
**MONITOREO DE UN OBJETO TRANSMISOR MÓVIL POR
RADIOGONOMETRÍA.**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA CON FINES
DIDÁCTICOS.**

MEMORIAS DEL SERVICIO SOCIAL QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA

PRESENTAN:

**Jesús Manuel Benitez Contreras
José Antonio Ayala Félix**

Presidente del jurado.
M.C. Humberto Cervantes de Ávila

M.C. José de Jesús Zamarripa Topete
Sinodal propietario

Ing. Juan de Dios Sánchez López
Sinodal propietario

M.C. Juan Iván Nieto Hipólito
Sinodal propietario

M.C. Benjamin Ramirez Duran
Sinodal propietario

AGRADECIMIENTOS DE...

ANTONIO AYALA:

A mis Padres , Hermanas, Amigos, Maestros y a todos aquellos que indirectamente hicieron posible esto, gracias por todo.

Jesús B.

A mis padres Feliciano y Ma del Pilar, que sin su apoyo y consejos no hubiera llegado a terminar mis estudios, gracias papas por creer en mi.

A mis hermanos Adriana, Omar y Aaron por echarme porras.

A mi gran amigo David Miltol, por sus consejos y por ser un gran amigo en las buenas y en las malas.

A mi novia Estibaliz por estar a mi lado y motivándome a salir adelante siempre.

A todos mis amigos.

A mis maestros.

A todos aquellos que me apoyaron en algún momento de mi carrera.

Gracias.

AGRADECIMIENTOS DE...

ANTONIO AYALA.

A mis Padres , Hermanas, Amigos, Maestros y a todos aquellos que indirectamente hicieron posible esto, gracias por todo.

Jesús B.

A mis padres Feliciano y Ma del Pilar, que sin su apoyo y consejos no hubiera llegado a terminar mis estudios, gracias papas por creer en mí.

A mis hermanos Adriana, Omar y Aaron por echarme porras.

A mi gran amigo David Miltol, por sus consejos y por ser un gran amigo en las buenas y en las malas.

A mi novia Estibaliz por estar a mi lado y motivándome a salir adelante siempre.

A todos mis amigos.

A mis maestros.

A todos aquellos que me apoyaron en algún momento de mi carrera.

Gracias.

MONITOREO DE UN OBJETO TRANSMISOR MÓVIL POR RADIOGONOMETRÍA.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA CON FINES DIDÁCTICOS.

ÍNDICE	PAGINA
Agradecimientos.	II
Lista de figuras.	VII
Lista de Tablas.	VIII
1 INTRODUCCIÓN.	1
1.1- Radiogoniómetro.	1
1.2. Antenas de Cuadro.	2
1.3- Determinación de una posición mediante un RDF.	5
2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.	7
2.1- Introducción.	7
2.2- Objetivo.	7
2.3- Funcionamiento del proyecto.	8
2.4- Esquema general del proyecto.	9
3 LAS ANTENAS DE RECEPCIÓN.	10
3.1- Introducción.	10
3.2- Antena tipo doble cuadro.	11
3.3- Pruebas realizadas a las bobinas.	15
3.4- Acople mecánico de las bobinas.	18

4	SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS EN LAS ANTENAS	23
4.1-	Introducción.	23
4.2-	Cambio de motor de pasos.	25
4.3-	Aumento en la longitud del cable coaxial.	26
4.4-	Cambio del calibre y conectores del cable coaxial.	27
4.5-	Nuevo diseño de las cajas que soportan las antenas.	28
5	TARJETA DE CONTROL DE MOVIMIENTO PARA LOS MOTORES DE PASOS.	30
5.1-	Introducción.	30
5.2-	Esquema general a bloques de la tarjeta.	31
5.3-	Reloj.	32
5.4-	Contador binario.	34
5.5-	Codificador.	36
5.6-	Control de dirección.	42
5.7-	Cambios en el control de dirección.	44
5.8-	Etapas de potencia.	46
5.9-	Esquema general de la tarjeta.	48
6	CONSTRUCCIÓN DE LOS AMPLIFICADORES DE RECEPCIÓN.	49
6.1-	Introducción.	49
6.2-	Circuito sintonizado	50
6.3-	Amplificador de entrada.	51
6.4-	Misceláneos.	54
6.5-	Amplificador de salida.	55
6.6-	Esquema general.	55

7	MÓDULO DE INTERFACE	56
7.1-	Introducción.	56
7.2-	Esquema general del módulo de interface.	57
7.3-	Enlace de datos	58
7.4-	Bloque de datos.	59
7.5-	Bloque del contador.	61
7.6-	Bloque de selección.	62
7.7-	Datos extras de salida.	63
8	EL TRANSMISOR.	64
8.1-	Introducción.	64
8.2-	Selección de la frecuencia de operación.	65
8.3-	Construcción del transmisor.	66
8.4-	Cambio de transmisor.	67
9	PROGRAMAS PARA AJUSTAR LAS ANTENAS.	68
9.1-	Introducción.	68
9.2-	Descripción del programa	70
9.2.1.-	Versión para D.O.S.	70
9.2.2.-	Versión para Windows	71
9.3-	Algoritmo de operación	72
10	PROGRAMAS DE MANEJO Y CONTROL DEL SISTEMA.	73
10.1-	Introducción.	73
10.2-	Descripción del programa versión para D.O.S	74
10.3-	Descripción del programa versión para Windows	76
10.4.-	Algoritmo de operación.	80

11 CONCLUSIONES.	81
12 BIBLIOGRAFÍA.	82
13 APÉNDICE DE CIRCUITOS INTEGRADOS.	83
14 APÉNDICE DE NOMENCLATURA.	85
15 GLOSARIO.	88

LISTA DE FIGURAS

Numero de Figura	Descripción de la Figura	Numero de Pagina
1a	Proriedades	2
1b	Diagrama de recepción	2
1c	Situación del barco	6
2a	Diagrama a bloques del sistema de radiolocalización	9
3a	Antenas de doble cuadro	11
3b	Bobinas en cruz	12
3c	Cable RG58	14
3d	Bobinas en paralelo fuera de fase	15
3e	Comportamiento de la señal según la figura 3d	15
3f	Bobinas en cuadratura	16
3g	Comportamiento de la señal según la figura 3f	16
3h	Bobinas en paralelo en fase	17
3i	Comportamiento de la señal según la figura 3h	17
3j	Fijación de las bobinas en la tapa	18
3k	Fijación del motor en la caja	19
3l	Colocación del corcho	20
3m	Montaje de los conectores	21
3n	Posición de la bobina recolectora	22
4a	Nueva etapa de recepción	23
4b	Etapa de recepción completa (Reaiogoniómetro)	25
4c	Cable coaxial RG8/U	27
4d	Dimensiones de la caja	29
5a	Bloques que componen la tarjeta	31
5b	Reloj	32
5c	Contador binario	35
5d	Bobinas del motor de pasos	37
5e	Circuito codificador	40
5f	Control de sentido	41
5g	Control de dirección	43
5h	Cambio en el control de dirección	44
5i	Etapa de potencia	47
5j	Nueva etapa de potencia	47
5k	Circuito completo de la tarjeta	48

Numero de Figura	Descripción de la Figura	Numero de Pagina
6a	Circuito sintonizado	50
6b	Circuito integrado AD840	51
6c	Producto ancho de Banda - Ganancia	52
6d	Amplificador inversor	53
6e	Rectificador - Integrador	54
6f	Esquema general del receptor	55
7a	Bloques que componen el modulo de interface	57
7b	Bloque de datos	59
7c	Bloque del contador	61
7d	Bloque de selección	62
8a	Transmisor	66
8b	Transmisor a 10 MHz	67
9a	Dirección real de la antena (error de direccionalidad)	69
9b	Presentación para D.O.S.	70
9c	Presentación para Windows	71
9d	Algoritmo de operación para el programa de ajuste de antenas	72
10a	Triangulación del objeto móvil transmisor	74
10b	Interface grafica	77
10c	Algoritmo de operación para el programa de manejo y control	80

LISTA DE TABLAS

Numero de Tabla	Descripción de la Tabla	Numero de Pagina
1	Contador binario	34
2	Movimiento hacia la derecha	36
3	Movimiento hacia la izquierda	37
4	Para poder determinar los minterminos	38
5	Distribución de los pin's del puerto paralelo	63

1 INTRODUCCIÓN

RADIOGONIÓMETRO

Una antena tipo dipolo simple horizontal capaz de ser girada, acoplada a un receptor de radio, forman un **radiogoniómetro** rudimentario el cual se expresa de modo abreviado por **RDF** o **DF** (procedentes de las iniciales de su denominación en inglés radio direction finder o simplemente direction finder).

De acuerdo con la teoría básica de antenas de cuadro, cuando el plano de la antena es perpendicular a la estación transmisora, la señal recibida es **mínima**. Cuando el plano de la antena es paralelo al frente de onda de las ondas que proceden de una estación, se produce una señal máxima. La indicación de señal máxima es muy ancha, es decir, la antena puede ser girada muchos grados antes de que se produzca una variación discernible en la amplitud de la señal. Por otra parte, la señal caerá a un mínimo y volverá a aumentar en muy pocos grados de rotación. Por esta razón, la señal mínima da una **línea de posición**, o marcación, más definida y es la que se emplea normalmente en el funcionamiento de los RDF.

Un dipolo giratorio corto tiene una pobre capacidad de recepción de señal. Para un tamaño dado, una antena de cuadro es más eficaz, aunque su respuesta a la captación es algo diferente de la del dipolo.

ANTENAS DE CUADRO

Los radiogoniómetros emplean generalmente una antena de cuadro, constituida bien en forma circular o bien en forma cuadrada, aunque ambas respuestas son análogas. La figura 1a puede utilizarse para ilustrar las propiedades básicas de una antena de este tipo.

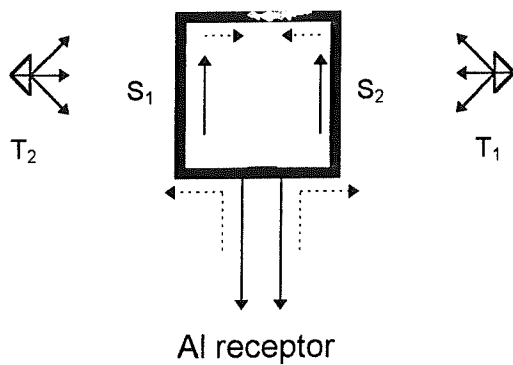


Figura 1a. Propiedades

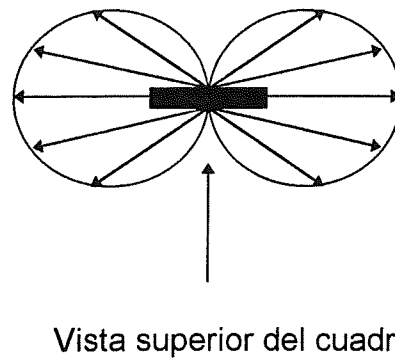


Figura 1b. Diagrama de resepción

Una señal polarizada verticalmente, al incidir sobre los hilos de la antena induce una corriente en los lados verticales S1 y S2. Estas corrientes son de igual amplitud y polaridad siempre que el transmisor se encuentre a igual distancia de ambos lados, como cuando la onda se desplaza hacia el cuadro desde la posición del lector, o se acerca desde detrás de la página. Dos corriente inducidas iguales que van hacia arriba, como se ve en la figura 1a, se cancelan en la parte superior del cuadro y en el receptor, dejando la señal recibida reducida a cero. La cancelación ocurre igualmente en el semiciclo opuesto.

Al girar el cuadro 180 grados, los hilos se colocan en una posición relativa análogas, y de nuevo es cero la señal recibida.

Con el transmisor en la posición T1 o T2 , las corrientes inducidas en S1 y S2 no tendrán la misma amplitud durante la mayor parte de un ciclo, esto debido a que existen distancias diferentes desde el transmisor, por lo cual al receptor pasará una corriente igual a la diferencia entre las dos corrientes inducidas.

Aún cuando esta corriente es bastante débil, con cuadros de muchas vueltas de un diámetro aproximado de un metro, se obtiene una inducción de señal que es satisfactoria para la sensibilidad de los receptores empleados.

Cuando un cuadro se gira 360 grados, se forma el diagrama de recepción con forma de ocho que se muestra en la figura 1b, conocido como patrón de radiación. Como puede verse, las señales que inciden formando un ángulo de 90 grados con el plano del cuadro se reciben como nulos, o sea que son completamente canceladas. Las señales que inciden en la dirección del plano del cuadro serán máximas. Las señales que proceden de otras direcciones tendrán amplitudes intermedias. Se dice que el cuadro tiene una respuesta bilateral o bidireccional (en dos sentidos), dando unos buenos nulos en dos direcciones separadas entre sí 180 grados y dos máximos separados también entre sí 180 grados.

Observe que se considera que las porciones horizontales del cuadro no recogen en absoluto señal alguna de las ondas de radio que inciden en él. Cualquier señal inducida en la parte superior, por una onda que se desplaza paralela a la tierra, se cancela con la inducida en la parte inferior, independientemente de la colocación del cuadro. Sin embargo, si la señal se acerca al cuadro desde arriba, habrá una diferencia de corriente inducida horizontal entre estas partes del cuadro. Esta aparece como una señal residual que, o desvía el nulo, o hace imposible un nulo absoluto, o ambas cosas. Esto ocurre con señales reflejadas en la ionósfera (ondas de espacio), pero con señales de ondas de tierra solamente.

Las antenas de cuadro prácticas son bobinas de 10 o 15 espiras de un metro de diámetro y están metidas en una caja hueca de aluminio o latón. Este blindaje está solamente interrumpido en la parte superior, en cuyo punto se inserta un segmento aislante. Sin este segmento aislante, ninguna señal sería capaz de penetrar hasta los alambres de captación interior. El aislante permite que se introduzcan corrientes oscilantes en el blindaje metálico, induciendo corrientes en los alambres interiores de captación.

DETERMINACIÓN DE UNA POSICIÓN MEDIANTE UN RDF

Un barco puede determinar su posición tomando una marcación a dos transmisores de la costa cuyas localizaciones son conocidas y dibujando las dos marcaciones en un mapa, o **plano**, del área local. El punto del plano en el que dos marcaciones se cortan es la posición del barco. Por ejemplo, un barco toma las marcaciones a las dos estaciones transmisoras de la costa **S1** y **S2**, cuya posiciones están representadas en el plano (fig. 1d). La marcación de **S1** resulta ser al este, o sea 90 grados (desde el norte verdadero). La marcación de **S2** resulta ser al sur, o sea 180 grados desde el norte verdadero. En el plano se dibuja con un lápiz una línea a través de la posición de **S1** y a un ángulo de 90 grados (este oeste). El ángulo se toma de la **rosa de los vientos** del plano y se traslada a la posición **S1** con un dispositivo conocido con el nombre de **reglas paralelas**. A través de **S2**, y con un ángulo de 180 grados, se dibuja otra línea. La posición indicada por la intersección de ambas líneas se denomina **situación relativa** (indica la posición del barco).

Muchos faros fijos y flotantes a lo largo de la costa están provistos de transmisores de radiofaros para permitir a los navegantes tomar sobre ellos marcaciones de DF. Durante el tiempo despejado, muchos de ellos no funcionan, pero durante el tiempo con niebla todos ellos se encuentran en funcionamiento, para que los navegantes puedan comprobar continuamente sus posiciones por este medio.

Este servicio estuvo disponible en los EE. UU. para todos los barcos a través del Servicio de Guarda Costas, pero en la actualidad ha sido suspendido. Sin embargo, en muchos países todavía funcionan estaciones de RDF. [1]

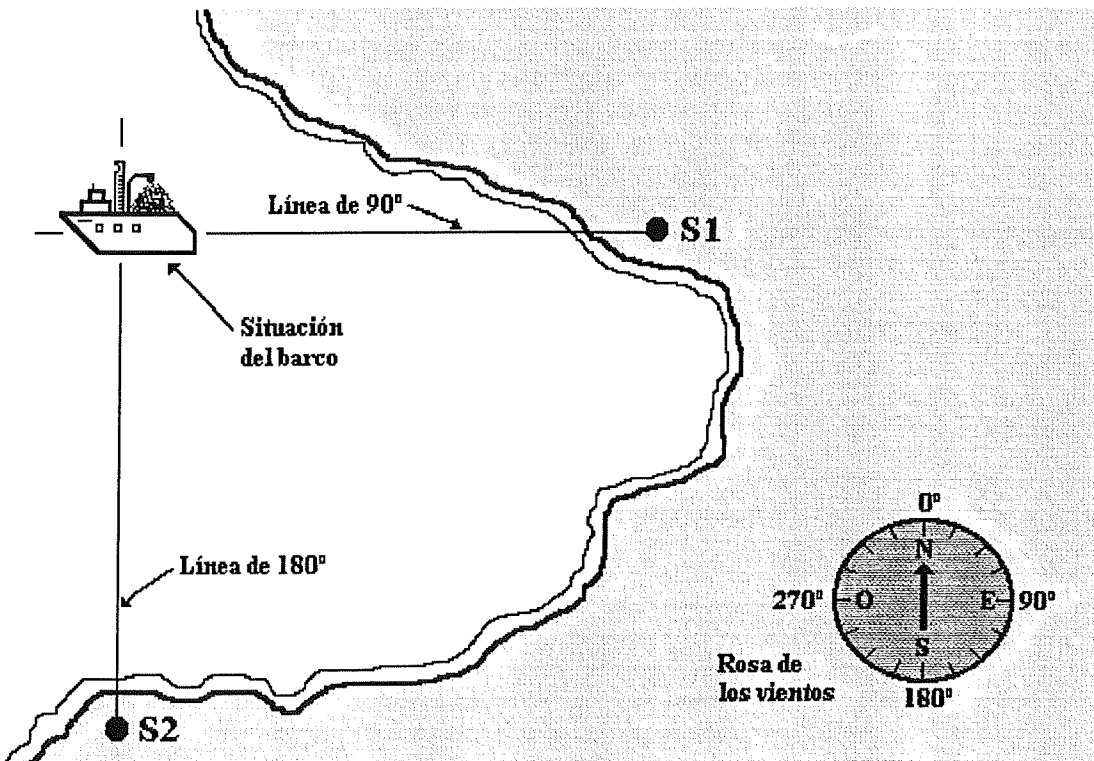


Figura 1d. Situación del barco.

2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

INTRODUCCIÓN

Esté proyecto surgió con fines didácticos, influenciado en los sistemas de posicionamiento global y aplicando el principio de operación de un radiogoniómetro, pensando para su utilización en áreas locales y en donde es necesario saber todo el tiempo la ubicación de un objeto móvil.

En los capítulos siguientes se describirán las partes que componen a este proyecto.

OBJETIVO

El objetivo fundamental de este proyecto es el poder realizar la localización y ubicación de un objeto móvil, así como poder ver el comportamiento que tiene conforme pasa el tiempo. Para lo anterior se busca poder visualizar al móvil en la pantalla de una computadora personal y superponerlo en un mapa del área local donde se encuentra, con esto se podrá visualizar el lugar más aproximado donde se ubica el móvil. También se tiene como objetivo que este proyecto tenga fines didácticos por lo cual, se realizará en una etapa básica, solamente con lo necesario para que localice y ubique al móvil. Cualquier otra persona interesada pueda seguir adelante con el proyecto.

FUNCIONAMIENTO DEL PROYECTO

Para el caso de este proyecto, el móvil no podrá saber su posición, el estará emitiendo una señal previamente determinada, esa señal estará siendo recogida por dos estaciones receptoras A1 y A2, con posiciones bien establecidas (como se aprecia en la figura 2a), cada receptor tiene una antena de cuadro que es girada de 0 a 180 grados y 180 a 0 grados (haciendo este giro en pasos de aproximadamente un grado), en cada paso se realiza una medición de la señal procedente desde el transmisor T1 colocado en el móvil, el cual está ubicado en el lugar indicado en la figura 2a. La señal recogida en cada medición es mandada a la computadora a través del modulo de interface, después de finalizar un giro el programa de manejo y control cargado en la computadora, determina en que paso de los 180 realizados por la antena es en cual se detecto el nivel más bajo de la señal procedente desde el móvil transmisor, esto lo hace para las dos antenas receptoras, con lo cual se obtiene un ángulo de llegada de la señal (con respecto de la rosa de los vientos), para cada antena receptora.

Como fue mencionado antes, se recordará que en el caso de la forma como el radiogoniómetro encontraba la ubicación del barco, una persona tenía que marcar la ubicación de cada estación transmisora en un mapa (en este caso estaciones receptoras), y luego trazar una línea recta, etc.

En este proyecto el programa de manejo y control hace las funciones que haría una persona (en el caso del radiogoniómetro), previamente a este programa se le proporcionó la posición de cada estación receptora, y un mapa del área local a monitorear.

Con el ángulo determinado para cada estación de recepción, el programa traza líneas rectas y donde se interceptan pinta un punto en el monitor, quedando por encima del mapa. El mapa esta ajustado para que en el lugar que indique el punto desplegado, sea el lugar real más aproximado en el cual el móvil se encuentre en ese momento.

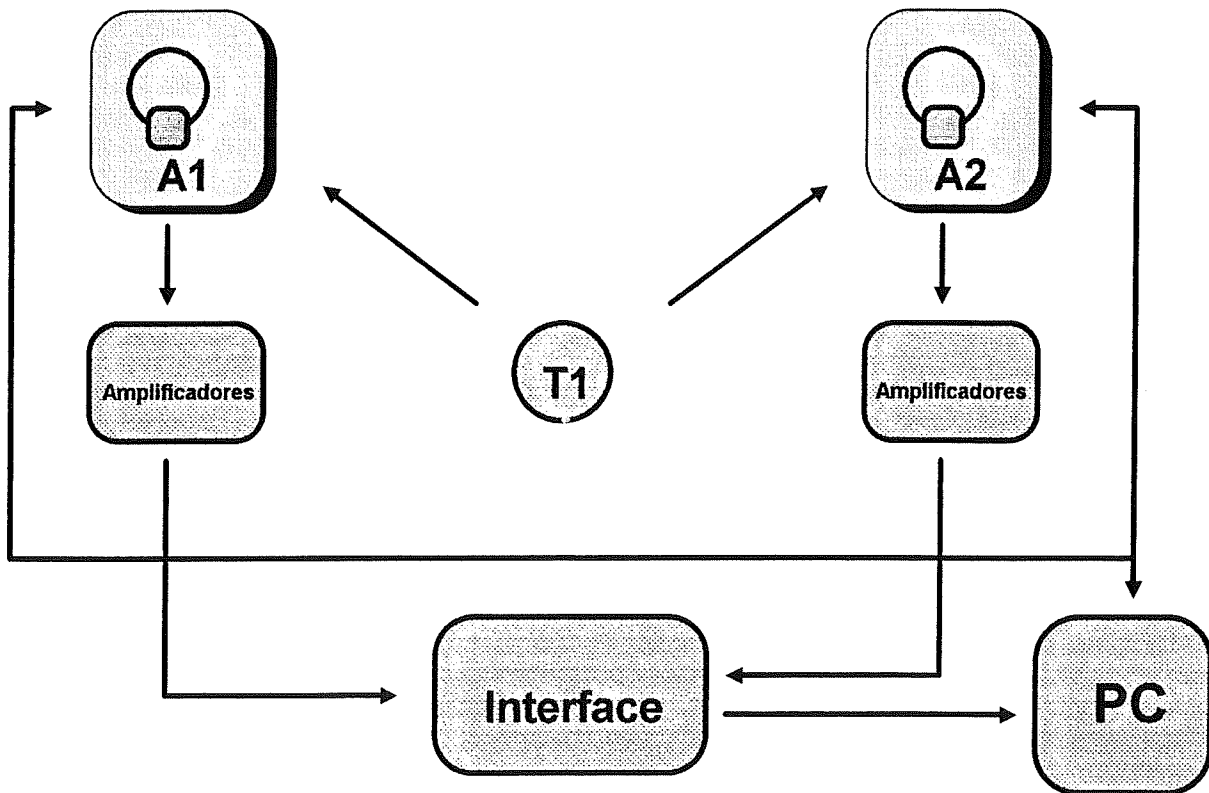


Figura 2a Diagrama a Bloques del Sistema de Radiolocalización

3 LAS ANTENAS DE RECEPCIÓN

INTRODUCCIÓN

Las antenas que utilizamos en el módulo de recepción son antenas de cuadro. La razón por la cual se decidió utilizar este tipo de antenas fue por las características que presentan, las cuales fueron mencionadas anteriormente.

ANTENAS TIPO DOBLE CUADRO

Este tipo de antenas, están formadas por dos antenas de cuadro, insertada una dentro de la otra y movida una 90 grados con respecto de la otra, como se aprecia en la figura 3a.

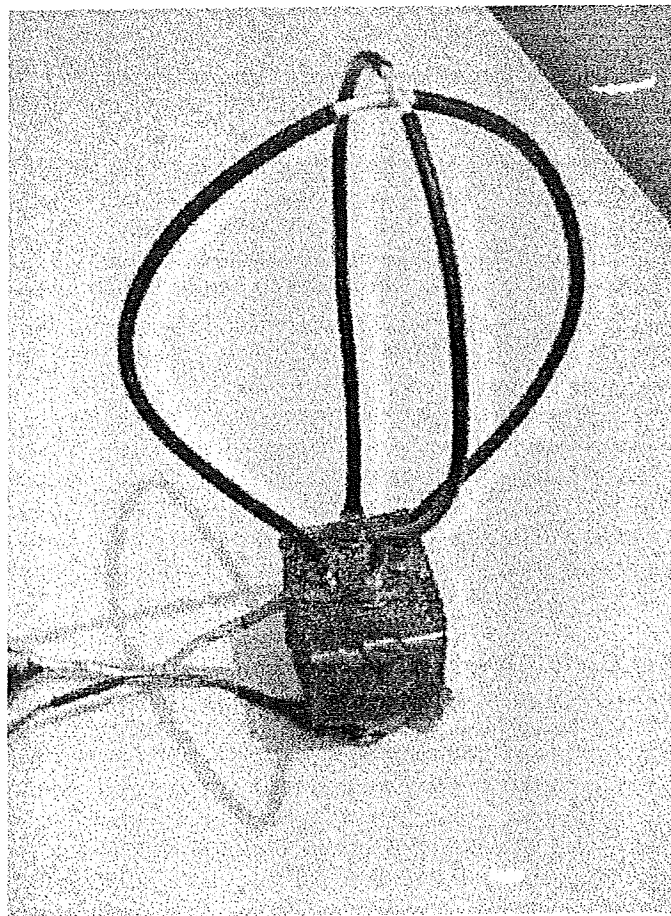


Figura 3a. Antena de Doble Cuadro

Cada cuadro tiene acoplado entre sus terminales una bobina, la cual estará produciendo un campo magnético proporcional a la corriente (resultante de la diferencia de los extremos), que circula por ella. Estas bobinas son colocadas en forma de cruz una con respecto a la otra, como se muestra en la figura 3b y sobre ellas es girada una tercera bobina llamada bobina recolectora, la cual capta el campo magnético generado en las bobinas. El campo magnético que esta captando la bobina recolectora, se convierte en una corriente que circula en ella.

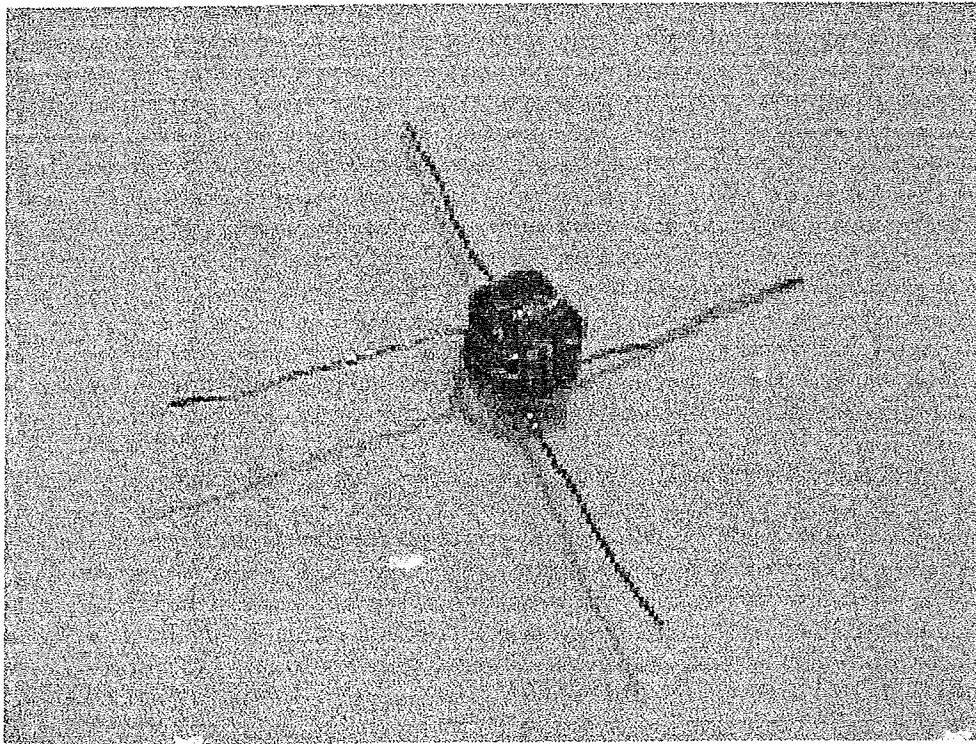


Figura 3b. Bobinas en Cruz

Cada cuadro fue construido con un cable coaxial RG58, cortado a 1/6 de longitud de onda, lo cual se obtiene a través de las siguientes ecuaciones (para una frecuencia de trabajo de 10 MHz):

$$\lambda = C / \text{Frecuencia} = 3 \text{ e}08 \text{ ms} / 10 \text{ MHz} = 30 \text{ metros}$$

$$1/6 \lambda = 30 \text{ m.} / 6 = 5 \text{ metros}$$

Para determinar la longitud total del cuadro, tenemos que multiplicar el 1/6 de λ por un factor de 0.08. [2]

$$L = (1/6 \lambda) * 0.08 = 5 \text{ m} * 0.08 = 0.4 \text{ metros}$$

Después de cortar el cable a la longitud calculada, se le retira 2.5 centímetros de aislante y blindaje exterior, en la parte central como se muestra en la figura 3c. [2]

Una vez que se cortó y se retiró el aislante y blindaje, se procede a armar la antena como se mostró en la figura 3a.

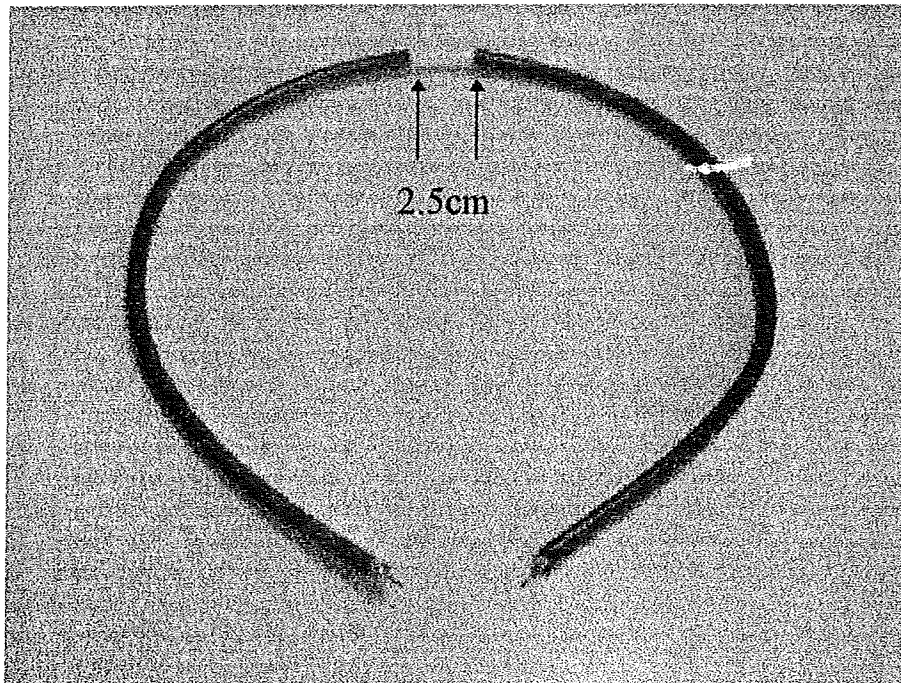


Figura 3c. Cable RG58

PRUEBAS REALIZADAS A LAS BOBINAS

Se realizaron un par de bobinas con aproximadamente 25 vueltas con un diámetro de espira de 0.7 centímetros, y un alambre calibre 20. Estas bobinas fueron hechas únicamente para checar el comportamiento que tendrían al aplicarles las siguientes pruebas.

Primero se colocó una bobina en frente de la otra, conectándole a una en sus extremos las puntas de prueba de un osciloscopio (**bobina x**), y a la otra las de un generador de funciones (**bobina y**), tal como se aprecia en la figura 3d. El generador de funciones se ajustó para administrarle a la **bobina y**, una frecuencia de 10 MHz con una amplitud de 5 volts pico a pico. En el osciloscopio se observó que la señal que se recibía en **bobina x**, estaba desfasada 180 grados y presentaba una pequeña pérdida de amplitud con respecto a la suministrada en la **bobina y**, como se muestra en la figura 3e.

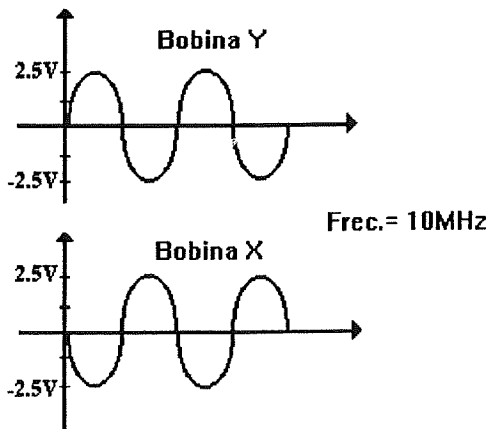


Figura 3e

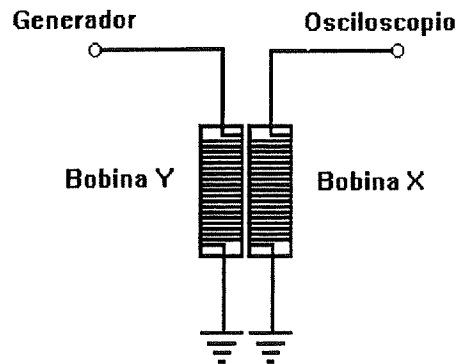


Figura 3d

Después se movió la bobina y 90 grados hacia la derecha para que quedara formando una especie de cruz con la **bobina x** , tal como se muestra en la figura 3f. Se dejaron los mismos parámetros que se tenían anteriormente y se observó que la señal recibida en la **bobina x** tenía aparentemente la misma fase, pero una amplitud de casi cero, lo cual es mostrado en la figura 3g.

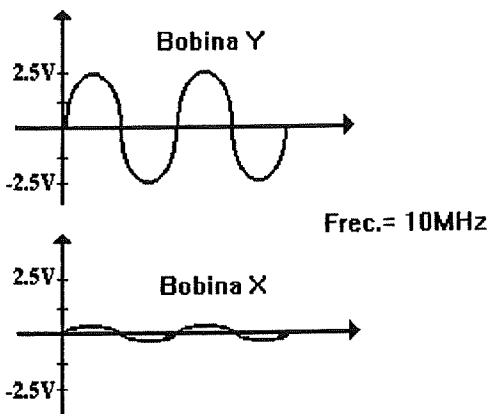


Figura 3g

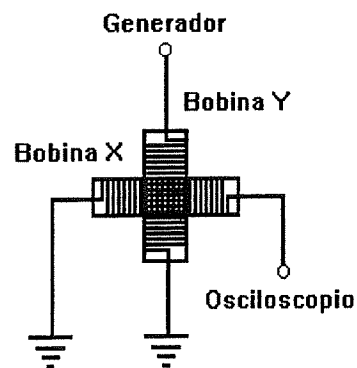


Figura 3f

Se movió nuevamente la **bobina y** 90 grados hacia la derecha quedando nuevamente una bobina enfrente de la otra como se muestra en la figura 3h. Sin cambiar los parámetros se observó en el osciloscopio una señal con la misma fase pero con una amplitud un poco menor respecto a la señal aplicada en la **bobina y**, como se aprecia en la figura 3i.

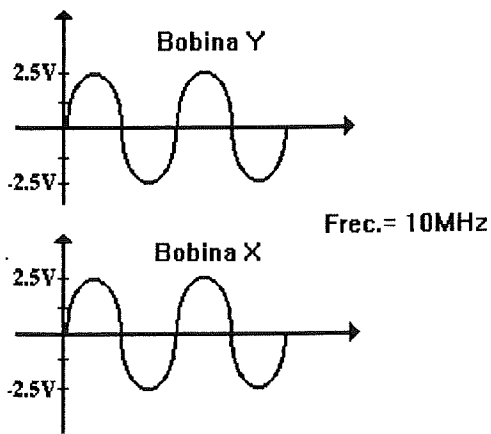


Figura 3i

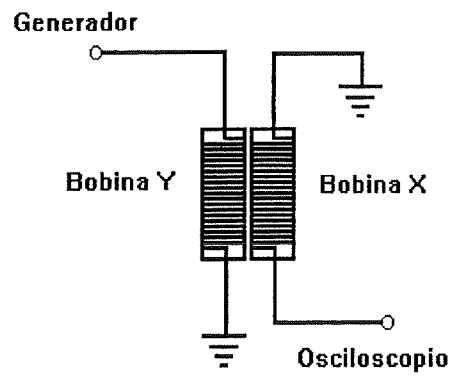


Figura 3h

Después de las tres pruebas anteriores se concluyó que los comportamientos que presentaban las bobinas, eran los adecuados para ser utilizados en nuestra antena.

ACOPLAMIENTO MECÁNICO DE LAS BOBINAS

Se tenía que colocar las bobinas como se mostró en la figura 3b, por lo cual la bobinas no deberían de ser muy grandes ni muy anchas, por lo que se decidió realizarlas con un alambre barnizado de calibre 18 y con 5 espiras de aproximadamente 1 centímetro de diámetro. Para poder introducir una de las bobinas dentro de la otra, se tuvo que intentarlo en muchas ocasiones hasta lograrlo; una vez logrado, se colocaron en posición (a 90 grados una con respecto a la otra), y fueron fijadas con silicon. En cada extremo de las bobinas se le soldó un conector hembra para cable coaxial, estos se fijaron en la tapa de una caja de aluminio como se muestra en la figura 3j.

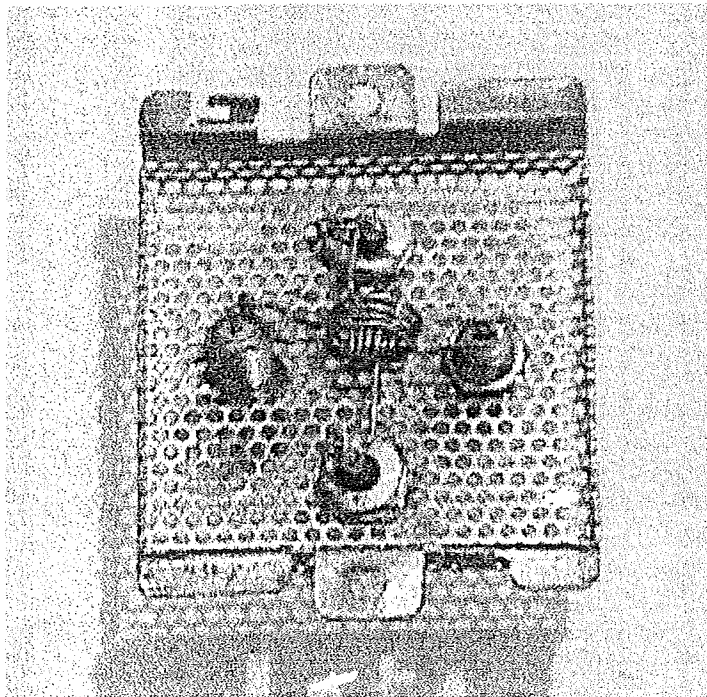


Figura 3j. Fijación de las Bobinas en la Tapa

Después a la caja se le hizo un orificio en la parte inferior, en el cual se introdujo el vástago de un motor pequeño de pasos, el cual se fijó con silicona a la caja como se muestra en la figura 3k. En el vástago del motor se fijó también un trozo de corcho cilíndrico, con dimensiones apropiadas. En la parte superior del corcho se colocó la bobina recolectora, colocando ésta lo más cerca posible de las bobinas de las antenas tratando que no las tocara.

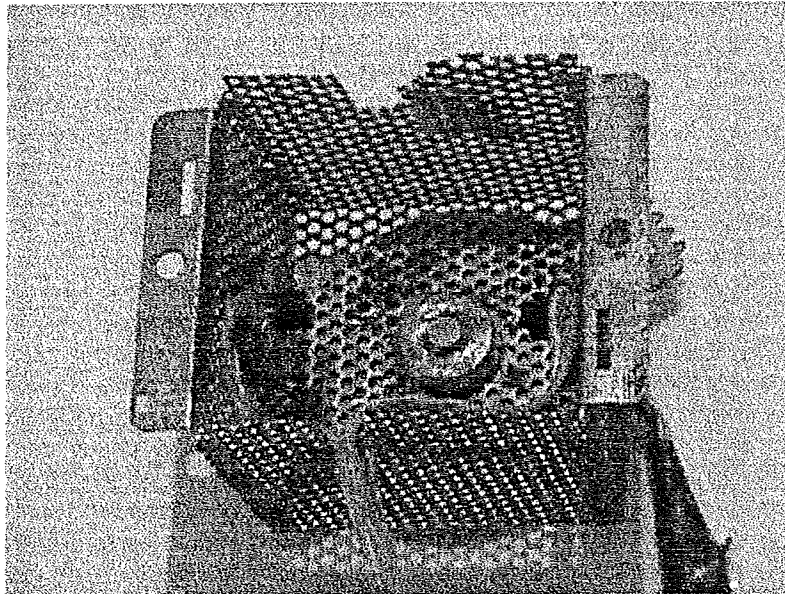


Figura 3k. Fijación del Motor a la caja

Se colocaron en el corcho, dos pedazos elípticos de lámina de aluminio, los cuales quedaron uno en frente de otro, y en las paredes laterales de la caja se colocaron dos optoacopladores uno en cada pared, según el montaje mostrado en la figura 31.

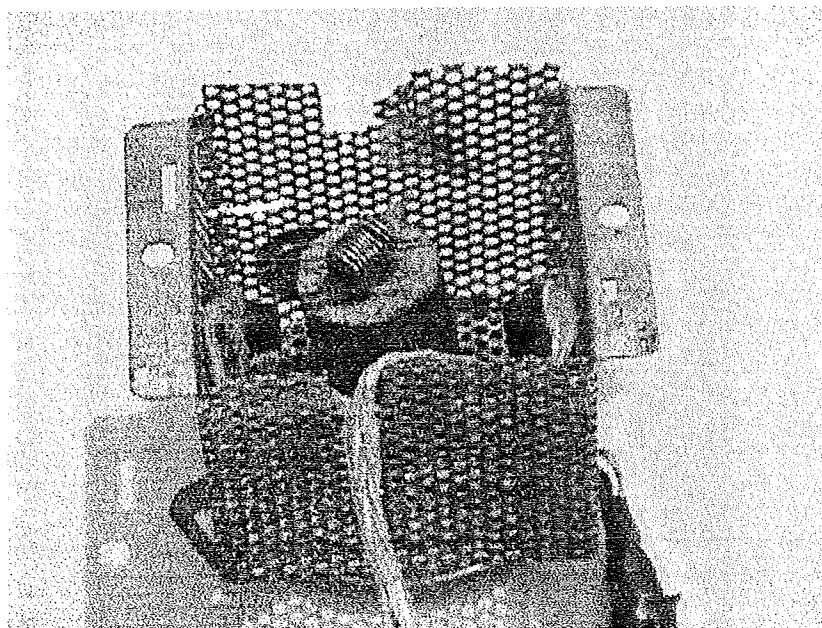


Figura 31. Colocación del Corcho

En las puntas de prueba de un generador de funciones se colocó una antena de vara (omnidireccional), y se ajustó para que oscilara a una frecuencia de 10 MHz con una señal senoidal, el cual se utilizó como transmisor para realizar esta prueba.

En los extremos de la bobina recolectora, se colocó las puntas de prueba de un analizador de espectros, para poder ver la señal que recibían las antenas.

A la antena de doble cuadro se le soldó en cada uno de sus extremos un conector macho para cable coaxial, de tal forma que pudieran conectarse a las bobinas respectivas a través de los conectores montamos en la tapa de la caja de aluminio como se muestra en la figura 3m. Con la ayuda de la tarjeta de control de movimiento de los motores de pasos, y con los datos recibidos de los dos optoacopladores, se hizo girar la bobina recolectora, de 0 a 180 grados y de 180 a 0 grados secuencialmente.

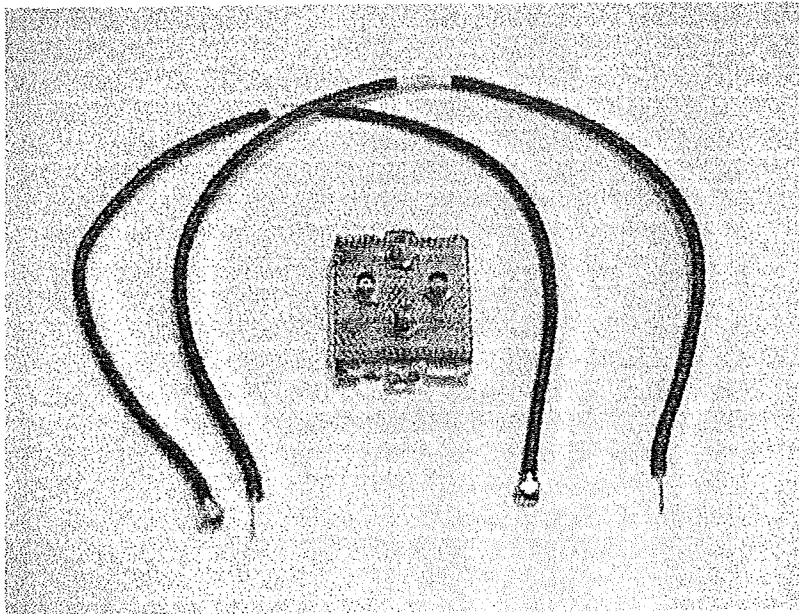


Figura 3m. Montaje de los Conectores

Se colocó el transmisor (generador de funciones), en una posición cualquiera y se observó el comportamiento de la señal recibida en el analizador de espectros.

La señal recibida era muy pequeña e inestable, y además se tenía que estar ajustando la distancia de separación entre la bobina recolectora y las montadas en la tapa. Por lo que cualquier vibración ocasionada ya sea por el motor o externamente, producía un desajuste requiriéndose realizar un nuevo ajuste de la bobinas.

Debido a que se tenía como propósito el utilizar un transmisor lo más pequeño posible en cuanto a dimensiones, se trató de mejorar la ganancia de la antena y solucionar los problemas de desajuste, para lo cual se cambió el arreglo de las bobinas, tratando ahora de introducir en medio de las bobinas acopladas en forma de cruz (bobinas de antena), la bobina recolectora como se muestra en la figura 3n, para moverla de alguna forma desde afuera. Al estar la bobina receptora adentro de las bobinas de antena se mejoraba el acoplamiento, aumentando la potencia de la señal recibida, si embargo, fue imposible mover la bobina como se requería, por lo cual se buscó otra solución.

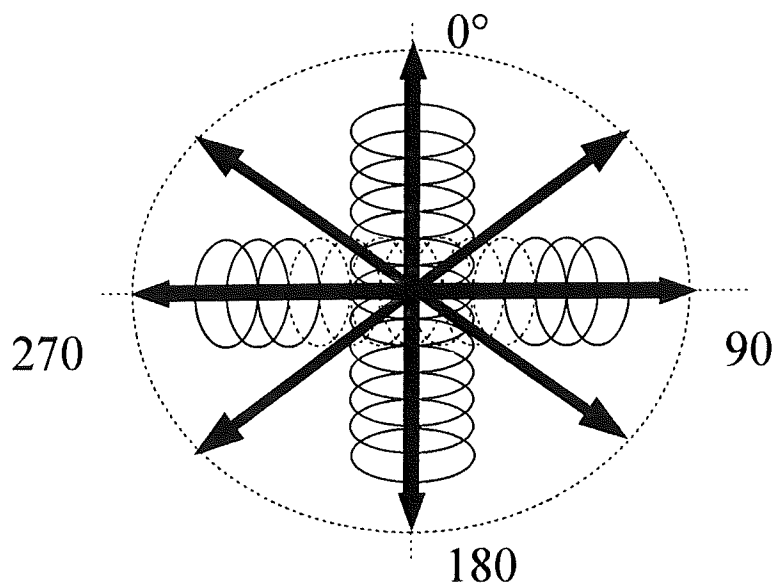


Figura 3n. Posición de la Bobina Recolectora

4 SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS EN LAS ANTENAS

INTRODUCCIÓN

La solución más adecuada que se encontró para resolver todos los problemas mecánicos y de ganancia (con los recursos que se podían contar), fue la de utilizar un solo cuadro en la antena en vez de dos y ahora girando la antena en lugar de mantenerla fija, con lo cual ya no se tenía que utilizar la bobina de recolección de señal como se aprecia en la figura 4a, ya que ahora al ir moviendo la antena se tendría el mismo efecto que al mover la bobina recolectora sobre las bobinas acopladas en las antenas fijas.

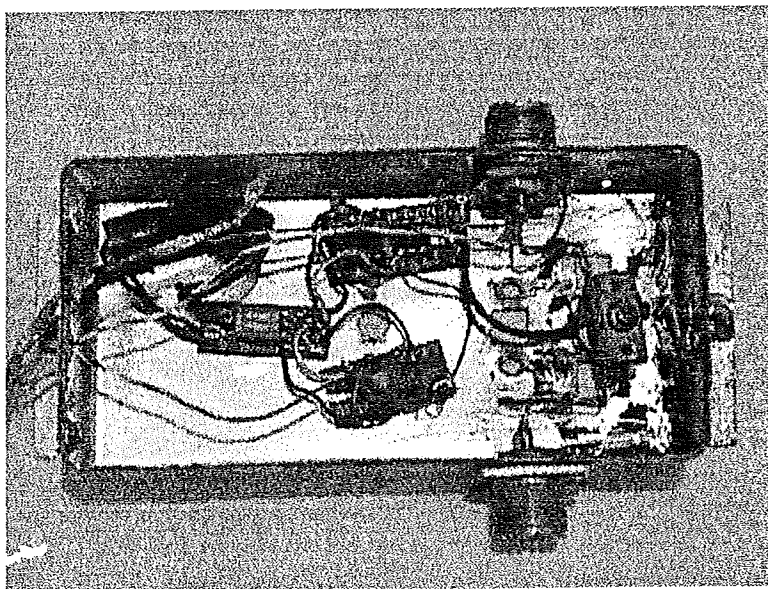


Figura 4a. Nueva Etapa de Recepción

Para lograr lo anterior se hicieron algunos cambios como:

- Un motor de pasos más grande que el anterior.
- Una longitud más grande de antena.
- El calibre del cable coaxial.
- Conectores adecuados para el nuevo calibre del cable coaxial.
- Otro diseño de las cajas para que sirvieran de soporte de las antenas y a su vez alojarán a los amplificadores.
- Rediseñar la tarjeta de control de movimiento de los motores de pasos.

CAMBIO DE MOTOR DE PASOS

El motor de pasos anteriormente utilizado no necesitaba ser de mucha capacidad, ya que solo tenía que mover una pequeña bobina (bobina recolectora), pero al cambiar el sistema se tenía que mover todo el módulo completo de recepción (antena, caja que soporta la antena, y los amplificadores de recepción) como se aprecia en la figura 4b, por lo que éste motor no tenía la fuerza necesaria, por lo cual se tuvo que cambiar por un motor más grande en capacidad y debido a la limitancia de recursos económicos, y de disponibilidad se escogió un motores de 33.3 onzas de capacidad, los cuales se obtuvieron de dos impresoras matriciales de carro grande, las cuales estaban fuera de usó.

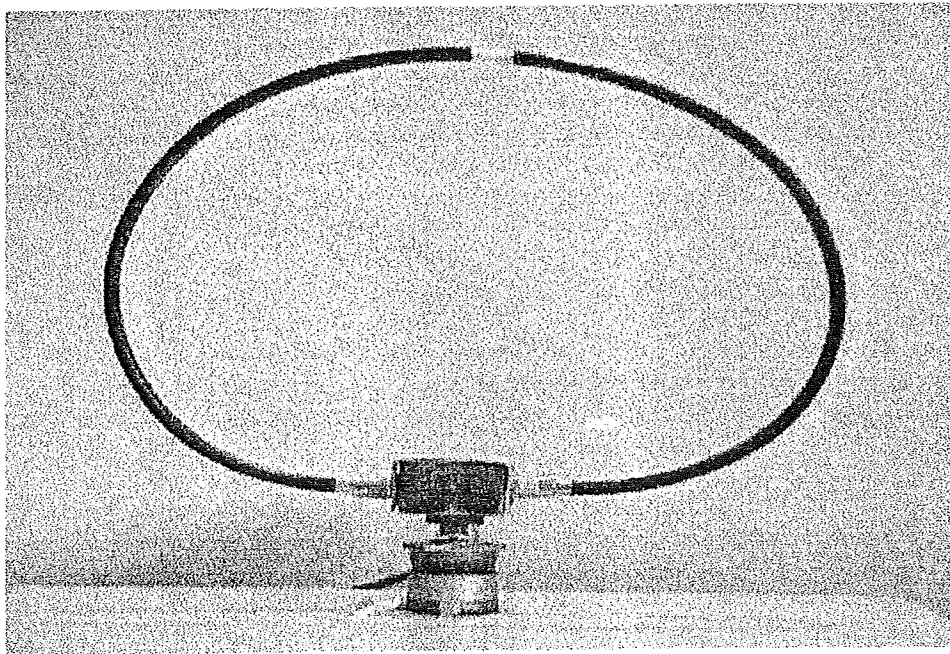


Figura 4b. Etapa de Recepción Completa (“Radiogoniometro”)

AUMENTO EN LA LONGITUD DEL CABLE COAXIAL

Para mejorar la ganancia en la antena, se decidió aumentar la longitud del cable, cortándolo ahora para una longitud de onda de $1/4 \lambda$, lo cual dio una longitud de 7.5 metros.

$$\lambda = 30 \text{ metros}$$

$$1/4 \lambda = 30 \text{ m.} / 4 = 7.5 \text{ metros}$$

Para determinar la longitud total del cuadro, se tiene que multiplicar el $1/4$ de λ por un factor de 0.08. [2]

$$L = (1/4 \lambda) * 0.08 = 7.5 \text{ m.} * 0.08 = 0.6 \text{ metros}$$

CAMBIO DE CALIBRE Y CONECTORES DEL CABLE COAXIAL

Al aumentar la longitud del cable coaxial, de 40 a 60 centímetros se tuvo que aumentar el calibre de RG 58/U a RG 8/U para que la antena pudiese conservar la forma lo más parecida a un cuadro, esto debido a que el cable RG 58/U tendía a caer hacia los lados no pudiendo conservar la forma.

Al cambiar el calibre del cable coaxial también se tuvo que cambiar los conectores tanto los machos que van en el cable como los hembras que van montados en los lados de la caja de soporte como se aprecia en la figura 4c, este cambio se debió a que el cable RG 8/U es más grueso y firme que el RG 58/U.

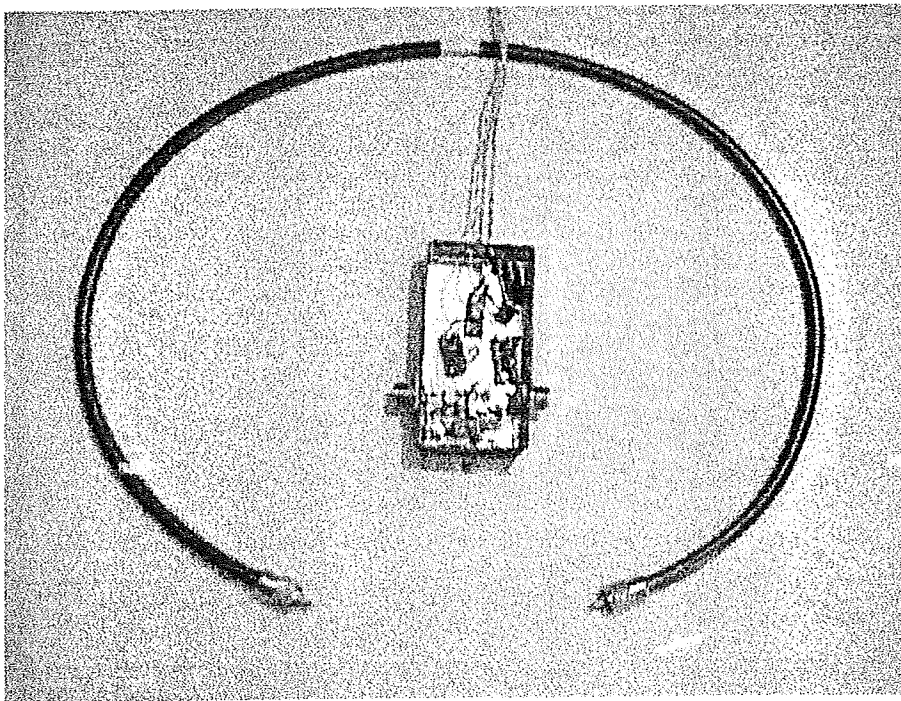


Figura 4c. Cable Coaxial RG 8/U

NUEVO DISEÑO DE LAS CAJAS QUE SOPORTAN LAS ANTENAS

El rediseño se debió a que como lo mencionamos anteriormente, ahora moveríamos a las antenas y para evitar pérdidas o la introducción de algún ruido en la señal captada por la antena, poner lo más cerca posible a los amplificadores, por lo cual estos deberían de estar dentro de las cajas que sirven de soporte para las antenas.

Esta nueva caja debería de contar con las siguientes características:

- Ser muy liviana y resistente.
- Servir de blindaje electromagnético.
- Fácil de moldear.

Por lo cual se elaboró una caja de forma rectangular con la tapa superior desmontable y con las medidas que se aprecia en la figura 4d.

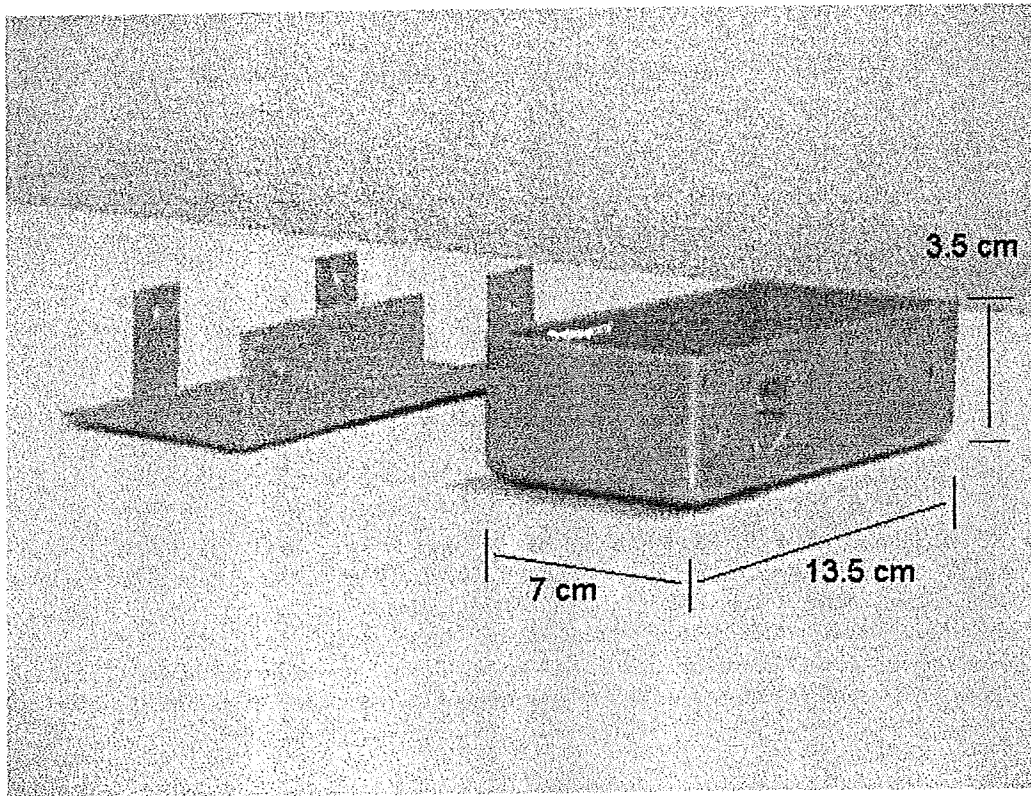


Figura 4d. Dimensiones de la Caja

En los costados más largos de la caja instalamos los conectores hembras y por la parte de abajo, cargado un poco hacia un lado se hizo un orificio por donde se fijó con el motor de pasos, por un costado de los más cortos de la caja se hizo un pequeño orificio por donde se sacaron los cables de la alimentación de los amplificadores y de la señal amplificada.

5 TARJETA DE CONTROL DE MOVIMIENTO PARA LOS MOTORES DE PASOS

INTRODUCCIÓN

Después de la elaboración del primer módulo de las antenas, se tenía que mover un trozo de corcho cilíndrico (como se explicó anteriormente), de pronto surgió la duda de como se tendría que hacer, ya que el motor a mover es un motor de pasos y no de corriente directa o alterna. Se tuvo que buscar información de como trabajan los motores de pasos y que tipo de controladores existen en el mercado y cual de ellos es el que más se ajusta a las necesidades, después de que se obtuvo información se encontró por consiguiente con que los precios de dichos controladores son muy elevados y se decidió elaborar una tarjeta que se adaptara a las necesidades que se tenían. [3]

ESQUEMA GENERAL A BLOQUES DE LA TARJETA

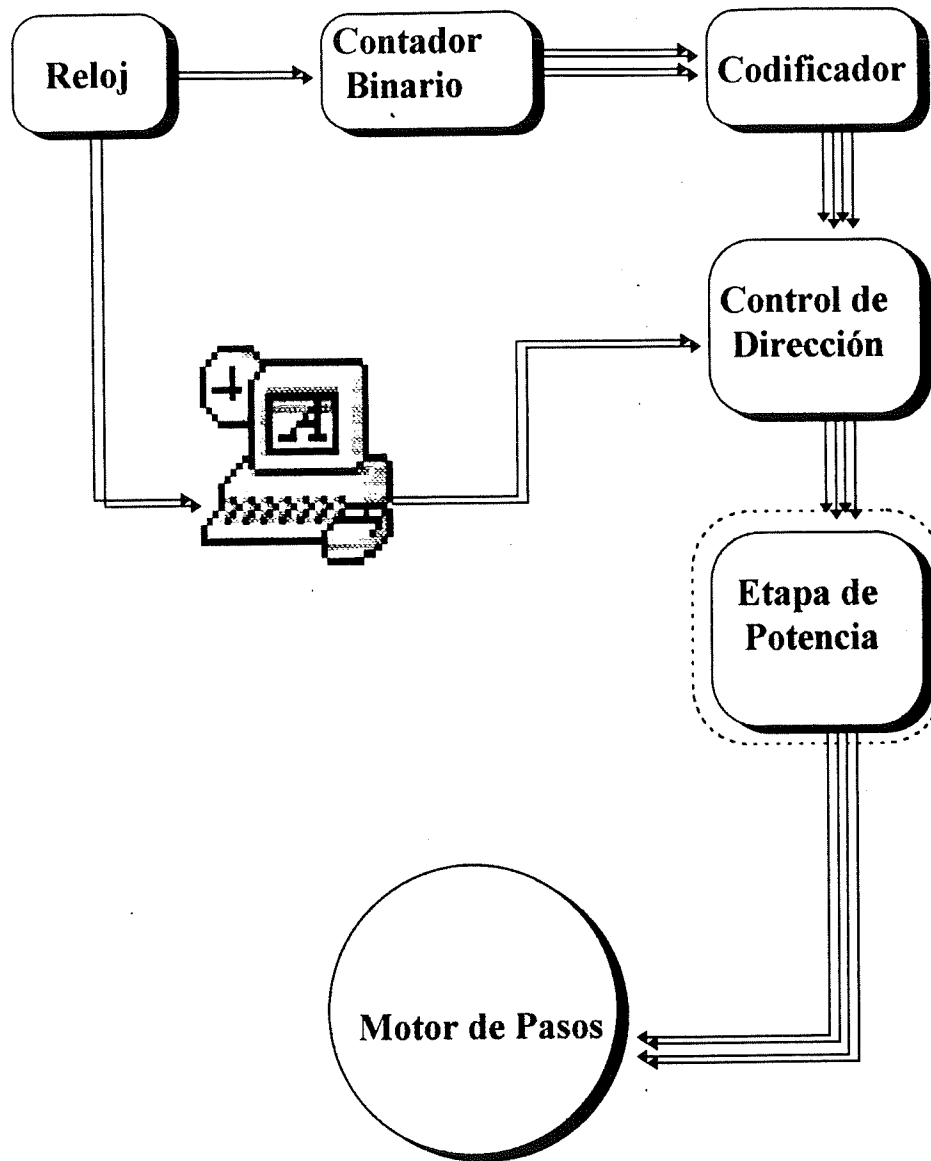


Figura 5a. Bloques que componen la tarjeta

RELOJ

El reloj que se utilizó es un circuito oscilador astable en base a el circuito integrado Temporizador NE555, en la figura 5b se muestra el circuito completo del reloj.

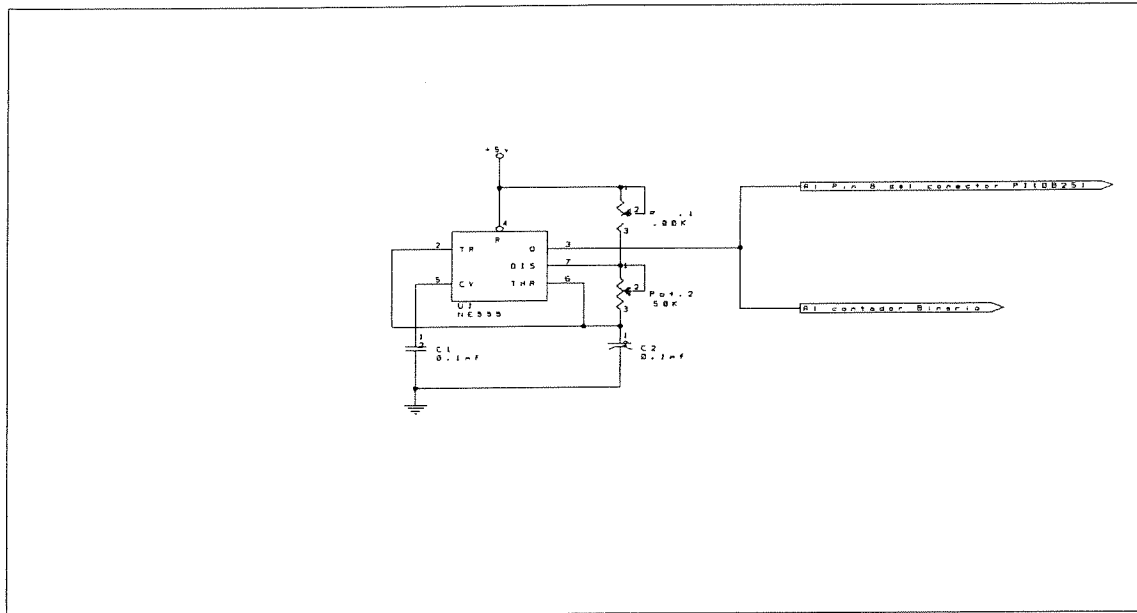


Figura 5b. Reloj

Este circuito da por la patita No. 3, un tren de pulsos rectangulares los cuales tienen una frecuencia determinada por la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo} = C1 (\text{Pot. 1} + \text{Pot. 2}) \quad \text{Frecuencia} = 1 / \text{Tiempo}$$

Se determinó que tendría que oscilar a una frecuencia de 10 Hz, esta frecuencia determina la cadencia de los pasos del motor y por lo tanto, el tiempo que tardará la antena en moverse de una posición a otra. El tiempo que tarda el motor en dar un paso debe de ser mayor al tiempo que tarda el programa en realizar un proceso de muestra completo, con esta frecuencia se cumple esto.

Para que oscilara a 10 Hz, se seleccionaron los valores de , Pot1 = 1M Ω , Pot2 = 1M Ω y C1 = 0.1 μ F. Los potenciometros fueron ajustados para lograr que los semiciclos de la señal de salida fueran simétricos quedando con los siguientes valores:

$$\text{Pot. 1} = 600 \text{ K}\Omega \quad \text{Pot. 2} = 400 \text{ K}\Omega$$

$$\text{Frecuencia} = 1 / (0.1\mu\text{F} (600\text{K}\Omega + 400 \text{ K}\Omega)) = 10 \text{ Hz}$$

CONTADOR BINARIO

Para implementar el contador binario se utilizó el **CI 7493**, el cual partiendo de cero va incrementando su valor (por cada flanco de bajada que reciba en la pata 14), hasta llegar a 15 (equivalente decimal), como se muestra en la tabla 1 y con el siguiente flanco comenzaría de nuevo el ciclo. Los flancos que se recibe en la pata 14 provienen del reloj. El circuito se muestra en la figura 5c.

Equivalente Decimal	A (MSB)	B	C	D (LSB)
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1

TABLA 1

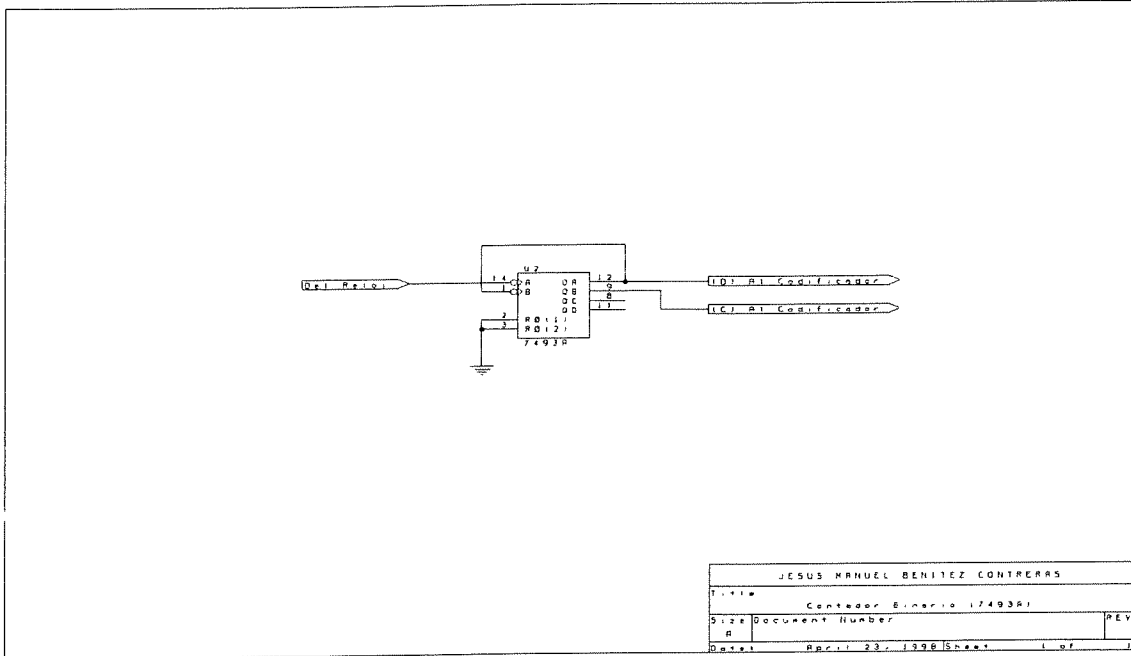


Figura 5c. Contador binario

CODIFICADOR

Para mover el motor de pasos se le debe de suministrar en las terminales X0, X1, X2 y X3 de sus bobinas, el código ascendente de la tabla 2 para que se mueva hacia la derecha y en forma descendente como se muestra en la tabla 3 para que se mueva a la izquierda. Para generar dicho código partiendo de un contador binario, se utilizó el método de minterminos y álgebra booleana, como primer paso se elaboró la tabla 4 (donde de la A a la D son los 4 bit's del contador binario), par lograr el movimiento hacia la derecha.

Paso	X0	X1	X2	X3
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1
5	1	0	0	0
6	0	1	0	0
7	0	0	1	0
8	0	0	0	1

TABLA 2 Movimiento hacia la derecha.

Paso	X0	X1	X2	X3
1	0	0	1	0
2	0	1	0	0
3	1	0	0	0
4	0	0	0	1
5	0	0	1	0
6	0	1	0	0
7	1	0	0	0
8	0	0	0	1

TABLA 3 Movimiento hacia la izquierda.

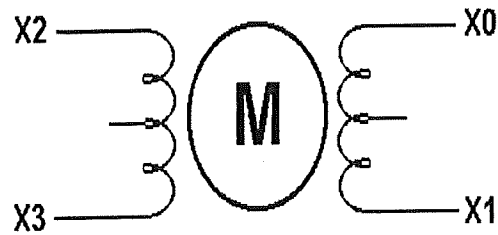


Figura 5d. Bobinas del motor de pasos

Decimal	A	B	C	D	X0	X1	X2	X3
0	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	1	0	1	0	0
2	0	0	1	0	0	0	1	0
3	0	0	1	1	0	0	0	1
4	0	1	0	0	1	0	0	0
5	0	1	0	1	0	1	0	0
6	0	1	1	0	0	0	1	0
7	0	1	1	1	0	0	0	1
8	1	0	0	0	1	0	0	0
9	1	0	0	1	0	1	0	0
10	1	0	1	0	0	0	1	0
11	1	0	1	1	0	0	0	1
12	1	1	0	0	1	0	0	0
13	1	1	0	1	0	1	0	0
14	1	1	1	0	0	0	1	0
15	1	1	1	1	0	0	0	1

TABLA 4. Para poder determinar los Minterminos

Como siguiente paso se obtienen las ecuaciones booleanas para cada bobina del motor:

$$X_{0D} = 0, 4, 8, 12$$

$$\begin{aligned} F(A, B, C, D) &= \bar{A} \bar{B} \bar{C} \bar{D} + \bar{A} B \bar{C} \bar{D} + A \bar{B} \bar{C} \bar{D} + A B \bar{C} \bar{D} \\ &= \bar{A} \bar{C} \bar{D} (\bar{B} + B) + A \bar{C} \bar{D} (\bar{B} + B) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Como } (\bar{B} + B) &= 1 \\ &= \bar{A} \bar{C} \bar{D} + A \bar{C} \bar{D} \\ &= (\bar{A} + A) \bar{C} \bar{D} \end{aligned}$$

$$\text{Como } (\bar{A} + A) = 1$$

$$X_{0D} = \bar{C} \bar{D}$$

$$X_{1D} = 1, 5, 9, 13$$

$$\begin{aligned} F(A, B, C, D) &= \bar{A} \bar{B} \bar{C} D + \bar{A} B \bar{C} D + A \bar{B} \bar{C} D + A B \bar{C} D \\ &= \bar{A} \bar{C} D (\bar{B} + B) + A \bar{C} D (\bar{B} + B) \\ &= \bar{C} D (\bar{A} + A) \end{aligned}$$

$$X_{1D} = \bar{C} D$$

$$X_{2D} = 2, 6, 10, 14$$

$$\begin{aligned} F(A, B, C, D) &= \bar{A} \bar{B} C \bar{D} + \bar{A} B C \bar{D} + A \bar{B} C \bar{D} + A B C \bar{D} \\ &= \bar{A} C \bar{D} (\bar{B} + B) + A C \bar{D} (\bar{B} + B) \\ &= \bar{A} C \bar{D} + A C \bar{D} \\ &= C \bar{D} (\bar{A} + A) \end{aligned}$$

$$X_{2D} = C \bar{D}$$

$$X3D = 3, 7, 11, 15$$

$$\begin{aligned} F(A, B, C, D) &= \bar{A} \bar{B} C D + \bar{A} B C D + A \bar{B} C D + A B C D \\ &= \bar{A} C D (\bar{B} + B) + A C D (\bar{B} + B) \\ &= C D (\bar{A} + A) \end{aligned}$$

$$X3D = C D$$

Y el circuito codificador en base a estas ecuaciones, está representado en la figura 5e.

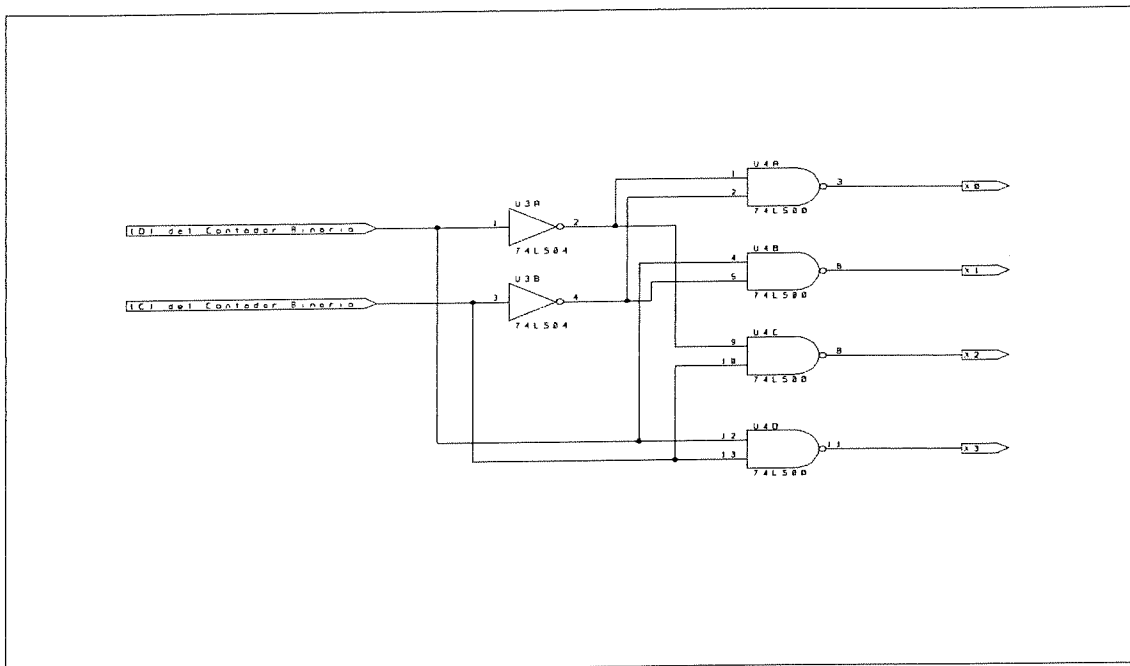


Figura 5e. Circuito codificador

Como se puede ver este circuito solo permite el movimiento del motor en una sola dirección (hacia la derecha), para que el motor tenga la opción de moverse también hacia la izquierda, se tiene que elaborar una tabla parecida a la tabla 4, pero ahora poniéndole el código de movimiento de la tabla 3 en el lado derecho de la tabla (lado de las X's), y obteniendo las ecuaciones correspondientes. Las ecuaciones quedarían de la siguiente forma:

$$X0I = C \bar{D}, \quad X1I = \bar{C} D, \quad X2I = \bar{C} \bar{D}, \quad X3I = C D$$

Comparando estas ecuaciones obtenidas con las anteriores tenemos que:

$$X1D = X1I \text{ y } X3D = X3I$$

$$X0D = X2I \text{ Y } X2D = X0I$$

Como se puede ver de la comparación anterior, cada vez que se quiera realizar un cambio de sentido, se tendrán que intercambiar la posición de X0D por la de X2D del Circuito de la figura 5e, para hacer este cambio utilizaremos el circuito de la figura 5f.

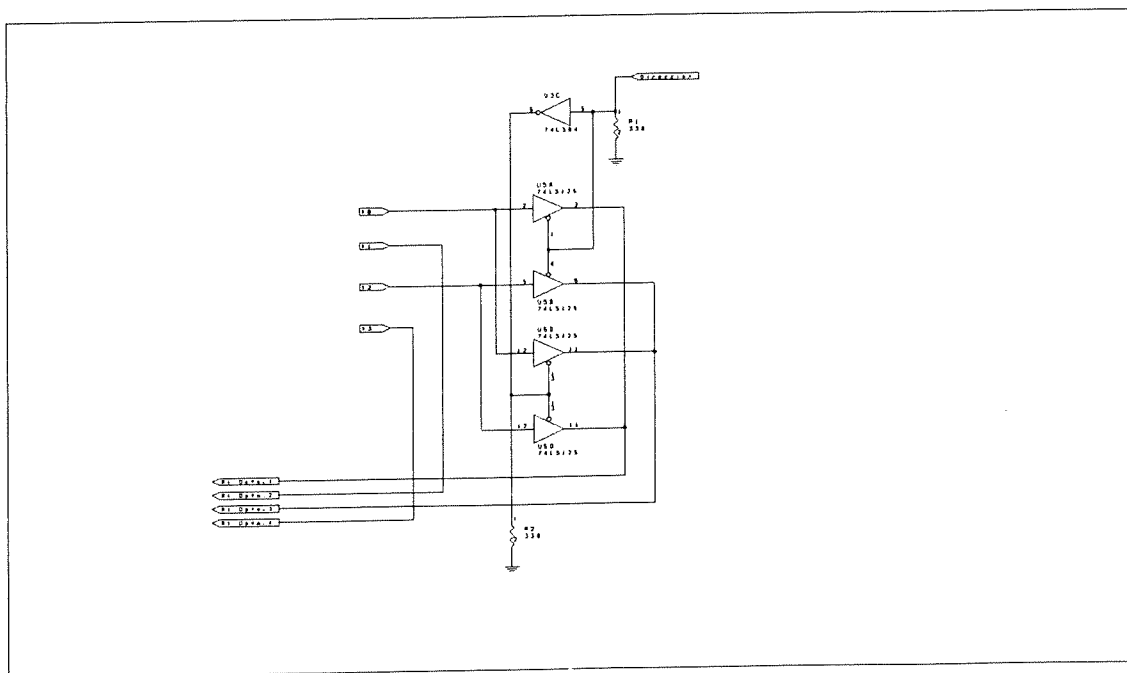
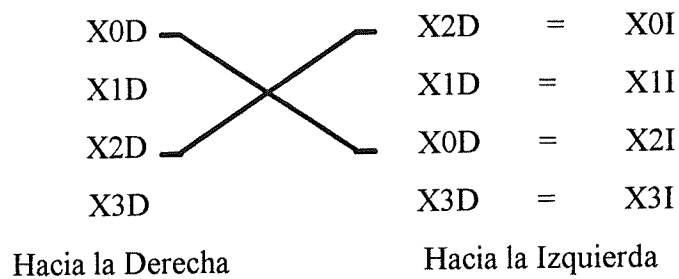


Figura 5f. Control del sentido

CÓNTROL DE DIRECCIÓN

El control de dirección fue hecho básicamente con un **Flip-Flop tipo D** (CI 7474 con flanco de disparo positivo), un Temporizador **NE555**, una compuerta **OR exclusiva** (CI 7486 EXOR) y un par de **Optoacopladores** (CI 4N35 con optotransistores).

Se toman las salidas de los optoacopladores de herradura que están colocados en la caja de soporte de una de las antenas y se coloca una en cada optoacoplador del control de dirección, estos optoacopladores a su vez están conectados a las entradas de la compuerta EXOR la cual, producirá una salida alta cuando sus entradas sean diferentes, lo cual se produciría cuando uno de los 2 optoacopladores de herradura este obstruido por la laminita de aluminio montada un el corcho. La salida de la compuerta EXOR va al RESET del CI NE555 el cual esta configurado como un oscilador astable y a su vez su salida se conecta a la patita de reloj (CP), del Flip-Flop tipo D el cual tiene un arreglo para que cada vez que se produzca un flanco positivo en su entrada CP, cambie de estado la salida Q, la cual está conectada al circuito codificador.

Si en condiciones iniciales el corcho está girando hacia la derecha, en la salida Q hay un uno por lo tanto en \bar{Q} y en D hay un cero, cuando el corcho llega al optoacoplador la laminita montado en el, lo obstruye produciendo un flanco positivo (de subida), en la salida del NE555 con esto, la salida Q del Flip-Flop toma el cero de la entrada D sosteniéndolo hasta que llegue otro flanco positivo, con este cero el circuito codificador cambia el giro del corcho hacia la izquierda quedando Q en cero, \bar{Q} y D en uno. Cuando el corcho llegue al otro optoacoplador se producirá de nuevo el procedimiento. La razón por la cual se utilizó un oscilado en vez de conectar directamente la salida de la compuerta EXOR a el reloj CP del Flip-Flop, es por si en alguna ocasión el Flip-Flop no responde con el primer flanco positivo el oscilador le da un segundo flanco, está posibilidad no se tiene con la compuerta EXOR conectada directamente al CP. El circuito completo se muestra en la figura 5g.

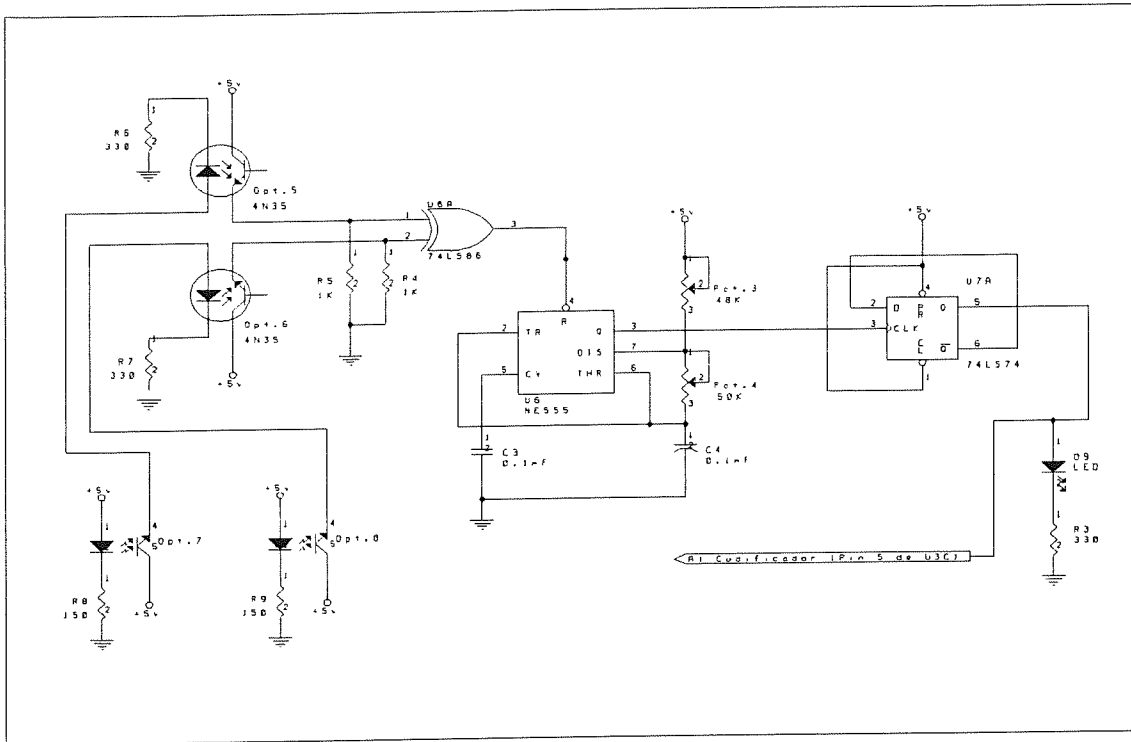


Figura 5g. Control de dirección

CAMBIOS EN EL CONTROL DE DIRECCIÓN

Cuando se decidió mover la antena por completo se hicieron algunos cambios, con estos cambios se eliminó el corcho y las laminitas de aluminio montadas en él, las cuales eran parte muy importante en el control de dirección anterior. Se tuvo que buscar una nueva forma de realizar el control de dirección y se decidió hacerlo por programación utilizando el bit del puerto de salida que resetea al contador del módulo de interface. El circuito que se implementó para poder utilizar dicho bit, se muestra en la figura 5h y está compuesto por una compuerta **EXOR** (CI 74LS86), y un **Flip-Flop tipo D** (CI 74LS74).

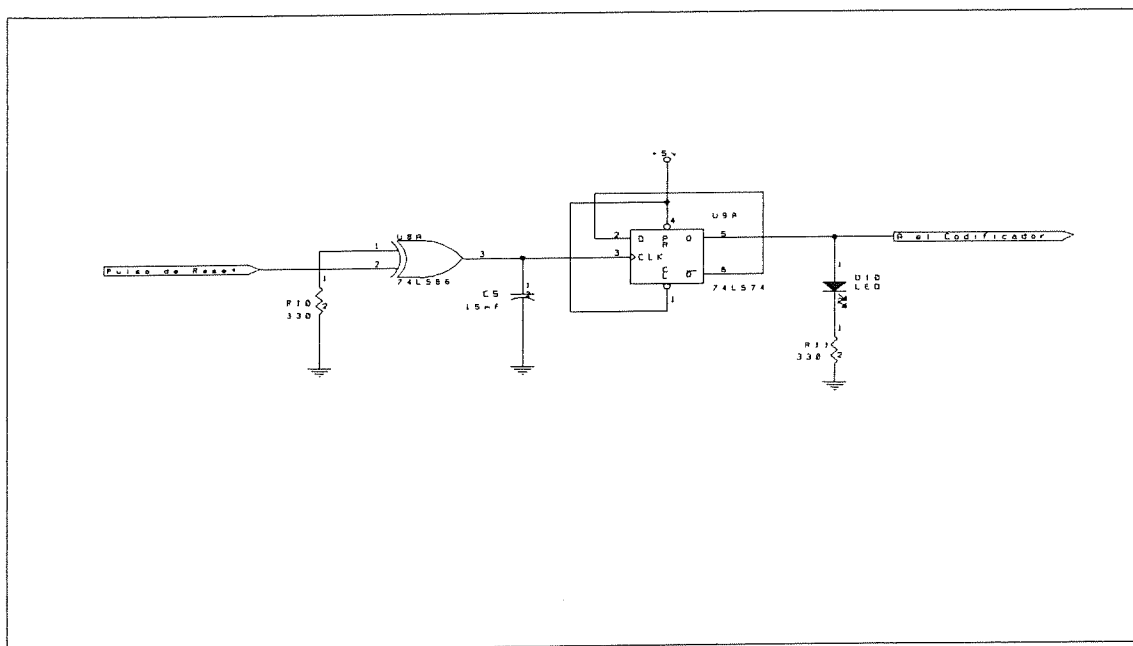


Figura 5h. Cambio en el control de dirección

Como se puede apreciar este circuito trabaja en una forma muy parecida a la del controlador anterior pero con la diferencia de que no utiliza optoacopladores conectados en las entradas de la compuerta EXOR sino que manda una de sus entradas directamente a tierra por medio de **R10** y en la otra conecta el bit de reset.

La salida de la compuerta se conecta directamente a el Flip-Flop eliminando el oscilador debido a que el bit de entrada en la compuerta EXOR no contiene mucha interferencia como en el caso anterior donde estaban expuestos a la interferencia producida por el motor (que hacia girar al corcho), y algunos otros factores, con esto disminuye considerablemente la probabilidad de que no detecte el flanco positivo el reloj CP del Flip-Flop. El Flip-Flop es conectado de igual forma que en el controlador anterior.

Cada vez que el programa de manejo y control mande resetear al reloj de el módulo de interface, se producirá un cambio de estado en la Q del Flip-Flop con esto el circuito codificador hará girar la antena en el sentido contrario al cual esté girando.

ÉTAPA DE POTENCIA

Para la etapa de potencia se utilizaron 2 optoacopladores dobles **TLP2630**, 4 Transistores **2S323** y 4 Diodos **1N4001**.

Las salidas del circuito codificador se conectan en los optoacopladores, pero debido a que los optoacopladores son inversores se tuvo que cambiar la compuertas **AND** del codificador por compuertas **NAND** dejando todo lo demás igual. La salida de los optoacopladores se conectan cada una a la base de un transistor **PNP**, los cuales tiene unidos los emisores y conectados a +5 volts (conectados como interruptores), en los colectores se conectaron una de las terminales de las bobinas del motor y las otras se mandaron a tierra. Debido a que las bobinas cuando se les retira la corriente, generan una corriente en sentido inverso a la suministrada, se tuvo que poner un diodo en cada extremo de las bobinas, polarizado inversa mente para hacerle un camino a la corriente inversa que se genera y mandarla a tierra. El circuito se muestra en la figura 5i, este circuito no resultó muy eficiente debido a que los transistores; pese a que son iguales, tienen diferencias y la temperatura les afecta demasiado, por lo cual se buscó otra solución.

Para el nuevo diseño se utilizó el CI **MAX625CNG**, el cual es un integrado realizado especialmente para la etapa de potencia de los motores de pasos y por lo cual, tiene resueltos todos los problemas que se tenían en el diseño anterior. Este circuito tiene 4 entradas **TTL** en las cuales se conectan las salidas del circuito codificador directamente, en cada una de las 4 salidas tiene un **FET** (Transistor de Efecto de Campo), lo cual permite tener una alta impedancia en la entrada y además cada salida puede ser alimentada con un nivel de voltaje diferente e inclusive más alto que el de entrada pudiendo trabajar con corrientes de hasta 3 ampers por salida. Cada salida tiene internamente conectada un diodo polarizado en forma inversa para solucionar el problema de la corriente inversa en las bobinas.

Las bobinas del motor se conectan en forma directa a las salidas del CI y las alimentaciones de cada salida son unidas y conectadas a la alimentación. El circuito se muestra en la figura 5j.

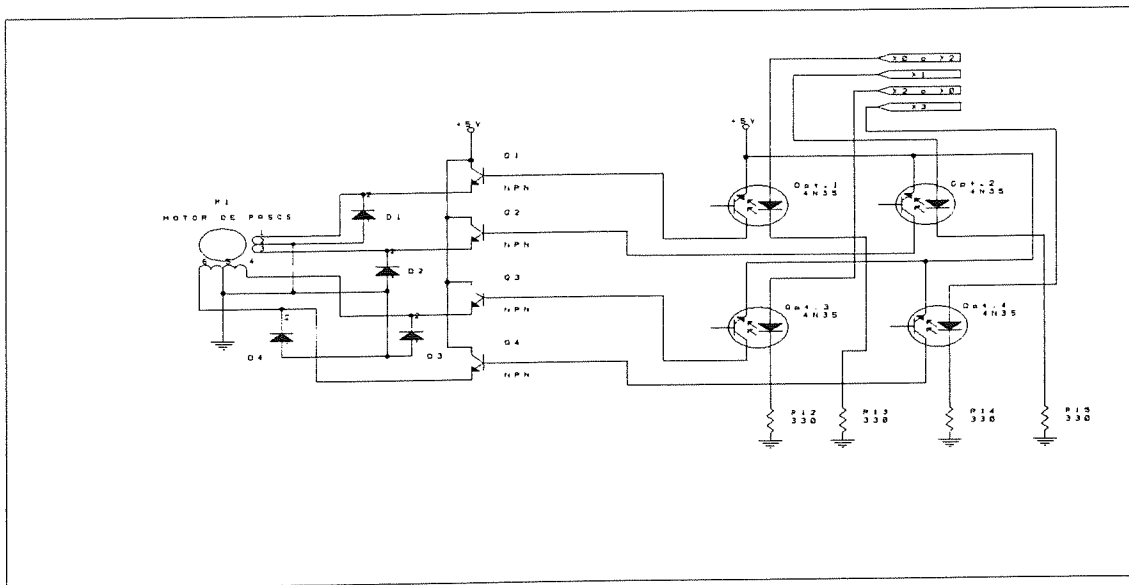


Figura 5i. Etapa de potencia

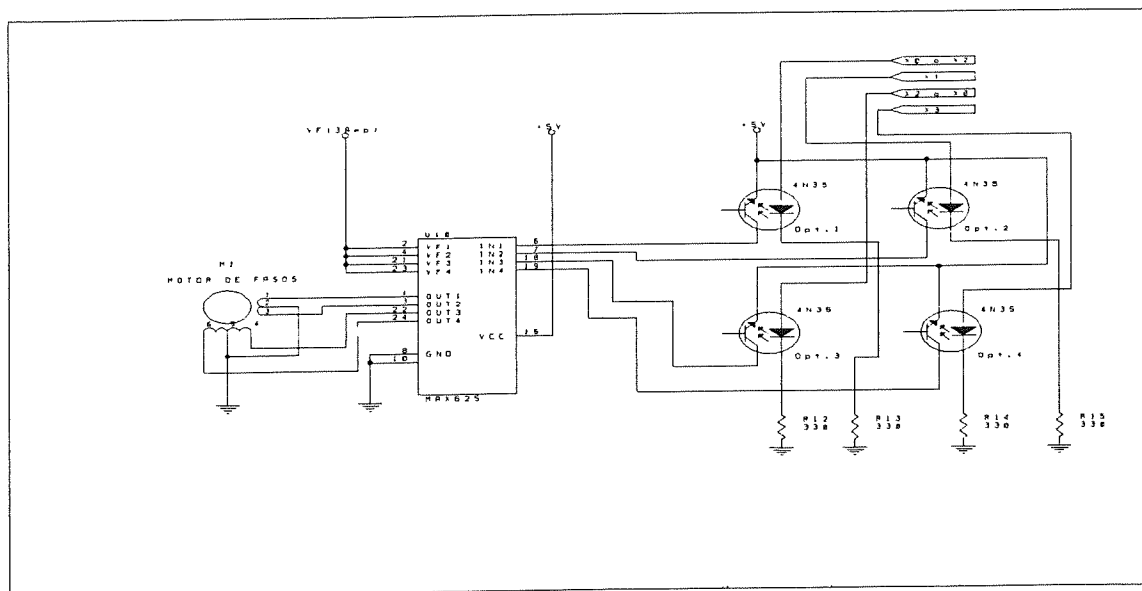


Figura 5j. Nueva etapa de potencia

ESQUEMA GENERAL DE LA TARJETA

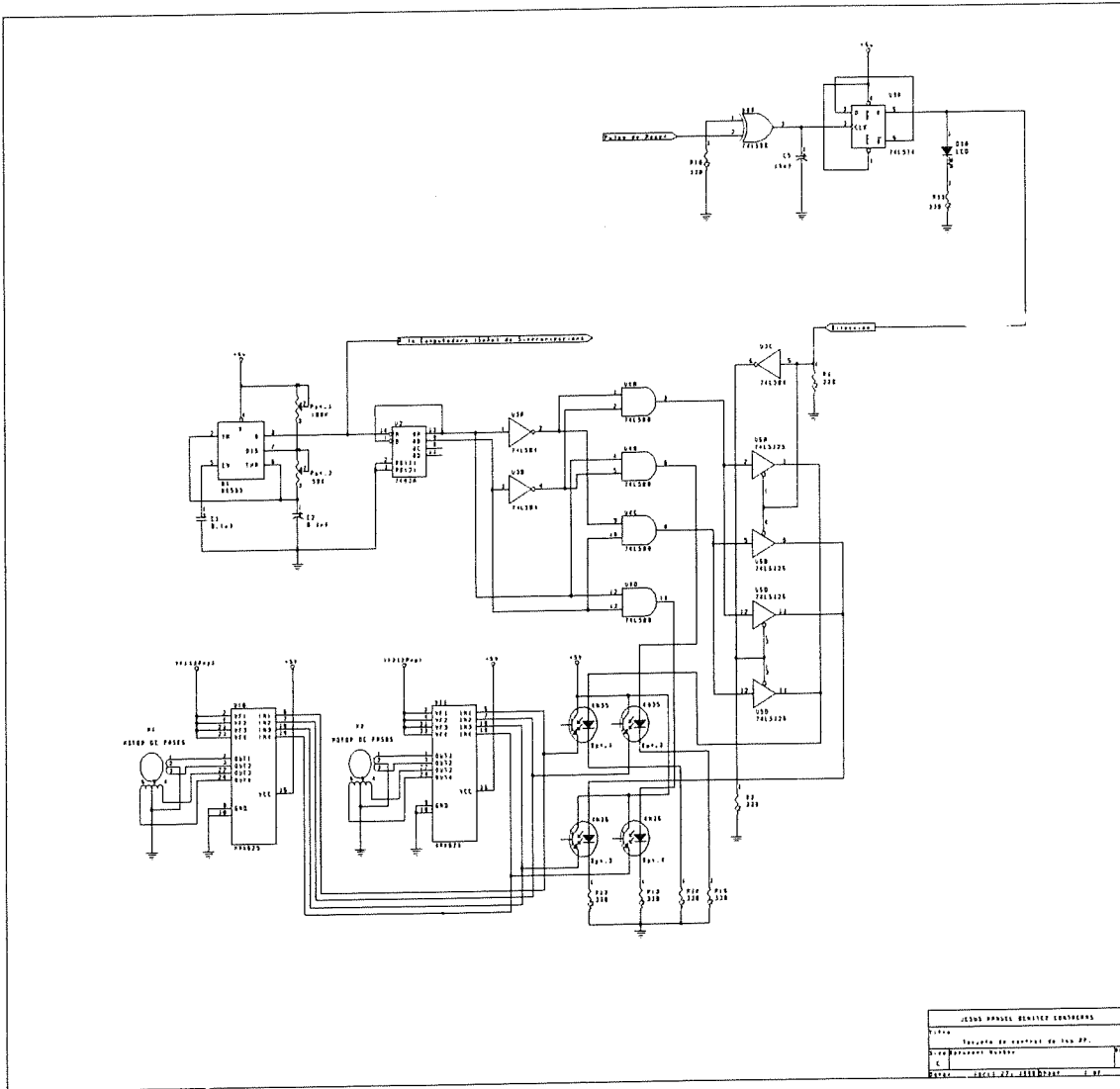


Figura 5k, Circuito completo de la tarjeta

6 CONSTRUCCIÓN DE LOS AMPLIFICADORES DE RECEPCIÓN

INTRODUCCIÓN

Después de la antena se encuentran tres etapas que conforman la etapa de recepción ; una de ellas debe de discriminar las frecuencias fuera del ancho de banda de interés, dejando pasar únicamente la señal deseada, una segunda etapa que amplifique la señal , ya que esta es muy pobre para poder ser manejada y una etapa final que se encargue de darnos una respuesta lineal para la interpretación final.

Como se mencionó anteriormente el sistema opera a una frecuencia de 10.00MHz; sin embargo, la antena de recepción recibe “miles” de frecuencias del espectro electromagnético por lo cual el sistema de recepción debe de contar con algún dispositivo que permita discriminar las frecuencias no deseadas y por el contrario deje pasar únicamente ésta frecuencia. Una vez seleccionada la frecuencia de operación se deberá amplificar la señal debido a que esta es generalmente muy pequeña en amplitud por lo cual las etapas subsiguientes no podrían trabajarla, y por último una etapa que se encargue de proporcionar una respuesta lineal para su posterior interpretación. En este capítulo se describen precisamente cada una de las etapas anteriores que forman en conjunto el receptor del radiogoniómetro.

CIRCUITO SINTONIZADO

En esta etapa se utiliza un circuito resonante en paralelo. Su funcionamiento es; como se mencionó anteriormente, dejar pasar la banda de interés y discriminar a las demás. Esto sucede porque la característica de este circuito es tener alta impedancia a la frecuencia que fue diseñado y baja impedancia a otras frecuencias; esta baja impedancia permite que las frecuencias que no son de interés sean directamente conectadas a tierra, por lo cuál la salida del circuito sintonizado será únicamente la señal deseada. La figura 6a muestra un circuito sintonizado en paralelo conectado a una antena y la ecuación para calcularlo.

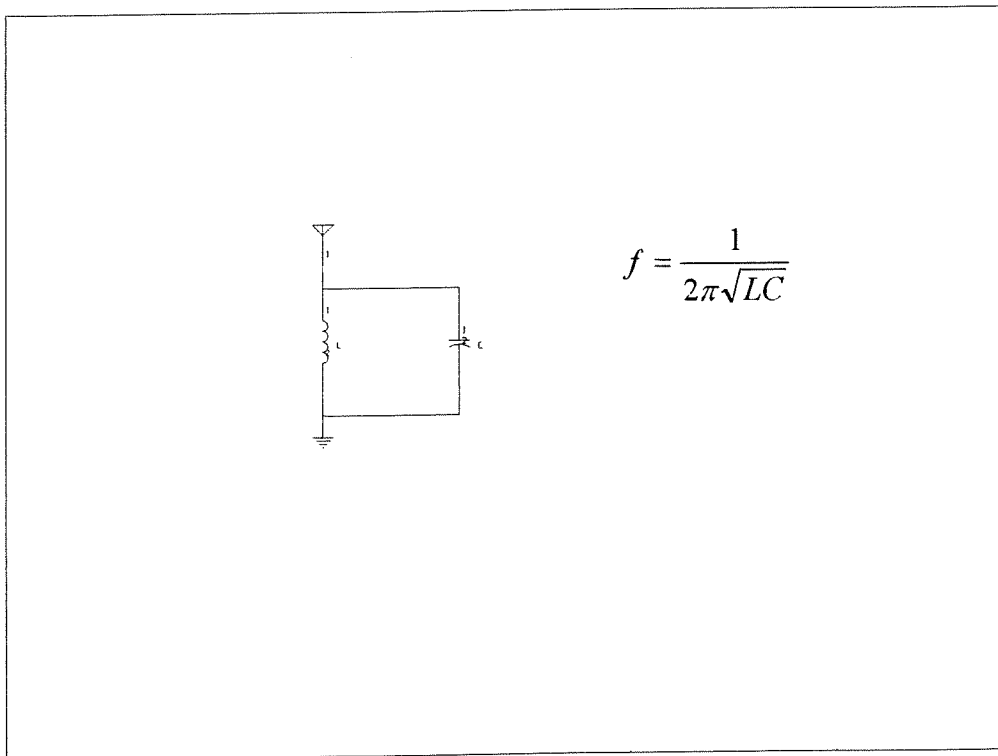
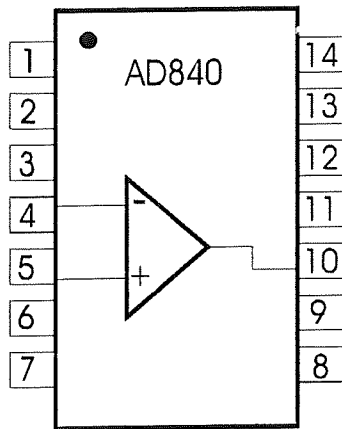


Figura 6a. Circuito sintonizado

AMPLIFICADOR DE ENTRADA

Esta etapa se utiliza para recibir la banda ya seleccionada por el circuito sintonizado y darle una ganancia de tal forma que se pueda trabajar con ella. Esto se logró mediante un amplificador AD840 (figura 6b), con características que satisficían lo necesario para tener una buena ganancia .



Características:

- Producto Ancho de Banda 400MHz Ganancia ≥ 10
- Slew Rate 400 V/us
- Salida de Corriente 50mA min

Aplicaciones:

- Amplificador de Video
- DAC y ADC buffers

Figura 6b. Circuito Integrado AD840

Este circuito integrado tiene un producto ancho de banda-ganancia adecuado para tener una buena ganancia a 10.0MHz (figura 6c), y por eso fue escogido, además de que previamente se contaba con el, con estas características teníamos una señal ya manejable de aproximadamente entre 100 a 850 milivolts.

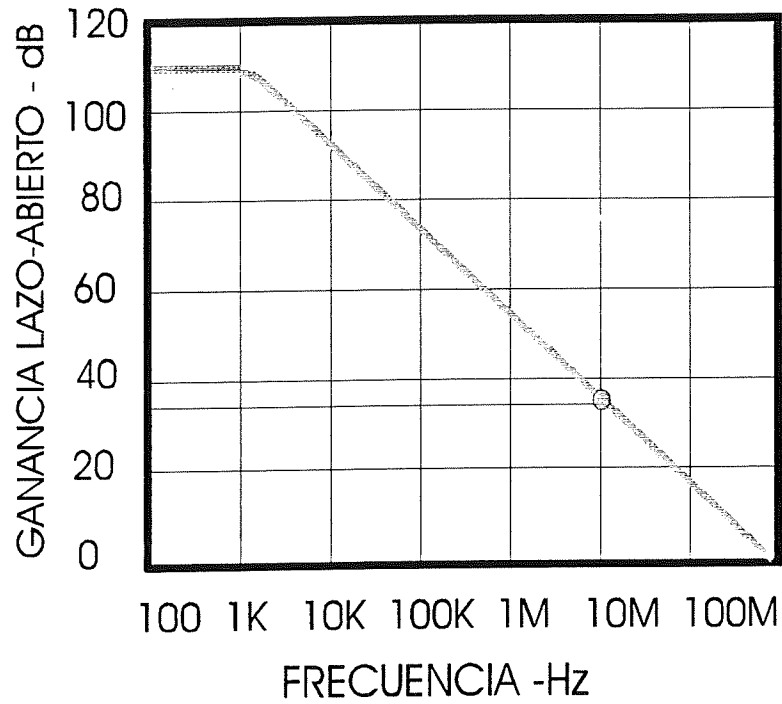


Figura 6c. Producto Ancho de Banda-Ganancia

Diseñado a una ganancia de 23 en configuración inversor (figura 6d), con una alimentación de $\pm 9\text{v}$, se simplifico la elaboración del amplificador.

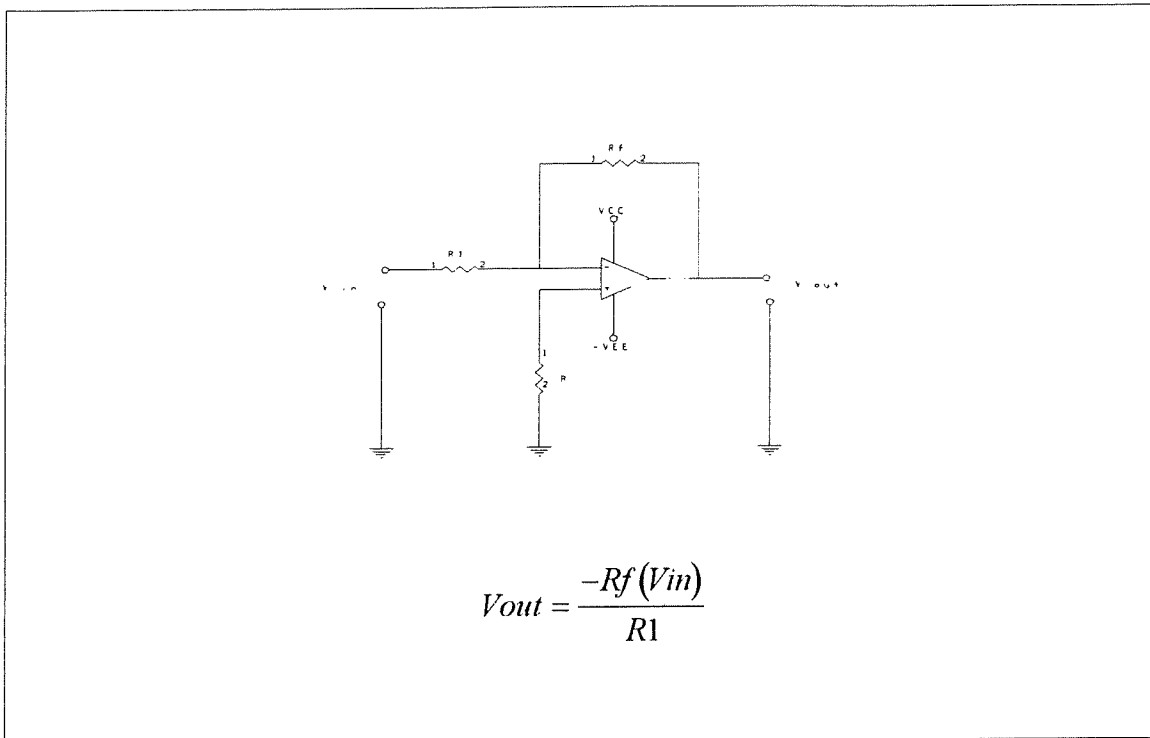


Figura 6d. Amplificador Inversor.

MISCELÁNEOS

Es la etapa que se encarga de rectificar la señal que es entregada por el amplificador de entrada, en otras palabras integra el valor senoidal de la señal recibida en un valor de DC que puede ser interpretado por un convertidor analógico - digital y así poder manejar los datos en una PC. Esto se logra mediante un diodo rectificador de conmutación rápida y un circuito que mantenga la señal parecida a una de CD; esto mediante un arreglo RC que nos de una constante de tiempo mas grande que el de la señal de 10.00MHz ($t > 100n \text{ seg.}$). La figura 6e muestra esta etapa.

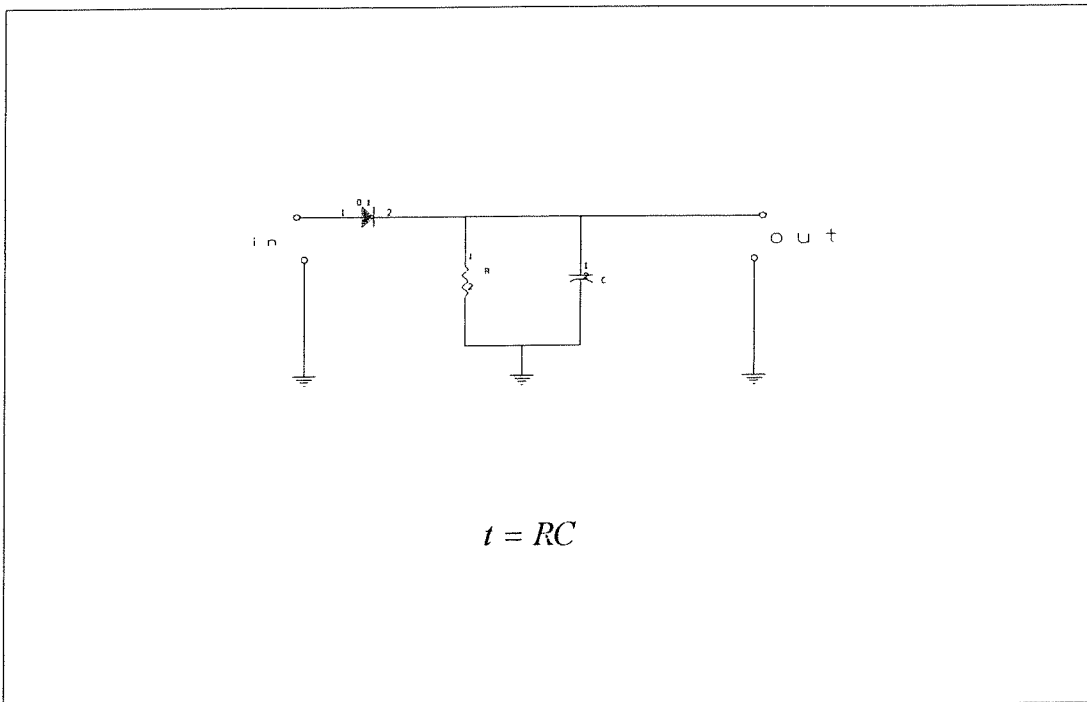


Figura 6e. Rectificador - Integrador

AMPLIFICADOR DE SALIDA

Esta etapa mas que nada es amplificador inversor (figura 6d) con una ganancia de aproximadamente 5. El operacional escogido para esta etapa fue el **LF353** con muy alta impedancia de entrada y por ser muy común, además que su alimentación es igual a la del **AD840**. Su función es el amplificar una señal de DC variable, que es entregada por el rectificador ,según la recepción del sistema.

ESQUEMA GENERAL

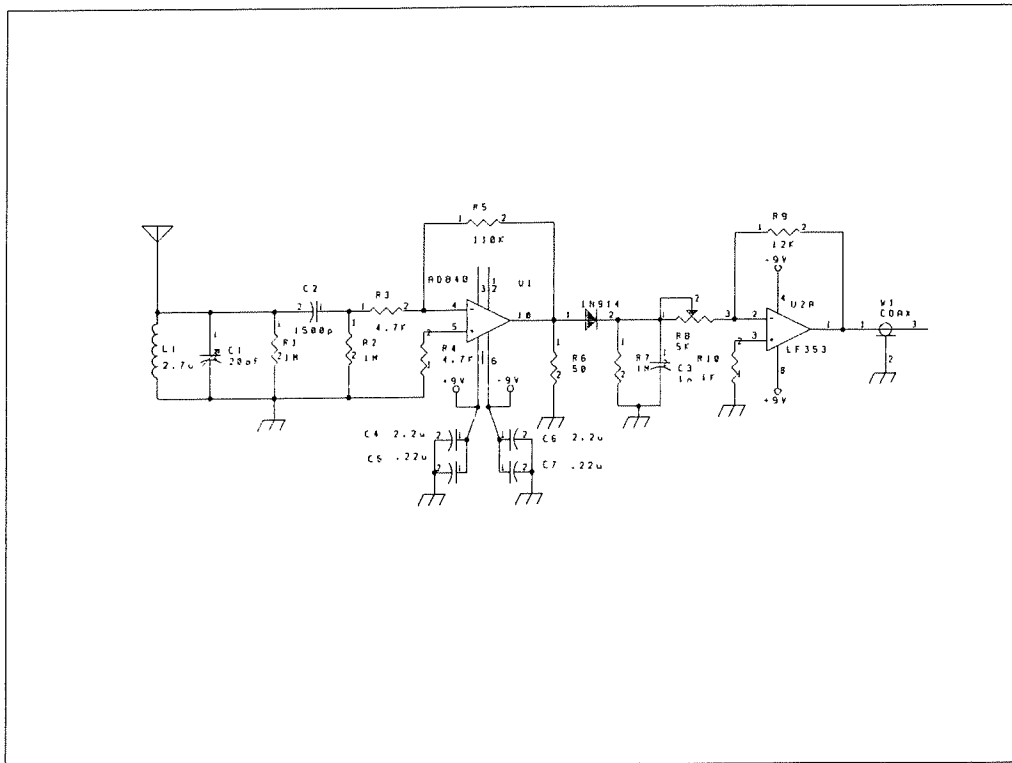


Figura 6f. Esquema general del receptor

VII MÓDULO DE INTERFACE

INTRODUCCIÓN

El módulo de interface esta constituido de 3 bloques principales (bloque de datos, bloque del contador y bloque de selección), y utiliza el puerto paralelo LPT1 para comunicarse con el programa de manejo y control (cargado en una computadora personal), este puerto consta de 8 bit's de salida (bit's de control), y 5 bit's de entrada (bit's de datos). La razón de la utilización de dicho puerto es porque es utilizado normalmente para manejo de impresoras y por lo cual es muy común.

ESQUEMA GENERAL DEL MÓDULO DE INTERFACE

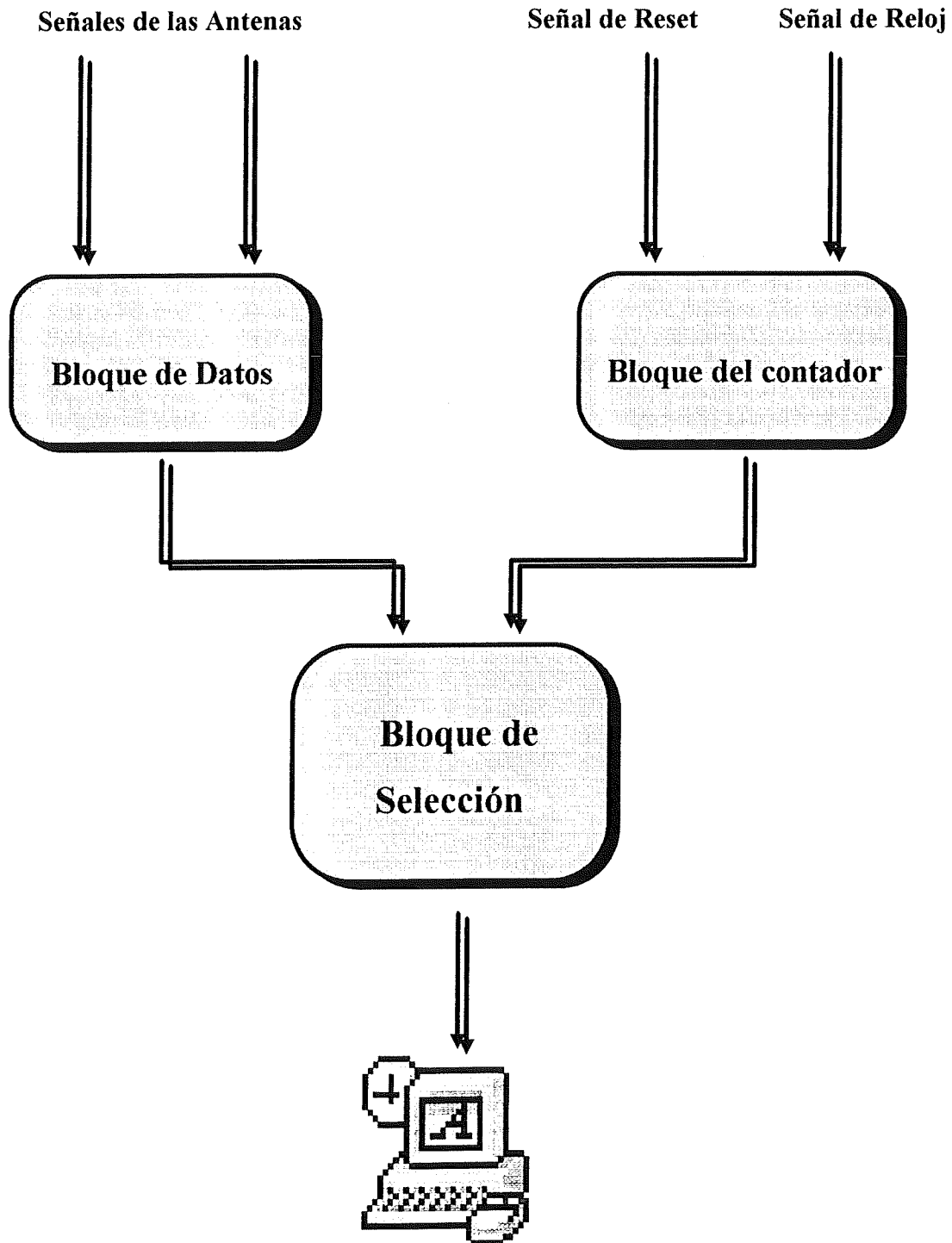


Figura 7a. Bloques que componen el modulo de interface

ENLACE DE DATOS

En este caso el enlace se realizó en forma directa, no teniendo la necesidad de utilizar algún método para ello debido a que este proyecto es realizado con fines didácticos, el ambiente en el cual se puso en operación es de poco ruido (laboratorios), pero si se va a operar en ambientes ruidosos o en distancias muy grandes se recomienda la utilización de algún método de transmisión para evitar que se introduzca algún tipo de ruido o interferencia en las líneas utilizadas y se obtenga una lectura errónea. Unas posibles soluciones podrían ser la modulación en **PWM**, por **RS232** (limitado a 15 metros), por **elevación de nivel**, etc.

BLOQUE DE DATOS

Este bloque se realizó en base a los siguientes circuitos: multiplexor **4052**, convertidor analógico a digital **ADC 0804**, inversor **7404** y el reforzador **74244**.

El CI 4052 es un multiplexor doble de 4 canales, tiene dos líneas para selección del canal (líneas A y B). En el canal 1 y 2 se conectan respectivamente las salidas de los amplificadores de baja frecuencia de los módulos de las antenas y en las líneas de selección se conectan los bit's 3 y 4 respectivamente, la selección del canal se realiza de acuerdo a lo mostrado en la tabla 6. La salida del multiplexor es conectada a la entrada del convertidor ADC el cual es un convertidor sencillo de 8 bit's de salida [5]. Para que el ADC realice una conversión es necesario mandarle una ráfaga de 4 ciclos de reloj en la patita 3 (de escritura), con esto se asegura una conversión adecuada, el circuito se muestra en la figura 7b.

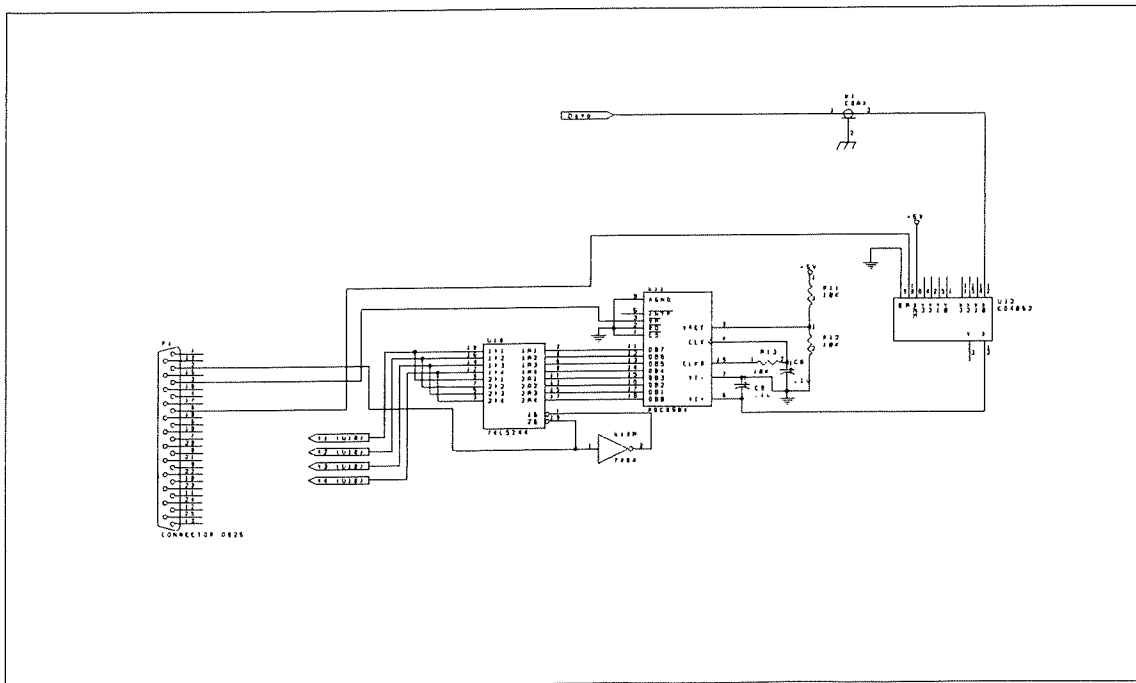


Figura 7b. Bloque de datos

Debido a que el puerto paralelo LPT1 solo tiene 5 bit's de entrada y la salida del convertidor es de 8 bit's, es necesario dividir esta salida en dos partes iguales (de 4 y 4 bit's respectivamente), y mandarla hacia la computadora en dos tiempos, mandando primero la parte baja e inmediatamente después la parte alta, para esto se utiliza el CI 74244 el cual contiene 8 reforzadores con salidas en tercer estado divididos en dos grupos de 4, cada grupo controlado por un reforzador con entrada negada. En el primer grupo se conectan los cuatro bit's de la parte baja del convertidor y en el segundo grupo los cuatro restantes de la parte alta, las salidas del grupo uno son conectadas con sus equivalentes en el grupo dos (1 con 1, 2 con 2, etc.), como se aprecia en la figura 7b. Las salidas ya unidas, se mandan al bloque de selección para determinar cual de las dos parte se manda primero (se utilizó un bit de control donde con un alto se selecciona la parte alta del byte y con un bajo la parte baja, requiriendose del uso de un inversor (CI 7404) como se muestra en la figura 7b.

BLOQUE DEL CONTADOR

Para la elaboración del contador binario de 8 bit's se utilizaron dos CI **7493**, este contador es controlado por una entrada de reloj, la cual es tomada del reloj de la tarjeta de control de movimiento y con esto se asegura que por cada paso de los motores de los módulos de las antenas se tiene un incremento en el contador binario. También tiene una entrada de reset la cual reinicia al contador en cero cada vez que es puesta en un nivel de voltaje alto (figura 7c).

Los 8 bit's del contador se conectan al CI **74373** el cual esta compuesto de 8 flip-flops tipo D (uno por cada entrada), estos son utilizados para amarrar momentáneamente los 8 bit's procedentes del contador, la salida del CI 74373 es dividida en dos utilizando un CI 74244 de la misma forma y por las mismas razones descritas en el bloque de datos.

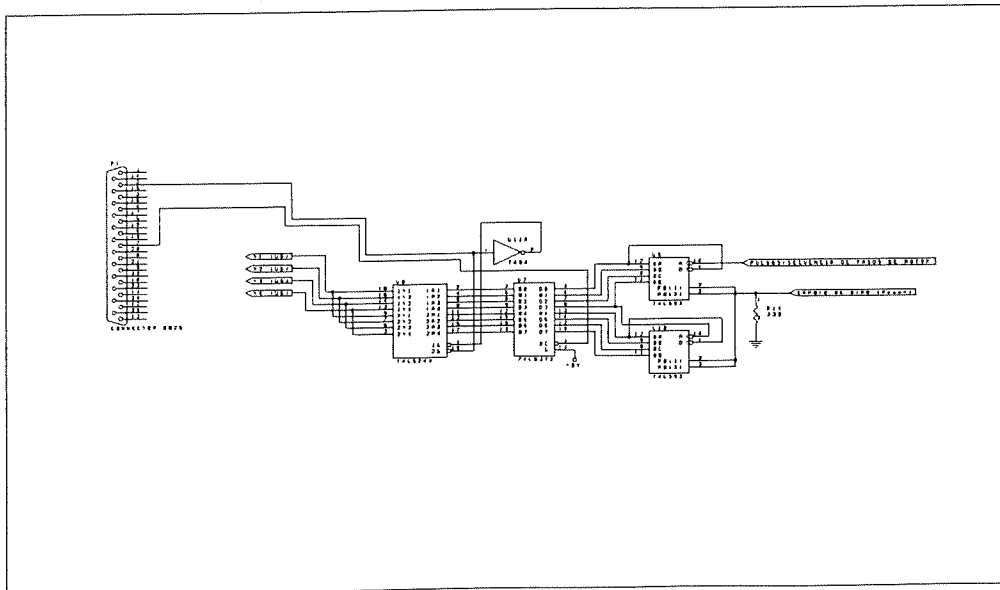


Figura 7c. Bloque del Contador

BLOQUE DE SELECCIÓN

El bloque de selección esta compuesto principalmente de un CI 74244, al cual se le conectaron en el primer grupo de reforzadores el dato proveniente del bloque de datos y en el segundo grupo el dato proveniente de el bloque del contador, el funcionamiento del CI 74244 es similar al analizado en el bloque de datos para este mismo CI, pero con la diferencia que en lugar de mandar primero la parte baja y luego la parte alta del dato de entrada, ahora mandará primero el dato del bloque de datos (dando tiempo para que pasen la parte baja y la parte alta del dato), y el dato del bloque del contador (dando nuevamente tiempo para que pasen las dos partes del dato). Las salidas del CI 74244 van directamente a 4 de los 5 bit's de entrada del puerto LPT1 a través de un conector DB25, y el circuito de este bloque se muestra en la figura 7d.

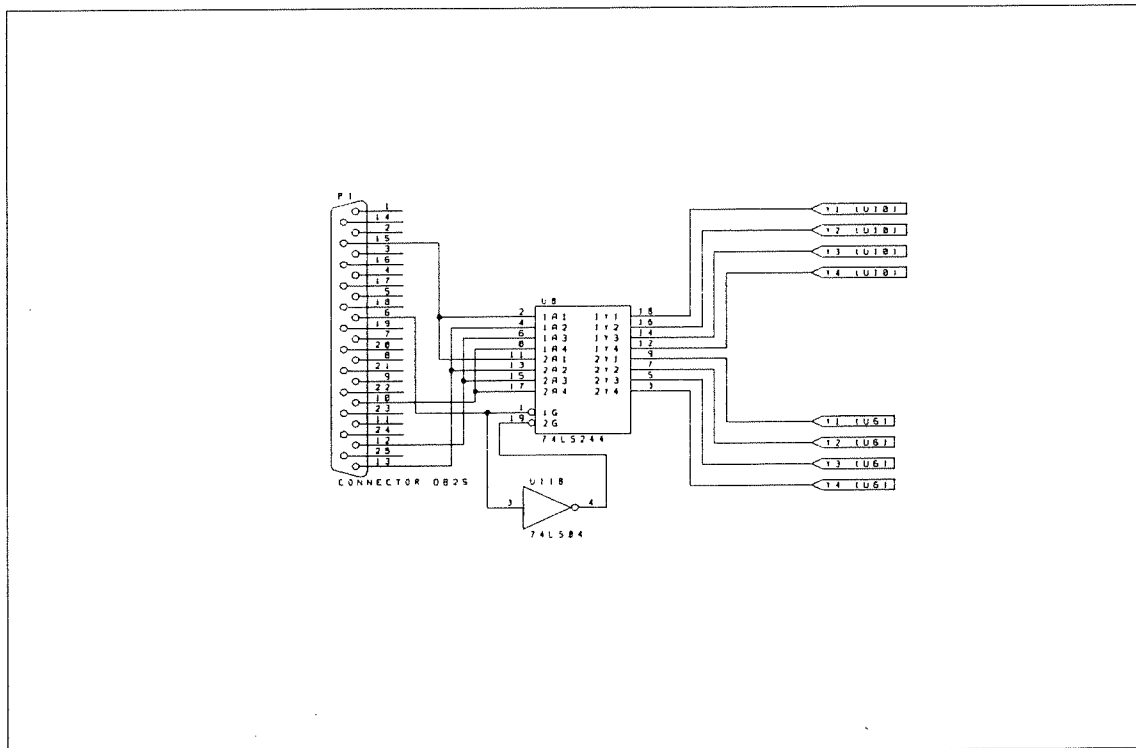


Figura 7d. Bloque de selección

DATOS EXTRAS DE SALIDA

Fueron utilizados 2 líneas extras de salida (en la versión para Windows), de las cuales una se utilizó par activar un sirena luminosa y sonora cada vez que se violara el sistema de seguridad y la otra se utilizo para activar el sistema de audio.

La tabla 8 muestra la distribución de los 8 bit's de salida del puerto paralelo LPT1.

PIN #	Descripción
2	D0 Selector (Nivel alto >Msb) / (Nivel Bajo > Lsb)
3	D1 ADC al pin de interrupción
4	D2 SW1_A Conmutador Analógico
5	D3 SW1_B Conmutador Analógico
6	D4 Selector ADC / Contador
7	D5 Latch del Contador
8	D6 Salida Extra
9	D7 Salida Extra
10	LSB3 Bit 3 de lectura
12	LSB2 Bit 2 de lectura
13	LSB1 Bit 1 de lectura
15	LSB0 Bit 0 de lectura
18	Tierra

TABLA 5

8 EL TRANSMISOR

INTRODUCCIÓN

El móvil al que se rastrea tiene que enlazarse al sistema mediante un transmisor, solamente así se podrá detectar su posición encontrando el frente de ondas de donde proviene. Un transmisor simple es aquel que consta de un oscilador que funciona a la frecuencia que se transmitirá y una etapa que acople las impedancias entre este oscilador y el aire, llamada antena, para tener una óptima transferencia de energía, hay que calcular la longitud de la antena según la frecuencia de operación.

SELECCIÓN DE LA FRECUENCIA DE OPERACIÓN

La selección de la frecuencia de operación del sistema se debió a varias razones, una de ellas es la libre operación en la banda en que se encuentra y otra la facilidad de la construcción de las antenas por su longitud física. Si se selecciona una frecuencia muy baja la longitud de la antena se haría muy grande y si es muy alta se nos complica el trabajar con dicha frecuencia en el transmisor y más en el receptor.

El transmisor genera una frecuencia de portadora de 10MHz y no requiere ningún método de modulación ya que el radiogoniómetro basa su funcionamiento unicamente al nivel de la señal recibida y no en una información transmitida.

CONSTRUCCIÓN DEL TRANSMISOR

Se procedió a construir un transmisor mostrado en la figura 8a, las características de funcionamiento de este transmisor fueron muy inestables en frecuencia y amplitud, debido a esto fue necesario el cambio de diseño por uno con características contrarias a este transmisor.

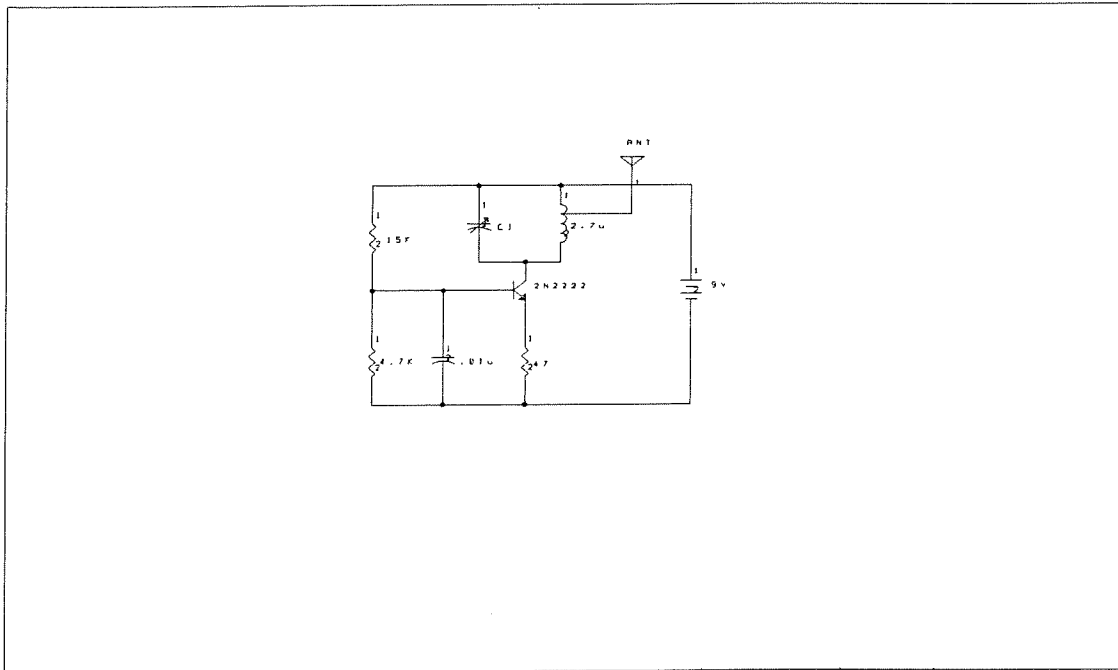


Figura 8a. Transmisor

CAMBIO DE TRANSMISOR

El transmisor que utilizamos es uno con característica muy estables en su frecuencia de operación debido a que dicha frecuencia depende de un cristal a 10.00 MHz, esto nos da una seguridad extra para no tener problemas de corrimiento de frecuencia y tener errores de lecturas en la etapa de recepción. La figura 8b muestra la configuración de nuestro transmisor.

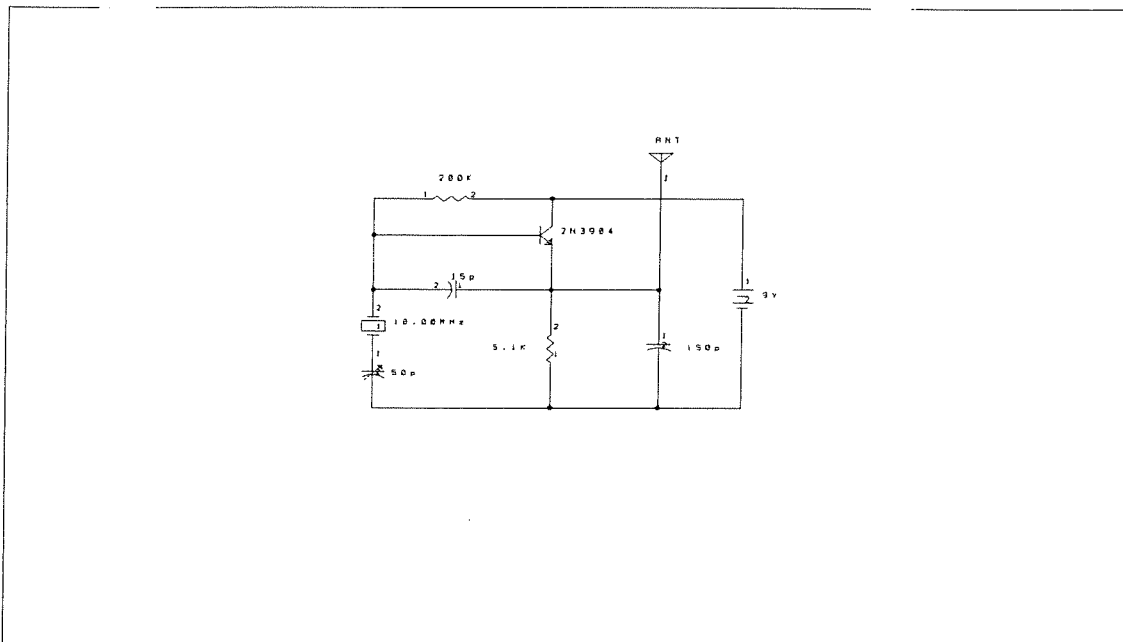


Figura 8b. Transmisor a 10.00MHz

9 PROGRAMAS PARA AJUSTAR LAS ANTENAS

INTRODUCCIÓN

Se elaboraron dos programas durante la construcción de las antenas de radiogonometría con el fin de obtener el “*error de direccionalidad*” (uno en Turbo C y otro en Visual Basic), y hacer el ajuste en la etapa de sintonización de la señal de recepción.

Recordando el funcionamiento de las antenas de cuadro, teóricamente cada antena tiene un nulo o zona de mínima recepción cada 180 grados, es decir un nulo cada vez que el plano de la antena es perpendicular a la fuente transmisora; este error es provocado por dos causas, una de ellas consiste en la diferencia de longitudes físicas y la otra por desigualdades en las longitudes eléctricas en los extremos de la antena. Esto provoca que la posición en la cuál la antena ubica a la fuente transmisora no sea la posición real en la cuál se encuentra , a esta diferencia en las posiciones le llamamos “*error de direccionalidad*”.

Al conocer el error de direccionalidad obtenemos un factor de corrección, el cuál nos permite a la hora de hacer cálculos en el programa de radiolocalización hacer un ajuste y obtener la posición real.

Colocando la antena de cuadro de tal forma que su plano quede perpendicular a un transmisor de 10.00MHz se hace girar de 0 a 180 grados, se toma el numero de grados en que la antena recibe un mínimo de señal, con esto damos con el “*error de direccionalidad*”, como se muestra en la figura 9a.

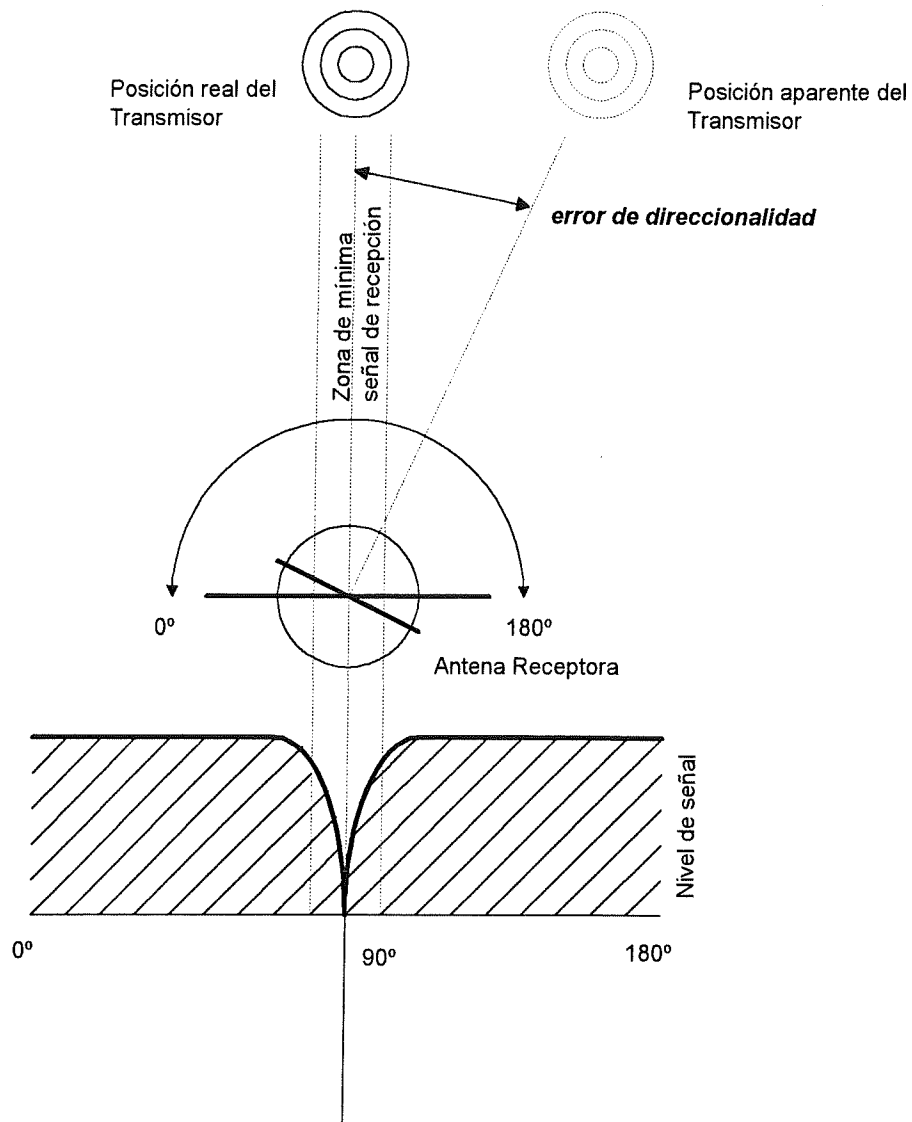


Figura 9a. Dirección real de la antena (*error de direccionalidad*)

DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA

Para D.O.S.:

El programa de pruebas de antenas para esta versión muestra en pantalla un indicador del vector de dirección y otro indicador que nos da una idea del nivel de señal que se esta recibiendo, entre 0 y 255 niveles (este indicador no tiene graduación, porque lo importante es encontrar un mínimo de señal y no un máximo), además de un vector que nos indica el mínimo en cada barrido como lo muestra la figura 9b.

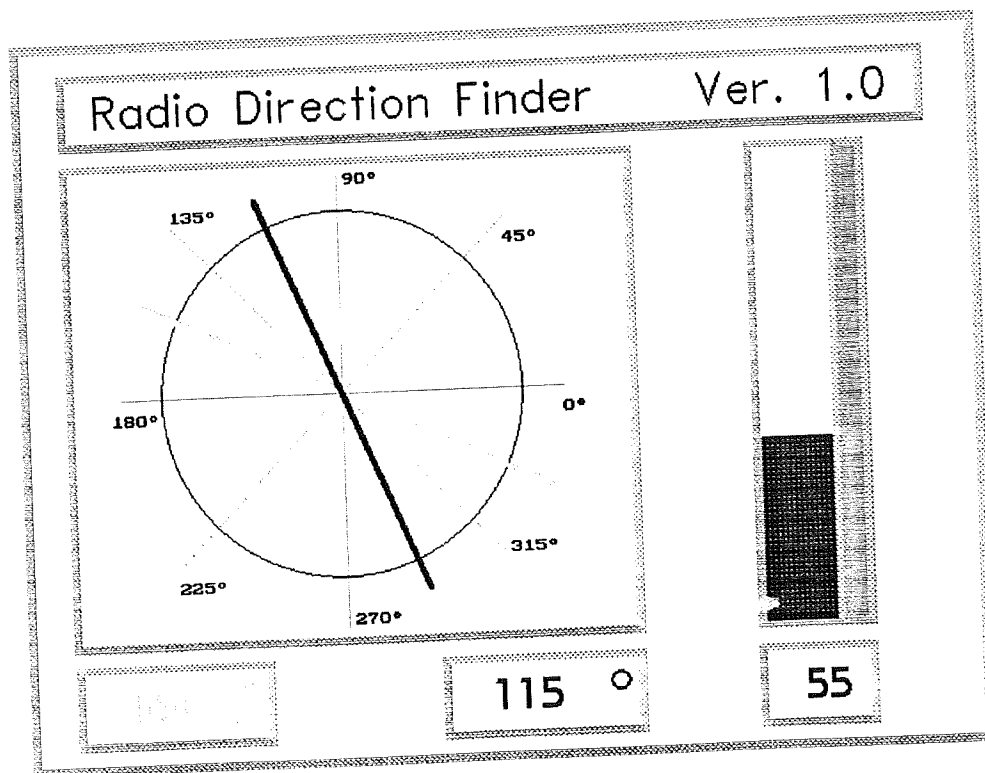


Figura 9b. Presentación para DOS

Para Windows:

El programa realizado para esta versión, muestra en pantalla el nivel adimensional de la señal recibida, el paso en cuál se encuentra la antena, el nivel y el paso en cuál se encontró el mínimo nivel de señal recibida y el sentido que sigue la antena, como lo muestra la figura 9c.

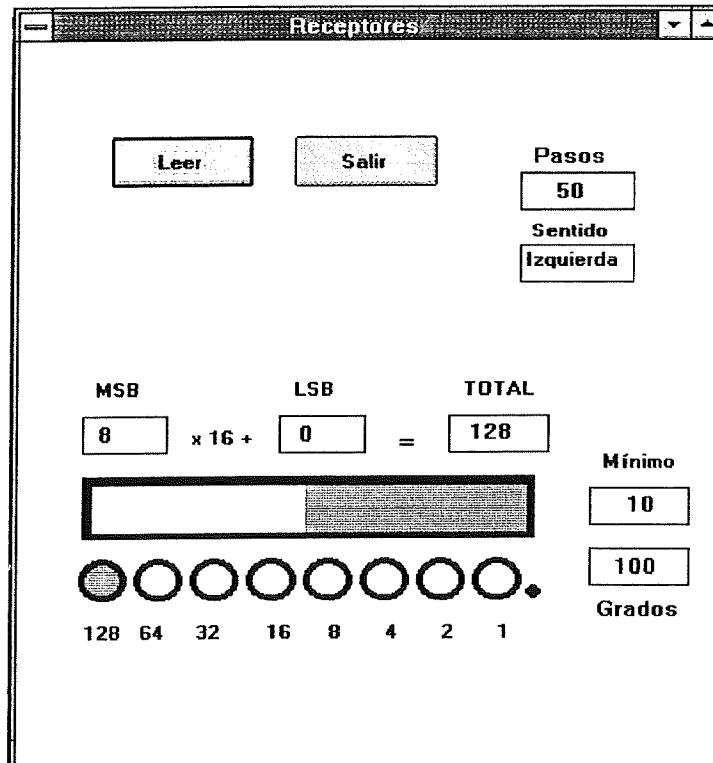


Figura 9c. Presentación para Windows

ALGORITMO DE OPERACIÓN

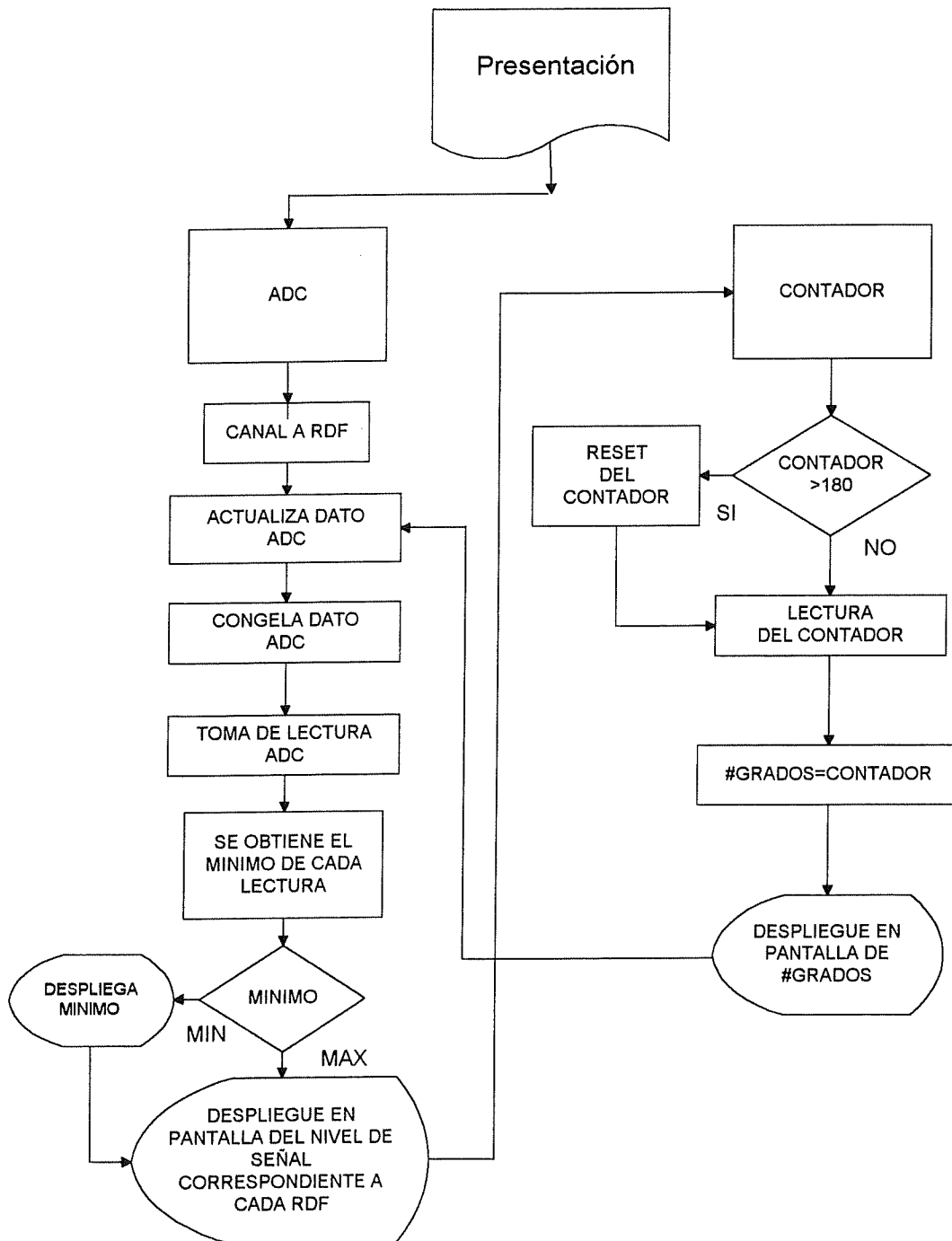


Figura 9d. Algoritmo de operación para el programa de ajuste de antenas

10 PROGRAMAS DE MANEJO Y CONTROL DEL SISTEMA

INTRODUCCIÓN

Apoyados en la elaboración del programa de ajuste de las antenas se hizo este programa; teniendo la interpretación gráfica de los datos adquiridos por el sistema .

Se hicieron varias versiones pasando desde la más primitiva con una sola antena de radiolocalización hasta la versión con dos antenas y coordenadas de posición relativa. Una versión del programa se hizo en Turbo-C para D.O.S. y la otra en Visual Basic 3.0 para Windows.

DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA

Para D.O.S.:

El principio de operación que sigue esta versión es adquiriendo el vector de dirección del frente de onda del transmisor móvil de 10.00MHz, de cada antena. Sabiendo con anticipación la posición exacta, en el mapa del área a cubrir, de cada antena receptora, se procede a la adquisición de los vectores de dirección, los cuales se interceptan entre si, teniendo los tres puntos de intersección, ahora tenemos un área triangular de la posible localización del objeto móvil. Obteniendo el área triangular, se procede a la ubicación del centro del área triangular, colocando un punto en la pantalla, para dar una aproximación de la posible posición del objeto móvil transmisor dentro de esta área, como se muestra en la figura 10a.

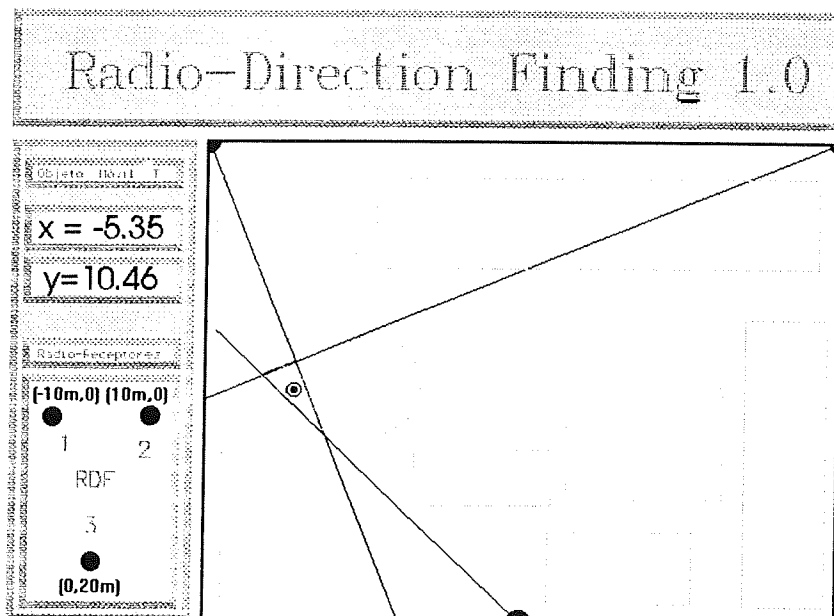


Figura 10a. Triangulación del objeto móvil transmisor

La presentación gráfica del programa nos muestra la posición relativa del objeto móvil transmisor. Esto se logra teniendo en pantalla una mapa a escala del área a cubrir, sabiendo de antemano que la posición inicial esta medio de la antena RDF 1 y RDF 2 (0m,0m); que tenemos 10 metros hacia RDF 1 (-10m,0m), otros 10 metros hacia RDF 2 (10m,0m) y 20 metros de cobertura hacia RDF 3 (0m,20). Si la colocación de las antenas cumplen con estos requisitos el cálculo de la posición del objeto móvil, en coordenadas rectangulares , será una buena aproximación a posición real.

Para Windows:

Este programa sirve para poder visualizar en el monitor de una computadora, el lugar mas aproximado a la posición real en la cual se encuentra ubicado un transmisor, el lugar es visualizado poniendo un punto sobre un mapa o plano del área a monitorear. Previamente se introdujo el mapa del área a monitorear y se establecen las posiciones de cada estación receptoras. Como segundo paso se ajustan para que concuerden las posiciones que se indican en el mapa con las reales.

El programa realiza la localización tomando la señal procedente de las estaciones receptoras, en cada una de las cuales se encuentran una antena de cuadro girando de 0 a 180 grados en pasos de aproximadamente un grado, después de terminado un giro completo el programa de manejo determina en cual de los pasos se encontró el nivel mas bajo de señal para cada unidad de recepción, el paso en el cual se encontró el nivel mas bajo equivaldría a los grados que tendría la antena en ese momento (para cada estación de recepción), teniendo los grados a los cuales se encuentra el transmisor con respecto a cada estación de recepción, el programa traza líneas rectas hacia el y donde se intercepten las rectas seria el lugar donde se encontraría el transmisor. Después de determinar el lugar, el programa pinta un punto pequeño en dicho lugar indicando la presencia del transmisor, paso seguido invierte el giro de la antena receptora para cada estación, girando ahora de 180 a 0 grados, al terminar el giro nuevamente se repite el procedimiento anterior.

El lugar que el programa indica como en el cual se encuentra ubicado el transmisor, no es el lugar exacto, debido a errores que se presentan como por ejemplo: de directividad, no existir simetría entre las unidades de recepción, etc. pero debido a que la distancia de trabajo o el área de cobertura del sistema no es muy grande, la diferencia entre la posición de ubicación del transmisor no es muy notable.

En la figura siguiente (figura 10b), se muestra la interface gráfica del programa, en la cual se puede apreciar todo lo descrito anteriormente.

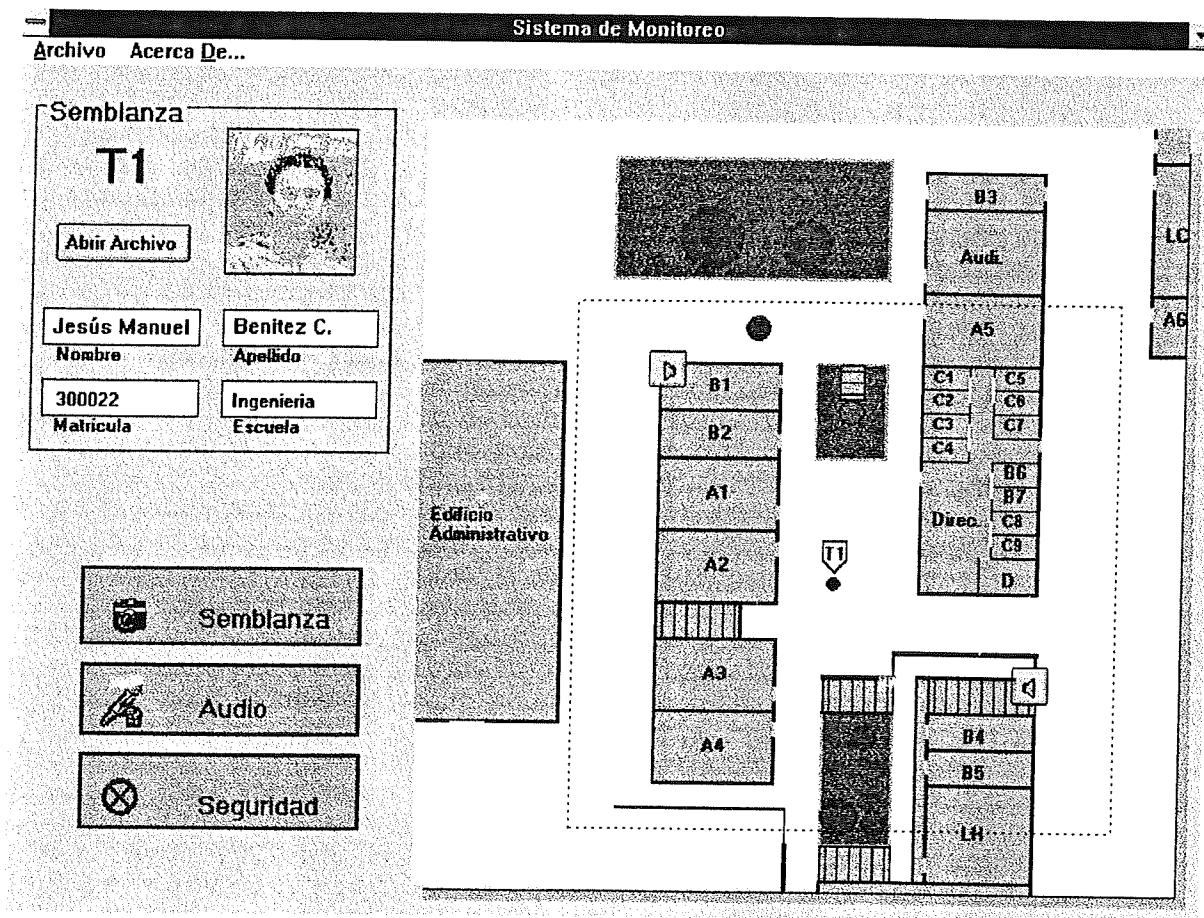
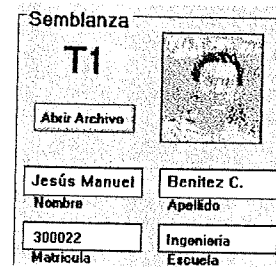
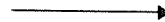
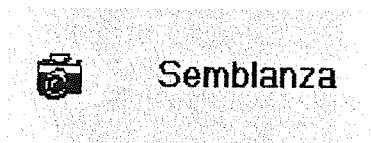


Figura 10b. Interface grafica

El programa además de la visualización gráfica de la ubicación del transmisor, cuenta con otras opciones como son:

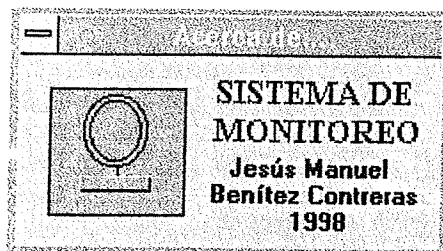
Semblanza:



Se hace una describe breve de la persona (para este caso), que porta el transmisor. Al presionar la opción de semblanza, aparecerá inmediatamente después el recuadro mostrado en la figura 10b, en el cual se muestra una foto de la persona y otras características.

Acerca De:

Creditos.



Audio:



Al activar esta opción, en la pantalla de monitoreo aparecerán dos bocinas las cuales fueron acomodadas previamente, las cuales se pueden apreciar en la figura 10b. Al aparecer las bocinas estarán deshabilitadas y para poder abilitarlas, solo basta con posicionarse por encima de la que se desee y presionar el botón izquierdo del ratón una vez.

Seguridad:



Para poder delimitar el área de movimiento del portador del transmisor, se implemento la opción de seguridad, la cual al ser activada aparecerá un recuadro punteado como se ve en la figura 10b, y si por alguna razón el portador del transmisor abandona este rectángulo por cualquiera de sus lados, se activara un indicador sonoro.

ALGORITMO DE OPERACIÓN

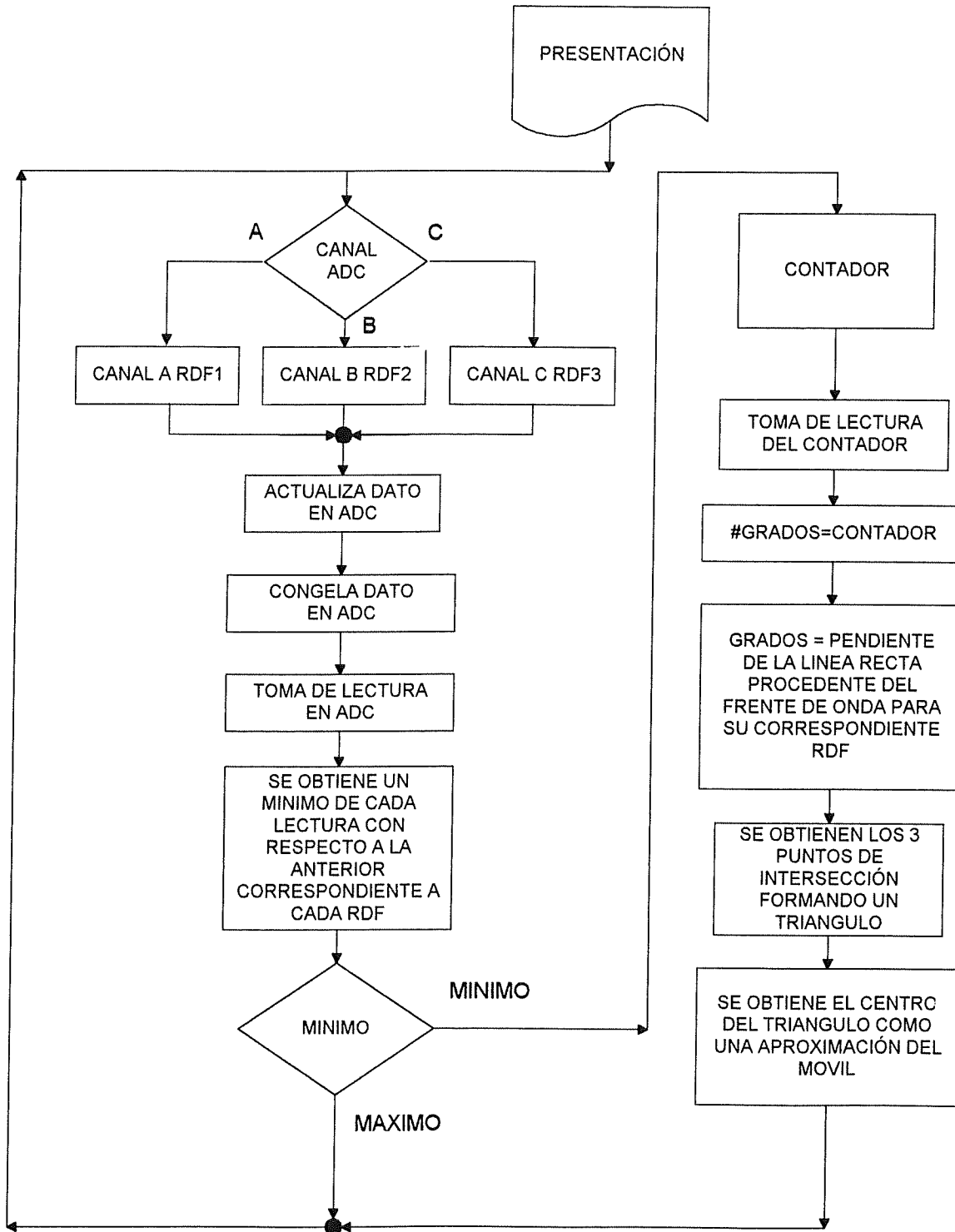


Figura 10c. Algoritmo de operación para el programa de manejo y control

11 CONCLUSIONES

El sistema de radiolocalización desarrollado nos da una idea de lo importante en estos días el saber la localización exacta de algo de importancia.

Este sistema se basa en un concepto de trigonometría; es decir el colocar dos o tres receptores que determinan el vector de dirección del frente de onda, del transmisor a localizar, e interceptar los vectores y determinar su posición.

El desarrollo de este sistema esta en una etapa en que se puede localizar al objeto en un mapa con coordenadas relativas y actualizar su posición constantemente. Como el sistema fue desarrollado con fines didácticos, queda en una posición de poder seguir mejorándolo.

12 BIBLIOGRAFIA

- [1] COMUNICACION ELECTRÓNICA. Robert L. Shrader. "Radiogoniometros".
Capítulo 29.
- [2] THE ARRL ANTENA BOOK. The American Radio Relay League . "Direction
Finding Antennas". Capítulo 14.
- ELECTRÓNICA SERIE UNO SIETE. Harry Mileaf. "Señales de Navegación".
Capítulo 1.
- ANALOG DEVICES. Manual de operación. Tomo II. "Operational Amplifiers" .
- RADIO HANDBOOK 23TH EDITION. SAMS . William I. Orr."Communications
receiver fundamentals". Capítulo 6.
- [3] MANUAL DE ESPECIFICACIONES PARA MOTORES DE PASOS "APPLIED
MOTION PRODUCTION".

13 APÉNDICE DE CIRCUITOS INTEGRADOS

U1	NE555, Temporizador
U2	7493A, Contador binario de 4 bit's
U3	74LS04, Inversor
U4	74LS08, Compuertas AND
U5	74LS125, Cuatro reforzadores con salidas en tercer estado
U6	NE555, Temporizador
U7	74LS74, Dos Flip-Flop tipo D
U8	74LS86, Compuerta OR exclusiva
U9	74LS74, Dos Flip-Flop tipo D
U10	MAX625, Control de potencia para motores de pasos
U11	MAX625, Control de potencia para motores de pasos
U12	CD4052, Multiplexor analógico de cuatro canales
U13	ADC0804, Convertidor analógico a digital mono canal con 8 bit's de salida
U14	74LS244, Cuatro reforzadores con salidas en tercer estado
U15	74LS04, Inversor
U16	74LS93, Contador binario de 4 bit's

U17	74LS93, Contador binario de 4 bit's
U18	74LS373, Ocho Flip-Flop tipo D con salidas en tercer estado
U19	74LS244, Cuatro reforzadores con salidas en tercer estado
U20	74LS244, reforzadores con salidas en tercer estado
U21	LF353, Amplificador operacional con estrada tipo BIFET
AD840	Amplificador de video

14 APÉNDICE DE NOMENCLATURA

RDF	Radio Direction Finding (radio búsqueda de dirección)
DF	Direction Finding (búsqueda de dirección)
C.I.	Circuito integrado
Hz	Hertz
MHz	Mega Hertz
λ	Longitud de onda
C	Velocidad de la luz (300000 Kilometros por segundo)
ms	Mili segundos
m	Metros
L	Longitud total
Ω	Ohms
KΩ	Kilo Ohms
MΩ	Mega Ohms
Pot.	Potenciometro
μ F	Micro Faradios

LSB	Low Significant Bit (bit menos significativo)
MSB	Maximum Significant Bit (bit mas significativo)
EXOR	Exclusive OR (OR exclusiva)
CP	Clock Preset (puesta del reloj)
TTL	Transistor Transistor Logic (logica transistor transistor)
FET	Field Efect Transistor (transistor de efecto de campo)
<i>f</i>	Frecuencia de resonancia
π	Pi 3.1416
<i>L</i>	Inductancia en Henrrioz
<i>C</i>	Capacitancia en Faradios
DAC	Digital Analogic Convert (convertidor digital - analógico)
ADC	Analogic Digital Convert (convertidor analógico - digital)
V/us	Volts sobre micro segundos
Vin	Voltaje de entrada
Vout	Voltaje de salida
DC	Direct Current (corriente directa)
PC	Personal Computer (computadora personal)
LPT1	Puerto paralelo 1

PWM	Pulse Width Modulation (modulación de ancho de pulso)
RS232	Comunicación serial