

ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

"DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE ADQUISICION  
DE DATOS PARA UN TERMOSALINOMETRO"

TESIS DE GRADO  
PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE  
INGENIERO EN ELECTRICIDAD  
ESPECIALIZACION: ELECTRONICA

PRESENTADA POR:

ALBERTO V. NARANJO JARAMILLO

GUAYAQUIL - ECUADOR

1989

## AGRADECIMIENTO

Al Ing. Edgar Izquierdo O., por su valioso apoyo en la dirección de la presente tesis.

Al Instituto Oceanográfico de la Armada, por las facilidades brindadas en cuanto a equipos empleados y oportunidad de realizar este trabajo.

DEDICATORIA

A mis padres OLGA Y MARCIAL

A mi esposa AMPARITO

A mis hijas SOFIA, CRISTINA y  
MARIA SOLEDAD



.....  
Ing. Carlos Villafuerte P.  
Presidente Tribunal



.....  
Ing. Edgar Izquierdo G.  
Director de Tesis



.....  
Ing. Jaime Puente P.  
Miembro Tribunal



.....  
Ing. Alberto Lanza G.  
Miembro Tribunal

## DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Titulos profesionales de la ESPOL)



ALBERTO NARANJO JARAMILLO

## RESUMEN

En el área de los estudios oceanográficos correspondientes a las Ciencias del Mar, es prioritario el objetivo de adquirir información de ciertas características intrínsecas del medio oceánico, como son: la temperatura, la salinidad y la conductividad del agua superficial en el mar, en determinadas zonas donde se desea conocer el desarrollo de diversos fenómenos naturales, tales como: corrientes marinas, nivel de calentamiento del agua y clasificación de la misma, entre otros, que influyen directa o indirectamente en el medio ambiente, sus condiciones atmosféricas y meteorológicas y en la biología marina.

El termosalinómetro es un instrumento para medir los valores de los parámetros mencionados.

El objetivo de este trabajo, es diseñar y construir un sistema que realice la adquisición de la información analógica de la unidad sensora de un termosalinómetro, explorando secuencialmente las tres señales correspondientes a los tres parámetros (temperatura, salinidad y conductividad), luego de la adquisición, la información es procesada por el microcomputador, que opera y controla el sistema, para poder presentar los datos en

una pantalla como periférico de salida.

Se requiere construir la circuitería correspondiente para la interface analógica-digital entre la unidad sensora y el sistema microcomputador utilizado, un color computer 2 (TRS-80) en este caso.

La unidad sensora del termosalinómetro (marca INTER-OCEAN, modelo 513) consta de transductores de precisión, para proveer mediciones en el sitio de los parámetros muestreados; además incorpora circuitos electrónicos para amplificar y acondicionar las señales de los sensores, y los circuitos reguladores de voltaje y corriente necesarios.

## INDICE GENERAL

	Pag.
RESUMEN	(VI)
INDICE GENERAL	(VIII)
INDICE DE FIGURAS	(XI)
INDICE DE TABLAS	(XIII)
SIMBOLOGIA	(XIV)
INTRODUCCION	(XVI)
CAP. I GENERALIDADES DE UN TERMOSALINOMETRO	(17)
1.1 Qué es un termosalinómetro ?	(17)
1.2 Parámetros que se miden	(18)
1.3 Aplicación de los parámetros medidos	(20)
1.4 Los transductores	(21)
1.5 Teoría de operación de la Unidad sensora del Termosalinómetro	(23)
CAP. II DISEÑO DE UN SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS PARA UN TERMOSALINOMETRO	(35)
2.1 Diagrama general de bloques del sistema	(35)
2.2 Flujo de la información en el sistema de adquisición de datos en tiempo real	(38)
2.3 Ingreso de la información	(39)
2.4 Procesamiento de la información	(41)
2.5 Almacenamiento de datos	(44)
2.6 Presentación de los datos	(45)



	Pag.
CAP. III CONSTRUCCION DEL SISTEMA	(56)
3.1 Estructura modular del sistema e interfaces	(56)
3.2 Configuración esquemática de la Unidad sensora	(57)
3.3 Elaboración de la sección de interface analógica-digital	(58)
3.4 Sección del microcomputador y periféricos	(63)
CAP. IV PRUEBAS Y RESULTADOS	(70)
4.1 Pruebas	(70)
4.2 Resultados	(71)
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	(73)
APENDICE A	(77)
A.1 Especificaciones del Termosalinómetro y sus sensores	(77)
APENDICE B	(81)
DESCRIPCION DE LOS DIVERSOS ELEMENTOS COMPONENTES DE LA INTERFACE	(81)
B.1 Conector del cartucho de la TRS-80 Color Computer-2 y el CPU MC6809E	(81)
B.2 CPU: MC6809E	(81)
B.3 Adaptador de interface periférico: PIA MC6821	(84)
B.4 Convertidor analógico-digital con multiplexor de 8 canales: ADC0808	(87)
APENDICE C	(107)
C.1 Documentación del sistema de adquisición y almacenamiento de datos en tiempo real	(107)

## INDICE DE FIGURAS

No.	DESCRIPCION	PAG.
1	Circuito representativo del sensor de Conductividad	(31)
2	Diagrama de bloques del sistema de medición Conductividad-Salinidad	(32)
3	Diagrama de bloques de la Unidad sensora	(33)
4	Gráfico Salinidad-vs-Conductividad	(34)
5	Diagrama general de bloques del sistema	(47)
6	Flujo de información en el sistema de adquisición de datos	(48)
7	Diagrama de flujo Programa Principal	(49)
8	Diagrama de flujo Subrutina 'ADQUI'	(50)
9	Algoritmo de conversión binario-BCD	(51)
10	Diagrama de flujo Subrutina 'BINBCD'	(52)
11	Diagrama de flujo Subrutina 'SCREEN'	(54)
12	Estructura modular del sistema	(65)
13	Diagrama circuital de la Unidad sensora	(66)
14	Diagrama circuital sección Unidad sensora-ADC-PIA	(68)
15	Diagrama circuital sección PIA-CPU	(69)
A.1	Configuración externa e interna de la Unidad sensora	(79)
B.1	Diagrama de bloques del CPU6809E	(96)
B.2	Modelo programable del CPU6809E	(97)
B.3	Diagrama de tiempo para lectura/escritura	(98)

No.	DESCRIPCION	PAG.
B.4	Asignación de pines y señales del PIA MC6821	(99)
B.5	Configuración de pines de las puertas del PIA	(100)
B.6	Interpretación del registro de control A (CRA)	(101)
B.7	Interpretación del registro de control B (CRB)	(102)
B.8	El PIA conectado a la barra del CPU como interface	(103)
B.9	Asignación de líneas del ADC0808	(104)
B.10	Diagrama de bloques del convertidor ADC0808	(105)
B.11	Diagrama de tiempo para el ADC0808	(106)
C.1	Diagrama esquemático de la interface	(110)
C.2	Configuración de la tarjeta de interface sistema	(112)
C.3	Cartucho, cable y conector para expansión de la barra del CPU MC6809E	(113)

## INDICE DE TABLAS

No.	DESCRIPCION	PAG.
I	Registros de memoria destinados al PIA (MC6821)	(37)
B.1	Señales del conector del cartucho	(91)
B.2	Mapa de memoria para las interrupciones	(92)
B.3	Definición del estado uP	(93)
B.4	Modos de operación del PIA	(94)
B.5	Selección de registros del PIA	(94)
B.6	Función del multiplexor del ADC0808	(95)
C.1	Lista de elementos de la tarjeta de interface	(109)

## SIMBOLOGIA



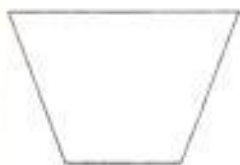
INICIO / FIN, INTERRUPCION



PROCESO



ENTRADA/SALIDA (CON DISPOSITIVO EXTERNO)



ENTRADA/SALIDA (INTERNA)



ENTRADA/SALIDA (POR CONSOLA)



DECISION

SIMBOLOGIA

SALIDA POR IMPRESORA



UNIDAD DE CINTA (GRABADORA)



COMUNICACION



CONECTOR



CONECTOR DE PAGINA



SUBROUTINA

## INTRODUCCION

En todos los campos de la investigación científica es importante la documentación de procesos, bases teóricas e hipótesis respaldadas por la mayor información posible, la misma que puede ser recogida o recolectada con trabajos prácticos de muestreo.

El trabajo que nos atañe ha sido el de elaborar, como ayuda técnica en el campo de la investigación oceanográfica, un sistema de adquisición de datos para un termosalinómetro.

Cabe manifestar que los análisis y estudios en esta campo científico requieren información lo más precisa posible o más fiel a los valores reales de los parámetros muestreados; pues son imposiciones exigidas en todo proceso investigativo.

Por lo tanto, con el sistema diseñado y elaborado no se pretende ofrecer un instrumento calificado para estos fines, si no mas bien promover el interés para mejorar o crear por nuestros propios medios sistemas de adquisición de datos de aceptable calidad y utilizables no sólo en los estudios científicos sino también en lo posible en la industria, haciendo énfasis en las técnicas de programación aplicadas.

## CAPITULO I

### GENERALIDADES DE UN TERMOSALINOMETRO

#### 1.1 QUE ES UN TERMOSALINOMETRO ?

El termosalinómetro es un instrumento empleado en la medición de parámetros intrínsecos y característicos del agua de mar como lo son: temperatura, salinidad y conductividad; también se miden otros parámetros menos importantes como la velocidad del sonido, cantidad de oxígeno disuelto y otros. Los tres primeros son los más útiles en el estudio de los fenómenos naturales tales como corrientes marinas, variación de la termoclina y otras condiciones físicas del medio oceánico.

El equipo consta fundamentalmente de dos partes: la unidad sensora y la consola de lectura.

La unidad sensora a su vez consta de transductores de precisión que proveen mediciones en el sitio de los parámetros mencionados.



También se incorporan en esta unidad circuitos electrónicos que amplifican y acondicionan las señales de los transductores en señales tratables por la circuitería de la consola de lectura.

La consola de lectura recibe las señales de información y las presenta en medidores analógicos en sus rangos correspondientes. Esta consola también consta de la unidad de poder que suministra energía a la unidad sensora.

## 1.2 PARAMETROS QUE SE MIDEN

### 1.2.1 CONDUCTIVIDAD

La conductividad es una medida de la característica intrínseca de un material de permitir el paso de la corriente eléctrica bajo la influencia de un voltaje aplicado.

La conductividad de un material puede ser calculada dividiendo la corriente inducida para fluir a través del mismo para el voltaje aplicado conocido. Su unidad de medida es milimhos por centímetro (mmhos/cm).

### 1.2.2 SALINIDAD

La salinidad es un parámetro de relación de cantidad de partículas disueltas de cloruro de sodio en el agua del mar, la misma que se indica en partes por mil, es decir en miligramos de cloruro de sodio por mil mililitros de agua; su unidad de medida es PPT (en inglés: parts per thousand).

La ionización de las partículas de sal favorece en menor o mayor grado la conducción eléctrica, por lo tanto existe una estrecha relación entre la conductividad y la salinidad. Esta relación es a la vez dependiente de la temperatura del agua, por esta razón la misma tiene una característica no lineal.

### 1.2.3 TEMPERATURA

El parámetro de temperatura, expresado en grados centígrados ( $^{\circ}\text{C}$ ), nos indica el nivel de calentamiento o enfriamiento de las aguas muestreadas.

Para nuestro caso del termosalinómetro las lecturas en zonas o áreas predeterminadas son a nivel superficial.

### 1.3 APLICACION DE LOS PARAMETROS MEDIDOS

El estudio y la clasificación de las masas de agua es un área importante de la rama de las Ciencias del Mar y se fundamentan en el análisis conjunto de los tres parámetros que se miden: conductividad, salinidad y temperatura.

El estudio de las aguas es útil para la determinación de los hábitat o medios ecológicos de microorganismos, organismos superiores y de la biología marina en general.

Las masas de agua se clasifican principalmente en: oceánicas, de plataforma continental y de estuarios, en base a los tres parámetros antes mencionados. Los valores de los mismos son característicos y en combinación determinan la clase de agua que se está muestreando.

En las masas de agua oceánicas es importante el estudio de las diversas corrientes marinas, conocer cuando están presentes y todas sus características, para con otros factores analizar las condiciones que determinan los diferentes fenómenos meteorológicos y atmosféricos, los que a su vez influyen en las situaciones climáticas del medio ambiente continental e insular.

#### 1.4 LOS TRANSDUCTORES

La unidad sensora del termosalinómetro, modelo 513/540, la cual es utilizada en el presente trabajo, incorpora tres transductores de precisión instalados o montados en la base de la estructura de la unidad, estos son: sensor de conductividad, sensor de temperatura y sensor de compensación de temperatura para la medición de salinidad.

##### 1.4.1 SENSOR DE CONDUCTIVIDAD

El sensor de conductividad está formado por dos transformadores, T1 y T2 (Fig. 1), de forma toroidal adyacentes, recubiertos de caucho sintético y formando un solo cuerpo de

forma también toroidal, por cuya parte central hueca atraviesa el agua que está siendo muestreada, la cual presenta una determinada resistencia eléctrica,  $R_w$ , al circuito de medición.

Sus características físicas son:

Diámetro exterior .....	83 mm
Diámetro interior .....	25 mm
Longitud .....	112 mm

#### 1.4.2 SENSOR DE TEMPERATURA

El sensor de temperatura lo constituye un termistor basado en una resistencia de platino.

La variación de la temperatura produce variación en la resistencia de la siguiente forma:

Desde 200 ohmios a 0 °C hasta 240 ohmios a 50 °C.

Sus características físicas son:

Diámetro:	3 mm
Longitud:	50 mm

#### 1.4.3 SENSOR DE TEMPERATURA PARA COMPENSACION EN LA MEDICION DE SALINIDAD

La salinidad es un factor que se puede determinar utilizando los valores de conductividad y una señal de compensación de temperatura; por lo que se emplea la señal proveniente del toroide de conductividad eléctrica y la señal del compensador de temperatura, correspondiendo esta última a la señal proveniente de un termistor.

Sus características físicas son:

Diámetro: 3 mm

Longitud: 60 mm

#### 1.5 TEORIA DE OPERACION DE LA UNIDAD SENSORA

El termosalinómetro en su unidad sensora incorpora circuitos electrónicos necesarios para amplificar y acondicionar las señales de los transductores, constituyendo el sistema de medición completo para los fines consiguientes. Se emplean circuitos especiales como lo son: el demodulador, el circuito



troceador y el de autorango para captar e identificar de la mejor forma posible la información tanto de conductividad como de salinidad a través de sus sensores y toda la circuitería energizada con voltaje y corriente regulados para lograr una mayor exactitud en el trabajo de medición.

En este párrafo cabe la descripción de los circuitos, haciendo referencia al diagrama de bloques de la unidad (Fig. 3), y al diagrama de bloques del sistema de medición de conductividad - salinidad (Fig. 2).

#### 1.5.1 REGULACION DE VOLTAJE

El circuito regulador de voltaje estandariza el voltaje directo de entrada suministrado a la unidad sensora desde la fuente de poder. El error en el voltaje regulado para un cambio de  $\pm 8.00$  voltios en la unidad es de aproximadamente 0.001 %. Dicho voltaje cambia menos de 0.0005 % por grado centígrado. Esta estabilidad es remarcable y se debe a la utilización de amplificadores operacionales y otros elementos de óptima precisión.

#### 1.5.2 REGULACION DE CORRIENTE

El circuito de regulación de corriente equilibra o controla el consumo total de poder desde cada lado de la fuente de poder, de tal forma que no fluye corriente en el terminal común, sino en los extremos de + 15 Vdc y - 15 Vdc, esto permite suministrar corriente y aún cuando exista variación de la resistencia del cable no se producirá una desviación permanente (offset) o error en el terminal de tierra común de las señales.

### 1.5.3 CONDUCTIVIDAD

La conductividad es una medida de la característica intrínseca de un material de permitir el paso de la corriente eléctrica bajo la influencia de un voltaje aplicado. Puede ser calculada dividiendo la corriente inducida para fluir a través del mismo para el voltaje aplicado conocido.

Si el voltaje aplicado usado para medir la conductividad es una fuente de corriente directa, pueden ser provocados serios errores de medición por efectos de polarización en el



electrodo que se forma entre el instrumento de medida y el material bajo prueba (el agua). De igual manera, la contaminación del área del electrodo debido a la corrosión o a la vegetación marina, contribuye al error cambiando el potencial aplicado efectivo y el volumen al cual se lo aplica. Estas dificultades pueden ser evitadas si el potencial aplicado es alterno, es decir induciendo una corriente alterna en un volumen geométrico conocido directamente por la acción de un transformador.

El circuito troceador (chopper) con un multivibrador monostable produce una señal de onda cuadrada alterna y la aplica en el transformador toroidal T1 (Fig. 2), induciendo un voltaje alterno, mientras que el transformador T2 detecta un flujo de corriente también inducido al cerrarse un lazo de corriente por el paso del agua a través del transductor.

El circuito amplificador y el demodulador reciben la señal como onda cuadrada y se encargan de rectificarla en voltaje directo

proporcional a la conductividad, el mismo que es luego tratado por un amplificador de ganancia variable para entregar el valor adecuado de dicho parámetro al circuito de lectura.

#### 1.5.4 SALINIDAD

El voltaje directo del circuito demodulador es combinado con una señal de compensación de temperatura para formar una señal equivalente al parámetro de salinidad.

La relación entre conductividad y salinidad en el agua de mar es a la vez no-lineal y dependiente de la temperatura. Para lograr una exactitud aceptable en la conversión a lectura directa de salinidad, la relación es dividida en dos partes:

De 0 a 20 PPT y de 20 a 40 PPT de salinidad.

Rango de 0 a 20 PPT.- En este rango hay una relación bastante cercana a lo lineal y con una amplificación de conductividad y una adecuada ganancia proporcional a la temperatura se consiguen los valores de

salinidad hasta 20 PPT (partes por mil).

Rango de 20 a 40 PPT.- Dentro de este rango la desviación de linealidad equivalente a un voltaje de error es menor que 0.1 % . El gráfico de salinidad -vs- conductividad (Fig. 4) muestra que en el rango de 20 a 40 la relación se aproxima a la linealidad; el error existente, que representa un valor menor a 0.314 voltios a una temperatura de 10°C, se lo puede corregir compensando con un valor similar pero inverso en el circuito de amplificación, y por lo tanto fijar la ganancia del amplificador de tal forma que se mejore la aproximación entre el valor real y el valor medido, en el rango considerado.

La desviación que cambia con la temperatura, debe ser ajustada adecuadamente para ser constante, esto se logra con la señal de compensación de temperatura. En nuestro caso, ajustes definitivos se realizan también mediante programa.

#### 1.5.5 TEMPERATURA

Un circuito linealizado con un termistor produce un voltaje proporcional a la temperatura.

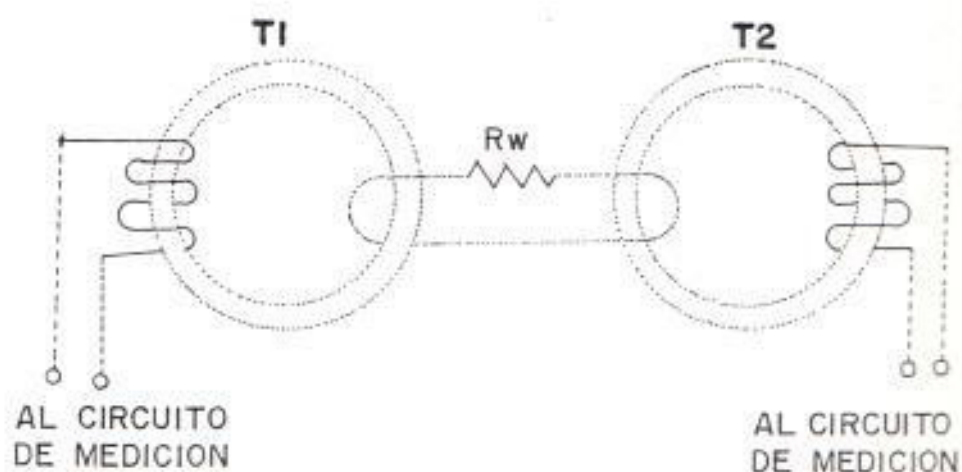
En su configuración esquemática el sistema de medición de este parámetro utiliza una resistencia de platino como puente entre las entradas de un amplificador operacional, por lo tanto las variaciones de temperatura determinan voltajes equivalentes a esos cambios. Se hace necesario un ajuste de cero en el circuito, debido a que a  $0^{\circ}\text{C}$  existe un pequeño voltaje en el amplificador de salida a través de un potenciómetro.

El sensor de temperatura varía desde 200 ohmios a  $0^{\circ}\text{C}$  hasta 240 ohmios a  $50^{\circ}\text{C}$ , a través del cual circula una corriente aproximada de 2 mA, y presenta un voltaje resultante que varía desde 0.4 voltios hasta 0.48 voltios; se restan los 0.4 voltios y el voltaje variante de temperatura es amplificado para producir la señal de salida requerida del parámetro.

En los circuitos de los tres parámetros se

incorporan amplificadores secundarios para ajustes, y para amplificar la salida, y entregar la corriente necesaria de cada señal, de aproximadamente 25 mA; con el objeto de que aquellas no sufran alguna caída de voltaje o pérdida a través del cable desde la unidad sensora hasta la consola de lectura.

El circuito de autorango, basado en el accionamiento de un relé, entrega la señal de salinidad de acuerdo a un voltaje límite que energiza la bobina y cambia la posición de sus contactos para cada rango: 0 - 20 y 20 - 40 PPT.



$R_w$  - Resistencia del agua de mar  
T1 - Transformador 1  
T2 - Transformador 2

FIG. 1.- Circuito representativo del sensor de conductividad.

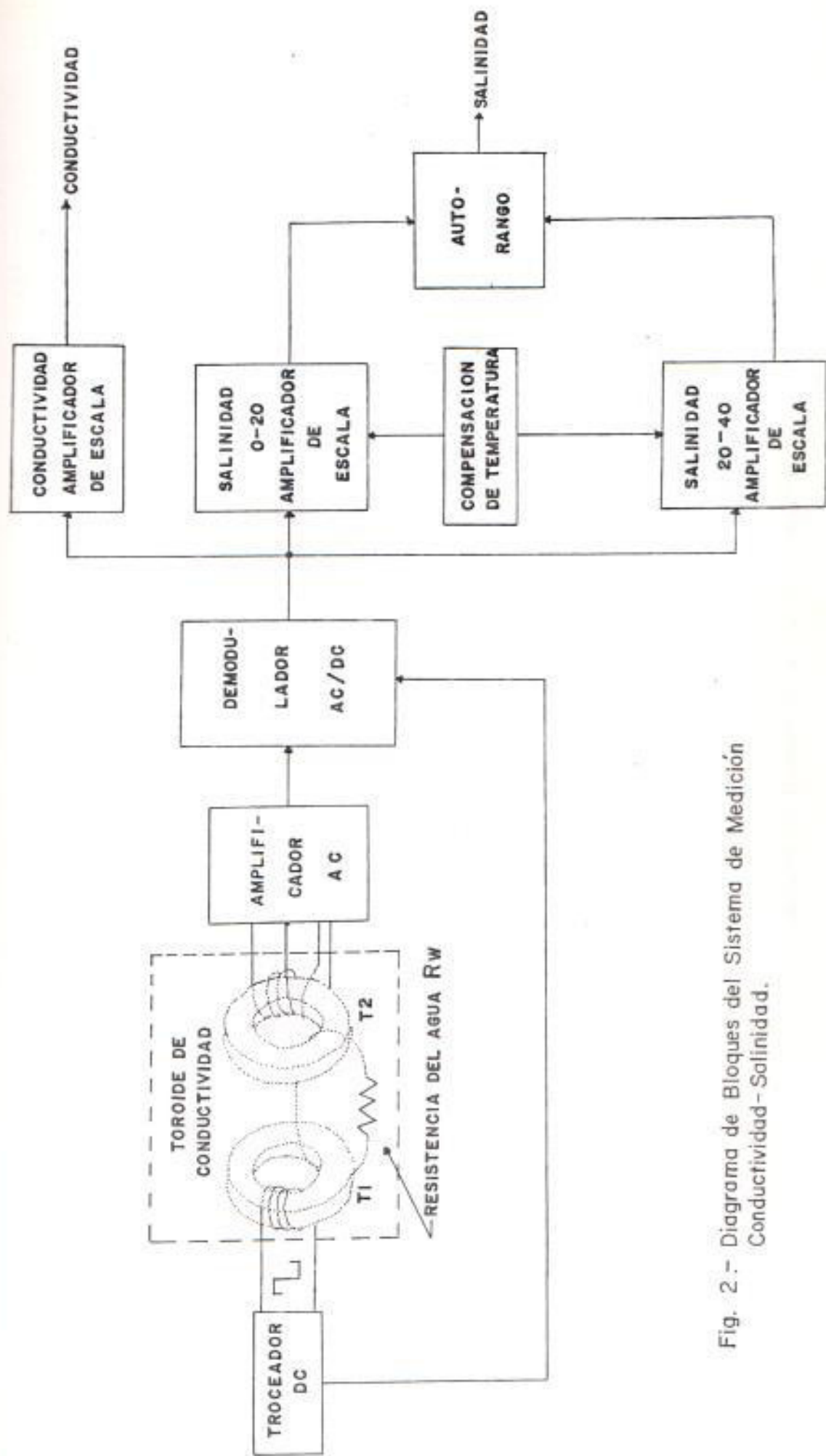


Fig. 2.- Diagrama de Bloques del Sistema de Medición Conductividad-Salinidad.



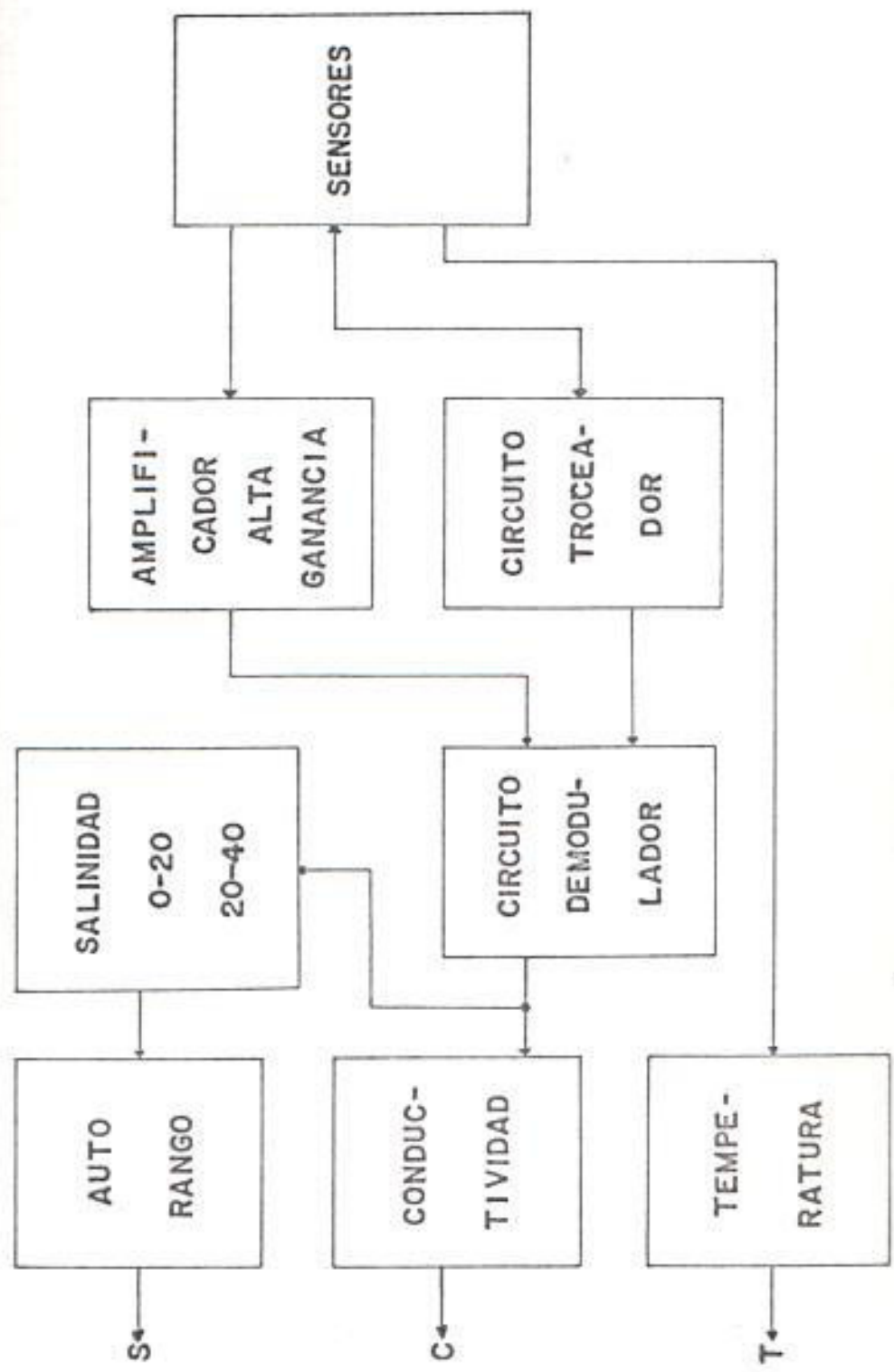
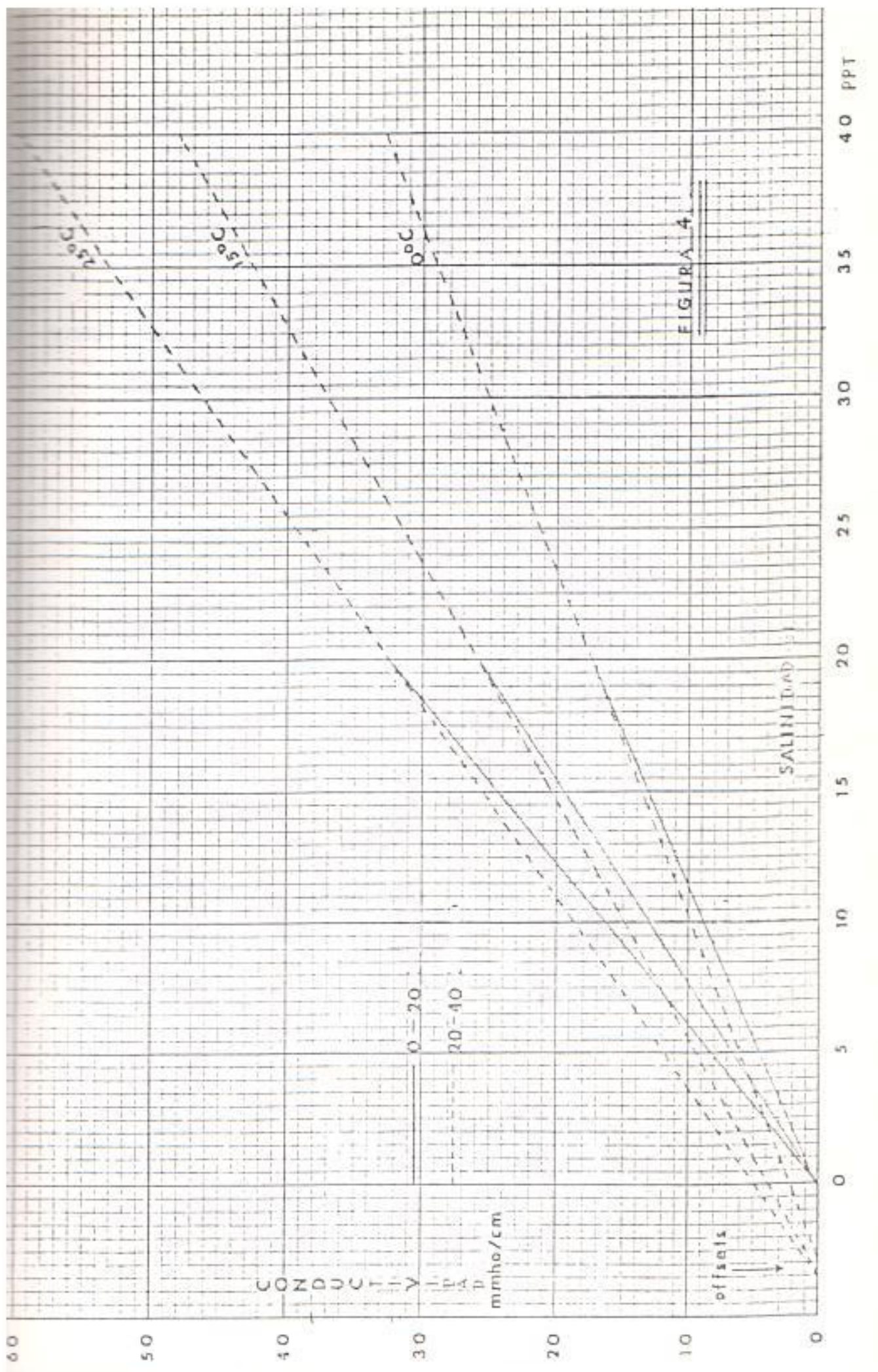


Fig. 3.- Diagrama de Bloques de la Unidad Sensora.





## CAPITULO II

### DISEÑO DE UN SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS PARA UN TERMOSALINOMETRO

#### 2.1 DIAGRAMA GENERAL DE BLOQUES DEL SISTEMA

El sistema de adquisición de datos para el termosalinómetro está conformado principalmente por: un multiplexor analógico, un convertidor analógico-digital, un adaptador de interface periférico (PIA), la unidad sensora y el computador.

El convertidor y el multiplexor utilizados en el presente trabajo se incorporan en un solo circuito integrado, el ADC-0808 y el adaptador de interface es el MC6821.

Como se muestra en la Figura 5 el control del sistema lo realiza el Color Computer 2 TRS-80, cuya unidad central de proceso (CPU) es el microprocesador MC6809E, de 8 Bits. Se emplean las barras de datos, dirección y control disponibles en el conector de cartucho del computador, tomando las señales lógicas

necesarias para la expansión del sistema periférico (ver Apéndice B(1)) como son:

$\overline{\text{NMI}}$ : Señal de interrupción no-enmascarada para el CPU.

E: Señal de reloj (0.894 MHz).

$\overline{\text{RESET}}$ : Señal principal de inicialización para todo el sistema.

R/ $\overline{\text{W}}$ : Señal de lectura-escritura del CPU.

D0-D7: Barra de datos.

A0-A1-A2: Direcciones.

$\overline{\text{SCS}}$ : Señal de selección disponible, decodifica el espacio de memoria desde FF40(H) hasta FF5F(H).

El sistema de adquisición se basa en la técnica de mapeo de memoria del CPU tal como se muestra en la Tabla I con la señal  $\overline{\text{SCS}}$  habilitada.

La unidad sensora al recibir la energía requerida para ser habilitada envía constantemente la información de los parámetros muestreados. Esta información llega al sistema de adquisición y es receptada en el circuito de selección analógica, para luego de ser digitalizada en el convertidor, pasar al computador a través del adaptador de interface periférico.

TABLA I .- REGISTROS DE MEMORIA DESTINADOS AL PIA  
(MC6821).

LOCALIZACION	SELECCION
FF4F/FF4B .....	CRB
FF4E/FF4A .....	DDRB si CRB2 = 0, 'Buffer' datos si CRB2 = 1
FF4D/FF49 .....	CRA
FF4C/FF48 .....	DDRA si CRA2 = 0, 'Buffer' datos si CRA2 = 1

- CRB: Registro de control sección B del PIA.  
 DDRB: Registro de dirección de datos sección B.  
 CRB2: Bit 2 del registro de control B.  
 CRA: Registro de control sección A del PIA.  
 CRA2: Bit 2 del registro de control A.  
 DDRA: Registro de dirección de datos sección A.

Completan el sistema el televisor y la casetera conectados al computador.



La pantalla para presentación de los datos y la casetera para cargar el programa.

## 2.2 FLUJO DE LA INFORMACION EN EL SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS EN TIEMPO REAL

La información de las señales análogicas llega al sistema al ejecutarse el programa de mediciones o adquisición propiamente dicho (ver Fig. 6), luego esta información ya digitalizada en números binarios de ocho bits, es almacenada como una tabla de datos originales; el programa de conversión transforma los datos binarios en codificación decimal y los guarda como tabla de datos BCD (binario convertido en decimal).

A continuación el programa de mensaje de datos se encarga de presentar la información ya procesada como valores reales de los parámetros en pantalla.

El procesamiento de la información se realiza completamente en base al programa cargado en el computador (ver diagrama de flujo del programa principal, Figura 7), que consta de las subrutinas necesarias para que el sistema entregue los datos

solicitados por el usuario del termosalinómetro, en forma casi instantánea presentados en la pantalla del televisor.

Este programa, que controla toda la operación del sistema, está hecho en el lenguaje ensamblador del microprocesador 6809E para mayor rapidez en el trabajo de adquisición.

### 2.3 INGRESO DE LA INFORMACION

Para ingresar las respectivas señales analógicas de los parámetros desde la unidad sensora hacia el computador, se precisa acoplar la interface de entrada/salida al sistema y mediante el programa de adquisición controlar la operación del multiplexor analógico, el convertidor analógico-digital y el adaptador periférico.

El adaptador periférico PIA, es programado de tal forma que la puerta A (PA0-PA7) actúa como entrada (ver Apéndice B) y recibe los datos digitalizados desde el convertidor, la puerta B (PB0-PB1) por su parte actúa como salida con señales de selección de canales para el multiplexor.

Del selector de ocho canales a uno se utilizan tres canales para el ingreso de las señales de temperatura (entrada o canal '0'), salinidad (entrada '1') y conductividad (entrada '2'), de tal forma que al sistema llega la información analógica de cada parámetro luego de exploraciones secuenciales, en primer lugar la señal de temperatura, luego la de salinidad y luego la de conductividad, repitiéndose este ciclo ocho veces.

Con la subrutina 'ADQUI', cuyo diagrama de flujo de muestra en la Figura 8, se ejecutan las funciones de operación de la interface y por lo tanto de la adquisición de los datos provenientes de los sensores.

Esta subrutina direcciona, inicializa y habilita el PIA, direcciona la señal de interrupción para el computador. También realiza el direccionamiento de las entradas del selector y el inicio de conversión. La señal de fin de conversión desde el convertidor habilita en el computador la interrupción no-enmascarada  $\overline{\text{NMI}}$ , iniciándose la transferencia de la información, la misma que es almacenada temporalmente en memoria, como se muestra en la Figura 6.

El convertidor recibe las señales analógicas dentro de un rango de 0.00 a 5.00 voltios y entrega datos binarios de ocho bits cada uno desde 00000000 a 11111111, correspondiendo a valores de 00 a 255, es decir son 256 datos en total que puede entregar el convertidor al computador.

## 2.4 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

Los datos binarios entregados por el convertidor y almacenados en la memoria del computador representan un peso equivalente al valor de voltaje correspondiente a los parámetros medidos. Por lo tanto esta información binaria precisa ser tratada mediante un programa de conversión de binario a BCD (binario codificado en decimal) pues son valores en sistema de numeración decimal los que se requieren.

### 2.4.1 CONVERSION DE BINARIO A BCD

Un número binario de ocho bits, denominado Num, puede ser expresado como la sumatoria de los productos de sus bits por los pesos asociados a ellos:



$$\text{Num} = b_7 \times 2^7 + b_6 \times 2^6 + b_5 \times 2^5 + b_4 \times 2^4 + \\ b_3 \times 2^3 + b_2 \times 2^2 + b_1 \times 2^1 + b_0$$

Reordenando la expresión:

$$\text{Num} = ((((((b_7 \times 2 + b_6) \times 2 + b_5) \times 2 + b_4) \times 2 + \\ b_3) \times 2 + b_2) \times 2 + b_1) \times 2 + b_0$$

El algoritmo de la conversión consiste en realizar la operación dentro de cada paréntesis en código BCD como se muestra en la Figura 9, donde se denomina Numd al número BCD obtenido; el paso  $\text{Numd} \leftarrow \text{Numd} \times 2 + \text{'CARRY'}$ , enunciado en la figura, es ejecutado en BCD y se lo puede realizar utilizando adición binaria seguida por la instrucción de ajuste decimal DAA, a fin de obtener una suma en código BCD.

La Figura 10 muestra el diagrama de flujo de la subrutina de conversión 'BINBCD'; un registro temporal guarda el número binario y sus desplazamientos ponen el bit más significativo (MSB) en el bit de transporte, sumando cada bit desplazado, duplicando su

valor y ejecutando un ajuste decimal se obtiene un número BCD resultante (NUMD) de ocho bits, de los cuales el primer nibble (bit7 - bit4) corresponde a la unidad y el segundo nibble (bit3 - bit0) corresponde a la décima del valor real. El bit de transporte acumulado (CARRY) resultante de cada ajuste decimal, corresponde al dígito de la decena.

#### 2.4.2 VALORES REALES Y VALORES MEDIDOS

Los valores reales de temperatura, salinidad y conductividad están en un rango desde 00.0 hasta aproximadamente 50.0 en sus respectivas unidades de medida; los equivalentes valores de voltaje que envían los transductores están comprendidos entre 0.00 y 5.00 voltios, por lo tanto la relación diez a uno debe ser compensada multiplicando por diez o desplazando el punto decimal un lugar a la derecha del dato ya procesado en el computador.

Los valores obtenidos de la conversión analógica-digital están en el rango de 00 a 255, por consiguiente es necesario duplicar

cada número BCD resultante y obtener valores (sólo pares) desde 00 hasta 510 y de esta manera conseguir una correspondencia más apropiada a los valores reales de los parámetros: desde 00.0 hasta 51.0 aplicando el punto decimal.

## 2.5 ALMACENAMIENTO DE DATOS

Cada operación completa de adquisición para el presente trabajo, recoge ocho datos de cada parámetro, por lo tanto la recolección total es de 24 datos, los mismos que en su codificación binaria son almacenados temporalmente en las posiciones desde 1FF0(H) hasta 2007(H) en la memoria del computador.

Luego de procesada la información binaria y convertida en datos codificados en BCD, los que corresponden a la unidad y décima de los valores de los parámetros, son guardados temporalmente desde la posición 2010(H) hasta la posición 2027(H) de la memoria.

Los valores correspondientes a las decenas se almacenan desde la posición 2030(H) hasta la posición

2047(H); luego estos datos son recuperados por la subrutina 'SCREEN' para ser presentados en pantalla.

Para complementar el trabajo del sistema de adquisición y junto con la unidad sensora formar un instrumento de medición útil en el campo de la Oceanografía Física, se pueden grabar los datos en una cinta magnética y de esta manera proveer, para posteriores estudios y análisis toda la información recogida y almacenada.

## 2.6 PRESENTACION DE LOS DATOS

La subrutina 'SCREEN', cuyo diagrama de flujo se muestra en la Figura 11, se encarga de recuperar los datos en código BCD almacenados en memoria, estos números codificados en decimal deben ser trasladados a codificación ASCII para poder ser presentados en la pantalla.

Para el sistema del computador TRS-80 los valores hexadecimales (H): 30-31-32-33-34-35-36-37-38-39, son los códigos ASCII de los números: 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9 respectivamente.

Por lo tanto a cada valor BCD se añade el valor 30(H) para completar el código, y a continuación se saca el dato en pantalla.

De acuerdo a la configuración programada, la pantalla muestra el título de 'SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS PARA UN TERMOSALINOMETRO', luego los nombres de los parámetros: 'TEMPERATURA', 'SALINIDAD' y 'CONDUCTIVIDAD' con sus respectivas unidades abreviadas: 'OC' (grados centígrados), 'PPT' (partes por mil) y 'MMHOS CM' (milimhos por centímetro) en la parte inferior y a continuación 3 columnas de 8 datos una para cada parámetro.

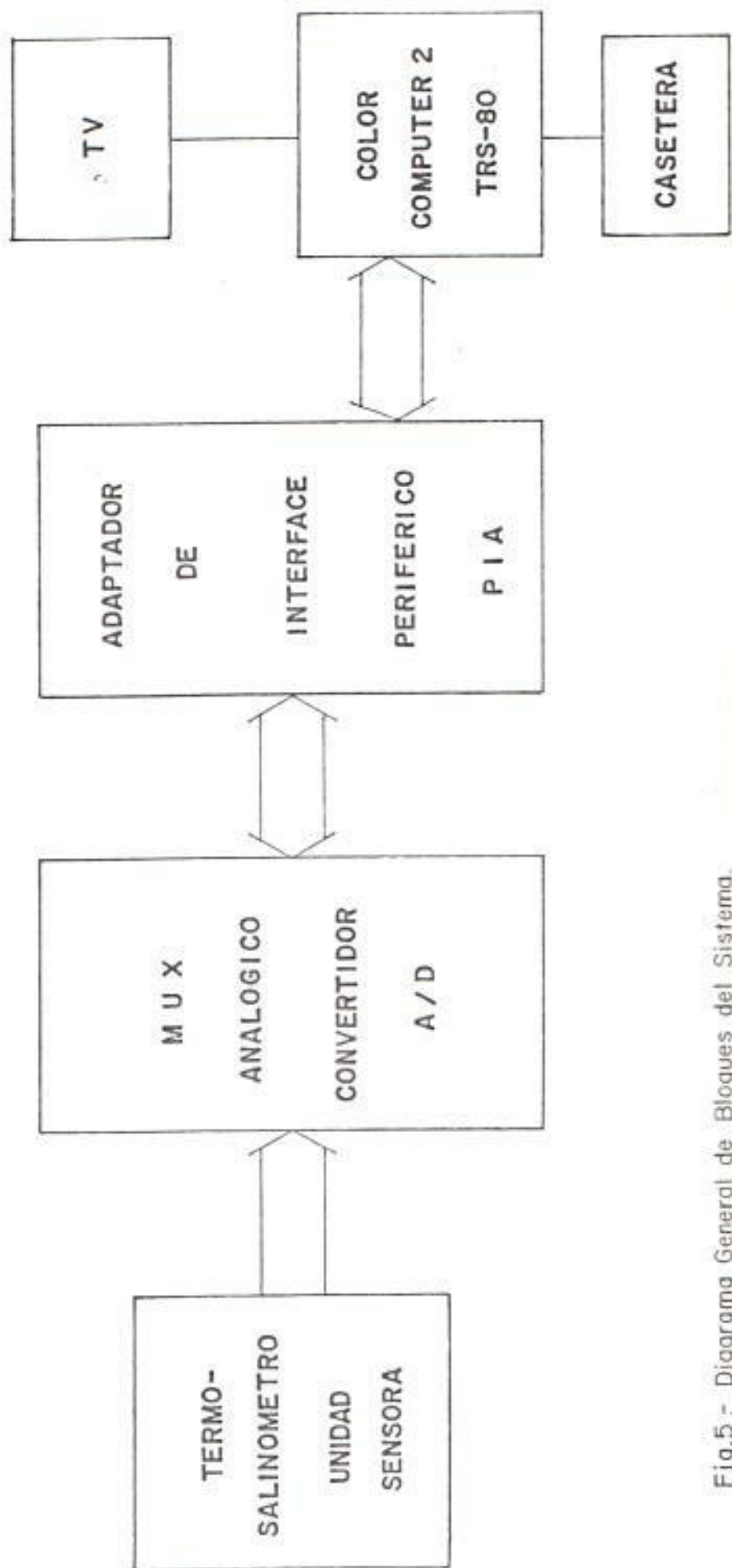


Fig.5.- Diagrama General de Bloques del Sistema.



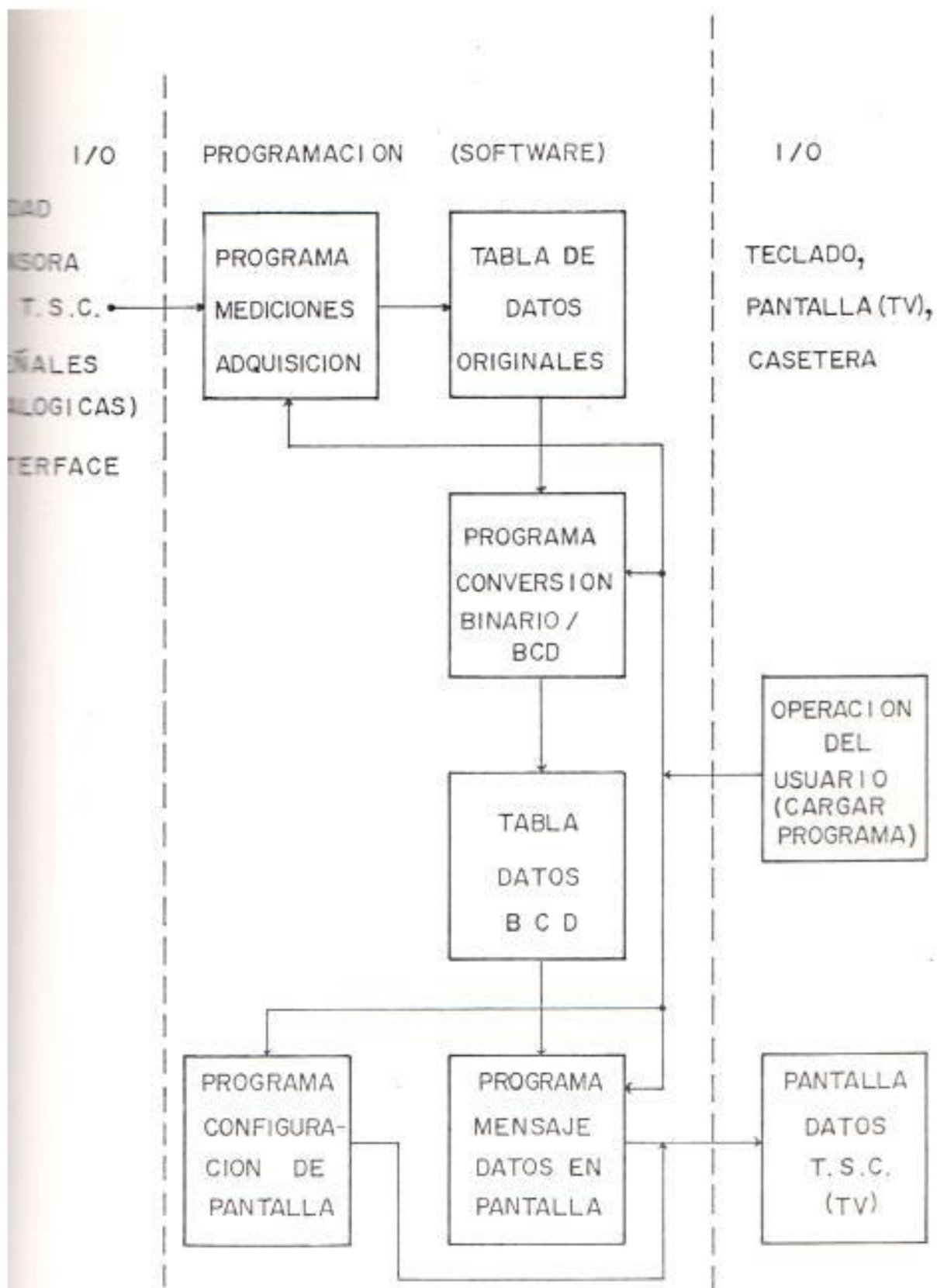


Fig. 6.- Flujo de Información en el Sistema de Adquisición de Datos.

## SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS PARA UN TERMOSALINOMETRO

## - PROGRAMA PRINCIPAL -

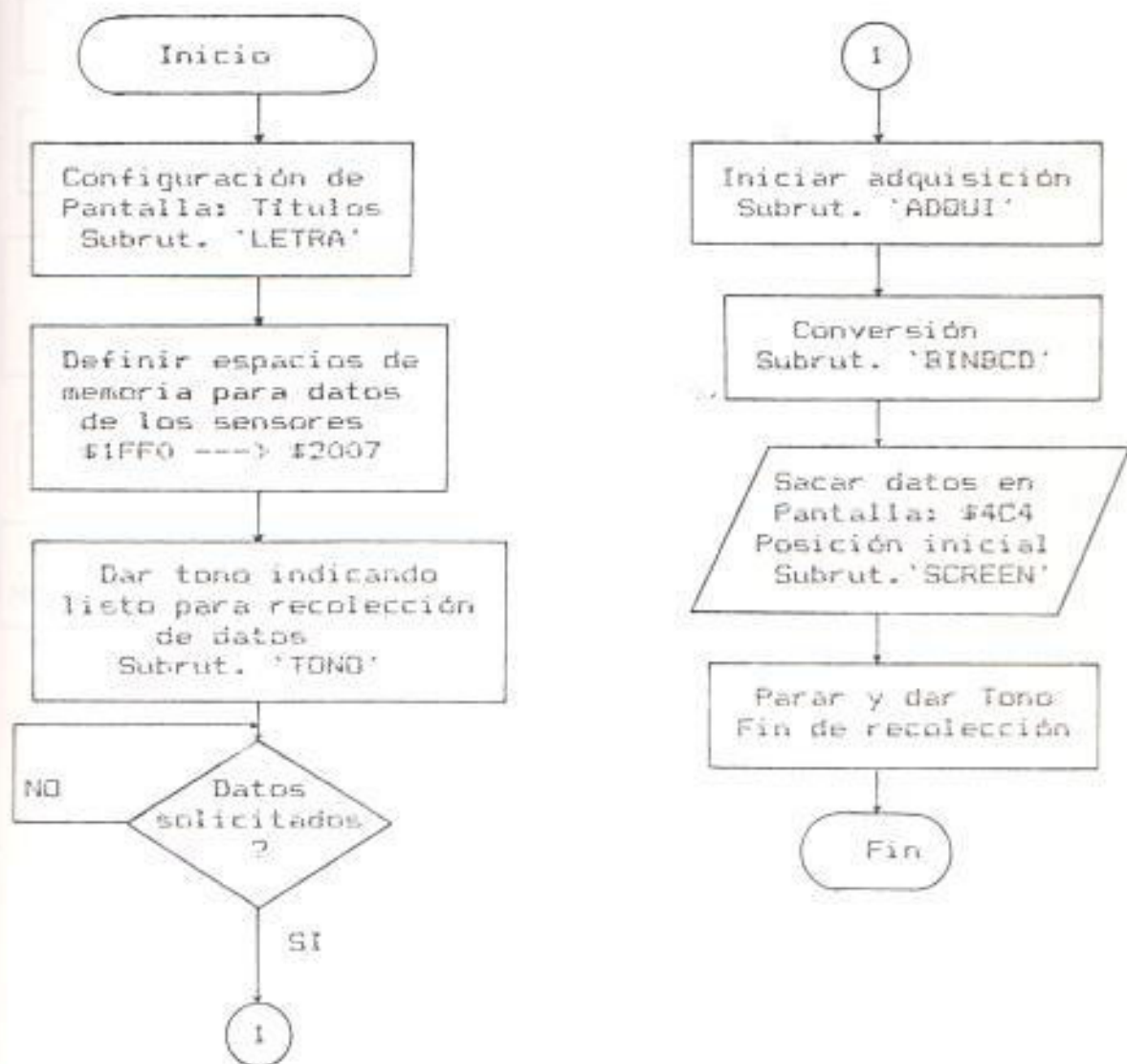


FIG. 7.- Diagrama de Flujo Programa Principal.



## SUBROUTINA 'ADQUI'

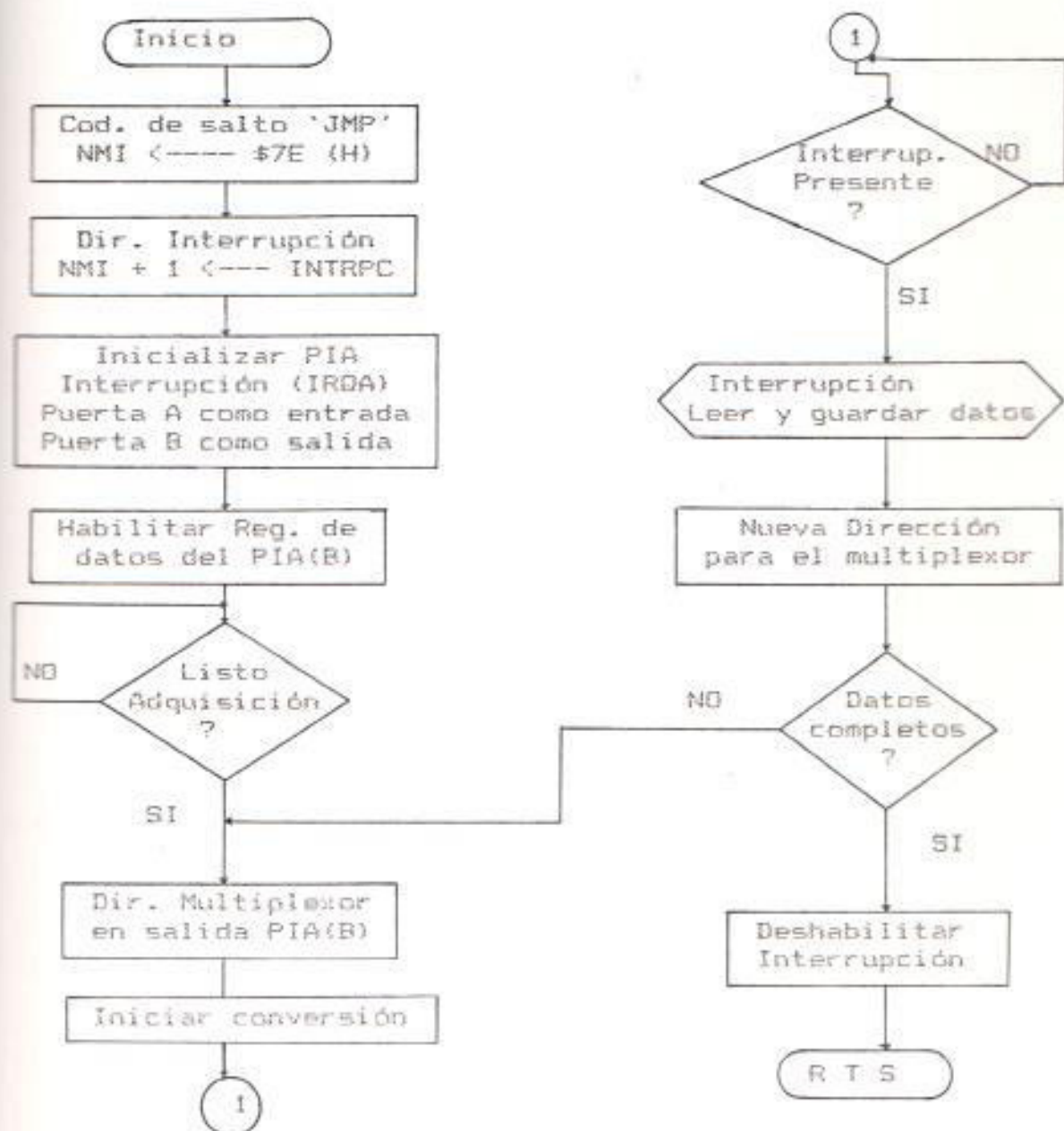


FIG. 8.- Diagrama de Flujo Subrutina 'ADQUI'.

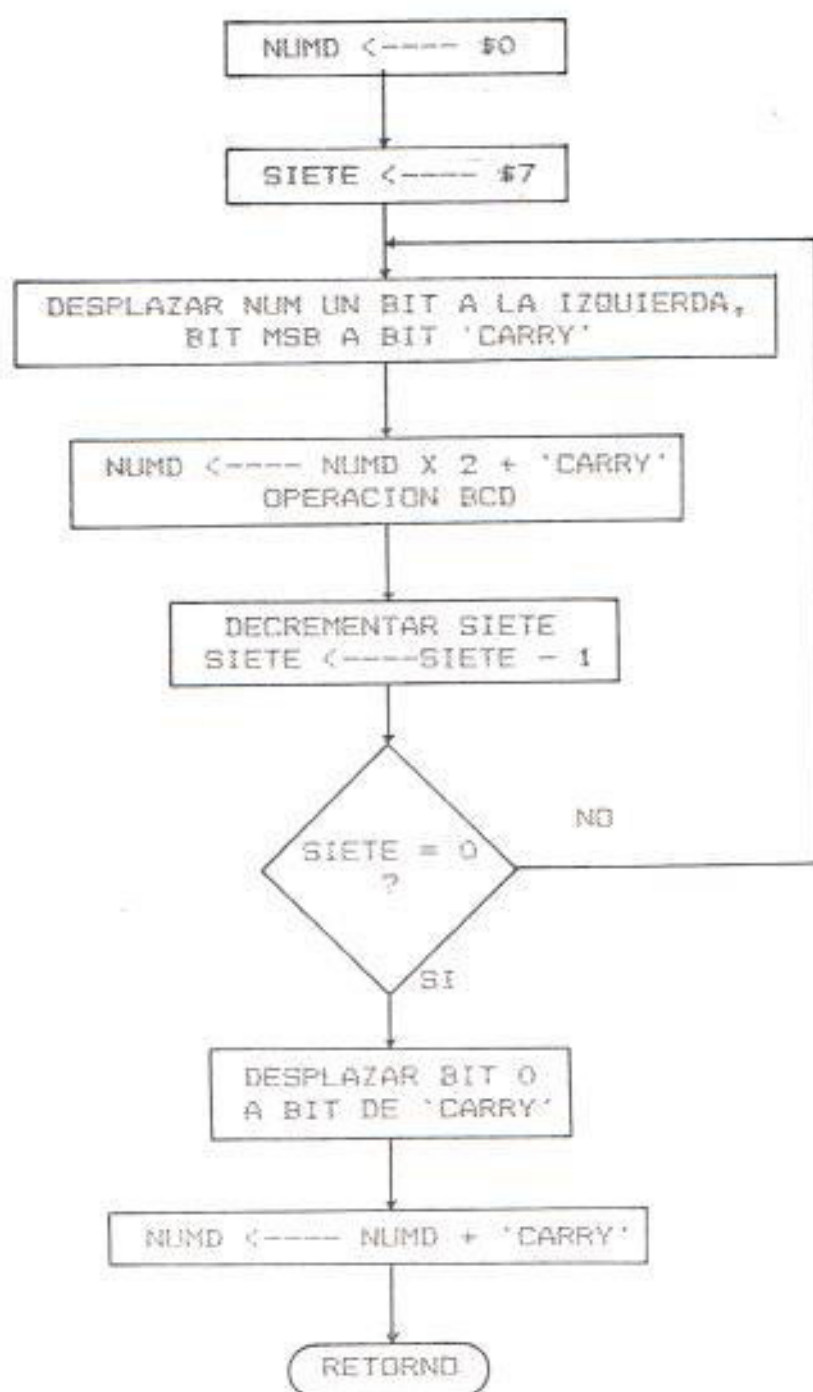


FIGURA 9.- Algoritmo de conversión Binario-BCD

## SUBROUTINA 'BINBCD'

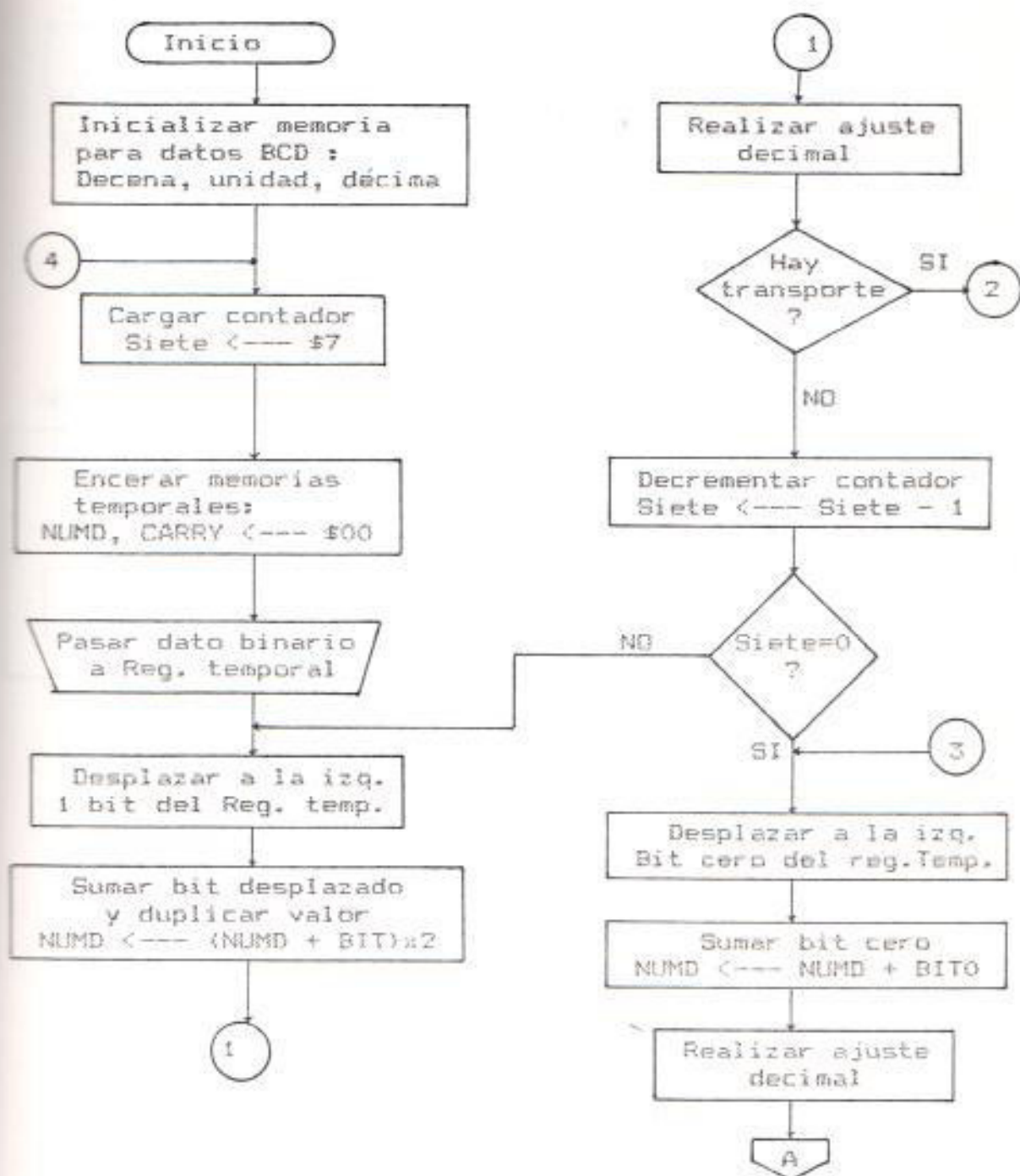


FIG. 10.- Diagrama de Flujo Subrutina 'BINBCD'.

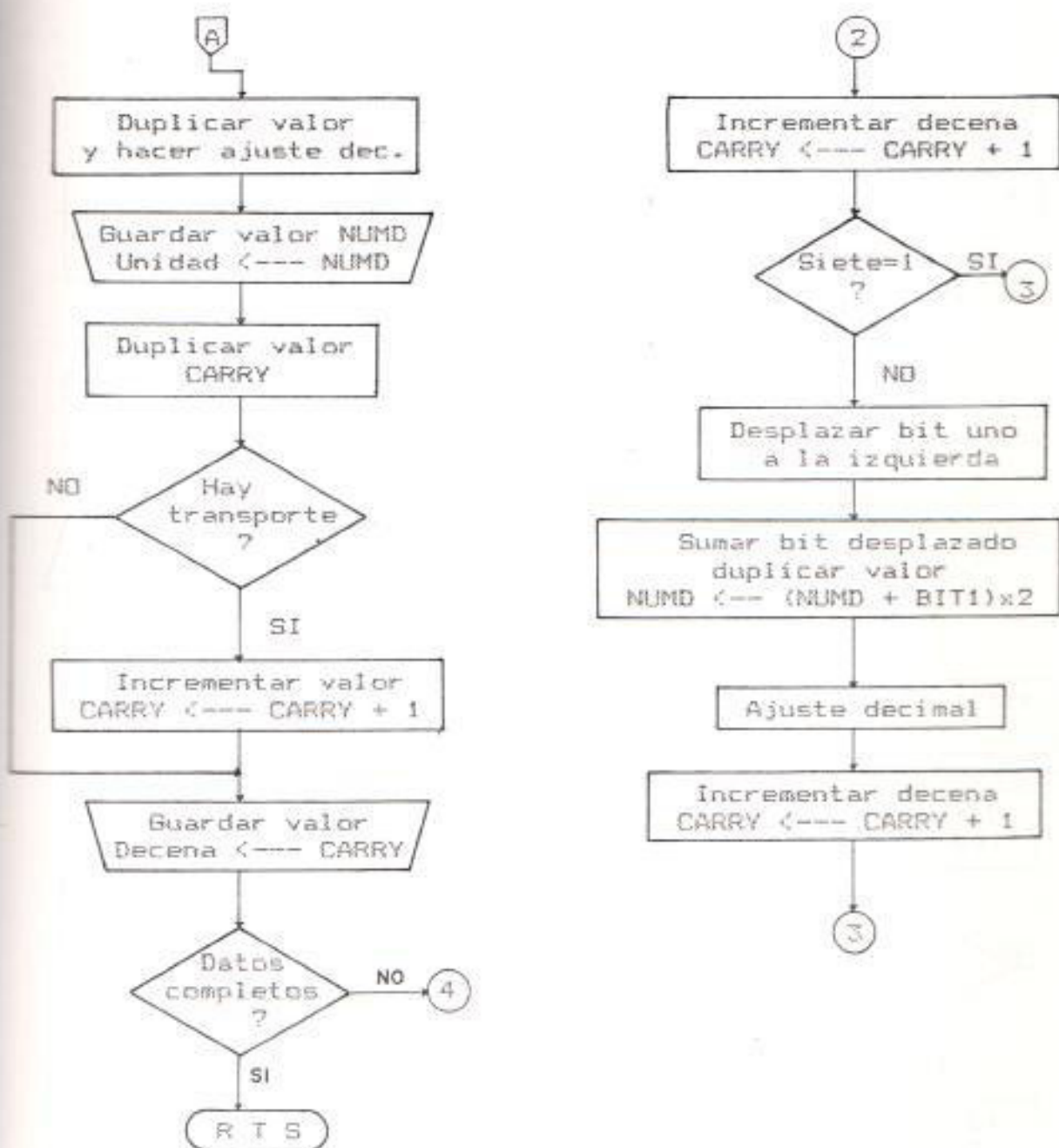


FIG. 10.- Continuación

## SUBROUTINA 'SCREEN'

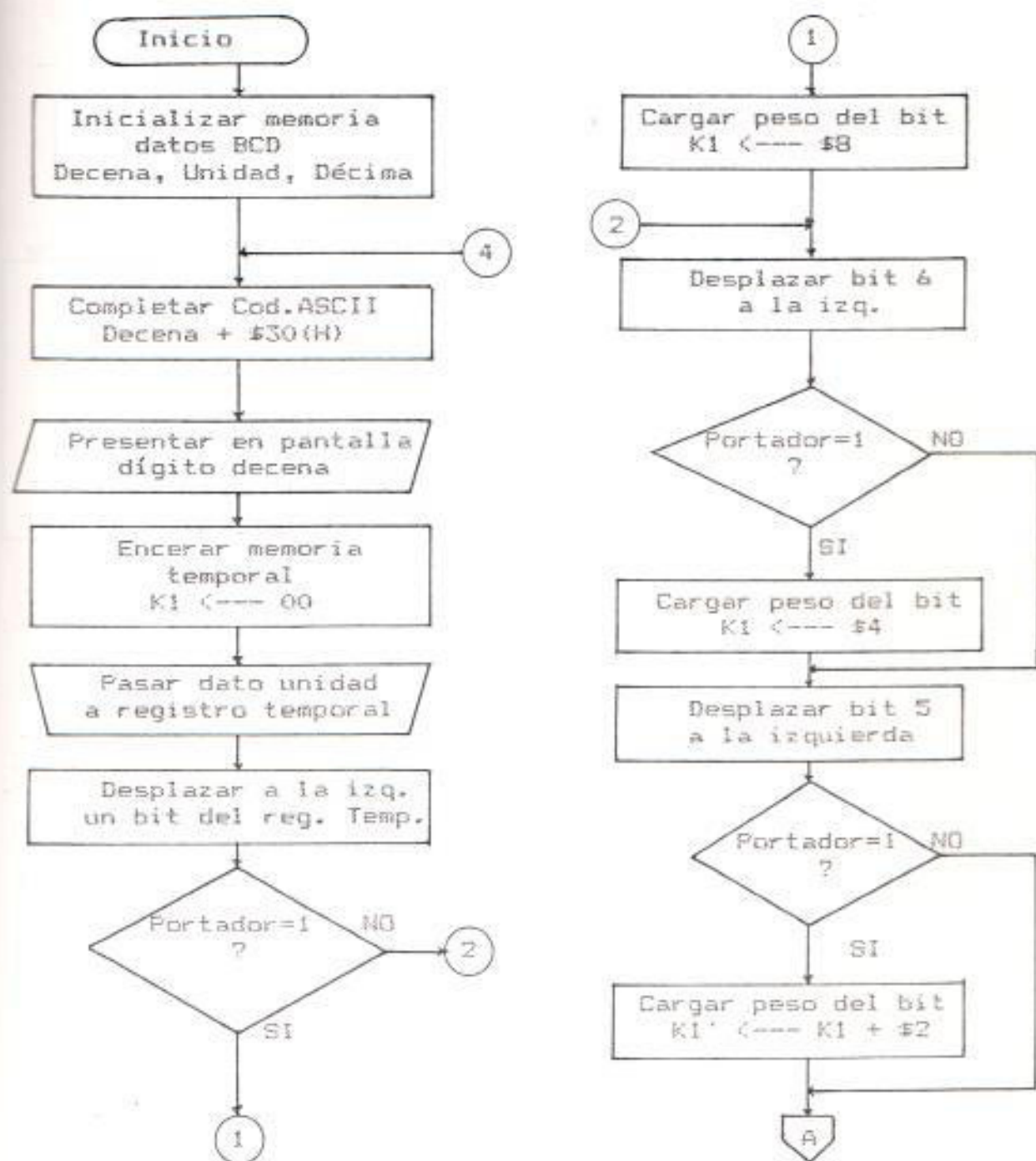


FIG. 11.- Diagrama de Flujo Subrutina 'SCREEN'.

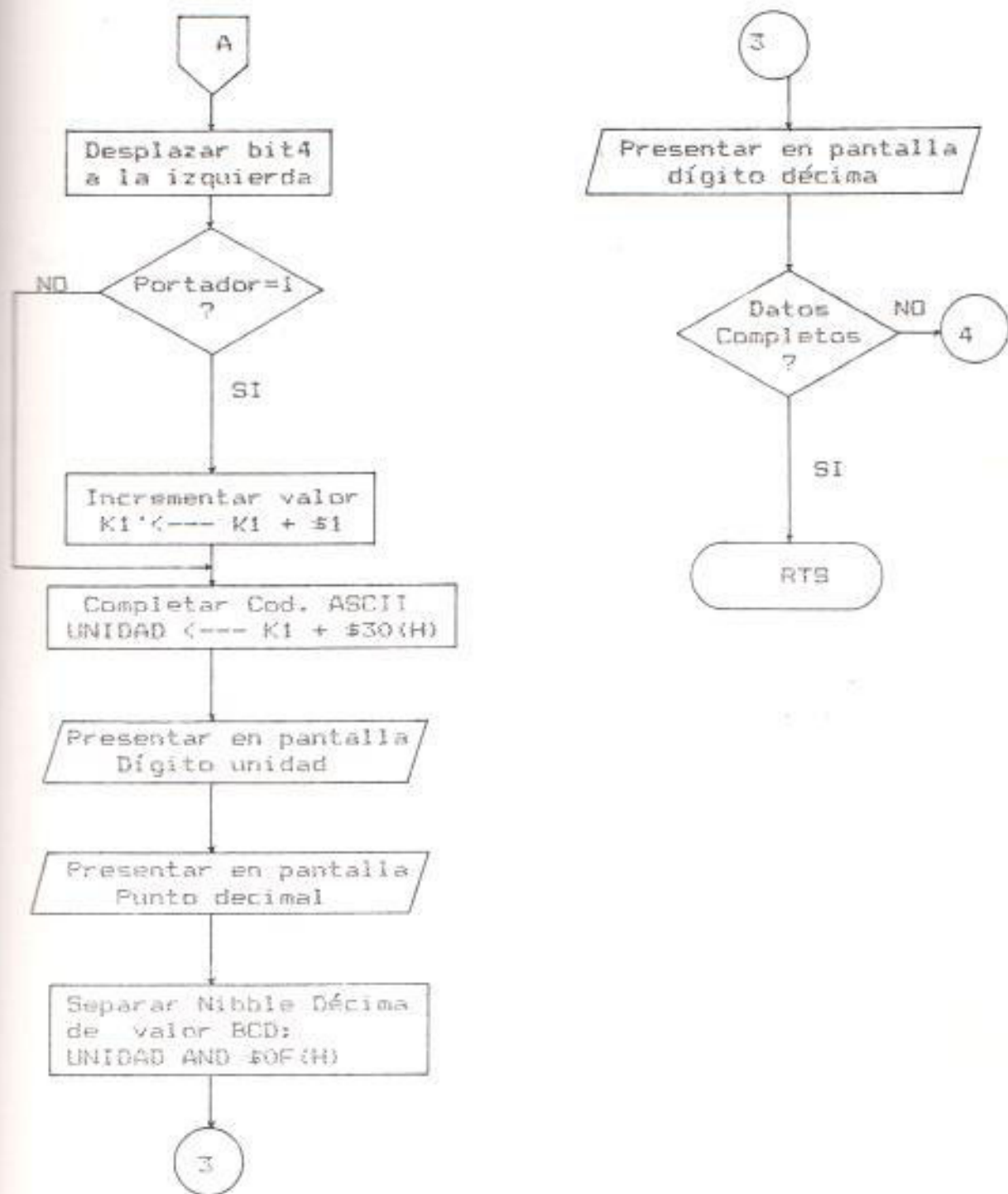


FIG. 11.- Continuación.



## CAPITULO III

### CONSTRUCCION DEL SISTEMA

#### 3.1 ESTRUCTURA MODULAR DEL SISTEMA E INTERFACES

Para elaborar un sistema de adquisición de datos es preciso conocer detalladamente las partes principales o módulos que intervienen en tal sistema. Las características técnicas de cada uno de ellos determinan la compatibilidad o no con los otros elementos para poder desarrollar un trabajo en conjunto, o formar un solo equipo en correcto funcionamiento.

Todo sistema consta esencialmente de cuatro partes totalmente definidas; en primer lugar cabe mencionar al computador, que es la herramienta que realiza la operación y control del sistema, luego, las señales que proveen al computador la información necesaria de los datos requeridos, provienen de los transductores o sensores incorporados en un solo bloque o unidad; también se definen claramente la sección de la interface o adaptador de periféricos y los

periféricos.

La Figura 12 muestra la estructura del sistema elaborado en el paquete de trabajo, en este caso la sección 1 representa al computador TRS-80 (Color Computer 2 de 64 K), la sección 2 corresponde a la unidad sensora del termosalinómetro, la interface entre el computador y los sensores forma la sección 3 y por último, un monitor o un televisor y la grabadora de cinta magnética son los periféricos comunes o habituales del computador.

Como un equipo de soporte del sistema se utiliza un fuente de poder con + 15 Vdc y - 15 Vdc para energizar la unidad sensora.

La sección elaborada para la interface es energizada con la señal de + 5 Vdc (300 mA) disponible de la barra del CPU (ver Apéndice B).

### 3.2 CONFIGURACION ESQUEMATICA DE LA UNIDAD SENSORA

Analizando las especificaciones y características técnicas de la unidad sensora se determina que es necesario elaborar el circuito de interface



utilizando elementos que sean compatibles con las señales provenientes de esta unidad.

En el conector J1, como lo muestra la Figura 13, se establecen todas las señales que llegan a la unidad y que salen de la misma.

En el terminal A la señal de + 15 Vdc necesaria para polarizar los circuitos junto con la señal de - 15 Vdc en el terminal C y la línea común o tierra en B, todas ellas suministradas desde una fuente de poder externa.

Las señales que entrega la unidad corresponden a los parámetros: temperatura en el terminal F, salinidad en el terminal E, y conductividad en el terminal D del conector J1, dentro de un rango de voltaje desde 0.0 voltios hasta aproximadamente 5 voltios para cada señal (ver Apéndice A).

### 3.3 ELABORACION DE LA SECCION DE INTEREFACE ANALOGICA = DIGITAL

#### 3.3.1 LA INTEREFACE

Para utilizar el computador como elemento de

control de operación ya sea en procesos de adquisición de datos o procesos de control con realimentación en sistemas electrónicos y electro-mecánicos, es necesario construir una circuitería de interface que sirva como medio de comunicación del computador en el exterior.

Es preciso conocer entonces, las señales de control que están disponibles en la barra del CPU del computador y cómo utilizarlas para operar el sistema externo.

En un sistema de adquisición de datos la operación consiste en llevar la información de los transductores desde la unidad sensora a la barra de datos del CPU y luego de procesada en el computador entregar tal información como datos o valores de los parámetros medidos.

La información de los sensores es del tipo analógica, por lo tanto se requiere utilizar un convertidor analógico-digital, pues son señales digitales las que puede manipular el microprocesador MC6809E que es el CPU del computador utilizado en el presente trabajo.

El circuito integrado MC6821 es un adaptador de interface periférico (PIA) destinado para conectar el uP MC6809E con elementos externos.

### 3.3.2 SEÑALES DE CONTROL, DIRECCION Y DATOS

#### SECCION UNIDAD SENSORA - MULTIPLEXOR

Las señales analógicas de los sensores ingresan secuencialmente en el circuito selector, que es un multiplexor de 8 canales a uno; estas señales deben estar comprendidas dentro de un rango de voltaje de 0 a 5 voltios, puesto que son condiciones que exige el circuito integrado ADC0808, que es un convertidor analógico-digital con el multiplexor incorporado y que ha sido escogido para el diseño.

Normalmente, los rangos de los voltajes correspondientes a las señales de cada parámetro están comprendidos entre 0 y 5 voltios, para aguas muestreadas superficialmente, el cual es el caso del termosalinómetro.

La Figura 14 muestra las interconexiones entre la unidad sensora y el multiplexor, y entre el convertidor y el PIA.

Las señales de temperatura, salinidad y conductividad se conectan a las entradas "0", "1" y "2" del selector respectivamente.

#### SECCION CONVERTIDOR A/D - PIA

Las principales señales de control para operar el convertidor son: inicio de conversión (START), fin de conversión (EOC) y reloj (CLK); A, B y C son señales para cargar la dirección del multiplexor.

De la puerta B del PIA se utilizan PB0 y PB1 como salidas conectadas al convertidor en A y B respectivamente, C se debe fijar a un nivel bajo (ver Figura 14).

La señal de control CA2 del PIA se utiliza como salida para habilitar el inicio de conversión y también como señal de control de carga de dirección, ALC.

El convertidor envía la señal 'Fin de Conversión' y se conecta a la línea de entrada de interrupción CA1 para habilitar la señal de salida IRQA en el PIA. La señal de reloj del convertidor es la misma señal E del CPU, la señal de habilitación de salida (OE) se conecta a un nivel alto (+ 5 V); para selección de MC6821, CS0 y CS1 también se conectan a un nivel alto.

Se interconectan además las 8 líneas de datos:  $2^{-8}$  --->  $2^{-1}$  con PA0 ---> PA7.

#### SECCION PIA-BARRA DEL CPU

Las señales disponibles del CPU y utilizadas para operar el PIA son: E, señal de reloj;  $\overline{\text{RESET}}$ , señal de inicialización del sistema;  $\overline{\text{R/W}}$ , señal de lectura/escritura para recibir o entregar datos;  $\overline{\text{NMI}}$ , señal de interrupción no-enmascarada conectada a la señal de solicitud de interrupción ( $\overline{\text{IRDA}}$ ) enviada desde el PIA (ver Figura 15).

Para direccionamiento y selección de registros se interconectan las señales: A0 con RS0, A1

con RS1; la señal  $\overline{CS2}$  es habilitada si tanto la señal  $\overline{SCS}$  como A2 están en un nivel bajo, por lo tanto se cumple esta función utilizando una puerta "OR" (74LS32).

La señal de salida ( $\overline{SCS.A2}$ ) de la puerta "OR" decodifica el espacio de memoria FF48(H) a FF4F(H). Puesto que el PIA sólo tiene dos señales de selección de registro RS0, RS1, entonces cada registro puede ser direccionado por dos localidades de memoria.

Se conectan además las 8 líneas de datos: D0 ---> D7.

### 3.4 SECCION DEL MICROCOMPUTADOR Y PERIFERICOS

Todo sistema microcomputador consta de periféricos para poder entregar y recibir información. La pantalla de un televisor o un monitor es el periférico de salida más utilizado en estos sistemas, pues proporciona visualmente información escrita o gráfica sobre el tema de interés del usuario.

En nuestro caso, se utiliza la pantalla de un



televisor para mostrar los datos recolectados por el sistema diseñado.

Otro periférico común es el teclado, para poder ingresar datos y los programas en el computador, este teclado viene incorporado con el sistema del Color Computer 2 y es parte indispensable del mismo.

También, en el presente trabajo, se utiliza la grabadora de cinta magnética (TANDY Computer Cassette Recorder CCR-81) para poder guardar el programa, y al momento de iniciar la operación del sistema de adquisición cargar el programa desde la cinta en la memoria del computador.

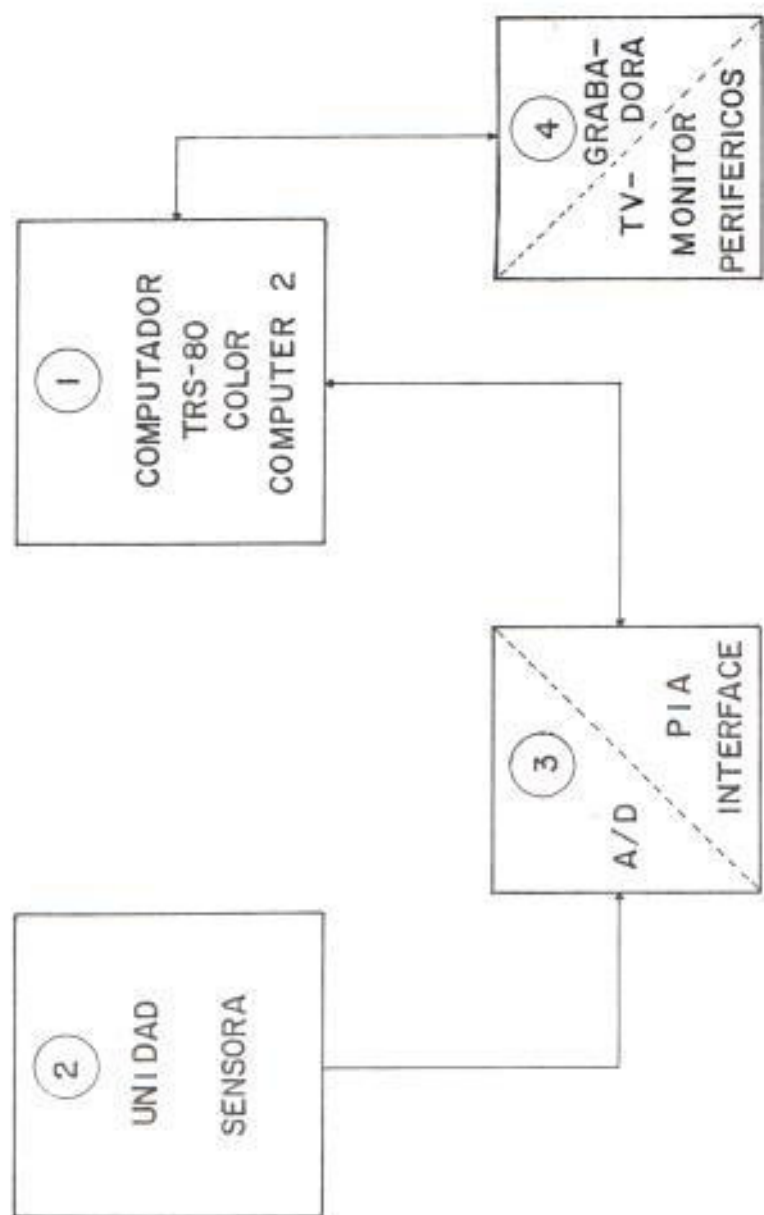


Fig.12.- Estructura Modular del Sistema.



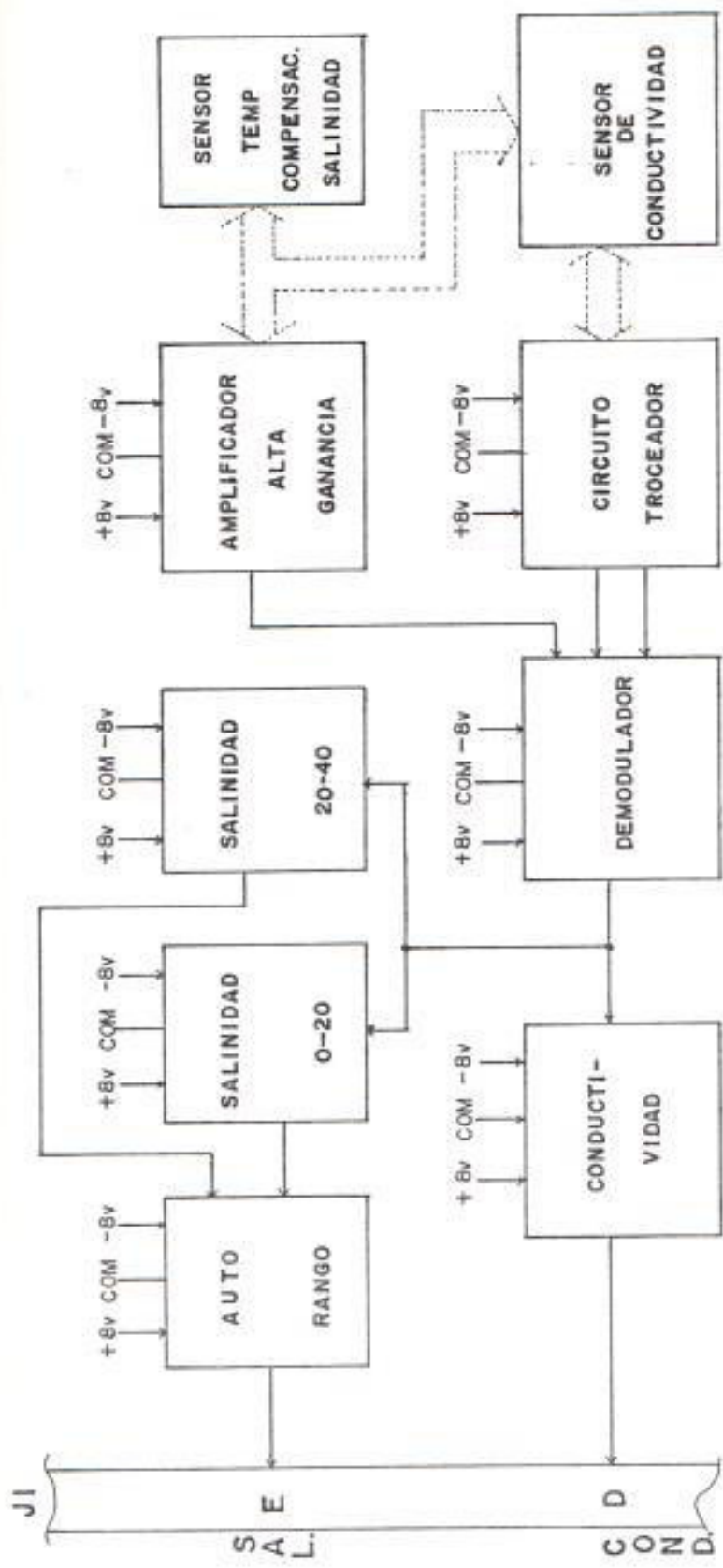


Fig. 13.- Diagrama Esquemático de la Unidad Sensora.

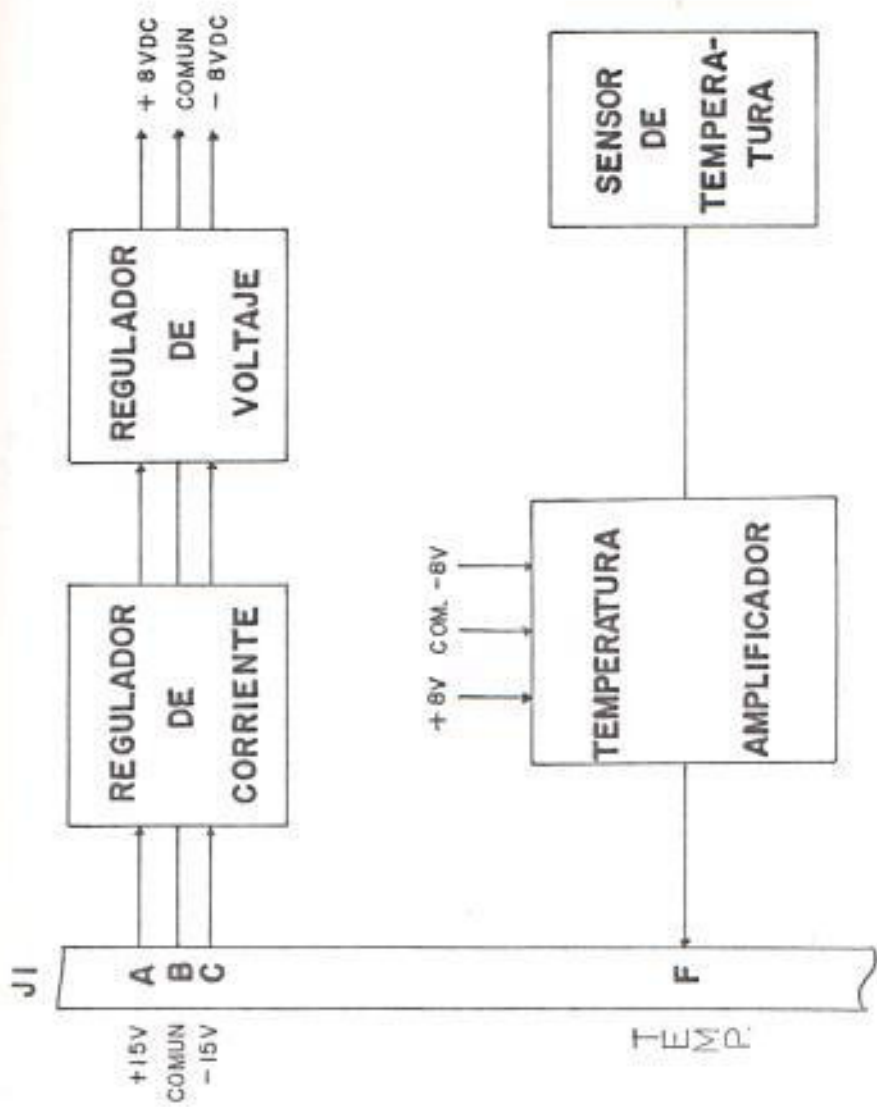


Fig.13.- Continuación

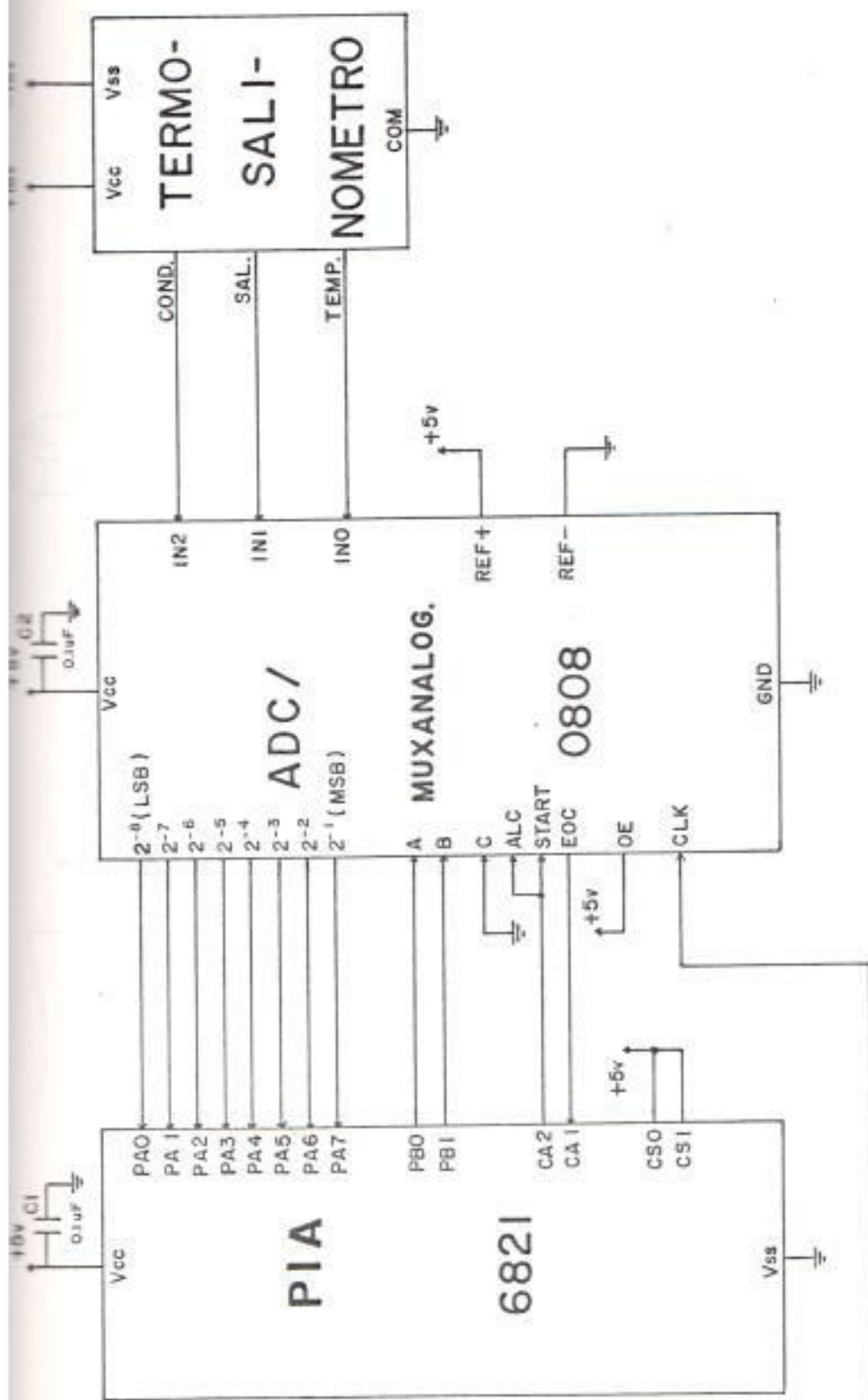


Fig. 14.- Diagrama Circuital Sección Unidad Sensora - ADC - PIA.

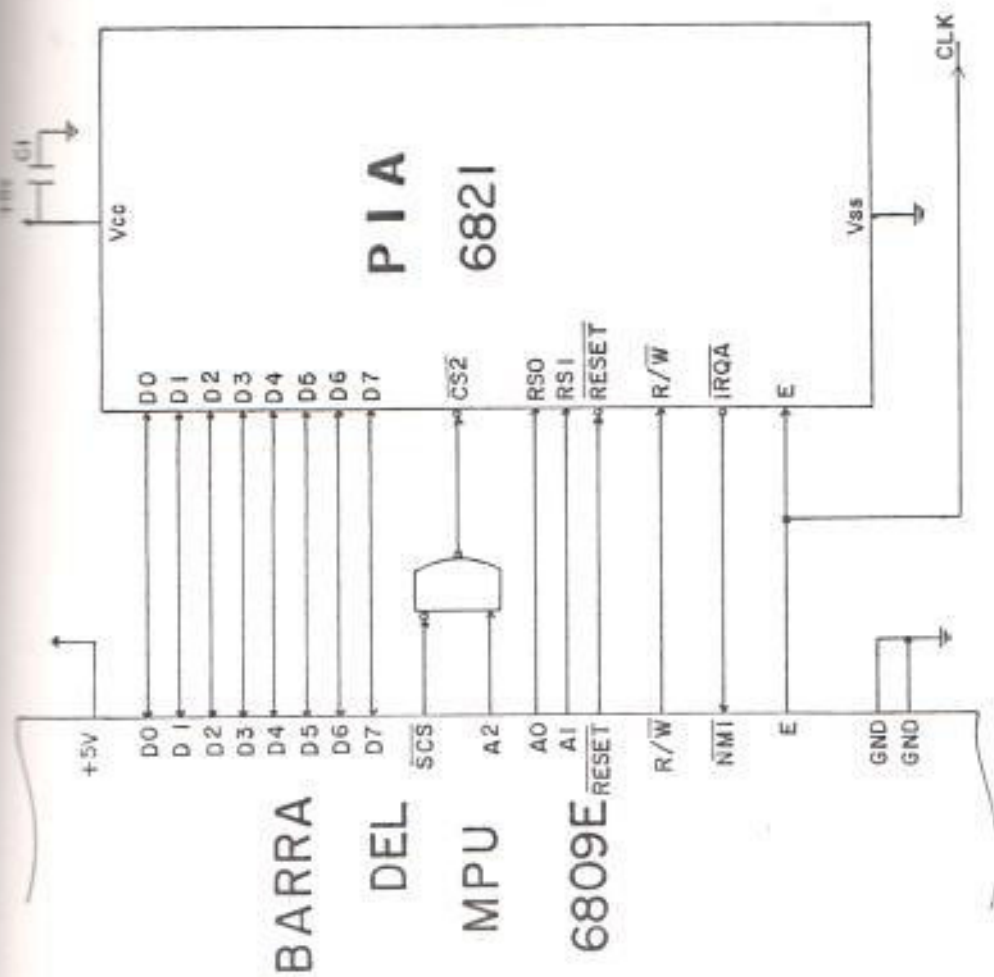


Fig. 15.— Diagrama Circuitual Sección PIA — Barra del CPU .

## CAPITULO IV

### PRUEBAS Y RESULTADOS

#### 4.1 PRUEBAS

Para la elaboración del sistema diseñado, se efectuaron pruebas varias de la circuitería construida, mediciones independientes de las señales de la unidad sensora, y otras simulaciones necesarias para la corrección de errores tanto del diseño y construcción de la interface como en el programa elaborado para el control y operación del sistema.

Las primeras pruebas o análisis se realizaron con el termosalinómetro energizado en forma aislada, para determinar qué tipo de señales entregan los sensores, y el rango de voltaje de los mismos representando a cada parámetro medido. También se efectuó la correspondiente medición del consumo de energía para determinar cuánta corriente necesita en su operación normal o simulada en laboratorio, de tal manera conocer qué tipo de fuente utilizar en este propósito de adquisición de datos de esta unidad.

Se continuó con pruebas aisladas de cada una de las subrutinas que conforman el programa principal del sistema, hasta concluir con la depuración y prueba final del diseño y la construcción de todo el sistema en conjunto.

#### 4.2 RESULTADOS

Con las pruebas se pudo determinar como primer resultado satisfactorio que las señales analógicas enviadas desde la unidad sensora tienen voltajes representativos de los valores reales entre 0.00 y 5.00 voltios aproximadamente para los tres parámetros en cuestión. Esto está en concordancia con la exigencia del multiplexor en el circuito integrado ADC0808, cuyas entradas analógicas deben fijarse dentro del rango de voltaje mencionado, para su normal operación.

Las mediciones de consumo de corriente del termosalinómetro dieron resultados con valores menores a 200 mA, por lo que se pudo adaptar una fuente de poder relativamente pequeña, con voltajes de + 15 V y - 15 V, dentro del "PROTO-BOARD" empleado

para las pruebas simuladas de operación del sistema.

Luego de las respectivas correcciones, las subrutinas del programa cumplen a cabalidad su función, tanto en la adquisición, como en la conversión de binario a BCD, y en la presentación de los datos en la pantalla del televisor.

De las pruebas de las subrutinas de adquisición y conversión se obtuvo valores máximos de 25.5 unidades correspondientes a valores de voltaje iguales a 5 V en las entradas del selector, debido a que el convertidor analógico-digital es de 8 bits, por lo que se procedió a corregir este error duplicando los valores BCD obtenidos, es decir un ajuste por programa de los datos de los parámetros muestreados, con una correspondencia desde 0.00 hasta 51.0, con valores sólo pares (la décima), entre el rango de valores reales y valores medidos.

Luego las pruebas con señales de entrada simuladas, dieron resultados positivos en pantalla, presentando datos casi exactos comparados con los voltajes de entrada aplicados.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de desarrollado el presente trabajo, se pueden anotar como principales conclusiones las siguientes:

Un sistema de adquisición de datos construido en base a un computador es muy útil en el campo de la investigación científica, la versatilidad que ofrece, su fácil operación, su complejidad mínima en cuanto a su diseño y construcción son aspectos importantes para determinar su empleo en distintas áreas de la ingeniería y las ciencias.

La exactitud en las mediciones y el seguimiento casi instantáneo y continuo de las variaciones de los parámetros permiten al usuario del sistema tener más y mejores fundamentos o bases para con sus respectivos análisis, comprobar o corroborar teorías y formar hipótesis sobre el campo investigativo en que se encuentra.

El equipo completo que conforma el sistema, físicamente es más liviano que el sistema original, por lo tanto su empleo puede ser efectuado, para cualquier campo en medios acuáticos, en diversos tipos de embarcaciones, y de esta manera facilitar los estudios oceanográficos.

En lo referente al sistema, se recomienda su aplicación principalmente en la Oceanografía Física y la Biología Marina, para mejorar las técnicas de estudios prácticos en estos niveles científicos. Esto tanto por las utilidades que presenta como por las perspectivas que ofrece.

Para mejorar el sistema se recomienda el empleo de un convertidor analógico-digital de 12 bits, en lugar del convertidor de 8 bits, para mayor precisión o exactitud de medición; pues representaría obtener valores de los parámetros con aproximaciones de hasta las centésimas.

Si las señales analógicas de los sensores tienen voltajes por sobre los 5 voltios, es necesario construir adicionalmente una circuitería (basada en amplificadores operacionales) para acoplar a las entradas del multiplexor; tal puede ser el caso si se utiliza el sistema para medir otro tipo de parámetros.

Se recomienda también adicionar, al sistema ya elaborado, la función de almacenar tanto el programa principal como datos recolectados en memoria EPROM, con el fin de facilitar la operación del equipo, y con los valores guardados formar un banco de datos para posteriores análisis y estudios; estos también pueden ser grabados en cinta magnética con los mismos propósitos.

Y en cuanto al programa en sí, adicionar subrutinas para obtener valores promedios, máximos y mínimos, según los requerimientos de la investigación deseada.

## BIBLIOGRAFIA

1. "C.S.T. Probe-Model 513-D: Operation and Maintenance Manual". Interocean Systems, Inc. San Diego, Ca. (1977).
2. "C.T.D. Probe-Model 9041: Instruction Manual", Plessey Environmental Systems, San Diego, Ca (1976), Sección "Sensores" Cap. 1-3.
3. "Instruction Manual for Milos Automatic Weather Station, Central Processing Unit DMC-12", Vaisala, Finland (1981). Sección "Interface Analógica" Cap. 9.
4. "Microprocesador Applications Manual" Motorola Semiconductor Products Inc. (1975). Sección "Interface Periféricos" y "Técnicas de Programación" Cap. 2-4 y 5.
5. "8 Bit Microprocessor and Peripheral Data", Motorola Inc. (1980).
6. "Master Handbook of Microprocessor Chips", Charles Adams, Tab Book Inc. (1981). The MC6800 Microprocessor Chip Family, Cap. 7.

7. "The MC 6809 Cookbook", Carl Warren, (1980), Tab Book Inc.
  
8. "Análisis Computarizado de la derivación (D-11) de electrocardiogramas (ECG), Sistema PROSECG", Tesis de Grado de Ingeniero en Electricidad por: Patricio Pazmiño Barreno (1986), Sistema de Adquisición y Almacenamiento de Datos. Cap. 5.