm)	ESS ID	Self Test	Link Status
Remote	15	1485	Pass	Down

	Model	Revision	Serial Number
Unit	TA109005	1	98070363
Router Hardware	SA100990-23	1	923F00
Radio Hardware	2	2	1180776
System Software			FWSB0012

For more information, consult the [Multipoint Networks](#) Web Page.

© 1997, 1998 Multipoint Networks, Inc.

Figura 3.6 configuración final de uno de los equipos Wavenet

La configuración del otro radio se hace de la misma forma tendiendo el cuidado de configurar las IP adecuadas.

3.3 INSTALACION DEL WAVENET:

La instalación física del equipo la describiremos en esta sección:

1. lo primero es ubicar un buen sitio para la instalación de la antena y el router, tenemos que tomar en cuenta la línea vista con la antena central, que no existan obstáculos que nos degraden la señal, también es muy importante la seguridad de sitio para los mantenimientos posteriores, evitar dejar la antena cercana a líneas de alta tensión o sobre techos frágiles que representen peligro al instalador.
2. la preparación del cable data/power es muy importante, este cable es para intemperie, pero en lugares de ambiente hostil y de mucho ruido es recomendable instalar tubería CONDUIT o EMT aterrizada para evitar interferencias.

3. la instalación del router se hace generalmente sobre el mismo mástil donde se instala la antena como se muestra en la figura 3.7

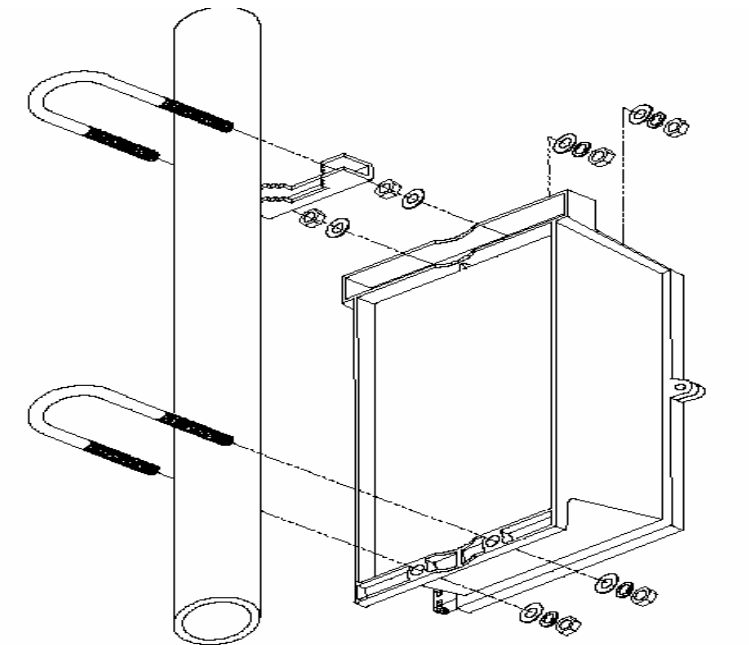


Figura 3.7 instalación del router sobre un mástil.

Un aspecto importante es que las conexiones de cables entre la antena y el router tienen que quedar bien encintados para evitar la filtración de agua, el tipo de cinta a utilizar podría ser 3M # 23 y luego de esta un revestimiento adicional de cinta 3M # 33.

CONCLUSIONES DEL CAPITULO III

- Para asegurar el éxito de un buen enlace es necesario hacer una buena planeación del mismo, como seleccionar un buen sitio de instalación de la antena asegurando una buena línea vista (L.O.S) entre la antena remota y la antena central.
- La seguridad del equipo depende de la instalación de una buena red de tierra, por lo que es importante tomar en cuenta este aspecto axial como los dispositivos de protección de los equipos recomendados por el fabricante.
- La distancia máxima del cable entre el *router* instalado en el exterior y la PC o *switch* no debe ser mayor de 100 mts debido a que se trata de tecnología *ethernet* que utiliza cable UTP.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS DEL CAPITULO III

- Manual de operación de WaveNet IP
Multipoint networks
1997
- Redes de comunicación
Enciclopedia [Microsoft](#)
1993-1998
- Transmisión por Radio
J. M. Hernández Rábanos
1997
- Transmisión de datos y redes de comunicaciones.
McGraw-Hill, 2002.

CAPITULO IV

PRUEBAS DE CAMPO

Introducción:

En el siguiente capítulo se trata sobre los datos obtenidos en el laboratorio y mediciones durante tormentas eléctricas para así poder determinar tanto el umbral de disparo en base al nivel de ruido y así como también poder determinar el comportamiento de las descargas atmosféricas para hacer comparaciones con datos obtenidos en otro proyectos similares.

4.1 Determinación del umbral de disparo.

Para poder determinar el nivel de disparo del detector tuvo que hacerse un estudio del nivel de ruido presente en el lugar donde está ubicado el detector en todo el ancho de banda del mismo para así poder determinar el techo del mismo y a partir de ese valor toda señal mayor a él se considerará una descarga atmosférica.

Es muy importante hacer énfasis en que este análisis del nivel de ruido debe considerar el comportamiento del mismo durante lo largo del día ya que este es variable así como también observar el comportamiento de este durante días sin lluvias así como días con lluvias debido a que el nivel de ruido tiene un comportamiento diferente para ambos casos por lo general el techo de ruido se eleva durante una tormenta incluso si solo está nublado y disminuye al término de esta por lo que se hace necesario tener una visión completa de este para así poder fijar correctamente el umbral de disparo del detector.

A continuación se muestran los niveles de ruido a diferentes horas del día en las figuras 4.1 y 4.2.

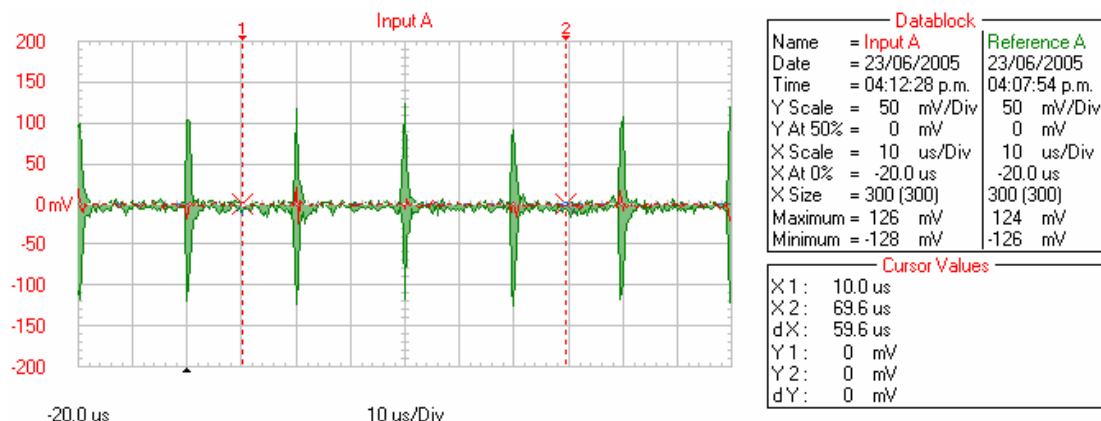


Figura 4.1 señal de ruido durante la tarde

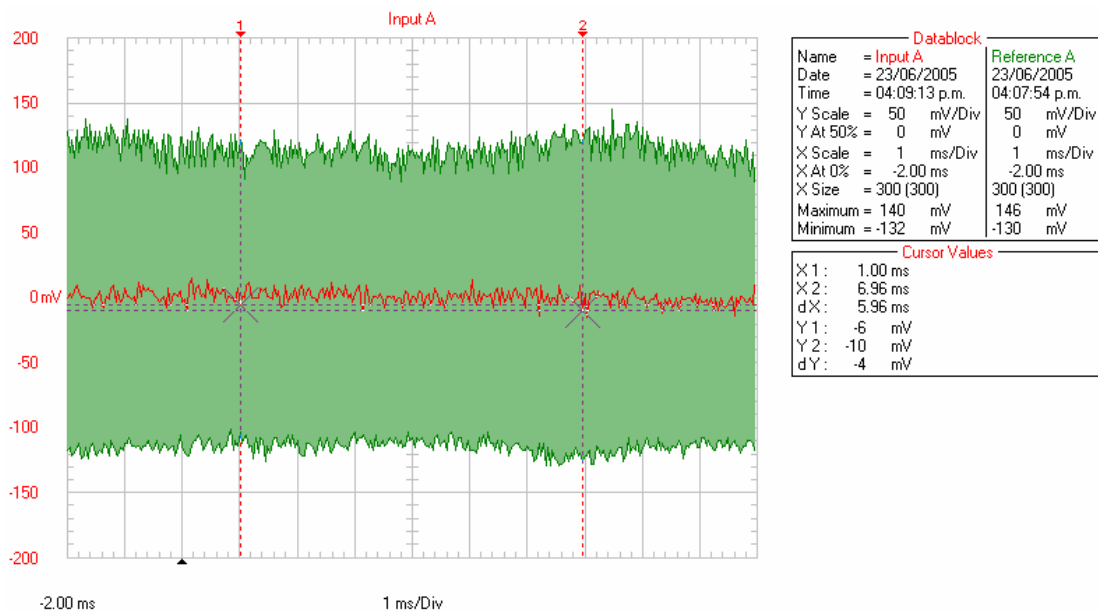


Figura 4.2 señal de ruido durante la noche

4.2 Pruebas con el espinterometro.

También se hicieron pruebas preliminares con el espinterometro para comprobar el funcionamiento del detector, con esta maquina se pueden simular descargas eléctricas de hasta 400 kV a continuación se muestra una foto del espinterometro en la figura 4.3.



Figura 4.3 espinterometro

Al utilizar esta maquina se pueden producir descargas eléctricas pero con ciertas limitaciones una de ellas es la frecuencia a la que se produce la descarga así como que la descarga producida no cumple con la aproximación del rayo como una línea infinita por lo tanto los valores de campo obtenidos no se apegan a la ecuación de campo magnético utilizada. Las ventajas que el equipo ofrece son que se pueden seleccionar distintos valores de descargas y así poder ver el comportamiento del campo magnético a medida que el valor de

las descargas aumenta. A continuación se muestran en las siguientes figuras la señal de campo magnético ante una descarga de 20 kV con el espinterometro.

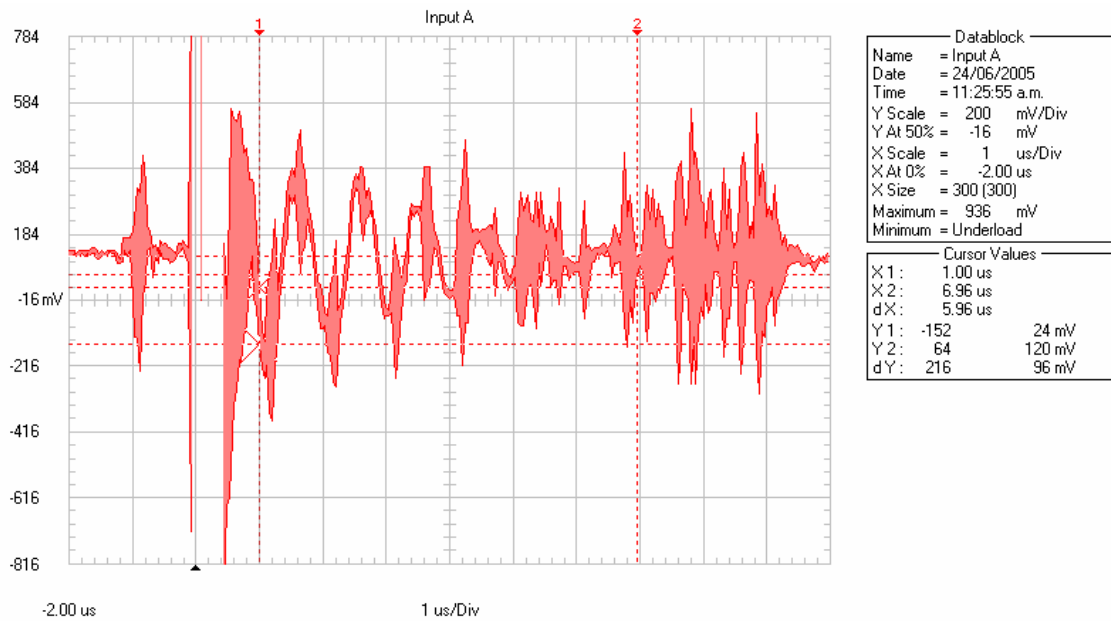


Figura 4.4 señal de campo ante una descarga con el espinterometro

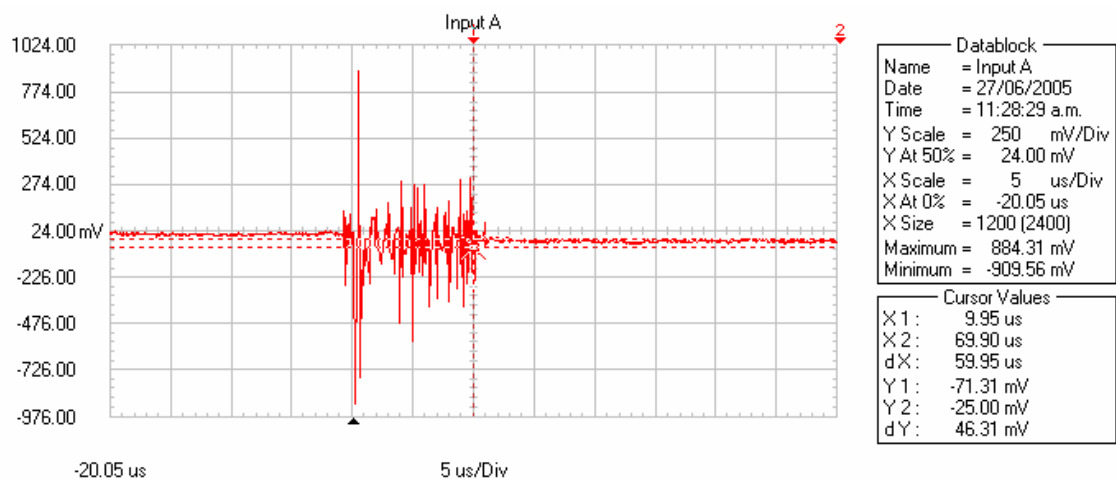


Figura 4.5 señal de campo ante una descarga con el espinterometro

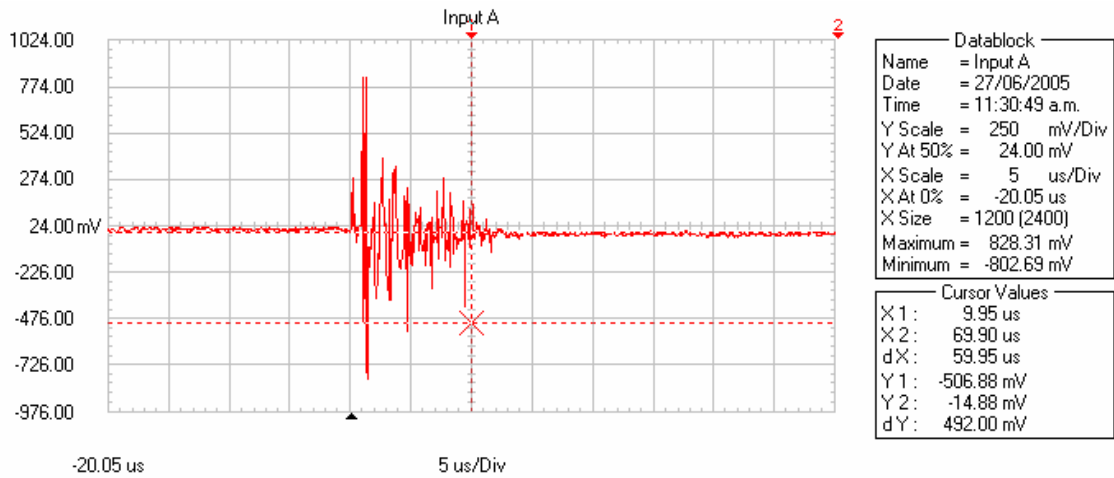


Figura 4.6 señal de campo ante una descarga con el espinterometro

Como puede observarse al ocurrir la descarga se produce un cambio brusco en la señal de campo magnético presentando estos picos en la señal los cuales son los que el detector sensa para saber si hubo una descarga o no.

4.3 Mediciones durante tormentas eléctricas.

Se realizaron mediciones durante tormentas eléctricas para poder caracterizar el comportamiento del detector durante las mismas se obtuvieron datos sobre las frecuencias a las que ocurren las descargas así como valores pico del campo magnético a continuación se muestran algunos de los datos obtenidos durante la tormenta que tuvo lugar el día 26 de septiembre del 2005 de la cual se obtuvieron 26 datos de descargas, dicha tormenta presento intensa actividad eléctrica y causo estragos en la ciudad capital.

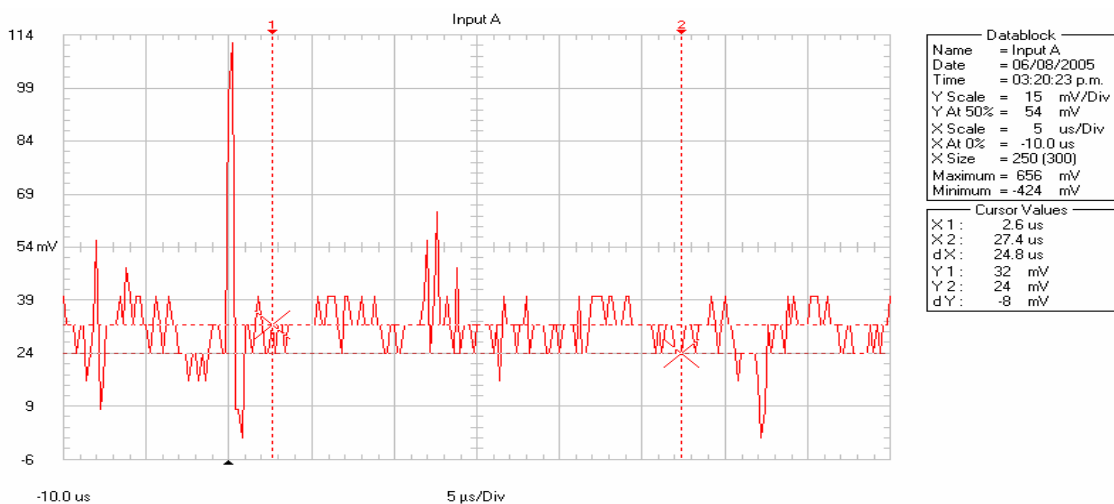


Figura 4.7 señal de campo magnético producido por una descarga atmosférica

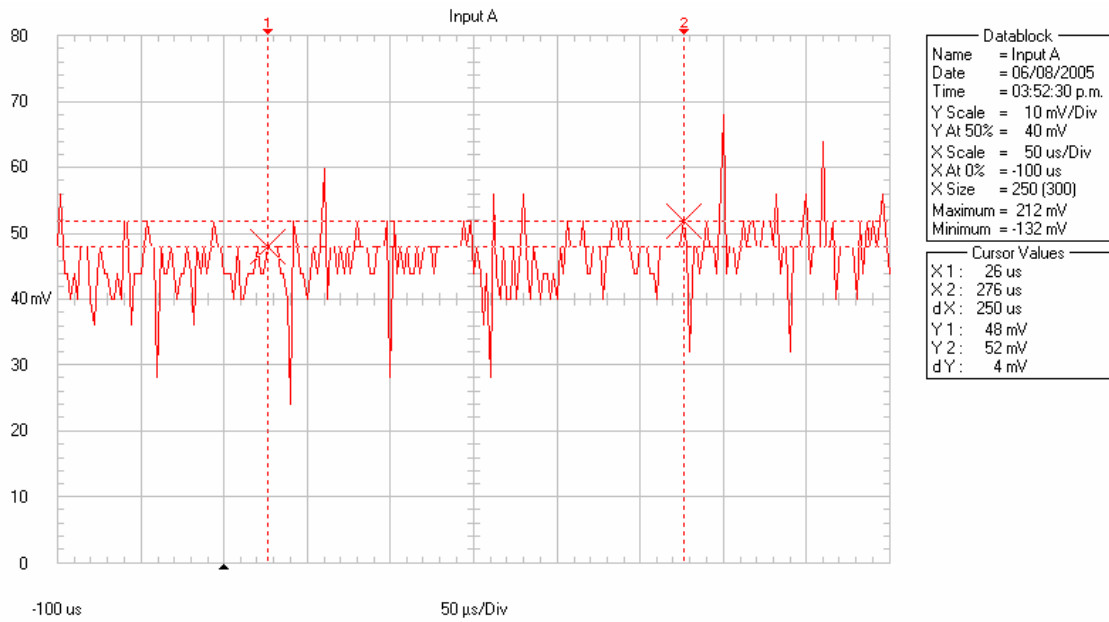


Figura 4.8 señal de campo magnético producido por una descarga atmosférica

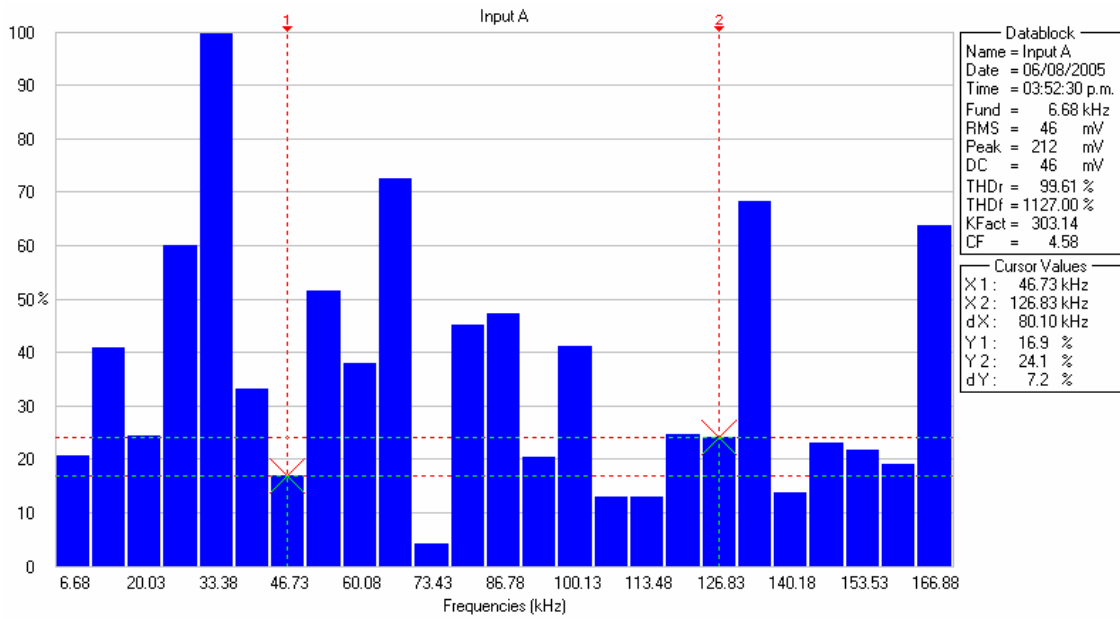


Figura 4.9 espectro de frecuencias de la señal de la figura 4.8

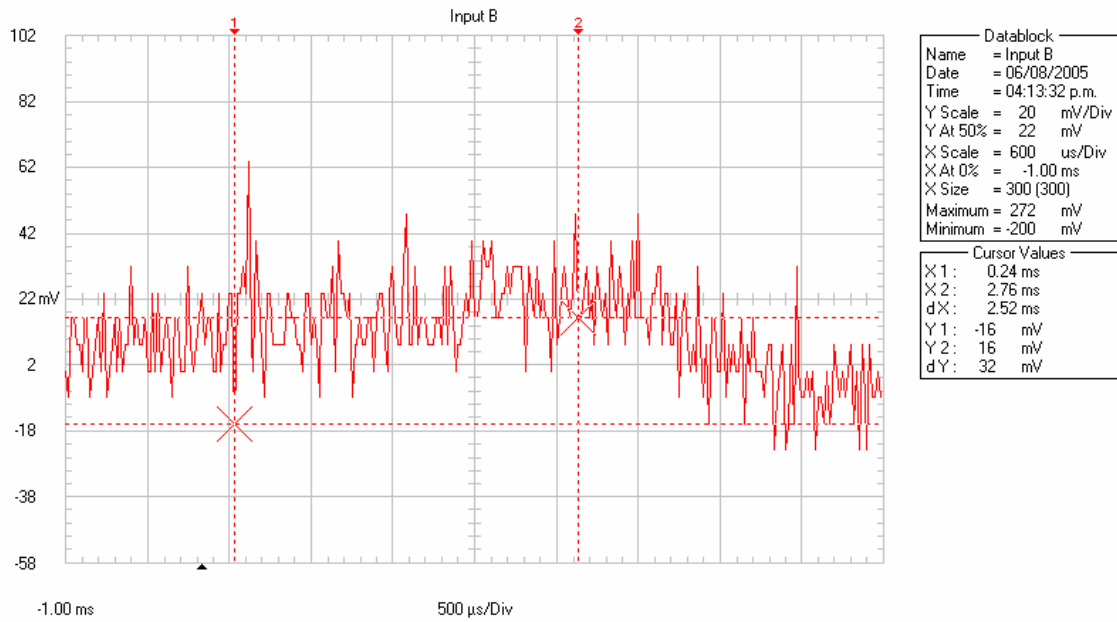


Figura 4.10 señal de campo magnético producido por una descarga atmosférica

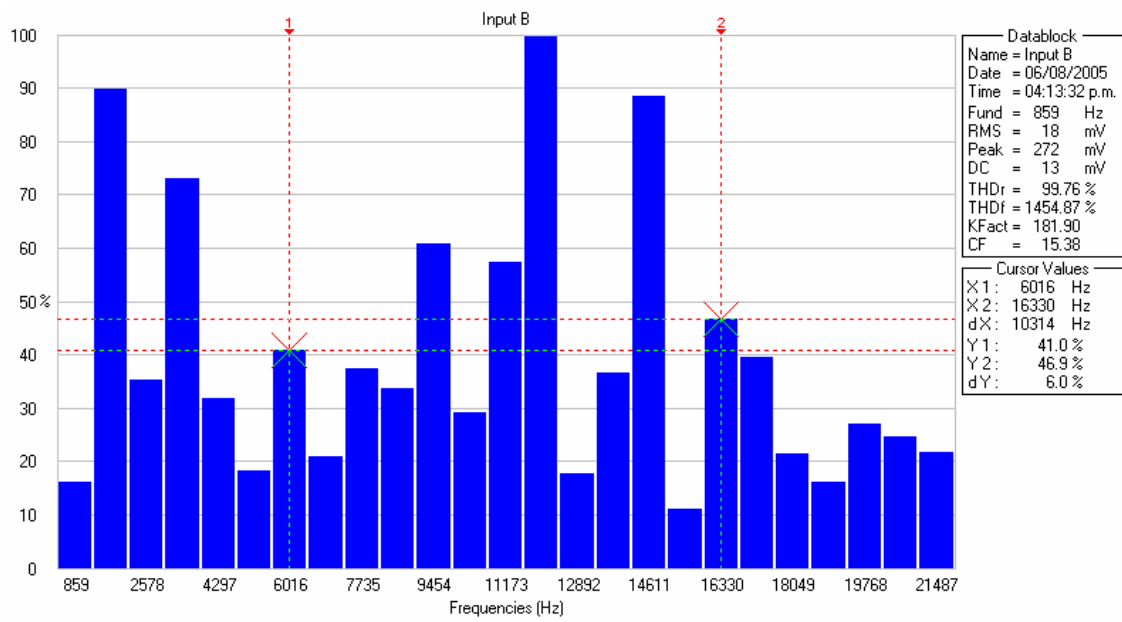


Figura 4.11 espectro de frecuencias de la señal de la figura 4.10

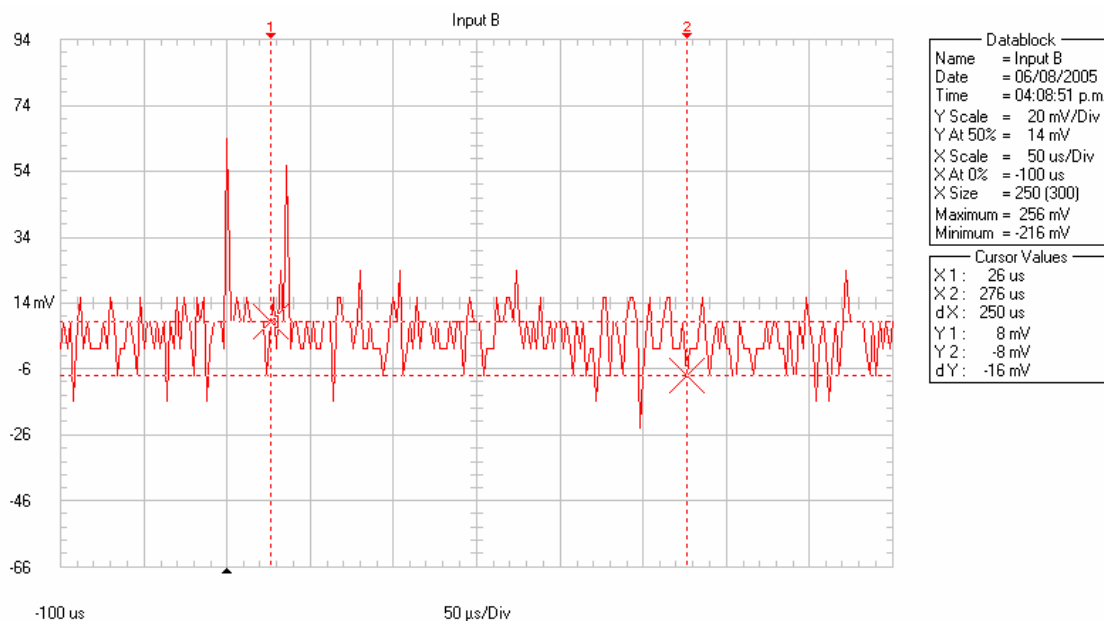


Figura 4.12 señal de campo magnético producido por una descarga atmosférica

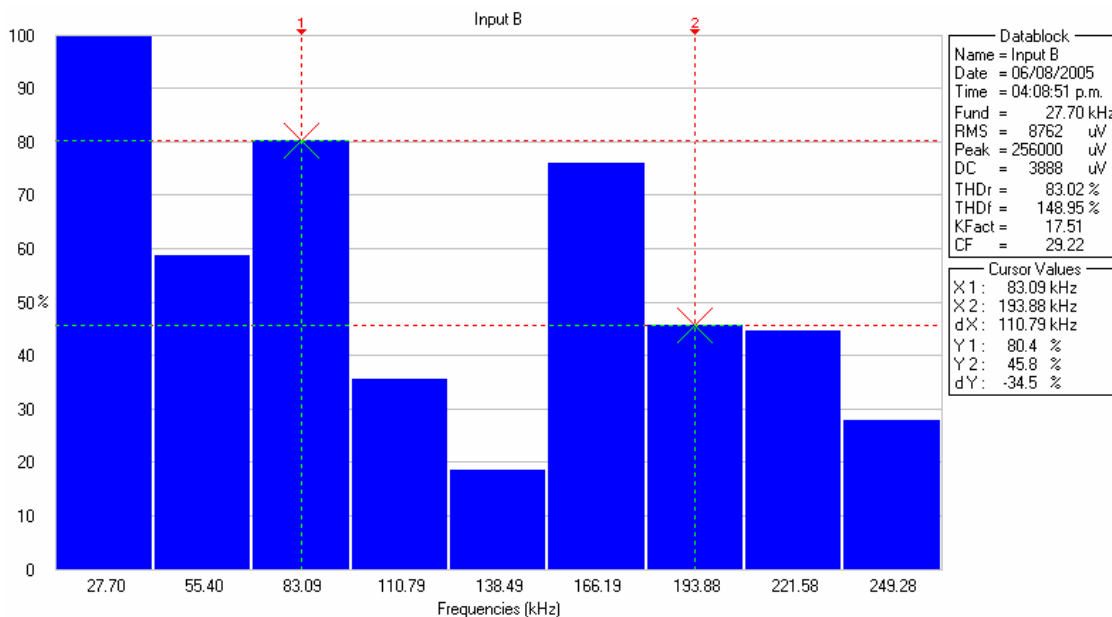


Figura 4.13 espectro de frecuencias de la señal de la figura 4.12

Todas las mediciones durante estas pruebas fueron realizadas con el osciloscopio digital FLUKE 196C con un ancho de banda de 100 MHz el cual se muestra en la figura 4.14.



Figura 4.14 Osciloscopio digital FLUKE 196C

Luego de estas pruebas y tener un conocimiento del comportamiento tanto del ruido ambiental y así como que tipo de voltajes esperar durante una tormenta eléctrica se fijo la unidad microcontroladora con el umbral adecuado y se dejo censando durante los siguientes días desde el día sábado 1 de octubre hasta el día 10 de octubre del 2005 obteniéndose los siguientes resultados que se muestran en la figura 4.14.

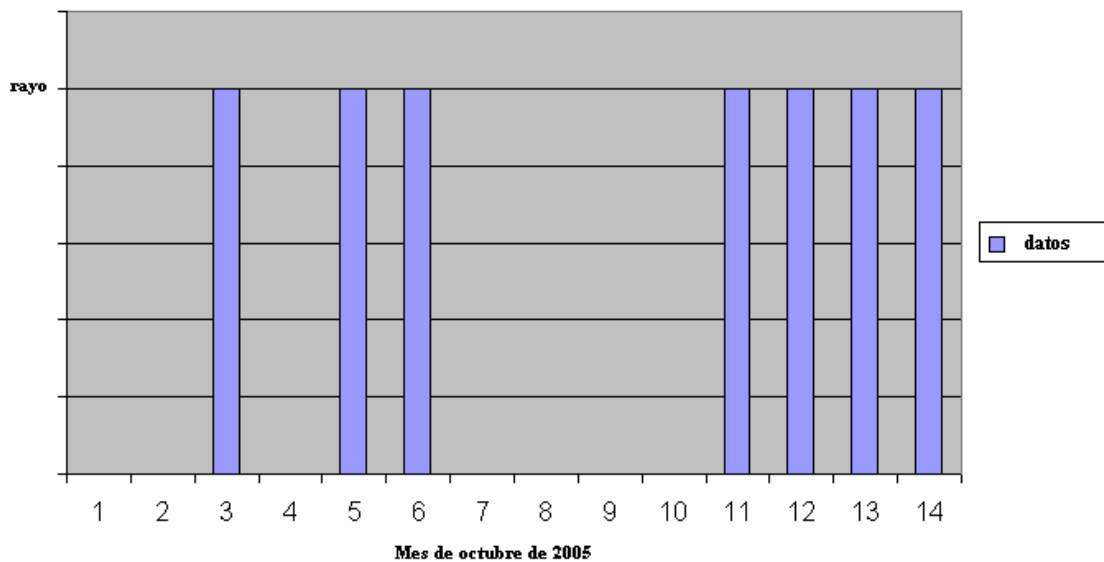


Figura 4.15 datos de descargas durante los primeros 10 días del mes de octubre del 2005

A continuación en la figura 4.16 se muestra la pantalla de la interfaz mostrando el registro de los eventos.

```
002:024:031 PM 010/010/005
SET UMBRAL>>0
ACTUALIZAR RELOJ>1
ACTUALIZAR FECHA>2
DESCARGAR DATOS>3
LIMPIAR MEMORIA>4
SALIR>5

>3
DATOS>>
DIAS CON RAYO=003
002:030:001 AM 003/010/005
010:013:050 AM 005/010/005
005:030:025 PM 006/010/005
NO HAY MAS DATOS.
>-
```

Figura 4.16 registro de los eventos

4.4 Comparación entre datos obtenidos y datos de otros dispositivos.

A continuación se hace una comparación entre los datos que se obtuvieron y datos de otros sensores de campo magnético. Para hacer esta comparación se escogió un proyecto de un detector de descargas atmosféricas llamado Apparatus el motivo de esto fue que en dicho proyecto el detector implementado es muy similar al nuestro ya que se basa en circuitos integradores y antenas loop y ocupan el campo magnético como variable a detectar. A continuación se presentan algunos datos recabados por ellos y poder comparar con los datos obtenidos por nosotros

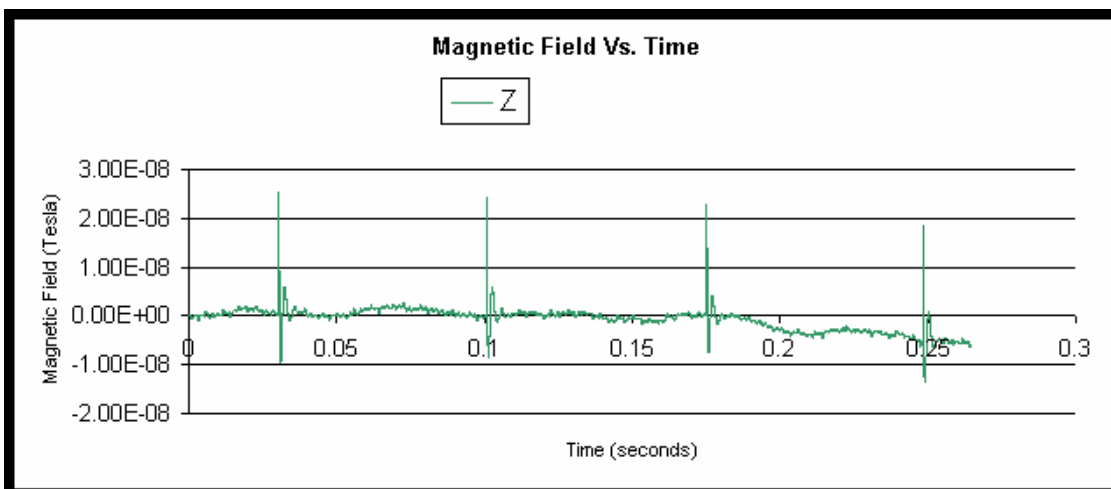


Figura 4.17 señal de campo magnético

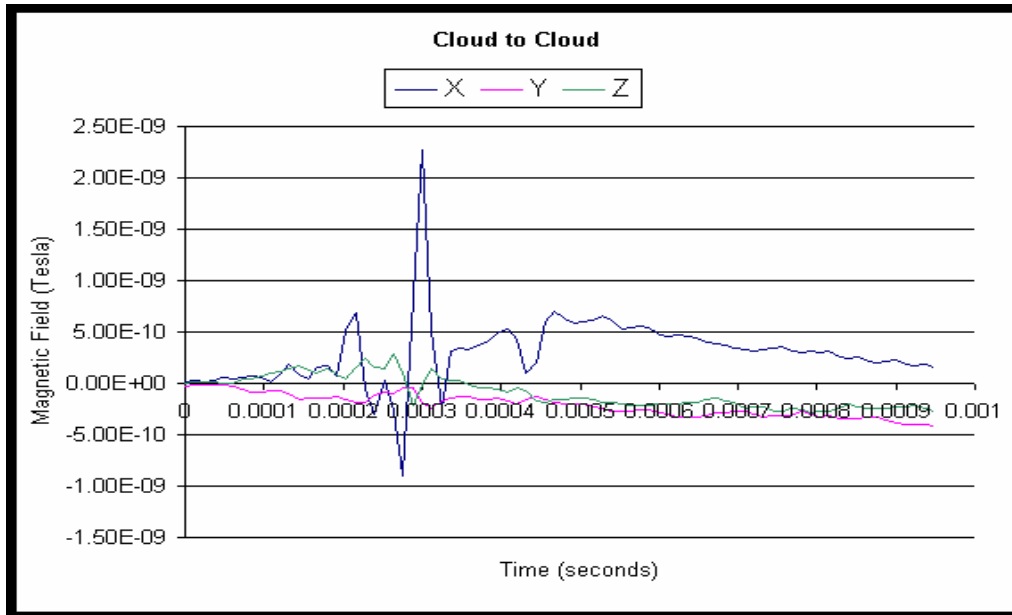


Figura 4.18 señal producida por un rayo intra nubes

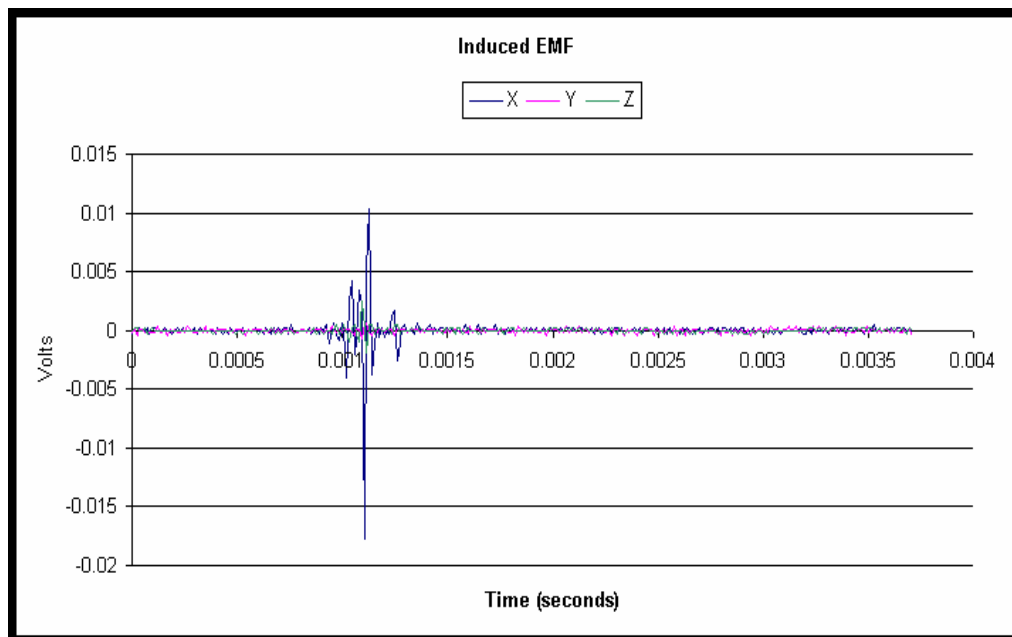


Figura 4.19 señal de voltaje producida por un rayo intra nubes

En base a los datos recabados por ellos y los nuestros podemos concluir que prácticamente se han obtenido resultados similares en lo que a las señales de campo magnético respecta y valores de voltaje quizás con la única diferencia que las señales obtenidas por ellos están en frecuencias mas bajas que las que nosotros obtuvimos pero lo cual no es de extrañarse ya que los rayos pueden andar en los cientos de hertz hasta las decenas de mega hertz.

CONCLUSIONES DEL CAPITULO IV

- El comportamiento del ruido ambiental es variable durante lo largo del día presentando periodos de actividad alta principalmente durante el día y actividad baja especialmente durante la noche.
- Los niveles de ruido aumentan bastante durante una tormenta sin necesidad de ver o escuchar descargas eléctricas durante la misma.
- Al momento de fijar el valor de umbral de disparo en el detector es necesario tener una clara visión del comportamiento del ruido ambiental para obtener buenos resultados.
- Las pruebas en el laboratorio son importantes para tener una idea preliminar del comportamiento de una descarga atmosférica y así poder caracterizarla mejor.
- La comparación entre los datos obtenidos y los datos de otros trabajos similares es de gran importancia a la hora de analizar los datos obtenidos y determinar si son correctos o no.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS DEL CAPITULO IV

- <http://mxp.physics.umn.edu/s02/Projects/CloudLightning/>
- www.boltek.com/efm100.htm

CAPITULO V

COMPARACION ENTRE EL SISTEMA PROPUESTO Y UN SISTEMA COMERCIAL

INTRODUCCION:

En el siguiente capítulo haremos una comparación entre un sistema comercial y el sistema propuesto en el presente trabajo para así determinar las principales diferencias entre ambos tanto en datos suministrados, alcances y costos para así poder un análisis de factibilidad de implementación del sistema propuesto.

5.1 Sistema comercial de detección de descargas atmosféricas:

A continuación se detalla un sistema comercial de detectores de descargas atmosféricas basados en el detector comercial IMPACT ESP implementado en España, Portugal, Costa Rica y Venezuela con buenos resultados:

El sistema de detección esta basado en sensores del tipo *improved accuracy Improved Accuracy from Combined Technology Enhanced Sensivity and Performs: IMPACT ESP*

y se refiere a la combinación de tecnologías de la Detección de la Variación del Campo Magnético y del tiempo de llegada (*Time of Arrival TOA*). Es decir, tiempo de llegada y ubicación (latitud y longitud) de las descargas. Los sensores se colocan estratégicamente sobre la zona de sobre la cual se desea monitorear la cobertura de o rango nominal de cada detector es de 370 km, sin embargo su alcance máximo es tres veces su rango nominal.

La precisión para detectar un rayo varía entre 100 y 500 metros. Un sensor IMPACT ESP detecta más del 85%-90% de todos los rayos producidos dentro del rango nominal de detección. Todos los sensores tienen la misma cobertura pero deben estar separados unos de otros aproximadamente la mitad del rango nominal.

Cada sensor está sincronizado a través del Sistema de Posicionamiento Global (SPG) con precisión de microsegundos.

En cada sensor se encuentra el siguiente sistema de antenas:

1. Una antena de campo eléctrico.
2. Una antena de lazo de campo magnético este-oeste.
3. Una antena de lazo de campo magnético norte-sur.
4. Una antena GPS.

Un domo de fibra de vidrio cubre el sistema de antenas y la Unidad Reemplazable de Línea Primaria, ver Fig 5.1.



Figura 5.1 detectores IMPACT ESP

Los sensores transmiten la información a través de líneas de transmisión analógicas dedicadas vía MODEM.

Cuando ocurre una descarga atmosférica, el sensor detecta las señales eléctricas y magnéticas -producidas por el evento- y son analizadas por un circuito lógico de discriminación; el cual determina si la descarga es de tipo nube tierra, de tipo nube, o corresponde a ruido, en cuyo caso, estas últimas son descartadas.

La energía de frecuencia de las ondas de radio detectadas están en el rango de 0.4 kHz a los 400 Khz. y con la polaridad vertical requerida para una propagación eficiente sobre la superficie de la Tierra. Este tipo de descargas son los únicos eventos que pueden ser detectados y procesados simultáneamente, por los diferentes sensores ubicados a una distancia adecuada para la detección del evento.

Cuando el sensor detecta una señal, determina la dirección de la descarga atmosférica. Para establecer la dirección, el sensor usa su antena de lazo de campo magnético (ortogonal norte-sur y este-oeste).

Finalmente, los datos son transferidos a una central de procesamiento donde son validados; posteriormente se envían a otra central donde el sistema analiza la información de dos, tres o más sensores, resuelve un sistema de ecuaciones hiperbólicas esféricas y por medio de un proceso de triangulación, se obtiene la localización de una descarga atmosférica tal como se muestra en la figura 5.2.

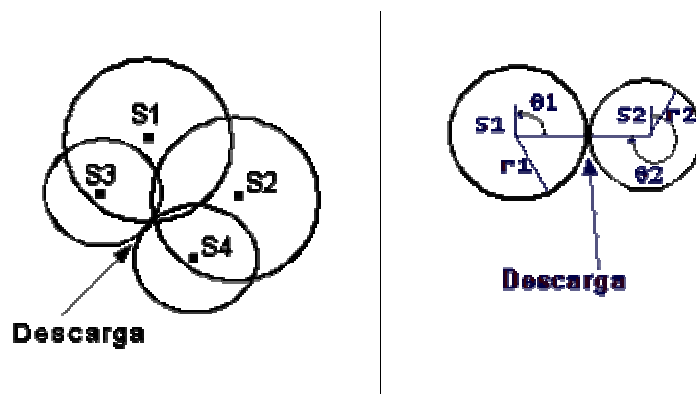


Figura 5.2 método de intercepción de círculos

Cada red detección ofrece los siguientes datos:

- Fecha y hora(milisegundos)
- Latitud y longitud
- Intensidad de corriente de pico y polaridad
- Multiplicidad del rayo
- Numero de detectores que intervienen
- Parámetros de calidad de localización

Para el análisis de los datos se utilizo el software Lord Abbett Total Return A (LTRAX) El primero corresponde al LTrax, el cual permite visualizar los datos en tiempo real. Este programa muestra la actividad de las descargas en un área geográfica determinada. Agrupa la actividad eléctrica en conglomerados o núcleos. Puede ser utilizado para predecir el arribo de una tormenta.

El Ltrax permite fijar blancos en puntos determinados y activar una alarma cuando una tormenta amenazante se acerca a un área determinada. Es decir, puede ser utilizado para monitorear obras o proyectos en construcción.

Este programa permite reproducir animaciones de datos históricos, lo cual es útil para analizar casos de estudio.

El LTrax provee información valiosa sobre el pronóstico del tiempo, ya que es un complemento de los productos y análisis meteorológicos así como de las imágenes satelitales. Brinda la posibilidad de monitorear condiciones de tiempo severo, ya que este permite ver cuando se aproxima una tormenta y cuando esta comienza a volverse eléctricamente activa en la figura 5.3 se muestra la interfaz del Ltrax.

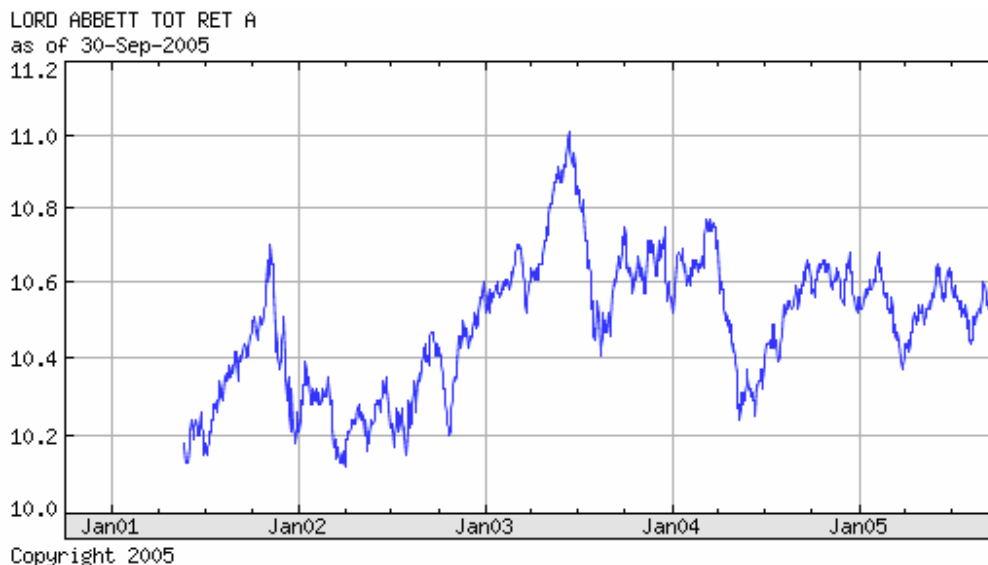


Figura 5.3 interfaz del software LTRAX

Con una red de este tipo se puede determinar datos como nivel ceráuneo así como densidad de descargas atmosféricas que son parámetros importantes a la hora de diseñar y calcular las protecciones de una línea de transmisión o una torre de comunicaciones o todo aquella infraestructura que se pueda ver afectada por una descarga eléctrica.

5.2 Sistema de detección de descargas atmosféricas con el detector propuesto:

A continuación se describe un sistema basado en el detector propuesto en el presente trabajo de graduación.

El sistema de detección basado en el detector de campo magnético propuesto constaría de por lo menos tres sensores ubicados sobre la zona de interés de monitoreo cada sensor constaría tanto del sensor magnético así como la unidad microcontroladora la cual almacena los datos y un sistema de comunicación vía radio o vía modem para la descarga de datos un sistema de este tipo seria capas de suministrar los siguientes datos:

- Numero de días con rayos(nivel isoceraunico)
- Fecha y hora de la descarga
- Determinar si una tormenta se aproxima
- Determinar el punto de impacto(uso de antenas direccionales y tarjeta de adquisición de datos)

Cada sensor consta de dos circuitos detectores con dos antenas loop direccionales cada uno con un ancho de banda de 1 MHz y un alcance máximo de 5 km este dato en base a niveles mínimos de ruido en el ambiente, así como una unidad microcontroladora basada en el PIC 16f874 esta unidad es capas de almacenar

hasta 30 días continuos con descargas atmosféricas así como la fecha y hora que ocurrió esta.

Para la ubicación de la descarga sería necesario conectar el detector a una tarjeta de adquisición de datos para obtener el valor de campo magnético y así poder determinar la, posición y el valor de corriente de la siguiente manera.

Para determinar el punto de impacto se utilizaría el método *direction finding (DF)* este consiste en interceptar dos señales incidentes de por lo menos dos estaciones tal como se muestra en la figura 5.4.

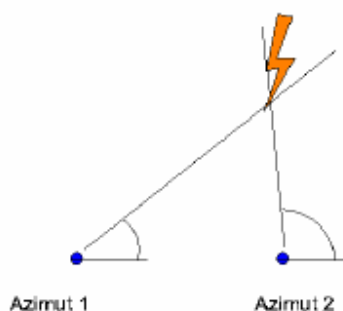


Figura 5.4 método de interceptación de señales incidentes

La desventaja que presenta este método es que el error aumenta a medida que el ángulo de intersección disminuye por lo que se recomienda tener mas de dos estaciones para reducir este error.

Cada estación estaría conectada vía radio o modem a una estación central de monitoreo la comunicación es vía puerto serial RS232 y se utilizaría como software de comunicación el hyperterminal u otro software afín de comunicación serial, el microcontrolador cuenta con un menú para fijar la fecha y la hora y también para fijar el nivel de umbral y acceder a los datos almacenados tal como se muestra en la figura 5.5:

```
002:033:017 PM 010/010/005
SET UMBRAL>>0
ACTUALIZAR RELOJ>1
ACTUALIZAR FECHA>2
DESCARGAR DATOS>3
LIMPIAR MEMORIA>4
SALIR>5
>
```

Figura 5.5 menú del programa del sistema

El análisis de datos puede ser realizado en Excel y en caso de contar con adquisición de señales este puede ser hecho en lab view, matlab, etc.

El sistema propuesto esta sujeto a mejoras para así ampliar su capacidad de monitoreo a continuación se detallan dichas propuestas.

Mejoras propuestas al prototipo:

Este prototipo esta diseñado de forma básica por lo que es posible agregarle hardware y software para mejorar el diseño que nos permita obtener mas datos acerca de las descargas.

- El objetivo de este diseño es el de presentar el nivel ceráuneo de la zona pero modificando el programa es posible contabilizar y presentar la densidad de rayos a tierra así como los rayos entre nubes de forma independiente.
- Por ejemplo es posible agregar un banco de memoria que nos permita almacenar la forma de onda de la descarga esto sumado a la modificación del programa para que realice dicha tarea.
- Agregando una tarjeta de adquisición de datos se podría monitorear el campo magnético presentando una forma de onda en tiempo real y con la ayuda de un software como Lab View se puede incluso hacer análisis de trasformada de furier y de esta forma hacer un análisis mas profundo de las descargas atmosféricas.
- Con la construcción de varios prototipos nos daría un área de cobertura mayor y así establecer mapas ceráuneos más exactos del país.
- Con un sistema de comunicación completo podríamos disponer de un sistema centralizado para monitorear múltiples sensores y descargar los datos de forma remota, para esto será necesario un sistema de comunicación punto-multipunto que nos permita acceder desde un nodo central los sitios remotos donde se ubicaran los sensores.

5.3 Comparación económica entre ambos sistemas.

A continuación se hace una comparación económica entre ambos sistemas para el sistema comercial que detallo en este capitulo se presentan a continuación el precios del hardware y del software necesarios para el funcionamiento del sistema es de \$1799.00 mientras que el costo del sistema propuesto es de \$1117.93 (ver Anexo 6 "costo del prototipo") en la figura 5.6 se muestra una grafica comparativa.

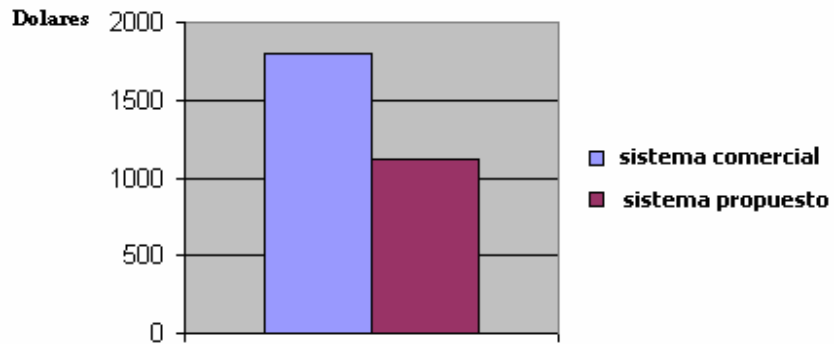


Figura 5.6 comparación de costos

Es de hacer énfasis en que los costos del sistema propuesto son un poco elevados debido a que ciertas componentes al comprarlos al menudeo los precios son mas altos tal es el caso de la pintura conductiva la cual de un precio de aproximadamente de \$30,00 pero al importarla al país este se eleva a \$100,00 por lo que el costo real es mucho menor así como el costo por software seria solo uno a diferencia del comercial que al comprar cada unidad este incluye el precio de software para cada una de ellas.

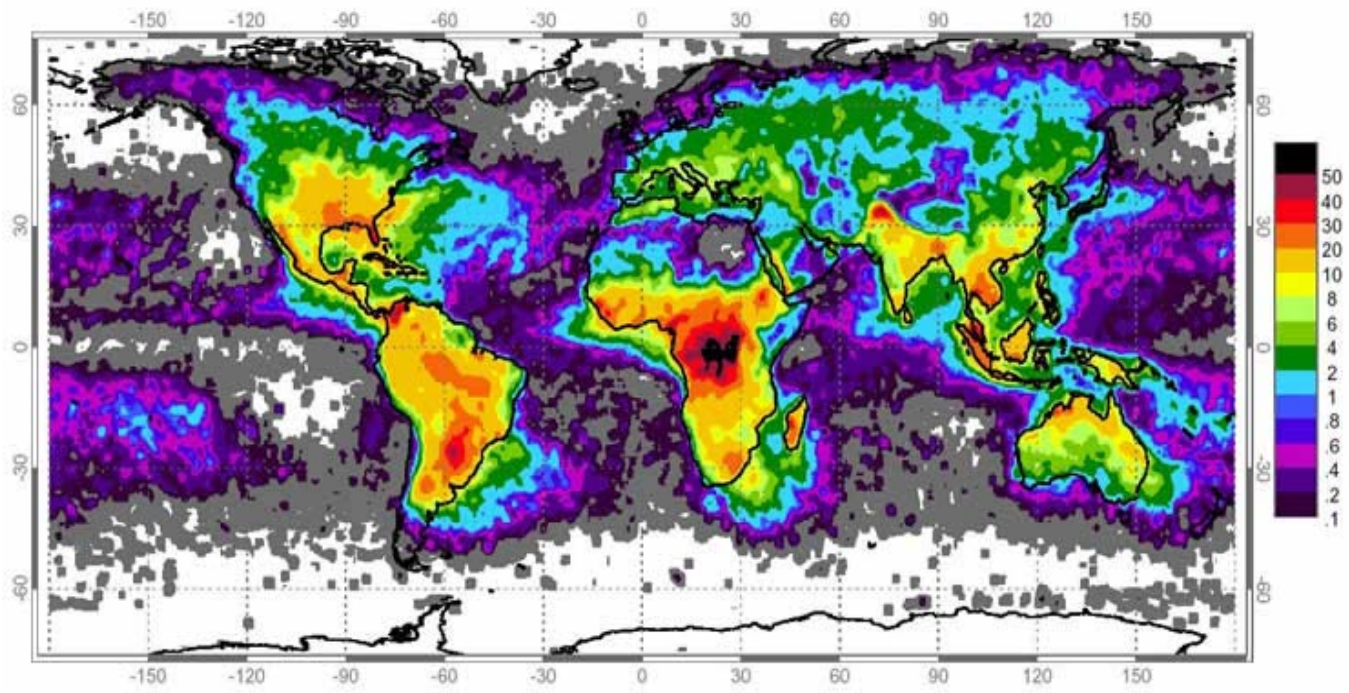
CONCLUSIONES DEL CAPITULO V

- Los sistemas comerciales ofrecen tanto la detección de descargas atmosféricas así como su caracterización.
- El software utilizado en los sistemas comerciales para el análisis de datos es por lo general un programa para análisis de datos general.
- Los métodos de ubicación de la descarga son una combinación de métodos de aproximación gráficos lo que limita la exactitud del dato obtenido.
- Al momento de seleccionar un sistema comercial es necesario tener una base de conocimientos acerca de todo lo relacionado con descargas atmosféricas para tener una visión clara de las ventajas y desventajas que este ofrece.
- A la hora de comparar ambos sistemas se necesita tener una visión clara de las ventajas y limitaciones así como de un análisis económico de ambos para poder escoger el que mejor se apegue a las necesidades de monitoreo de fenómenos atmosféricos.
- El análisis de costos es de gran importancia debido a que a primera vista un sistema puede parecer demasiado costoso pero al estudiarlo bien este puede resultar mucho mas económico a la larga.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS DEL CAPITULO V

- www.lightningstorm.com
- Boletín metereologico del instituto
metereologico nacional de Costa Rica
ISSN-1659-0465
Julio del 2005
- Paper: Remote sensing of the electrodynamic
Coupling between thunderstorm systems
And the mesosphere / coger ionosphere
Steven Craig Reising
Junio de 1998
- www.vaisala.com

ANEXOS



Anexo 1. Densidad de rayos sobre el planeta.

ANEXO 2

High sensitivity 50 Hz – 1 MHz probe for B and dB/dt

Peter Sergeant

Ghent University
Laboratory for Electrical Energy
Sint-Pietersnieuwstraat 41
B-9000 Ghent, BELGIUM
peter.sergeant@ug.ac.be

Alex Van den Bossche

Ghent University
Laboratory for Electrical Energy
Sint-Pietersnieuwstraat 41
B-9000 Ghent, BELGIUM
alex.vandenbossche@ug.ac.be

Abstract

An accurate broadband sensor for the analysis of magnetic induction B in the range $10\text{ nT} - 5\text{ mT}$ is presented. Choosing appropriate amplifier circuits allows to measure either B or dB/dt , in the frequency range $50\text{ Hz} - 1\text{ MHz}$, which makes it possible to detect very weak high-frequency fields with attenuation of the 50 Hz power frequency. The probe is also suitable for on-site measurements of common-mode currents in cables with a resolution of about 10 mA . It has high immunity against electric fields and is useful both for time-domain measurements and for frequency-domain measurements.

Keywords

Magnetic field, Probe, EMC, Measurement

INTRODUCTION

In the environment of power lines, transformers, induction heating and power electronics, many EMC problems occur due to inductive coupling of apparatus. The spectrum of the magnetic induction B can contain a variety of amplitudes and frequencies [1,2,3]. To solve the EMC problems, it is necessary to know both the amplitude of the B components at critical locations and their frequencies. Often, equipment is actually not disturbed by B but rather by the induced voltage dB/dt (note that $1\text{ T/s} = 1\text{ V/m}^2$).

The probe, shown in Figure 1, provides several amplifier circuits so that either B or dB/dt can be measured, without needing two probes [4]. In case the high amplitude of the $50/60\text{ Hz}$ mains frequency disturbs the measurement of weaker high-frequency fields, dB/dt measurement improves the visibility of the very weak high-frequency components by suppressing the lowest frequencies. Several sensitivities can be chosen, which results in an amplitude range for B of almost six decades ($10\text{ nT} - 5\text{ mT}$). The frequency range is $50\text{ Hz} - 1\text{ MHz}$, which includes a wide range of disturbing frequencies occurring e.g. in power electronics. Table 1 illustrates the possibilities. All values in this paper are rms-values.

Table 1. The measuring functions of the probe

CI result	Var.	Sensitivity	Range
1	B	$\text{IV}/10\text{ }\mu\text{T}$	$10\text{ nT} - 50\text{ }\mu\text{T}$
2	B	$\text{IV}/100\text{ }\mu\text{T}$	$100\text{ nT} - 500\text{ }\mu\text{T}$
3	B	$\text{IV}/1\text{ mT}$	$1\text{ }\mu\text{T} - 5\text{ mT}$
4	dB/dt	$\text{IV}/(0.1\text{ V/m}^2)$	$0.1\text{ mV/m}^2 - 0.5\text{ V/m}^2$
5	dB/dt	$\text{IV}/1\text{ V/m}^2$	$1\text{ mV/m}^2 - 5\text{ V/m}^2$



Figure 1. Probe for B and dB/dt

EMC problems may also originate from conducted Radio-Frequency Interference (RFI) currents in cables in industrial equipment. The probe can also be used as a current probe for a straight conductor.

CONSTRUCTION

The probe consists of a 25 cm wide square frame with a coil inside, and a handle. The latter contains the amplifier circuits and two 9 V batteries and amplifies the coil signal. Coil and amplifier are designed to obtain maximum output signal and bandwidth with high accuracy.

The frame and coil

Figure 2 illustrates the construction of frame and coil. By folding the edges of a 1 m long copper strip, a U-shaped gutter was created with an inner width of 12 mm . This gutter was folded to create the square frame of exactly 250 by 250 mm , for the coil itself.

The coil contains 16 turns of insulated 0.4 mm copper wire, covering an equivalent surface of 1 m². The turns were wound in one layer next to each other, keeping at least 2 mm distance from the copper walls of the gutter. The distance is guaranteed by laying 2 mm hardboard strips in the gutter under the coil, and, at some places, above the coil.

The carefully controlled positioning of the coil is important to improve the accuracy of the probe and to increase its bandwidth, by minimising parasitic capacitances. The square frame with rectangular section was preferred to a round construction: it is easier to control the position of the coil wires and to position the probe to a straight conductor.

The copper gutter was closed by soldering a copper strip between the two walls. The coil frame becomes a conductive 'pipe', surrounding the winding at a distance of at least 2 mm. It forms a ring, with a gap (Figure 2), to avoid a closed winding.

The coil frame provides the mechanical strength and is an electric shield, so that only the magnetic field is measured. One of the outgoing ends of the coil is connected to the coil frame and forms the reference. The second end carries the signal of the coil. This signal is amplified by an amplifier circuit, located in the handle of the probe.

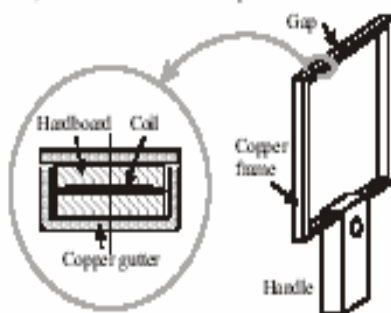


Figure 2. Section of the frame

The amplifier circuit

The handle is an 18 cm long, 8 cm wide box. It is properly shielded to avoid disturbance of the signal by electric fields [5]: the upper and lower hardboard plates of the box are made conductive by a nickel-based paint with a resistance of 0.7 Ω/cm. The conductivity of the plates is high enough to enable electric field shielding in the box, but their resistance is sufficient to limit the induced eddy currents. Below 10 MHz, the eddy currents don't cancel the field above the box and the change of the flux into the frame is negligible. Both plates are connected with the coil frame – the reference. This frame is connected with the reference of the amplifier circuit and the BNC-connector for the outgoing coaxial cable, through a low-impedance copper strip.

For the output in the amplifier circuit, several requirements are to be fulfilled: a sufficient *gain bandwidth product*, high *slew rate*, and a high *open loop voltage gain*. To obtain a high accuracy, the *input offset voltage*, *noise* and *distortion* should be low. Finally, *low power consumption* is required to guarantee long battery life. Concerning the battery sup-

ply, some compromise has been made. A 50 Ω output impedance results in excessive power consumption at high outputs. The probe has been designed for loads $\geq 1 \text{ M}\Omega$: a high impedance load in parallel to a maximum capacitance of 1 nF. This matches perfectly a few meter coax cable, connected to an oscilloscope or a multimeter. If a 50 Ω load has to be driven, an impedance reducing voltage follower can be used.

EQUIVALENT CIRCUIT

The coil

The equivalent circuit of the coil, shown in the chain of pi-schemes in Figure 3, is a LC-transmission line with magnetic coupling. It will be used to predict the frequency characteristic of the coil.

The copper coil frame is the reference. Between this frame and each turn of the coil, there is a capacitance. In case of a time-varying external induction B, a voltage is induced in the coil. As B also induces voltage in the frame, a voltage appears over the air gap. The coil windings start and end at the handle (at the bottom of the coil in Figure 2), while the air gap is on the top of the probe. The coil and the air gap are situated at opposite edges of the frame. The voltage between a turn and the frame in the first half of the turn, is different from the voltage in the second half. The difference is the voltage over one whole turn. To model this in the equivalent circuit, two capacitances per turn are needed. $C_{i,1}$ and $C_{i,2}$ are the capacitances between the frame and the first and second half of turn i , where i is 1, 2, ..., 16. There are also capacitances between adjacent coil turns. These capacitances can be neglected, as the voltage between two adjacent turns is small.

$L_{i,i}$ is the lumped stray inductance of turn i to turn $i+1$, and symbolises the field lines, only coupled with this turn. The major part of the field lines is coupled with all turns and the external field. $L_{i,i}$ is the self-inductance of turn i , symbolising these field lines. M_i is the mutual inductance between turn i and the external B-field. In Figure 3, the external B-field is modelled as a single-turn conductor, coupled with the coil.

The voltage induced in the shield was not modelled, as there is only a small voltage across a half turn. The end of the coil is short-circuited with the shield.

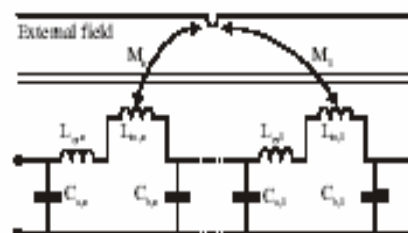


Figure 3. Model of the coil with distributed inductances and capacitances

Figure 3 symbolises the distributed character of the inductances and capacitances by modelling these components for

every turn. The two capacitors $C_{1(i)}$ and $C_{2(i)}$ can be joined in one capacitor C_i . The induced voltage over $L_{1(i)}$ can be modelled as a voltage source E_i in series with the inductance $L_{2(i)}$. Figure 4 shows the resulting scheme, with $L_{(i)}$ the total inductance of turn i : $L_{(i)} = L_{1(i)} + L_{2(i)}$.

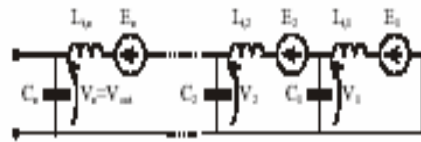


Figure 4. Model of the coil with voltage sources

The mutual coupling between the different turns and the external induction, is the same for every turn: the induced voltages E_i are equal. As $L_{1(i)} \ll L_{2(i)}$, and all $L_{2(i)}$ are the same, we can conclude that all $L_{(i)}$ are equal. With E the total induced voltage, and L the total inductance of the coil, we find

$$E_i = \frac{E}{n} \quad \text{and} \quad L_{(i)} = \frac{L}{n} \quad (1)$$

For low frequencies, the voltage over $L_{2(i)}$ is negligible, and the voltage V_i over the capacitors C_i is increasing linearly for increasing i : $V_i = \frac{i}{n} V_{out}$. The energy W_i , stored in the capacitor i , is a quadratic equation:

$$W_i = \frac{1}{2} C_i V_i^2 = \frac{1}{2} C_i \left(\frac{i}{n} V_{out} \right)^2$$

If all C_i are equal and given a value C/n , the total energy is:

$$W = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} C_i V_i^2 = \frac{C}{n} \frac{V_{out}^2}{2} \sum_{i=1}^n \frac{i^2}{n^2} = \frac{C V_{out}^2}{2} \frac{(n+1)(2n+1)}{6n^2}$$

For n sufficiently high, the energy W is approximately independent from n . We replace all C_i by one lumped capacitor C_{eq} placed instead of C_i at the output of Figure 4. W is unchanged if C_{eq} is chosen such that the energy in this capacitor is also W :

$$W = \frac{C V_{out}^2}{2} \frac{(n+1)(2n+1)}{6n^2} = \frac{C V_{out}^2}{6} = \frac{C_{eq} V_{out}^2}{2} \quad (2)$$

(1) and (2) show that we can create a lumped parameter model, by replacing the distributed $L_{(i)}$ by one lumped inductance L_0 and by replacing the distributed C_i by one lumped capacitor C_{eq} with value $C/3$.

With these simplifications, we obtain the second-order LC-network of Figure 5, where lumped components replace the distributed ones. It is usable only for frequencies sufficiently below the resonance frequency of capacitances C_i and stray inductances $L_{2(i)}$. The latter are small, compared to the mutual inductances. This resonance frequency is expected to be high and was measured to be about 8 MHz.

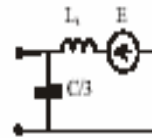


Figure 5. Model of the coil with lumped parameters

With a total coil inductance L_0 of 212.2 μH and a capacitance C of 331 pF in Figure 5, the resonance frequency of $\frac{1}{2\pi \sqrt{L_0 C/3}} = 1.245$ MHz is calculated. The resonance

frequency was measured to equal 1.235 MHz, which is close to the calculated one. Care has been taken to avoid effects of the oscilloscope probe capacitance.

The terminating impedance is chosen such to obtain a second order Butterworth characteristic. To obtain this maximally flat characteristic, the LC-network of Figure 5 should be terminated by $\frac{Z_T}{L} = 1.17$ k Ω , where $Z_T = \sqrt{\frac{3L}{C}}$. The real terminating impedance is 1 k Ω .

The amplifier circuit

According to Faraday's law, the coil output voltage for low frequencies equals $V_{out} = -dB/dt$, as the equivalent surface of the coil is 1 m^2 . To obtain B, integration is necessary. On a PCB (Printed Circuit Board), three integrating circuits with the basic model of Figure 6 have been implemented.

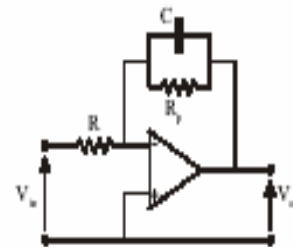


Figure 6. Integrating circuit

The amplification of the circuit is:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{1}{j\omega RC}, \quad \text{if } R_p \gg \frac{1}{\omega C} \quad (3)$$

With $R = 10$ k Ω , $C = 1$ nF, and R_p a high impedance resistor, we find for circuit 1 (Table 1): $V_{out} = -10^{-5} B$, or 1 V for 10 μT . The integrators in circuit 2 and 3 have the same R and capacitors C of respectively 10 nF and 100 nF. The sensitivities of these circuits are respectively 1V/100 μT and 1V/1nT, as shown in Table 1. R_p - in parallel to the capacitor C in Figure 6 - is a high impedance resistor, added to avoid incorrect results due to offset, and to limit the gain to a value below the open loop gain of the opamp. The cut-off frequency of the R_p - C -filter should be much lower than 50 Hz. The high resistor values, shown in Table 2, result in a cut-off frequency of 3.6 Hz for circuit 1 and 1.6 Hz for circuits 2 and 3 (Table 1).

As the induced voltage is generated by dB/dt , and not by B , a high frequency B-field is more harmful than a low frequency field with the same amplitude. Consequently, it is important to know the derivative of B . The PCB provides, besides the three integrators, also two proportional circuits, that amplify respectively 10 times and 1 time. The last circuit only provides a low-impedance output. The model of these circuits is the same as for the integrators (Figure 6), but the value of R_p is 100 k Ω respectively 10 k Ω , and C is some pF (Table 2). The choice of the capacitors will be explained in the section "Experiments".

Table 1 shows the sensitivities and the measurement ranges of all integrating and proportional circuits of the presented probe. The measurement range is given in the measured unit (T or V/m²). Actually, it is the amplifier output voltage, which is the limiting factor. The lower limit corresponds to 1 mV, about the lowest voltage measurable with sufficient accuracy. The upper limit is about 5 V rms, the maximum with 9 V-batteries.

At the input of the amplifier circuit, resistors have been added in parallel to the input (not shown on Figure 6), to change the input impedance of the circuit to 1 k Ω , required for the coil.

EXPERIMENTS

The coil

To obtain the transfer characteristic of the probe coil, a large excitation coil is used. The excitation coil has 1 square turn, a width of 95 cm and 5 μ H inductance. Its ends are connected to a function generator, in series with a 50 Ω resistor. A current in this excitation coil, generates the external magnetic field. The probe coil is put in the middle of the excitation coil, as illustrated in Figure 7. By measuring the voltage over the 50 Ω resistor, the current in the excitation coil is calculated. The magnetic flux through the probe coil is known by applying the law of Biot-Savart. The coil is terminated by the required impedance of 1 k Ω . By varying the frequency of the current in the excitation coil, and by measuring the output voltage of the probe coil, the Bode amplitude and phase plots of the probe coil transfer characteristic are determined.

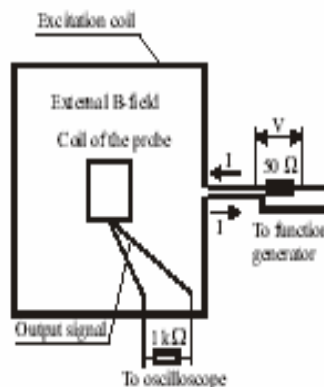


Figure 7. Determination of the transfer characteristic

The output voltage of the probe coil is proportional to dB/dt , and is shown in Figure 8 for an external B-field with constant amplitude of 98.1 nT, obtained by 80 mA in the excitation coil. The quotient of this curve and the frequency is the measured B-field. It is plotted in Figure 8, together with the theoretical characteristic. Both are relative to the applied external B-field. There has been a compensation for the effect of the 18 pF capacitance (small compared to 231 pF of the probe coil) of the x10 oscilloscope probe in parallel to the 1 k Ω resistor.

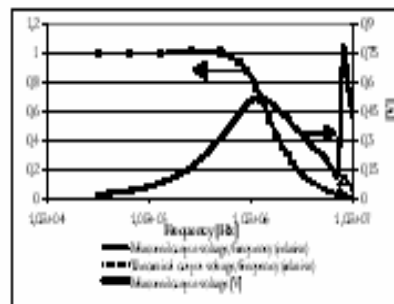


Figure 8. Transfer characteristic of the probe coil, terminated with 1 k Ω , for 98.1 nT

Error bars indicate two times the standard deviation on the measurements, caused by ambient fields. The deviation of the average from the theoretical curve is about 1 %. For high frequencies, the characteristic falls with 40 dB/decade, as expected for a second-order system. Parasitic effects between capacitances and stray inductances cause a resonance peak at 8 MHz. With a maximum error of 5 %, the characteristic is flat up to 700 kHz.

The amplifier circuit

Measurement results are given for the most sensitive integrating circuit (circuit 1). Results of the other integrators are similar. The characteristics are shown in Figure 9, for an input voltage V_{in} of 5 V.

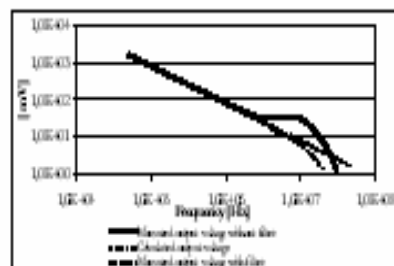


Figure 9. Output voltage of circuit 1 for 5 V input

For frequencies in the range 50 Hz – 1 MHz, the output voltage is very close to the theoretical voltage (3). Figure 9 shows a $1/f$ characteristic, typical for an integrator. The difference between the theoretical curve and the measured one, is less than 1 % in this relevant frequency range. Below 50 Hz, R_p and the limited opamp gain make the characteristic flat. Shortcomings of the applied opamp, such as

output impedance, cause errors above 1 MHz. This is compensated by adding to Figure 6 a second order low-pass filter at the input of the amplifier circuit (Figure 10), resulting in the dash-dot line in Figure 9. The filter has the same series resistance (10kΩ) as R_p in Figure 6.

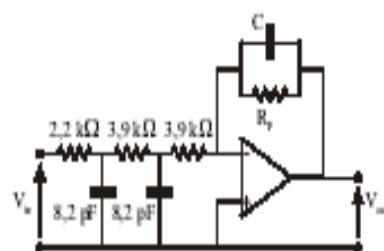


Figure 10. Integrating circuit with input filter

The dB/dt circuit with gain 1 (circuit 5) seems to have a resonance peak for high frequencies, due to phase shift in the opamp (Figure 11). To minimise this resonance, the phase has been modified by adding capacitors in parallel to the resistor in the feedback-loop. Again, the circuit of Figure 10 is obtained, this time with a resistor R_p of 10 kΩ and a capacitance C of 4.3 pF. Table 2 shows a summary of the used values for R_p and C.

Table 2. The values of R_p and C

Circuit	R _p	C
1	44 MΩ	1 nF
2	10 MΩ	10 nF
3	1 MΩ	100 nF
4	100 kΩ	1 pF
5	10 kΩ	4.3 pF

Together with the low-pass input filter, the maximum is reduced significantly to 25 % as shown in Figure 11. The cut-off frequency of R_p and C is 3.7 MHz. The dB/dt circuit with gain 10 (circuit 4) shows a similar behaviour.

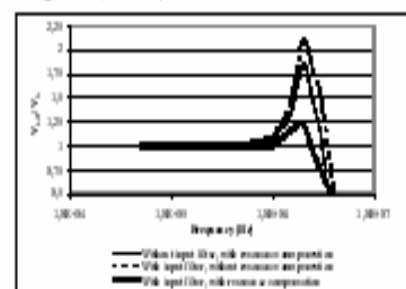


Figure 11. Transfer characteristic of dB/dt circuit 5

The probe

The characteristics of the probe – combination of coil and amplifier characteristics – are shown for circuit 1 in Figure 12. The external B-field was generated by sending 80 mA through the excitation coil. The average field in the probe coil, in the middle of the excitation coil, is then 98.1 nT, what should result in 9.81 mV. Two curves are shown in Figure 12: the measured characteristic, with error bars, and

the theoretical characteristic, both relative to the expected output voltage of 9.81 mV.

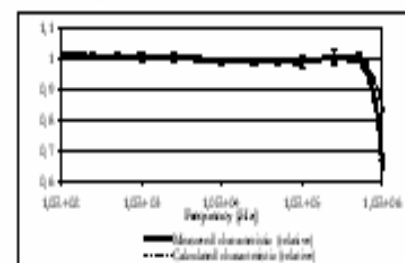


Figure 12. Transfer characteristic of the probe in circuit 1 for 98.1 nT

Note that Figure 12 illustrates the probe's accuracy in the case of a very weak field of almost 0.2 % of the full-scale input of the most sensitive measurement range. The maximum error is about 1 % up to 250 kHz, as compared to the theoretical model. The error bars of some tenths of a mV, are mainly due to noise fields of about 12 nT.

The dB/dt circuit 5 gives the characteristics shown in Figure 13 for an applied B of 98.1 nT. All characteristics are relative to the frequency-dependent value of dB/dt. Between 30 Hz and 250 kHz, the difference between model and experimental characteristic is less than 1 %.

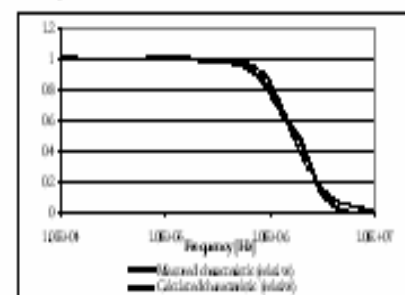


Figure 13. Transfer characteristic of the probe in circuit 5 for 98.1 nT

Concluding, the experimental characteristics of the probe show excellent correlation with the model.

PRACTICAL USE OF THE PROBE

In the time-domain

In many cases, the 50/60 Hz part of the magnetic field is dominant. The amplitude of this 50/60 Hz portion can be measured by using the probe with an integrating amplifier circuit in combination with a multimeter or an oscilloscope. If the field contains many frequencies, only the rms-value can be seen.

Figure 14 shows an ambient field, measured with circuit 1. The 50 Hz power frequency of 12 nT is clearly visible.

Selecting a dB/dt amplifier circuit gives an idea about the high frequencies in the field. It allows comparing emissions of similar equipment. Moreover, the suppression of low frequencies helps to enhance oscilloscope triggering.

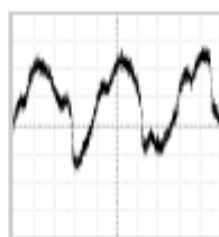


Figure 14. Snapshot of ambient field, with 10 mV/div and 1 mV/div

In the frequency domain

The spectrum between 50 Hz and 1 MHz can be measured using a spectrum analyzer. If the input impedance of the spectrum analyzer is 50 Ω , a voltage follower with high-impedance input has to be implemented, as the probe cannot drive a 50 Ω load. To obtain correct measurement results, a suitable antenna factor is necessary at high frequencies to compensate the transfer characteristic.

As a current probe

The probe can be used as current probe for a straight conductor. In cables, it measures the common-mode current, which is an important parameter in EMI studies [6]. It is possible to use the probe to track buried cables. The probe is to be held with the frame in the same plane as the conductor, at a known distance from the conductor. A square shape was preferred to a round one to facilitate the placement of the probe at a known distance from the conductor, which is necessary to obtain an accurate current measurement.

The magnetic field H and magnetic induction B at a distance x from a conductor, carrying a current i , is given by Ampere's law:

$$\int \vec{H} \cdot d\vec{l} = i \Rightarrow B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2 \cdot \pi \cdot x}$$

in case the material surrounding the cable has a relative magnetic permeability of 1. The probe is held near a cable, with the distance between the edge of the frame and the middle of the cable equal to a (Figure 15).

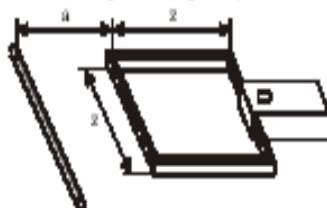


Figure 15 Use as current probe

The total flux through each turn of the probe coil with height and width z , is

$$\Phi = z \cdot \int_a^{a+z} \frac{\mu_0 \cdot i}{2 \cdot \pi \cdot x} dx = B_{\text{ave}} \cdot z^2 \quad (4)$$

The equivalent homogeneous B_{ave} field can be calculated. B_{ave} is an equivalent field, supposed to be uniform in the coil frame. B_{ave} generates the same flux in the coil as the non-uniform field, created by the current in the cable. The value of B_{ave} - and the output voltage of the probe - is influenced by the distance between cable and probe. Solving (4) gives a relationship between B_{ave} and i . With the $1V/10\mu T$ circuit (circuit 1), we find:

- for $a = 10,0$ cm: 100 mV for 1 A cable current
- for $a = 28,6$ cm: 50 mV for 1 A cable current
- for $a = 67,9$ cm: 25 mV for 1 A cable current

The accuracy of a current measurement is influenced by the presence of disturbing stray fields and the accuracy of the distance to the middle of the measured cable(s). The last item is important at the shortest distance. If the probe is brought very close to one of the conductors in the cable, then mainly the current through this conductor is measured. At large distance, mainly the common-mode part is measured.

CONCLUSION

A probe for magnetic induction B and dB/dt is presented. The probe has a wide frequency and amplitude range, and combines high sensitivity and accuracy. Construction principles, models, and experiments of this probe have been explained. The experimental characteristics show excellent correlation with the theoretical curves. Practical examples show that this probe is useful for the solving of EMC problems.

REFERENCES

- [1] Koponen, L. et al., *Electric and magnetic fields from electric power systems in environment*. 4th European Symp. on Electromagn. Comp., 2000, Brugge, Vol. 1, pp. 47-50.
- [2] Sjöblom, T. et al., *Comparison of multifrequency magnetic field sources with reference levels*. 4th European Symp. on Electromagn. Comp., 2000, Brugge, Vol. 1, pp. 167-170.
- [3] Zipse, D. W., *Health Effects of Extremely low-frequency (50- and 60-Hz) electric and magnetic fields*. IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 29, No. 2, pp. 447-458 (1993).
- [4] Gago, J., Balcells, J. and Gonzalez, D., *Low cost magnetic field probes for EMI diagnostic of PCBs*. 4th European Symp. on Electromagn. Comp., 2000, Brugge, Vol. 1, pp. 605-610.
- [5] Canobbì, C., Millanta, L. and Chiosi, L., *The high-frequency behaviour of the shield in the magnetic-field probes*. IEEE Int. Symp. on Electromagn. Comp., 2000, Washington D.C., Vol. 1, pp. 35-40.
- [6] Nagel, A. and De Doncker, R.W., *Separating common mode and differential mode noise in EMI measurement*. EPE Journal, Vol. 10, No. 2, pp. 27-30 (2000).

ANEXO 3

```

; UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
; FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
; ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA
; PROGRAMA QUE TOMA EL REGISTRO DE LOS DIAS EN QUE POR LO MENOS SE HA
ESCUCHADO UN RAYO
;
; *****
; CONFIGURACION DE PUERTOS Y DECLARACION DE VARIABLES
; *****
;
BIN EQU 0X20; POSICION DE MEMORIA PARA CONVERCION ASCCI
dato EQU 0X21; DATO LEIDO O ESCRITO EN RTC
DRTC EQU 0X22; DATO HACIA EL RTC
CONTA EQU 0X23; CONTADOR DE DATOS ALMACENADOS EN MEMORIA
CDIAS EQU 0X24; CONTADOR DE DIAS CON RAYO
DATO2 EQU 0X25; CONTADOR PARA SUBRUUTINA ASSCIID
UMBRA EQU 0X26; DATO DEL UMBRAL
ORG 0X00; VECTOR RESET
GOTO INICIO
ORG 0X00; VECTOR DE INTERRUPCION

INICIO CLRF PORTB; LIMPIO TODOS LOS PUERTOS A UTILIZAR
CLRF PORTD
CLRF PORTC
CLRF PORTA
bsf STATUS,RP0
bcf STATUS,RP1 ;BANCO 1
;bcf trisd,2; SALIDA CS PARA CONVERTOR AD7821
bcf TRISC,0; SALIDA RD PARA CONVERTOR AD7821
BCF TRISC,1; SALIDA R/W HACIA EL RTC
BCF TRISC,2; INDICADOR DE UNBRAL SUPERADO
bCf TRISC,3; SALIDA AS HACIA EL RTC
BCF TRISC,4; SALIDA DS HACIA EL RTC
BCF TRISC,5; SALIDA PS HACIA EL RTC
movlw 0xFF
movwf TRISB; PUERTO B COMO ENTRADAS DIGITALES
movlw 0x00; RAO ENTRADA
movwf TRISA
BSF TRISA,4
MOVLW 0x19
MOVWF SPBRG ;PARA COMUNICACION A 9600 BAUDIOS
BCF TRISC,6 ;CONFIGURACION DE PINES RX Y TX
BSF TRISC,7
MOVLW 0x24 ;INICIO DE TRANSMISION
MOVWF TXSTA
BCF STATUS,RP0
MOVLW 0x90
MOVWF RCSTA ;RECEPCION EN MODO ESCUCHA
bcf portC,5; PS A CERO PARA ESPERAR ESTABILIZACION DE ALIMENTACION
BSF PORTC,5
goto main
; *****
; ***** MENU *****
; *****
menu0 call dir; PREPARO EL PUERTO D PARA HACER UNA LECTURA DE UNA
DIRECCION DEL RTC
movlw 0x0A; LECTURA DEL REGISTRO A PARA VER SI HAY ACTUALIZACION EN
PROGRESO DE RTC

```

```

MOVWF PORTD
CALL LECTURA; LLAMO A SUBROUTINA DE LECTURA DE RTC
MOVF DATO,W
UIP BTFSC DATO,7 ; VERIFICA SI HAY ACTUALIZACION
GOTO UIP
CALL DIR ; SE PREPARA LA DIRECCION A LEER
MOVLW 0X04; DIRECCION DE REGISTRO DE HORAS
MOVWF PORTD
CALL LECTURA ; LECTURA DEL REGISTRO DE HORAS
MOVF dato,W
andlw 0x7f; ELIMINO EL ULTIMO BIT QUE INDICA AM Y PM
CALL ASCII
CALL DOTS
call dir
movlw 0x0A ;LECTURA DEL REGISTRO A PARA VER SI HAY ACTUALIZACION EN
PROGRESO DE RTC
MOVWF PORTD
CALL LECTURA
MOVF DATO,W
UIP1 BTFSC DATO,7 ; VERIFICA SI HAY ACTUALIZACION
GOTO UIP1
CALL DIR ; SE PREPARA LA DIRECCION A LEER
MOVLW 0X02; DIRECCION DE REGISTRO DE MINUTOS
MOVWF PORTD
CALL LECTURA ; LECTURA DEL REGISTRO DE MINUTOS
MOVF dato,W
andlw 0x7f; ELIMINO EL ULTIMO BIT QUE INDICA AM Y PM
CALL ASCII
CALL DOTS
call dir
movlw 0x0A ;LECTURA DEL REGISTRO A PARA VER SI HAY ACTUALIZACION EN
PROGRESO DE RTC
MOVWF PORTD
CALL LECTURA
MOVF DATO,W
UIP2 BTFSC DATO,7 ; VERIFICA SI HAY ACTUALIZACION
GOTO UIP2
CALL DIR ; SE PREPARA LA DIRECCION A LEER
MOVLW 0X00; DIRECCION DE REGISTRO DE SEGUNDOS
MOVWF PORTD
CALL LECTURA ; LECTURA DEL REGISTRO DE SEGUNDOS
MOVF dato,W
andlw 0x7f; ELIMINO EL ULTIMO BIT QUE INDICA AM Y PM
CALL ASCII
movlw 0x20; ENVIO UN ESPACIO
call send1
CALL DIR ; SE PREPARA LA DIRECCION A LEER EL REGISTRO 04 PARA VER SI
ES PM O AM
MOVLW 0X04;
MOVWF PORTD
CALL LECTURA
MOVF DATO,W
ANDLW 0X80
BTFSC STATUS,2
GOTO ESAM0
movlw 0x50
GOTO ESPM0
ESAM0 MOVLW 0X41
ESPM0 call send1; ENVIO SI ES AM O PM
movlw 0x4d
call send1
CALL NUL
CALL NUL
call dir

```

```

        movlw 0x0A ;LECTURA DEL REGISTRO A PARA VER SI HAY ACTUALIZACION EN
PROGRESO DE RTC
        MOVWF PORTD
        CALL LECTURA
        MOVF DATO,W
UIP3   BTFSF DATO,7 ; VERIFICA SI HAY ACTUALIZACION
        GOTO UIP3
        CALL DIR
        MOVLW 0X07; DIRECCION DE REGISTRO DE DIAS
        MOVWF PORTD
        CALL LECTURA
        MOVF dato,W
        CALL ASCII
        MOVLW 0X2F
        CALL SEND1; ENVIO UNA PLICA
        call dir
        movlw 0x0A ;LECTURA DEL REGISTRO A PARA VER SI HAY ACTUALIZACION EN
PROGRESO DE RTC
        MOVWF PORTD
        CALL LECTURA
        MOVF DATO,W
UIP4   BTFSF DATO,7 ; VERIFICA SI HAY ACTUALIZACION
        GOTO UIP4
        CALL DIR
        MOVLW 0X08; DIRECCION DE REGISTRO MES
        MOVWF PORTD
        CALL LECTURA
        MOVF dato,W
        CALL ASCII
        MOVLW 0X2F
        CALL SEND1; ENVIO UNA PLICA
        call dir
        movlw 0x0A ;LECTURA DEL REGISTRO A PARA VER SI HAY ACTUALIZACION EN
PROGRESO DE RTC
        MOVWF PORTD
        CALL LECTURA
        MOVF DATO,W
UIP5   BTFSF DATO,7; VERIFICA SI HAY ACTUALIZACION
        GOTO UIP5
        CALL DIR
        MOVLW 0X09; DIRECCION DE REGISTRO DE AÑOS
        MOVWF PORTD
        CALL LECTURA
        MOVF dato,W
        CALL ASCII
        CALL RECAR
        CALL RECAR
        MOVLW 0X53;SET UMBRAL
        CALL SEND1
        movlw 0x45
        CALL SEND1
        MOVLW 0X54
        CALL SEND1
        movlw 0x20
        CALL SEND1
        MOVLW 0X55
        CALL SEND1
        movlw 0x4D
        CALL SEND1
        MOVLW 0X42
        CALL SEND1
        movlw 0x52
        CALL SEND1
        MOVLW 0X41

```

```

CALL SEND1
movlw 0x4C
CALL SEND1
MOVLW 0x3E
CALL SEND1
movlw 0x3E
CALL SEND1
MOVLW 0x30
CALL SEND1
CALL RECAR
movlw 0x41; ACTUALIZAR RELOG
call send1
movlw 0x43
call send1
movlw 0x54
call send1
movlw 0x55
call send1
movlw 0x41
call send1
movlw 0x4C
call send1
movlw 0x49
call send1
movlw 0x5A
call send1
movlw 0x41
call send1
movlw 0x52
call send1
movlw 0x20
call send1
movlw 0x52
call send1
movlw 0x45
call send1
movlw 0x4C
call send1
movlw 0x4F
call send1
movlw 0x4A
call send1
movlw 0x3E
call send1
movlw 0x31
call send1
MOVLW 0x0D
CALL SEND1
movlw 0x41; ACTUALIZAR FECHA
call send1
movlw 0x43
call send1
movlw 0x54
call send1
movlw 0x55
call send1
movlw 0x41
call send1
movlw 0x4C
call send1
movlw 0x49
call send1
movlw 0x5A
call send1

```

```

movlw 0x41
call send1
movlw 0x52
call send1
movlw 0x20
call send1
movlw 0x46
call send1
movlw 0x45
call send1
movlw 0x43
call send1
movlw 0x48
call send1
movlw 0x41
call send1
movlw 0x3E
call send1
movlw 0x32
call send1
movlw 0x0D
CALL SEND1
movlw 0x44 ;DESCARGAR DATOS
call send1
movlw 0x45
call send1
movlw 0x53
call send1
movlw 0x43
call send1
movlw 0x41
call send1
movlw 0x52
call send1
movlw 0x47
call send1
movlw 0x41
call send1
movlw 0x52
call send1
movlw 0x20
call send1
movlw 0x44
call send1
movlw 0x41
call send1
movlw 0x54
call send1
movlw 0x4F
call send1
movlw 0x53
call send1
movlw 0x3E
call send1
movlw 0x33
call send1
movlw 0x0D
call send1
movlw 0x4C; LIMPIAR MEMORIA
call send1
movlw 0x49
call send1
movlw 0x4D
call send1

```

```

movlw 0x50
call send1
movlw 0x49
call send1
movlw 0x41
call send1
movlw 0x52
call send1
movlw 0x20
call send1
movlw 0x4d
call send1
movlw 0x45
call send1
movlw 0x4d
call send1
movlw 0x4F
call send1
movlw 0x52
call send1
movlw 0x49
call send1
movlw 0x41
call send1
movlw 0x3E
call send1
movlw 0x34
call send1
movlw 0x0D
call send1

movlw 0x53
call send1
movlw 0x41
call send1
movlw 0x4c
call send1
movlw 0x49
call send1
movlw 0x52
call send1
movlw 0x3e
call send1
movlw 0x35
call send1
movlw 0x0d
call send1
movlw 0x0d
call send1
menu movlw 0x3e
      movlw 0x3e
      call send1
      CALL RCV0; ESPERO LA SELECCION DEL MENU
      call send1
      sublw 0x31 ; actualizar relog?
      btfsc status,2
      goto relog
      movf rcreg,w
      sublw 0x32 ;actualizar fecha
      btfsc status,2
      goto DATINVF
      movf rcreg,w
      sublw 0x33 ; descargar datos?
      btfsc status,2

```

```

goto dload
movf rcreg,w
sublw 0x34 ;limpiar memoria?
btfsc status,2
goto ERAMEM
movf rcreg,w
sublw 0x30 ; actualizar el umbral?
btfsc status,2
GOTO UMBRAL
movf rcreg,w
sublw 0x35; salir?
btfsc status,2
CALL RECAR
CALL RECAR
CALL RECAR
return
movlw 0x0d
call send1

goto menu

```

```

;*****
;*****INICIALIZAE RELOG*****
;*****
relog movlw 0x0d
call send1
movlw 0x52
call send1
movlw 0x45
call send1
movlw 0x4c
call send1
movlw 0x4f
call send1
movlw 0x4a
call send1
movlw 0x3e
call send1
movlw 0x3e
call send1
MOVLW 0x20
CALL SEND1
MOVLW 0x41
CALL SEND1
MOVLW 0x4D
CALL SEND1
MOVLW 0x3D
CALL SEND1
MOVLW 0x31
CALL SEND1
movlw 0x20
call send1
MOVLW 0x50
CALL SEND1
MOVLW 0x4D
CALL SEND1
MOVLW 0x3D
CALL SEND1
MOVLW 0x32
CALL SEND1
MOVLW 0x3E
CALL SEND1

```



```

        MOVLW 0X3E
        CALL SEND1
AMPM   movlw 0x00; SELECCION DE AM O PM EN LA HORA A INTRODUCIR
        movwf bin
        CALL RCVO; RECIBO DATO DE SELECCION DE AM=1 Y PM=2
        MOVLW 0X31
        SUBWF RCREG,0; COMPARO SI ES AM
        BTFSC STATUS,2
        GOTO BIN1
        MOVLW 0X32;COMPARO SI ES PM
        SUBWF RCREG,0
        BTFSS STATUS,2
        GOTO AMPM
        movlw 0x80
        MOVWF BIN
        GOTO AMPM1
BIN1   MOVF RCREG,0; ENVIO DATO A LA TERMINAL
        CALL SEND1
        MOVLW 0X00
        GOTO AM
AMPM1  MOVWF BIN
        MOVF RCREG,0
        CALL SEND1
AM     MOVLW 0X0D
        CALL SEND1
        movlw 0x52
        call send1
        movlw 0x45
        call send1
        movlw 0x4c
        call send1
        movlw 0x4f
        call send1
        movlw 0x4a
        call send1
        movlw 0x3e
        call send1
        movlw 0x3e
        call send1
        MOVLW 0X2F; DATO HACIA REGISTRO A DE RTC
        MOVWF DRTC
        CALL DIR
        MOVLW 0X0A; DIERECCION DEL REGISTRO A DE RTC
        MOVWF PORTD
        bcf STATUS,RP0 ;banco 0
        BCF PORTC,1; R/W PUESTO EN 1 QUE INDICA ESCRITURA
        BSF PORTC,3; AS ESPUESTO A 1
        bcf portc,3
        MOVF DRTC,W
        MOVWF PORTD
        BSF PORTC,4; DS ES PUESTO EN 1
        BCF PORTC,4; DS ES PUESTO EN 0
        MOVLW 0X84; DATO HACIA REGISTRO B DE RTC
        MOVWF DRTC
        CALL DIR
        MOVLW 0X0B; DIRECCION DEL REGISTRO B DE RTC
        MOVWF PORTD
        bcf STATUS,RP0 ;banco 0
        BCF PORTC,1; R/W PUESTO EN 1 QUE INDICA ESCRITURA
        BSF PORTC,3; AS ESPUESTO A 1
        bcf portc,3
        MOVF DRTC,W
        MOVWF PORTD
        BSF PORTC,4; DS ES PUESTO EN 1

```

```

BCF PORTC,4; DS ES PUESTO EN 0
DATOINV CALL RCV0; espero dato digitado PARA LAS HORAS
MOVWF DRTC; GUARDO EL DATO RECIBIDO EN DRTC
sublw 0x2F ;si es menor que cero pido el dato nuevamente
btfsc status,0
goto DATOINV
MOVF RCREG,W
sublw 0x31 ;si es mayor que dos pido el dato nuevamente
btfss status,0
goto DATOINV
movf DRTC,0
call send1 ; envio a pantalla el numero digitado
MOVLW 0x30 ;
SUBWF DRTC,1 ; RESTO EL DATO RECIBIDO - 30 para que me queden solo
las unidades y el resultado a drtc
SWAPF DRTC,1 ; traslado las unidades a decenas
movf rcreg,w
sublw 0x31; comparo si el primer dato es 1 para discriminar el
siguiente dato
;entre 1 Y 2 solamente introducir 11 o 12
btfsc status,2
goto DATOINV2
DATOINV1 CALL RCV0 ;espero otro dato
sublw 0x2F ; pruebo si es menor que cero
btfsc status,0
goto DATOINV1
MOVF RCREG,W
sublw 0x39 ; pruebo si es mayor que nueve
btfss status,0
goto DATOINV1
movf rcreg,w ; envio dato valido a pantalla
CALL SEND1
MOVLW 0x30
subwf rcreg,0 ; resto el dato recibido - 30 para que me queden las
unidades
addwf drtc,1; sumo las decenas mas las unidades y el resultado a
drtc que ya son las horas
MOVF DRTC,0; DATO HACIA REGISTRO HORAS DE RTC
goto SENHORAS
DATOINV2 CALL RCV0 ;espero otro dato
sublw 0x2F ; pruebo si es menor que cero
btfsc status,0
goto DATOINV2
MOVF RCREG,W
sublw 0x32 ; pruebo si es mayor que dos
btfss status,0
goto DATOINV2
movf rcreg,w ; enviodata valido a pantalla
CALL SEND1
movlw 0x30
subwf rcreg,0 ; resto el dato recibido - 30 para que me queden las
unidades
addwf drtc,1; sumo las decenas mas las unidades y el resultado a
drtc que ya son las horas
MOVf DRTC,0; DATO HACIA REGISTRO HORAS DE RTC
SENHORAS CALL ASCIID; CONVERSION DEL DATO EN DRTC EN DECIMAL A HEXADECIMAL
MOVF BIN,0
ADDWF DRTC,1
CALL DIR
MOVLW 0x04; DIRECCION DE LAS HORAS DE RTC
MOVWF PORTD
CALL ESCRI; ENVIO DATO A REGISTRO DE HORAS
movlw 0x3a
call SEND1

```

```

DATINVM CALL RCVO ;espero dado digitado PARA LOS MINUTOS
MOVWF DRTC ; GUARDO EL DATO RECIBIDO EN DRTC
sublw 0x2F ;si es menor que cero pido el dato nuevamente
btfsc status,0
goto DATINVM
MOVF RCREG,W
sublw 0x35 ;se es mayor que dos pido el dato nuevamente
btfss status,0
goto DATINVM
movf DRTC,0
call send1 ; envio a pantalla el numero digitado
MOVLW 0x30 ;
SUBWF DRTC,1 ; RESTO EL DATO RECIBIDO - 30 para que me queden solo
las unidades y el resultado a drtc
SWAPF DRTC,1 ; traslado las unidades a decenas
DATINVM2 CALL RCVO ;espero SEGUNDO DATO DIGITADO PARA MINUTOS
;MOVWF DRTC ; GUARDO EL DATO RECIBIDO EN DRTC
sublw 0x2F ;si es menor que cero pido el dato nuevamente
btfsc status,0
goto DATINVM2
MOVF RCREG,W
sublw 0x39 ;se es mayor que NUEVE pido el dato nuevamente
btfss status,0
goto DATINVM2
movf DRTC,0
MOVLW 0x30
subwf rcreg,0 ; resto el dato recibido - 30 para que me queden las
unidades
addwf drtc,1; sumo las decenas mas las unidades y el resultado a
drtc que ya son las horas
MOVF DRTC,0; DATO HACIA REGISTRO MINUTOS DE RTC
movf rcreg,w
call send1
CALL ASCIIID; CONVERSION DEL DATO DRTC EN DECIMAL A HEXADECIMAL
CALL DIR
MOVLW 0X02; DIRECCION DEL REGISTRO DE MINUTOS DE RTC
MOVWF PORTD
CALL ESCRI
movlw 0x0d
call send1
MOVLW 0X04; DATO HACIA REGISTRO B DE RTC
MOVWF DRTC
CALL DIR
MOVLW 0X0B; DIRECCION DEL REGISTRO B DE RTC
MOVWF PORTD
CALL ESCRI
goto menu

DATINVF movlw 0x0d
call send1
MOVLW 0X2F; DATO HACIA REGISTRO A DE RTC
MOVWF DRTC
CALL DIR
MOVLW 0X0A; DIRECCION DEL REGISTRO A DE RTC
MOVWF PORTD
CALL ESCRI
MOVLW 0X84; DATO HACIA REGISTRO B DE RTC
MOVWF DRTC
CALL DIR
MOVLW 0X0B; DIRECCION DEL REGISTRO B DE RTC
MOVWF PORTD
CALL ESCRI

```

```

movlw 0x46 ;obtencion de datos para fecha
call send1
movlw 0x45
call send1
movlw 0x43
call send1
movlw 0x48
call send1
movlw 0x41
call send1
movlw 0x3e
call send1
movlw 0x3e
call send1
datinvf0 CALL RCV0; espero dado digitado PARA LOS DIAS
MOVWF DRTC ; GUARDO EL DATO RECIBIDO EN DRTC
sublw 0x2F ;si es menor que cero pido el dato nuevamente
btfsc status,0
goto DATINVf0
MOVF RCREG,W
sublw 0x33 ;se es mayor que TRES pido el dato nuevamente
btfss status,0
goto DATINVf0
movf DRTC,0
call send1 ; envio a pantalla el numero digitado
MOVLW 0x30 ;
SUBWF DRTC,1 ; RESTO EL DATO RECIBIDO - 30 para que me queden solo
las unidades y el resultado a drtc
SWAPF DRTC,1 ; traslado las unidades a decenas
MOVF RCREG,W
SUBLW 0x33;PRUEBO SI EL NUMERO DIGITADO ES 3 PARA DISCRIMINAR QUE EL
SIGUIENTE DATO SEA 1
; Y SOLAMENTE PODER DIGITAR 30 0 31
BTFSC STATUS,2
GOTO CEROUNO
DATINVf2 CALL RCV0 ; espero SEGUNDO DATO DIGITADO PARA MINUTOS
sublw 0x2F ;si es menor que cero pido el dato nuevamente
btfsc status,0
goto DATINVf2
MOVF RCREG,W
sublw 0x39 ;se es mayor que NUEVE pido el dato nuevamente
btfss status,0
goto DATINVf2
movf DRTC,0
MOVLW 0x30
subwf rcreg,0 ; resto el dato recibido - 30 para que me queden las
unidades
addwf drtc,1; sumo las decenas mas las unidades y el resultado a
drtc que ya son las horas
MOVF DRTC,0; DATO HACIA REGISTRO # DE DIAS DEL MES DE RTC
movf rcreg,w
call send1
GOTO SENDIAS
CEROUNO CALL RCV0 ; espero SEGUNDO DATO DIGITADO PARA MINUTOS
;MOVWF DRTC ; GUARDO EL DATO RECIBIDO EN DRTC
sublw 0x2F ;si es menor que cero pido el dato nuevamente
btfsc status,0
goto cerouno
MOVF RCREG,W
sublw 0x31 ;se es mayor que uno pido el dato nuevamente
btfss status,0
goto cerouno
MOVLW 0x30

```

```

        subwf rcreg,0 ; resto el dato recibido - 30 para que me queden las
unidades
        addwf drtc,1; sumo las decenas mas las unidades y el resultado a
dtrc que ya son las horas
        MOVF DRTC,0; DATO HACIA REGISTRO # DE DIAS DEL MES DE RTC
        movf rcreg,w
        call send1
SENDIAS CALL ASCIIID; CONVERCION DE DATO EN DTRC DECIMAL A HEXA
        CALL DIR
        MOVLW 0X07; DIRECCION DEL REGISTRO B DE RTC
        MOVWF PORTD
        CALL ESCRI
        MOVLW 0X2F; ENBIO UNA PLICA
        CALL SEND1
DATINVMS CALL RCVO ;espero dado digitado PARA EL MES
        MOVWF DRTC ; GUARDO EL DATO RECIBIDO EN DRTC
        sublw 0x2F ;si es menor que cero pido el dato nuevamente
        btfsc status,0
        goto DATINVMS
        MOVF RCREG,W
        sublw 0x31 ;sI es mayor que uno pido el dato nuevamente
        btfss status,0
        goto DATINVMS
        movf DRTC,0
        call send1 ; envio a pantalla el numero digitado
        MOVLW 0x30 ;
        SUBWF DRTC,1 ; RESTO EL DATO RECIBIDO - 30 para que me queden solo
las unidades y el resultado a drtc
        SWAPF DRTC,1 ; traslado las unidades a decenas
        movf rcreg,w
        sublw 0x31; pruebo si es 1 para discriminar si es el mes 10,11 o 12
        btfsc status,2
        goto DINVM2
DATINVM1 CALL RCVO ;espero otro dato
        sublw 0x2F ; pruebo si es menor que sero
        btfsc status,0
        goto DATINVM1
        MOVF RCREG,W
        sublw 0x39 ; pruebo si es mayor que nueve
        btfss status,0
        goto DATINVM1
        movf rcreg,w ; envio dato valido a pantalla
        CALL SEND1
        MOVLW 0x30
        subwf rcreg,0 ; resto el dato recibido - 30 para que me queden las
unidades
        addwf drtc,1; sumo las decenas mas las unidades y el resultado a
dtrc que ya son las horas
        MOVF DRTC,0; DATO HACIA REGISTRO HORAS DE RTC
        GOTO SENDMES
DINVM2 CALL RCVO ;espero otro dato
        sublw 0x2F ; pruebo si es menor que sero
        btfsc status,0
        goto DINVM2
        MOVF RCREG,W
        sublw 0x32 ; pruebo si es mayor que dos
        btfss status,0
        goto DINVM2
        movf rcreg,w ; envio dato valido a pantalla
        CALL SEND1
        movlw 0x30
        subwf rcreg,0 ; resto el dato recibido - 30 para que me queden las
unidades

```

```

    addwf drtc,1; sumo las decenas mas las unidades y el resultado a
dtrc que ya son las horas
    MOVf DRTC,0; DATO HACIA REGISTRO HORAS DE RTC
SENDMES    CALL  ASCIID; convercion de dato en DTRC DECIMAL A HEXA
    CALL DIR
    MOVLW 0X08; DIRECCION DEL REGISTRO B DE RTC
    MOVWF PORTD
    CALL  ESCRI
    MOVLW 0X2F; ENBIO UNA PLICA
    CALL  SEND1
DATOINVA  CALL RCVO; espero dado digitado PARA LOS AÑOS
    MOVWF DRTC; GUARDO EL DATO RECIBIDO EN DRTC
    sublw 0x2F ;si es menor que cero pido el dato nuevamente
    btfsc status,0
    goto  DATOINVA
    MOVF  RCREG,W
    sublw 0x39; se esmayor que dos pido el dato nuevamente
    btfss status,0
    goto  DATOINVA
    movf  DRTC,0
    call  send1 ; envio a pantalla el numero digitado
    MOVLW 0x30 ;
    SUBWF DRTC,1 ; RESTO EL DATO RECIBIDO - 30 para que me queden solo
las unidades y el resultado a drtc
    SWAPF DRTC,1 ; traslado las unidades a decenas
    movf  rcreg,w
DATOINVA1 CALL RCVO ;espero otro dato
    sublw 0x2F ; pruebo si es menor que sero
    btfsc status,0
    goto  DATOINVA1
    MOVF  RCREG,W
    sublw 0x39 ; pruebo si es mayor que nueve
    btfss status,0
    goto  DATOINVA1
    movf  rcreg,w ; envio dato valido a pantalla
    CALL SEND1
    MOVLW 0x30
    subwf rcreg,0 ; resto el dato recibido - 30 para que me queden las
unidades
    addwf drtc,1; sumo las decenas mas las unidades y el resultado a
dtrc que ya son las horas
    MOVF  DRTC,0; DATO HACIA REGISTRO HORAS DE RTC
    CALL  ASCIID; CONVERCION DEL DATO EN DTRC DECIMAL A HEXA
    CALL DIR
    MOVLW 0X09; DIRECCION DEL REGISTRO B DE RTC
    MOVWF PORTD
    CALL  ESCRI
    MOVLW 0X24; DATO HACIA REGISTRO B DE RTC
    MOVWF DRTC
    CALL DIR
    MOVLW 0X0B; DIRECCION DEL REGISTRO B DE RTC
    MOVWF PORTD
    CALL  ESCRI
    call  RECAR
    goto  menu

;*****
;
; PROGRAMAS PRINCIPALES
;*****

main  MOVLW 0X14; CONFIGURACION DEL UNBRAL POR DEFECTO( 390mv)
    MOVWF UMBRA
    movlw 0x00; contador de dias a cero
    movwf cdias

```

```

MOVLW 0X2F; DATO HACIA REGISTRO A DE RTC
MOVWF DRTC
CALL DIR
MOVLW 0X0A; DIRECCION DEL REGISTRO A DE RTC
MOVWF PORTD
;CALL ESCRI
bcf STATUS,RP0 ;banco 0
BCF PORTC,1; R/W PUESTO EN 1 QUE INDICA ESCRITURA
BSF PORTC,3; AS ESPUESTO A 1
nop
bcf portc,3
;BCF PORTC,3;SALIDA AS ES PUESTA A 0 PARA ATRAPAR DIRECCION
;bcf STATUS,RP0 ;Banco 0
MOVF DRTC,W
;call ASCIID
MOVWF PORTD
BSF PORTC,4; DS ES PUESTO EN 1
nop
BCF PORTC,4; DS ES PUESTO EN 0

```

```

MOVLW 0XA4; DATO HACIA REGISTRO B DE RTC
MOVWF DRTC
CALL DIR
MOVLW 0X0B; DIRECCION DEL REGISTRO B DE RTC
MOVWF PORTD
;CALL ESCRI
bcf STATUS,RP0 ;banco 0
BCF PORTC,1; R/W PUESTO EN 1 QUE INDICA ESCRITURA
BSF PORTC,3; AS ESPUESTO A 1
nop
bcf portc,3
;BCF PORTC,3;SALIDA AS ES PUESTA A 0 PARA ATRAPAR DIRECCION
;bcf STATUS,RP0 ;Banco 0
MOVF DRTC,W
;call ASCIID
MOVWF PORTD
BSF PORTC,4; DS ES PUESTO EN 1
nop
BCF PORTC,4; DS ES PUESTO EN 0
;set reloj y fecha por defecto 01:00 AM 01/01/00
MOVLW 0X00; DATO HACIA REGISTRO SEGUNDOS DE RTC
MOVWF DRTC
CALL DIR
MOVLW 0X00; DIRECCION DEL REGISTRO SEGUNDOS DE RTC
MOVWF PORTD
bcf STATUS,RP0 ;banco 0
BCF PORTC,1; R/W PUESTO EN 1 QUE INDICA ESCRITURA
BSF PORTC,3; AS ESPUESTO A 1
nop
bcf portc,3
MOVF DRTC,W
MOVWF PORTD
BSF PORTC,4; DS ES PUESTO EN 1
nop
BCF PORTC,4; DS ES PUESTO EN 0
MOVLW 0X00; DATO HACIA REGISTRO MINUTOS DE RTC
MOVWF DRTC
CALL DIR
MOVLW 0X02; DIRECCION DEL REGISTRO MINUTOS DE RTC
MOVWF PORTD
bcf STATUS,RP0 ;banco 0
BCF PORTC,1; R/W PUESTO EN 1 QUE INDICA ESCRITURA
BSF PORTC,3; AS ESPUESTO A 1

```

```

nop
bcf   portc,3
MOVF  DRTC,W
MOVWF PORTD
BSF   PORTC,4; DS ES PUESTO EN 1
nop
BCF   PORTC,4; DS ES PUESTO EN 0
MOVLW 0X01; DATO HACIA REGISTRO HORAS DE RTC
MOVWF  DRTC
CALL  DIR
MOVLW 0X04; DIRECCION DEL REGISTRO HORAS DE RTC
MOVWF  PORTD
bcf   STATUS,RP0 ;banco 0
BCF   PORTC,1; R/W PUESTO EN 1 QUE INDICA ESCRITURA
BSF   PORTC,3; AS ESPUESTO A 1
nop
bcf   portc,3
MOVF  DRTC,W
MOVWF PORTD
BSF   PORTC,4; DS ES PUESTO EN 1
nop
BCF   PORTC,4; DS ES PUESTO EN 0
MOVLW 0X01; DATO HACIA REGISTRO DIA DEL MES DE RTC
MOVWF  DRTC
CALL  DIR
MOVLW 0X07; DIRECCION DEL REGISTRO DIA DEL MES DE RTC
MOVWF  PORTD
bcf   STATUS,RP0 ;banco 0
BCF   PORTC,1; R/W PUESTO EN 1 QUE INDICA ESCRITURA
BSF   PORTC,3; AS ESPUESTO A 1
nop
bcf   portc,3
MOVF  DRTC,W
MOVWF PORTD
BSF   PORTC,4; DS ES PUESTO EN 1
nop
BCF   PORTC,4; DS ES PUESTO EN 0
MOVLW 0X01; DATO HACIA REGISTRO MES DE RTC
MOVWF  DRTC
CALL  DIR
MOVLW 0X08; DIRECCION DEL REGISTRO MES DE RTC
MOVWF  PORTD
bcf   STATUS,RP0 ;banco 0
BCF   PORTC,1; R/W PUESTO EN 1 QUE INDICA ESCRITURA
BSF   PORTC,3; AS ESPUESTO A 1
nop
bcf   portc,3
MOVF  DRTC,W
MOVWF PORTD
BSF   PORTC,4; DS ES PUESTO EN 1
nop
BCF   PORTC,4; DS ES PUESTO EN 0
MOVLW 0X00; DATO HACIA REGISTRO AÑOS DE RTC
MOVWF  DRTC
CALL  DIR
MOVLW 0X09; DIRECCION DEL REGISTRO AÑOS DE RTC
MOVWF  PORTD
bcf   STATUS,RP0 ;banco 0
BCF   PORTC,1; R/W PUESTO EN 1 QUE INDICA ESCRITURA
BSF   PORTC,3; AS ESPUESTO A 1
nop
bcf   portc,3
MOVF  DRTC,W
MOVWF PORTD

```



```

BSF   PORTC,4; DS ES PUESTO EN 1
nop
BCF   PORTC,4; DS ES PUESTO EN 0
MOVLW 0X00; DATO HACIA REGISTRO ALARMAS SEGUNDOS DE RTC
MOVWF DRTC
CALL  DIR
MOVLW 0X01; DIRECCION DEL REGISTRO ALARMAS SEGUNDOS DE RTC
MOVWF PORTD
bcf   STATUS,RP0 ;banco 0
BCF   PORTC,1; R/W PUESTO EN 1 QUE INDICA ESCRITURA
BSF   PORTC,3; AS ESPUESTO A 1
nop
bcf   portc,3
MOVF  DRTC,W
MOVWF PORTD
BSF   PORTC,4; DS ES PUESTO EN 1
nop
BCF   PORTC,4; DS ES PUESTO EN 0
MOVLW 0X00; DATO HACIA REGISTRO 2 ALARMA MINUTOS DE RTC
MOVWF DRTC
CALL  DIR
MOVLW 0X03; DIRECCION DEL REGISTRO ALARMA DE MINUTOS DE RTC
MOVWF PORTD
bcf   STATUS,RP0 ;banco 0
BCF   PORTC,1; R/W PUESTO EN 1 QUE INDICA ESCRITURA
BSF   PORTC,3; AS ESPUESTO A 1
nop
bcf   portc,3
MOVF  DRTC,W
MOVWF PORTD
BSF   PORTC,4; DS ES PUESTO EN 1
nop
BCF   PORTC,4; DS ES PUESTO EN 0
MOVLW 0X8C; DATO HACIA REGISTRO 5 ALARMA HORAS DE RTC
MOVWF DRTC
CALL  DIR
MOVLW 0X05; DIRECCION DEL REGISTRO ALARMA DE HORAS DE RTC
MOVWF PORTD
bcf   STATUS,RP0 ;banco 0
BCF   PORTC,1; R/W PUESTO EN 1 QUE INDICA ESCRITURA
BSF   PORTC,3; AS ESPUESTO A 1
nop
bcf   portc,3
MOVF  DRTC,W
MOVWF PORTD
BSF   PORTC,4; DS ES PUESTO EN 1
nop
BCF   PORTC,4; DS ES PUESTO EN 0
MOVLW 0X24; DATO HACIA REGISTRO B DE RTC
MOVWF DRTC
CALL  DIR
MOVLW 0X0B; DIRECCION DEL REGISTRO B DE RTC
MOVWF PORTD
bcf   STATUS,RP0 ;banco 0
BCF   PORTC,1; R/W PUESTO EN 1 QUE INDICA ESCRITURA
BSF   PORTC,3; AS ESPUESTO A 1
nop
bcf   portc,3
MOVF  DRTC,W
MOVWF PORTD
BSF   PORTC,4; DS ES PUESTO EN 1
nop
BCF   PORTC,4; DS ES PUESTO EN 0
MOVLW 0X27; INICIAR OFFSET, ES PUESTO EN LA DIRECCION 0X23

```

```

MOVWF FSR
movlw 0x00
movwf drtc; PONE A CERO EL REGISTRO DRTC
movwf conta; PONE A CERO EL CONTADOR DE DATOS
bsf portC,0
RAYO BCF PORTC,2
BCF PORTA,0
otravez bcf portC,0
BCF PORTC,2
BCF PORTA,2
bsf portC,0 ; CONTROL DE LECTURA DEL DATO DEL CAD
MOVF portb,W ; LECTURA DEL DATO PROVENIENTE DEL CAD
CALL RECAR
bsf status,c
MOVF UMBRA,0
subwf portb,0 ; SE COMPARA DATO DEL CAD CON UMBRAL
btfsc STATUS,C ; SI SE SOBREPASA EL UMBRAL SE LLAMA LA SUBROUTINA
PARAR GOTO PARAR
btfsc porta,4; verifica si hubo rayo captado por la otra antena
goto parar
SS1 btfss pir1,5; verifica si hay dato recibido de la terminal
goto otravez
movf RCREG,W ; Dato rcivido a w
CALL SEND1
SUBLW 0X0A; compara si la tecla digitada es ENTER
BTfSS STATUS,2
GOTO SS1
movlw 0x0d
call send1
call menu0; SI LA TECLA ES ENTER SE VA EL MENU
CALL RECAR
CALL RECAR
GOTO otravez ; SI NO SE SOBREPASA EL UMBRAL SE LEE OTRO DATA

RCV0: BTfSC PIR1,RCIF ;SUBROUTINA PARA RECEPCION DE DATOS DEL TERMINAL
GOTO RCV1
GOTO RCV0
RCV1: MOVF RCREG,W
RETURN

SEND1 BTfSC PIR1,TXIF ;SUBRRUTINA PARA EMBIAR DATO AL RS232
GOTO SEND2
GOTO SEND1
SEND2 MOVWF TXREG
RETURN

RECAR MOVlw 0x0D ; SUBRRUTINA PARA RETORNO DE CARRO
RTC1 BTfSC PIR1,TXIF
GOTO RTC2
GOTO RTC1
RTC2 MOVWF TXREG
RETURN

PARAR INCF CDIAS,1; INCREMENTA LOS DIAS CON RAYO
BSF PORTC,2
BSF PORTA,0
call dir
movlw 0x0A ;LECTURA DEL REGISTRO A PARA VER SI HAY ACTUALIZACION EN
PROGRESO DE RTC
MOVWF PORTD
CALL LECTURA
MOVF DATO,W

```

```

UIP6  BTFSC DATO, 7 ; VERIFICA SI HAY ACTUALIZACION
      GOTO UIP6
      CALL DIR ; SE PREPARA LA DIRECCION A LEER
      MOVLW 0X04; DIRECCION DE REGISTRO DE HORAS
      MOVWF PORTD
      CALL LECTURA ; LECTURA DEL REGISTRO DE HORAS
      MOVF dato,W
      andlw 0x7f ;ELIMINO EL ULTIMO BIT QUE INDICA AM Y PM
      movwf 0 ;DATO ES ALMASENADO EN MEMORIA DIRECCIONADA POR FSR
      CALL OFFSET ; SE ACTUALIZA EL OFFSET
      INCF CONTA,1
      CALL DIR ; SE PREPARA LA DIRECCION A LEER
      MOVLW 0X02; DIRECCION DE REGISTRO DE MINUTOS
      MOVWF PORTD
      CALL LECTURA
      MOVF dato,W
      movwf 0
      CALL OFFSET
      INCF CONTA,1
      call dir
      movlw 0x0A ;LECTURA DEL REGISTRO A PARA VER SI HAY ACTUALIZACION EN
PROGRESO DE RTC
      MOVWF PORTD
      CALL LECTURA
      MOVF DATO,W
UIP7  BTFSC DATO, 7 ; VERIFICA SI HAY ACTUALIZACION
      GOTO UIP7
      CALL DIR
      MOVLW 0X00; DIRECCION DE REGISTRO DE SEGUNDOS
      MOVWF PORTD
      CALL LECTURA
      MOVF dato,W
      movwf 0
      call offset
      INCF CONTA,1
      call dir
      movlw 0x0A ;LECTURA DEL REGISTRO A PARA VER SI HAY ACTUALIZACION EN
PROGRESO DE RTC
      MOVWF PORTD
      CALL LECTURA
      MOVF DATO,W
UIP9  BTFSC DATO, 7 ; VERIFICA SI HAY ACTUALIZACION
      GOTO UIP9
      CALL DIR
      MOVLW 0X04; DIRECCION DE REGISTRO DE HORAS
      MOVWF PORTD
      CALL LECTURA
      MOVF dato,W
      movwf 0; GUARDO ESTE DATO PARA LUEGO DETERMINAR SI ES AM O PM
      call offset
      INCF CONTA,1
      CALL DIR
      MOVLW 0X07; DIRECCION DE REGISTRO DE DIA DEL MES
      MOVWF PORTD
      CALL LECTURA
      MOVF dato,W
      movwf 0
      INCF CONTA,1
      call dir
      movlw 0x0A ;LECTURA DEL REGISTRO A PARA VER SI HAY ACTUALIZACION EN
PROGRESO DE RTC
      MOVWF PORTD
      CALL LECTURA
      MOVF DATO,W

```

```

UIP8  BTFSC DATO,7 ; VERIFICA SI HAY ACTUALIZACION
      GOTO UIP8
      CALL DIR
      MOVLW 0X08; DIRECCION DE REGISTRO DE MESES
      MOVWF PORTD
      CALL LECTURA
      MOVF dato,W
      movwf 0
      call offset
      INCF CONTA,1
      CALL DIR
      MOVLW 0X09; DIRECCION DE REGISTRO DE AÑOS
      MOVWF PORTD
      CALL LECTURA
      MOVF dato,W
      movwf 0
      CALL OFFSET
      INCF CONTA,1
      bsf portC,2
ALA   CALL DIR
      movlw 0x04 ;SE VERIFICA SI HAY ALRMA
      MOVWF PORTD
      CALL LECTURA
      MOVF DATO,W
      SUBLW 0X0C
      BTFSC STATUS,2
      GOTO otra
      goto ss3
OTRA  CALL DIR
      movlw 0x02
      MOVWF PORTD
      CALL LECTURA
      MOVF DATO,W
      MOVF DATO,W
      SUBLW 0X00
      btfsc status,2
      goto otral
      goto ss3
OTRA1 CALL DIR
      movlw 0x00
      MOVWF PORTD
      CALL LECTURA
      MOVF DATO,W
      ;CALL ASCII
      ;CALL SEND1
      MOVF DATO,W
      SUBLW 0X00
      btfsc status,2; SI SE DIO LA ALARMA MUESTREA EL PERTO D OTRAVEZ, LO
QUE INDICA UN NUEVO DIA
      goto otravez
SS3   btfss pir1,5;P PRUEBO SI SE PRESIONADO UNA TECLA PARA ENTRAR AL MENU
      goto ALA
      movf RCREG,W ; Dato rcivido a w
      SUBLW 0X0A; COMPRARO SI LA TECLA DIGITADA ES ENTER
      BTFSS STATUS,2
      GOTO ALA
      movlw 0x0d
      call send1
      CALL menu0
      movlw 0x0d
      call send1
      movlw 0x0d
      call send1
      goto ala

```

```

;*****
; CONVERCION DE HEXA A ASCCI
;*****
ASCII MOVWF BIN
      BSF STATUS, C
      ; SUBLW 0xC8
      ; BTFSS STATUS, C
      ; GOTO SEG200
      ; BTFSC STATUS, Z
      ; GOTO SEG200
      ; MOVF BIN, W
      ; BSF STATUS, C
      ; SUBLW 0x64
      ; BTFSS STATUS, C
      ; GOTO SEG100
      ; BTFSC STATUS, Z
      ; GOTO SEG100
      ; MOVLW 0x30
      ; call send1
DECEN MOVF BIN, W
      BSF STATUS, C
      SUBLW 0x5A; menor que 90?
      BTFSS STATUS, C
      GOTO SEG90
      BTFSC STATUS, Z
      GOTO SEG90
      MOVF BIN, W
      BSF STATUS, C
      SUBLW 0x50; menor que 80?
      BTFSS STATUS, C
      GOTO SEG80
      BTFSC STATUS, Z
      GOTO SEG80
      MOVF BIN, W
      BSF STATUS, C
      SUBLW 0x46; menor que 70?
      BTFSS STATUS, C
      GOTO SEG70
      BTFSC STATUS, Z
      GOTO SEG70
      MOVF BIN, W
      BSF STATUS, C
      SUBLW 0x3c; menor que 60?
      BTFSS STATUS, C
      GOTO SEG60
      BTFSC STATUS, Z
      GOTO SEG60
      MOVF BIN, W
      BSF STATUS, C
      SUBLW 0x32; menor que 50?
      BTFSS STATUS, C
      GOTO SEG50
      BTFSC STATUS, Z
      GOTO SEG50
      MOVF BIN, W
      BSF STATUS, C
      SUBLW 0x28 ; menor que 40?
      BTFSS STATUS, C
      GOTO SEG40
      BTFSC STATUS, Z
      GOTO SEG40
      MOVF BIN, W
      BSF STATUS, C

```

```

        SUBLW 0x1E ;menor que 30?
        BTFSS STATUS, C
        GOTO SEG30
        BTFSC STATUS, Z
        GOTO SEG30
        MOVF BIN, W
        BSF STATUS, C
        SUBLW 0x14 ;menor que 20?
        BTFSS STATUS, C
        GOTO SEG20
        BTFSC STATUS, Z
        GOTO SEG20
        MOVF BIN, W
        BSF STATUS, C
        SUBLW 0x0A ;menor que 10?
        BTFSS STATUS, C
        GOTO SEG10
        BTFSC STATUS, Z
        GOTO SEG10
        MOVLW 0x30
        call send1
UNIDAD  movf BIN, w
        BTFSS STATUS, Z
        GOTO CERO
        MOVLW 0x30
        ;MOVF ACERO, 0
        ;MOVWF ACERO
CERO    MOVLW 0x30
        ADDWF BIN, 0
        call send1
        ;CALL RECAR
        RETURN
;SEG200 MOVLW 0x32
        ;CALL SEND1
        ;MOVLW 0xC8; resta 200
        ;SUBWF BIN, 1
        ;GOTO DECEN
;SEG100 MOVLW 0x31
        ;CALL SEND1
        ;MOVLW 0x64 ;resta 100
        ;SUBWF BIN, 1
        ;GOTO DECEN
SEG90  MOVLW 0x039
        CALL SEND1
        MOVLW 0x5A
        SUBWF BIN, 1
        GOTO UNIDAD
SEG80  MOVLW 0x038
        CALL SEND1
        MOVLW 0x50
        SUBWF BIN, 1
        GOTO UNIDAD
SEG70  MOVLW 0x037
        CALL SEND1
        MOVLW 0x46
        SUBWF BIN, 1
        GOTO UNIDAD
SEG60  MOVLW 0x036
        CALL SEND1
        MOVLW 0x3C
        SUBWF BIN, 1
        GOTO UNIDAD
SEG50  MOVLW 0x035
        CALL SEND1

```

```

        MOVLW 0X32
        SUBWF BIN, 1
        GOTO UNIDAD
SEG40  MOVLW 0X034
        CALL SEND1
        MOVLW 0X28
        SUBWF BIN, 1
        GOTO UNIDAD
SEG30  MOVLW 0X033
        CALL SEND1
        MOVLW 0X1E
        SUBWF BIN, 1
        GOTO UNIDAD
SEG20  MOVLW 0X032
        CALL SEND1
        MOVLW 0X14
        SUBWF BIN, 1
        GOTO UNIDAD
SEG10  MOVLW 0X031
        CALL SEND1
        MOVLW 0X0A
        SUBWF BIN, 1
        GOTO UNIDAD

;*****
; SUBROUTINA DE LECTURA DE RTC
;*****
LECTURA  BSF    PORTC, 1; R/W PUESTO EN 1 QUE INDICA LECTURA
          BSF    PORTC, 3; AS ESPUESTO A 1
          nop
          BCF    PORTC, 3; SALIDA AS ES PUESTA A 0 PARA ATRAPAR LA DIRECCION A
LEER
          bsf    STATUS, RP0 ;banco 1
          MOVLW 0XFF
          MOVWF TRISD; PUERTO D COMO ENTRADAS
          bcf    STATUS, RP0 ;Banco 0
          BSF    PORTC, 4; DS ES PUESTO EN 1
          nop
          MOVF   PORTD, W
          movwf dato; SE ATRAPA DATO Y SE GUARDA EN MEMORIA
          bcf    portC, 4
          RETURN
;*****
; SUBROUTINA DE PREPARAR RTC PARA LECTURA O ESCRITURA
;*****
DIR       bsf    STATUS, RP0
          bcf    STATUS, RP1 ;banco 1
          movlw 0x00
          movwf TRISD ;puerto D como SALIDAS digitales
          bcf    STATUS, RP0 ;Banco 0
          bcf    portc, 4
          bcf    portc, 3
          RETURN
;*****
; SUBROUTINA PARA ESCRITURA EN EL RTC
;*****
ESCRI    bcf    STATUS, RP0 ;banco 0
          BCF    PORTC, 1; R/W PUESTO EN 1 QUE INDICA ESCRITURA
          BSF    PORTC, 3; AS ESPUESTO A 1
          nop
          bcf    portc, 3
          ;BCF   PORTC, 3; SALIDA AS ES PUESTA A 0 PARA ATRAPAR DIRECCION
          ;bcf   STATUS, RP0 ;Banco 0
          MOVF   DRTC, W

```

```

;call      ASCIIID
MOVWF PORTD
BSF  PORTC, 4; DS ES PUESTO EN 1
nop
BCF  PORTC, 4; DS ES PUESTO EN 0
;CALL SEND1
;CALL RECAR
RETURN
;*****
;SUBROUTINA PARA MANDAR DOS PUNTOS A PANTALLA
;*****
dots  MOVLW 0X3A
DOTS1 BTFSC PIR1, TXIF
      GOTO DOTS2
      GOTO DOTS1
DOTS2 MOVWF TXREG
      RETURN

;*****
;SUBROUTINA PARA ACRUALIZAR OFFSET
;*****
OFFSET  BTFSS STATUS, 7
        GOTO FSR7F
        GOTO FSR6F
FSR7F  MOVF  FSR, W
        SUBLW 0X7F
        BTFSC STATUS, 2
        GOTO S7F21
        GOTO FSREF
S7F21  MOVF  FSR, W
        ADDLW 0X21
        MOVWF FSR
        GOTO SALIR
FSREF  MOVF  FSR, W
        SUBLW 0XEF
        BTFSC STATUS, 2
        GOTO STATUS1
        GOTO INCFSR
STATUS1 BSF  STATUS, 7
        MOVLW 0X10
        MOVWF FSR
        GOTO SALIR
INCFSR  INCF  FSR, 1
        GOTO SALIR
FSR6F  MOVF  FSR, W
        SUBLW 0X6F
        BTFSC STATUS, 2
        GOTO S6F21
        GOTO FFSREF
S6F21  MOVF  FSR, W
        ADDLW 0X21
        MOVWF FSR
        GOTO SALIR
FFSREF  MOVF  FSR, W
        SUBLW 0XEF
        BTFSC STATUS, 2
        GOTO STATUS0
        GOTO INCFSR1
STATUS0 BCF  STATUS, 7
        MOVLW 0X27
        MOVWF FSR
        GOTO SALIR
INCFSR1 INCF  FSR, 1
SALIR  RETURN

```



```

;*****
;
;          DESCARGAR DATOS
;*****
DLOAD movlw 0x0d
      call  send1
      MOVLW 0X44
      CALL  SEND1
      MOVLW 0X41
      CALL  SEND1
      MOVLW 0X54
      CALL  SEND1
      MOVLW 0X4F
      CALL  SEND1
      MOVLW 0X53
      CALL  SEND1
      MOVLW 0X3E
      CALL  SEND1
      MOVLW 0X3E
      CALL  SEND1
      MOVLW 0X20
      CALL  SEND1
      movlw 0x0d
      call  send1
      MOVLW 0X44;DIAS CON RAYO=
      CALL  SEND1
      MOVLW 0X49
      CALL  SEND1
      MOVLW 0X41
      CALL  SEND1
      MOVLW 0X53
      CALL  SEND1
      MOVLW 0X20
      CALL  SEND1
      MOVLW 0X43
      CALL  SEND1
      MOVLW 0X4F
      CALL  SEND1
      MOVLW 0X4E
      CALL  SEND1
      MOVLW 0X20
      CALL  SEND1
      MOVLW 0X52
      CALL  SEND1
      MOVLW 0X41
      CALL  SEND1
      MOVLW 0X59
      CALL  SEND1
      MOVLW 0X4F
      CALL  SEND1
      MOVLW 0X3D
      CALL  SEND1
      MOVF  CDIAS, W
      CALL  ASCII
      CALL  RECAR
      MOVF  CONTA, W
      MOVWF DATO
      ADDLW 0X00
      BTFSC STATUS, 2
      GOTO  ND
      MOVLW 0X27; INICIAR OFFSET, ES PUESTO EN LA DIRECCION 0X27
      MOVWF FSR
MASDAT MOVF  0, W      ;DATO DE LA HORA
      CALL  ASCII

```

```

CALL DOTS
CALL OFFSET
DECF DATO, 1
MOVF 0, W ; DATO DE MINUTOS
CALL ASCII
CALL DOTS
CALL OFFSET
DECF DATO, 1
MOVF 0, W ; DATO DE SEG
CALL ASCII
CALL OFFSET
DECF DATO, 1
CALL NUL
MOVF 0, W ; DATO PARA VER SI ES AM O PM
MOVWF BIN
CALL OFFSET
DECF DATO, 1
movf bin, w
ANLW 0X80
BTFSC STATUS, 2
GOTO ESAM
movlw 0x50
GOTO ESPM
ESAM MOVLW 0X41
ESPM call send1
movlw 0x4d
call send1
CALL NUL
CALL NUL
MOVF 0, W ; DATO DEL DIA DEL MES
CALL ASCII
CALL PLICA
CALL OFFSET
DECF DATO, 1
MOVF 0, W ; DATO DEL MES
CALL ASCII
CALL PLICA
CALL OFFSET
DECF DATO, 1
MOVF 0, W ; DATO DEL AÑO
CALL ASCII
CALL OFFSET
DECF DATO, 1
CALL RECAR
BTFSS STATUS, 2
GOTO MASDAT
ND CALL RECAR
MOVLW 0X4E; NO HAY MAS DATOS
CALL SEND1
MOVLW 0X4F
CALL SEND1
MOVLW 0X20
CALL SEND1
MOVLW 0X48
CALL SEND1
MOVLW 0X41
CALL SEND1
MOVLW 0X59
CALL SEND1
MOVLW 0X20
CALL SEND1
MOVLW 0X4D
CALL SEND1
MOVLW 0X41

```

```

CALL SEND1
MOVLW 0X53
CALL SEND1
MOVLW 0X20
CALL SEND1
MOVLW 0X44
CALL SEND1
MOVLW 0X41
CALL SEND1
MOVLW 0X54
CALL SEND1
MOVLW 0X4F
CALL SEND1
MOVLW 0X53
CALL SEND1
MOVLW 0X2E
CALL SEND1
CALL RECAR
goto menu

; *****
; SUBROUTINA PARA ENVIAR UNA PLICA A PANTALLA
; *****
PLICA MOVLW 0X2F
PLICA1   BTFSC PIR1, TXIF
        GOTO PLICA2
        GOTO PLICA1
PLICA2   MOVWF TXREG
        RETURN
; *****
; SUBROUTINA PARA ENVIAR UN CARACTER NULO
; *****
NUL   MOVLW 0X20
NUL1  BTFSC PIR1, TXIF
      GOTO NUL2
      GOTO NUL1
NUL2  MOVWF TXREG
      RETURN

; *****
; SUBROUTINA PARA CONVERSION DE DECIMAL A HEXA
; *****
ASCIID   MOVLW 0X0A
        MOVWF DATO2
        MOVF  DRTC, 0
        MOVWF DATO
        MOVLW 0XF0
        ANDWF DRTC, 1
        SWAPF DRTC, 1
        DECF DATO2, 1
        MOVF  DRTC, 0
MAS      ADDWF  DRTC, 1
        DECF  DATO2, 1
        BTFSS STATUS, 2
        GOTO MAS
        MOVLW 0X0F
        ANDWF DATO, 0
        ADDWF DRTC, 1
        RETURN
; *****
; BORRADO DE MEMORIA
; *****
ERAMEM   MOVLW 0X00
        MOVWF CDIAS

```

```

MOVWF CONTA
MOVLW 0X27; INICIAR OFFSET, ES PUESTO EN LA DIRECCION 0X27
MOVWF FSR
CALL RECAR
GOTO MENU
;*****
;
; ACTUALIZAR UMBRAL
;*****
UMBRAL CALL UMBRAL1
MOVF UMBRA,W
CALL ASCII
CALL UMBRAL1
CALL RCV0 ;espero dado digitado PARA LOS YEARS
MOVWF UMBRA ; GUARDO EL DATO RECIBIDO EN UMBRA
sublw 0x2F ;si es menor que cero pido el dato nuevamente
btfsc status,0
goto UMBRAL
MOVF RCREG,W
sublw 0x39 ;se es mayor que dos pido el dato nuevamente
btfss status,0
goto UMBRAL
movf UMBRA,0
call send1 ; envio a pantalla el numero digitado
MOVLW 0x30 ;
SUBWF UMBRA,1 ; RESTO EL DATO RECIBIDO - 30 para que me queden solo
las unidades y el resultado a drtc
SWAPF UMBRA,1 ; traslado las unidades a decenas
movf rcreg,w
UMBRAL2 CALL RCV0 ;espero otro dato
sublw 0x2F ; pruebo si es menor que sero
btfsc status,0
goto UMBRAL2
MOVF RCREG,W
sublw 0x39 ; pruebo si es mayor que nueve
btfss status,0
goto UMBRAL2
movf rcreg,w ; envio dato valido a pantalla
CALL SEND1
MOVLW 0x30
subwf rcreg,0 ; resto el dato recibido - 30 para que me queden las
unidades
addwf UMBRA,1; sumo las decenas mas las unidades y el resultado a
dtrc que ya son las horas
MOVF UMBRA,0; DATO HACIA REGISTRO HORAS DE RTC
CALL ASCIID1
CALL RECAR
GOTO MENU
;*****
; SUBROUTINA PARA CONVERSION DE DECIMAL A HEXA
;*****
ASCIID1 MOVLW 0X0A; CONVERSION DE DECIMAL A HEXA
MOVWF DATO2
MOVF UMBRA,0
MOVWF DATO
MOVLW 0XF0
ANDWF UMBRA,1
SWAPF UMBRA,1
DECF DATO2,1
MOVF UMBRA,0
MAS1 ADDWF UMBRA,1
DECF DATO2,1
BTFSS STATUS,2
GOTO MAS1
MOVLW 0X0F

```

```

ANDWF DATO, 0
ADDWF UMBRA, 1
CLRF DATO2
CLRF DATO
RETURN

;*****
;SUBROUTINA PARA PRESENTACION DE UMBRAL>
;*****
UMBRA1    MOVLW 0X0D
          CALL SEND1
          MOVLW 0X55
          CALL SEND1
          movlw 0x4D
          CALL SEND1
          MOVLW 0X42
          CALL SEND1
          movlw 0x52
          CALL SEND1
          MOVLW 0X41
          CALL SEND1
          movlw 0x4C
          CALL SEND1
          MOVLW 0X3E
          CALL SEND1
          movlw 0x3E
          CALL SEND1
          RETURN

```

ANEXO 4



MOTOROLA

SEMICONDUCTORS

3501 ED BLUESTEIN BLVD., AUSTIN, TEXAS 78721

MC146818A

Advance Information

REAL-TIME CLOCK PLUS RAM (RTC)

The MC146818A Real-Time Clock plus RAM is a peripheral device which includes the unique MOTEL concept for use with various microprocessors, microcomputers, and larger computers. This part combines three unique features: a complete time-of-day clock with alarm and one hundred year calendar, a programmable periodic interrupt and square-wave generator, and 50 bytes of low-power static RAM. The MC146818A uses high-speed CMOS technology to interface with 1 MHz processor buses, while consuming very little power.

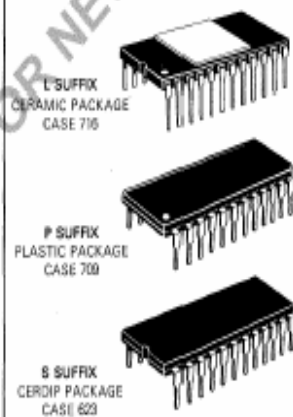
The Real-Time Clock plus RAM has two distinct uses. First, it is designed as a battery powered CMOS part (in an otherwise NMOS/TTL system) including all the common battery backed-up functions such as RAM, time, and calendar. Secondly, the MC146818A may be used with a CMOS microprocessor to relieve the software of the timekeeping workload and to extend the available RAM of an MPU such as the MC146805E2.

- Low-Power, High-Speed CMOS
- Internal Time Base and Oscillator
- Counts Seconds, Minutes, and Hours of the Day
- Counts Days of the Week, Date, Month, and Year
- 3 V to 6 V Operation
- Time Base Input Options: 4.194304 MHz, 1.048576 MHz, or 32.768 kHz
- Time Base Oscillator for Parallel Resonant Crystals
- 40 to 200 μ W Typical Operating Power at Low Frequency Time Base
- 4.0 to 20 mW Typical Operating Power at High Frequency Time Base
- Binary or BCD Representation of Time, Calendar, and Alarm
- 12- or 24-Hour Clock with AM and PM in 12-Hour Mode
- Daylight Savings Time Option
- Automatic End of Month Recognition
- Automatic Leap Year Compensation
- Microprocessor Bus Compatible
- Selectable Between Motorola and Compositor Bus Timing
- Multiplexed Bus for Pin Efficiency
- Interfaced with Software as 64 RAM Locations
- 14 Bytes of Clock and Control Registers
- 50 Bytes of General Purpose RAM
- Status Bit indicates Data Integrity
- Bus Compatible Interrupt Signals (IRQ)
- Three Interrupts are Separately Software Maskable and Testable
 - Time-of-Day Alarm, Once-per-Second to Once-per-Day
 - Periodic Rates from 30.5 μ s to 500 ms
 - End-of-Clock Update Cycle
- Programmable Square-Wave Output Signal
- Clock Output May Be Used as Microprocessor Clock Input
 - At Time Base Frequency $\times 1$ or $\times 4$
- 24-Pin Dual-In-Line Package
- Quad Pack Also Available

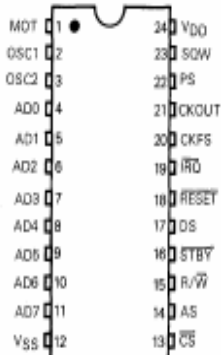
CMOS

(HIGH-PERFORMANCE SILICON-GATE COMPLEMENTARY MOS)

REAL-TIME CLOCK PLUS RAM



PIN ASSIGNMENT

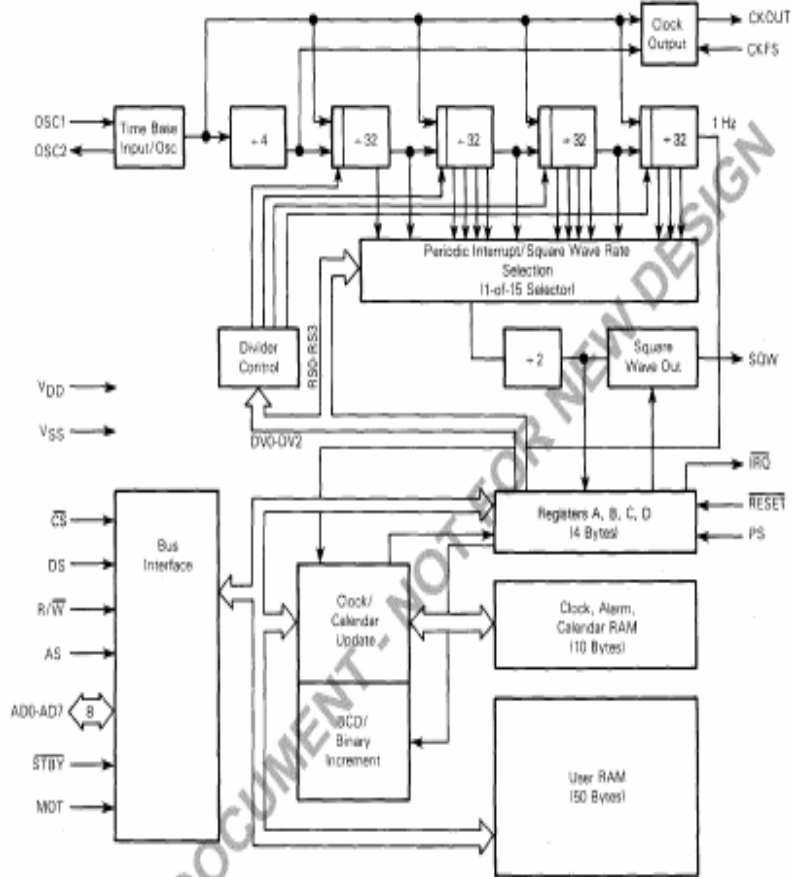


This document contains information on a new product. Specifications and information herein are subject to change without notice.

©MOTOROLA INC., 1984

ADI-7026

FIGURE 1 - BLOCK DIAGRAM



MAXIMUM RATINGS (V_o levels referenced to V_{SS})

Rating	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	V _{DD}	-0.3 to +8.0	V
All Input Voltages Except OSC1	V _{in}	V _{SS} -0.6 to V _{DD} +0.5	V
Current Drain per Pin Excluding V _{DD} and V _{SS}	I	50	mA
Operating Temperature Range		T _L to T _H	
MC146818A		0 to 70	°C
MC146818AC	T _A	-40 to 85	°C
Storage Temperature Range	T _{stg}	-65 to +150	°C

This device contains circuitry to protect the inputs against damage due to high static voltages or electric fields; however, it is advised that normal precautions be taken to avoid application of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation it is recommended that V_{IN} and V_{OUT} be constrained to the range V_{SS} ≤ V_{IN} or V_{OUT} ≤ V_{DD}. Reliability of operation is enhanced if unused inputs are tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}).

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Value	Unit
Thermal Resistance			
Plastic		120	°C/W
Cerdp	θ _{JA}	65	°C/W
Ceramic		50	°C/W



MOTOROLA Semiconductor Products Inc.

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{DD}=3\text{ Vdc}$, $V_{SS}=0\text{ Vdc}$, $T_A=T_L$ to T_H unless otherwise noted)

Characteristics	Symbol	Min	Max	Unit
Frequency of Operation	f_{osc}	32.768	32.768	kHz
Output Voltage $I_{Load} < 10\ \mu\text{A}$	V_{OL}	-	0.3	V
	V_{OH}	$V_{DD}-0.1$	-	
I_{DD} - Bus Idle CKOUT = f_{osc} ; $C_L = 15\ \text{pF}$; SQW Disabled; $\overline{STBY} = 0.2\ \text{V}$; $C_L(\text{OSC2}) = 10\ \text{pF}$ $f_{osc} = 32.768\ \text{kHz}$	I_{DD3}	-	50	μA
I_{DD} - Quiescent $f_{osc} = \text{DC}$; OSC1 = DC; All Other Inputs = $V_{DD}-0.2\ \text{V}$; No Clock	I_{DD4}	-	50	μA
Output High Voltage $I_{Load} = -0.25\ \text{mA}$, All Outputs	V_{OH}	2.7	-	V
Output Low Voltage $I_{Load} = 0.25\ \text{mA}$, All Outputs	V_{OL}	-	0.3	V
Input High Voltage STBY, AD0-AD7, DS, AS, R/W, CS RESET, CKFS, PS, OSC1 MOT	V_{IH}	$2/3 V_{DD}$ $2/3 V_{DD}$ V_{DD}	V_{DD} V_{DD} V_{DD}	V
Input Low Voltage STBY, AD0-AD7, DS, AS, R/W, CS, CKFS, PS, RESET, OSC1 MOT	V_{IL}	V_{SS} V_{SS}	0.5 V_{SS}	V
Input Current AS, DS, R/W MOT, OSC1, CE, STBY, RESET, CKFS, PS	I_{in}	-	± 10 ± 1	μA
Three-State Leakage IRD, AD0-AD7	I_{TSL}	-	± 10	μA

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{DD}=5\text{ Vdc} \pm 10\%$, $V_{SS}=0\text{ Vdc}$, $T_A=T_L$ to T_H unless otherwise noted)

Characteristics	Symbol	Min	Max	Unit
Frequency of Operation	f_{osc}	32.768	4194.304	kHz
Output Voltage $I_{Load} < 10\ \mu\text{A}$	V_{OL}	-	0.1	V
	V_{OH}	$V_{DD}-0.1$	-	
I_{DD} - Bus Idle (External Clock) CKOUT = f_{osc} ; $C_L = 15\ \text{pF}$; SQW Disabled; $\overline{STBY} = 0.2\ \text{V}$; $C_L(\text{OSC2}) = 10\ \text{pF}$ $f_{osc} = 4.194304\ \text{MHz}$ $f_{osc} = 1.048576\ \text{MHz}$ $f_{osc} = 32.768\ \text{kHz}$	I_{DD1} I_{DD2} I_{DD3}	- - -	3 800 50	mA μA μA
I_{DD} - Quiescent $f_{osc} = \text{DC}$; OSC1 = DC; All Other Inputs = $V_{DD}-0.2\ \text{V}$; No Clock	I_{DD4}	-	50	μA
Output High Voltage $I_{Load} = -1.6\ \text{mA}$, AD0-AD7, CKOUT) $I_{Load} = -1.0\ \text{mA}$, SQW)	V_{OH}	4.1	-	V
Output Low Voltage $I_{Load} = 1.6\ \text{mA}$, AD0-AD7, CKOUT) $I_{Load} = 1.0\ \text{mA}$ (IRD and SQW)	V_{OL}	-	0.4	V
Input High Voltage STBY, CKFS, AD0-AD7, DS, AS, R/W, CS, PS RESET OSC1 MOT	V_{IH}	$V_{DD}-2.0$ $V_{DD}-0.8$ $V_{DD}-1.0$ V_{DD}	V_{DD} V_{DD} V_{DD} V_{DD}	V
Input Low Voltage CKFS, PS, RESET, STBY, AD0-AD7, DS, AS, R/W, CS, OSC1 MOT	V_{IL}	V_{SS} V_{SS}	0.8 V_{SS}	V
Input Current AS, DS, R/W MOT, OSC1, CE, STBY, RESET, CKFS, PS	I_{in}	-	± 10 ± 1	μA
Three-State Leakage IRD, AD0-AD7	I_{TSL}	-	± 10	μA



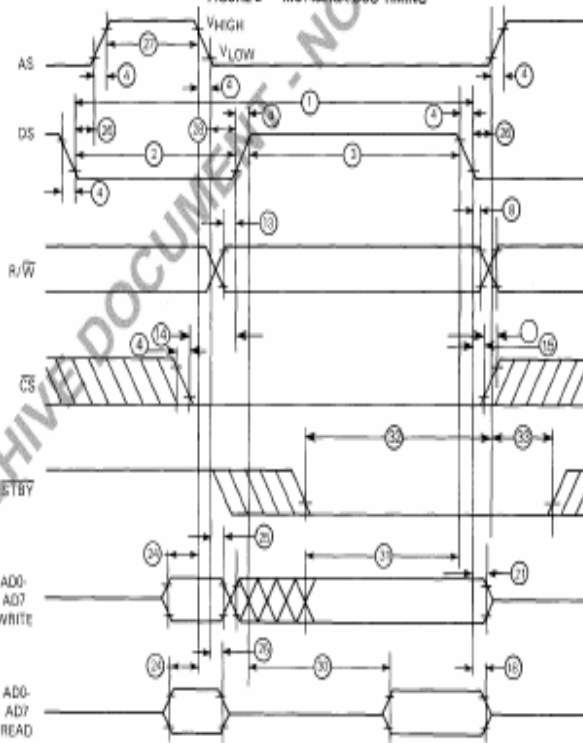
MOTOROLA Semiconductor Products Inc.

BUS TIMING

Ident. Number	Characteristics	Symbol	V _{DD} = 3.0 V 50 pF Load		V _{DD} = 5.0 V ± 10% 1 TTL and 130 pF Load		Unit
			Min	Max	Min	Max	
1	Cycle Time	t _{CYC}	6000	-	963	dc	ns
2	Pulse Width, DS/E Low or RD/WR High	PW _{EL}	1000	-	300	-	ns
3	Pulse Width, DS/E High or RD/WR Low	PW _{EH}	1500	-	325	-	ns
4	Input Rise and Fall Time	t _r , t _f	-	100	-	30	ns
8	R/W Hold Time	t _{RWH}	10	-	10	-	ns
13	R/W Setup Time Before DS/E	t _{RWS}	200	-	80	-	ns
14	Chip Select Setup Time Before DS, WR, or RD	t _{CS}	200	-	25	-	ns
15	Chip Select Hold Time	t _{CH}	10	-	0	-	ns
18	Read Data Hold Time	t _{DHR}	10	1000	10	100	ns
21	Write Data Hold Time	t _{DHW}	100	-	0	-	ns
24	Muxed Address Valid Time to AS/ALE Fall	t _{ASL}	200	-	50	-	ns
25	Muxed Address Hold Time	t _{AHL}	100	-	20	-	ns
26	Delay Time DS/E to AS/ALE Rise	t _{ASD}	500	-	50	-	ns
27	Pulse Width, AS/ALE High	PW _{ASH}	600	-	195	-	ns
28	Delay Time, AS/ALE to DS/E Rise	t _{ASD}	500	-	50	-	ns
30	Peripheral Output Data Delay Time from DS/E or RD	t _{DDR}	1300	-	20	240	ns
31	Peripheral Data Setup Time	t _{DSW}	1500	-	200	-	ns
32	STBY Setup Time before AS/ALE Rise	t _{SBS}	TBD	-	TBD	-	
33	STBY Hold Time after AS/ALE Fall	t _{SBH}	TBD	-	TBD	-	

NOTE: Designations E, ALE, RD, and WR refer to signals from alternative microprocessor signals.
 *Refer to **IMPORTANT NOTICES** appearing on page 20 of this data sheet.

FIGURE 2 - MC146818A BUS TIMING



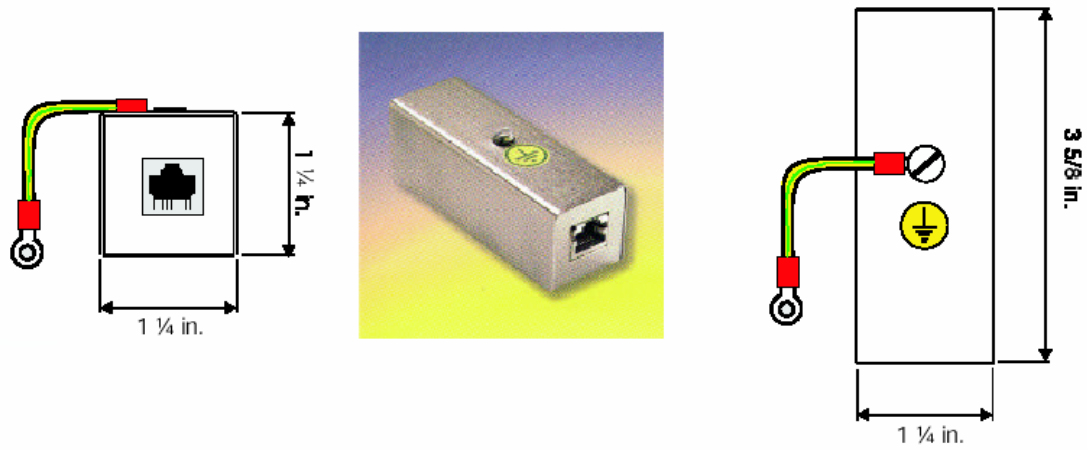
Note: V_{HIGH} = V_{DD} - 2.0 V, V_{LOW} = 0.8 V, for V_{DD} = 5.0 V ± 10% for outputs only.
 V_{HIGH} = 2.0 V, V_{LOW} = 0.5 V, for V_{DD} = 3.0 V for outputs only.



MOTOROLA Semiconductor Products Inc.

ANEXO 5

PartNumber: ZS. Cat. 5



CitelZSCat. 5hasbeendesignedtoprotectyoursensitiveequipmentlike highspeeddatalines, modems, faxmachineswithtransmissionspeedupto 100Megabits/sec. fromlightningsurgesandelectricaltransients.

- 8Pinsprotected
- Responsetime: 1ns
- Category 5compatible
- Highsurgepowercapability
- Shieldedforextraprotection
- **ElectricalSpecifications**

ZSCat. 5

ZS Cat.5

Application:	Data Lines, Cat.5
Connectors:	RJ 45
Maximum Transmission Speed:	100 Megabits/sec.
Maximum Line Current:	200 mA
Maximum Line Voltage:	6V
Clamping Voltage:	9V
Response time:	1 ns
Temperature:	-20 C bis +80 C
Power Handling: (8/20μs- 10 μs)	10 kA
Pins Protected:	1,2,3,4,5,6,7 and 8

ANEXO 6

COSTO DEL PROTOTIPO

Para establecer el costo del prototipo se ha considerando el costo unitario de los dispositivos así como el incremento del costo de envío de los dispositivos traídos del extranjero. A continuación se presenta el detalle de los materiales utilizados y sus respectivos precios.

CANTIDAD	DESCRIPCION	P. U	TOTAL
2	PIC 16F874A	\$7.00	\$14.01
1	MC146818 RTC	\$3.90	\$3.90
2	AD7821CAD	\$11.86	\$23.72
2	CRISTALES DE CUARSO	\$5.50	\$11.00
1	MC1489	\$2.30	\$2.30
1	MC1488	\$2.50	\$2.50
4	OPA604	\$2.00	\$8.00
10	BASES PARA LOS IC	\$0.30	\$3.00
30	RESISTENCIAS 1/2 WATS	\$0.15	\$4.50
25	CAPACITOTER	\$0.50	\$12.50
6	DIODOS 1N4148	\$0.40	\$2.40
2	SWITCH PARA RESET	\$1.00	\$2.00
2	CONECTOR DB9 HEMBRA	\$2.50	\$5.00
2	CONECTORES DB9 MACHOS	\$2.50	\$5.00
8	CONECTORES RJ45 MACHOS	\$1.75	\$14.00
4	CONECTOTER BNC HEMBRAS	\$0.70	\$2.80
4	CONECTORES BNC MACHOS	\$0.70	\$2.80
2	TRANSISTORES NPN	\$0.60	\$1.20
4	TARJETA DE CIRCUITO IMPRESO	\$1.00	\$4.00
6	ONZAS DE PERCLORURO DE HIERRO	\$3.50	\$21.00
1	PLUMON DE TINTA PERMANENTE	\$1.00	\$1.00
4	BROCAS 1/16 Y 1/32	\$0.40	\$1.60
1	PAPEL ESPECIAL PARA IMPRESOS	\$12.00	\$12.00
1	1/2 LIBRAS DE ALAMBRE ESMALTADO	\$4.00	\$8.00
2	TUBOS DE ACERO DE 3/4	\$22.00	\$44.00
2	FUENTE DE PODER BIPOLAR	\$10.00	\$20.00
1	PINTURA CONDUCTIVA	\$100.00	\$100.00
12	METROS DE CABLE COAXIAL	\$1.50	\$18.00
2	CINTURIA PLASTICA	\$0.35	\$0.70
1	1/8 DE PEGA DE ZAPATOS	\$3.00	\$3.00
1	MANGUERA MAS ACCESORIOS	\$6.00	\$6.00
2	TUBOS DE PEGAMENTO PLASTICO	\$3.50	\$7.00
	CLAVOS, TORNOLLOS	\$3.00	\$3.00
1	ESTAÑO Y PASTA PARA SOLDAR	\$4.00	\$4.00
	CINTA AISLANTE BULCANIZADA	\$6.00	\$6.00
2	CAJAS PLASTICAS PARA MONTAJE	\$3.00	\$6.00
150	HORAS DE INTERNET	\$1.00	\$150.00
	DESRROLLO DE SOFTWARE	\$500.00	\$500.00

3	MASTIL 3 X 2 1/2 PARA ANTENAS	\$30.00	\$90.00
40	METROS DE CABLE UTP	\$1.30	\$52.00
		TOTAL	\$1,177.93

ANEXO 7

MANUAL DEL USUARIO

1. Para utilizar el detector de descargas atmosféricas es necesario contar con un sistema de comunicaciones para poder monitoréalo desde un sitio central, aunque es posible monitorear el detector en el sitio local donde se instalan las antenas si no se posee un enlace de comunicaciones.

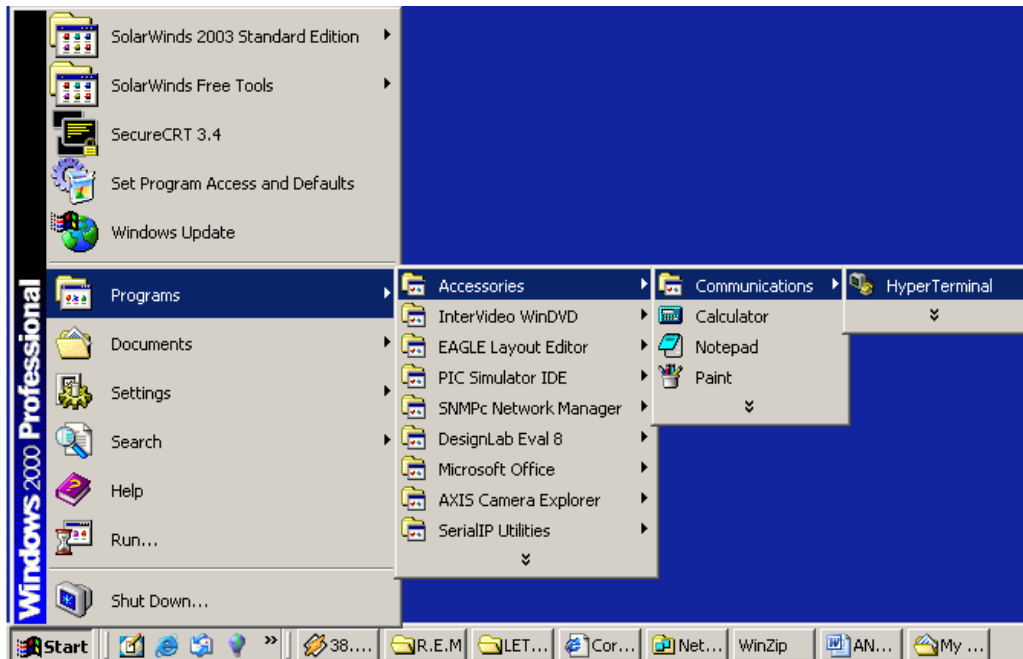
Los requisitos de la PC son los siguientes:

- Tener instalado un emulador de Terminal
- Poseer un puerto de comunicaciones serie asíncrono
- la memoria RAM y disco duro depende del sistema operativo instalado
- instalar un sistema operativo que soporte los enunciados anteriores

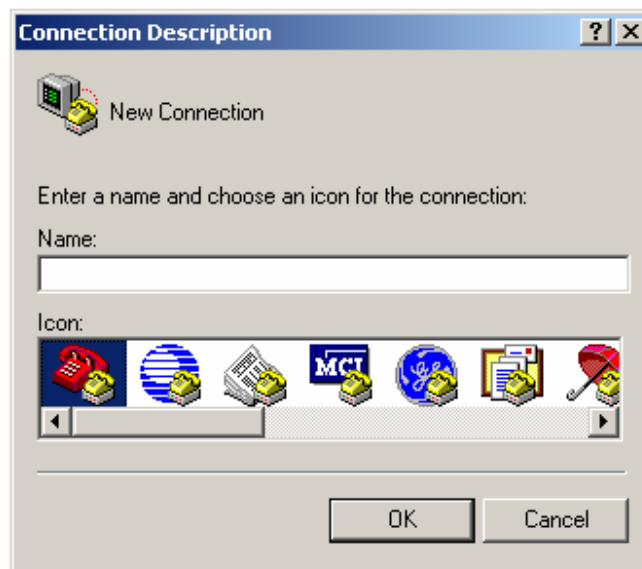
2. lo primero es hacer la instalación de las antenas loop en el lugar donde queremos determinar el nivel ceráuneo, instalándolas en forma ortogonal
3. conectar las antenas con el detector de campo magnético (antenas loop) a través de cable coaxial y conectores BNC sin olvidar las protecciones respectivas, conectar las salidas del detector a la unidad microcontroladora, luego conectar la unidad microcontroladora al la PC a través de la interface RS232.

Para el cable serial RS232 solamente necesitamos tres líneas RX, TX y GND y debe ser de tipo cruzado es decir el pin TX de un extremo conectado al pin RX del otro extremo.

4. conectar todos estos dispositivos (detector, unidad microcontroladora y PC) a una fuente de energía 110V y con una unidad de respaldo UPS para asegurar el buen funcionamiento del sistema.
5. una vez conectados y energizados estos equipos, abrir en la PC un emulador de Terminal como el Hyper Terminal, como ilustramos en la figura siguiente.



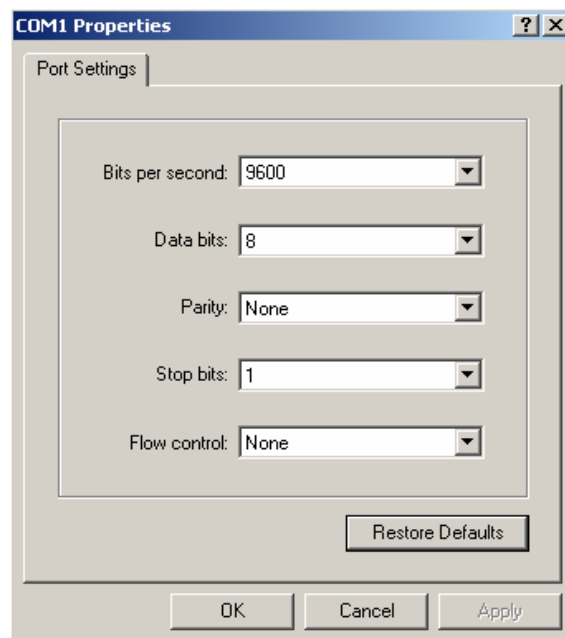
6. Cuando entramos al Hyper Termina nos pedirá un nombre para la conexión y seleccionamos el icono que nos parezca y luego presionamos OK



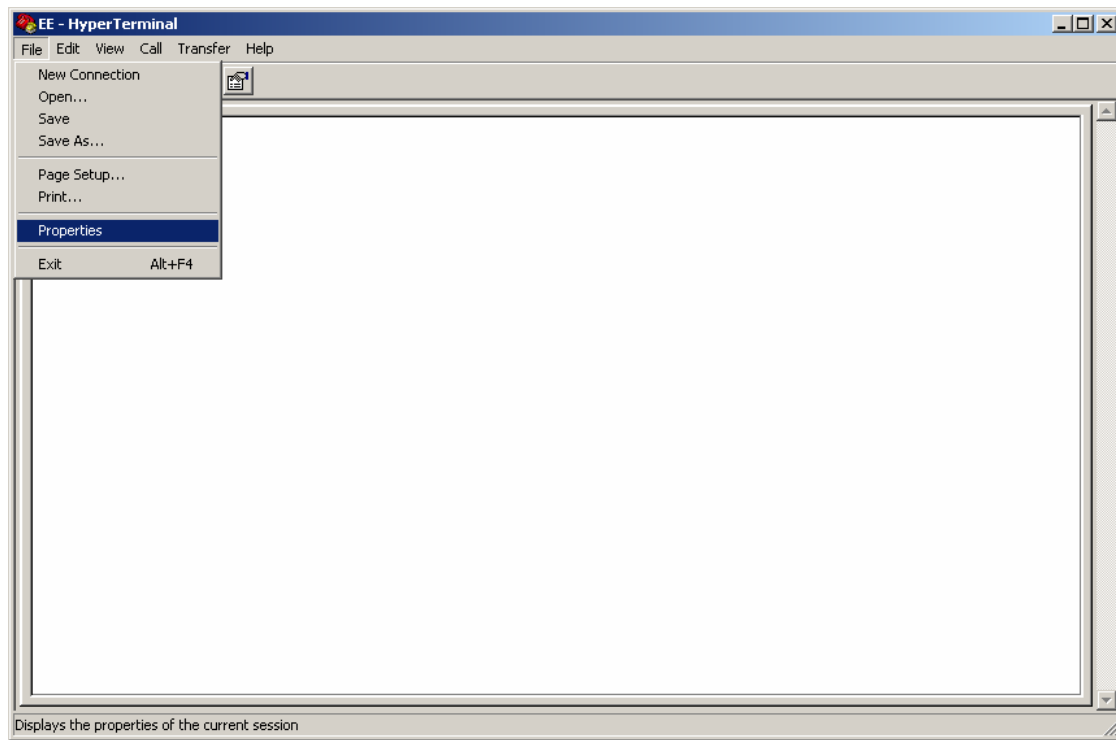
7. después del paso anterior nos aparecerá una pantalla como la siguiente donde solamente tenemos que seleccionar el puerto de comunicaciones serial COM1.



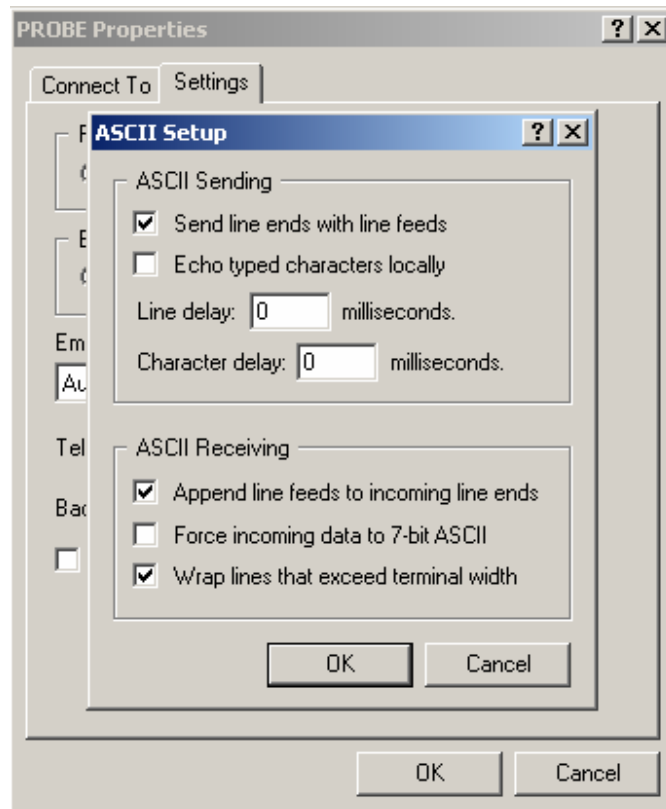
8. Luego aparecerá una pantalla como la siguiente donde daremos clic en *Restore Default* para que configuremos el puerto a 9600 bits por seg, 8 bits de datos, no paridad, 1 bits de parada y no control de flujo finalizando con dar clic en *OK*.



9. Cuando damos *OK* en el paso anterior entraremos al emulador del Terminal, luego nos vamos a *file* y luego a *properties*:



Donde se debe configurar el formato en que se usaran los caracteres ASCII seleccionado la pestaña *Setting* y después damos clic en *ASCII Setup* y seleccionamos los siguientes campos:



10. Para finalizar con la configuración del Hyper Terminal clic en **OK** para dar entrada a la configuración del formato ASCII y luego **OK** en para aceptar la configuración de las propiedades del COM1.

11. Para entrar a la unidad microcontroladora presione la tecla **ENTER** y esta le responderá con la siguiente sesión:

```
03:22:11 PM 01/10/05
```

```
SET UMBRAL>>0
```

```
ACTUALIZAR RELOJ>1
```

```
ACTUALIZAR FECHA>2
```

```
DESCARGAR DATOS>3
```

```
LIMPIAR MEMORIA>4
```

```
SALIR>5
```

```
>
```

Primero le presenta la hora y la fecha, por defecto cuando se enciende por primera vez la hora y la fecha es 01:00:00 01/01/00, luego aparece un menú donde podemos actualizar el umbral, la hora y la fecha, podemos

descargar los datos acumulados en memoria y podemos borrar la memoria.

12. cuando ya se esta en el menú principal proceder a actualizar la fecha y la hora como se muestra a continuación.

ACTUALIZAR RELOJ>1

Esta opción nos permite actualizar la hora, primero nos pedirá si será AM o PM y luego digitamos la hora deseada:

```
RELOJ>> AM=1 PM=2>>2
```

```
RELOJ>>03:20
```

Como se observa al entrar a modificar la hora nos aparece un RELOJ>> que nos indica que los datos a introducir son referentes a la hora.

ACTUALIZAR FECHA>2

Al seleccionar esta opción se puede modificar la fecha actual, introduciendo los datos con el siguiente orden: día del mes, número de mes y el año con los últimos dos dígitos:

```
FECHA>>01/10/05
```

FECHA>> nos indica que lo que se esta modificando es la fecha.

13. actualizar el umbral de ruido si es necesario como se muestra en las siguientes líneas

```
SET UMBRAL>>0
```

```
UMBRAL>>20
```

```
UMBRAL>>
```

lo primero que nos presenta esta parte es el umbral configurado la ultima vez en este caso es 20.

El umbral por defecto viene configurado en 20 lo que equivale a $20 \times 0.0195 = 390\text{mv}$ que según los datos de laboratorio el ruido ambiente en este sitio esta debajo de este valor, es de aclarar que el numero a introducir debe ser multiplicado por 0.0195mV para obtener el valor en milivoltios deseado. En la tabla al final de este manual se

encuentran los valores de umbral configurado y su equivalente en mV.

Es importante mencionar que el ruido que las antenas captan depende de la situación climática de la zona por esta razón se agrego esta opción de modificar el umbral.

14. hasta este punto el sistema ya puede quedar funcionando y sensando descargas atmosféricas, y solamente nos queda abandonar el programa con la opción 5 para ver si se a capturado una descarga bastara con conectarse nuevamente por medio del Hyper Terminal y seleccionar la opción 3:

```
002:024:031 PM 010/010/005
SET UMBRAL>>0
ACTUALIZAR RELOJ>1
ACTUALIZAR FECHA>2
DESCARGAR DATOS>3
LIMPIAR MEMORIA>4
SALIR>5

>3
DATOS>>
DIAS CON RAYO=003
002:030:001 AM 003/010/005
010:013:050 AM 005/010/005
005:030:025 PM 006/010/005
NO HAY MAS DATOS.
>_
```

15. para eliminar los datos de memoria seleccione la opción 4

LIMPIAR MEMORIA>4

Esta opción nos permite borrar todos los datos almacenados en memoria y nos pone a cero los días con rayo.

Es de mencionar que la memoria de el PIC es de 192 Bytes y se utilizan 7 Bytes para las variables de programa por lo que nos quedan 185 Bytes para almacenar datos de los días con rayos, para guardar la información de un día con rayo se necesitan 6 Bytes, 3 para la hora y 3 para la fecha por lo tanto podemos almacenar 30 días con rayo, por lo que hay que estar pendientes para borrar la memoria y disponer de la memoria suficiente y evitar que se pierdan datos sin registrar.

TABLA DE VOLTAJES DE UMBRAL

UMBRAL	V (mV)		UMBRAL	V (mV)		UMBRAL	V (mV)
0	0.000		37	0.7215		74	1.443
1	0.020		38	0.741		75	1.463
2	0.039		39	0.7605		76	1.482
3	0.059		40	0.780		77	1.502
4	0.078		41	0.800		78	1.521
5	0.098		42	0.819		79	1.541
6	0.117		43	0.839		80	1.560
7	0.137		44	0.858		81	1.580
8	0.156		45	0.878		82	1.599
9	0.176		46	0.897		83	1.619
10	0.195		47	0.917		84	1.638
11	0.215		48	0.936		85	1.658
12	0.234		49	0.956		86	1.677
13	0.254		50	0.975		87	1.697
14	0.273		51	0.995		88	1.716
15	0.293		52	1.014		89	1.736
16	0.312		53	1.034		90	1.755
17	0.332		54	1.053		91	1.775
18	0.351		55	1.073		92	1.794
19	0.371		56	1.092		93	1.814
20	0.390		57	1.112		94	1.833
21	0.410		58	1.131		95	1.853
22	0.429		59	1.151		96	1.872
23	0.449		60	1.170		97	1.892
24	0.468		61	1.190		98	1.911
25	0.488		62	1.209		99	1.931
26	0.507		63	1.229			
27	0.527		64	1.248			
28	0.546		65	1.268			
29	0.566		66	1.287			
30	0.585		67	1.307			
31	0.605		68	1.326			
32	0.624		69	1.346			
33	0.644		70	1.365			
34	0.663		71	1.385			
35	0.683		72	1.404			
36	0.702		73	1.424			

La tabla muestra la equivalencia en milivoltios de el valor de Umbral introducido en el pr