

TUES  
1504  
E 74a  
1995  
EJ 2

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



"Análisis y Rehabilitación del equipo de medición de temperatura (RTMB) en los generadores síncronos de la Central Hidroeléctrica "15 de Septiembre" de El Salvador"

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:

RENE MARTIN ESCOBAR VASQUEZ

THELMA CAROLINA RUIZ CANIZALEZ

PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO ELECTRICISTA



15101224  
15101224

JULIO DE 1995.

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

U.E.S. BIBLIOTECA  
INGENIERIA Y ARQUITECTURA



Inventario: 15101224

RECTOR:

DR. BENJAMIN LOPEZ GUILLEN.

SECRETARIO GENERAL:

LIC. ENNIO LUNA.

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO:

ING. JOAQUIN ALBERTO VANEGAS AGUILAR

SECRETARIO:

ING. JOSE RIGOBERTO MURILLO CAMPOS

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

DIRECTOR:

ING. SALVADOR DE JESUS GERMAN

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Y ARQUITECTURA  
Universidad de El Salvador

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

TRABAJO DE GRADUACION PREVIO A LA OPCION AL GRADO DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

"Análisis y Rehabilitación del equipo de medición de  
temperatura (RTMB) en los generadores síncronos  
de la Central Hidroeléctrica "15 de  
Septiembre" de El Salvador".

PRESENTADO POR:

RENE MARTIN ESCOBAR VASQUEZ

THELMA CAROLINA RUIZ CANIZALEZ

TRABAJO DE GRADUACION APROBADO POR:

COORDINADOR Y ASESOR:



Ing. RICARDO ERNESTO CORTEZ.

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Y ARQUITECTURA  
Universidad de El Salvador

ASESOR:



Ing. FRANCISCO EQUILEO GUILLEN.

ACTA DE CONSTANCIA DE NOTA Y DEFENSA FINAL

En esta fecha, 8 de Julio de 1995,  
en el local de Sala de Lectura de la Escuela de Ingeniería Eléctrica  
a las 10:00 horas, con la presencia de las siguientes autoridades de la  
Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador:

- 1- Inq. Salvador de J. German  
Director
- 2- Inq. Gerardo Marvin Jorge Hernández  
Secretario

Firma

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Y ARQUITECTURA  
Universidad de El Salvador

Y con el Honorable Jurado de evaluación integrado por las personas  
siguientes:

- 1- Inq. Daniel Rodríguez
- 2- Inq. Gerberth Orlando Mancía Pérez
- 3 Inq. Gerardo Marvin Jorge Hernández

Se efectuó la defensa final reglamentaria del Trabajo de Graduación:

"Análisis y Rehabilitación del equipo de medición de temperatura (RTMB) en  
los generadores síncronos de la Central Hidroeléctrica "15 de Septiembre" de  
El Salvador".

A cargo de los Bres.:

René Martin Escobar Vásquez

Thelma Carolina Ruiz Canizález

Habiendo obtenido el presente trabajo una nota final, global de 8.0

( Ocho punto cero )

DEDICO A:

MIS PADRES, Zoila Raquel de Escobar y Ernesto Audelio Escobar por haberme dado todo el apoyo en los momentos más confusos en el transcurso de la carrera, no hay forma de pagarles todos sus consejos y la paciencia con la que me guiaron hasta el final.

TODOS MIS HERMANOS, con los que siempre he contado de una o de otra forma, este triunfo es también de cada uno de ellos: Edgardo Barrientos, Sandra de Benitez, Guillermo Escobar, Douglas Escobar y Ana Ruth Escobar.

Una especial dedicación a MI NOVIA, Delmy Patricia Angel, por darme todo su apoyo incondicional y haberme comprendido en todos los momentos difíciles de mi estudio.

A mi Compañera y amiga Thelma Carolina Ruiz, por haber me soportado en todos los años de la carrera y siempre aportar los mejores criterios para resolver los problemas.

A todos MIS AMIGOS que siempre nos impulsaron a obtener buenos resultados.

A todos AQUELLOS que no pudieron obtener el presente agrado por haber dado lo más importante para esta vida y que es su propia VIDA.  
(A Ellos se lo debemos...)

RENE MARTIN ESCOBAR VASQUEZ.

DEDICO A:

DIOS:

Por haberme permitido culminar mi carrera, bajo su guía y bendición.

MIS PADRES:

Baudilio Ruiz y Morena de Ruiz, por su Amor y Comprensión, Apoyo sin límites y por darme siempre Fortaleza.

MIS HERMANOS:

Sandra Ruiz y Marlon Ruiz, porque con sus logros son vivos ejemplos a seguir, y por todo el Amor que recibo de ellos.

MI NOVIO:

Alejandro Chicas, por darme Amor, Fuerza y ánimos cada momento de mi vida.

TODA MI FAMILIA:

Porque sé que con sus oraciones me acompañaron a lo largo de mi Carrera.

MI COMPANERO:

René Escobar, quien me brindó su Amistad y paciencia de forma franca.

TODOS MIS AMIGOS:

Que siempre estuvieron apoyándome en los buenos y malos momentos.

THELMA CAROLINA RUIZ CANIZALEZ.

## AGRADECIMIENTOS

La elaboración de este Trabajo de Graduación fue posible por la ayuda conjunta de muchas personas, que de una manera u otra, colaboraron de forma significativa, por lo que hacemos un Merecido Agradecimiento:

Ing. FRANCISCO EQUILEO GUILLEN, quien permitió poder desarrollar este tema brindándonos Información, tiempo y consultas.

ABEL MAGANA, JULIO CHACON, ELMER SANCHEZ Y CELIA, compañeros que nos facilitaron Bibliografía de gran importancia que incluimos en nuestro Trabajo.

Sr. ROBERTO BENITEZ, SANDRA DE BENITEZ Y JEANETTE SANCHEZ CIUDAD REAL, quienes gentilmente nos permitieron elaborar el Documento, proporcionándonos toda la ayuda requerida para ello, desde su digitación hasta su impresión.

A TODO EL PERSONAL DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA 15 DE SEPTIEMBRE que muy amablemente nos abrieron las puertas.

A TODOS NUESTROS AMIGOS y COMPANEROS que siempre nos brindaron su ayuda y cooperación de una forma desinteresada.

## PREFACIO.

Para un país como el nuestro es de mucha importancia la generación de energía eléctrica pues es un factor que tiene una incidencia directa en el desarrollo tecnológico de una nación subdesarrollada como lo es El Salvador, es por ello que hemos desarrollado el presente trabajo.

En los últimos años la Comisión Hidroeléctrica del Rio Lempa (C.E.L.), ha explotado los recursos naturales presentes como son las centrales hidroeléctricas y geotérmicas; es por ello que todos estos medios de producción tienen que estar bien protegidos de cualquier problema técnico, el objetivo del presente trabajo es analizar y rehabilitar el equipo de medición de temperatura (RTMB) de los generadores sincrónos de la central Hidroeléctrica 15 de Septiembre de El Salvador.

Con ello estamos proporcionando una protección directa de la medición de temperatura de los devanados del rotor, pues este parámetro es muy delicado ya que un aumento puede quemar dichos devanados y estaría generando una serie de problemas que van desde lo económico hasta una incidencia de caracter nacional pues se tendría que parar dicho generador afectando el desarrollo de toda una industria.

Tambien estamos poniendo en práctica todos los conocimientos obtenidos en el transcurso de nuestra carrera a un problema de una forma profesional, con esto estamos contribuyendo a tener una buena administración de los recursos naturales.

Los alcances determinados al inicio del trabajo, son el análisis y rehabilitación del equipo en mención. Por todos los inconvenientes descritos en el transcurso del trabajo se dan al final unas recomendaciones para superar el problema presente en la central.

## RESUMEN.

La Central Hidroeléctrica 15 de Septiembre de El Salvador es la mayor Central Generadora de Energía Eléctrica del país, construida sobre el cause del Río Lempa en el cantón San Lorenzo del departamento de Usulután, genera 180 MVA de potencia nominal.

Para el control de todo el sistema de operación de la central se utilizaron toda clase de infraestructura moderna que incluyen sistemas de control automático y sistemas modulares expansibles a base de tarjetas.

En esta área se encuentra el Equipo de Medición de Temperatura (RTMB) de los generadores síncronos de la Central; el cual posee una serie de unidades tales como el Divisor de Voltaje UA8156a-E, que tiene la función de dividir los rangos de entrada de voltaje en el caso particular en estudio, el voltaje es de 800 V, y el divisor lo hace llegar hasta niveles de mV.

Contiene la siguiente etapa unos Amplificadores Shunt que logran obtener a su salida niveles de corriente entre 5-10-20 mA, que son las que alimentan al registrador de datos que es el cerebro de todo el equipo es luego presentado en una forma visible por un display.

El presente estudio representa una descripción de cada una de las unidades desde sus características de trabajo, construcción y lógica de trabajo, así como también localización de fallas y calibración.

Al final se aconseja las diferentes alternativas que pueden resolver el problema en la medición de temperatura.

Con el presente trabajo se busca poder obtener de una forma práctica la información básica de las diferentes clases de Centrales Eléctricas que existen tomando en cuenta, características de construcción, diseño y funcionamiento. Así como también el principio de funcionamiento de los generadores y su forma de excitación.

El contenido del capítulo II recoge los fundamentos de los microprocesadores desde los dispositivos más sencillos hasta llegar a los de mayor complejidad. Se le dedicó una buena parte a las características y propiedades de dicho elemento pues de mucha importancia en el funcionamiento del equipo de medición de temperatura.

El material que nos proporciona la información del equipo de medición de temperatura de los devanados del rotor (RTMB) se encuentran en el capítulo III. En esta etapa se enfocaron los principales tópicos del equipo, tales como el principio de funcionamiento, forma de instalación, parámetros de entrada-salida de cada unidad.

Luego se plantean las alternativas de solución de mayor confiabilidad, se desarrolla para cada una de los equipos propuestos todo lo relacionado con especificaciones técnicas y económicas y para resumir se presenta un formato de encuesta que es a partir de ella que se toma una decisión que garantiza el buen funcionamiento para la resolución del problema.

## INDICE.

### CAPITULO I.

#### TEORIA BASICA DE LOS GENERADORES.

Introducción.....	1
1.1 Centrales Hidráulicas .....	1
1.2 Generalidades.....	1
1.3 Turbinas.....	2
1.4 Centrales Hidráulicas de agua fluyente y de agua embalsada.....	7
1.5 Primera clasificación de las TH: TH de acción y Reacción.....	13
1.6 Elementos constitutivos de las centrales Hidroeléctricas .....	17
1.7 Infraestructura.....	26
1.8 Superestructura.....	27
1.9 Generadores Trifásicos.....	28
1.9.1 Generalidades.....	28
1.10 Excitación de los Generadores.....	33
1.11 Regulación automática de la Tensión de los Generadores reguladores Tirrill, de Sectores Rodantes.....	35
CONCLUSIONES.....	40
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	41

### CAPITULO II

#### FUNDAMENTO DE LOS MICROPROCESADORES.

Introducción.....	42
1.1 Dispositivos Digitales Básicos.....	42
1.1.1 Multivibradores Biestables (MVB) y Seguros....	42
1.1.2 Codificadores, Decodificadores y Despliegue de Siete Segmentos.....	45
1.1.3 Multiplexores y Demultiplexores.....	46
1.1.3.1 Demultiplexores.....	46
1.1.3.2 Multiplexores.....	47
1.2 Microprocesador.....	48
1.3 Arquitectura de un Microprocesador.....	49
1.3.1 Terminología de la Memoria.....	51
1.3.2 Operación General de la Memoria.....	54
1.3.3 Memorias sólo para lectura ROM.....	54
1.3.3.1 ROM PROGRAMABLE (PROM).....	55
1.3.4 Memorias RAM.....	55
1.3.5 Organización interna de un Microprocesador.....	56
1.4 Características y Estructura del Microprocesador 8080	
1.4.1 Estructura.....	59
1.4.2 Conjunto de Instrucciones.....	65
CONCLUSIONES.....	66
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	67

**CAPITULO III**  
**ANALISIS DEL EQUIPO DE MEDICION DE TEMPERATURA DEL DEVANADO**  
**DEL ROTOR.**

Introducción.....	68
3.1 Divisor de Voltaje UA8156a-E y Amplificador Shunt.....	68
3.1.1 Divisor de Voltaje UA8156a-E.....	68
3.1.1.1 Características Eléctricas.....	68
3.1.1.1.1 Señales de Entrada.....	68
3.1.1.1.2 Señales de Salida.....	69
3.1.1.2 Datos Técnicos.....	69
3.1.1.2.1 Valores de Entrada.....	69
3.1.1.2.2 Valores de Salida.....	69
3.1.1.2.3 Valores de Transferencia.....	69
3.1.1.2.4 Condiciones Ambientales.....	70
3.1.1.2.5 Asignación de valores para el Ajuste de Datos.....	70
3.1.1.3 Características Físicas.....	70
3.1.1.4 Diagrama de Conexiones del Divisor de Voltaje UA8156a-E.....	71
3.1.2 Amplificadores Shunt.....	71
3.1.2.1 Características Eléctricas.....	71
3.1.2.1.1 Señales de Entrada.....	71
3.1.2.1.2 Señales de Salida.....	71
3.1.2.2 Características Físicas .....	72
3.1.2.3 Datos Técnicos.....	72
3.1.2.3.1 Potencia Suministrada para Versión 1.....	73
3.1.2.3.2 Potencia Suministrada para Versión 2.....	73
3.1.2.3.3 Valores de Entrada.....	73
3.1.2.3.4 Valores de Salida.....	74
3.1.2.3.5 Rangos de Aislamiento de voltaje.....	74
3.1.2.4 Conexión de unidad.....	75
3.1.2.5 Descripción del funcionamiento del Amplificador Shunt.....	77
3.2 Equipos de Medición de Temperatura del devanado del Rotor .....	77
3.2.1 Ecuación Fundamental para el Cálculo de la Temperatura del devanado del Rotor.....	79
3.2.2 Funciones del Equipo de Medición de Temperatura para la obtención de la Ecuación Básica para el cálculo de Temperatura.....	80
3.2.3 Descripción de Unidades del Equipo de Medición de Temperatura (RTMB).....	85
3.2.3.1 Fuente de 24V de d.c. (NU300).....	85
3.2.3.2 La Unidad PT8153a.....	85
3.2.3.2.1 Modo de Operación.....	87
3.2.3.2.2 Datos Técnicos.....	90
3.2.4 Diagnóstico de Fallas del RTMB.....	95
3.2.4.1 Cálculo de Datos para ser fijados.....	96

3.2.4.2 Ajustes.....	96
3.2.4.3 Aplicación del Mostrador Built-in y fijación de constantes.....	97
3.2.4.4 Localización de Fallas.....	98
CONCLUSIONES.....	99

**CAPITULO IV  
PROPUESTA PARA LA ADQUISICION DE EQUIPO PARA LA MEDICION DE TEMPERATURA DE LOS GENERADORES SINCRONOS DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA 15 DE SEPTIEMBRE DE EL SALVADOR.**

Introducción.....	101
4.1 Alternativa No. 1 EL OM5000.....	101
4.1.1 Introducción y Modo de Operación.....	103
4.1.1.1 Estructura del Registrador de Datos....	104
4.1.1.2 Multiplexor.....	104
4.1.2 Especificaciones.....	105
4.1.3 Operación.....	106
4.1.3.1 Panel Frontal.....	106
4.1.3.1.1 Pantalla.....	106
4.1.3.1.2 Impresión.....	106
Lista de Configuración:	
Configuración de Unidades.....	106
Configuración de los valores de Alarma.....	108
Intervalo de Registro.....	108
Lista de Alarmas:	
Modo de Impresión.....	108
Escala de Voltaje.....	108
4.1.3.2 Programación.....	108
4.1.3.2.1 Introducción al teclado.....	108
La tecla Alpha.....	109
La tecla Alt.....	109
La tecla Clear.....	110
4.1.3.2.2 Funciones de programación principal:	
Programa de almacenamiento Principal.....	110
Fecha.....	110
Intervalo de Registro.....	111
Teclas de Registro de Canales	112
4.1.3.2.3 Funciones de Programación del Multiplexor.....	112
4.1.4 Calibración.....	115
4.1.4.1 Procedimiento Inicial.....	115
4.1.4.2 Señal de Voltaje.....	115
4.2 Alternativa No. 2 RUSTRAK .....	115
4.2.1 Especificaciones.....	116
4.2.2 Importancia de la utilidad del Programa.....	116
4.2.2.1 Condiciones de Pantalla.....	116

4.2.2.2	Especificaciones.....	117
4.2.3	Programación de señal.....	117
4.2.4	Modulos de Comunicación.....	117
4.2.4.1	Especificaciones del Software.....	118
4.2.4.1.1	Cálculos Estadísticos.....	118
4.2.5	Modelos de Entrada.....	119
4.2.6	Diseño y Construcción Superior.....	119
4.2.6.1	Versatilidad y Simplicidad en Uno.....	119
4.2.6.2	Entrada Analógica y Digital.....	120
4.2.6.3	Rápido y fácil programación.....	120
4.2.6.4	Canales Matemáticos.....	120
4.2.6.5	Configuración Básica.....	121
4.2.7	Registrador de Datos RUSTRAK RANGER II.....	121
4.2.8	Especificaciones del Software.....	122
4.2.9	Accesorios.....	124
4.3	Alternativa No. 3 TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS	
	AT-DSP2200.....	125
4.3.1	Aplicaciones del Software.....	126
4.3.1.1	Uso de Interfase Gráfico.....	127
4.3.1.2	Análisis amplio de las Funciones.....	127
4.3.2	Unidad de medida.....	127
4.4	Alternativa No. 4 TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS	
	DAS-8PGA.....	128
	CONCLUSIONES.....	130
	CONCLUSIONES GENERALES.....	132
	ANEXOS.....	134

# CAPITULO I

## TEORIA BASICA DE GENERADORES

### INTRODUCCION.

El objetivo principal de este capitulo es proporcionar una información básica para el entendimiento del funcionamiento de una presa a base de turbinas hidráulicas, es por ello que se inicia con generadores trifásicos, así como también con los diagramas tanto del turbogenerador como los de un alternador con rotor de polos salientes.

Todas estas máquinas se han estudiado debido que son las que comúnmente encontraremos en una presa.

También se describe la forma de excitación de los generadores presentes en una central hidroeléctrica; se logra explicar y clasificar las diferentes clases de turbinas que existen las cuales dependen de la característica de construcción así como también de los objetivos presentes.

Para finalizar este Capitulo se ha incorporado los elementos más importantes que constituyen una CENTRAL HIDROELECTRICA.

#### 1.1 CENTRALES HIDRAULICAS.

#### 1.2 GENERALIDADES.

Para el suministro de energía eléctrica a un país, ha sido siempre tentador el aprovechar las fuerzas hidráulicas disponibles. En Alemania se ha visto que la puesta en explotación de los saltos de agua existentes es muy cara y que el costo de establecimiento por kilovatio de una central hidráulica es, en general, mucho más alto que el de una central de vapor. Los elevados costos de instalación no dependen solamente de los órganos técnicos mecánicos, sino, sobre todo, de las indispensables obras hidráulicas que hay que realizar. De aquí que sólo se exploten esas fuerzas hidráulicas en aquellos lugares de situación muy favorable, donde puede contarse con moderados gastos de instalación.

Incluso en estos sitios ocurre, prescindiendo de excepciones, que los gastos de instalación son, en una central de esta clase, más altos que de una de vapor. Sin embargo, como en las hidráulicas la energía no cuesta nada. Pueden resultar en conjunto más económicas que las de vapor.

### 1.3 TURBINAS.

Si disponemos de una corriente de agua  $Q$  y la altura aprovechable del salto es  $H$ , si designamos por  $n$  el rendimiento de la máquina hidráulica, la potencia obtenida es

$$P = QHn. \quad (1a).$$

Para cálculos de tanteo se parte a menudo de  $n = 0.75$ , con lo cual obtenemos  $P$  en CV, si  $Q$  se expresa en  $m^3/\text{seg}$ , es decir, en 1000 Kg/seg.  $H$  en m, y se divide el resultado por 75; esto nos da la sencilla fórmula:

$$P_{cv} = 10 QH. \quad (1b).$$

En realidad, el rendimiento de las modernas turbinas hidráulicas es bastante más elevado, alcanzando de 85 hasta 93 %; los más altos valores corresponden a las mayores potencias.

El funcionamiento de las turbinas hidráulicas consiste en que la energía potencial del agua encauzada por una tobera o una rueda directriz fija se transforma en energía cinética, y ésta, a su vez, en mecánica por medio de una rueda giratoria. Según las exigencias del caso, pueden emplearse así turbinas hidráulicas de distintas clases.

Para saltos de altura grande (aproximadamente de 100 a 2000m), están indicadas las turbinas de chorro libre o ruedas Pelton (Fig. 1.1). En esta clase de turbinas, la energía potencial del agua se transforma sin pérdida de energía cinética bajo la forma de un chorro que sale de una tobera para incidir en los álabes de una rueda giratoria convirtiéndose aquella energía cinética en trabajo mecánico.

Para regular la turbina, se introduce más o menos en la tobera una aguja de forma adecuada, con lo que la cantidad de agua saliente puede modificarse. La turbina puede llevar una o varias toberas de esta clase.

En caso de saltos de altura media (de unos 60 a 600 m) se emplean turbinas Francis (Fig. 1.2). En éstas la rueda móvil está rodeada de una carcasa o envolvente por la que el agua fluye describiendo una espiral. En la carcasa se encuentran unos álabes directrices de forma conveniente, que, según el grado de carga que haya de suministrar la rueda móvil, pueden hacerse girar más o menos y de ese modo modificar la sección de paso del líquido. En la carcasa, la energía potencial del agua se transforma parcialmente en cinética.

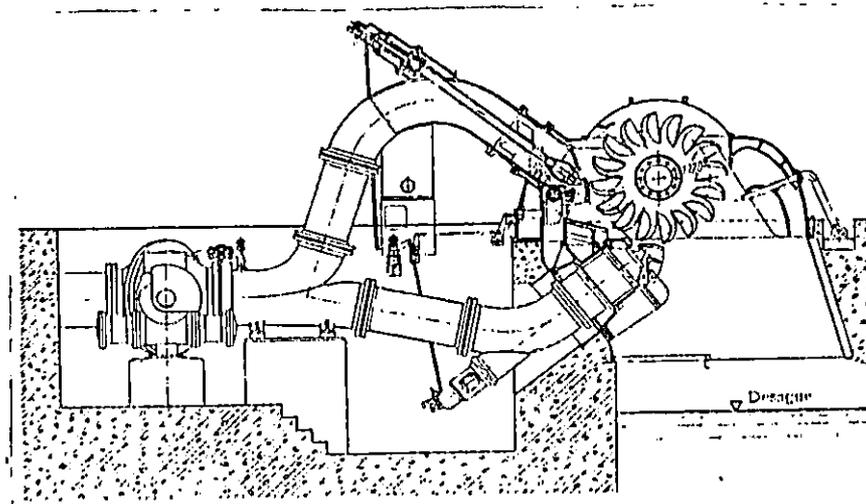


Fig.1.1 Turbina doble de chorro libre, de cuatro toberas (Voith).H, 358,5 m; n,375 rev/min; P, 52,400 CV.

Así, el agua incide en la rueda movable con una cierta sobrepresión (de donde el nombre de turbinas de sobrepresión y, también, de reacción) y cede su energía. En contraposición a la turbina de chorro libre, cuya periferia sólo en parte es atacada por el agua, en la turbina Francis ese ataque afecta a la totalidad de dicha periferia, es decir, es una turbina de admisión total. La turbina Francis puede disponerse vertical u horizontalmente. Para unidades muy grandes es apropiada la disposición vertical, porque con ella se ahorra terreno.

Para caídas pequeñas, entre 2 y 80 m, la turbina de hélice o Kaplan se ha acreditado como la mejor.

Para mantener entre límites favorables el rendimiento de esta turbina, aun con fuertes oscilaciones del salto y con carga parcial, siguiendo las prescripciones de Kaplan, se hacen giratorios tanto los álabes directrices como los motores. Una turbina semejante tiene, pues, doble regulación, para lo cual se hacen girar simultáneamente los álabes de guía y los de rueda móvil.

Los generadores accionados por las turbinas Kaplan se construyen muchas veces como generadores de "paraguas" o de pantalla, de tal modo que la rueda móvil de la turbina y el rotor del generador se monten en el mismo árbol, cuyo rango generalmente se dispone en la cubierta de la turbina, y tan sólo llevan un cojinete de guía sobre la rueda móvil de la turbina y otro por debajo del rotor de generador.

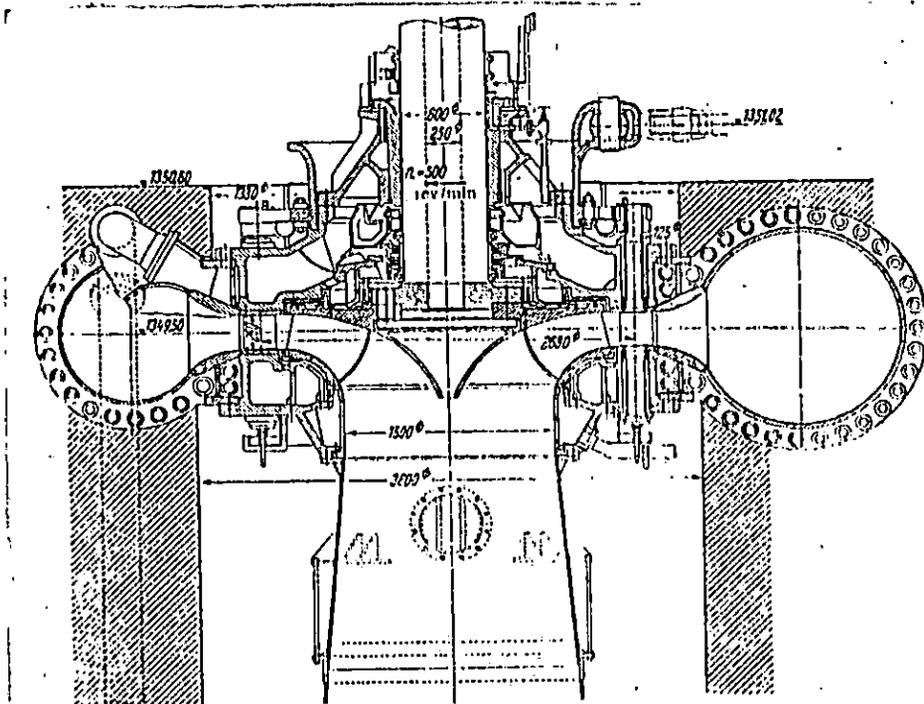


Fig. 1.2 Turbina espiral Francis (Voith) H,311m; Q, 20,35 m<sup>3</sup>/s; P,76000 CV.

La Fig. 1.3 representa una turbina Kaplan con generador de pantalla. El aceite regulador de la posición de la rueda directriz se introduce desde el cojinete superior. En el puente superior sustentante del generador se ha montado un generador auxiliar para alimentar el convertidor de excitación.

Consideremos ahora una turbina que con una caída de altura  $H_0$  y un caudal de agua  $Q_0$ , posee un número de revoluciones  $n_0$  y una potencia  $P_0$ , y examinemos cómo se comportará esta misma turbina en otro salto de altura  $H$ . Como la velocidad  $v$  del agua saliente es, según las reglas de la mecánica,

$$v = \sqrt{2gH}. \quad (2)$$

tenemos para el nuevo número de revoluciones  $n$ , puesto que éste es proporcional a la velocidad,

$$n = n_0 \sqrt{H/H_0} \quad (3)$$



Se elige para ello la altura  $H = 1\text{ m}$  y se designan las correspondientes potencia, número de vueltas y caudal de agua por  $P_1$ ,  $n_1$  y  $Q_1$ . Entonces, para una altura cualquiera  $H$ , las fórmulas (3) a (5) nos dan:

$$n = n_1\sqrt{H}, \quad Q = Q_1\sqrt{H}, \quad P = P_1.H\sqrt{H} \quad (6)$$

A fin de dilucidar propiedades características, por ejemplo, la posibilidad de giro a gran velocidad de una turbina, no basta referirse a esas propiedades para 1 m de altura de caída, sino que hay que elegir también una base de potencia de tal modo que la turbina de comparación ideal tenga una potencia de 1 CV con un 1 m de altura de caída.

Si la turbina en estudio tiene para 1 m de altura de caída otra potencia  $P_1$ , al referirla a 1 CV tenemos que imaginárnosla disminuida en proporción geométrica  $1/\sqrt{P_1}$ . Este factor de reducción se deduce porque para llegar a 1 CV debe disminuir el caudal de agua, y por tanto, la sección de paso de la turbina, en la proporción  $1/\sqrt{P_1}$ , con lo cual las dimensiones lineales tienen que reducirse según la raíz cuadrada de esta magnitud. Como con una altura de caída de 1 m, las velocidades tangenciales en la turbina se conservan las mismas, mientras las dimensiones lineales han disminuido según  $1/\sqrt{P_1}$ , el número de revoluciones debe quedar multiplicado, en cambio, por  $\sqrt{P_1}$ . Si denominamos velocidad específica el número  $n_e$  de revoluciones por minuto de nuestra turbina ideal, que hemos de considerar como constante característica de este sistema de turbinas, tendremos:

$$n_e = n_1\sqrt{P_1} \quad (7)$$

Sustituyendo en esta ecuación los valores  $n_1$  y  $P_1$  por  $n$  y  $P$ , encontraremos, finalmente:

$$n = n_e (H.\sqrt{H}/\sqrt{P}) \quad (8)$$

Si nos dan el número de revoluciones por minuto específico de una clase de turbinas, puede calcularse, para la altura de caída y potencia dadas, la velocidad de giro necesaria  $n$ . Si, por el contrario, se fija esta velocidad de giro, puede determinarse la velocidad específica o sea el tipo a que ha de pertenecer.

Los números de revoluciones por minuto específicos de los diferentes sistemas de turbinas son conocidos, y oscilan, según su construcción, entre los siguientes valores:

60	Turbinas de chorro libre (Pelton).....	5a
450	Turbinas Francis.....	60a
1000	Turbinas de hélice y Kaplan.....	300a

Puesto que por razones económicas no se pueden usar turbinas que giren demasiado despacio, se eligen, en caso de pequeñas caídas, turbinas de gran capacidad específica, mientras que para grandes caídas, en las que la turbina giraría siempre rápidamente, basta elegirla de pequeño número específico de revoluciones por minuto.

#### 1.4 CENTRALES HIDRAULICAS DE AGUA FLUYENTE Y DE AGUA EMBALSADA.

En las instalaciones de fuerza hidráulica hay que distinguir entre las que utilizan agua corriente y aquellas en que se parte de un embalse o pantano.

En las primeras, el caudal disponible oscila con las estaciones del año; además, hay que contar con años de escasez y años de abundancia de agua. Sus turbinas se dimensionan en relación al caudal, partiendo de consideraciones económicas.

La manera más sencilla de establecer una central de agua fluyente consiste en remansar, en un sitio adecuado, un río de bastante pendiente y de orillas escarpadas. La Fig. 1.4 representa esquemáticamente una central de esta clase, la central se ve que está contruida transversalmente, formando presa, sobre el mismo río. La Fig. 1.5 muestra un ejemplo del aspecto que presenta una central de agua corriente con generadores verticales y turbinas Francis. Para que resulte más barato, el edificio debe construirse lo más bajo posible.

Sin embargo, la altura viene determinada por la instalación de la grúa, con la cual debe poderse desmontar un grupo de máquinas y transportarlo fuera por encima de los otros generadores. Por esta razón, los generadores deben de ser lo más bajos posible. También por esto, modernamente, se evita el montar la máquina excitatriz encima del generador, porque ello aumentaría la altura. Las excitatrices se montan pues separadamente. Puede ser conveniente construir la instalación distribuidora de energía eléctrica, no inmediata a la central, sino en la orilla. Si el río ha de ser navegable, entonces habrá que contornear la central por medio de un canal provisto de esclusas, tal como indica esquemáticamente la Fig. 1.4

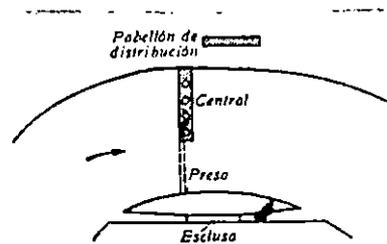


Fig.1.4 Representación esquemática de una central de agua corriente

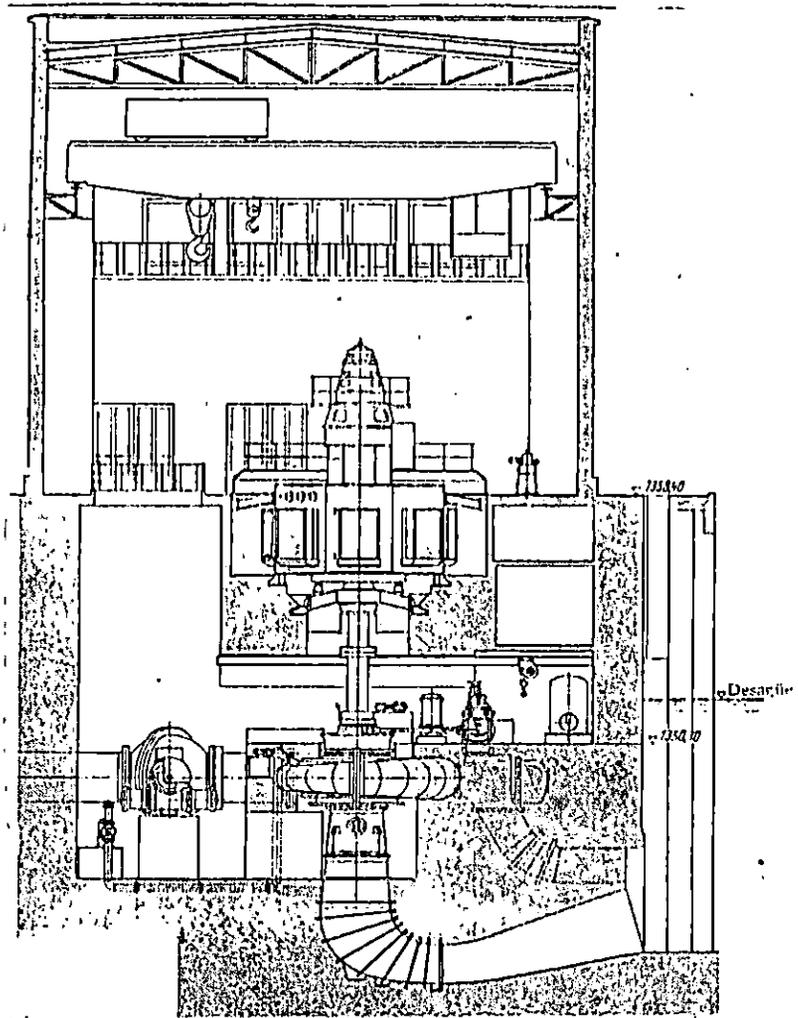


Fig. 1.5 Sección vertical de una central con turbina espiral Francis (Voith). H, 311m; Q, 20,35 m<sup>3</sup>/s; n, 500rev/min; P, 76000 CV

Para que la central hidráulica resulte aún más económica, puede renunciarse al pabellón de máquinas, con lo cual resultan edificios exentos de estructuras elevadas (Fig 1.6).

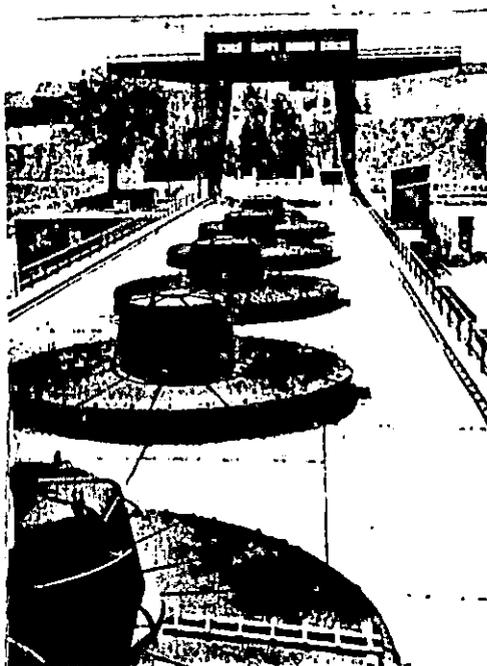


Fig. 1.6 Vista de una central de agua corriente con cinco generadores sin estructuras elevadas. (BBC).

La Fig. 1.7 muestra una central de agua corriente exenta de estructura elevada, con turbinas kaplan y generadores resistentes a la interperie, tipo constructivo de pantalla.

Recientemente se han contruido también algunas "centrales de presa inundables" con unidades hidroeléctricas, llamadas antes "centrales bajo el agua". Se construyen en la vena principal del lecho del río. Los grupos, iguales, se distribuyen en el cuerpo del dique por toda la anchura del río. Los ejes de las llamadas "turbinas bulbo" coinciden con la dirección natural del flujo de las aguas. Las turbinas se construyen como tubulares de hélice con álabes de la rueda móvil fijos, o como tubulares Kaplan con álabes de la rueda móvil orientables. En las tuberías de conducción de agua a la turbina, se embuten las juntas de goma contra la corona de la rueda móvil. Como muestra la Fig. 1.8, la rueda móvil de la turbina y la rueda polar del generador forman constructivamente una misma unidad; el estator del generador de un grupo de bulbo se diferencia muy poco del de una máquina horizontal normal.

La Fig. 1.9 representa una fase más elevada en el desarrollo de la turbina tubular. Se trata de una turbina Kaplan con tubo de aspiración aproximadamente recto, acoplada a través de una transmisión planetaria con un generador al que rodea el agua.

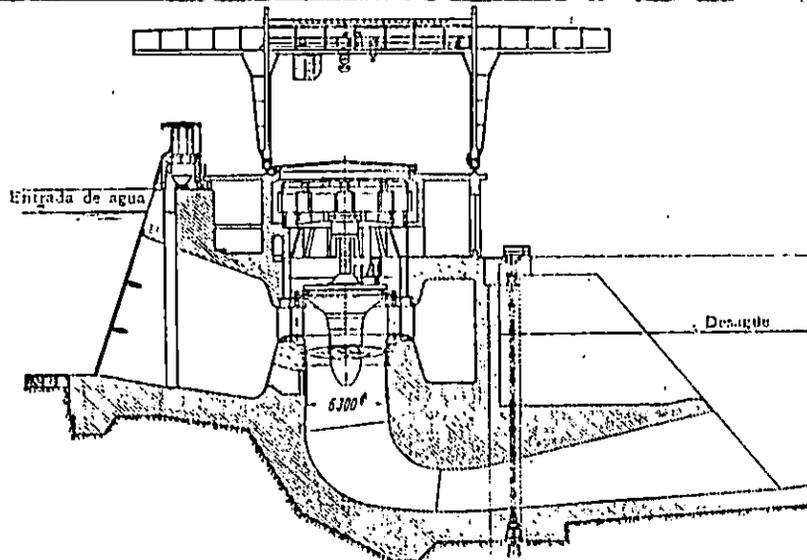


Fig. 1.7 Central de agua corriente sin estructura elevada, con 4 turbinas Kaplan, generadores tipo "paraguas". H, 11m.; Q, 251,5 m<sup>3</sup>/s; n, 83,4 rev/min; P, 32700 CV; P<sub>max</sub>, 34800 CV.

Esta nueva solución da mejor rendimiento que la turbina tubular con un generador atravesado por el agua, y es utilizable dentro de un extenso rango de alturas de caída.

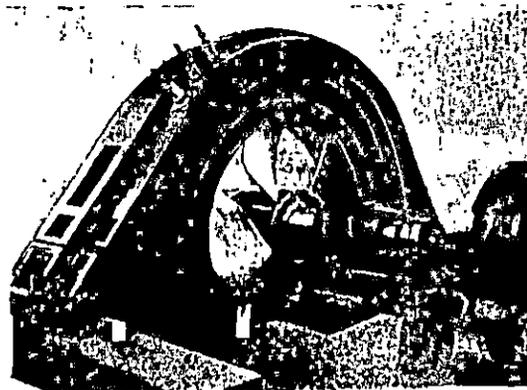


Fig. 1.8 Generador de central sumergida, de 2000 kVA, 3150 V, 214 rev/min.

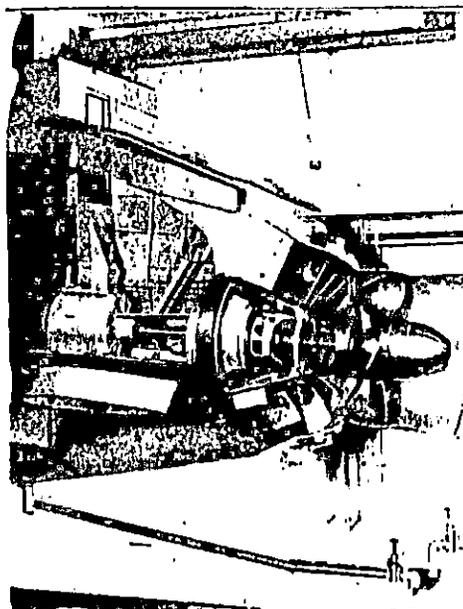


Fig. 1.9 Turbina tubular (Escher Wyss) con generador accionado por transmisión planetaria.

En comparación con el tipo clásico vertical, la central resulta más baja, y en muchas de sus máquinas, las distancias de eje son inferiores. Para velocidades aproximadamente por encima de las 150 r/m, se prevé muy a menudo un accionamiento directo del generador por la turbina, y se tiende, por razones hidráulicas, a que el diámetro de carcasa del generador sea lo menor posible. En esta solución se pretende, además, que las pérdidas caloríficas del generador pasen directamente al agua a través del cuerpo piriforme de circulación bañado por aquélla.

Si la naturaleza de las orillas del río no se presta para la construcción de una central de presa pura, debe construirse una central con canal. En el lugar más adecuado del río se erige un muro de presa, y el agua se encauza lateralmente por un canal construido con la mínima pendiente posible. En el extremo de ese canal está la central, la cual aprovecha el desnivel existente entre los canales superior y de desague (Fig. 1.10). Para aprovechar la fuerza hidráulica de un río de montaña, no siempre es posible ni conveniente construir la central en el río ni habilitar un canal. En este caso, por lo común, se lleva a través del monte una galería que termina en una cámara de carga.

Desde aquí el agua se conduce a la central por canalizaciones tubulares (Fig. 1.11).



Fig. 1.10 Representación esquemática de una central de agua corriente con canal de derivación.

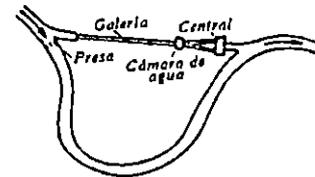


Fig. 1.11 Representación esquemática de una central de alta presión con conducción de agua mediante galería.

Si existe un lago elevado con aflujo y desague, la producción de electricidad se facilita mucho. Si se cierra el desague de una manera total o parcial, se conduce el agua por galerías y tuberías a la central y desde ésta al curso natural del desague, se obtiene lo que se llama una central de acumulación (Fig. 1.12). Al contrario que en una central de agua corriente, aquí el agua circulante no se utiliza de una manera inmediata, antes bien, en tiempos de poca carga se almacenará en el lago de acumulación. Así, en tiempos de gran demanda de energía, podremos tomar del lago más agua de la que corresponde a su circulación normal. Según la magnitud de la cuenca, se distingue entre embalses de regulación anual, mensual, semanal y diaria. Como estas instalaciones acumuladoras ofrecen gran libertad sobre el gasto de agua, se prestan muy bien para cubrir las puntas de consumo. En las centrales de puntas, el desague presenta oscilaciones muy fuertes, por lo cual, en consideración a los habitantes asentados al margen del río, se dispone un estanque de compensación o contraembalse. En las instalaciones de este tipo, y en general en todas las de alta presión, es preciso construir al final de la galería hidráulica y principio de las canalizaciones tubulares una chimenea de descarga. Esta constituye un recipiente compensador en el cual pueda subir el agua que aún llegue de la galería mientras la central para sus turbinas, medio por el cual pueden evitarse las inadmisibles elevaciones de presión. Las centrales combinadas con pantanos deben considerarse igualmente como centrales de acumulación.

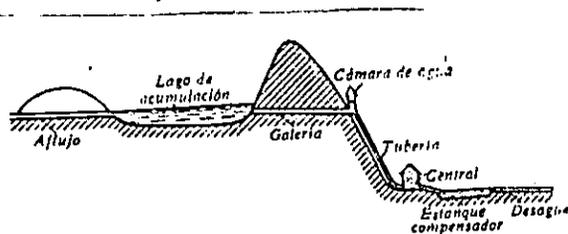


Fig. 1.12 Representación esquemática de una central de acumulación.

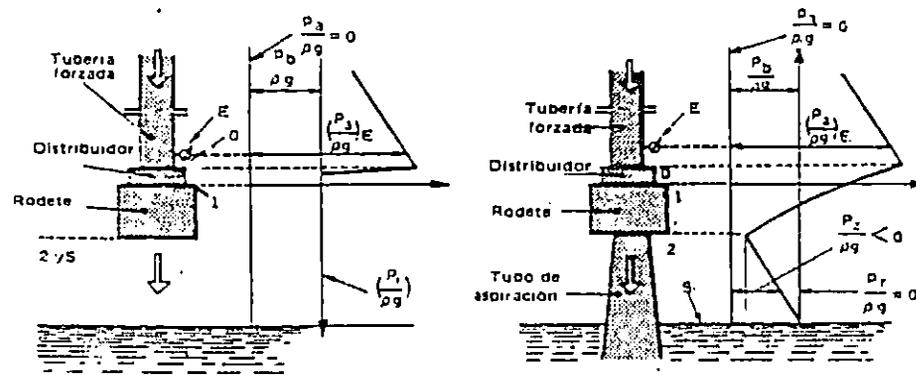
Puesto que los órganos reguladores de las turbinas hidráulicas no pueden en caso de variaciones repentinas de carga, trabajar tan de prisa como en las turbinas de vapor, aquéllas, o más bien los generadores, tienen que construirse con masas volantes suficientemente grandes. Además, hay que contar con que a plena descarga los órganos de cierre de la turbina posiblemente no se cierran, por ejemplo, a consecuencia de un fallo del regulador; entonces puede el generador adquirir elevadas velocidades, entre dos y tres veces la nominal. Los generadores que se mueven por fuerza hidráulica necesitan, por consiguiente, según el sistema de turbinas y de regulación, soportar mecánicamente esos excesos de velocidad.

Al contrario de las instalaciones de fuerza a base de vapor, en las que el costo de instalación es bastante independiente del lugar elegido para la central, en las de fuerza hidráulica ese costo depende ampliamente de las circunstancias locales. En Alemania, en 1962, para centrales hidráulicas completas era, en las instalaciones de alta presión, del orden de 1000 a 2000 marcos por kilovatio, en las de baja presión, de 1000 a 2000 marcos y en las de acumulación por bomba, de 500 a 2000 marcos.

### 1.5 PRIMERA CLASIFICACION DE LAS TH: TH DE ACCION Y REACCION.

Todas las TH (Turbinas Hidráulicas) que se fabrican actualmente se pueden clasificar en dos grandes grupos: turbinas de acción y turbinas de reacción. Si el grado de reacción es distinto de cero la turbina se llama de reacción y si es igual a 0 la turbina se llama de acción. La clasificación misma de las TH en turbinas de acción y reacción es fundamental, y tiene límites perfectamente definidos, ya que sólo ambos tipos de turbinas revisten formas esencialmente diversas.

En los esquemas (a) y (b) de la Fig. 1.13 se designan de la manera siguiente las diferentes secciones de la T:



(a)

(b)

Fig. 1.13 Esquema de variación de la altura de presión: a) en las TH de acción; b) en las TH de reacción. En las TH de rodete trabaja a la presión atmosférica (grado de reacción  $\sigma = 0$ ); en las TH de reacción la presión a la salida del rodete es inferior a la atmosférica y tanto menor cuanto mayor es  $\sigma$ .

E - entrada en la turbina  
 0 - entrada en el distribuidor  
 1 - entrada en el rodete  
 2 - salida del rodete  
 3 - salida de la turbina  
 Además

$p_a$  - presión absoluta  
 $p_b$  - presión barométrica  
 $p_r$  - presión relativa

**Turbina de acción** (Fig. 1.13, a): en el distribuidor (llamado inyector en estas T) se transforma la energía de presión de fluido en energía cinética del chorro. A la entrada y salida del rodete reina la presión atmosférica. Las secciones 2 y 3 de esta Turbina (T), que carece de tubo de aspiración, son coincidentes.

**Turbina de reacción** (Fig. 1.13, b): en el distribuidor (el distribuidor Fink) es el corrientemente empleado) se transforma sólo parte de la energía de presión del fluido en energía cinética. El agua entra en el rodete a una presión superior a la atmosférica. A la salida del rodete, gracias al tubo de aspiración, que no existe en las T de acción, la presión es inferior a la presión atmosférica; alcanzando el agua la presión atmosférica a la salida de la T.

Los tipos de T de reacción son muchísimos, lo mismo que los de las T de acción. Sin embargo es posible pasar gradualmente de un tipo a otro de turbina con pequeñas modificaciones; excepto en la discontinuidad existente en el paso de una T de acción a una de reacción, como puede verse en la siguiente tabla:

Tabla No. 1.1

Comparación entre los órganos constructivos de las TH de acción y reacción.

Turbina	Acción	Reacción
Distribuidor	Inyector o tobera con válvula de aguja	Distribuidor Fink (algunas veces distribuidor fijo).
Rodete	Cucharas	Alabes o paletas
Dispositivos de protección contra el embalamiento y golpe de ariete.	Pantalla deflectora	Orificio compensador
Salida de rodete	Sin tubo de aspiración, a la presión atmosférica.	Con tubo de aspiración, a presión más baja que la atmosférica.

#### Turbina de acción.

Prácticamente las únicas T de acción que se construyen actualmente son las TP, llamadas también turbinas de chorro libre. En la Fig. 1.14 puede verse el corte transversal de una TP con un rodete de una sola pieza y en la Fig. 1.15 el corte longitudinal de otra TP con álabes atornillados. En dichas figuras pueden verse los diferentes órganos de que consta esta T. A la entrada suele haber un codo (17) para facilitar la regulación de la válvula de aguja. La admisión de la tobera 1 se regula mediante la válvula de aguja (5), que se mueve automáticamente por la acción del regulador de presión de aceite, que actúa en el servomotor de pistón (22). El deflector o pantalla deflectora (20) sirve, como se explicará más adelante, para desviar instantáneamente el chorro y evitar el embalamiento de la T; mientras la válvula de aguja se cierra lentamente para evitar el golpe de ariete. El chorro incide en los álabes o cucharas (4) del rodete (3) sobre la arista divisoria de las cucharas (4b); el rodete se mueve en el interior de la caja o cobertura (3) para evitar las salpicaduras; después de accionar el rodete el agua cae al nivel inferior (NI) del agua (6).

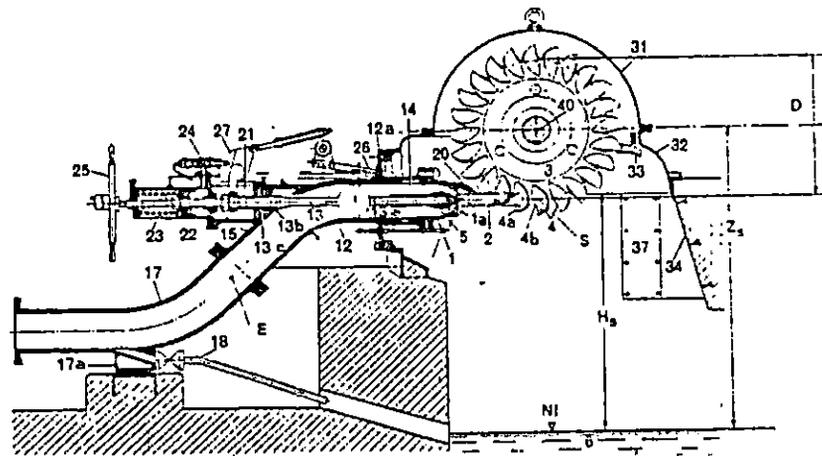


Fig. 1.14 Sección transversal de una TP con rodete de una sola pieza (Dibujo de la firma Escher Wyss)

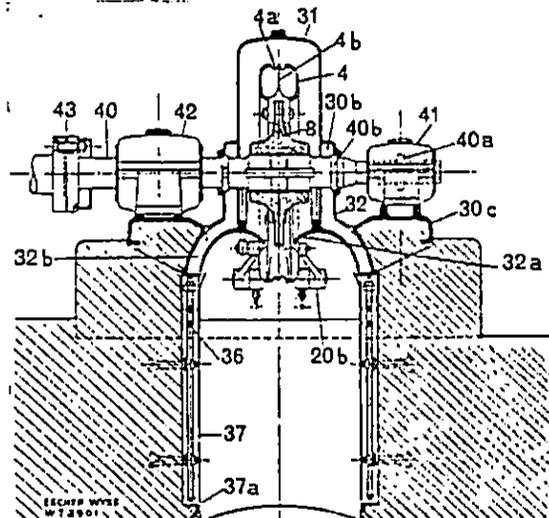


Fig. 1.15 Sección longitudinal de una TP con rodete de álabes atornillados.

Figuras No. 1.14 y 1.15

1 Tobera; 1a pieza intermedia; 1b pieza de sujeción; 1c barrenados; 1d tapas de protección, 2 chorro de agua; 3 rodete; 4 alabes; 5a punta; 5b tornillo calibrado; 5c cuña; 5d cuerpo de la aguja; 5e - 5f agujeros cilíndricos para espigas; 6 agujas abajo; D diámetro del rodete; d0 diámetro del chorro; 7 solapas; 8 corona del rodete; 8a cubo del rodete; 9 bulones de fijación con tuerca; 9a y 9b cabeza de los bulones tensores; 10 bulones tensores; 11 cuñas radiales; 12 codó de entrada; 12a brida de sujeción; 13 vástago de la aguja; 13a camisa de bronce;

## Turbina de reacción.

La Fig. 1.16 representa una instalación característica de salto pequeño con T de reacción, y en la Fig. 1.17 puede verse con mayor detalle un corte longitudinal de la T instalada en dicho salto. En las T de reacción, en lugar de inyector, que dirige el chorro hacia una región limitada del rodete (admisión parcial) se instala el distribuidor Fink de álabes orientables (4), que distribuye el agua por toda la periferia del rodete (admisión total). El rodete de acción se mueve en el aire, excepto los álabes activos en un instante; el rodete de reacción trabaja totalmente sumergido en el agua; en vez de las cucharas el rodete está dotado de álabes o paletas, y finalmente el agua no cae directamente en el canal de salida, sino a través del tubo de aspiración (2).

La T de reacción, que actualmente se construyen son las TF (Turbina Francis), T hélices, TK (Turbina Kaplan), como la de las Fig. 1.16 y 1.17, que nos ha servido de ejemplo, y las TD, que se describirán más adelante.

### 1.6. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LAS CENTRALES HIDROELECTRICAS.

El objeto de la central es alojar convenientemente el equipo hidráulico y eléctrico.

En las instalaciones de eje vertical la estructura de la central suele dividirse verticalmente, en tres niveles, de abajo a arriba (véase la Fig. 1.18):

- a) nivel de tubos de aspiración, pozos o galería de desagüe;
- b) nivel de T y final de tubería forzada;
- c) nivel de alternadores.

---

13b pistón de descarga; 13c guarnición de cuero; 14 cruceta de guía; 14a nervios de guía; 15b envolventes para los anteriores; 15 consola para el vástago de la aguja; 16 orificio de limpieza; 17 codo inferior; 17a soporte del anterior; 18 tubería de desagüe; 19 válvula de la turbina; 20 desviador; 20a cuchilla del anterior; 20b palanca de retorno; 22 pistón del servo-motor para la regulación de la aguja; 23 resorte de cierre para la aguja; 24 válvula de distribución para la aguja; 25 volante a mano para la regulación de la aguja; 26 varilla del deflector; 27 rueda de levas; 30 caja; 30a orificio para el codo de entrada; 30b departamentos laterales; 30c soportes de los cojinetes fundidos en una sola pieza con la caja; 31 tapa de la caja; 32 parte inferior de la caja; 32a paredes de guía; 32b canales de desagüe para salpicaduras con el eje de la turbina; 33 colector de salpicaduras; 35 blindaje; 36 serpentín de refrigerante; 37 recubrimiento para el anterior; 37a orificios para el desagüe del agua refrigerante; 40 eje de la turbina; 40a anillo de reborde; 40b anillo centrifugo; 41 cojinete exterior de la turbina; 42 cojinete interior de la turbina; 43 acoplamiento del eje; 44 regulador de velocidad; 45 volante.

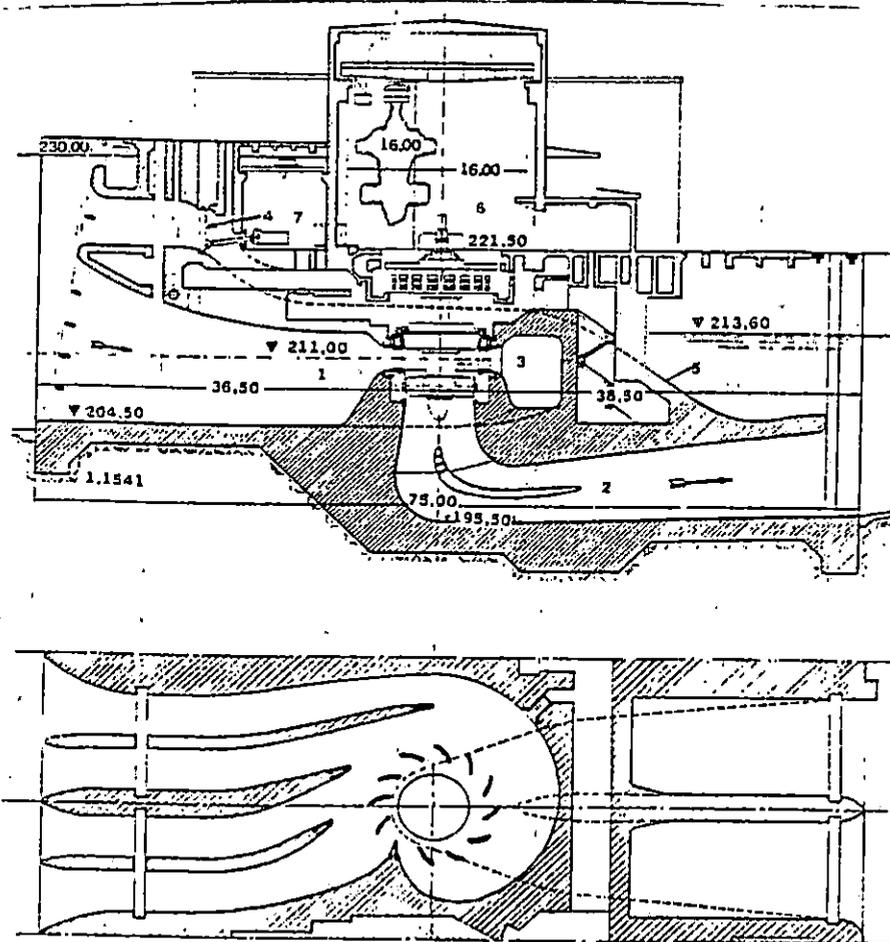


Fig. 1.16 Alzado y planta a través de un grupo de la central de Ottmarsheim.

Francia:

1. Cámara espiral.
2. Tubo de aspiración acodado.
3. TK.
4. Válvula de desviación del flujo.
5. Canal de restitución.
6. Sala de máquinas.
7. Sala aneja del mando de las válvulas y de los grupos de bombeo de aceite de los reguladores

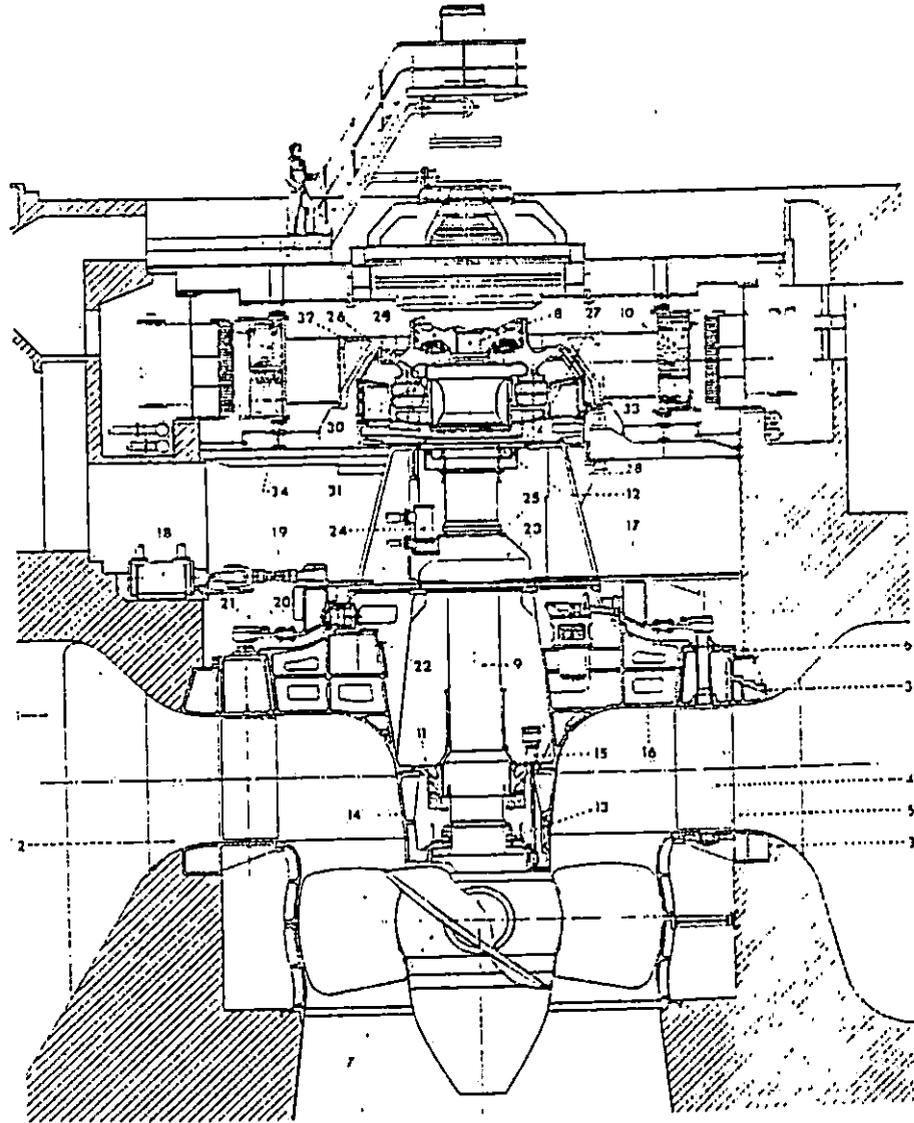


Fig. 1.17 Grupo TK de la central de Ottmarsheim, Francia (véase Fig. 1.16)

Fig. 1.17.- Características:  $H = 13,4 - 17,4$  m;  $Q = 270$  m<sup>3</sup>/s;  $P_a = 39200$  kW;  $n = 93,8$  rpm. 1. Cámara espiral; 2. Predistribuidor; 3. Anillos de los álabes del predistribuidor; 4. Alabes móviles; 5. Cojinete; 6. Anillo superior; 7. Rodete; 8. Vástago de maniobra; 9. Arbol; 10. Rotor del alternador; 11. Cojinetes de la turbina; 12. Cojinete del alternador; 13. Junta de estanqueidad; 14. Cuerpo central; 15. Bomba de evacuación de fugas intersticiales; 16. Techo central; 17. Anillo de los álabes del distribuidor; 18. Servomotor del distribuidor;

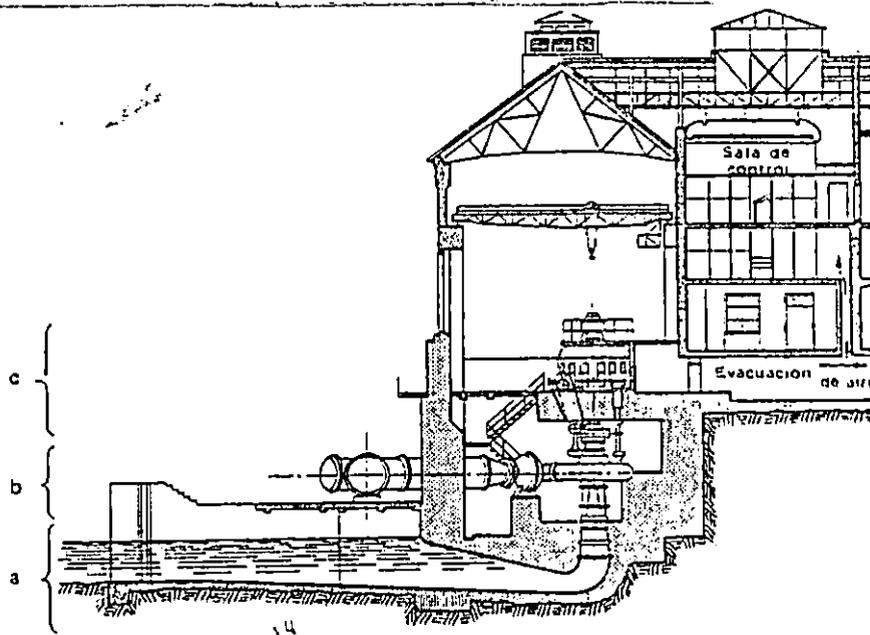


Fig. 1.18 Proyecto de la central de Cala equipada con TF de eje vertical.

En las instalaciones de eje horizontal naturalmente las zonas b y c están al mismo nivel.

La zona a junto con la cimentación de la maquinaria la denominaremos infraestructura (1) y las zonas b y c superestructura.

La superestructura consta en primer lugar de la sala de máquinas, de la sala de reparaciones y revisiones y de las restantes instalaciones y oficinas de la central.

Las TP no ofrecen variedad en la admisión, que suele ser por tubería forzada, y rara vez en la evacuación, que suele ir directamente a la atmósfera; salvo en el contado número de TP hidroneumatizadas, de las que hablaremos más adelante. En la Fig. 1.19 puede verse un aspecto de la subestructura de una central equipada con TP.

19. Biela de mando del distribuidor; 20. Biela de conexión; 21. Manivela del álabe del distribuidor; 22. Pasador del anillo del distribuidor; 23. Cáster; 24. Bomba de aceite; 25. Tirante de desmontaje; 26. Corona de patines; 27. Anillo de base; 28. Tetrápodo; 29. Cubo del alternador; 30. Anillo de empuje; 31. Cámara de aceite del pivote; 32. Covertura; 33. Tornillo; 34. Freno.

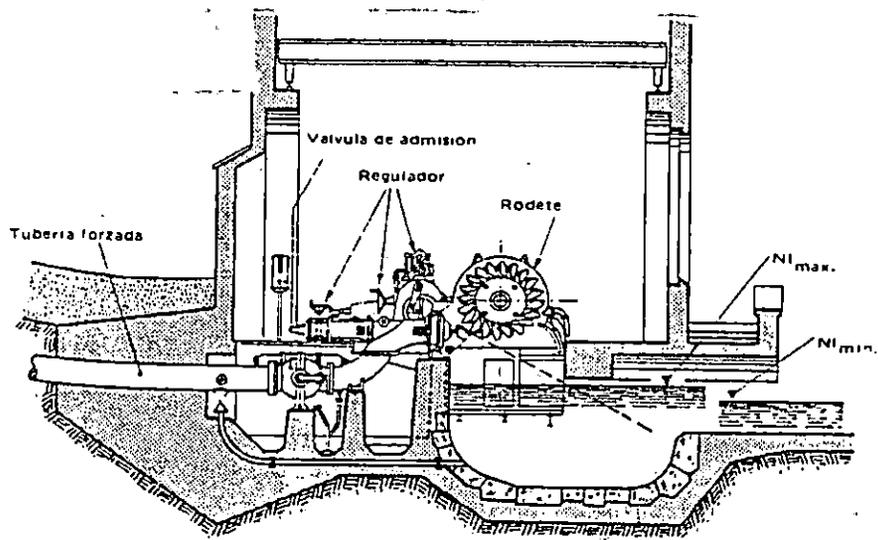
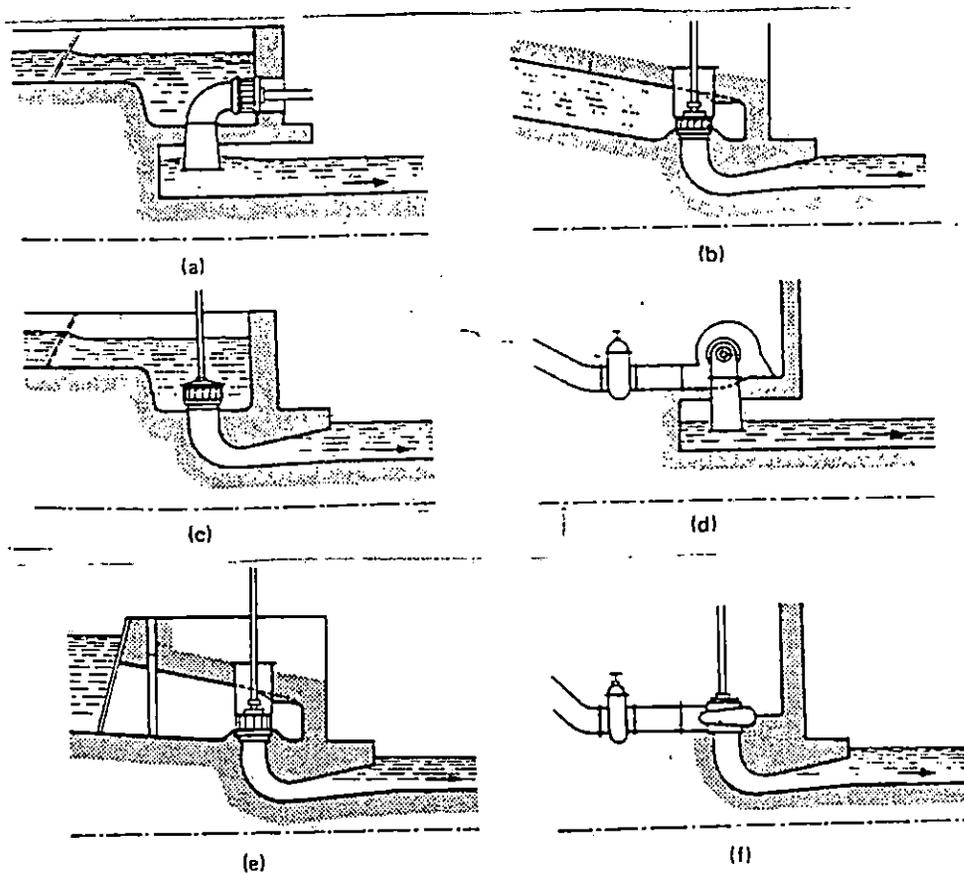
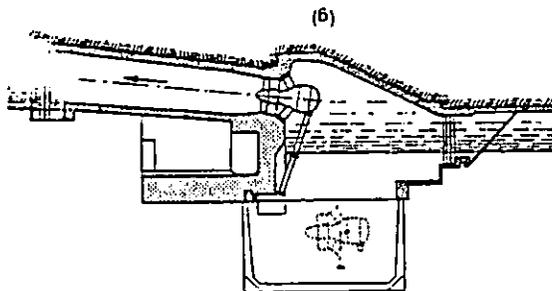
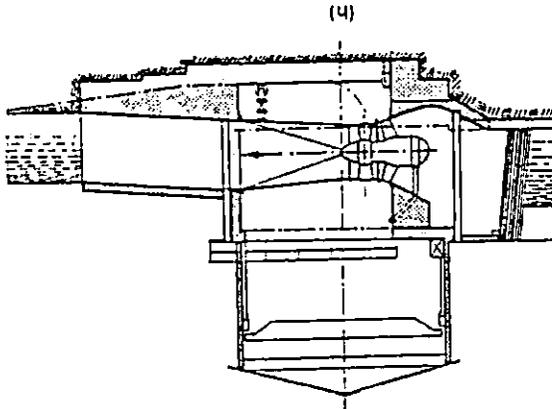
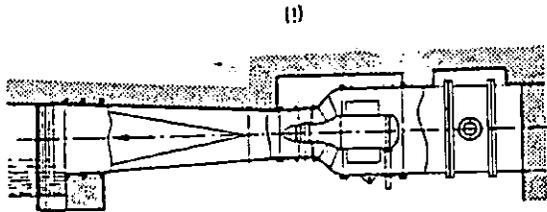
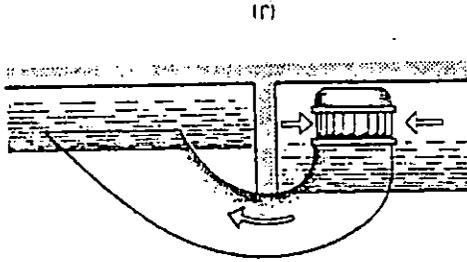
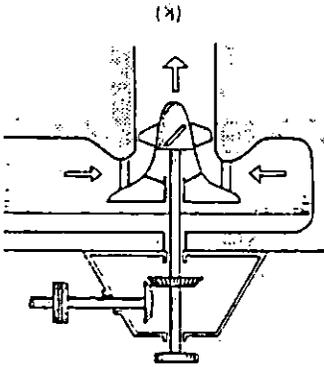


Fig. 1.19 Central de Tremorgio de acumulación por bombeo equipada con TP.

En las T de reacción podemos distinguir los siguientes tipos, según la admisión (véase Fig. 1.20)





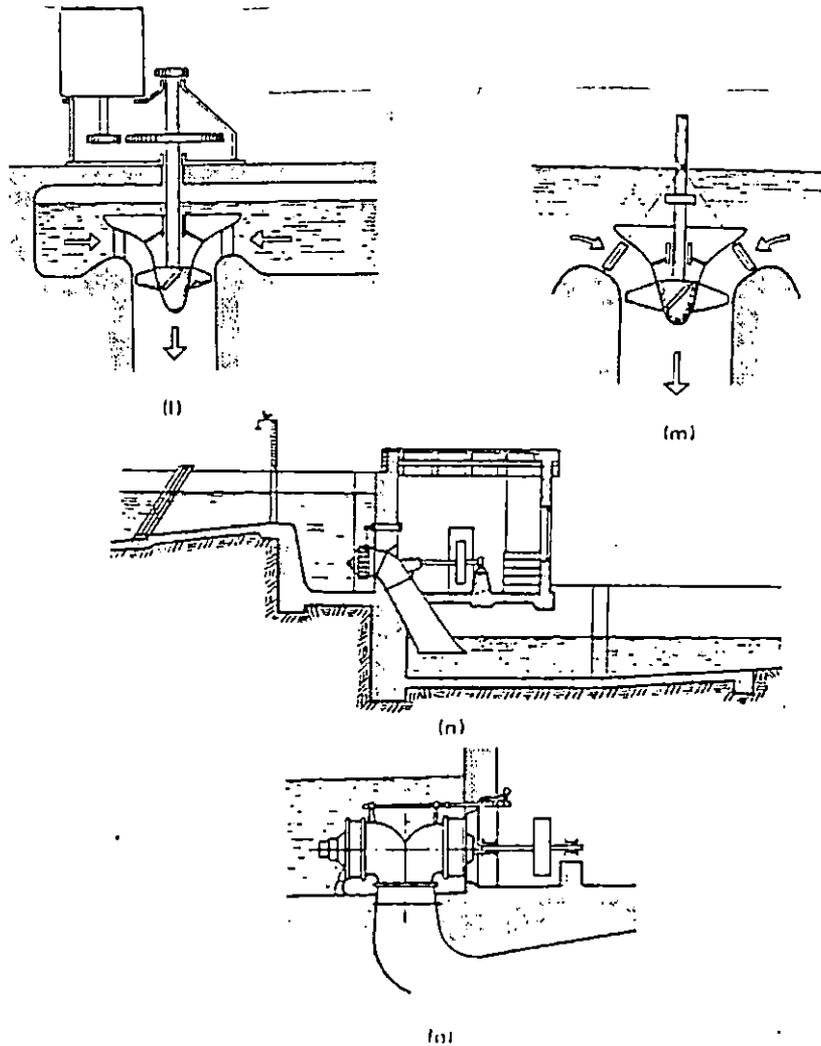


Fig. 1.20 Instalaciones diversas de las TH de reacción: a) T de eje horizontal, en cámara de agua abierta, con tubo de aspiración vertical; b) T de eje vertical, en cámara de agua cerrada; alimentada por galería a presión con tubo de aspiración acodado y horizontal al final; c) T de eje vertical, en cámara de agua abierta, con tubo de aspiración acodado horizontal al final; d) T de eje horizontal, cámara espiral metálica y tubo de aspiración vertical; e) T de eje vertical en cámara de agua cerrada, con tubo de aspiración acodado y horizontal al final; f) T de eje vertical, cámara espiral metálica y tubo de aspiración acodado y horizontal al final; g, h) grupo bulbo asíncrono en túnel; i) grupo bulbo asíncrono en conducto; j) montaje en sifón ((microcentral; k) T vertical con multiplicador cónico; DT vertical con multiplicador cilíndrico; m) T en cámara de agua con distribuidor cónico; n) T con tubo de aspiración inclinado; o) TF gemelas.

Las TP y TF se instalan con eje horizontal o vertical según los casos; el eje horizontal es, sin embargo, excepcional en las TK ( y hélice), salvo en los modernos grupos bulbo.

Las TF gemelas de la Fig. 1.20, o se construyen cada vez menor. Las disposiciones de las Figs. 1.20,a y 1.20,n prácticamente no se emplean hoy día más que en las microcentrales.

c) T con cámara espiral. Si se quiere conseguir una entrada óptima del agua en el distribuidor se ha de utilizar la caja o cámara espiral. Para caudales muy grandes por razones de economía se realiza la cámara espiral de hormigón con secciones meridianas rectangular, trapezoidal o circular. Los planos del encofrado son suministrados por el constructor de la T, porque la cámara espiral forma parte de la misma.

Las cámaras espirales de hormigón requieren que la T se instale con eje vertical.

Para caudales medios y pequeños se construyen en las cámaras espirales metálicas, tanto de eje vertical (Fig.1.20, f) como, de eje horizontal (Fig.1.20,d) En las pequeñas se construyen de fundición y de una sola pieza. Si el diámetro del rodete excede de 1m se han de construir de chapa de varias piezas con solape y remaches, o bien, para evitar la pérdida de carga que esta construcción origina, con chapas soldadas eléctricamente. Las cámaras espirales de hormigón de las TH de salto muy elevado ( $H > 100$  m) suelen revestirse de chapa de acero para lograr la estanqueidad y aminorar el rozamiento.

En general :

a) La cámara abierta se emplea para alturas de salto muy pequeñas:  $H < 6$  mm.

b) La cámara cerrada para alturas un poco mayores,  $H < 8$ m, mejora la admisión en la T, evitando los remolinos.

c) La cámara espiral, se emplea siempre que se quiera un rendimiento grande, para  $H \geq 8$ m , aproximadamente.

d) Grupos bulbo (Figs.1.20,g,h,i). Para reducir los costos de instalación y la obra de ingeniería civil a un mínimo se han desarrollado para los saltos de pequeña altura los grupos bulbo desde el final de la segunda guerra mundial.

e) Montaje en sifón (Figs. 1.21 y 1.20,j). Solamente se emplea en alturas muy pequeñas. Con la elevación de la cota de instalación de la T se facilita la instalación del tubo de aspiración, y se elimina la compuerta o válvula de admisión.

El esquema comprende una bomba de vacío, que sirve para cebar la T y entra en funcionamiento; un eyector (véase Fig 1.21), que arrastra el aire que se va acumulando y evita que se descebe la T; y finalmente una válvula, que deja entrar aire y desceba la T en caso de avería; constituyendo un

mecanismo de seguridad sencillo, que puede ser accionado manualmente, desde la válvula.

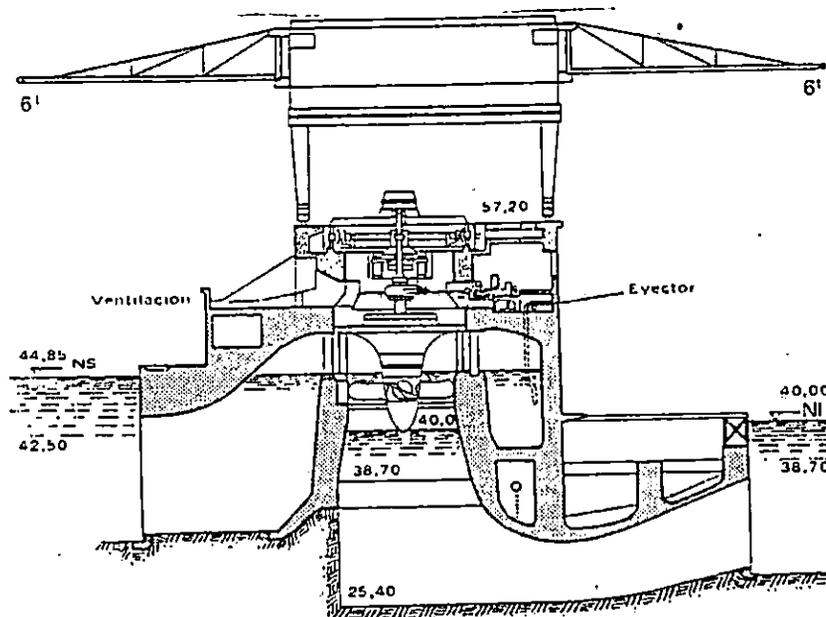


Fig. 1.21 TK en sifón de la central de Vargon, Suecia  $H=3,3$  m;  $Q=650$  m<sup>3</sup>/s;  $P_m = 14000$  KW.

La Fig 1.22, representa varias soluciones para unir la tubería de presión a las TF de eje horizontal.

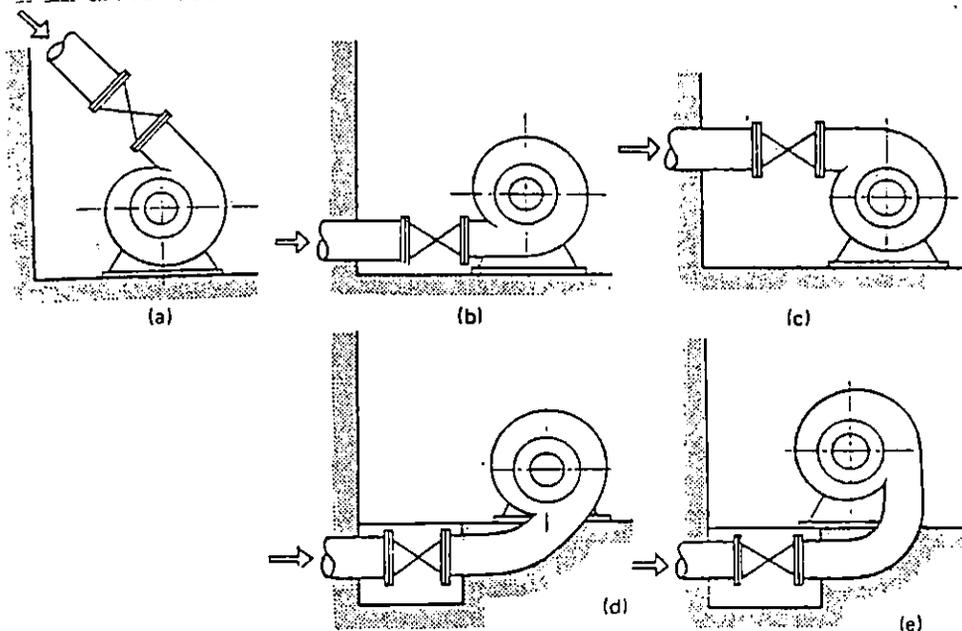


Fig.1.22 Soluciones diversas de la admisión en las TF de eje horizontal

## 1.7 INFRAESTRUCTURA.

La infraestructura viene determinada por el tipo de dasague, que se haya escogido. Los tipos de dasague más corrientes de las T de reacción pueden verse en la Fig. 1.23

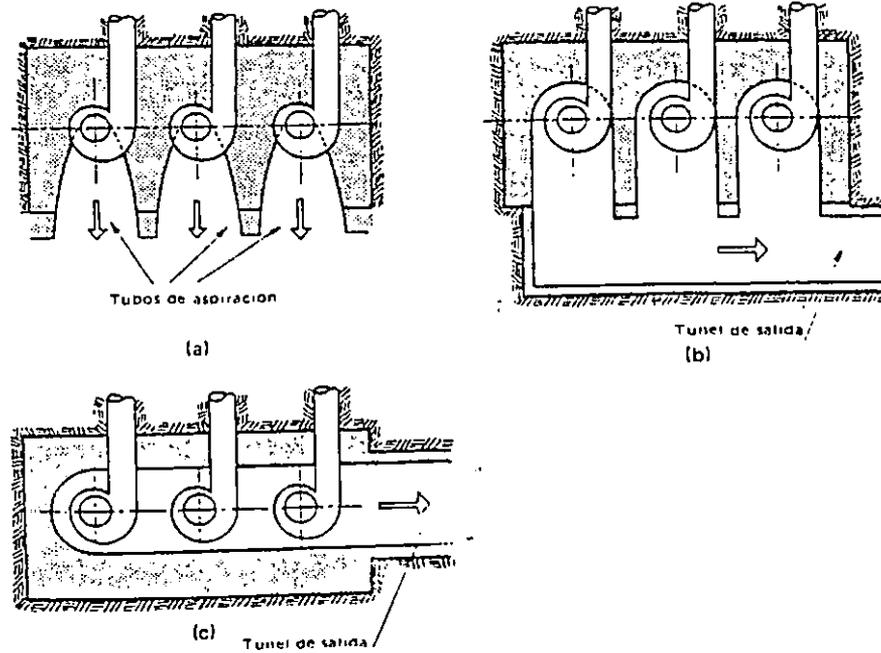


Fig. 1.23 Tipos de dasagues de las T de reacción: a) Tubos de aspiración acodados; b) Pozo de evacuación distinto para cada T con canal independiente que vierte en un túnel común; c) Descarga directa en galería común.

\* Fig.a: tubos de aspiración acodados para cada T. Frecuente en las TK y TF de saltos de pequeña altura (véase también la Fig 1.24).

\* Fig.b: un pozo y una galería de dasague por unidad, que se juntan fuera de la central en un túnel o galería de dasague común.

\* Fig.c: galería de dasague única para todas las T (véase el dasague en la central japonesa de la Fig 1.25).

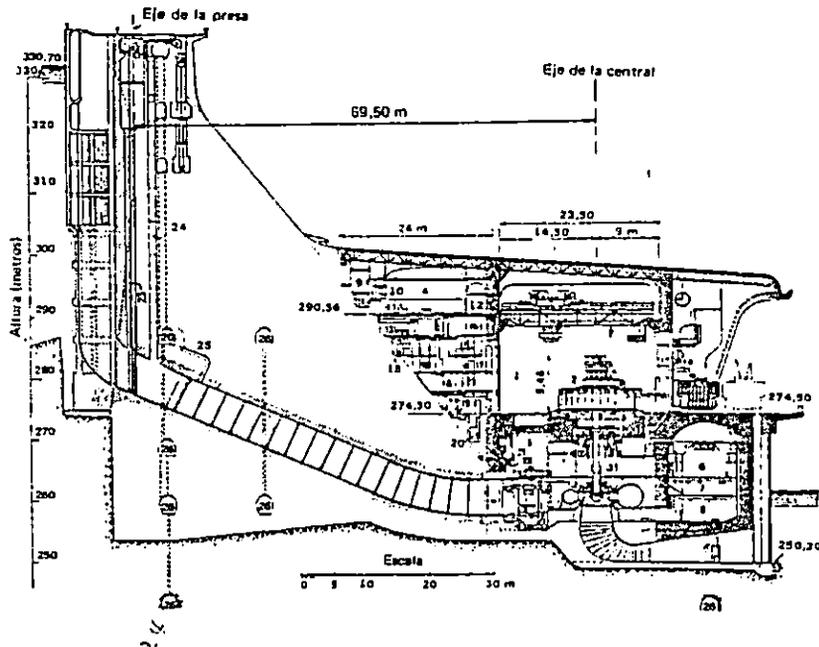


Fig. 1.24 Corte transversal de la Central de León Perrier: 1. sala de máquinas; 2. Alternador; 3. Galería de turbinas; 4. Sala de control; 5. Galería de válvulas; 6. Celdas de 15 KV; 7. Cables; 8. Galería de bombas; 9. Acumuladores; 10. Cuadro de luces; 11. Galería de ventilación; 12. Galería de visitantes; 13. Distribución de cables; 14. Pasaje; 15. Galería de aclimatación; 16. Galería de cables; 17. Celdas de 15 KV.; 18. Salidas de cables de 5 KV; 19. Transformador auxiliar; 20. Galería de cables de alta tensión; 21. Pasarela; 22. Colector (agua de lago); 23. Accionamiento de la compuerta; 24. Válvula de escape; 25. By-pass; 26. Galerías.

## 1.8 SUPERESTRUCTURA.

Centrales al pie de presa.

La Fig. 1.26, es un corte transversal esquemático de la presa de Buendía en el río Tajo, que constituye un ejemplo de este tipo de centrales  $H_{\max.} = 74\text{m}$ .

Presa, galería de conducción de agua a las T y central constituyen un conjunto compacto. En este tipo de centrales a veces el techo de la sala de máquinas constituye el aliviadero tipo esquí, como en la central del Aguila, Francia, representada en la Fig. 1.27

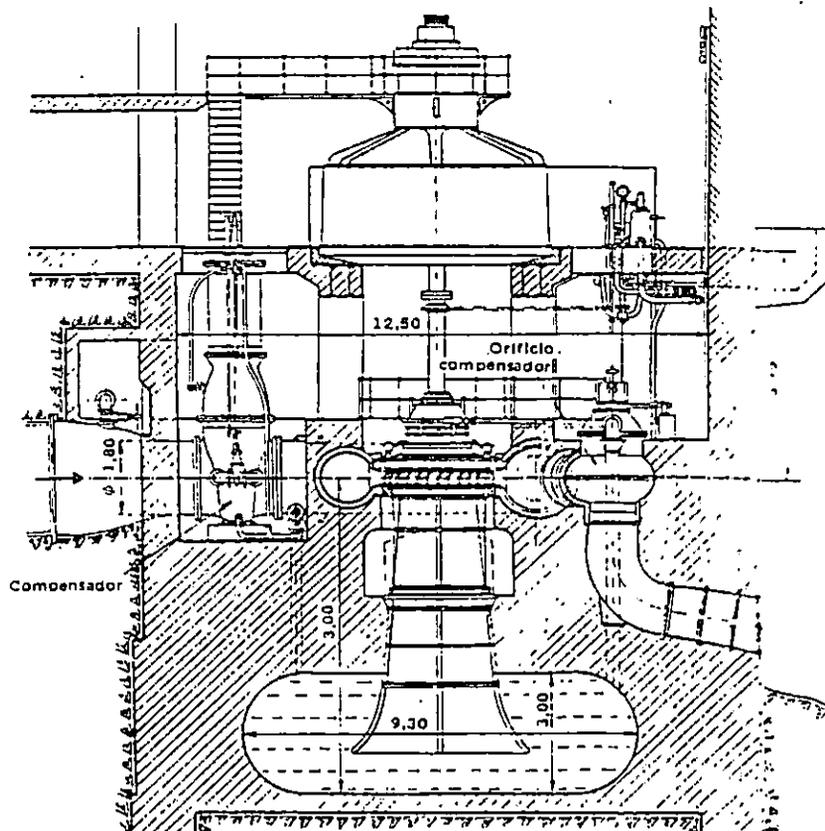


Fig. 1.25 Central de Momoyama, Japón, equipada con TF, de eje vertical, que realiza el esquema c de la Fig. 1.23.

## 1.9 GENERADORES TRIFASICOS.

### 1.9.1 GENERALIDADES.

La constitución de los generadores trifásicos que se emplean en las centrales de energía eléctrica se rige por la velocidad de sus máquinas motrices. Cuando se emplean turbinas de vapor, suelen emplearse turbogeneradores bipolares de 50 Hz y 3000 rev/min, o de 60 Hz y 3600 rev/min. Los turbogeneradores están provistos de rotores cilíndricos y de arrollamiento de excitación distribuido. Para pequeñas potencias, inferiores a 10000 kVA, se utilizan también las máquinas de polos salientes de 1500 rev/min, movidas por engranajes.

La potencia límite de los turbogeneradores se ha podido elevar de una manera notable gracias a la refrigeración por hidrógeno, y más todavía gracias a la refrigeración directa, de este tipo, del arrollamiento del rotor, y a la

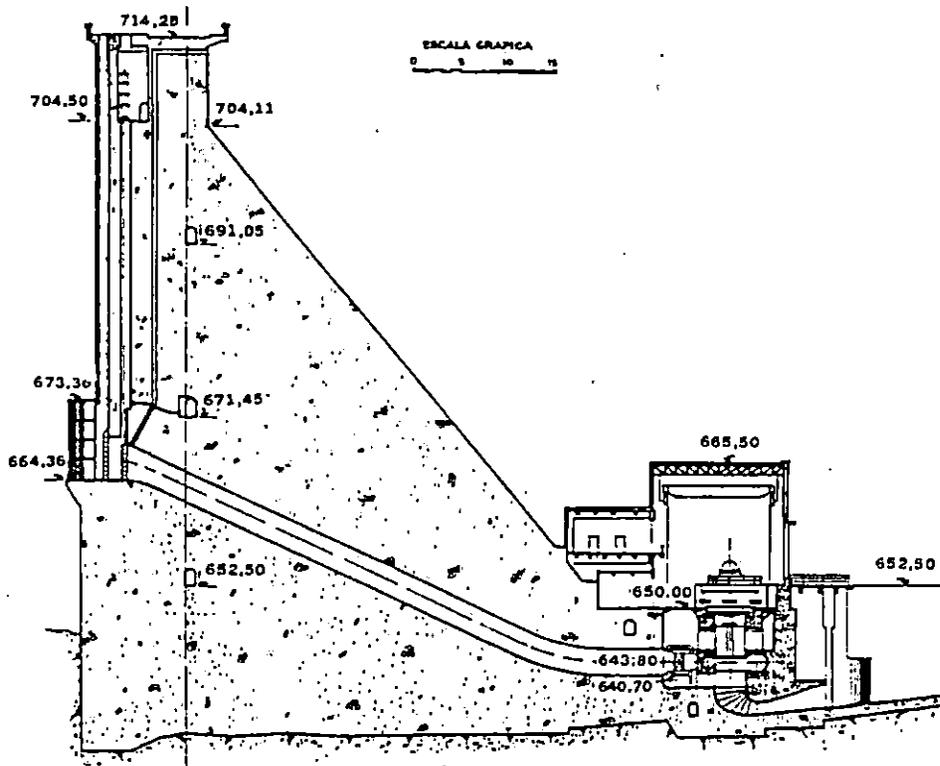


Fig. 1.26 Presa de Buendía, con central de pie de presa. (Sección por el eje de la central de la Unión Eléctrica Madrileña. H = 36-74m. Número de grupos 3, Potencia unitaria 58.500 kVA. Pertenece esta central al sistema de Entrepeñas y Buendía, que aprovecha los recursos del Tajo Superior y del Guadiela enlazados por un túnel de trasvase. Presa de gravedad con estribos curvados.

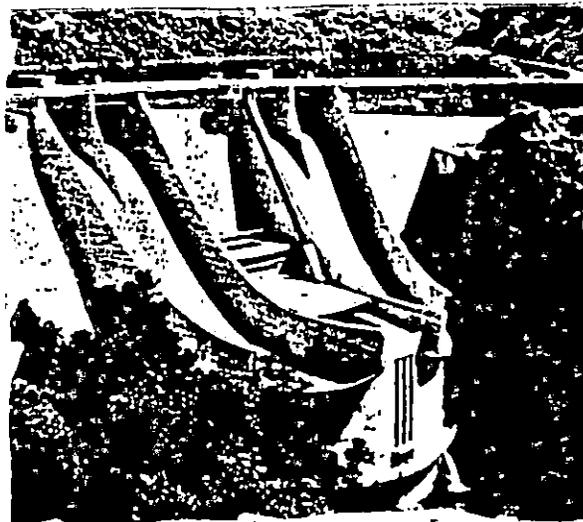


Fig.1.27. Presa y central Aguila, Francia, con lineadero tipo esqui.

refrigeración directa, a base de hidrógeno o de líquido, del arrollamiento del estator. Hoy funcionan ya turbogeneradores con una potencia aproximada de 300000 kVA y 3000 revoluciones por minuto, y están en construcción unidades que, a la misma velocidad, alcanzarán los 600000 kVA. La potencia límite de los generadores refrigerados por aire se halla entre los 60000 y los 80000 kVA (Fig. 1.28).

En las redes de 50 Hz, los generadores cuya potencia supera los 40000 kVA, suelen refrigerarse con hidrógeno, en atención a razones de tipo económico. En las redes de 60 Hz, esta refrigeración se empieza a emplear ya con potencias de unos 15000 kVA. La Fig. 1.29 representa, en sección, un turbogenerador refrigerado por hidrógeno.

Si el accionamiento de los generadores se realiza por medio de turbinas hidráulicas, motores Diesel o motores de gas, la velocidad que se alcanza queda, por lo general, bastante por debajo de las 1500. Los generadores se proveen entonces de ruedas polares con polos salientes. Tales generadores resultan más cortos, y, en cambio, en sus restantes dimensiones, mayores que los turbogeneradores, con lo cual la evacuación del calor de las pérdidas ofrece menos dificultades.

El aire frío se aspira dentro o fuera del pabellón de máquinas, recorre el generador y vuelve por otro sitio distinto al exterior. Este recorrido del aire sólo es admisible cuando se dispone de aire completamente puro, lo que suele ser el caso tratándose de centrales hidráulicas. Si el aire contiene polvo, entonces el de refrigeración lleva previamente a unos filtros para su limpieza y después se conduce al generador. Con la llamada refrigeración circulatoria (Fig. 1.30) que es la usual en los grandes generadores, pueden evitarse los filtros. El aire que atraviesa el generador pasa a un refrigerador de agua especial donde vuelve a enfriarse y de donde retorna otra vez al generador; así éste no puede ensuciarse. Los refrigeradores se dimensionan, por regla general, de tal modo que el aire a la entrada del generador resulte  $10^{\circ}\text{C}$ , o algunas veces también solamente  $5^{\circ}\text{C}$ , más caliente que el agua del refrigerador. El procedimiento tiene, además, la ventaja de que un incendio provocado por una avería en el generador, no puede adquirir gran amplitud, porque la cantidad de oxígeno de que se dispone es limitada y porque, además, se puede hacer entrar en el circuito anhídrido carbónico al producirse el accidente.

Con la refrigeración circulatoria nos ahorramos por añadidura las tuberías de aire que atraviesan el pabellón de máquinas y que a menudo resultan engorrosas. En los generadores refrigerados por hidrógeno, los refrigeradores se instalan dentro de la armazón del generador (Fig. 1.29).

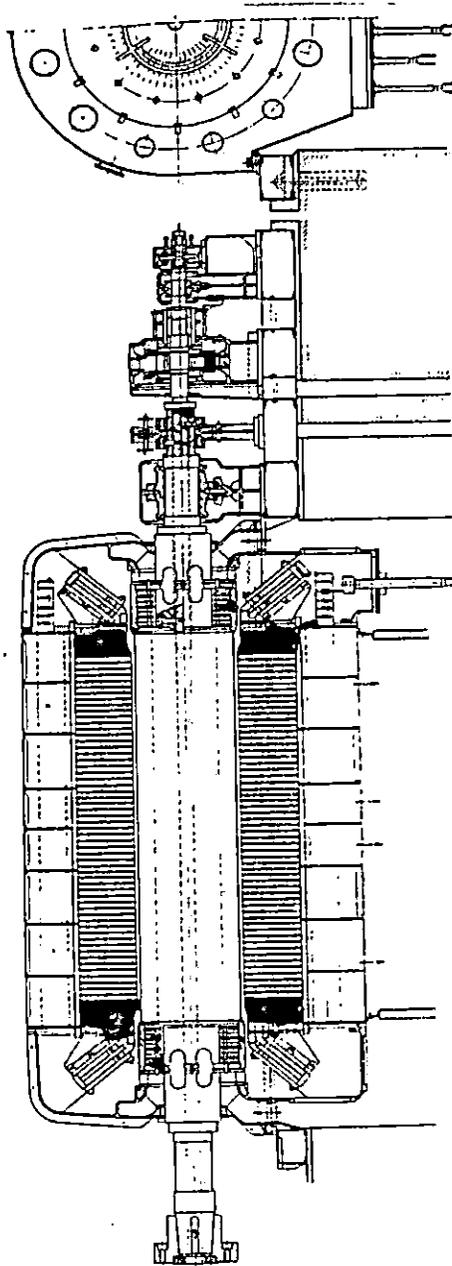


Fig. 1.28 Turbogenerador de 64000 kVA, 10500 V, 3000 rev/min (SSW)

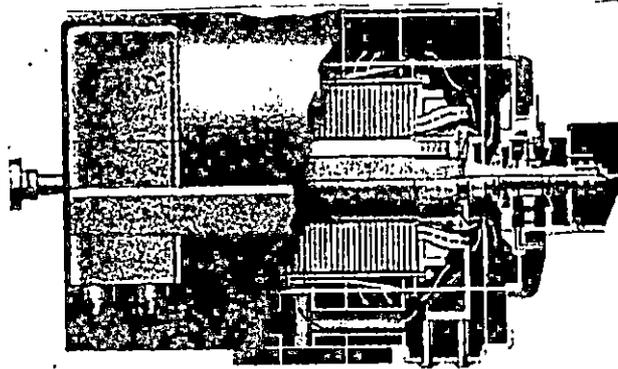


Fig. 1.29 Generador de 60 Hz (GE), refrigerado por hidrógeno, con refrigeradores incluidos y cierre hermético sobre el eje.

Con objeto de que cuando haya perturbaciones en la red, con las cuales pueden aparecer oscilaciones mecánicas en las máquinas, y los generadores de las centrales no caigan fácilmente fuera de fase, es conveniente que éstos reciban un arrollamiento amortiguador; muchas veces basta para ello el uso de polos macizos. Esto da origen también a que la curva de tensión, tratándose de cargas monofásicas, permanezca indeformada. Para este mismo fin, los rotores de los turbogeneradores llevan un arrollamiento amortiguador en dos capas. En los generadores de polos salientes se atraviesan las zapatas polares con varillas amortiguadoras de cobre, cuyos extremos están todos ligados por medio de anillos del mismo metal.

Si los generadores trabajan sobre grandes rectificadores, los arrollamientos amortiguadores tienen que dimensionarse de un modo amplio.

Las ondas armónicas superiores que existen en la corriente cuando se alimentan rectificadores, causan también ondas de esta clase en las corrientes del arrollamiento amortiguador, y es fácil que den elevadas temperaturas.

El rendimiento de los generadores modernos es alto y llega según el tamaño de las máquinas, a plena carga, de 94 a 98 %. La dependencia entre el rendimiento y la carga se desprende de los siguientes datos: El rendimiento de un generador de 187500 kVA alcanza, para  $\cos \varphi = 0,8$  y 1 de carga, 98,5%; para  $3/4$  de carga, 98,45%; para  $1/2$  de carga, 98,2%, y para  $1/4$  el 97,1%. La tensión de los generadores es hoy, la mayoría de las veces, de 6300 o de 10500V. Su tensión nominal se elige siempre un 5% más alta de lo que corresponde a la de la red (10500 V para 10000 V de tensión de la red) con objeto de poder compensar algo de la caída de tensión hasta el consumidor.

Los grandes generadores trabajan, a través de transformadores en paralelo por el lado de alta tensión, y por lo general no existe interruptor alguno entre aquéllos y éstos (conexión en bloque). De esta forma hay libertad para elegir la tensión del generador, lo cual se hace buscando las condiciones eléctricas más favorables para el mismo. Así, los generadores de potencias entre 20000 y 600000 kVA se construyen para tensiones entre 15000 y 23000 V.

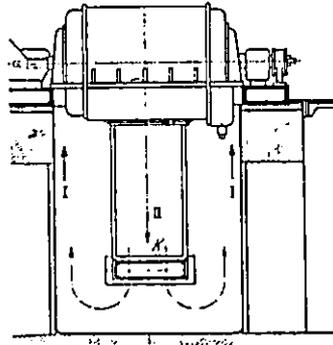


Fig. 1.30 Refrigeración en circuito cerrado de un turbogenerador (BBC). K, refrigerador.

### 1.10 EXCITACION DE LOS GENERADORES.

Los modernos generadores de corriente alterna obtienen su corriente de excitación, salvo excepciones, de máquinas excitatrices anexas acopladas directamente o por transmisión (en algunos generadores de centrales hidráulicas) que se construyen como máquinas en derivación autoexcitadas. La regulación de la corriente de excitación ( $i$ ) de los generadores trifásicos se efectúa por medio de resistencias intercaladas en el inductor en derivación de la excitatriz. Antes, las resistencias se colocaban en el circuito inductor del propio generador trifásico, pero hoy se ha abandonado ese modo de regulación porque las resistencias tienen que ser grandes y entonces originan pérdidas considerables.

Del diagrama de potencias y del de curvas  $V$  derivado del mismo pueden deducirse las corrientes de excitación aproximadas en cualquier estado de carga. Para la determinación exacta de la corriente de excitación teniendo en cuenta la saturación, conviene hacerlo por el método ASA (American Standard Association), según el diagrama de la Fig. 1.31. Por  $U_n$  se traza una paralela al eje de abscisas y se lleva sobre ella la corriente de excitación AD para una carga con corriente nominal  $I_n$  y  $\cos \varphi = 0$  en sobreexcitación.

A partir de D, se traza el segmento DC = c, que representa la corriente de excitación  $i_{ccn}$  para una corriente de corto circuito igual a la corriente nominal. Puesto que

$$\frac{i_{o \text{ no sat}}}{i_{ccn}} = \frac{I_{cc \text{ no sat}}}{I_n}$$

es

$$i_{ccn} = i_{o \text{ no sat}} \left( I_n / I_{cc \text{ no sat}} \right) = i_{o \text{ no sat}} X_d$$

es decir, el segmento DC, base del triángulo de Potier, puede también deducirse de la corriente de excitación en vacío multiplicándola por la reactancia sincrónica. Por el punto C se traza una paralela a la característica del entrehierro, y por la intersección de esta paralela con la característica en vacío, una perpendicular al segmento c; ello nos da la caída de tensión de Potier  $E_p$ . Para un funcionamiento con  $\cos \varphi = 0$  en sobreexcitación, es decir, con carga inductiva,  $E_p$  se suma algebraicamente con la tensión nominal  $OA = U_n$ , y de ello se obtiene la f.e.m. E en el segmento OG. Trazando por G una paralela al eje de abscisas, ésta determina entre las características del entrehierro y en vacío el segmento b, que representa el aumento de la corriente excitadora como consecuencia de la saturación. La parte siguiente nos la da el segmento a = AB, que representa la corriente inductora  $i_{o \text{ no sat}}$  correspondiente a la característica del entrehierro bajo la tensión  $U_n$ .

Si el punto D, o sea, la corriente excitadora en carga con la corriente nominal  $I_n$  para  $\cos \varphi = 0$  en sobreexcitación, no es conocida, se tendrá que calcular la caída de Potier  $E_p = I_n X_p$ , para lo cual se construye el triángulo característico ODN. La reactancia de Potier  $X_p$  puede obtenerse aproximadamente partiendo de la reactancia total  $X_G$ , que se mide en la prueba en hueco.

Para máquinas de inducido liso,  $X_p \geq 0,6 X_G$   
 Para máquinas de polos salientes,  $X_p \geq 1,0 X_G$

$X_p$  se obtiene aproximadamente partiendo de la reactancia transitoria  $X'$  y de la subtransitoria  $X''$  por la fórmula:

$$X_p \approx X'' + 0.63 (X' - X'') \approx 0.8 X'$$

La caída de tensión de Potier es algo mayor que la reactancia subtransitoria, y alcanza valores que llegan hasta la tensión de dispersión total medidos en la prueba en hueco.

En la figura 1.31. la corriente de excitación para una carga  $I_n$  y  $\cos \phi = 0$  en sobreexcitación, se descompuso en tres componentes a, b y c. Para un factor de carga cualquiera y la corriente  $I_n$ , se obtiene la corriente excitadora necesaria llevando sobre el eje de abscisas el segmento  $OM = a = i_{0 \text{ no sat.}}$ .

A partir de M se lleva el segmento  $MI = CV = c$ , formando el ángulo  $\phi$ , y se obtiene como corriente excitadora sin saturación el segmento  $OJ$ . La influencia de la saturación se tiene en cuenta aproximadamente llevando a partir de  $OA = U_n$  y formando el ángulo  $\phi$  al caída de Potier  $E_p$ , lo cual nos da el punto P. El segmento  $OP$  se lleva al eje de ordenadas, y a continuación, por el punto así encontrado, se traza una paralela al eje de las abscisas, la cual determina entre las características en vacío y del entrehierro el sumando de excitación que ha de considerarse para la saturación. Este término se lleva en prolongación de  $OJ$ . Entonces,  $OK = OL$  es la excitación para corriente nominal  $I_n$  y el ángulo de desfase  $\phi$ .

El diagrama que acabamos de estudiar da buenos resultados tanto para las máquinas de rotor continuo como para las de polos salientes.

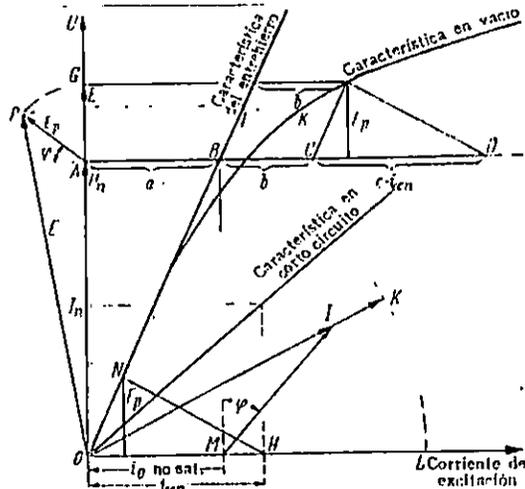


Fig. 1.31 Determinación de la corriente excitadora de un generador teniendo en cuenta la saturación.

### 1.11 REGULACION AUTOMATICA DE LA TENSION DE LOS GENERADORES REGULADORES TIRILL, DE SECTORES RODANTES.

A los generadores de las centrales eléctricas se les exige que mantengan la tensión sensiblemente constante. Estando sometidos a continuas variaciones de carga, se les precisa, por consiguiente, una regulación también continua de la excitación.

Para limitar ésta en todo lo posible, se construían antes generadores con pequeña reactancia sincrónica (gran entrehierro). Hoy para lograr generadores más económicos, se construyen, por el contrario, con gran reactancia sincrónica, resultando así las llamadas máquinas blandas, en las cuales, al oscilar la carga, la excitación tiene que variarse en cuantía sensiblemente superior. Esta regulación de tensión es imperfecta si se hace a mano, y para despreocupar de ella al personal se recurre a dispositivos automáticos, a los llamados reguladores rápidos, los cuales, cuando se producen las fluctuaciones de carga, acomodan la excitación del modo más rápidamente posible a las nuevas circunstancias de dicha carga.

Considerando un generador a plena carga, la cual desciende de repente. Si la tensión de bornes ha de permanecer constante, la corriente excitadora del generador tiene que disminuir; esto es, se tiene que intercalar resistencia en el circuito de campo a de la excitatriz. (Fig. 1.32)



Fig. 1.32. Generador trifásico con excitatriz anexa.

La corriente del circuito inductor no modifica su valor inmediatamente, sino que tiene la tendencia a persistir en dicho valor, a causa de la inductancia existente en el arrollamiento de excitación. Paralelamente a ello, también la tensión de la excitatriz desciende lentamente. De aquí resulta que, si bien con carácter transitorio, aparecen elevadas tensiones en el generador trifásico. Pueden adoptarse diferentes medidas para disminuir la inercia que la excitatriz impone a la regulación de la tensión.

Comencemos por exponer el principio sobre que descansa el regulador Tirrill. Supongamos una excitatriz (Fig.1.33) en cuyo circuito de excitación existe una resistencia especial  $R$ , que puede ponerse en corto circuito por medio de un contacto  $S$ .

En este caso de resistencia adicional nula en el circuito, la curva 1 de la Fig. 1.34. nos hace ver cómo el flujo (o también la f.e.m.) de la excitatriz tiende a tomar su valor final después de la supresión de la resistencia. La constante de tiempo  $T_1$  es ahora relativamente grande. Si se introduce en circuito la resistencia  $R$ , la constante de tiempo disminuye, y la tensión de la excitatriz desciende rápidamente con arreglo a la curva 2.

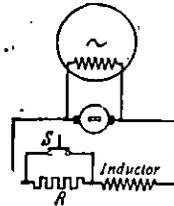


Fig. 1.33 Principio de la regulación rápida, según Tirrill.

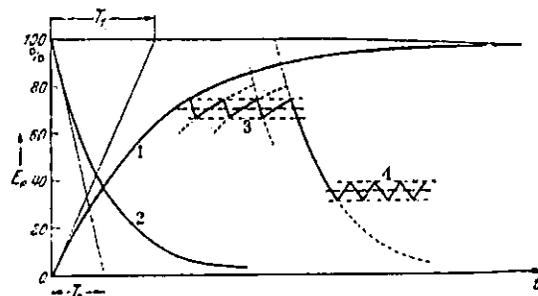


Fig. 1.34 Características de regulación del regulador Tirrill.

El fundamento de la regulación rápida estriba en la continua conexión y desconexión de la resistencia  $R$ , de tal modo que se obtiene para la f.e.m., o para el flujo, la curva en zig-zag 3 de la Fig 1.34. A causa de la inductancia de arrollamiento de excitación del generador trifásico, la corriente  $I_a$  que en él circula resulta prácticamente constante, en tanto en cuanto que el compás de las fluctuaciones sea suficientemente rápido. Si en estas condiciones la máquina pierde carga, se alcanzará muy rápidamente la curva en zig-zag 4, correspondiente al nuevo estado permanente, puesto que para el tránsito se ha utilizado la parte inclinada de la curva 2 evitándose así que el generador alcance una tensión demasiado elevada.

Para obtener una capacidad de regulación rápida, es necesario que las tensiones de excitación se mantengan en una zona de suficiente inclinación de las curvas 1 y 2; es decir, que la excitatriz esté dimensionada con creces. En el regulador Tirrill, la duración de apertura y cierre intermitentes del contacto S se efectúa por medio de un relevador dependiente de la tensión.

En el tipo de regulación que hemos descrito, entra en juego un aparato con relevadores continuamente en movimiento, incluso cuando no se efectúa regulación alguna. Pero existen también reguladores rápidos que trabajan tan sólo cuando la tensión se aparta de su valor usual y que el resto del tiempo permanecen en reposo. Un regulador de esta clase es, por ejemplo, el regulador de sectores rodantes de la Casa BBC, dibujado esquemáticamente en la Fig. 1.35 en su tipo de dos sectores. Consiste en un tambor de aluminio sobre el que se ejerce un momento de giro provocado por un sistema voltimétrico, según el principio de Ferraris, alimentado por la tensión del generador. Un muelle f, uno de cuyos extremos se fija a la armazón y el otro al tambor, actúa en sentido contrario al citado momento de giro. En relación con el tambor tenemos, además, a los dos sectores rodantes s, los cuales, al girar a la derecha, insertan nueva resistencia en el circuito inductor de la excitatriz. Al tambor va unido también un índice que nos señala el estado del regulador, y un resorte q asociado a un segmento dentado p, el cual trabaja sobre un disco de aluminio o, amortiguado por los imanes permanentes m.

Si el regulador se encuentra en equilibrio en la posición 1 y entonces pierde carga el generador, el momento de giro ejercido por el motor Ferraris aumenta, puesto que la tensión tiende a crecer y prepondera sobre la fuerza del muelle f. El tambor tiende a moverse hacia su posición final, pero es coartado en esa tendencia por el resorte q, que se pone en tensión, ya que, a causa de la fuerza de amortiguación desarrollada en el disco o, el segmento dentado p no puede seguir el movimiento con la misma rapidez. La posición de los sectores alcanzada después de la descarga será, por ejemplo, la correspondiente al punto 3 del índice. El generador disminuye ahora su tensión a causa de la menor excitación, y el momento de giro ejercido sobre el motor Ferraris disminuye; el tambor retrocede algo hacia la izquierda. En el tiempo intermedio, el segmento dentado p ha seguido el movimiento, el resorte q se ha distendido y la nueva posición de equilibrio se ha alcanzado con la posición del índice en 2. Lo característico de esta regulación es la sobrerregulación en el primer momento hasta la posición 3, por la que se consigue una variación rápida del campo y de la fuerza electromotriz.

Con tales reguladores podemos distinguir entre un ajuste astático y otro estático.

En el ajuste astático, el sistema del muelle  $f$  está compensado por otro muelle adicional, de tal modo que, con tensión regulada constante, el sistema se encuentra en equilibrio en todas las posiciones; es decir, el regulador trabaja a tensión exactamente constantes, independientemente de la carga e independientemente también de la posición del regulador.

En un regulador de característica estática, la variación de la tensión del muelle se gradúa de tal modo que, para mover el tambor a la derecha, se necesite una tensión eléctrica progresivamente creciente. Como al mismo tiempo se inserta resistencia, esto significa que disminuyendo la carga del generador crece algo su tensión y recíprocamente.

El ajuste estático es necesario cuando varios generadores, cada uno con su regulador, trabajan en paralelo sobre las mismas barras colectoras, cosa que no es posible con la regulación astática. Consideremos, por ejemplo, dos generadores montados en paralelo. Si, a causa de algunas inexactitudes, uno de los reguladores astáticos está ajustado a una tensión algo más alta que el otro, la tensión en las barras se ajustará a un valor medio, que para el primer regulador será demasiado bajo y para el segundo regulador demasiado alto. El primero intentará subir la tensión, mientras que el segundo tratará de disminuirla. Ambos reguladores trabajan en falso, pues el uno acabará por cerrar en corto circuito toda la resistencia, mientras que el otro intercalará en circuito toda la que tiene, por lo cual entre ambas máquinas circularán grandes corrientes reactivas. En estas condiciones no puede ya lograrse de ningún modo la regulación de la tensión.

En algunos raros casos se recurre a la solución de proveer a uno solo de los varios generadores que trabajan en paralelo, de un regulador astático, para que asuma él toda la regulación de la tensión. Si sube la carga de la red, entonces el generador en cuestión debe reforzar su excitación. Su producción de corriente reactiva crece, la de los otros generadores decrece, puesto que de lo contrario éstos no podrían sostener la tensión.

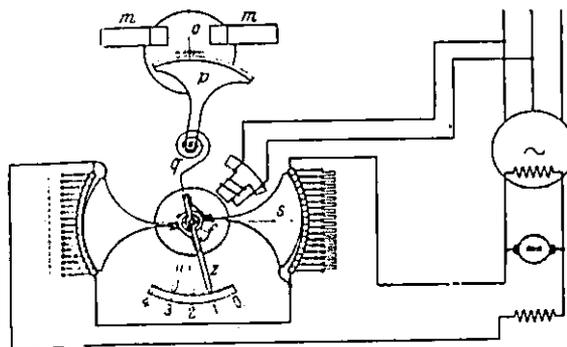


Fig. 1.35 Esquema del regulador de sectores rodantes. (BBC)

## CONCLUSIONES

- \* Es de hacer notar que cuando los generadores son accionados por medio de turbinas hidráulicas, motores Diesel o motores de gas, la velocidad que se alcanza queda, por lo general, por debajo de las 1500 rev/min.
  
- \* Si los generadores son provistos de ruedas polares con polos salientes, dichos generadores resultan más cortos y, en cambio, en sus restantes dimensiones, mayores que los turbogeneradores con lo cual la evacuación del calor de las pérdidas ofrece menos dificultades.
  
- \* Para evitar que no desaparezca el sincronismo en las redes que trabajan en común, para las cuales tiene importancia la estabilidad en el transporte de energía, es necesario que, al producirse cortos circuitos lejanos, la tensión de las centrales que han de trabajar juntas sincrónicamente no baje demasiado durante el tiempo que transcurre hasta la desconexión del corto circuito.
  
- \* Al tener generadores lentos movidos por fuerza hidráulica, con excitatrices directamente acopladas a ellos, la constante de tiempo es particularmente elevada a causa de que el pequeño número de revoluciones impone grandes dimensiones en las excitatrices.
  
- \* El elemento fundamental del transductor es la bobina de reacción con núcleo ferromagnético sin entrehierro.
  
- \* En los reguladores de corriente la magnitud de entrada determina la corriente de salida.
  
- \* Hay dos clases de centrales Hidráulicas, difieren entre las que utilizan agua corriente y aquellas en que se parte de un ambalse o pantano.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

Happolt, Buchhold H. Centrales y Redes Eléctricas.  
Barcelona: Editorial Labor, 1,966.

Mataix, Claudio. Turbomáquinas Hidráulicas. Madrid:  
Editorial ICAI, 1,975.

## **CAPITULO II.**

### **FUNDAMENTO DE LOS MICROPROCESADORES.**

#### **INTRODUCCION.**

La etapa más compleja del equipo de Medición de Temperatura lo constituye el microprocesador por tal motivo se ha planteado este Capítulo que busca como objetivo principal el proporcionar satisfactoriamente y de una forma secuencial lo referente a los Microprocesadores se ha incluido en este Capítulo conceptos necesarios para su comprensión como son los Dispositivos Digitales Básicos, así como también, las partes que conforman en sí al Microprocesador, como son los Codificadores, Decodificadores, Demultiplexores, Multiplexores, y ya que es un dispositivo extremadamente complejo y susceptible de programarse, es útil el poder manejar también las memorias que se utilizan en ellos.

#### **1.1 DISPOSITIVOS DIGITALES BASICOS.**

##### **1.1.1 MULTIVIBRADORES BIESTABLES (MVB) Y SEGUROS.**

Las categorías en las que pueden clasificarse los circuitos lógicos están constituidos así:

- .- Circuitos de lógica combinatoria que se componen de compuertas.
- .- Circuitos de lógica secuencial, los que incluyen a dispositivos llamados multivibradores biestables (MVB) (Flip-Flops).

Los Multivibradores se conectan entre sí para formar circuitos de lógica secuencial para almacenamiento de datos, control de tiempo, conteo y secuenciación. Los MVB poseen una característica y es que recordará sus entradas aún después de que éstas han sido quitadas.

El símbolo lógico del MVB común (MVB de Datos) es el mostrado en la Fig. 2.1:

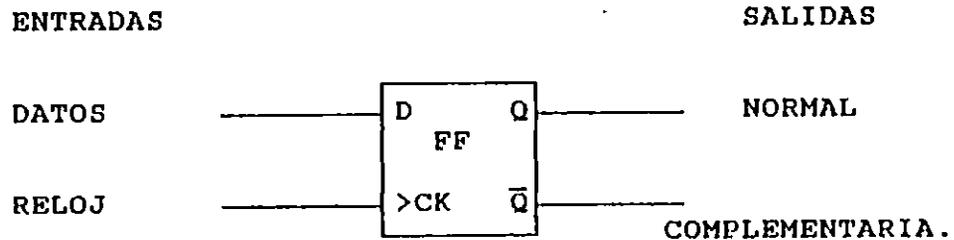


Fig. 2.1 Multivibrador Biestable.

Donde:

- D : Para entrada de datos.
- CK : Para reloj.
- Q : Salida normal (la más utilizada)
- $\bar{Q}$  : Salida complementaria.
- > : Indica que el MVB transfiere datos de la entrada a la salida en el flanco positivo (↑) del pulso del reloj.

La correspondiente tabla de verdad para un MVB D es la siguiente:

Tabla No. 2.1 Tabla de verdad de un MVB D.

Modo de Operación.	Entradas		Salidas	
	D	CK	Q	$\bar{Q}$
Establecer	1	↑	1	0
Restaurar	0	↑	0	1
Guardar	X	No existe pulso de reloj.	Igual que el anterior.	

Donde:

- 0 : Nivel Bajo
- 1 : Nivel Alto
- X : Irrelevante
- ↑ : Transición Bajo a Alto de un pulso de reloj.

Un seguro (Latch) transparente de cuatro bits es mostrado a continuación (Fig. 2.2). Cada seguro dentro de este símbolo lógico es un dispositivo de almacenamiento o de memoria. El seguro de cuatro bits contiene cuatro MVB D con sus entradas de reloj conectadas a la entrada disponible (enable, E).

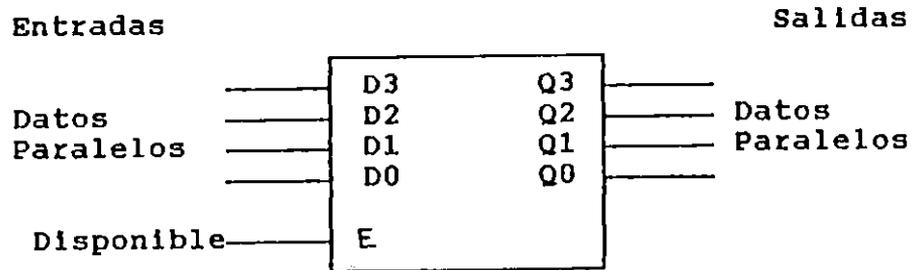


Fig. 2.2 Símbolo lógico de un Latch (Seguro).

Y la tabla de verdad para un Seguro es:

Tabla No. 2.2 Tabla de verdad de un seguro.

Modo de Operación.	Entradas		Salida
	D	E	Q
Datos Disponibles	0	1	0
	1	1	1
Datos a través de un Seguro	X	0	Igual que el anterior

En donde:

- 0 : Nivel Bajo.
- 1 : Nivel Alto.
- X : Irrelevante.

El disparo es una característica importante de los MVB. Pueden ser clasificados por filo o como disparados por nivel. El pequeño símbolo ">" (mayor que) que está junto a la entrada de reloj sugiere que estos MVB son disparados por filo. El MVB D es disparado en la transición de Bajo a Alto del pulso de Reloj.

El seguro transparente de cuatro bits que se mencionó antes es un dispositivo disparado por nivel. Esto significa que cuando la entrada disponible (semejante a las entradas CK de los MVB) es Alto, cualquier dato binario en las entradas (D3 - D0) aparecerá inmediatamente en las salidas (Q3 - Q0). Razón por la cual se dice que el seguro es transparente.

### 1.1.2 CODIFICADORES, DECODIFICADORES Y DESPLIEGUE DE SIETE SEGMENTOS.

Para lograr explicar en que consisten los Codificadores, Decodificadores y Despliegue de siete segmentos, observe el diagrama de bloques de una calculadora que aparece en la Fig. 2.3. En este sistema digital la entrada decimal a través del teclado debe ser traducida a una forma decimal codificada en binario (BCD). Este proceso se lleva a cabo por un dispositivo digital llamado CODIFICADOR. La traducción de decimal a BCD se llama Codificación. La salida de la unidad central de proceso es en forma decimal codificada en binario. El decodificador traduce el BCD a un código especial de despliegue de siete segmentos. Para el usuario, el decodificador está traduciendo de BCD a decimal.

En la Fig. 2.3b aparece un diagrama lógico de un codificador común de prioridad decimal a BCD. El codificador tiene nueve entradas activas de BAJO y cuatro salidas conectadas a las lámparas indicadoras. El alambrado del teclado se muestra a la izquierda, con cada clave numerada conectada a su entrada respectiva del codificador. El ejemplo de la Fig. 2.3b indica que está presionada la tecla "7", lo cual activa (aterrija) la entrada siete del codificador. Esta entrada ocasiona una salida de BCD igual a 0111, como se observa en los despliegues de la Figura No. 2.3b. En la mayoría de los codificadores, tienen la característica de prioridad. Esto significa que si se oprimen dos teclas al mismo tiempo, aquella con el más alto valor decimal activará la salida. Se entiende que serán necesarias las conexiones para suministrarle energía y completar el cableado del codificador de la Fig. 2.3b. El codificador podría probablemente ser comparado como un solo CI (Circuito Integrado), pero también podría construirse de compuertas lógicas individuales. Producir este circuito requeriría alrededor de diez a veinte compuertas lógicas.

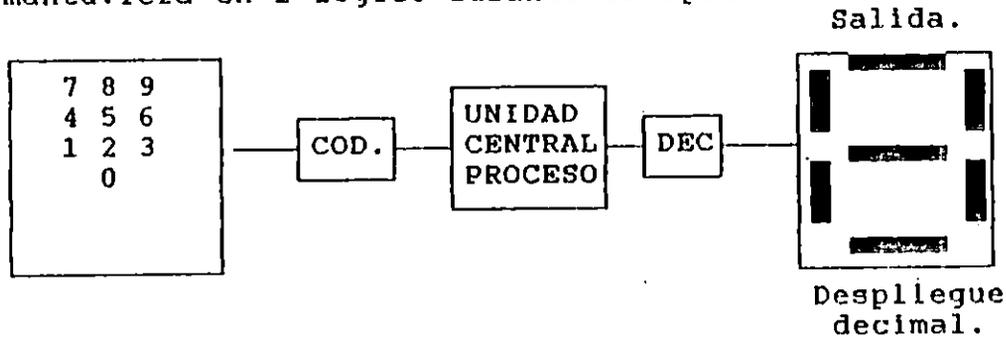
Considere el circuito decodificador y de despliegue detallado en la Fig. 2.3c. El decodificador de BCD a siete segmentos está traduciendo el  $0111_{BCD}$  a su equivalente de siete en el despliegue (display) LED de siete segmentos. El despliegue LED de siete segmentos utilizado en este circuito se conoce como de ánodo común porque los siete LEDs tienen sus ánodos conectados a la única fuente de poder de +5V. El despliegue de LED de siete segmentos de la Fig. 2.3c tiene entradas activas de BAJO, como se muestra por medio de las burbujas en las entradas de la "a" hasta la "g". Se necesita un BAJO para activar un segmento dentro del despliegue. También nótese que el decodificador tiene salidas activas de BAJO compatibles. Las siete resistencias de 150 Ohmios en cada línea entre el decodificador y el despliegue son resistencias limitadoras para mantener las corrientes a niveles seguros. El ejemplo de la Fig. 2.3c muestra que

solamente las salidas del decodificador a, b y c son activadas (en el 0 lógico). Las otras salidas (d, e, f y g, permanecen en un 1 lógico). El despliegue de la Fig. 2.3c tiene sólo una conexión de poder de +5V, mientras que el decodificador debería tener dos conexiones de poder. Las conexiones de energía del decodificador han sido omitidas del diagrama. Los decodificadores ordinarios del mundo real de BCD a siete segmentos también contienen entradas para borrar (apagar todos los segmentos) y para prueba de lámparas (encender todos los segmentos).

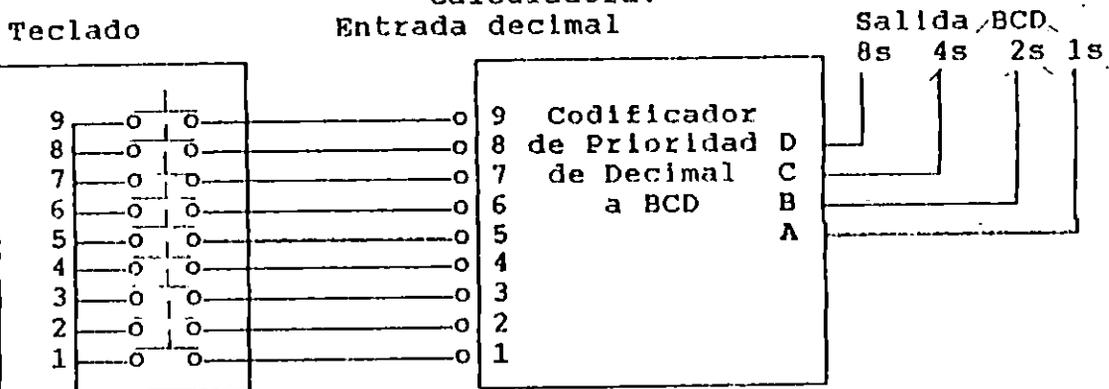
### 1.1.3 MULTIPLEXORES Y DEMULTIPLEXORES.

#### 1.1.3.1 DEMULTIPLEXORES.

Cuando un chip decodificador es equipado con una línea adicional de entrada (denominada entrada habilitada), la unidad puede funcionar como un demultiplexor. Internamente, la señal habilitada se aplica como entrada a cada una de las compuertas AND del decodificador. De hecho, los decodificadores integrados en paquete se fabrican para incluir esta modificación. Por lo tanto, cuando están así equipados, el circuito de la Fig. 2.4 no podría funcionar como decodificador a menos que la entrada habilitada se mantuviera en 1 lógico durante la operación.



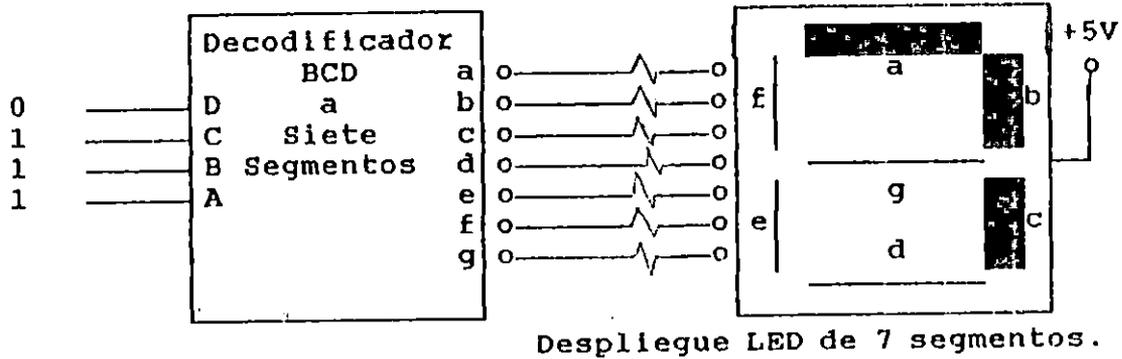
a) Diagrama de Bloque simplificado de un circuito de Calculadora.



b) Diagrama Lógico de los circuitos codificadores del teclado.

Entrada BCD  
decimal.

Salida



c) Diagrama Lógico de los circuitos decodificadores de despliegue.

Fig. 2.3 Diagrama de Bloques de una Calculadora.

Recuérdese que todas las entradas a una computadora lógica AND deben estar en 1 lógico para que ocurra una conmutación. Esta es la razón de que esta terminal sea llamada entrada habilitada. Sin embargo, la función de la terminal de entrada habilitada es diferente cuando el decodificador equipado con entradas habilitadas se use como demultiplexor.

Un demultiplexor es un circuito lógico combinacional que toma los datos aplicados a una línea de entrada y los distribuye a una entre muchas líneas de salida, según la instrucción contenida en un código de direccionamiento binario. Este caso queda bien ilustrado al examinar el decodificador de 3 x 8 de la Fig. 2.5 cuando está equipado con una línea de entrada habilitada E, según se ve en la Fig. 2.6. Las líneas de entrada en esta figura están dispuestas de modo que la terminal de entrada habilitada está colocada en una posición que hace notorio su papel como línea de entrada de datos. Las tres líneas de entrada restantes que dan a las terminales A, B y C sirven ahora como códigos de direccionamiento para seleccionar una línea de salida particular a la cual la línea de entrada de datos debe unirse. Las líneas de salida sirven así como puntos de destino o receptoras. Para ilustrar la operación, supóngase que se desean enviar los datos de la terminal E a la línea de destino D<sub>3</sub>. Esto puede llevarse a cabo aplicando la señal de selección de dirección ABC = 011. Por razones evidentes, este circuito también se llama DISTRIBUIDOR DE DATOS.

### 1.1.3.2 MULTIPLEXORES (Selector de Datos).

Desde el punto de vista de la orientación de las líneas de entrada y salida, el multiplexor (se abrevia MUX) es, en esencia, una imagen de espejo del demultiplexor.

En el caso donde hay tres variables de selección (A, B, C) el número de líneas de entrada de datos es de  $2^n = 2^3 = 8$ . Más aún, hay una línea de salida única que se une a una línea de entrada única de un modo que se decide según las variables lógicas de selección A, B y C. Se puede construir un multiplexor partiendo del decodificador básico de la Fig. 2.4 si se hacen las modificaciones siguientes: (1) conectar la primera línea de entrada de datos  $I_0$  a la primera compuerta AND  $G_0$ , luego  $I_1$  a  $G_1$ , etc., hasta que cada línea de entrada esté conectada en sucesión a una compuerta AND correspondiente; y (2) agregar una compuerta OR y aplicar la salida de cada compuerta AND como entrada a la compuerta OR. La línea de salida es simplemente la salida de la compuerta OR. En la Fig. 2.7 se representa un diagrama de bloques de este arreglo.

El estado de las variables de selección sirve en conjunto para determinar cuál de las compuertas AND va a quedar habilitada. Así, si las variables de control tienen el estado descrito por  $ABC = 011$ , la compuerta  $G_3$  está habilitada. En efecto, esta selección conecta la entrada  $I_3$  con la línea de salida, de modo que  $Z = I_3$ . Al cambiar el código de selección a la designación del minitérmino apropiado, la línea de salida puede conmutarse a cualquier línea de entrada. Este proceso se denomina multiplexado porque permite que las entradas provenientes de muchas fuentes (multi) se canalicen hacia una ruta (o bus común).

Además de la importante tarea de la selección de datos, el multiplexor se puede usar para generar asimismo expresiones lógicas arbitrarias de las variables de selección. Sin duda esta aptitud era de esperarse, en vista de la existencia de minitérminos en las terminales de salida de las compuertas AND y la colocación en tándem de la compuerta OR para efectuar la acción de suma necesaria para la realización de la suma de productos de funciones lógicas.

## 1.2 MICROPROCESADOR.

Un Microprocesador es un procesador, o sea, una Unidad Central de Proceso capaz de realizar operaciones aritméticas y lógicas y de controlar el resto de un sistema. Por tanto, si un Procesador en general está compuesto de una unidad Central, una memoria y unos periféricos, el Microprocesador es la parte de control, aritmética y lógica, reunidas en un sólo chip o quizás en varias pastillas, pero de todas formas concentrados. Por tanto, un Microprocesador es un procesador y un Microcomputadora es alguna configuración de computador construida alrededor de un Microprocesador, por tanto, un Microcomputador es un Microprocesador más una memoria, unas unidades de entrada y salida y unos periféricos.

### 1.3 ARQUITECTURA DE UN MICROPROCESADOR.

La estructura básica de una computadora digital consiste en dos componentes principales: Un procesador que incluye registros de propósito general y una memoria de acceso aleatorio. Cuando se fabrica el procesador como circuito integrado en un chip, se le llama Microprocesador. Sin embargo, en la práctica el Microprocesador adopta formas mucho más poderosas y complicadas, como debe ser, en vista de que incluyen en un CI de un sólo chip varios miles de componentes electrónicos. A su vez, esas componentes están organizadas en cientos de compuertas AND y OR y Flip-flops, con el fin de producir una unidad de control muy complicada, muchos registros de propósito especial y de propósito general, multiplexores, decodificadores y otros circuitos digitales necesarios.

Casi todos los microprocesadores contienen al menos lo siguiente:

1. Unidad aritmético-lógica.
2. Varios registros.
3. Contador de Programa.
4. Circuitería de decodificación de instrucciones.
5. Sección de tiempo y control.
6. Bus Buffers y Seguros.
7. Buses internos y líneas de control.

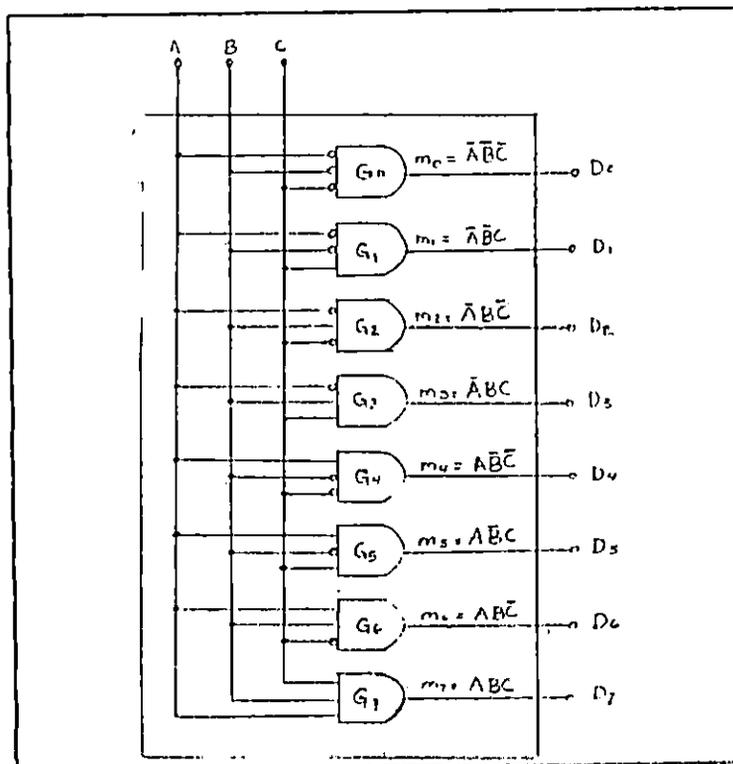


Fig. 2.4 Un codificador de 3 x 8 líneas.

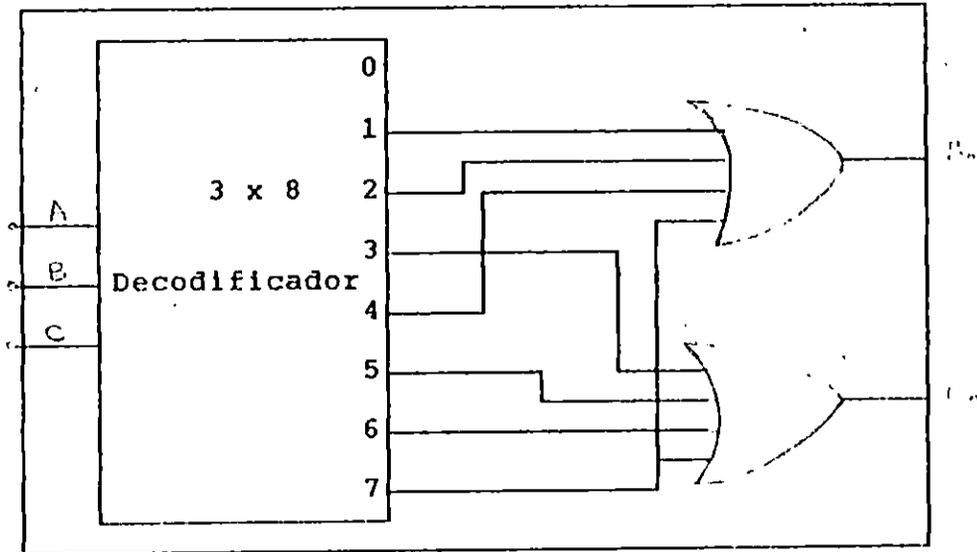


Fig. 2.5 Aplicación de un decodificador de 3 x 8 la simulación de un sumador completo.

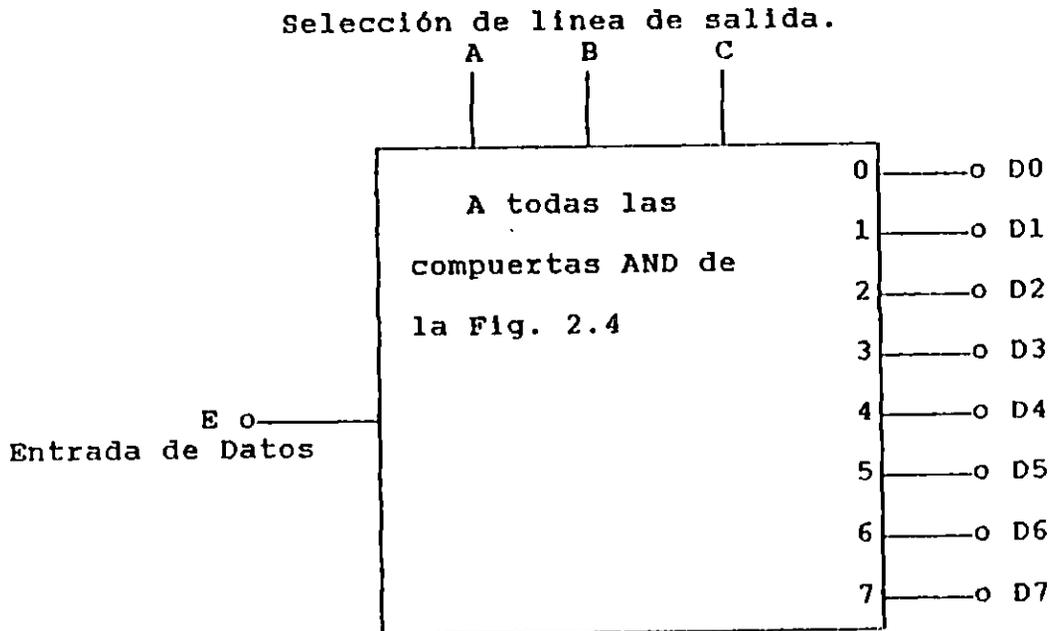


Fig. 2.6 Modificación del decodificador de 3 x 8 de la Fig. 2.4 para operar como demultiplexor.

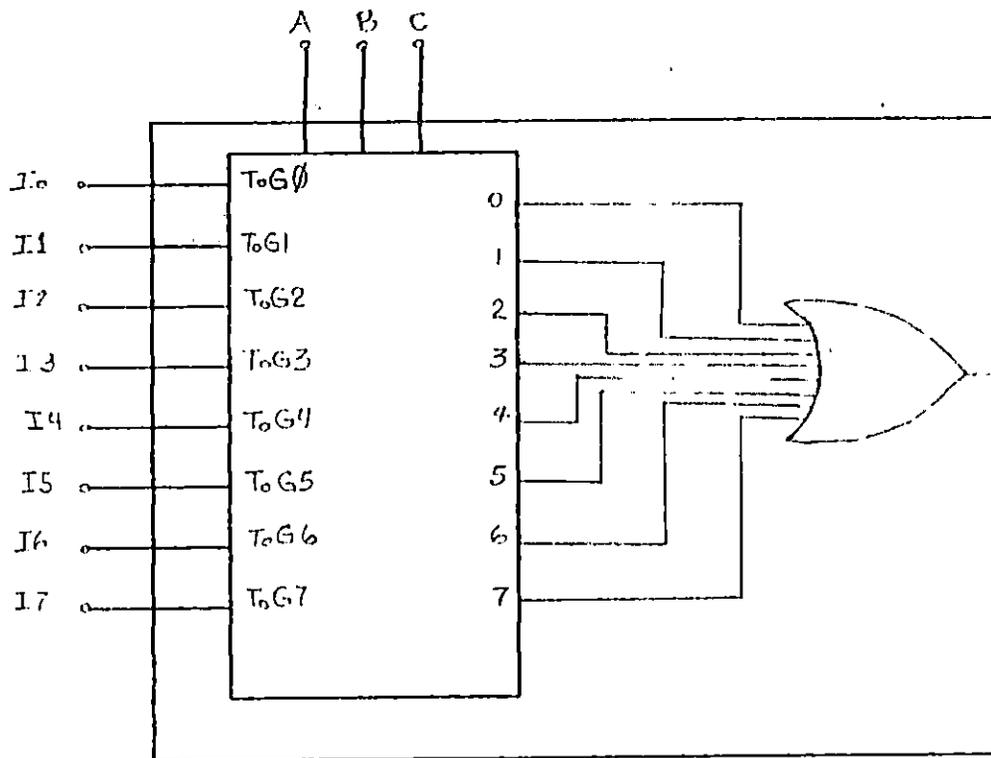


Fig. 2.7 Se ilustra la modificación al circuito decodificador de la Fig. 2.4 para obtener un multiplexor de 8 a 1. (MUX).

Además de estos, un chip de microprocesador puede contener también unidades funcionales tales como:

1. Almacenamiento ROM.
2. Almacenamiento RAM.
3. Puertos de entrada/salida en serie.
4. Circuitería interna de reloj.
5. Tomadores de tiempo programables.
6. Circuitería de control de prioridad de interrupciones.
7. Comunicación de E/S en serie junto con la interface lógica en paralelo.
8. Lógica de control de acceso de memoria directa.

### 1.3.1 TERMINOLOGIA DE LA MEMORIA.

**CELDA DE MEMORIA:** Dispositivo o circuito eléctrico que se usa para almacenar un solo bit (0 ó 1). Algunos ejemplos de celdas de memoria son un multivibrador biestable (flip-flop), un núcleo magnético individual y un solo canal en cinta o en disco magnéticos.

**PALABRA DE MEMORIA:** Grupo de bits (celdas) en una memoria que representa instrucciones o datos de algún tipo. Por ejemplo, un registro que consta de ocho FF puede considerarse como una memoria que almacena una palabra de 8 bits. Los tamaños de palabra en las computadoras modernas varía comúnmente de 4 a 64 bits, según la dimensión de la computadora.

**BYTE:** Término especial que se usa para una palabra de 8 bits. Un byte siempre consta de 8 bits, que es el tamaño de palabra más común en las microcomputadoras.

**CAPACIDAD:** Forma de especificar cuántos bits pueden almacenarse en un dispositivo de memoria particular o bien en un sistema de memoria completo. Para ilustrar esto, supóngase que se tiene una memoria que puede almacenar 4096 palabras de 20 bits. Esto representa una capacidad total de 81920 bits. También podríamos expresar esta capacidad de la memoria como  $4096 \times 20$ . Cuando se expresa de esta manera, el primer número (4096) es el número de palabras y el segundo (20) es el número de bits por palabra (tamaño de la palabra). El número de palabras contenidas en una memoria a menudo es un múltiplo de 1024. Es común utilizar la designación "1K" para representar 1024 cuando nos referimos a la capacidad de la memoria. Por lo tanto, una memoria que tiene una capacidad de almacenamiento de  $4K \times 20$  es en realidad una memoria de  $4096 \times 20$ .

**DIRECCION:** Número que identifica la localidad de una palabra en la memoria. Cada palabra almacenada en un dispositivo de memoria o sistema de memoria tiene una dirección única. Las direcciones siempre se especifican como un número binario, aunque algunas veces se utilizan números octales, hexadecimales y decimales por conveniencia. La Tabla 2.1 ilustra una pequeña memoria que consta de ocho palabras. Cada una de estas ocho palabras tiene una dirección específica representada como un número de 3 bits que varía de 000 a 111. Siempre que nos referimos a una localidad específica de palabra en la memoria, utilizamos su código de dirección para identificarla.

**OPERACION DE ESCRITURA:** Operación por medio de la cual se coloca una nueva palabra en cierta localidad de la memoria. También se le llama operación de almacenar. Siempre que una nueva palabra se escribe en una localidad de la memoria, ésta recoloca la palabra que se encontraba antes ahí.

**TIEMPO DE ACCESO:** Medida de la velocidad del dispositivo de memoria. Es la cantidad de tiempo que se requiere para realizar una operación de lectura. En términos más específicos, es el tiempo entre la memoria que recibe una señal de comando y los datos que se ponen a disposición en la salida de la memoria. El símbolo  $t_{acc}$  se usa para designar el tiempo de acceso.

Tabla 2.1 Cada localidad de palabra tiene una dirección binaria específica.

Direcciones	
000	Palabra 0
001	Palabra 1
010	Palabra 2
011	Palabra 3
100	Palabra 4
101	Palabra 5
110	Palabra 6
111	Palabra 7

**TIEMPO DE CICLO:** Otra medida de la velocidad del dispositivo de memoria. Es la cantidad de tiempo necesaria para que la memoria realice una operación de lectura o escritura y después regrese a su estado original lista para ejecutar el siguiente comando. El tiempo de ciclo normalmente es más largo que el de acceso.

**MEMORIA VOLATIL:** Cualquier tipo de memoria que requiere la aplicación de energía eléctrica a fin de almacenar información. Si se retira la energía eléctrica, toda la información almacenada en la memoria se perderá. Muchas memorias semiconductoras son volátiles, mientras que todas las memorias magnéticas son no volátiles.

**MEMORIA DE ACCESO ALEATORIO (RAM):** Memoria en la cual la localización física real de una palabra de la memoria no tiene efecto sobre el tiempo que tarde en leer de esa localidad o bien escribir en ella. En otras palabras, el tiempo de acceso es el mismo para cualquier dirección en la memoria. Muchas memorias semiconductoras y de núcleo magnético son RAM.

**MEMORIA CON ACCESO SECUENCIAL (SAM):** Tipo de memoria en el cual el tiempo de acceso no es constante, sino que varía según la localidad de la dirección. Cierta palabra almacenada es hallada por sucesión a través de todas las localidades de direcciones hasta que se llega a la dirección deseada. Esto produce tiempos de acceso que son mucho más largos que los de las memorias con acceso al azar. Algunos ejemplos de dispositivos de memoria con acceso secuencial son la cinta y el disco magnéticos, y la memoria de burbuja magnética.

**MEMORIA PARA LECTURA Y ESCRITURA (RWM):** Cualquier memoria de la que puede leerse información o bien escribirse en ella con la misma facilidad.

**MEMORIA SOLO PARA LECTURA (ROM):** Vasta clase de memorias semiconductoras diseñadas para aplicaciones donde la proporción de operaciones de lectura a operaciones de escritura es muy alta. En términos técnicos, en una ROM sólo puede escribirse (programarse) una vez y esta operación normalmente es efectuada en la fábrica. Por lo tanto, la información sólo puede leerse de la memoria. Otros tipos de ROM son en realidad memorias en su mayoría sólo para lecturas (RMM) en las que puede escribirse más de una vez, pero la operación de escritura es más complicada que la de la lectura y no se realiza muy a menudo.

**DISPOSITIVOS DE MEMORIA ESTÁTICA:** Dispositivos de memoria semiconductoras en los cuales los datos almacenados se quedarán permanentemente guardados en tanto se aplique energía, sin necesitar reescribir periódicamente los datos en la memoria.

**DISPOSITIVOS DE MEMORIA DINÁMICA:** Dispositivos de memoria semiconductoras en los cuales los datos almacenados no se quedarán permanentemente guardados, aún con energía aplicada, a menos que los datos se reescriban en forma periódica en la memoria. La última operación se conoce como operación de "refresco".

### **1.3.2 OPERACION GENERAL DE LA MEMORIA.**

Aunque cada tipo de memoria es diferente en su operación interna, ciertos principios básicos de operación son los mismos para todos los sistemas de memoria. Conocer estas ideas básicas nos ayudará en el estudio de los dispositivos de memoria individuales.

Todo sistema de memoria requiere varios tipos diferentes de línea de entrada y salida para desempeñar las funciones siguientes:

1. Seleccionar la dirección en la memoria que esté siendo accesada para una operación de lectura o escritura.
2. Seleccionar una operación de lectura o bien de escritura para ser efectuada.
3. Proporcionar los datos de entrada para ser almacenados en la memoria durante una operación de escritura.
4. Contener los datos de salida que vienen de la memoria durante una operación de lectura.
5. Activar (o desactivar) la memoria de manera que responda (o no) a las entradas de dirección y al comando de lectura/escritura.

### **1.3.3 MEMORIAS SOLO PARA LECTURA - ROM.**

Este tipo de memoria semiconductoras se diseña con el fin de contener datos que sean permanentes o bien que no cambien frecuentemente. Durante la operación normal, no pueden escribirse nuevos datos en una ROM pero sí puede leerse información de ella. Para algunas ROM los datos que

están almacenados tienen que meterse durante el proceso de fabricación; para otras ROM los datos se pueden introducir en forma eléctrica. El proceso de meter datos se conoce como programación de la ROM. Algunas ROM no pueden alterar sus datos una vez que se hayan programado; otras pueden borrarse y reprogramarse con la frecuencia que se desee. Haremos un análisis detallado de los diversos tipos de ROM.

Las ROM se usan para almacenar datos e información que no cambiará durante la operación de un sistema. Un uso importante de las ROM es en el almacenamiento de programas en microcomputadoras. Ya que todas las ROM son no volátiles, estos programas no se pierden cuando la microcomputadora es desconectada. Cuando se enciende la máquina, pueden empezar de inmediato a ejecutar el programa almacenado en ROM. Las ROM también se emplean para almacenar programas y datos en equipo controlado por microprocesadores como complejas cajas registradoras electrónicas.

La ROM tiene tres conjuntos de señales: entradas de dirección, entrada(s) de control y salidas de datos.

Existen diversos tipos de ROM, que difieren en la forma en que son programados y en su capacidad para ser borrados y reprogramados.

#### **1.3.3.1 ROM PROGRAMABLE (PROM).**

Para las aplicaciones de bajo volumen, los fabricantes han creado PROM con unión de fusible que son programables por el usuario; es decir, no se programan durante el proceso de manufacturación sino que son programadas por el usuario. Sin embargo, una vez programada una PROM se parece a una MROM en que no puede borrarse y reprogramarse. Por lo tanto, si el programa en la PROM es erróneo o tiene que ser cambiado, la PROM tiene que ser desechada.

El proceso de programación de una PROM y luego la verificación de los datos programados puede ser extremadamente consumidor de tiempo y tedioso cuando se efectúa manualmente. Se dispone de varios programadores comerciales de PROM en varios cientos de dólares que permiten se introduzca un programa desde el teclado en memoria de lectura/escritura (RWM) y luego realizar la fundición del fusible y la verificación automática sin intervención del usuario.

#### **1.3.4 MEMORIAS RAM.**

Hay que recordar que el término RAM significa memoria con acceso al azar, lo cual quiere decir que cualquier localidad de dirección de memoria se puede acceder fácilmente como cualquiera otra. Muchos tipos de memoria se pueden clasificar como del tipo con acceso al azar, pero cuando el término RAM se utiliza con memorias semiconductoras generalmente se considera que significa memoria para lectura y escritura (RWM) en contraste con la

ROM. Ya que es una práctica común usar el término RAM para referirnos a RWM semiconductor, lo utilizaremos en todo lo que sigue.

Las RAM se emplean en las computadoras para el almacenamiento temporal de programas y datos. El contenido de muchas localidades de dirección en la RAM cambiará continuamente conforme la computadora ejecute un programa. Esto requiere tiempos de ciclo de lectura y escritura rápidos para la RAM de manera que no disminuya el tiempo de operación de la computadora.

Una desventaja importante de las RAM es que son volátiles y pierden toda la información almacenada en ellas si se interrumpe el suministro de energía o si se apaga la máquina. Sin embargo, algunas RAM emplean pequeñas cantidades de energía en modo de transición (sin efectuar operaciones de lectura o de escritura) y pueden alimentarse con baterías siempre que se interrumpa la fuente de energía principal. Por supuesto, la ventaja principal de la RAM es que se puede escribir en ella y también se puede leer de ella muy rápidamente con la misma facilidad.

#### 1.3.5 ORGANIZACION INTERNA DE UN MICROPROCESADOR.

La organización interna de un Microprocesador, o Arquitectura, es mostrada en la Fig. 2.8.

Comenzando con las conexiones externas, la MPU de la Fig. 2.8 tiene ocho conexiones de buses de datos bidireccionales que llevan al bus interno de datos. En el lado izquierdo la MPU tiene 16 salidas de bus de direcciones con seguros de dirección desde el bus interno. Las salidas de control se observan en la parte inferior izquierda; estas son las líneas de escritura, lectura y de reloj. Se aceptan dos señales de entrada con esta MPU en la parte inferior derecha de la Fig. 2.8; son las líneas de restauración y de requerimiento de interrupciones. Esta MPU tiene circuitería interna de reloj que necesita solamente un cristal externo (o capacitor, en algunos casos) para hacerla funcionar. El microprocesador de la Fig. 2.8 tiene una sola fuente de poder de +5V.

A continuación son definidas las funciones de muchas unidades de la MPU en forma breve:

##### REGISTRO DE INSTRUCCION.

Esta unidad es un registro de ocho bits que almacena el primer byte de una instrucción (el código de operación).

##### DECODIFICADOR DE INSTRUCCION.

Esta unidad interpreta el contenido del registro de instrucción, determina el microprograma exacto que va a seguirse en la ejecución de la instrucción en su totalidad y dirige la sección de control de acuerdo con esto.

##### UNIDAD ARITMETICO-LOGICA.

Esta unidad realiza las operaciones aritméticas, lógicas y de rotación que afectan los registros de estado (banderas). Los resultados de la sección ALU se colocan de regreso en el acumulador a través del bus interno.

El registro temporal y el acumulador son considerados muchas veces partes de la ALU. Las condiciones de las banderas se alimentan de regreso a la unidad de tiempo y control.

#### ACUMULADOR.

Se trata de un registro de propósito general de ocho bits que es el foco de la mayoría de las instrucciones aritméticas, lógicas, de carga, almacenamiento y de E/S.

#### CONTADOR DE PROGRAMA.

Es un área de almacenamiento de 16 bits que siempre apunta hacia la siguiente instrucción que será ejecutada. Siempre contiene una dirección de 16 bits. Puede ser incrementada o restaurada por la sección de control, o modificada por instrucciones de transferencia.

#### UNIDAD DE TIEMPO Y CONTROL.

Recibe señales del decodificador de instrucción para determinar la naturaleza de la instrucción que será ejecutada. La información del registro de estado también está disponible para la bifurcación condicional. Las señales de tiempo y control se envían a todas las partes del microprocesador para coordinar la ejecución de las instrucciones. También se generan las señales de control externas.

#### REGISTRO DE ESTADO.

La MPU genérica muy sencilla de la Figura No. 2.8 contiene solamente banderas de 0 y de acarreo en su registro de estado.

#### UNIDAD DE CONTROL DE INTERRUPCIONES.

Esta unidad de la Figura No. 2.8 aceptará una señal de interrupción proveniente de un dispositivo externo por medio de la entrada INTR. En resumen, brinca a una rutina de servicio de interrupciones que responde a una requisición de interrupciones y cuando está completa regresa al programa principal.

#### APUNTADOR DE FILA.

A veces es como un contador de programa, pues almacena una dirección, decrementa o incrementa sus contenidos y puede ser almacenada junto con una nueva dirección. En este microprocesador, el apuntador de fila es de 16 bits de amplitud, por lo cual puede tener acceso a 16 líneas de dirección.

#### REGISTROS DE DATOS/DIRECCION.

Este registro es realmente un conjunto de dos registros de ocho bits que pueden ser utilizados en forma separada o como un par combinado de registros. Los dos registros de ocho bits de datos/dirección están etiquetados como H y L (para bytes de orden alto y para bytes de orden bajo). Normalmente son conocidos como los registros H y L, a menos que se utilicen juntos y entonces se conocen como el par de registros HL. Los registros H y L son registros de propósito general parecidos al acumulador porque pueden ser incrementados, decrementados y cargados junto con datos y pueden ser la fuente de los datos almacenados.

El par de registros HL también sirve como un registro de direcciones para almacenar la dirección destinataria de almacenamiento o la dirección fuente cuando estemos cargando datos. En resumen, los registros H y L pueden ser utilizados para almacenar y manipular datos o para apuntar a las diferentes direcciones.

Algunos microprocesadores tienen un registro especial llamado Contador de Datos que apunta a las posiciones de memoria (utilizado como el par de registros HL en esta unidad).

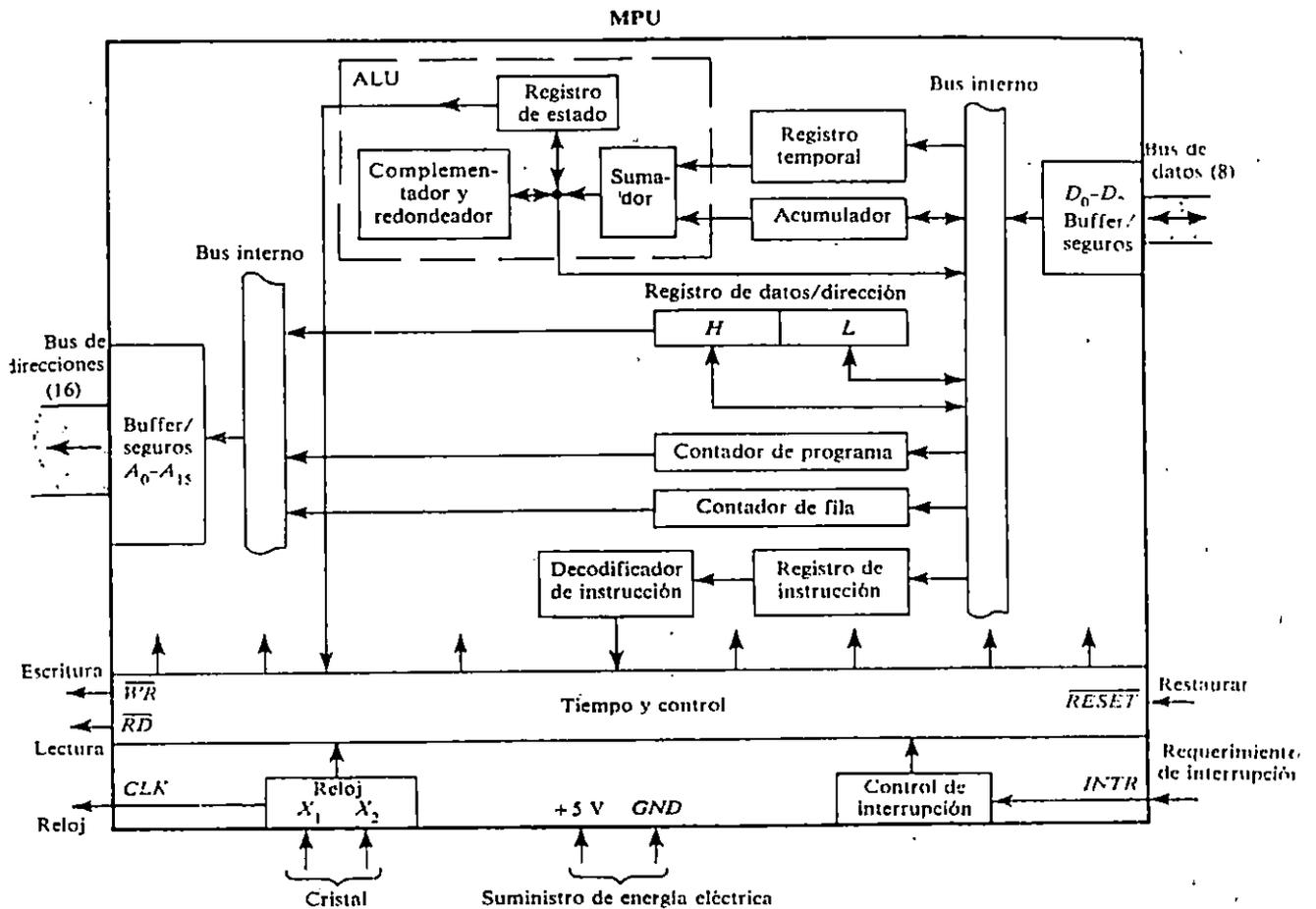


Fig. 2.8 Diagrama de Bloques Funcionales de un Microprocesador Genérico.

### 1.4 CARACTERISTICA Y ESTRUCTURA DEL MICROPROCESADOR 8080.

El 8080 es un microprocesador que opera con 8 bits (bus de datos de 8 bits) y tiene instrucciones también de 8 bits que pueden ser de 1, 2 ó 3 palabras. Su tiempo de ciclo oscila entre 2 y 9 us según la complejidad de la instrucción a realizar. Las instrucciones de los grupos A, B y E ocupan 2 us, las de los grupos C y G ocupan 5 us, las del grupo D ocupan 3.5 us y las del grupo F oscilan entre 5 y 9 us. Tiene 6 registros rápidos de trabajo direccionales directamente y a pares. Permite interrupciones vectorizadas, puede direccionar directamente hasta 64K palabras de 8 bits de memoria RAM, PROM o REPRM. Tiene la posibilidad de direccionar directamente 256 ports de entradas y 256 ports de salidas de 8 bits.

Está fabricado con tecnología MOS canal N en puerta de silicio.

Con las características indicadas se comprende muy claramente que la potencia de cálculo de este microcomputador es muy parecida a los de los minicomputadores de las tercera y cuarta generaciones.

#### 1.4.1 ESTRUCTURA.

El microprocesador 8080 cuyo esquema de bloques se muestra en la Fig. 2.9 lleva los siguientes elementos básicos:

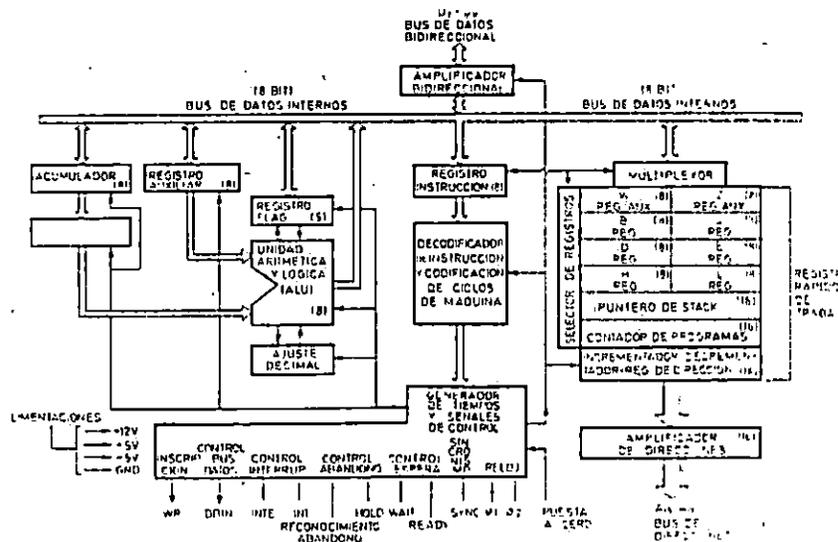


Fig. 2.9. Esquema de Bloques del Microprocesador 8080.

En su parte de unidad de proceso:  
 Acumulador de 8 bits con registro flags de arrastres, cero, signo y paridad.  
 Unidad aritmética y lógica de 8 bits.  
 Unidad de ajuste decimal.  
 6 registros rápidos de trabajo de 8 bits.  
 En su parte de unidad de control:  
 Contador de programa de 16 bits.  
 Puntero de stack de 16 bits.  
 Unidad de incrementar y decrementar PC de 16 bits.  
 Registro de instrucciones de 8 bits.  
 Decodificador de instrucciones y codificador de ciclos de máquina.  
 Generador de tiempos y de señales de control.  
 Registros auxiliares.

Este microprocesador es completamente compatible en cuanto a instrucciones con 8008 de la primera generación. No obstante tiene 30 instrucciones más, una gestión de interrupciones más potentes, básculas de interrupciones, direccionamiento de registros a pares, posibilidad de realizar aritmética de 16 bits, Puntero de Stack con el Stack en memoria y por tanto encadenamiento infinito de subrutinas, velocidad diez veces superior al 8008, etc.

En la Fig. 2.10 pueden verse las señales de cada ciclo de máquina. Hay 5 posibles ciclos de máquina y cada ciclo requiere de 3 a 5 estados o tiempos elementales. Cada tiempo elemental tiene la duración de un período de reloj de 500 ns.

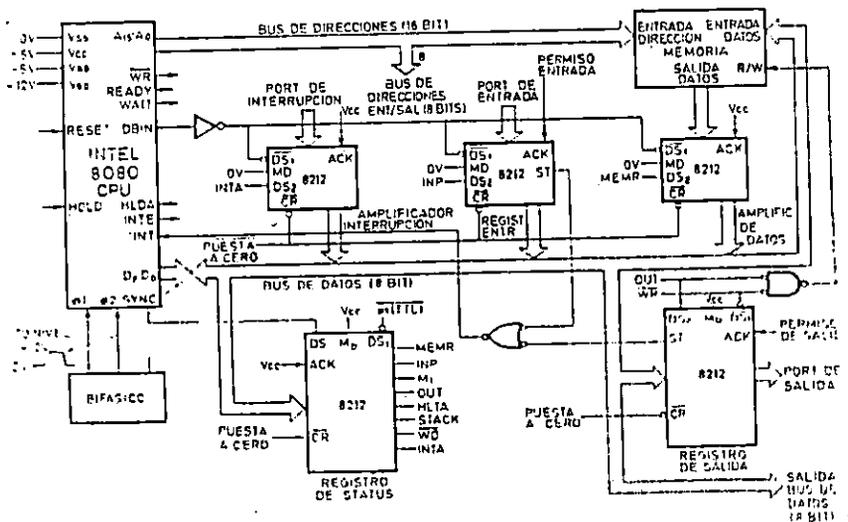


Fig. 2.10 Señales de cada ciclo de máquina del Microprocesador 8080.

El ciclo de máquina M1 es siempre el de busca de instrucción o sea de código de operación y dura 4 ó 5 tiempos elementales. Los siguientes ciclos acostumbra a ser sólo de 3 tiempos elementales. En cada ciclo hay pues 5 tiempos elementales T1, T2, T3, T4 y T5. En el tiempo T1 el contenido del contador de programas pasa al bus de direcciones y al mismo tiempo aparecen los bits de status, mostrando qué ciclo se está realizando.

En el tiempo T2 se efectúa el test de las señales de status ready, hold y halt. Si existe la señal de ready se pasa al estado T3, en caso contrario se pasa a un estado de espera llamado Tw. Con este método se consigue sincronizar la CPU con cualquier tipo de memoria de cualquier tiempo de acceso.

Durante T3 los datos contenidos en la posición de memoria direccionada en T1 pasan al bus de datos y se transfieren al registro de instrucciones (sólo durante el ciclo de busca de instrucción) o a otras unidades del sistema. En el caso de una operación de escritura en memoria la información no sale de la memoria sino que alguna unidad la proporciona y la memoria la acepta. Se pasa después al tiempo T4 de decodificación y actuación subsiguiente. Dependiendo de si se ha completado la instrucción o no se pasa a T1 al final de T4 o al final de T5.

Cuando se pasa T1 se está en un nuevo ciclo de máquina. Si la instrucción requería un nuevo ciclo se pasa a una nueva instrucción, si requería más ciclos se entra en el ciclo M2.

En el último tiempo del último ciclo de la instrucción correspondiente se hace el test de la línea de interrupción. Si el test es afirmativo se pasa a un ciclo M1 especial en el que no se incrementa el contador de programa y se envía el status del conocimiento de interrupción al exterior. Durante este ciclo una de las 8 posibles instrucciones de restart, puede ser enviada a la CPU por el periférico que desee interrumpir.

Comparando la Fig. 2.9 con la 2.10 se evidencian las similitudes totales existentes entre el microprocesador 8080 y un procesador ideal.

En las Figs. 2.11, 2.12 y 2.13 se muestran dos configuraciones posibles de microcomputador realizadas alrededor de un microprocesador 8080.

En la Fig. 2.12 se observa la CPU 8080 de la que parte el bus de direcciones de 16 bits que por un lado va a la memoria y por otro hacia las unidades de entrada/salida (no mostradas en la figura). El bus de datos está unido bidireccionalmente a la CPU 8080 y a la memoria y sobre este bus (que en esta configuración pequeña no está separada del bus de entradas/salidas) unidireccionalmente están unidos dos ports de entrada y uno de salida.

Al mismo tiempo, del bus de datos parte la información llamada de status del sistema que queda retenida por el registro de status.

Observése como la unión con los buses puede hacerse siempre con un elementos auxiliar 8212 que un registro de 8 bits que tiene salida tri-state y entrada de alta impedancia.

En la Fig. 2.12 se observa también la CPU en la que su bus de direcciones está directamente amplificado con un elemento 8212 que va hacia un máximo de 256 ports de entrada y 256 ports de salida y hacia la memoria.

Los datos generados por las entradas se reúnen en un bus de entradas y son amplificadas y separadas con un 8212 antes de unirse al bus de datos. De la misma forma los datos del bus de datos son amplificados antes de pasar al bus de salidas que al mismo tiempo cede su información a la memoria. De la memoria por un camino separado sale su información amplificada por un 8212 hacia el bus de datos al que también llega la información de port de interrupción.

Finalmente en la Fig. 2.13 puede verse cómo se organiza la unidad de entradas y la de salidas a través del bus de entradas/salidas. La unión bidireccional con el bus de datos se realiza con dos elementos 8212. La unidad de entradas recibe las entradas del sistema exterior. Cada 8212 recibe 8 entradas y una dirección procedente del bus de direcciones debidamente decodificada y recibe al mismo tiempo una señal de demanda de interrupción. Cada 8212 cede su información al bus de entradas/salidas.

Del mismo modo el bus de entradas/salidas proporciona información a los 8212 de la unidad de salidas y esta información queda almacenada en ellos una vez se les ha direccionado con el bus de direcciones a través del mismo decodificador anterior.

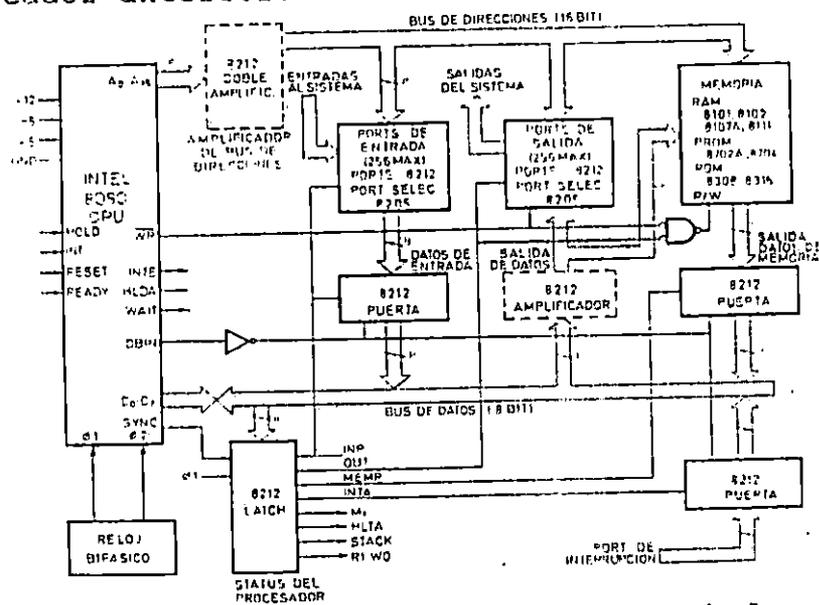


Fig. 2.11 Configuración posible de Microcomputador realizado alrededor de un Microprocesador.

En esta Figura puede verse al mismo tiempo como se realiza la gestión de las interrupciones. Cuando una entrada quiere interrumpir el proceso genera una señal de INT que va a un codificador prioritario del que sale una señal única de interrupción INT.

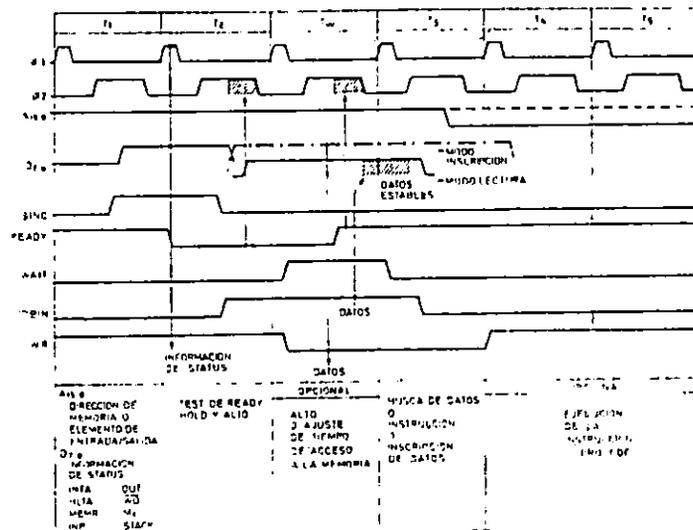


Fig. 2.12 CPU, Bus de direcciones directamente amplificado con un elemento 8212.

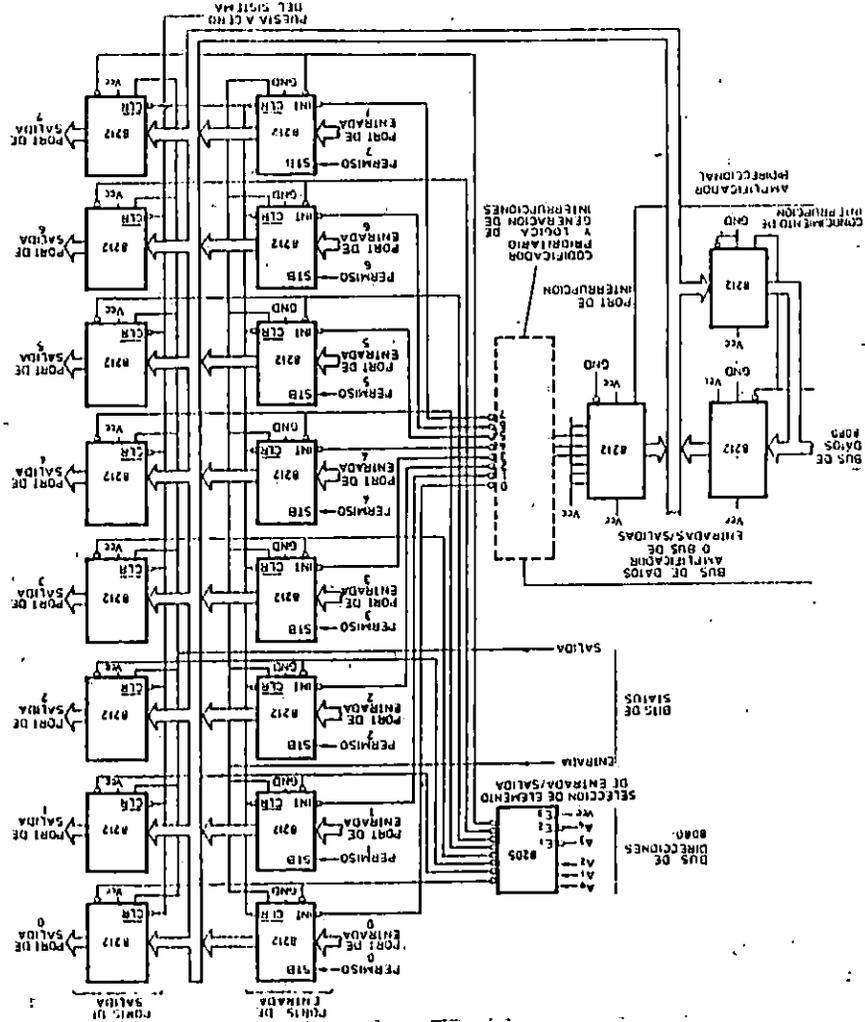
Cuando el 8080 ha terminado la instrucción en curso en el último ciclo de máquinas de dicha instrucción hace un test de la señal del INT. En caso de existir INT el 8080 genera en el tiempo T2 del ciclo de interrupción que empieza, una señal de conocimiento de interrupción que hace que el 8212 que se encontraba en estado de alta impedancia en su salida, pase al estado de baja impedancia y ceda por tanto su información al bus de entradas/salidas del que puede pasar al de datos.

El microprocesador 8080 reconoce 78 instrucciones pudiendo ser cada una de ellas de 1, 2 ó 3 palabras. Las instrucciones de los grupos A, B, C y E son de una sola palabra, las del grupo G son de dos palabras y las del grupo F pueden ser de tres palabras si son saltos a subrutina ó a otra parte del programa y de una palabra si son de retorno. Las del grupo D son de dos palabras si se refieren a 8 bits y de tres si se refieren a 16 bits y las instrucciones especiales del grupo H son de 1, 2 ó 3 palabras.

Si las instrucciones son de una sola palabra, una parte de ella es el código de operación (opr) y el resto es el modificador (subclase, dirección de registro, etc.).

Si las instrucciones son de dos palabras, la primera es el código de operación y la segunda es el dato o número de port.

Fig. 2.13 Organización de la unidad de entradas y la de salidas a través del bus de entradas/salidas.



Si las instrucciones son de tres palabras, la primera es el código de operación y la segunda y la tercera son la parte alta y baja de la dirección o las dos palabras de 8 bits a cargar en un par de registros.

#### 1.4.2 CONJUNTO DE INSTRUCCIONES.

Se ha dividido las instrucciones en grupo según su funcionalidad, se mencionan algunos ejemplos:

- .- Que afectan el arrastre.  
CMC completar arrastre  
STC arrastre igual a 1
- .- Que afectan a un solo registro.  
INR incrementar registro o contenido de memoria  
DCR decrementar contenido de memoria o registro
- .- Instrucciones de transferencia de datos.  
MOV X,Z La información contenida en el registro o memoria Z pasa al X.
- .- De relación entre memoria o registro y acumulador.  
ADD X añadir el contenido del registro X al acumulador.  
SUB X sustraer el contenido del registro X del acumulador.
- .- De rotación del acumulador.  
RRC rotación a la derecha del acumulador sobre sí mismo.  
RAL rotación a la izquierda del acumulador sobre sí mismo a través del arrastre.
- .- De pares de registros.  
DAD P el contenido del par de registro P se añade al contenido del par de registros H y L. El resultado permanece en H y L.  
INX P el contenido del par de registros P se incrementa en una unidad.
  
- .- Inmediatas.  
SBI X el dato X y el arrastre se restan del acumulador.  
XRI X operación O-EXCLUSIVO entre el dato X y el acumulador.
- .- De direccionamiento directo.  
STA Y el contenido del acumulador se coloca en la posición de memoria direccionada por Y.
- .- Instrucciones de salto.  
JC Y si el arrastre vale 1 se efectúa un salto a Y.  
JZ Y si el Flag de 0 vale 1 se salta ala dirección Y.
- .- De llamada a subrutina.  
CALL Y se salta incondicionalmente a la subrutina que empieza en Y.  
CZ Y si el Flag de 0 vale 0 se salta a la subrutina que empieza en Y.
- .- De retorno a subrutinas.  
RET se vuelve incondicionalmente al programa del que se procedía.

- .- De restart.  
RST Y salto incondicional a una subrutina cuya dirección es Y.
- .- De interrupción.  
EI La báscula de interrupción para el estado de permiso, permitiendo que la CPU reconozca y responda a una interrupción.
- .- De entradas/salidas.  
IN X la entrada X suministra sus 8 bits de información que quedan depositados en el acumulador.  
OUT X el contenido del acumulador se envía a la salida X.
- .- De alto y de No Operación.  
HLT la CPU entra en un estado de reposo del que sólo puede salir a través de una interrupción.  
NOP la instrucción no modifica nada en absoluto y se pasa a la siguiente.

### CONCLUSIONES.

- Es importante y de trascendencia apreciar el hecho de que la gran adaptabilidad del Microprocesador lo convierte en un importante elemento en el diseño de toda clase de sistemas digitales, entre los cuales la computadora es un ejemplo sobresaliente.
- El Microprocesador pone a nuestra disposición un conjunto importante de herramientas de procesamiento de datos que puede explotarse para cumplir tareas muy diversas. Entre estas herramientas se encuentran procedimientos de aplicación muy general como la adición, la sustracción, el corrimiento, el conteo en aumento o disminución, el retardo, la combinación de palabras en forma lógica o numérica, la conjunción y la desijunción (AND y OR), la complementación y la negación.
- Esta estrategia de diseño reemplaza a los circuitos lógicos con alambrados rígidos (es decir, el hardware) por un dispositivo de propósito general (es decir, el microprocesador) y un software adecuado.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.

Tocci, Ronald J. Sistemas Digitales. Principios y Aplicaciones.  
Prentice Hall.

Tokheim, Roger L. Fundamento de los Microprocesadores.  
Serie Shaum.

Mundo Electrónico. Boixareu Editores.

## **CAPITULO III.**

### **ANALISIS DEL EQUIPO DE MEDICION DE TEMPERATURA DEL DEVANADO DEL ROTOR.**

#### **INTRODUCCION.**

Es en este capitulo donde se centra la esencia de todo el trabajo pues contiene lo relacionado a la operación del equipo en estudio, su objetivo principal es el de proporcionar la forma y características de trabajo de todas las unidades que constituyen el equipo.

Para poder efectuar un análisis completo del RTMB (ROTOR TEMPERATURE MEASURING), es necesario el llevar la secuencia de la señal sensada desde la toma de ella hasta mostrarla en un presentador, y que sean mostradas en sus respectivas unidades, especificando tanto el proceso como el dispositivo utilizado para cada fin. Tratando de aclarar todo su funcionamiento de la manera más sencilla y práctica, se describe a continuación la forma en que se efectuó su revisión y la forma detallada de como se encontró el equipo.

#### **3.1 DIVISOR DE VOLTAJE UA8156a-E Y AMPLIFICADOR SHUNT UU8040.**

##### **ESPECIFICACIONES GENERALES.**

En las centrales eléctricas e instalaciones distribuidoras no es posible conectar directamente los instrumentos de medida y los relevadores a las líneas de alta tensión, ya que estos aparatos no se prestan bien a construirse para grandes intensidades y altas tensiones, y que, por añadidura, su inspección y vigilancia resultarían peligrosas. De aquí que las mediciones se realicen por medio del Divisor de Voltaje y Amplificador Shunt que rebajan la intensidad o la tensión a valores asequibles al aparato de medida.

##### **3.1.1 DIVISOR DE VOLTAJE UA8156a-E.**

###### **3.1.1.1 CARACTERISTICAS ELECTRICAS.**

###### **3.1.1.1.1 SEÑALES DE ENTRADA.**

El divisor de voltaje tiene determinados sus rangos de voltaje de entrada entre 500 y 2000V.

El divisor de voltaje es fijado con capacitores, los cuales filtran la señal y el mínimo valor nominal de la constante de tiempo de filtro es de 75 ms., el cual puede ser incrementado a 720 ms. insertando un shorting jack.

### 3.1.1.1.2 SEÑALES DE SALIDA.

El presente divisor está provisto de una salida de 150 mV de c.d. y su resistencia de salida es igualada a la resistencia de entrada de 1 Kohm del amplificador shunt UU8040.

### 3.1.1.2 DATOS TECNICOS.

#### 3.1.1.2.1 VALORES DE ENTRADA.

##### RANGOS DE VOLTAJE DE ENTRADA.

$U_N$	=	2000 V.
$U_N$	=	1800 V.
$U_N$	=	1500 V.
$U_N$	=	1200 V.
$U_N$	=	1000 V.
$U_N$	=	800 V.
$U_N$	=	600 V.
$U_N$	=	500 V.

##### MAXIMO VALOR R.M.S. DE VOLTAJE DE ENTRADA.

$$U_{\text{rms max.}} = 1.33 U_N$$

##### MAXIMOS VALORES INSTANTANEOS DE VOLTAJE DE ENTRADA.

$$U_{\text{max.}} = 1.6 U_N$$

##### RESISTENCIA DE ENTRADA.

$$R_e = 1000 \text{ Ohms/V}$$

### 3.1.1.2.2 VALORES DE SALIDA.

#### RANGOS DE VOLTAJE DE SALIDA.

$$U_{\text{sal}} = 150 \text{ mV.}$$

##### RESISTENCIA DE SALIDA.

$$\text{(X73 no insertada) } R = 176.5 \text{ Ohms.}$$

$$\text{(X73 insertada) } R = 150 \text{ Ohms.}$$

##### RESISTENCIA DE CARGA.

$$\text{(X73 no insertado) } R = 1 \text{ Kohm.}$$

$$\text{(X73 insertado) } R > 150 \text{ Kohms.}$$

### 3.1.1.2.3 VALORES DE TRANSFERENCIA.

$$\text{PROPORCION DE ERROR DE TRANSFERENCIA } e < 0.5\%$$

$$\text{ERROR DE LINEALIDAD } e < 0.1\%$$

$$\text{PROPORCION DE TRANSFERENCIA DE COEFICIENTE DE TEMPERATURA} \\ \pm 20\%$$

En la Tabla No. 3.1 se presentan los rangos de voltaje que pueden seleccionarse a la entrada del divisor, ya fijado éste se determinan los dos posibles valores de la constante de tiempo del filtro, éstos dependen si están insertados o no el shorting jack X72.

TABLA No.3.1 SELECCION DE CONSTANTES DE TIEMPO DEL FILTRO.

Voltaje $U_N$	X72 no insertado	X72 insertado
500 V	56 ms	536 ms
600 V	63 ms	596 ms
800 V	70 ms	665 ms
1000 V	75 ms	715 ms
1200 V	78 ms	745 ms
1500 V	81 ms	775 ms
1800 V	84 ms	795 ms
2000 V	85 ms	805 ms

#### 3.1.1.2.4 CONDICIONES AMBIENTALES.

DATOS DE OBSERVACION

$0^{\circ}\text{C} < T_a < 70^{\circ}\text{C}.$

APROPIADO PARA OPERACION Y ALMACENAJE

$-55^{\circ}\text{C} < T_a < 85^{\circ}\text{C}.$

#### 3.1.1.2.5 ASIGNACION DE VALORES PARA EL AJUSTE DE DATOS.

La Tabla No. 3.2 nos proporciona la Relación existente entre la constante de tiempo, la resistencia de salida y el voltaje de entrada y utilizando los shorting jack ya sea insertando o no se puede determinar la resistencia a utilizar.

#### 3.1.1.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.

Consultar Anexo A para observar las dimensiones que se presentan acotadas en el diagrama del equipo.

Dimensiones del Divisor de Voltaje UA8156a-E:

A ancho 9.3 cm.

B altura 16.8 cm.

C profundidad 20 cm.

TABLA No.3.2 ASIGNACION DE VALORES PARA EL AJUSTE DE DATOS

Tiempo-constante	75 ms. X72 (o)		720 ms. X72 (●)	
	176.5 X73(o)	150 X73(●)	176.5 X73 (o)	150 X73 (●)
$U_m = 2000 \text{ V}$	R1	R9	R17	R25
1800 V	R2	R10	R18	R26
1500 V	R3	R11	R19	R27.
1200 V	R4	R12	R20	R28
1000 V	R5	R13	R21	R29
800 V	R6	R14	R22	R30
600 V	R7	R15	R23	R31
500 V	R8	R16	R24	R32

(o) = no insertado  
(●) = insertado

#### 3.1.1.4 DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL DIVISOR DE VOLTAJE UA8156a-E.

En la Fig. 3.1 se muestran las conexiones internas del Divisor de Voltaje UA8156a-E con sus respectivos valores.

#### 3.1.2 AMPLIFICADOR SHUNT.

Hay que mencionar que existen dos versiones de este Amplificador Shunt y la única diferencia que poseen es su voltaje de alimentación, más adelante se hará mención de ello.

##### 3.1.2.1 CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS.

###### 3.1.2.1.1 SEÑALES DE ENTRADA.

El Amplificador Shunt es diseñado para librar potencial de transmisión y amplificación de shunt o señales de voltajes similares. Posee tres rangos de medida de voltaje 60 mV, 90 mV y 150 mV los cuales pueden ser seleccionados con shorting plugs.

###### 3.1.2.1.2 SEÑALES DE SALIDA.

La salida del amplificador puede proveer una señal de corriente de 5 mA, 10 mA y 20 mA, o una señal de 10 V, esto depende de la selección de un shorting plug. Tanto la entrada, salida y fuente de poder son aislados mutuamente. Más adelante, en los Datos Técnicos se ampliarán estos puntos.

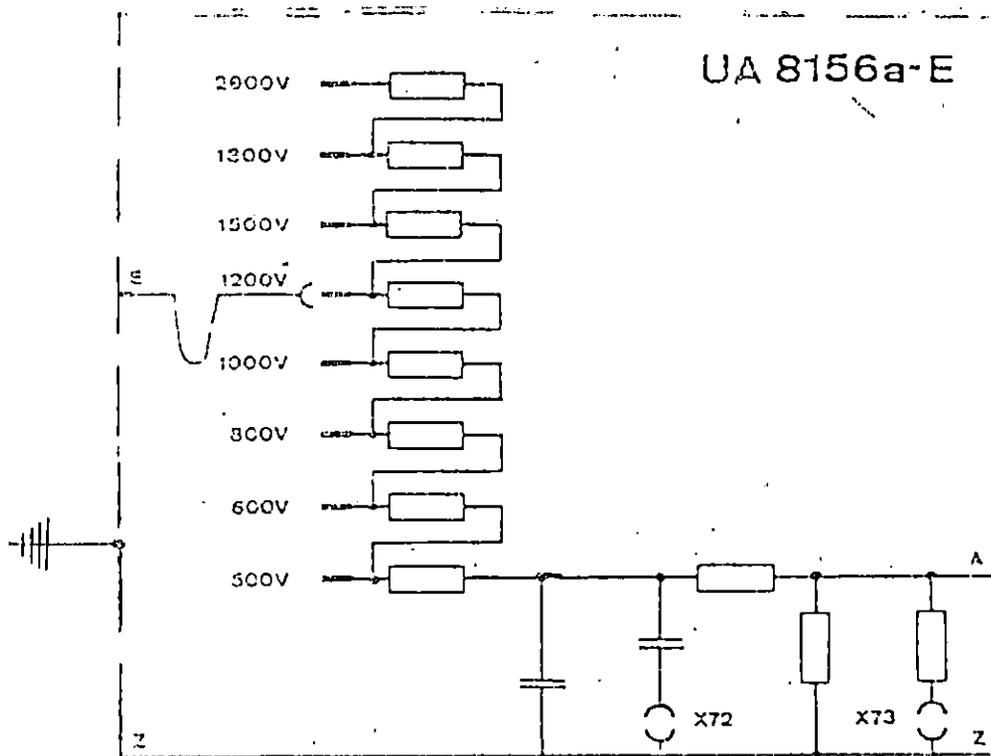


Fig No. 3.1 DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL DIVISOR DE VOLTAJE UA8156a-E.

### 3.1.2.2 CARACTERISTICAS FISICAS.

Consultar Anexo B para observar las dimensiones que se presentan acotadas en el diagrama del equipo.  
Dimensiones del Amplificador Shunt:

A ancho	9.3 cm.
B altura	12.9 cm.
C profundidad	20.0 cm.
D peso	1.3 Kg.

### 3.1.2.3 DATOS TECNICOS. (Observar Figura No. 3.2)

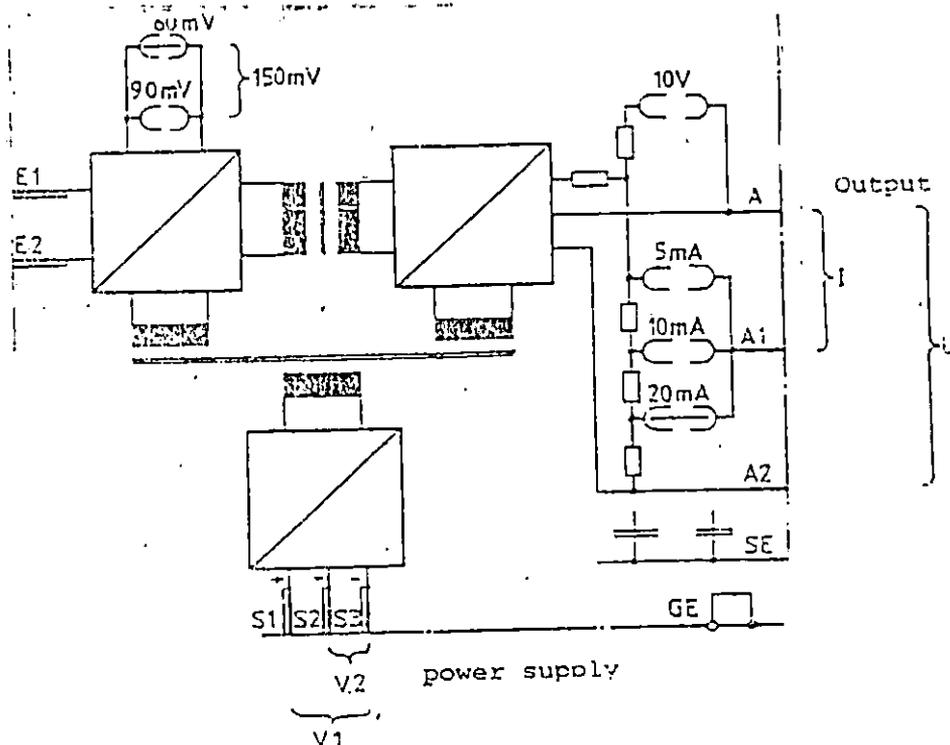


Figura No. 3.2 DIAGRAMA SIMBOLICO DE LA UNIDAD UU8040.

### 3.1.2.3.1 POTENCIA SUMINISTRADA PARA VERSION 1.

VOLTAJE DE ALIMENTACION STAB.	$U_s = 15.3 \pm 0.3V$
CONSUMO DE CORRIENTE	$I_s < 150 \text{ mA}$
CONSUMO DE CORRIENTE SOBRE CARGA	$I_s \text{ typ. } 100 \text{ mA}$
PERDIDA DE POTENCIA	$P_v < 2.3 \text{ W}$

### 3.1.2.3.2 POTENCIA SUMINISTRADA PARA VERSION 2.

SUMINISTRO DE VOLTAJE	$U_s = 19 \dots 33 \text{ V}$
ONDA (RIZO) (100Hz)	$U_{nr} < 4 V_{ss}$
CONSUMO DE CORRIENTE	$I_s < 120 \text{ mA}$
CONSUMO DE CORRIENTE DE SOBRECARGA	$I_s \text{ typ. } 67 \text{ mA}$
PERDIDA DE POTENCIA	$P_v < 2.5 \text{ W}$

### 3.1.2.3.3 VALORES DE ENTRADA.

RANGOS DE VOLTAJE DE ENTRADA.	
Shorting plug 60 mV	$U_{m1} = \pm 60 \text{ mV}$
Shorting plug 90 mV	$U_{m1} = \pm 90 \text{ mV}$
Shorting plug 60 mV + 90 mV	$U_{m1} = \pm 150 \text{ mV}$
Máximo voltaje de entrada permisible	$U_{mmax} = \pm 10 \text{ V}$
RESISTENCIA DE ENTRADA	$R_{re} = 1Kohm \pm 0.5\%$

### 3.1.2.3.4 VALORES DE SALIDA.

#### VOLTAJE DE SALIDA 10V A-A2

10 V shorting plug insertado.  
Rango de voltaje de salida  
Máximo voltaje de salida  
Onda residual (aprox. 45-67 KHz)  
Capacidad de sobremanejo  
Corriente máxima  
Corriente de cortocircuito (permisible para 5 segundos).

$U_{AN}$  =  $\pm 10V$   
 $U_{AMAX.}$  < 15V  
 $U_R$  < AC 25 mV.  
typ. > 10%.  
 $I_A$  < 5 mA.  
 $I_K$  < 110 mA.

20 mA CORRIENTE DE SALIDA A-A1.  
20 mA shorting plug insertado.

Rangos de corriente de salida  
Máxima corriente de salida  
Rizo residual (aprox. 45-67 KHz)

$I_{AN}$  =  $\pm 20$  mA  
 $I_{AMAX.}$  < 34 mA.  
 $I_R$  < AC 50  $\mu A$ .

Capacidad de sobrecarga  
Voltaje de carga máx. permisible A-A1

typ. > 20%  
7 V.

10 mA CORRIENTE DE SALIDA A-A1  
10 mA shorting plug insertado.

Rangos de corriente de salida  
Máxima corriente de salida  
Rizo residual (aprox. 45-67 KHz)  
Capacidad de sobrecarga  
Voltaje de carga máx. permisible A-A1

$I_{AN}$  =  $\pm 10$  mA.  
 $I_{AMAX.}$  < 17 mA.  
 $I_R$  < AC 25  $\mu A$ .  
typ. > 20%.  
7V

5 mA CORRIENTE DE SALIDA A-A1.  
5 mA shorting plug insertado.

Rango de corriente de salida  
Máxima corriente de salida  
mA.  
Rizo residual (aprox. 45-64 KHz)  
Capacidad de sobrecarga  
Voltaje de carga máxima permisible A-A1

$I_{AN}$  =  $\pm 5$  mA.  
 $I_{AMAX.}$  < 8.5  
 $I_R$  < AC 13  $\mu A$ .  
typ. > 20 %.  
7 V

### 3.1.2.3.5 RANGOS DE AISLAMIENTO DE VOLTAJE.

Rangos de aislamiento de voltaje A.C. 50 Hz y D.C.  $U_{T.} = 2000$  V  
Entrada, salida y potencia de suministro.

PRUEBA DE VOLTAJE. (1 min) A.C. 50 Hz.  
Entrada, salida y potencia de suministro  
KV.  
Salida de potencia de suministro  
KV.

$U_D = 7$   
 $U_D = 1.5$

TEMPERATURA AMBIENTE.

Observaciones de datos técnicos

- 25 a + 70°C.

Rangos continuos

- 25 a + 70°C.

Unidad de servicio

- 25 a + 85°C.

### 3.1.2.4 CONEXION DE UNIDAD.

La unidad puede ser conectada como sigue:

Si a la salida se maneja voltaje entonces A2 debe estar a tierra como en la Fig. 3.3.

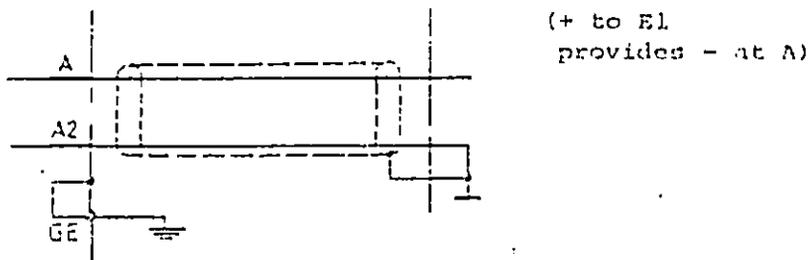


Figura No. 3.3 Conexión cuando es salida de voltaje.

Si a la salida se maneja corriente, entonces A va conectado a tierra como en la Figura No. 3.4

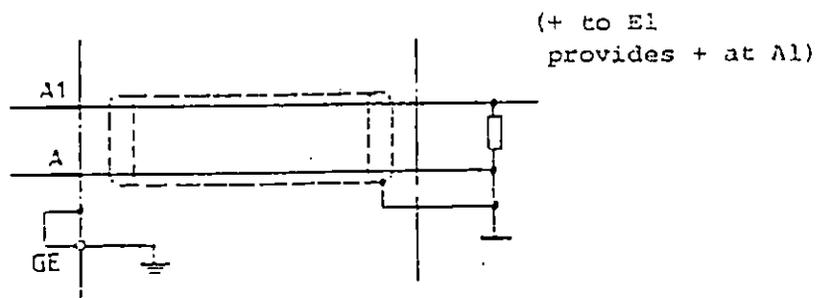


Figura No. 3.4 Conexión cuando es salida de corriente. Y si con salida de corriente se usa un rectificador entonces la conexión se hará como en la Figura No. 3.5

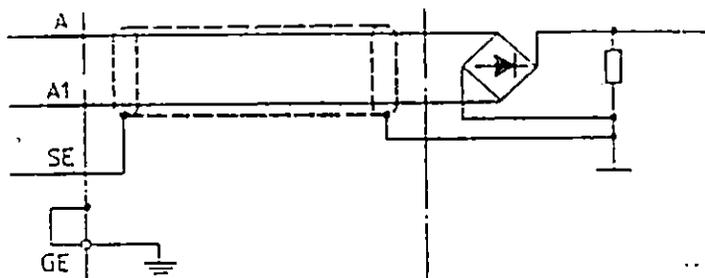
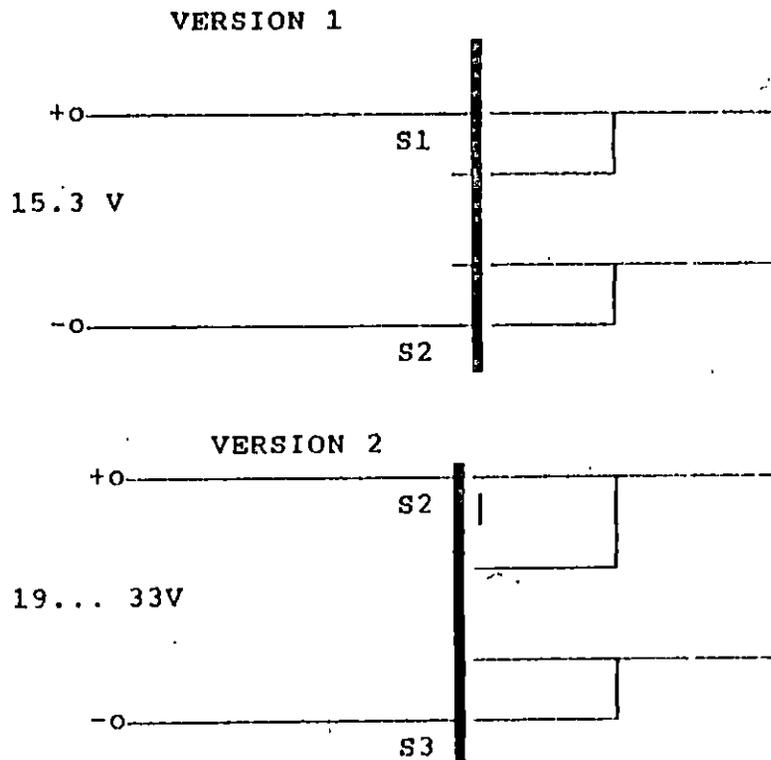


Figura No. 3.5 Conexión de salida de corriente cuando se usa rectificador.

Como se mencionaba anteriormente existen dos versiones de Amplificador Shunt, y la única diferencia entre éstas, es el voltaje de alimentación, y la forma de conexión. En la Figura No. 3.6 se detalla que para Versión 1 el voltaje existente debe de ser de 15.3V de D.C. y para Versión 2 es de 19 a 33 V de D.C., aunque esta versión 2 puede también alimentarse con 15.3V de D.C. sólo que cambia su forma de conexión.



O bien :

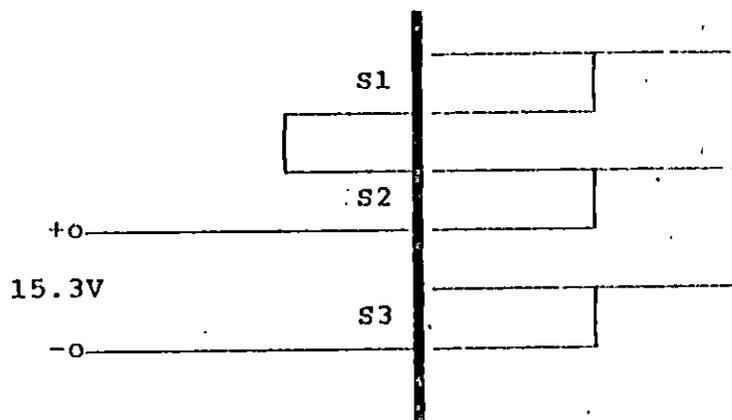


Fig. 3.6 Símbolos de voltaje de alimentación y conexiones correspondientes para versión 1 y versión 2.

### 3.1.2.5 DESCRIPCION DEL FUNCIONAMIENTO DEL AMPLIFICADOR SHUNT.

Con la ayuda de la Figura No. 3.7 veamos el funcionamiento del Amplificador Shunt.

El voltaje en derivación es amplificado por la entrada inversora del amplificador [1].

La ganancia puede medirse por los rangos de voltaje de entrada de 60, 90 y 150 mV con el shorting plug ubicados en 60 y 90 mV.

El potenciómetro ④ es usado para calibración de offset durante pruebas de trabajos.

El modulador [2] convierte la señal amplificada a una onda cuadrada con anchos de pulsos y frecuencia variable.

El Ring-Core, el transformador [3] es alimentado por un voltaje de onda cuadrada sin cambio de fase hacia el demodulador [4]. Después la señal del filtro [5] es nuevamente proporcional a la señal de entrada del modulador.

El amplificador de salida [6] libera una corriente de 5, 10 ó 20 mA dependiendo del shorting plug conectado.

La corriente fluye vía plug a través del resistor de carga externa y retorna vía A1 y el resistor de precisión [7]. La conexión podría hacerse de plug A y A2 para rango de voltaje de salida de 10 V. Los capacitores [8] proveen una atenuación cuando se usa un rectificador en la corriente de salida.

El punto cero balanceado con el potenciómetro ⑨ y el balance de ganancia con el potenciómetro ⑦ son ajustados durante una prueba en la fábrica.

El balance suministrado de voltaje es de aproximadamente  $\pm 16V$  requerido para suplir la sección de entrada (amplificador de entrada [1] y modulador [2]). En adición la sección de salida (demodulador [4] y amplificador de salida [6]) son generados por el interruptor de cuchilla [10] y el transformador [11].

Las tres secciones son suplidas por la fuente de poder de entrada y salida, son por lo tanto todas mutuamente aisladas eléctricamente.

Sobre Versión 1 el interruptor de cuchilla [10] es suplido directamente desde voltaje de estabilidad de 15.3 V  $\pm 2\%$ .

Sobre Versión 2 el voltaje inestable es suplido de 19 a 33 V es estable por el interruptor regulador [9], la unidad puede suplir como Versión 1 con 15.3 V para conectar terminales S2 y S1.

### 3.2 EQUIPO DE MEDICION DE TEMPERATURA DEL DEVANADO DEL ROTOR (RTMB).

Para asegurar que cualquier cambio de temperatura va a ser sentido en el equipo de medición, se controlan ambos parámetros, voltaje y corriente del Generador y para llevar estas señales a niveles adecuados para el equipo se utilizan las unidades descritas anteriormente (UA8156a-E y U08040).

Ahora bien, veamos la base en la que se fundamenta el diseño de este equipo de medición.

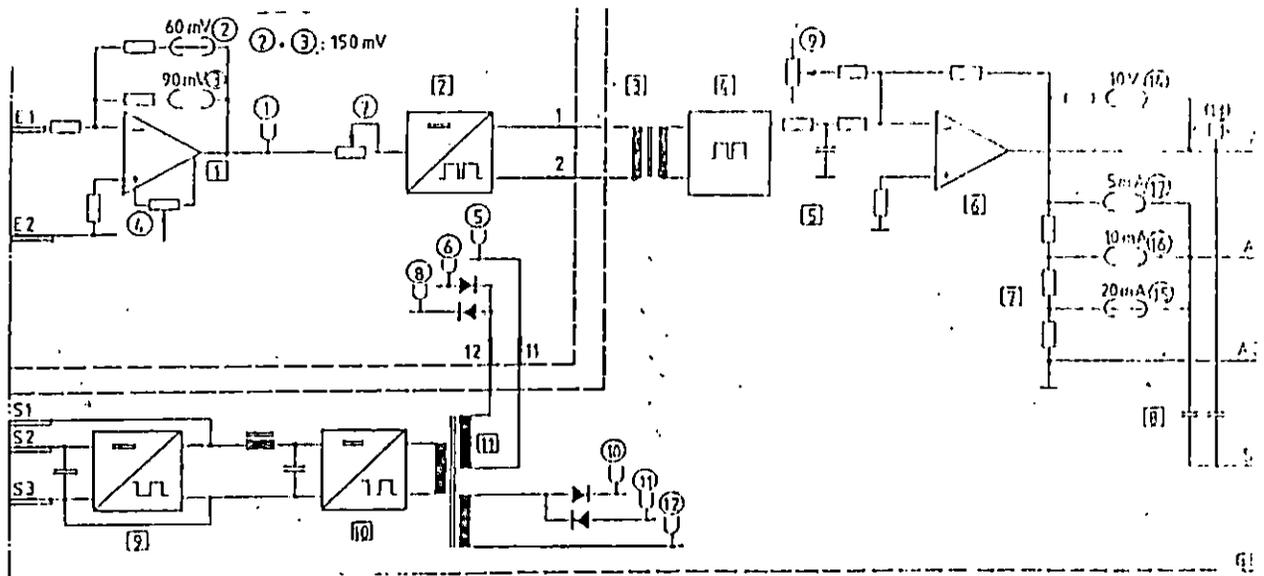


Fig 3.7 diagrama interno de la unidad UU8040.

### 3.2.1 ECUACION FUNDAMENTAL PARA EL CALCULO DE LA TEMPERATURA DEL DEVANADO DEL ROTOR.

La variación en la resistencia de cobre del devanado con cambios de temperatura es usado para determinar la temperatura del rotor. Si se observa detenidamente la Figura No. 3.8 y por medio de un análisis matemático se determina entonces que:

$$R = R_0 * ((\psi_0 + 1) / \psi_0)$$

en donde:

R : Resistencia del Rotor.

R<sub>0</sub> : Resistencia del Rotor a 0°C.

$\psi$  : Temperatura del Rotor.

$\psi_0$  : Temperatura Hipotética para R = 0.

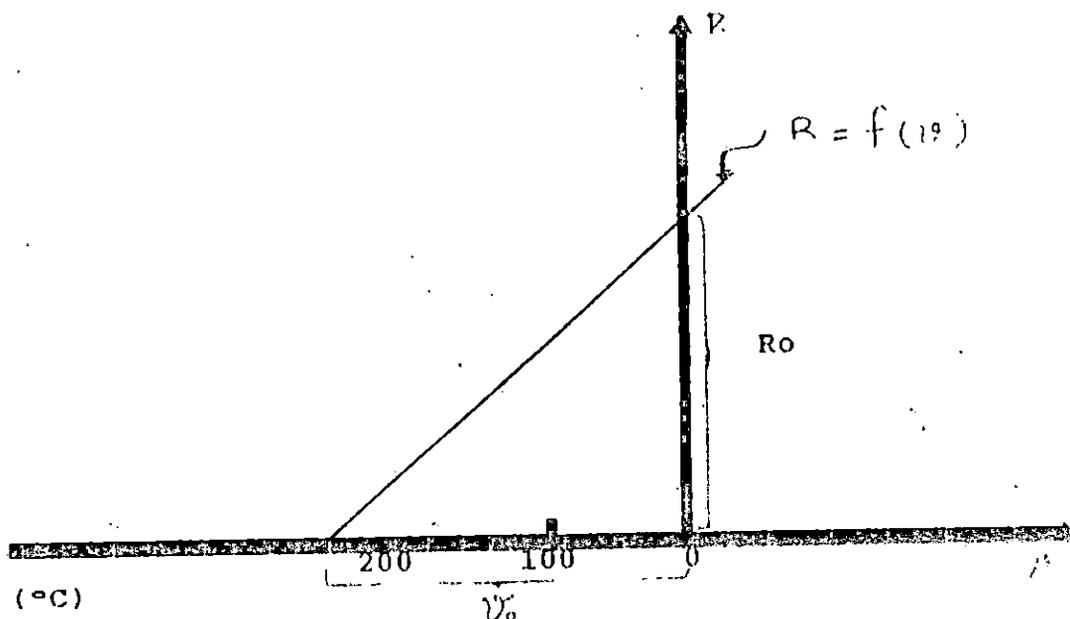


Fig. 3.8 comportamiento de  $\psi - R$ .

Para el cálculo de la resistencia del devanado, la corriente de excitación y voltaje de excitación son medidos directamente de la corriente transportada por las escobillas de la máquina síncrona.

$$R = U_{\pi} / I_{\pi}$$

La caída de voltaje en las escobillas y la caída de voltaje inductivo con transientes son simulados en la unidad de cómputo y sustraída del voltaje de excitación. (ver Figura No. 3.9)

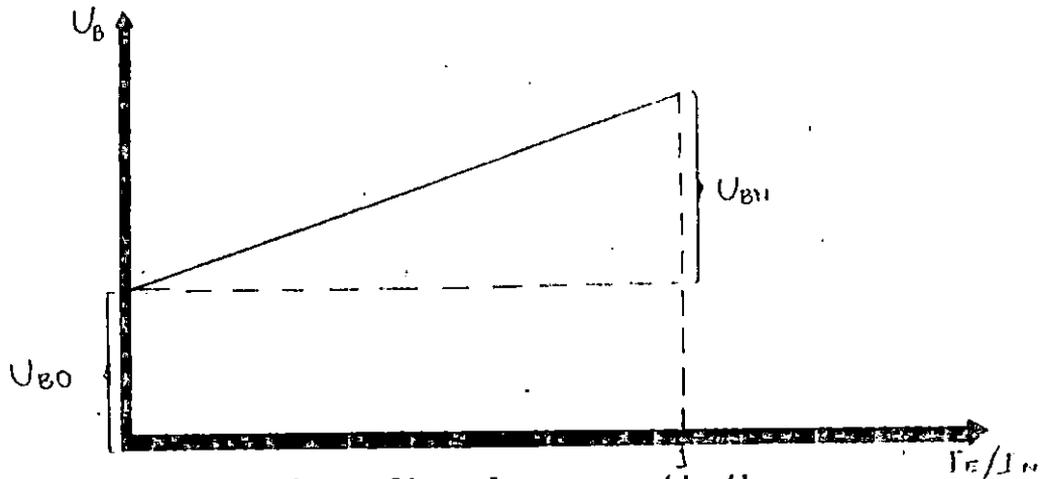


Fig. 3.9 grafica de  $u_B - (I_e/I_N)$ .

.- Compensación para caída del voltaje de escobilla:

$$U_B = U_{B0} + U_{BN} (I_e/I_N).$$

en donde:

- $U_B$  : caída del voltaje de escobilla.
- $U_{B0}$  : porción constante del voltaje de escobilla.
- $I_e$  : corriente de excitación.
- $I_N$  : corriente de excitación nominal.
- $U_{BN}$  : porción de voltaje de escobilla dependiente de corriente.

.- Compensación para voltaje inducido del rotor.

$$U_x = L \, di/dt$$

- $U_x$  : voltaje inductivo.
- $L$  : inductancia del rotor.

El mejor valor de medida posible para el voltaje resistivo del devanado esta por eso disponible para el cálculo de la resistencia.

Las señales de voltaje y de corriente son filtradas con la misma constante de tiempo antes de formar el cociente (V/I), de modo que el mismo intervalo de tiempo se aplica para su valor propuesto. Finalmente la ecuación básica para calcular la temperatura del rotor es:

$$\mathcal{V} = (((U_m/I_e) - R_o) * U_0) / R_o.$$

### 3.2.2 FUNCIONES DEL EQUIPO DE MEDICION DE TEMPERATURA PARA LA OBTENCION DE LA ECUACION BASICA PARA EL CALCULO DE TEMPERATURA.

Hasta este momento se cuenta con la ecuación para el cálculo de temperatura, no queda más que programar el equipo para que la ejecute.

En la Fig. 3.10 se muestra el diagrama de bloques funcionales que permite describir paso a paso la obtención de la ecuación básica. A continuación se explica dicho diagrama.

Los valores medidos para el voltaje de excitación son alimentados como una señal de corriente a corriente de entrada I<sub>o</sub> (X01/63) y es guardado por el bloque funcional (000) en forma digital bajo dirección 00. La señal para corriente de excitación pasa por vía de entrada I<sub>a</sub> (X01/67) y bloque funcional (003) a dirección 01. La conexión de la unidad de retraso (01B) y amplificador sumador (01F) forman el diferencial de corriente en dirección 13. El multiplicador (029) calcula la componente transiente del voltaje del rotor ( $U_L = L \, di/dt$ ) de esta corriente diferencial y la inductancia de dirección 81, y alimenta esto a dirección 14. La componente constante de la caída de voltaje de la escobilla es guardado en dirección 22 positivo o negativo de acuerdo a la polaridad de la corriente (indicador máximo 033). El multiplicador (02E) calcula la componente dependiente de corriente del voltaje de escobilla de la resistencia de escobilla (dirección 84), la corriente de excitación momentánea (dirección 11) y la corriente de excitación (nominal) (dirección 85). El resultado aparece en dirección 15. El amplificador sumador (040) suma o agrega las señales de varias componentes de voltajes tomando en cuenta el signo y guarda el valor instantáneo de la resistividad del voltaje del voltaje instantáneo de la resistividad del voltaje del rotor en dirección 16.

Los elementos de retraso (04A) y (04E) iguala las señales de corriente de excitación y del voltaje del rotor con una constante de tiempo común, el cual es guardada en dirección 86. Esto asegura que las señales de voltaje y corriente son determinadas por el mismo período de tiempo.

El valor absoluto formado por unidad (05A), el limitador mínimo (062), el indicador de valor máximo (05D), el inversor (067) y la unidad de reemplazo o intercambio de valor análogo (06A) forman una señal de corriente en dirección 25 del cual el valor mínimo es limitado correspondiendo a dirección 88 y que concuerda en signo con aquella corriente de excitación de la igualación.

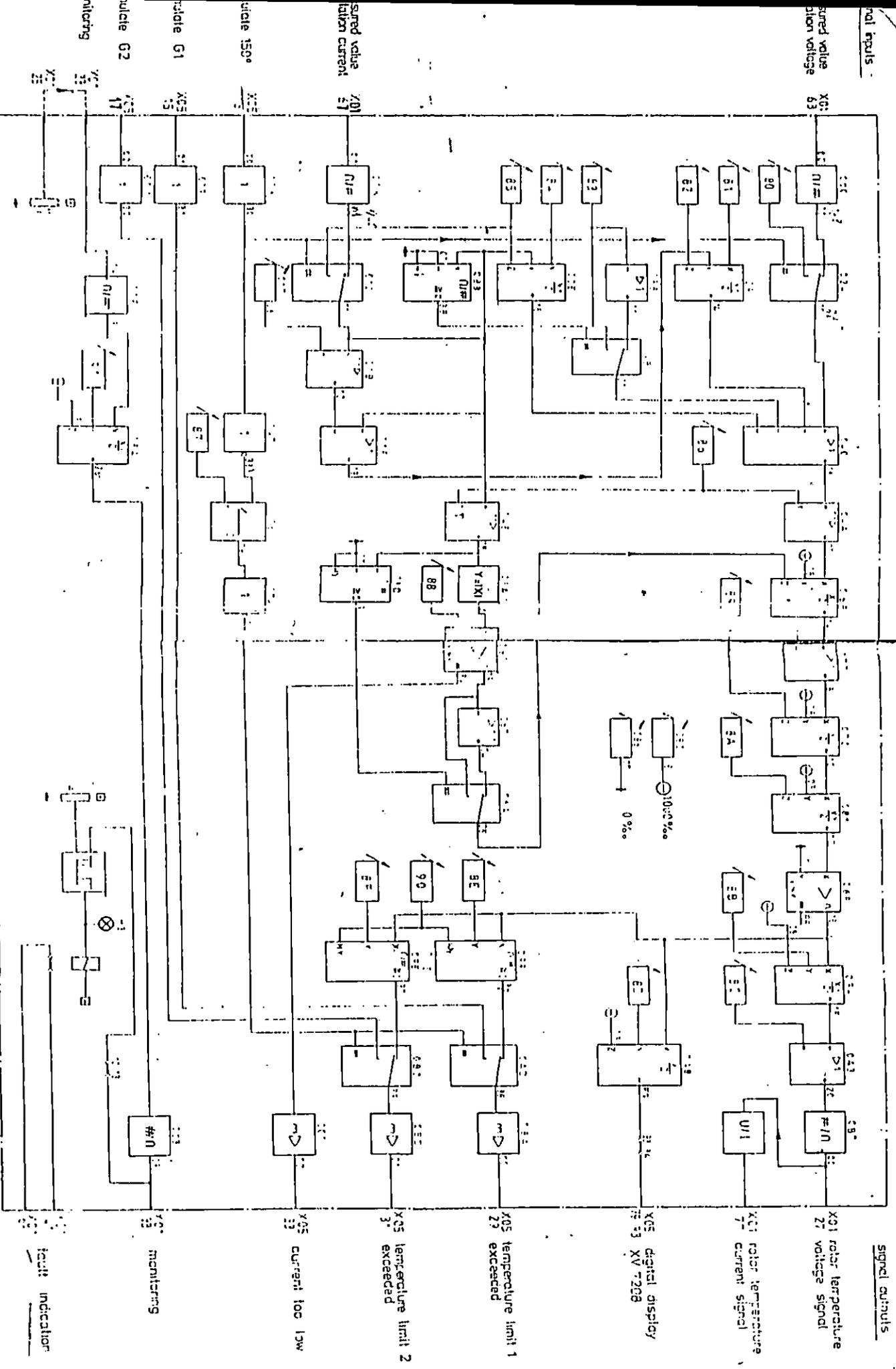
El multiplicador divisor (06F) forman el cociente de voltaje del rotor y corriente de excitación.

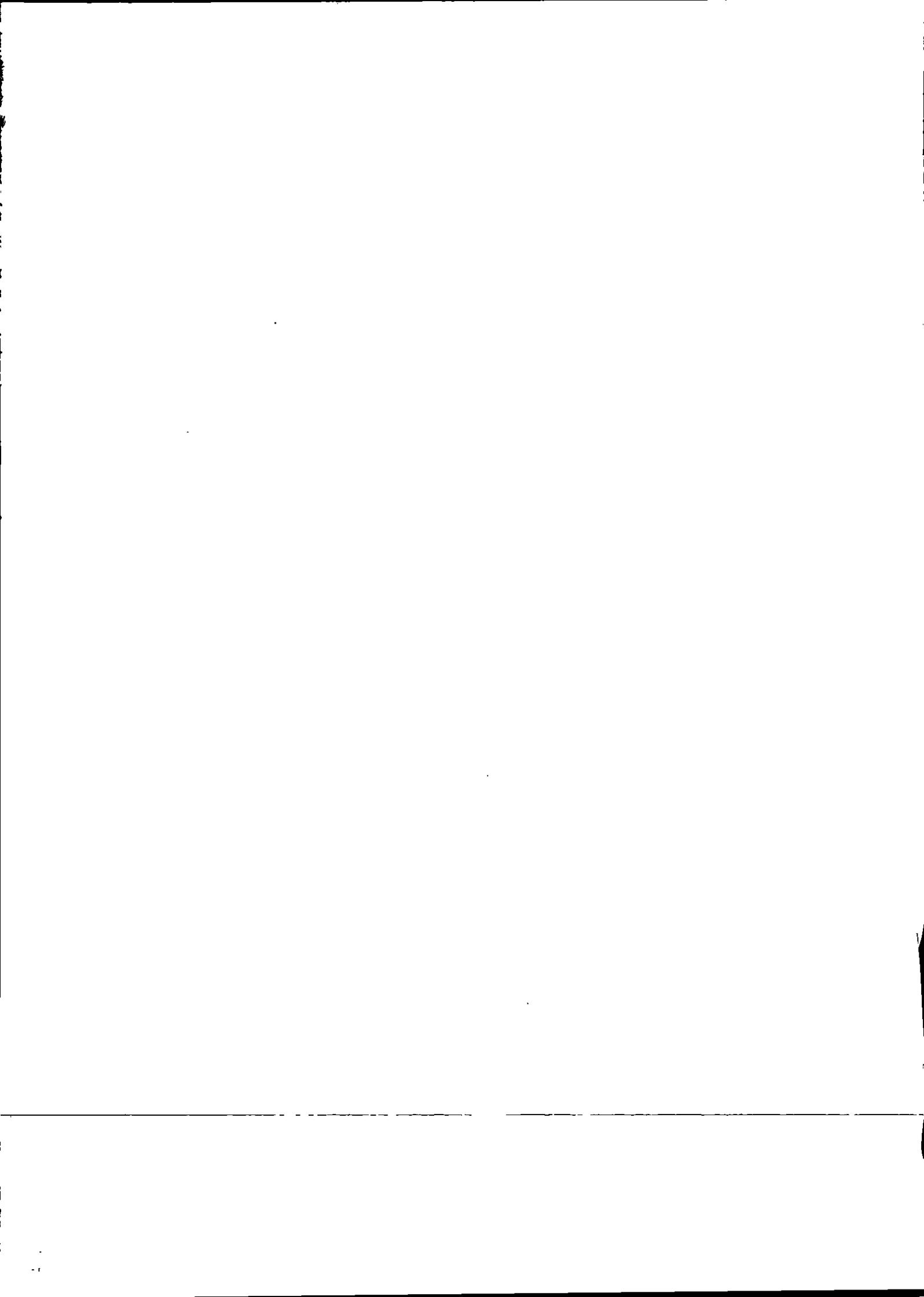
Este valor en dirección 1A corresponde a la resistencia instantánea del rotor R. El amplificador sumador (077) substraer la resistencia cero R<sub>o</sub> (dirección 89) de la resistencia instantánea y de ese modo forma el valor (R - R<sub>o</sub>) en dirección 1B.

El divisor (07C) recurre al cambio de resistencia por el valor R<sub>o</sub>, de modo que el resultado en dirección 1C corresponde a la expresión

$$\frac{R - R_o}{R_o}$$

Fig. 3.10 Diagrama de Bloques Funcionales del RTMB.





El multiplicador (081) forma el producto:

$$\frac{V_0 * (R - R_0)}{R_0}$$

Esta cantidad en dirección 1D representa la baja temperatura del rotor. El limitador de valor mínimo (08F) previene o evita un valor negativo de temperatura que exista dado aun cuando la excitación del generador es también pequeña o no existe.

El multiplicador (094) y amplificador sumador (0A3) normalizan la señal de temperatura, de modo que el convertidor D/A (0B7) puede alimentar una señal como se requiera de 0 a 10 V ó +2 a 10V correspondiendo a 0 para  $V_{max}$ . La subsecuente unidad convertidora hardware V/I forma una señal de corriente de 0 ó 4-20 mA de la señal de voltaje de salida A<sub>o</sub> (X1/27) y alimenta esta salida via contacto A4 (X1/77).

El multiplicador (0A8) convierte la señal de temperatura de la señal 1E, la cual es una señal referida (1000 % =  $V_{max}$ ) a temperatura normal en °C y alimenta a dirección F9. Con Shortingbar 33-34 fijados, esta dirección esta repartida digitalmente en forma serie de las salidas binarias D8-D15. Un mostrador digital XV7208 conectado a esas salidas pueden por lo tanto indicar la temperatura actual del rotor en °C.

Los indicadores de valor máximo (099) y (09E) compara la señal de temperatura en dirección 1E con valores máximos dados de G1 y G2 y alimentan señales binarias correspondientes a contactos D0 (X05/29) y D1 (X05/31) via salida de bloque (0BA) (0BD).

Si una señal alta es alimentada en la entrada binaria ED<sub>o</sub> (X05/13), el interruptor de cambio (024) y (012) alimenta constantes internamente ( $I_{sat}$  (AD.85) y  $U_{iso}^{\circ C}$  (Ad.80)) a las entradas computadas en lugar del voltaje de excitación y corriente de excitación. Cuando la unidad es correctamente organizada, la salida analoga e indicación remota debe (debería) suplir el valor  $V_{max}$ , después de un largo tiempo. El interruptor de cambio (0AD) y (0B2) también separa el valor máximo (099) y (09E). El valor máximo de salida puede entonces ser simulado via de entrada binaria ED1 (X05/15) bloque funcional (009) y ED2 (X05/17) bloque (00C) Los bloques (047), (056) y (074) causan demora en soltar para valores máximos de salida al fin de simulación.

El voltaje sobre el punto tapping R1 es alimentado por via de un alambre saltador externo de  $U_T$  (X01/25) a  $U_1$  (X01/23) y es cargado en dirección 03 por el convertidor A-D (00F). De esto, el multiplicador (08A) calcula junto con la constante de monitoreo en dirección 91 un nuevo valor en dirección 26. El convertidor D-A (0C3) alimenta el valor de dirección 26 como un valor analoga a contacto A3 (X01/33).



Este valor de salida es alimentado vía saltador 12-13 a la entrada del interruptor de tres posiciones del Hardware y es comparado inmediatamente el voltaje (wiper) del potenciómetro R2. Si los dos valores coinciden con una desviación máxima de aproximadamente 0.1 V, el relé de monitoreo permanece energizado y el contacto del monitor abierto. Si la computadora suministra un valor análogo incorrecto, o no renueva el valor correcto cíclicamente de ninguna manera, el relé inspeccionado abandona la salida y de ese modo esto indica que la unidad tiene una falla.

### **3.2.3. DESCRIPCIÓN DE UNIDADES DEL EQUIPO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA (RTMB). (Observar Fig. 3.11).**

#### **3.2.3.1. Fuente de 24 V de dc. (NU300).**

Esta unidad recibe a la entrada 220V de A.C. proveniente de un transformador externo al equipo y a la salida se obtienen los 24V de D.C. que es utilizado para alimentar a otra unidad (PT8153a) que es una parte de gran importancia del Medidor; así como también a los dos UU8040 que son los Amplificadores Shunt que se ocupan para la adquisición de señales del Generador y a unidad LT371.

**DOS ALARMAS STAGE 1 Y 2, RTMB DISTURBANCE (Todas las unidades son nombradas MR8S) y LT371.**

Estas unidades van relacionadas entre sí, las dos primeras sirven para indicación de un límite de temperatura prefijado y la tercera es una indicación de fallas, son activadas por la unidad LT371 que es a su vez una interfase entre la PT8153a-E y las mencionadas alarmas; ésta unidad (LT371) es digital y una de sus funciones es la de proveer una señal adecuada y necesaria para poder activar las alarmas.

#### **UNIDAD DD370A.**

Esta tarjeta es sencilla, posee unos diodos que son utilizados para asegurar los cero voltios en las alarmas hasta que la unidad LT371 de otra señal diferente y puedan activarse.

#### **3.2.3.2. LA UNIDAD PT8153a.**

La computadora compacta programable es usada para enlazar y procesar valores analógicos y valores binarios según se requiera para proveer un sistema de control analógico para central eléctrica, Industrial o procesos de Ingeniería.

Como se puede ver en la Fig.3.12, la unidad contiene un microprocesador de 16 bits cuyo programa está dividido en dos partes, el software de desarrollo y el software del usuario.

La conversión A/D es entonces desarrollada de acuerdo al principio de aproximación en forma colectiva por la computadora, el convertidor D/A de 10 bit (14) y el comparador (13).

La computadora inserta los bits de mayor peso binario al convertidor D/A. Un voltaje analógico es entonces producido en la salida del convertidor de D/A correspondiente a la mitad (1/2) de la plena escala (por ejemplo: 5, 12V). Si este voltaje de salida del convertidor D/A (14) es mayor que la señal de entrada, el comparador (13) hace que la computadora rechace este bit, si es más pequeño, el bit es insertado a la izquierda.

El próximo bit menos significativo es entonces insertado y el procedimiento es repetido. Después de 10 corridas, por consiguiente, la palabra binaria de 10 bits correspondiente al voltaje de entrada y que puede ser procesada por la computadora se halla presente en el Latch (6).

Para la salida de valor analógico los 10 bits más significativos de la palabra de 16 bits que será enviada hacia afuera y puestos vía latch (6) en la entrada del convertidor D/A (14), el cual genera un voltaje correspondiente. Dependiendo del signo de la señal que será alimentada hacia afuera el interruptor de cambio (15) selecciona cualquiera de los dos modos de salida disponible: salida de voltaje real o una salida invertida formada del amplificador Inversor (16). Un interruptor específico (18) es entonces cerrado brevemente mediante el decodificador 1 de 4 (17), el capacitor en la entrada del amplificador correspondiente de muestreo y retención (19) es cargado al voltaje del interruptor de cambio (15). El amplificador de muestreo y retención guarda el voltaje constante correspondiente hasta que arrive la próxima señal de salida.

Un convertidor de voltaje a corriente (20) se halla también conectado a la salida A0, el cual, sin embargo, puede solamente proveer corrientes positivas de 0 - 20 mA.

Las señales de entradas binarias de 24V en ED0 - ED7 son convertidas al voltaje requerido internamente por el convertidor de nivel (21) e interrogado por el computador vía multiplexor (7).

Las salidas binarias D0 - D7 (24V) son operadas por la computadora vía Latch y el convertidor de nivel (22). Si no es requerido un presentador digital externo, hay 8 salidas adicionales (D8 - D15) que pueden ser manejadas por la computadora mediante programar, con un salto en el interruptor de intercambio (23).

Los datos que serán presentados internamente y externamente son almacenados por la computadora en la RAM del presentador (25) en 16 dígitos de 4 bits.

Esta Memoria RAM tiene separadas las direcciones y líneas de datos para las entradas y las salidas, de tal forma que el contador de direcciones (26) puede direccionar

los dígitos individuales en forma independiente a los ciclos del computador. Cinco dígitos (4 dígitos y el signo) son requisitos para el display interno (27) por lo que el decodificador binario de 7 segmentos (28) ejecuta la conversión de código y el decodificador de 1 a 16 (29) manejan los dígitos individuales.

Las direcciones y datos del presentador están también disponibles como señales de 24V en la salida D8 - D15 vía convertidor de nivel (24) con tal que el interruptor de cambio (23) esté correctamente programado para realizar este enlace. Estas señales pueden manejar un presentador digital del tipo XV7208a, de tal manera se cuenta con un presentador remoto de hasta dos números con 5 dígitos.

Los cuatro botones, FR, ADR, + y - y el interruptor de cambio de tres posiciones 0/00, DEZ, HEX son usadas para el cambio de datos internos o la aceptación de datos que son presentados en forma adicional a su formato de presentación.

Los datos del rango de direcciones 80 - BF de la Memoria RAM (5) para resultados intermedios son almacenados en la Memoria RAM no volátil (30). Esta RAM (30) es capaz de retener los datos por lo menos un año con el equipo apagado. Cuando la fuente de poder es restaurada, los datos almacenados aquí son leídos nuevamente dentro de la Memoria Principal (5), de esta manera las constantes (ganancias, constantes de tiempo, etc.) que tienen que ser ajustadas en la planta pueden ser cambiadas después y aún sobrevivir a interrupciones de la fuente de poder.

Si hay una entrada analógica o una salida que no está siendo usada en una aplicación, puede programarse un circuito de monitoreo que mantiene el relé de monitoreo (32) energizado, con la ayuda de la entrada ajustable de voltaje  $U_T$  y el interruptor de tres posiciones (31). Este relé es liberado si la computadora falla vía contacto normalmente cerrado.

### 3.2.3.2.2 DATOS TECNICOS.

#### 3.2.3.2.2.1 VOLTAJE DE ALIMENTACION.

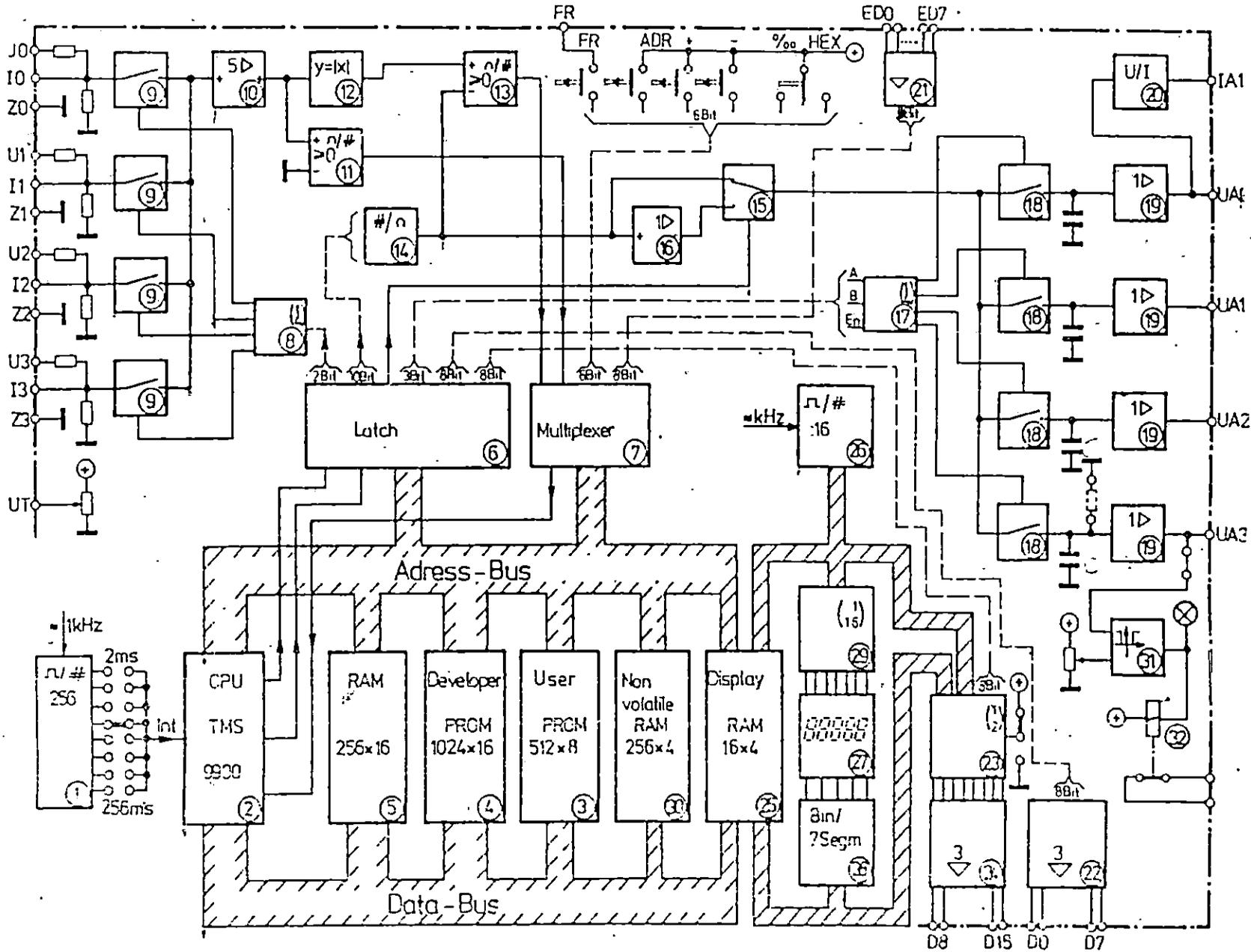
Voltaje nominal	$U_N = 24V$
Rangos de Voltaje	$U_B = 19.5 \dots 30V$
Rizado	$U_{Bx} \leq 5V \text{ pp}$
Consumo de corriente ( $U_B = 24V$ )	typ. 550 mA
	máx. 760 mA
Pérdida de potencia	$P_{Vmax} = 14 W$

#### 3.2.3.2.2.2 VALORES DE ENTRADA.

##### Entradas de Voltaje analógico:

Voltaje de entrada	$-10.23 V \leq U_m \leq +10.23 V$
Resistencia de entrada	$R_m = 100 \text{ Kohms.}$

Fig. 3.13 Diagrama Simbólico de la PT8153a-E.



Entradas de Corriente:

Corriente de entrada  
Resistencia de entrada

$-20.46 \text{ mA} \leq I_E \leq +20.46 \text{ mA}$   
 $R_E = 100 \text{ Ohms.}$

Resolución de convertidor A/D:

10 Bits + signo.  
( $\pm 1023 \text{ pasos} / \pm 10\text{V} \approx \pm 1000 \text{ }^\circ/\text{oo}$ )

Error de linealidad del convertidor A/D

$\leq \pm 2^\circ/\text{oo}$

Constante de tiempo del filtrado de las entradas.

$\tau_{\text{max}} = 20 \text{ ms} \quad (C_{\text{max}} = 1 \text{ uF}/63\text{V})$

existencia normal de componente ( $C = 0.1 \text{ uF}/63 \text{ V}$ )  $\tau = 2 \text{ ms.}$

Entradas Digitales.

Nivel de voltaje de entrada Bajo.  
Nivel Bajo de corriente de entrada.  
Nivel de voltaje de entrada Alto.  
Nivel de corriente de entrada Alto.

$U_L = 0 \dots 4.5 \text{ V}$   
 $I_L \leq 95 \text{ uA.}$   
 $U_H = 8.5 \dots 30 \text{ V}$   
 $I_H \geq 300 \text{ uA}$

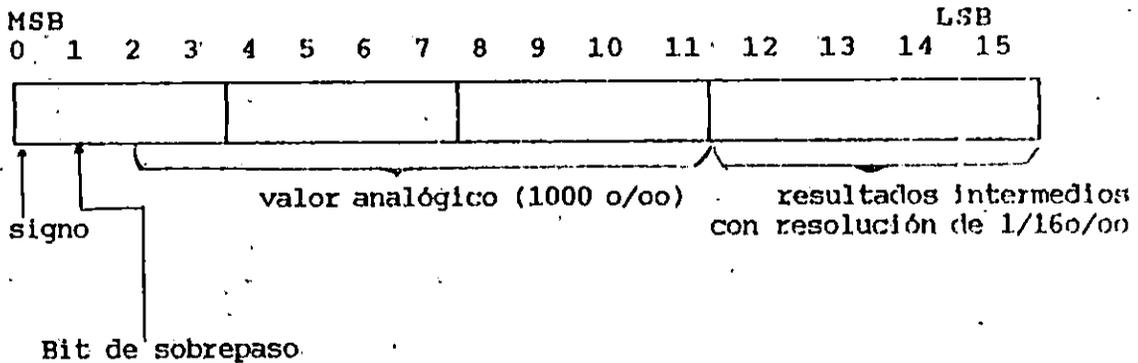
**3.2.3.2.2.3 VALORES DE TRANSFERENCIA.**

Formato de datos internos

16 Bits.

- Valores analógicos:

$\pm 1000 \text{ }^\circ/\text{oo}$



- Valores Binarios:

Bajo Lógico  
Alto Lógico

0000<sub>(16)</sub>  
FFFF<sub>(16)</sub>

-Constantes de tiempo, tiempo de retardo

$T = K_T * T_z$

Rango para  $K_T$  :  
(Interruptor S13 en posición DEZ)

$+ 1 \leq K_T \leq 32767$

$T_z =$  ajuste de la duración de los ciclos.

Ciclo de tiempo:

	54-46 (62) $T_z = 2.048ms$
	53-45 (61) $T_z = 4.096ms$
	52-44 (60) $T_z = 8.192ms$
	51-43 (59) $T_z = 16.384ms$
Para un salto entre los pines	50-42 (58) $T_z = 32.768ms$
	49-41 (57) $T_z = 65.536ms$
	48-40 (56) $T_z = 131.072ms$
	47-39 (55) $T_z = 262.144ms$

El número de pines en paréntesis se aplica al segundo ciclo de operación (más rápido) cuando se trabaja con dos ciclos de reloj completos.

Formatos del presentador interno.

Direcciones: Hexadecimal con un bit desplazado en la dirección LSB.

Datos:

Posición S13 =/oo Indicación de valor analógico (sin los últimos cuatro bits) en BCD con signo asociado  $\pm 2047$ .

Posición S13 DEZ Indicación de la palabra de datos sin signo en BCD 0 - 32767

Posición S13 HEX Indicación de la palabra de datos completa en hexadecimal con un bit desplazado en la dirección LSB 0 - 7FFF

Programa del Usuario (número de pasos). máx. 511

Número de direcciones utilizables para resultados intermedios, constantes.

- Operación con un ciclo exacto máx. 197

De estos los siguientes son asignados:

Direcciones 00 - 7F : Direcciones libremente disponibles. ( máx. 128 )

Direcciones 80 - BF: Constantes que mantienen su valor aunque falle la fuente de poder (64 ad)

Direcciones C0 - FA: Rangos prohibidos (59 ad) (los restantes para integradores, espacios de trabajo)

Direcciones FB - FF: Direcciones de servicio ( 5 ad)

- Operación con dos ciclos de tiempo máx. 181  
Direcciones 00 - 6F: Direcciones disponibles condicionalmente.  
(Cada bloque de función en el ciclo constante, el cual requiere una localización de almacenaje residual, ocupa una dirección de 6F sobrecontando regresivamente).

Direcciones 70 - 7F: Rango prohibido.  
Direcciones 80 - BF: Constantes que mantienen su valor aunque falle la fuente de poder.  
Direcciones C0 - FA: Rango prohibido.  
Direcciones FB - FF: Direcciones de Servicio.

<u>Bloques de Función.</u>	<u>Código</u>	<u>Tiempo de ejecución</u>
<b>a) Funciones de Entrada-Salida:</b>		
Conversión de A/D (10 bits)	30	575 us
Conversión de D/A (10 bits)	32	146 us
Señal binaria de entrada (1 bit)	34	58 us
Señal binaria de salida (1 bit)	36	52 us
<b>b) Funciones Analógicas:</b>		
Sumador-substractor con un máx. de 15 entradas cada uno.	02	100 us + n.35 us
Multiplicador-divisor (3 entradas)	04	206 us
Formando unidad de valor absoluto	06	62 us
Generador de funciones	08	260 us
Inversor para señales analógicas	0A	62 us
<b>c) Dependiente de tiempo de funciones analógicas.</b>		
Integrador	0C	212 us
Elemento filtrador	0E	179 us
<b>d) Funciones Binarias.</b>		
Compuerta AND con entradas normal e invertida máx. 15 c/u	12	73 us + n.28 us
Compuerta OR con entradas normal e invertida máx. 15 c/u	14	76 us + n.28 us
Inversor para señales binarias	16	62 us
Mejora de elemento de retraso	18	92 us
Blocker (un disparo)	1A	97 us
Interruptor Toggle	1C	122 us
Flip-flop R-S	1E	68 us
<b>e) Combinación de funciones analógicas-binarias.</b>		
Valores analógicos de interruptor de cambio	20	73 us
Selección de valor máx. y anunciador	22	100 us

Selección de valor mín. y anunciador	24	100 us
Bloque de constantes	26	66 us
Límite del valor anunciador histéresis ajustable.	28	95 us

**f) Funciones especiales.**

Función de simulación con series binomiales.	40	98 us + n.130 us
--	----	------------------

**3.2.3.2.2.4 VALORES DE SALIDA.**

Salida de voltajes analógicos.

Voltaje de Salida	- 10.23 ≤ U <sub>A</sub> ≤ + 10.23 V
Capacidad de carga	- 4 mA ≤ I <sub>A</sub> ≤ + 4 mA

Cambio de voltaje de salida causada por corrientes en sample & hold amplifier.

$$dU_A/dt \leq 15 * 10^{-3} \text{ V/s}$$

Resolución de convertidor de D/A (1000 ‰ = 10V)

10 bit + signo.

Error de linealidad de convertidor D/A

$$\leq \pm 2\text{‰}$$

Salida de corriente analógica (solamente señales positivas)

Corriente de salida	I <sub>A</sub> = 0 ... 20.46 mA.
Resistor de carga	R <sub>B</sub> = 0 ... 500 Ohms.

Salidas Digitales

Voltaje de Salida "Alto"	U <sub>AH</sub> ≥ 13.7 V
Capacidad de carga (3 NL)	I <sub>AH</sub> ≤ 2.75 mA
Voltaje de salida "Bajo"	U <sub>AL</sub> ≤ 1.5 V
Corriente de salida "Bajo"	I <sub>AL</sub> ≤ -2.9 mA

Contacto de Monitoreo.

Rangos	I <sub>max.</sub> = 0.75 A
	U <sub>max.</sub> = 60 V
	P <sub>max.</sub> = 45 VA

**3.2.3.2.2.5 CONDICIONES AMBIENTALES.**

Uso de datos	0 ≤ Ta ≤ 70°/oC
Continuously rated	- 25 ≤ Ta ≤ 70°/oC

**3.2.4 DIAGNOSTICO DE FALLAS DEL RTMB.**

Debido a las características de funcionamiento del Medidor de Temperatura del devanado del Rotor, el cual posee etapas bien definidas, permite efectuar el Diagnóstico de Fallas, Ajustes previos y Cálculos de constantes de una manera específica; a continuación se describen estos puntos mencionados y además la forma de introducir datos al equipo de Medición.

### 3.2.4.1 CALCULO DE DATOS PARA SER FIJADOS.

Los datos que deben estar fijados al utilizar el RTMB son los siguientes:

- .- La corriente medida del shunt y amplificador shunt asociado deben tener el mismo voltaje nominal (60 mV).
- .-  $I_s$  = Corriente nominal del shunt (a 60 mV).
- .-  $I_N$  = Corriente de excitación nominal.
- .- El voltaje de salida del divisor de voltaje y amplificador shunt asociado tiene el mismo rango de voltaje (150 mV).
- .-  $U_N$  = Rango de medida seleccionado con clavija X32 en divisor de voltaje UA8156 (500 - 2000 V) correspondiendo a voltajes elevados.
- .- El tiempo de ciclo  $T_{ciclo}$  es normalmente fijado en 8.192 ms. (con enlaces cortos entre contactos 52-44 de la PT8153a-E)
- .-  $V_{max.}$  = fin de rango de medida de temperatura (normalmente 150°C).
- .-  $U_{max.}$  = 10V voltaje de salida para  $V_{max.}$
- .-  $U_{min.}$  = 0 ó 2 V voltaje de salida para  $V = 0^\circ C$  (con o sin live zero).
- .-  $R_{max.}$  = Resistencia del rotor a  $V_{max.}$

La fórmula para calcular la temperatura hipotética cuando la resistencia es cero del coeficiente de temperatura  $\alpha_{20}$  es:

$$V_0 = (1/(\alpha_{20})) - 20^\circ C.$$

La fórmula para el cálculo de la resistencia a 0°C del valor medido a 20°C es:

$$R_0 = (R_{20}) * (V_0 / (V_0 + 20^\circ C)).$$

### 3.2.4.2 AJUSTES.

Las unidades asociadas con el indicador de temperatura del rotor RTMB, tales como Amplificador Shunt UU8040, Divisor de Voltaje UA8156a-E y Computadora Compacta PT8153, son ajustados en la fábrica de tal manera que los datos técnicos sean los destinados para el sistema.

Podría reajustarse de ser necesario por cualquier razón, para lo que es recomendado que se adopten los siguientes procedimientos:

- 1.- Inspección del punto nulo y ganancia de los dos amplificadores aislados UU8040.
- 2.- Inspeccionar o seleccionar el saltador correcto para el tiempo de ciclo (52-44) y para el mostrador remoto digital (33-34).

- 3.- Cargar los datos en la computadora compacta PT8153 usando el indicador built-in y operando los controles (ver párrafos siguientes). Se debe observar la forma de los datos y la posición del interruptor S13.
- 4.- Función de Inspección por simulación vía entrada binaria EDO (X05/13).
- 5.- Función de inspección de operación por medio de variación de medidas de voltaje y corriente e inspeccionar por separado la temperatura.

### 3.2.4.3 APLICACION DEL MOSTRADOR BUILT IN Y FIJACION DE CONSTANTES.

Sobre el display de la PT8153 pueden ser mostrados con las direcciones asociadas tanto: valores de salida de bloques funcionales, Constantes y Programa de Bytes.

El display es operado con botones eléctricos y un interruptor sobre el frente de la PC.

Con el botón ADR presionado las direcciones son mostradas en forma hexadecimal. Con el dígito 8 preseleccionado sobre la tercera posición de la derecha, direcciones muestran resultados intermedios y constantes.

Ejemplo:

85C Dirección de conexión intermedia 5C.  
884 Dirección de constante 84.

Para indicación de direcciones del PROM del Usuario (Programa de Inspección) se selecciona el dígito 4 ó 5 y es fijado con el botón ADR presionado.

Ejemplo:

42E Dirección del PROM del Usuario 02E.  
53C Dirección del PROM del Usuario 13C.

La dirección puede ser fijada en alto o bajo con los botones "+" ó "-" (más o menos).

La razón de cambio dobles cada dos segundos en una dirección se logra con el botón continuamente presionado.

Después de soltar el botón ADR, el valor asociado con la dirección previamente fijada aparece en el mostrador. La forma de indicación puede ser seleccionada usando el interruptor de tres posiciones.

- La forma Hexadecimal es usada para el programa de inspección.
- Las partes por mil para indicación de valores de salida de bloques funcionales y constantes.
- El mostrador decimal para salida de bloques funcionales y constantes en casos donde éstos representen datos de tiempo, por ejemplo:

$$T = 8.2 \text{ ms} \quad X \quad 415 \quad = 3.4 \text{ seg.}$$

tiempo de ciclo      display decimal

Las constantes (rangos de direcciones sobre mostrador: 880 - 8BF) pueden ser fijadas o ajustadas usando los dos botones "+" y "-" con operación simultánea de la llave FR (release).

Cuando la unidad es apagada y encendida de nuevo, los valores fijados son retenidos. El ajuste de constantes en forma descrita correctamente es solamente posible si la señal RELEASE (+24 V) está presente en la terminal X05/11.

#### 3.2.4.4 LOCALIZACION DE FALLAS.

Desde que la temperatura del rotor no puede ser medida directamente, pero puede ser simulada del voltaje de excitación y corriente de excitación por cálculos relativamente largos, una falla puede solamente ser localizada por un procedimiento sistemático.

La siguiente lista de inspección, es destinada como ayuda para este propósito.

- Verificar que todas las unidades, las cuales requieren alimentación externa tengan el suministro necesario.

PT8153 +24V (19.5 - 30V) entre X05/1 y X05/3.

UU8040 +24V (19.5 - 30V) entre S2 y S3.

- Ambos amplificadores aislados deben tener las señales de entrada correcta.
- El rango fijado en el divisor de voltaje UA8156 debe corresponder con el seleccionado en los datos de cálculo (X32, X72, X73).

- El punto cero y la ganancia de ambos amplificadores deben ser aislados correctamente.

Ruta de corriente : 0 - 60. mV = 0 - 20 mA

Ruta de voltaje : 0 - 150 mV = 0 - 20 mA.

- Comprobar si la computadora compacta PT8153 funciona correctamente en general, si puede el indicador de direcciones ser ajustado con el ADR "+" ó "-", y verificar si puede éste ser logrado después de interrumpir la alimentación. Observar si está defectuoso el PROM del Usuario. El Led G3 debe estar encendido o sea "Listo para Operación".

- Digitalizar correctamente en la PT8153 los valores de medida para corriente y voltaje con su respectivo signo. Inspeccionar con el mostrador digital built-in e interruptor S13 en posición "/00 y el valor instantáneo de voltaje debe aparecer en ADR800.

El valor instantáneo de corriente referido a la corriente nominal del shunt aparece en la dirección 801.

- Por medio de una simulación de señal de entrada (entrada EDo (X05/13) en "High" se debe obtener a la salida una señal de temperatura que es la siguiente:

- $\mathcal{V} = 1000 \text{ } \omega/00$  en dirección 81E.
- El circuito indicador en la salida de la unidad debe estar o permanecer cerrado.
  - La corriente de 20 mA es la que se debe obtener a la salida cuando se hace la simulación.

### CONCLUSIONES.

- \* La temperatura del rotor no puede ser medida directamente y es simulada del voltaje de excitación y corriente de excitación por cálculos relativamente largos; por tanto una falla puede solamente ser localizada por un procedimiento sistemático.
- \* La variación en la resistencia de cobre del devanado del rotor con cambios en la temperatura es usado para determinar la temperatura del rotor.
- \* Tanto el Divisor de Voltaje UA8156a-E y el Amplificador Shunt, representan la etapa de Adquisición de Señales, ambas unidades convierten el voltaje y la corriente a niveles aceptables por el Medidor de Temperatura RTMB.
- \* Un punto muy importante dentro de los ajustes de constantes es que solamente es posible si en la terminal X05/11 se encuentran presentes una señal de +24V (RELEASE)
- \* El Medidor de Temperatura (RTMB) está formado por etapas bien definidas, lo cual permite efectuar el Diagnóstico de Fallas, Ajustes Previos y Cálculo de Constantes de una manera específica.
- \* El Medidor de Temperatura es programado en forma de bloques funcionales.
- \* Entre los bloques funcionales del Medidor de Temperatura, uno de los más importante es la Computadora Compacta Programable PT8153 que es usada para enlazar y procesar valores analógicos y binarios.

\* Debido a las características de funcionamiento de la Unidad PT8153 sobre el mostrador pueden ser presentados con las direcciones asociadas tanto: Valores de salida de bloques funcionales, constantes y programa de bytes.

## CAPITULO IV.

### PROPUESTA PARA LA ADQUISICION DE EQUIPO PARA LA MEDICION DE TEMPERATURA DE LOS GENERADORES SINCRONOS DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA 15 DE SEPTIEMBRE DE EL SALVADOR.

#### INTRODUCCION.

Habiéndose concluido el análisis del RTMB, se logra determinar la variedad de causas que afectan el correcto funcionamiento del equipo, y la de mayor importancia es el estado del Microprocesador, el cual, se hace difícil rehabilitar, debido a todos los inconvenientes descritos anteriormente en las Justificaciones.

Por tal motivo, se presentan alternativas de solución, las cuales proporcionan la información necesaria para poder determinar cual podría ser la más viable, dicha información explica su sistema de operación, especificaciones técnicas, así como también el acople de señal entre el equipo presente en la Presa y las diferentes opciones.

En todas las alternativas involucradas es necesario tener presente que siempre se deben relacionar tanto el parámetro de voltaje como el de corriente, pues de esta forma se garantiza que con una pequeña variación de voltaje o de corriente, éstos equipos la sensarán.

#### 4.1 ALTERNATIVA No. 1 EL OM-5000.

Como se verá posteriormente, este equipo (OM5000) necesita para su funcionamiento una señal de entrada de voltaje en el rango de  $\pm 2V$ ; y para lograr este rango de voltajes y sensar temperaturas, según el manual se puede usar como transductor un tipo específico de termocuplas, pero debido a que la temperatura que se desea controlar o medir es la del rotor del Generador se dificulta sobremanera el poder utilizar una termocupla, entonces, proponemos utilizar el Divisor de Voltaje (UA8156a) del equipo de medición de temperatura RTMB el cual provee una señal de

voltaje máximo de salida de 150 mV, que va luego conectado a un Amplificador Shunt (UU8040), que puede dar a la salida 10V, 5mA, 10mA y 20mA; por lo tanto se toman los 20 mA que son los que al hacerlos pasar por una resistencia y amplificadores operacionales (que vendría a ser la interfase entre la toma de señales y el OM5000) proporciona el rango de voltaje aceptable para el mencionado equipo.

Ahora bien, en el circuito de la Fig. 4.1 la señal de entrada al amplificador operacional es la suma de las corrientes de excitación ( $I_1$ ) y la corriente equivalente o convertida del voltaje de excitación ( $I_2$ ), este amplificador es un convertidor de corriente a tensión, a la vez que es un inversor, y da como resultado un  $V_o$  pero de signo negativo y éste al pasarlo por otro amplificador inversor de ganancia unitaria se vuelve positivo. ( $V_o'$ ).

La máxima corriente que puede darse a la entrada del circuito es de 40 mA ( $I_T$ ) y como el máximo valor que puede manejar el OM5000 es de  $\pm 2V$ ; tenemos entonces que la resistencia del convertidor de corriente a tensión es de 50 Ohmios.

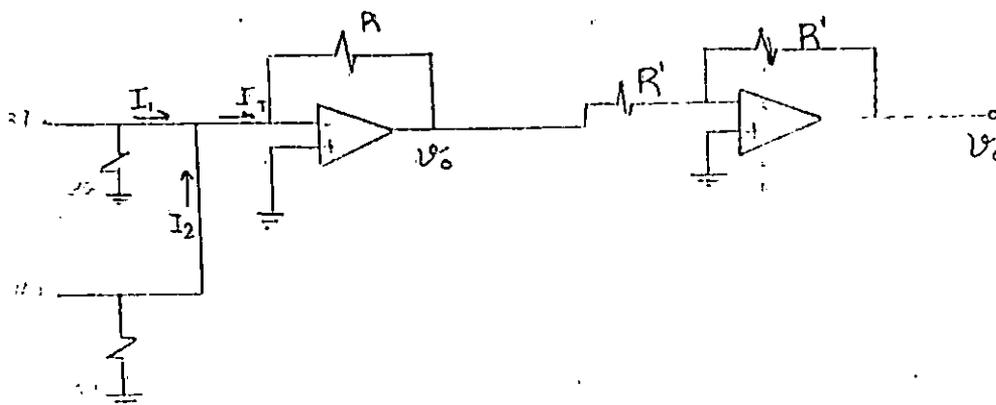


Fig. 4.1 Diseño de Interfase.

Ya teniendo la señal adecuada, es conveniente definir la ecuación que determinará (y es por la que se rige este equipo) la temperatura del devanado del rotor, siendo esta  $Y = MX + B$  en este caso  $Y = T$  (en grados centígrados),  $X = V$  (voltios); entonces  $T = VX + B$ , queda entonces por determinar el valor de  $M$  y  $B$ , que es lo que se hace a continuación.

$$20 \text{ mA} \leftrightarrow 2V \leftrightarrow 150^\circ\text{C}$$

$$M = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$$

$$M = \frac{150 - 0}{2 - 0}$$

$$M = 75$$

$$T = MV + B \quad \text{Si } T = 0 \quad \text{entonces } V = 0$$

$$0 = M(0) + B$$

$$B = 0$$

Entonces la ecuación queda así:

$$T = 75V$$

Hasta este momento hemos logrado obtener los valores que servirán para medir la temperatura del devanado del rotor con el OM5000.

Para introducir estos datos al equipo estudiemos el Modo de Operarlo.

#### 4.1.1 INTRODUCCION Y MODO DE OPERACION.

El OM5000 que es el equipo que se recomienda es adecuado para trabajar con una variedad de multiplexores y otros circuitos para variadas tareas de registro. Está equipado con un impresor térmico de 24 columnas, teclado alfanumérico, un display de 16 dígitos, un reloj de tiempo real y el puerto RS-232.

Este registrador contiene memorias que almacenan la información para revisión, antes de imprimirlos o enviarlos a una computadora; accesorios que incluyen un impresor térmico de martillo; relés de contacto para señales de salida de alarmas bajas y altas; y una interfase serie aislada para usar con accesorios tales como tarjetas de alarmas de 20 relés. También puede disponerse de cables para operación desde una fuente de voltios D.C., puerto para comunicación RS-232.

Estos instrumentos pueden ser programados directamente desde el teclado o desde una computadora remota. Las funciones programables incluyen las funciones:

- 1.- Fecha y hora actual y el tiempo de registro.
- 2.- Los contenidos y formatos de impresión.
- 3.- La configuración de cada canal para acoplar con la clase de sensor que se utilizará, tales como termocuplas, entradas de voltajes, RTD, sensores de pH, etc.
- 4.- El número de canales que serán registrados y cuales canales serán omitidos. También el tiempo de cada canal que permanece mostrando su registro, antes de mostrar el siguiente y el comando que mantiene permanente el registro (Hold) de un canal seleccionado.
- 5.- Lectura de los canales en escala que se acomoda a los distintos tipos de sensores, multiplicando y sumando o restando de acuerdo a la ecuación  $(Mx + b)$ .

- 6.- Puntos de alarmas altas y bajas.
- 7.- Unidades de Ingeniería.
- 8.- Unidades de temperatura (Centígrados o Fahrenheit).
- 9.- Configuración de almacenaje no volátil para su sistema en una ROM electrónicamente programada.

#### 4.1.1.1 ESTRUCTURA DEL REGISTRADOR DE DATOS.

La estructura del registrador de datos (ver Fig. 4.2), consiste de un microprocesador con memoria EEPROM interna y memorias externas RAM y ROM. El impresor, la pantalla y el reloj de tiempo real, se comunican con el CPU a través de un bus serie. El procesador también recibe datos desde un teclado, es capaz de realizar comunicación externa, con computadoras o dispositivos a través del puerto serie RS-232. El bus serie SPI, se utiliza para control de comunicación y para introducir información al multiplexor, a los accesorios y a las tarjetas de alarma.

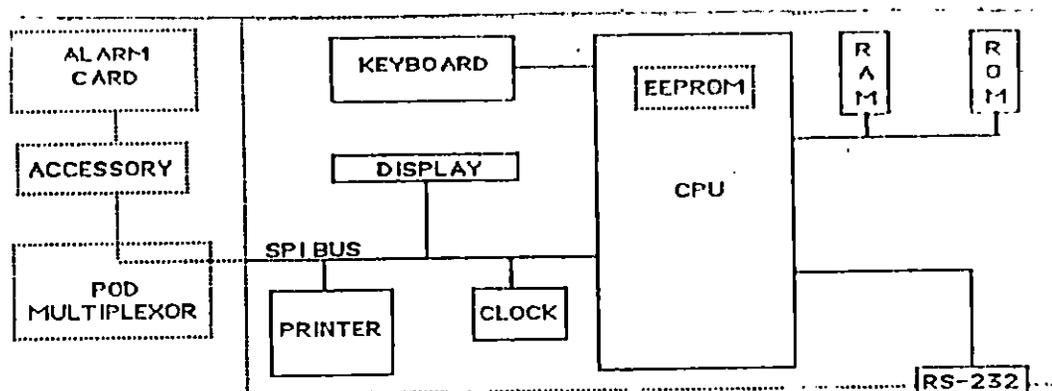


Figura 4.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL REGISTRADOR DE DATOS.

#### 4.1.1.2 MULTIPLEXOR.

Los multiplexores llevan a cabo las funciones de condicionamiento de la señal para el registrador. Las señales de entrada. En la Figura No. 4.3 se muestra un multiplexor típico, como puede observarse el relé selecciona que entrada va a leerse. Las señales de entrada son amplificadas y digitalizadas en un convertidor analógico/digital. El CPU controla el rango de interrupción, colocado de acuerdo al tipo de entrada, que es seleccionada. La información, sobre el tipo de canal, unidades de medida y puntos de alarma son almacenados en la memoria EEPROM en el multiplexor, permitiendo cambiar el multiplexor sin perder la información de la configuración del canal.

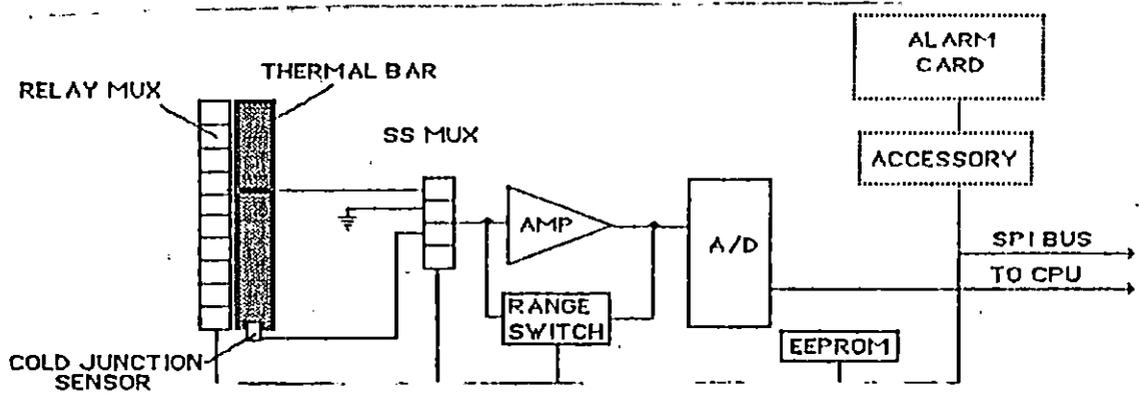


Fig 4.3. diagrama de bloques de un multiplexor típico.

#### 4.1.2 ESPECIFICACIONES.

##### Entradas de voltaje.

Rango:	$\pm 2V$ .
Impedancia de entrada:	1 Mohms.
CMV máxima:	1500 V A.C.
Protección máxima de sobrevoltaje:	120 V A.C.
Exactitud:	$\pm 400$ microvoltios.
Resolución:	100 microvoltios.

##### Convertidor A/D.

Máxima velocidad:	(Conversiones/seg): 10
Resolución:	$\pm 20000$

##### Capacidad.

Canales de entrada:	10
---------------------	----

##### Medio ambiente.

Rango de operación:	0 a 50 °C
Rango de almacenamiento:	-25 a 75°C

##### Requerimientos Energía/Corriente.

120V de A.C. pico:	500 mA.
12 V de D.C. pico:	7 A

##### Calibración.

Frecuencia de ciclo de calibración :	6 meses.
--------------------------------------	----------

##### Conecciones.

Entrada de multiplexores:	AWG #16 (máximo)
Energía A.C.:	3 alambres aterrizados.

### 4.1.3 OPERACION

#### 4.1.3.1 PANEL FRONTAL.

##### 4.1.3.1.1 PANTALLA.

La pantalla del registrador (Fig. 4.4) es usada para proporcionar los datos del canal y la información necesaria. la hora, la fecha, el canal seleccionado, el valor de los datos del canal y las unidades seleccionadas. Toda la información que muestra la pantalla, ha sido programada por el operador.

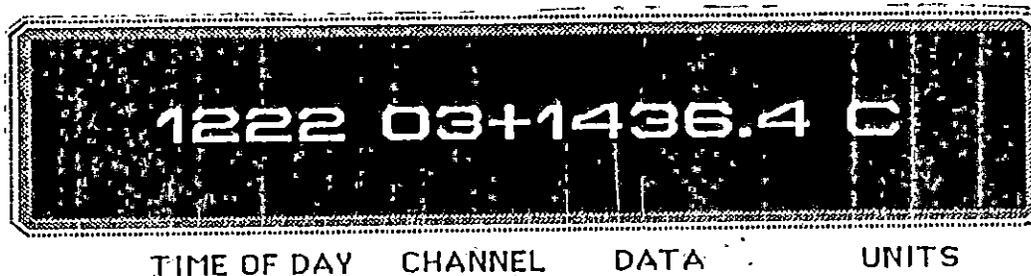


Fig 4.4 mostrador v/f.

##### 4.1.3.1.2 IMPRESION.

###### 4.1.3.1.2.1 LISTA DE CONFIGURACION.

Presionando la tecla LIST CONFIG el registrador muestra la configuración a través del impresor. La configuración de impresor del registrador muestra la fecha, la hora, así como la identificación del registrador, y la información acerca de los tipos de accesorios que utiliza, su frecuencia de operación, una tabla de unidades, que pueden ser asignadas a cada canal y la lista de valores de alarmas que han sido asignadas a cualquier canal.

###### 4.1.3.1.2.1.1 CONFIGURACION DE UNIDADES.

La lista de unidades se muestra en la Tabla 4.1, las cuales pueden ser asignadas a cualquiera de los canales del registrador, por ejemplo, si se le asigna a un canal la unidad 04, en la pantalla y en el impresor se mostrará el dato del canal seguido de una A. Las unidades etiquetadas en 14 y 15, son programables por el usuario, y aceptan hasta tres caracteres para ser programados en esas posiciones de la tabla.

```

Date           : 01/30/90      11:06      : Time
: *****
: * 5000 SERIES LOGGERS *
: *****
:
: CONFIGURATION
. 40 Channel   : FIRMWARE VERSION 01. 00      : Rom Ver.
Temp-Volt Pod : POD TYPE : TV-40              : 60HZ Oper.
: A/D = 60 HZ
: CACHE ? N
Accessory board : ACCESSORY ? Y                : No cache
Installed      : DEFAULT UNIT OF TEMP = C     : option
:
: UNIT LABELS
: 00 C 08 pH
: 01 F 09 mS
: 02 V 10 uS
UNIT TABLE    : 03 MV 11 LBS
Unit numbers may : 04 A 12 KG
be assigned to  : 05 MA 13 G
any channel    : 06 P 14 US1
: User Prom.
: 07 PSI 15 US2
: unit table
: values.
:
: ALARM VALUES
: 00+ NONE 08+35798
: 01+25550 09-00300
: 02+10000 10+00100
User programable : 03+00000 11+00000
Alarm Values     : 04+00000 12+00000
May be assigned  : 05+00000 13+00000
to any channel   : 06+00000 14+00000
: 07+00000 15+00000
:

```

CONFIGURACION DE IMPRESION DE SALIDA.

Tabla 4.1 Etiquetas de unidades.

Etiquetas de Unidades.	
00 oC	08 pH
01 oF	09 mS
02 V	10 micros
03 mV	11 lbs
04 A	12 Kgs
05 mA	13 G
06 P	14 US1
07 psi	15 US2

#### 4.1.3.1.2.1.2 CONFIGURACION DE LOS VALORES DE ALARMA.

De una manera similar al utilizado para etiquetar unidades, los valores de alarma se asignan a los canales, seleccionando de una tabla los posibles números. Todos los valores de alarma, excepto el 00 (ninguno), se programan por el usuario, y pueden ser negativos o positivos.

Los valores de alarma son solamente números y asumen el formato de impresión decimal de los canales, al cual ha sido asignados. Después que los valores de alarma han sido asignados a los canales, se puede imprimir una lista completa, presionando la tecla LIST ALARM.

#### 4.1.3.1.2.1.3 INTERVALO DE REGISTRO.

El intervalo de registro mostrado en la impresión de LIST ALARM, es el tiempo entre impresión de todos los canales que han sido registrados.

#### 4.1.3.1.2.2 LISTA DE ALARMAS.

##### 4.1.3.1.2.2.1 MODO DE IMPRESION.

El modo de impresión que se muestra en LIST ALARM determina la cantidad de datos, que se están enviando al impresor. Si el modo de impresión está activado en HOLD, todos los datos y la información de las alarmas son enviadas al impresor. Si el modo de impresión está colocado en ALARM, sólo las alarmas fuera del rango se imprimen. Si el modo de impresión está colocado en NONE, ningún dato se imprime.

##### 4.1.3.1.2.2.2 ESCALA DE VOLTAJE.

Los parámetros M, B y DP, que se muestran en la impresión de la lista de alarmas, indican la escala actual y el formato de las constantes utilizadas para los canales configurados como voltaje.

La lectura de voltaje desde el multiplexor, se multiplica por la constante M y se le agrega la constante B, antes de ponerlos en pantalla. El parámetro DP determina el número de lugares decimales que aparecerán a la derecha del punto decimal, cuando se imprime.

#### 4.1.3.2 PROGRAMACION.

##### 4.1.3.2.1 INTRODUCCION AL TECLADO.

Cuando se está programando el registrador de datos, puede escucharse un "beep", cuando se presiona alguna tecla, así responde el CPU. La mayoría de las teclas, ejecutan una función primaria, una alfa y una alterna. Cuando se están programando los datos que están siendo introducidos, se muestran en forma intermitente, el cual indica que los datos están siendo introducidos. Si un dato está fuera del rango para la función que está siendo programada, el registrador no acepta los datos. A continuación, en la Fig. 4.5, se muestra el teclado normal.

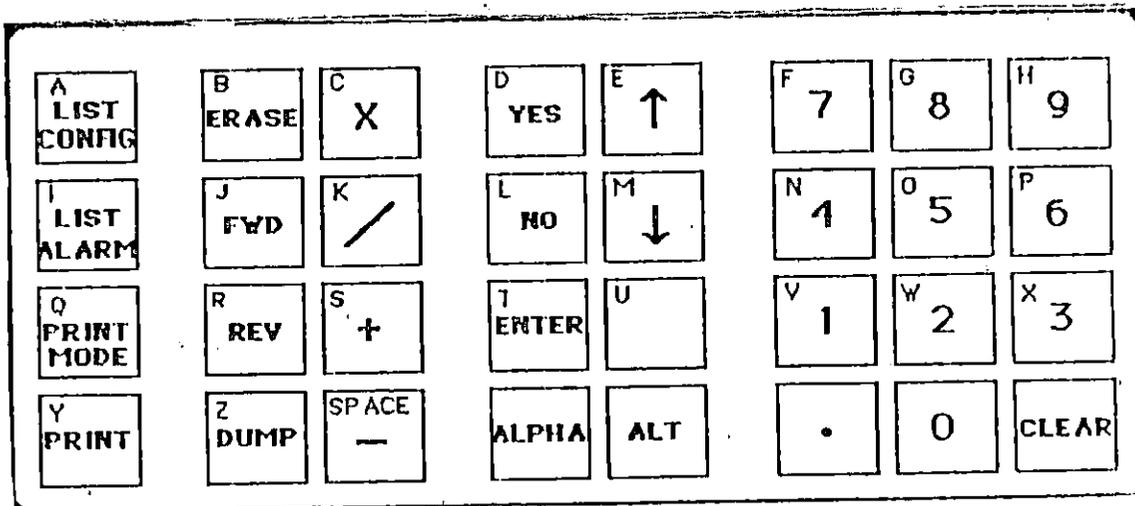


Fig 4.5 Teclado normal.

#### 4.1.3.2.1.1 LA TECLA ALPHA.

Los caracteres ALPHA son introducidos al teclado, presionando la tecla ALPHA. los cuales cambian las funciones a las letras en rojo, que se encuentran en la parte superior izquierda de cada tecla. El teclado permanece en el modo ALPHA, hasta que la tecla ALPHA, es presionada de nuevo.

#### 4.1.3.2.1.2 LA TECLA ALT.

Las funciones alternas, para las teclas son activadas presionando la tecla ALT, para cambiar las funciones de las teclas que se leen en la parte superior del teclado. Las funciones de la tecla ALT, tienen acceso por pulsar una vez la tecla. El teclado se muestra en la Fig. 4.6.

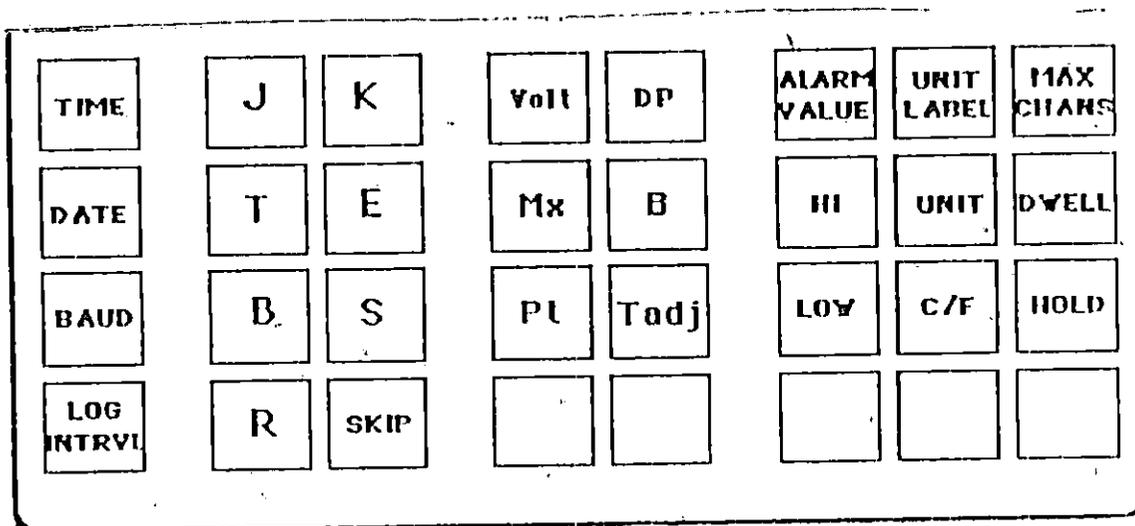


Fig. 4.6 Funciones de la tecla ALT.

#### 4.1.3.2.1.3 LA TECLA CLEAR.

La tecla CLEAR, se usa cada vez que se desea regresar al modo de operación normal, y este teclado retorna a la función primaria y todas las funciones en proceso de programación se cancelan. Los datos que se programan son automáticamente almacenados en memoria, cuando el último dígito o carácter es introducido para esa operación.

#### 4.1.3.2.2 FUNCIONES DE PROGRAMACION PRINCIPAL.

##### 4.1.3.2.2.1 PROGRAMA DE ALMACENAMIENTO PRINCIPAL.

Las variables para el programa principal son almacenadas en el reloj de tiempo real, o en el CPU, en la memoria RAM eléctricamente alterable. Las variables permanecen en el programa principal si los multiplexores son cambiados.

El modelo OM-5100 mantiene la hora en un formato de 24 horas (HH:MM:SS). Para introducir la hora se presiona la tecla ALT seguido de la tecla LIST CONFIG. La hora programada aparecerá a los tres segundos, entonces aparece TIME (HH:MM:SS), con el dígito listo para ser introducido en forma intermitente. Si la fecha está correcta, al presionar la tecla CLEAR ésta se preservará. Para colocar la hora en 14:20:00 proceda como sigue:

FUNCION	TECLA PRESIONADA	MENSAJE EN PANTALLA.
Busque tecla ALT	ALT	SELECT ALTERNATE
Seleccione hora	LIST CONFIG	TIME (HH:MM:SS)
Introduzca hora (MSD)	1	TIME (1H:MM:SS)
Introduzca hora (LSD)	4	TIME (14:MM:SS)
Introduzca min. (MSD)	2	TIME (14:2M:SS)
Intruduzca min. (LSD)	0	TIME (14:20:SS)
Introduzca seg. (MSD)	0	TIME (14:20:0S)
Introduzca seg. (LSD)	0	TIME (14:20:00)

##### 4.1.3.2.2.3 FECHA.

Cuando DATE es presionada, la fecha actual introducida en la memoria aparece por 3 seg. después que una nueva fecha es introducida. Si la fecha que muestra está correcta, presione CLEAR para mantenerla. La fecha se incrementa, a medida que el tiempo pasa, desde 23:59:59 hasta 00:00:00. Una nueva fecha se introduce de la forma MM:DD:YY. para colocar la siguiente fecha 06/10/88 se presenta como sigue:

FUNCION	TECLA PRESIONADA	MENSAJE EN PANTALLA.
Busque Tecla ALT	ALT	SELECT ALTERNATE
Seleccione fecha	LIST ALARM	DATE (MM:DD:YY)
Introduzca mes (MSD)	0	DATE (0M:DD:YY)
Introduzca mes (LSD)	6	DATE (06:DD:YY)
Introduzca día (MSD)	1	DATE (06:1D:YY)

FUNCION	TECLA PRESIONADA	MENSAJE ENPANTALLA.
Introduzca día (LSD)	0	DATE (06:10:YY)
Introduzca año (MSD)	8	DATE (06:10:8Y)
Introduzca año (LSD)	8	DATE (06:10:88)

#### 4.1.3.2.2.4 INTERVALO DE REGISTRO.

El intervalo de registro tiene 6 dígitos para introducirse en la forma HH:MM:SS, los rangos del intervalo de registro están entre 1 segundo hasta 23 horas , 59 minutos, 59 segundos, sin embargo el intervalo podría seleccionarse todos los canales, antes de que comience el otro intervalo de registro.

Si el intervalo de registro es más pequeño que el tiempo que utiliza el registrador para buscar datos de otros canales, el intervalo de registro puede "sobrecargarse", este efecto produce primero, que los datos no sean grabados, segundo, que los datos se almacenen en un lugar de prealmacenamiento (Cache memory).

FUNCION	TECLA PRESIONADA	MENSAJE EN PANTALLA.
Busque tecla ALT	ALT	SELECT ALTERNATE
Seleccione Intervalo registro	PRINT	INTRVL (HH:MM:SS)
Introduzca hora (MSD)	0	INTRVL (0H:MM:SS)
Introduzca hora (LSD)	1	INTRVL (01:MM:SS)
Introduzca min (MSD)	3	INTRVL (01:3M:SS)
Introduzca min (LSD)	0	INTRVL (01:30:SS)
Introduzca seg. (MSD)	1	INTRVL (01:30:1S)
Introduzca seg. (LSD)	5	INTRVL (01:30:15)

#### 4.1.3.2.2.5 TECLAS DE REGISTRO DE CANALES.

##### 4.1.3.2.2.5.1 SOSTENER.

La función permite al usuario revisar continuamente cualquier canal individual. El canal mantenido continúa así hasta la tecla CLEAR es presionada.

En el ejemplo siguiente el canal 10, es designado para ser mantenido:

FUNCION	TECLA PRESIONADA	MENSAJE EN PANTALLA
Tecla ALT	ALT	SELECT ALTERNATE
Función HOLD	3	HOLD CHANNEL CC
Introduzca # canal (MSD)	1	HOLD CHANNEL 1C
Introduzca # canal (LSD)	0	HOLD CHANNEL 10

#### 4.1.3.2.3 FUNCIONES DE PROGRAMACION DEL MULTIPLEXOR.

##### 4.1.3.2.3.1 TECLAS PARA LA ESCALA DE VOLTAJE.

###### 4.1.3.2.3.1.1 M y b.

El registrador permite cambiar la escala en la lectura para acomodar las diferentes entradas de los sensores, multiplicando por M y sumando b (como  $Mx + b$ ; b puede ser negativo).

Nota:  $Mx + b$  afecta todos los canales de voltaje.

En el siguiente ejemplo, la ecuación  $Mx + b$  está colocada, tal que  $M = +0.6666$  y  $b = -00010$ . (El rango de valores disponibles para b son desde -32767 hasta 32767 y los valores disponibles para M son desde -9.9999 hasta 9.9999).

FUNCION	TECLA PRESIONADA	MENSAJE EN PANTALLA
Tecla ALT	ALT	SELECT ALTERNATE
Coefficiente M	NO	M COEF +N.NNNN
Seleccione signo	+	M COEF +N.NNNN
Pulse número (MSD)	0	M COEF +0.NNNN
Pulse número (NSD)	6	M COEF +0.6NNN
Pulse número (NSD)	6	M COEF +0.66NN
Pulse número (NSD)	6	M COEF +0.666N
Pulse número (LSD)	6	M COEF +0.6666
Coefficiente b	DOWN ARROW	B COEF + N.NNNN
Seleccione signo	-	B COEF - N.NNNN
Pulse número (MSD)	0	B.COEF - 0.NNNN

Pulse número (NSD)	0	B.COEF - 0.0NNN
Pulse número (NSD)	0	B.COEF - 0.00NN
Tecla ALT	ALT	SELECT ALTERNATE
Pulse número (NSD)	1	B.COEF - 0.001N
Pulse número (LSD)	0	B.COEF - 0.0010

#### 4.1.3.2.3.1.2 PUNTO DECIMAL.

El punto decimal puede ser colocado en cualquier posición.

En el siguiente ejemplo, cualquier número del 0 al 5 puede ser introducido al teclado cuando la pantalla muestra el mensaje DECIMAL POS = N, con N intermitente. El número introducido determina el número de lugares desde la derecha, adonde el punto saldrá.

En el ejemplo : El punto decimal es colocado en la posición de centésima (000.00), que son dos lugares desde la derecha. El rango de localizaciones posibles son .nnnnn hasta nnnnn.

FUNCION	TECLA PRESIONADA	MENSAJE EN PANTALLA
Tecla ALT	ALT	SELECT ALTERNATE
Punto decimal (Intermitente)	^	DECIMAL POS = N
Introduzca posición	2	DECIMAL POS = 2

#### 4.1.3.2.3.2 TECLAS DE ALARMA.

##### 4.1.3.2.3.2.1 VALORES DE ALARMA.

El registrador permite que se le asignen hasta 15 valores de alarma. Estos valores de alarma están puestos en una tabla y pueden ser asignados a cualquier canal, como alarmas altas o bajas. Los valores son de formato fijo (sólo números enteros) y pueden ser, ya sea positivos o negativos. Los valores de alarma pueden ser impresos, si se presiona la tecla LIST CONFIG. En el ejemplo, asignamos un valor de +100 para la alarma número 01 y un valor de -100 a la número 2.

FUNCION	TECLA PRESIONADA	MENSAJE EN PANTALLA
Tecla ALT	ALT	SELECT ALTERNATE
HI para alarma alta	4	HI ALM CH CC HH
Introduzca MSD del canal	0	HI ALM CH OC HH
Introduzca LSD del canal	1	HI ALM CH 01 HH
Introduzca MSD de alarma	0	HI ALM CH 01 OH
Introduzca LSD de alarma	1	HI ALM CH 01 01

Tecla ALT	ALT	SELECT ALTERNATE
HI para alarma alta	1	LO ALM CH CC LL
Introduzca MSD del canal	0	LO ALM CH 0C LL
Introduzca LSD del canal	5	LO ALM CH 05 LL
Introduzca MSD de alarma	0	LO ALM CH 05 0L
Introduzca LSD de alarma	2	LO ALM CH 05 02

#### 4.1.3.2.3.3 TECLAS DE UNIDADES.

##### 4.1.3.2.3.3.1 ETIQUETAS DE UNIDADES.

El registrador tiene un total de 16 unidades de etiqueta. Las dos últimas, 14 y 15, son programables con hasta 3 caracteres cada una. Se introduce el número de etiqueta haciendo uso de la tecla ALPHA del teclado.

NOTA: sólo las etiquetas 14 y 15 se pueden programar.

En el siguiente ejemplo a la unidad de etiqueta 14 se le programa para que lea RPM, y la unidad 15 para leer MG.

FUNCION	TECLA PRESIONADA	MENSAJE EN PANTALLA
Tecla ALT	ALT	SELECT ALTERNATE
Seleccione unidad	8	UNIT LABEL NN CCC
Introduzca MSD de etiqueta	1	UNIT LABEL 1N CCC
Introduzca LSD de etiqueta	4	UNIT LABEL 14 CCC
Introduzca caracter de etiqueta de unidad	R	UNIT LABEL 14 RCC
Introduzca caracter de etiqueta de unidad	P	UNIT LABEL 14 RPC
Introduzca caracter de etiqueta de unidad	M	UNIT LABEL 14 RPM

FUNCION	TECLA PRESIONADA	MENSAJE EN PANTALLA
Tecla alterna	ALT	SELECT ALTERNATE
Seleccione etiqueta de unidad.	8	UNIT LABEL NN CCC
Introduzca etiqueta de unidad (MSD).	1	UNIT LABEL 1N CCC
Introduzca etiqueta de unidad (LSD).	5	UNIT LABEL 15 CCC
Introduzca caracter de etiqueta de unidad.	SPACE	UNIT LABEL 15 CC
Introduzca caracter de etiqueta de unidad.	M	UNIT LABEL 15 MC
Introduzca caracter de etiqueta de unidad.	G	UNIT LABEL 15 MG

#### 4.1.3.2.3.3 UNIDADES.

El registrador tiene programado 16 unidades de etiquetas, a las cuales se puede tener acceso para asignarlas a cualquier canal. La lista de las unidades disponibles se pueden imprimir presionando la tecla LIST CONFIG. En el siguiente ejemplo, se le asignará la etiqueta de unidad 03 (MV) al canal 01:

FUNCION	TECLA PRESIONADA	MENSAJE EN PANTALLA
Tecla alterna	ALT	SELECT ALTERNATE
Seleccione unidad	5	UNIT CH NN UU
Seleccione número de canal (MSD)	0	UNIT CH ON UU
Seleccione número de canal (LSD)	1	UNIT CH 01 UU
Seleccione número de unidad (MSD)	0	UNIT CH 01 0U
Seleccione número de unidad (LSD)	3	UNIT CH 01 03

#### 4.1.4.0 CALIBRACION.

##### 4.1.4.1 PROCEDIMIENTO INICIAL.

A. Apagar el registrador. Manteniendo la tecla CLEAR presionada encienda de nuevo el registrador.

B. Responda YES para limpiar el CPU (CLEAR CPU y CLEAR POD).

C. Presione la tecla LIST ALARM para verificar que la constante  $M = 1.0000$ , y  $B = +00000$  y que el canal #1 esta configurado como tipo V (voltaje) y el canal 02 configurado como tipo PA(RTD,  $\alpha = 0.00385$ ) y sus unidades son °F.

##### 4.1.4.2 SEÑAL DE VOLTAJE.

A. Poner el registrador a leer el canal uno, presionando ALT HOLD y seleccionado 01.

B. Aplicar un voltaje estándar de 2.00000 voltios  $\pm 10$  microvoltios al canal 1 (pin 2+, pin 3-).

C. Ajuste el potenciómetro hasta que la lectura sea de 2.0000 exactamente.

#### 4.2 ALTERNATIVA No.2 RUSTRAK.

\* El RUSTRAK RANGER I, permite crear archivos sobre el PRONTO 2.40 así como también están analizando e improvisando con el nuevo PRONTO 3.

\* La vía de operación, que usa es el mismo que el formato de interfase del PRONTO 3.

\* Convertidor para 1024 archivos con una adecuada instrucción.

\* Selección de archivos para presentarlo como dato, fila o nombre.

\* Disponibilidad Automática para convertir archivos idénticos sobre directorios con respecto al PRONTO 3.

#### 4.2.1 ESPECIFICACIONES.

EQUIPO : IBM PC, XT, AT, P=2 ó 100% de compatibilidad.

Memoria RAM : Requerimientos Mínimos de 512K, Dos Niveles.  
Tablero/video : Requerimientos Gráficos de la Interfase, Hércules, IBM, CGA, EGA, VGA ó 100% de compatibilidad.

#### 4.2.2 IMPORTANCIA DE LA UTILIDAD DEL PROGRAMA.

La unidad del programa asigna el significado de llamado de valores desde Hojas de Expansión y otras fuentes.

El REGISTRADOR DE DATOS RUSTRAK RANGER se encuentra en archivos DTA para usarse con el Software de análisis de gráficos.

PRONTO es ideal para una combinación de datos creados por otras fuentes con un record de nuevos datos para el RANGER II, otro uso efectivo de este programa es crear modelos teóricos tal como perfiles de programas controladores.

Lee archivo de texto de tal manera que si usted quiere transferir valores desde otro programa, primero tiene que liberar el dato en forma de texto; genera interesantes archivos en DTA equivalentes al RANGER en modo punto.

Toma una posición simple al leer cada archivo, así como también tiene que leer para hallar su muestra límite y su rango modelo el cual no es necesario cambiarlo durante una grabación.

##### 4.2.2.1 CONDICIONES DE PANTALLA.

El correr el programa windows implica usar funciones que son seleccionadas por métodos populares: POINT y trabajando con el MOUSE (llave izquierdo = Enter, llave derecha Escape), la acción del cursor es seleccionar la función subrayada.

La función de la llave F1 es siempre proveer ayuda sobre cada línea.

En el programa Windows el comando de cada línea es el pico, todos los comandos son fácilmente seleccionados e implementados desde cada línea.

Posee indicadores de manejo de activado, directorio, selección de archivo y otra información.

#### CARACTERISTICAS.

- \* Fácil para la ejecución de comandos.
- \* Conversión Automática de tiempo y datos desde el Formato Normal.
- \* Cálculo del rango de memoria, manual o modelo automático.

#### 4.2.2.2 ESPECIFICACIONES.

El siguiente Hardware es recomendado proplamente para ser corrido por la utilidad del programa.

IBM-XT, P<sup>2</sup>/2 o computadoras equivalentes.

DOS 2.1 o Sistema de alta operación 512K Mínimo de RAM.

Manejo de disco duro recomendado para adaptar a tarjeta de Gráficos.

Usted debe tener su Archivo:

ASCII de Archivo de Textos.

Las columnas necesitan estar separadas por un espacio y coma, necesita estar con archivos continuos con líneas no en blanco; tiempo y fecha deben estar uniforme (necesita sostener un rango constante en cada columna).

#### 4.2.3 PROGRAMACION DE SENAL.

El RUSTRAK RANGER II reconoce su programa específico de valores de escala, ganancia de factores en las unidades de Ingeniería dentro del Registrador de datos. Generalmente proporciona una entrada de voltaje de DC y de corriente o pulsos de información que pueden ser directamente presentados en la escala correcta de valores y en las unidades de ingeniería el fenómeno presente en la medida, es eliminado el trabajo de pensar e interpretar después que el dato ha sido colocado.

Por ejemplo, una entrada de 4 a 20 mA podría ser una escala de 0 a 3000 PSI si lo desea. O el valor de un pulso podría ser colocado en 0.2mm.

#### 4.2.4 MODULOS DE COMUNICACION.

El módulo de comunicación es asignado al RUSTRAK RANGER II para transmitir datos desde una memoria interna directamente a un computador, impresor o un plotter así como sobre la línea telefónica, una vía más moderna. Los módulos de comunicación proporcionan especificaciones al operador escogiendo a través del menú de datos del registrador para facilitar la transmisión de datos de una forma rápida y fácil.

#### 4.2.4.1 ESPECIFICACIONES DEL SOFTWARE.

##### Condiciones del Sistema.

- \* Corre sobre IBM, XT, AT y P<sup>2</sup> compatible con computadora.
- \* Hércules, CGA, EGA y VCA compatible con gráficos.
- \* Mínimo de 512K de RAM.  
Versión Dos 2.1. Microsoft equivalente y compatible a Mouse.
- \* Una serie de puertos por separado, condiciones para MOUSE y Registrador de Datos.

##### GRAFICO.

- Número Máximo de línea de registro sobre Pantalla	...	12
- Tiempo Máximo desde el eje izquierdo hasta el derecho	...	1500 días.
- Tiempo Máximo sobre gráfico		1 segundo
- Valor Máximo sobre gráfico		99999
- Valor Mínimo sobre gráfico		0.99999
- Escala de Amplitud Mínima		0.1 unit.

##### TEXTO/GRAFICO.

Anotaciones Máximas por gráfico	54
Máximo de caracteres anotados por texto	39
Máximo de caracteres en gráfico	35

#### 4.2.4.1.1 CALCULOS ESTADISTICOS.

Valor máximo, valor mínimo, significado del valor, integrales o construcción de gráficos, valores de tiempo instantáneos.

##### NOTEBOOK.

- Máximo línea en Registro	36
- Máximos caracteres por línea	54
- Características	ASCII.

##### PLAYBACK.

Rango Máximo de Baud	19200 baud/P <sup>2</sup>
	9600baud/AT,XT.
Rango Mínimo de Baud	300 baud
Máximo número de filas en NOTEBOOK	255
Puerto de comunicación	COM1 a través de COM4

##### TIEMPO DE RESOLUCION.

Tiempo mínimo para cruzar gráfico	1 segundo
Resolución de eje derecho e izquierdo	1 segundo
Resolución de división de tiempo	0.1 segundo

## IMPRESOR "SUPPORTED"

EPSON (9 pins), HP Laser Paintlet (blanco, negro y color)  
IBM PROIMPRESOR II, OKIDATA 192 y 193  
RUSTRAK RR2-528, STAR NX SERIES  
TOSHIBA TH-2100, HP, QUIET JET  
DESKJET 500 Y 550C o equivalente para cualquiera de estos modelos.

### 4.2.5 MODELO DE ENTRADAS.

Multirango	100 mV, 2V, 5V, 10V dc.
Modelo	POD - 395/392
Precio	\$205. <sup>00</sup>

### 4.2.6 DISEÑO Y CONSTRUCCION SUPERIOR.

EL RUSTRAK RANGER II incorpora modelo de pruebas en electrónica y mecánica y métodos manufactureros. El corazón del RUSTRAK RANGER II es una aplicación específica IC (ASIC) el cual contiene toda la inteligencia principal y el proceso de señal para este sistema adelantado del registrador de datos.

Este ASIC, sólo con una fuente aumenta el número de componentes usados, proporciona un diseño compacto con un pequeño circuito, de este modo proporciona alta rentabilidad.

El modelo acostumbrado casero proporciona máxima eficiencia, espacio utilizado y protección para el circuito de adentro.

El caso de atraer todos los módulos, con entradas analógicos y digitales y protectores de estos elementos es un atractivo durable. La incorporación de una membrana protectora y de una almohadilla más amplia elimina el acceso o áreas de polvo y otras partículas.

#### 4.2.6.1 VERSATILIDAD Y SIMPLICIDAD EN UNO.

El diseño del sistema acomoda ambos requisitos de experimentación, aplicación demandada en sofisticada forma y una larga dedicación de colección de datos desde variables, situaciones rápidas y de fácil colocación.

El RUSTRAK RANGER II funciona como un registrador presentando datos en memoria de un rango y período de tiempo especificado desde el registrador.

El dato puede ser transferido de su computadora a una interfase vía serial. La aplicación del programa de "Software" "Pronto" proporciona todas las herramientas necesarias para su revisión, análisis y reporte de datos sin necesidad de escribir su propio software.

#### DOS MODELOS BASICOS.

El Registrador de Datos RR2-1200 tiene 64K de RAM almacenado y el RR2-1200-2 tiene 256K RAM almacenado. Cada uno viene con un programa de software para análisis de datos, un programa instalado y set de dos volúmenes de manuales. Una versión dedicada al RUSTRAK RANGER II así como también información para mediciones de voltios, amperios y potencia y un folleto de preguntas para la serie 1230 del Registrador.

#### 4.2.6.2 ENTRADA ANALOGICA Y DIGITAL.

El RUSTRAK RANGER II permite ocho entradas (a través de cuatro puertos) los cuales pueden tener cualquier combinación desde una simple y una dual.

Toda la industria mantiene un standar de medidas. La entrada de los módulos están disponibles en configuraciones aisladas y no aisladas.

#### 4.2.6.3 RAPIDO Y FACIL PROGRAMACION.

La programación del sistema es dos botones con dos líneas, 16 caracteres/ por línea. LCD permite limpiar rápido un proceso establecido en el menú, una muestra baja en la línea indica la llave izquierda y derecha en el tablero.

Los menús dependen de los módulos específicos tal como módulos de comunicación o módulos de configuración o funciones que son dependientes sobre ciertas condiciones establecidas o no aparecerán módulos de entrada en el menú del sistema del Registrador de Datos excepto condiciones y/o son presentados así eliminando decisiones innecesarias.

La entrada de módulos permite identificar inteligentemente y automáticamente la configuración para el número de canales a usarse y el tipo de señal para ser medida. Esto le permite volver a la unidad sobre una grabación con el simple hecho de presionar una llave. Para aplicaciones más rigurosas, una forma de colocar escalas definidas y en unidades de ingeniería, niveles de alarma, métodos de grabación, operaciones matemáticas, comunicación y más.

#### 4.2.6.4 CANALES MATEMATICOS.

##### DATOS DE EXPANSION.

##### VERSATILIDAD DEL REGISTRADOR.

Cuatro canales matemáticos built-in pueden ser programados para operaciones matemáticas específicas sobre la señal de entrada, disponibilidad en operaciones matemáticas en la base del registrador de datos incluye:

SUMA	canal A + canal B
RESTA	canal A - canal B
DIVISION	canal A ÷ canal B
MULTIPLICACION	canal A X canal B
Rango de Cambio	slope de canal A
Filtración de ruido	canal A promedio sobre tiempo
Extracción de raíz cuadrada	sqrt al canal A
Detector Pico	Max canal A
Detector Valley	Min canal A
Log	Constante + Log (Canal A)
Anti-log	10 (constante + canal A)
Log Natural	Constante + Ln (canal A)
Exponencial	e (constante + canal A)
Temperatura	Canal A Alfa (T <sub>real</sub> - T)
Compensación Integral	Integral (canal A)
Integral y reset	Int/reset (canal A)

La capacidad matemática puede aumentar y estar disponible a través de la suma de un módulo de configuración los cuales permiten calcular y presentar otras variables.

#### 4.2.6.5 CONFIGURACION BASICA.

EL RUSTRAK RANGER II es un producto muy versátil y flexible, para un uso exitoso de este producto es requerido el siguiente equipo: un RUSTRAK RANGER II, una unidad de recargo Modelo RR2-120, un módulo de comunicación para un juego de banco de datos para el computador, impresor moderno y un complemento de módulo de entrada con lo cual colecciona señales desde su aplicación. La aplicación del Software del "PRONTO" es proporcionada una para cada registrador de datos.

#### 4.2.7 REGISTRADOR DE DATOS RUSTRAK RANGER II.

EL RUSTRAK RANGER II es un avanzado Microprocesador basado en la grabación, análisis y reportaje del sistema. La base de los componentes del sistema incluye el registrador de datos, módulos de señal de entrada, módulos de comunicación, módulos de configuración y el "software" de aplicación del programa "PRONTO". Todos los módulos comunican automáticamente sus funciones para el Registrador de Datos, así elimina la programación innecesaria.

#### CARACTERISTICAS.

- \* Trabaja con VGA, EGA, CGA y Tarjeta de Hércules Gráfico.
- \* Usa pull down windows para seleccionar fácil la función.
- \* Opera desde un tablero o un mouse.
- \* Ininterrumpido adelanto en la cinta y colocando archives al sistema usando una serie de computadoras como interfase.
- \* Corre con diskette blando o duro del sistema.

- \* Proporciona auto revisión sobre máximas resoluciones de gráficos sobre pantalla.
- \* Revisa 12 gráficos al mismo tiempo.
- \* Lista de datos en un formato largo para Pantalla o Impresor.
- \* Mensajes de ayuda sobre pantalla al presionar una llave para decisiones rápidas.
- \* Cuatro diferentes formatos disponibles para presentaciones gráficas.

#### PULL DOWN WINDOWS.

Pull down windows es un grupo de funciones lógicas fácil para implementar cambios. Simplemente seleccionando la función de grupo y ejecuta el cambio deseado.

#### 4.2.8 ESPECIFICACIONES DEL SOFTWARE.

ENTRADAS	12 canales. 8 analógicas/digitales y 4 matemáticas.
ENTRADA ANALOGICA	± 2.5V d.c. (rango determinado por la entrada del módulo.)
CONVERSION ANALOGICA.	16 BITS.
EXACTITUD ANALOGICA.	± 0.05% por escala llena
RESOLUCION.	0.1mV d.c.
LINEALIDAD.	± 0.03% de escala llena
DESVIACION.	menos que el 0.01%
FRECUENCIA.	50 Hz/60 Hz (programable)
ENTRADA DE IMPEDANCIA.	10 <sup>12</sup> Ohms cada canal.
DISTANCIA DE ENTRADA DIGITAL	0 A 60 mHz
EXACTITUD DIGITAL	± 0.001% de escala llena
UMBRAL DE ENTRADA DIGITAL.	Alto + 3.5 V dc mínimo. Bajo + 1.0 V dc máximo.
EXACTITUD DE RELOJ	10 ppm típico (6 minutos/año)
TEMPERATURA DE OPERACION	- 10 A 60°C (14 a 140°F)

TEMPERATURA ACUMULADA	+ 20 A 70°C (4 a 156°F)
HUMEDAD RELATIVA	5% a 90% no condensada.
POTENCIA	3.62 V dc a 4.5 V dc desde baterías internas.
BATERIAS.	4.4 Ahr. Nicads 3.8 V dc típico proporciona 60 días de operación desde carga completa a 25°C.
CAMBIO DE BATERIA	Mínimo 32 horas cambio de tiempo desde completa descarga a 100°C.
MEMORIA BACK-UP.	100 mAhr Nicad proporciona mínimo de un año la protección de la memoria después de cambiar la batería principal descargada.
GOLPE Y VIBRACION FCC	Mil-Std 810 Método 514 clase A, subparte J Párrafo 15.
USO DE INTERFASE.	2 botones de cambio en el panel con 2 log, 16 caracteres LCD Display
INTERFASE EXTERNA.	Puerto RS-232 capacidad de 300 a 19200 Baud, usado para transferencia de datos y para un control moderno.
DESCRIPCION I/O	11:14 Diez pines conectores para módulos de entrada 15:16 Doce pines conectores para cambio de batería.
RAM ALMACENADA.	64 Kbytes standard (256 K opcional)
MODOS DE GRABACIONES STANDARD.	Adaptado. Simple rango internacional colocado en 500. 1 seg. ó 2 seg. dependiendo de lo largo de la grabación. Período de selección grabado de 1 seg. a 999 días.
POINT STORE.	Simple selección de rango de 250 ms a 12 horas. Período de grabación seleccionado de 1 seg. a 999 días.

CAPACIDAD DE GRABACION 12 entradas con grabaciones de 1 seg.  
a 999 días.

POINT STORE                      Simple rangos seleccionable de 250  
ms a 12 horas.  
Período de grabación seleccionado de  
1 seg. a 999 días.

DIMENSIONES                      11.88" L x 7.6" W   x 1.87" H  
30.18 cm x 19.3 cm   x 4.76 cm

PESO                              2.5 Lb (1.13 Kg.)

#### 4.2.9 ACCESORIOS.

Varios accesorios están disponibles para mejorar el RUSTRAK RANGER II. En estos se incluye una unidad de recargos para extender la operación y cambio de batería, el recargador proporciona protección así como también limpia la potencia continuamente.

El RUSTRAK RANGER II esta disponible para usarse en medidas de corriente bajas. La salida es directamente del printer y del plotters, lo realiza fácilmente con el printer térmico RUSTRAK.

#### PRINTER TERMICO RR2-528.

El printer tiene un listado alfanumérico de datos simultaneamente los cuales se graban a la memoria interna del RUSTRAK RANGER II, día, fecha, valor máx., min, y promedio para todos los canales puede estar imprimiendo afuera los cuales graban en un intervalo del programa dentro del registrador de datos. En EL RUSTRAK RANGER II es un modo de revisión, una copia dura de la configuración del sistema es colocado en el printer.

#### ESPECIFICACIONES DEL PRINTER TERMICO RR2-528.

METODO DE IMPRESION	Térmico en punto serie
CARACTER DE MATRIZ	Gráfico   9 punto alto x 8 anchos de puntos Carácter 9 punto alto x 7 anchos de puntos (1 punto de espacio)
COLUMNAS	40
DIMENSIONES CARACTERISTICAS	Características regulares: 2.47 x 1.88 mm Características condensados: 2.47 x 0.94 mm

IMPRESION DE COLUMNAS.	Características condensada 80 Características regulares 40 Doble-anchura caracter 20
DIRECCION DE IMPRESION	Modo Gráfico Lógica unidireccional Modo Caracter Lógica bidireccional (Modo Gráfico de Imagen 1 bit)
NUMERO TOTAL DE PUNTOS	8 x 320 puntos/líneas
ANCHURA DE IMPRESION	89.6 mm
VELOCIDAD DE IMPRESION	Caracteres regulares 37.5 cps Condensación de caracteres 50 cps.
INTERFASE	8 bit paralelo a centronicsy RS-232C
DIMENSIONES EXTERNAS	16.2 cm x 2.4 cm x 5.85 cm (6.37" x 9.45" x 2.3")
CONDICIONES AMBIENTALES	Temperatura de Operación 0°C a 40°C (32 a 122°F) Temperatura de Almacenamiento. -20°C a 60°C (-4 a 140°F)
HUMEDAD DE OPERACION	30 a 80% RH.
PESO	950 gr/2.1 Lb.
PAPEL TERMICO	Ancho de papel 112mm (4.4") Diámetro 48 mm Largo 25 m (8.2")
NI-CAD, capacidad de batería	1500 líneas de caracteres se pueden imprimir programándolos por 10 horas.
POTENCIA	Batería interna recargable NICAD battery Adaptador AC 120V, 60 Hz 6 V dc 2000 mA

El utilizar el RUSTRAK RANGER II implica un costo de \$7,000. incluyendo todos los módulos descritos.

#### 4.3 ALTERNATIVA No. 3 TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

AT-DSP2200. A/D, D/A, DIO, DSP.  
PC, AT, DSP Y ALTA RESOLUCION ANALOGICA I/O.  
AT-DSP2200. Incluye RTSI bus de Interfase.

## CARACTERISTICAS.

- \* WEDSP32C chip-sencillo procesador DSP
- \* 25 MFLOPS poder computacional
- \* 2 de 16-bit, alta exactitud en la entrada analógica
- \* 2 de 16-bit, precisión a la salida analógica
- \* Interrupción y support DMA.

Programa de Windows 3 para adquisición de Datos e Instrumentos de Control.

El microsoft de Windows 3 representa la próxima generación en programación en el medio ambiente para el personal de computación. Con esta rápida aceptación en la Industria Standard, windows 3 dirige las necesidades de todo programador, especialmente los que se desarrollan en la adquisición de datos y aplicaciones de Instrumentos de Control.

Windows 3 tiene programas de acceso para extender su memoria y múltiples programas que pueden correrse al mismo tiempo. Windows gráfico usa una interfase para hacer programas fáciles para usarse a través de ventanas múltiples, menus, caja de diálogos y más.

Una de las tecnologías más importantes para el programador de Windows es la Dinámica de Acoplamiento de Librería (DLL). En el medio ambiente del Windows 3, un DLL es un método estandarizado para integración a una librería dentro de la aplicación windows o el programa del usuario.

La National Instrument tiene una familia de DLLs para la adquisición de Datos y aplicación del Instrumento de Control.

NI-488.2 Windows para programar con interfase IEEE-488  
NI-DAD Windows para ser programado la adquisición de datos desde el tablero.

NI-VXI Windows para controles de programas VXibus. Estos DLLs pueden ser usados con una variedad de herramientas estándar del programa Windows, tales como el Software del microsoft desarrollado KIT(SDK), Microsoft Básico Visual, Borland C++, Borland turbo pascal, y otros desarrollados en el medio donde se desarrollan los accesorios DLLs.

### 4.3.1 APLICACIONES DEL SOFTWARE.

Pruebas de Windows.

Herramientas desarrolladas del programa para lenguajes C y Basic.

El LABWINDOWS es un software desarrollado del sistema para la adquisición de datos e instrumentos de control. El LABWINDOWS tiene un desarrollo mutuo con el medio exterior

con funciones de librería en Microsoft C y Basic para la adquisición de datos, presentación y análisis.

#### **CODIGO DEL GENERADOR AUTOMATICO.**

El LABWINDOWS es un programa de mutuo desarrollo; usa una interfase especial, llamada desde una función del tablero, así usted puede experimentar con funciones de librería y automáticamente genera una fuente de código para aplicaciones del programa.

Con LABWINDOWS, usted puede controlar todo tipo de Instrumentos programables y conectar una tableta de adquisición de datos.

EL LABWINDOWS es un instrumento de librería que contiene sobre manejo de 170 niveles-altos, son controlados por GPIB, VXI, RS-232 e Instrument CAMAC.

#### **4.3.1.1 USO DE INTERFASE GRAFICO.**

EL LABWINDOWS usa un interfase de librería y tiene funciones para crear gráficos usados en interfase de aplicaciones del programa con el uso de la librería de interfase, usted puede crear tablas de gráficos con entradas y salidas controladas, incluyendo pesentador numérico desplazables, interruptores, caja de textos, gráficos y menús que pueden ser también presentados para crear un complemento al operador de interfase por su programa de aplicación.

#### **4.3.1.2 ANALISIS AMPLIO DE LAS FUNCIONES.**

El análisis de Librería del LABWINDOWS tiene funciones para ordenar y manipular matrices, complemento aritmético y estadístico. La opción de avanzar en el análisis de librería agrega funciones tales como la transformada de Fourier, curva de ajuste, filtro digitales, vector real y complejo y escala de operaciones y avances en análisis estadísticos.

#### **4.3.2 UNIDAD DE MEDIDA.**

Adquisición de Datos e instrumentos de control directamente de Lotus 1-2-3 o Symphony.

Diseñado específicamente para Ingenieros y Científicos quienes trabajan con LOTUS 1-2-3 o Symphony.

La medición está en un sistema de software para aplicaciones científicas requeridas para la adquisición de datos e instrumentos de control. Consiste de un set de adquisición de datos, recibiendo, formateando y almacenando datos directamente dentro de una hoja de trabajo Lotus 1-2-3 o Symphony.

La medición elimina pasos que demandan mucho tiempo, los que entran valores manualmente o valores importados de diferentes programas. Automáticamente reúne datos en tiempo real de un ancho rango de instrumentos directamente en celdas de hojas de trabajo. La medición es ideal por un ancho rango de aplicaciones científicas y de ingeniería, porque la familia LOTUS usa una interfase que es adaptada para tres diferentes hardwars IEEE-488 y RS-232 y una adquisición de datos desde el tablero.

Esta Tarjeta de Adquisición de Datos tiene un valor de \$200.

#### 4.4 ALTERNATIVA No. 4 TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS. (Ver Fig. 4.7)

La tarjeta DAS-8PGA de la compañía MetraByte contiene ocho canales de entradas analógicas, que pueden seleccionarse como entrada de terminal simple o diferencial. La tarjeta tiene un amplificador con ganancia programable para operaciones bipolares y unipolares con un total de nueve selecciones. Es compatible con un bus ISA o similar de un ordenador digital personal.

Posee un convertidor analógico/digital de aproximaciones sucesivas, de 12 bits con tiempo de conversión de 25 microseg. a 35 microseg.; generando datos a razón de 30 KHz, esto depende de la máquina y del algoritmo de programación.

Además se le incorpora un circuito muy avanzado, el Intel 8254, que es un registro con tres contadores de cuenta descendente con temporizador de 16 bit. La DAS-8PGA cuenta con un oscilador de cristal incorporado, trabajando a 1 MHz. Los contadores generan, en periodos, peticiones de interrupción; cuentas en evento, salidas de onda cuadrada y pulsos, medidas de frecuencia y periodos de duración de señales, etc.

Acepta entradas de llamadas externas a interrupciones para crear rutinas de adquisición de datos y de control. Está provista de siete líneas de entrada/salida digitales compatibles con circuitos TTL y CMOS. Cuatro salidas y tres entradas digitales con niveles desde 0 a 0.5V para nivel bajo y 2.7 a 5V para nivel alto.

El software que utiliza está descrito en lenguaje de máquina y permite el control de las entradas y salidas digitales, del contador temporizado y de los canales analógicos para muestreo.

Este software se utiliza en combinación con algún lenguaje de programación de alto nivel para crear rutinas de medición y control.

Las conexiones externas son hechas mediante una terminal de 37 pines, tipo D macho, con acceso por la parte posterior del ordenador.

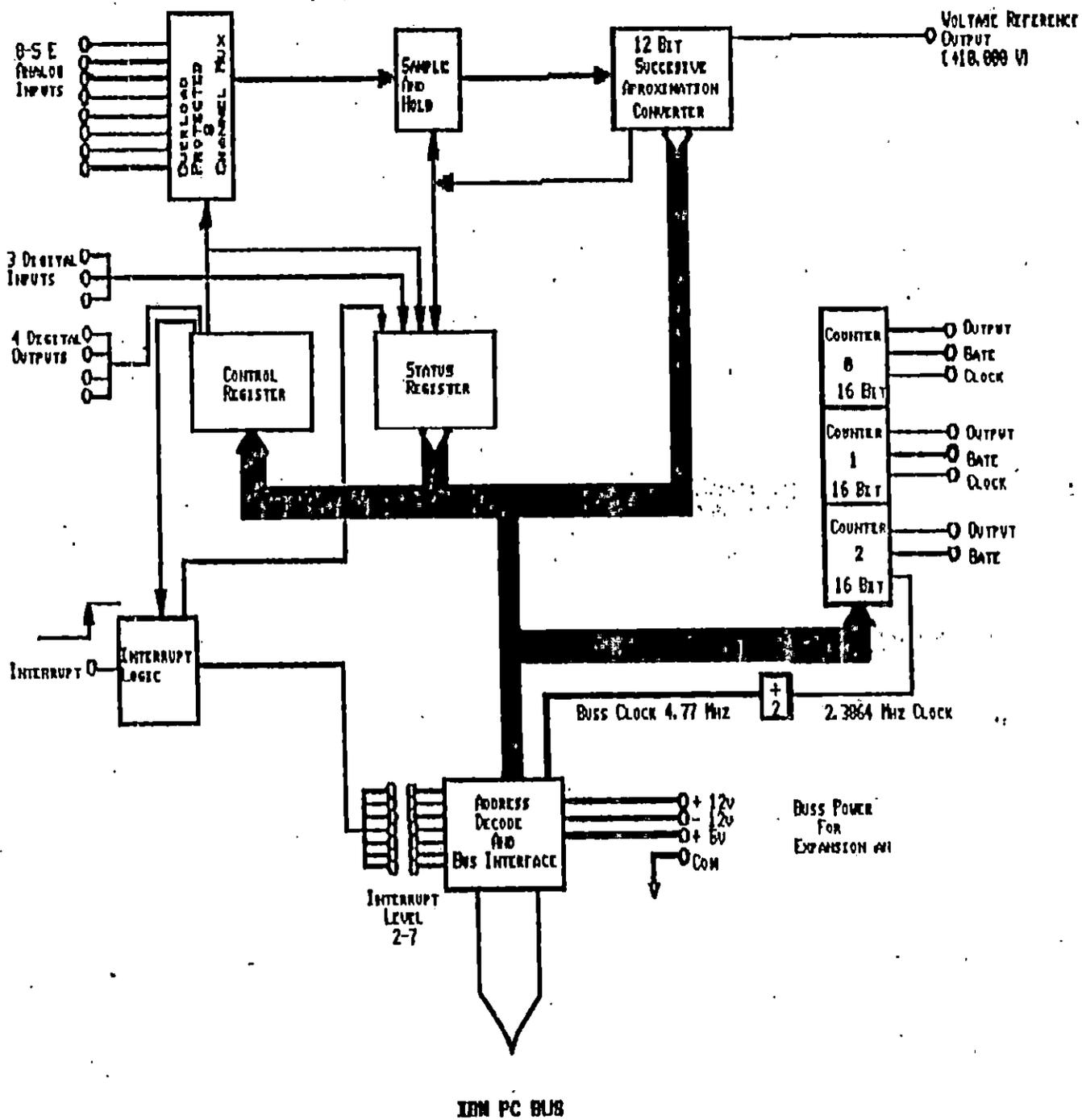


Fig. 4.7 Diagrama de Blocos de DAS-8.

Para tener acceso a cada pin se cuenta con un puerto terminal exterior con bornes asegurados por tornillos. Por medio de este puerto terminal se hacen las mediciones y se toman las señales para ejercer control.

Esta tarjeta funciona en el interior de una computadora personal (PC) tipo AT con procesador 80286 a una velocidad de reloj de 16 MHz o más. También puede ocuparse con otro tipo de procesador. Capacidad de almacenaje en memoria RAM de 1 Mbyte o mayor y por lo menos 40 Mbytes de espacio en disco duro. (ver Fig.4.7)

Para la aplicación en generadores se necesita entradas de voltaje y de corriente para luego procesar la información por medio de una subrutina adecuada y ésta dará la información deseada visualmente, en sonido o impresa. También puede utilizarse para fines de control automático o manual.

El precio de la tarjeta se estima en \$200.00 y de una computadora con las características antes mencionadas en \$450.00

En el Cuadro 4.1 de los Anexos se presentan de una forma diferente las alternativas antes descritas, el objetivo de dicha presentación es condensar la información de cada alternativa tomando en cuenta los tópicos de mayor incidencia a la hora de tomar una decisión.

Dichos tópicos y puntuaciones destinadas a cada alternativa han sido ejecutadas por personal de una alta capacidad en el ramo y los cuales están vinculados con la empresa interesada a resolver el presente problema, en este caso el personal de la Central Hidroeléctrica del Rio Lempa 15 de Septiembre.

Para poder dar una respuesta de que equipo es el que le conviene a la Central, se conto con la colaboración de 6 personas de C.E.L. quedando el cuadro con resultados promedios de la siguiente forma.

#### Alternativas:

- 1 = El OM5000
- 2 = RUSTRAK
- 3 = TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS AT-DSP2200
- 4 = TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS DAS-8PGA

#### CONCLUSIONES.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos por la encuesta realizada para determinar la alternativa más viable desde el punto de vista técnico y económico podemos concluir lo siguiente:

- \* El RUSTRAK RANGER II es un equipo de fácil adquisición donde se incluye todos los módulos y su software.

- \* Las Tarjetas AT-DSP2200 y DAS-8PGA poseen la desventaja de que el software se adquiere por aparte, no está incorporado como en el RUSTRAK Y EL OM5000.
- \* El OM5000 y EL RUSTRAK representan las alternativas más viables desde un punto de vista técnico, no así del económico.
- \* Las Tarjetas AT-DSP2200 y DAS-8PGA clasifican como alternativas más económicas, y se acoplan a la necesidad existente, sin caer en una subutilización de las mismas.
  
- \* Tanto el OM5000 y el RUSTRAK representan o logran llenar todas las necesidades demandadas; pues posee una estructura mucho más completa que las tarjetas. Sin embargo estarían un poco desutilizados, si se emplean solo para medir la temperatura del devanado del rotor, pues pueden desarrollar mucho más tareas.
- \* EL OM5000 garantiza en un porcentaje mayor que los demás equipos una confiabilidad en la medición de los datos.

## CONCLUSIONES GENERALES.

- \* Esta clase de trabajos, nos dan la oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos durante el transcurso de la carrera.
- \* Con la investigación desarrollada en el presente trabajo; podemos determinar la importancia que realmente se le debe de poner al parámetro de la temperatura en los devanados del rotor.
- \* Se logra concluir que el equipo presente en la Central es demasiado sofisticado para la tarea encomendada y se propone un equipo de menor costo y que se adecúe de una forma más sencilla a las condiciones del generador.
- \* Con este tipo de relación que se ha logrado obtener con Instituciones Semiautónomas o Privadas y la UES, deberían seguirse fortaleciendo pues de esta forma la Universidad de El Salvador se desarrolla y se está dando una imagen diferente.

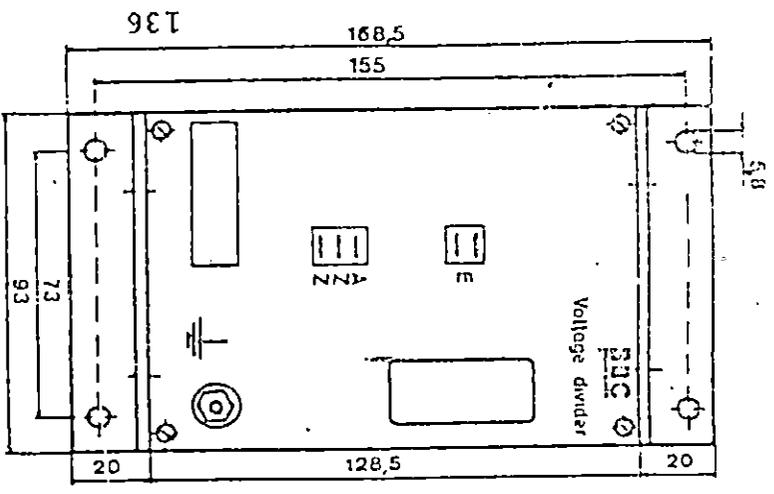
A N E X O S

**ANEXO A**

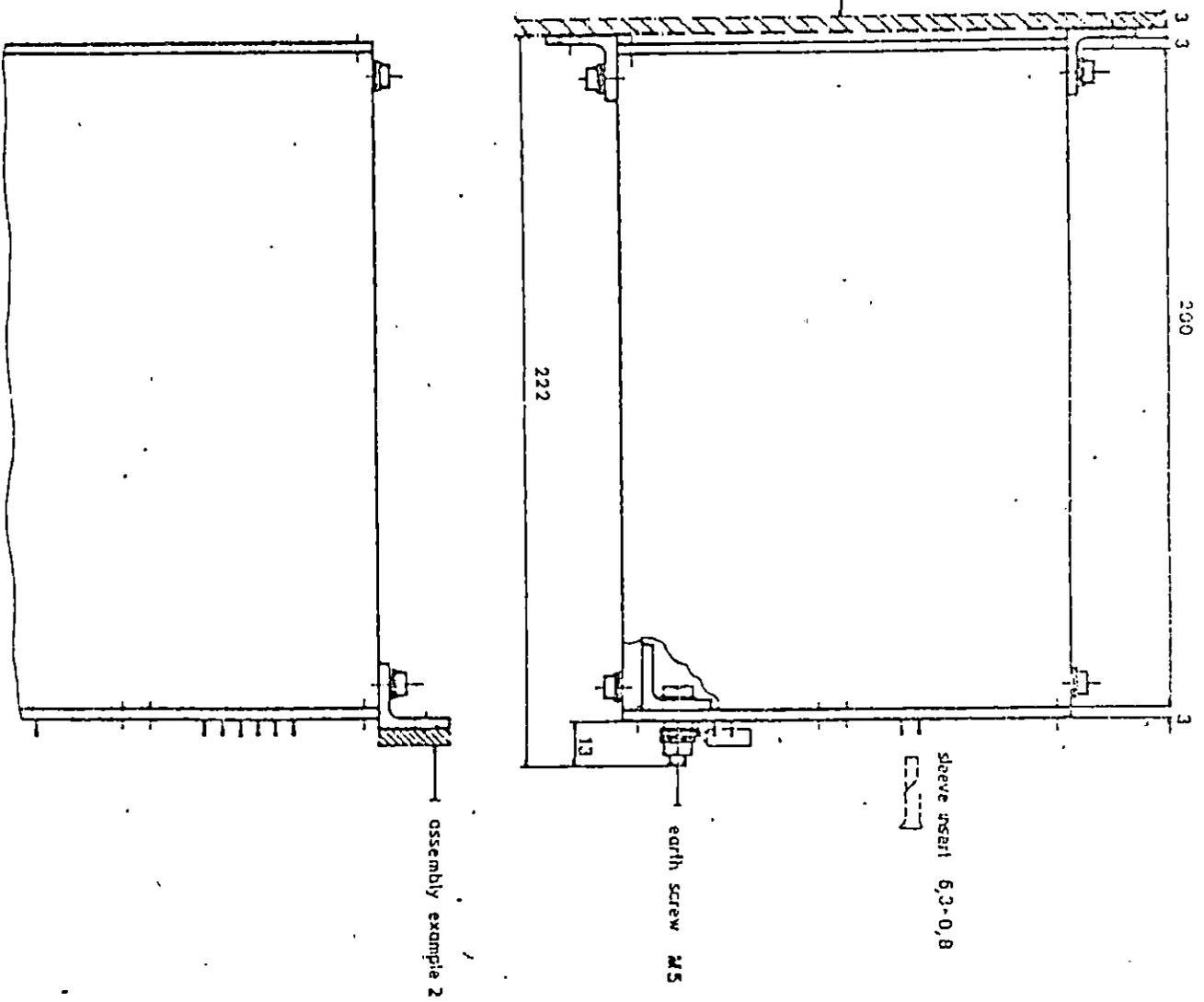
**CUADRO 4.1 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.  
ALTERNATIVAS**

CARACTERISTICAS	1	2	3	4
Máximo V. de Entrada.		*		
Protección máxima de V.	*			
Alta Exactitud		*	*	
Convertidor A/D	*			*
Máxima velocidad	*			
Mayor número de canales de entrada.		*		
Mayor rango de temperatura para operación.	*			
Mayor rango de temperatura para almacenamiento	*			
Mayor capacidad de memoria.		*		
Reloj de tiempo real			*	
Puerto RS - 232	*		*	
Puntos de alarma.	*			
Entrada analógica/digital		*		*
Capacidad matemática		*	*	
Compatible con VGA, EGA, CGA		*		
Mayor entrada de impedancia	*	*		
Compatibilidad		*		
Menor costo de mantenimiento				*
Mayor precisión a la salida analógica.			*	
Stock de repuestos	*	*		
Mayor información de parte del fabricante.	*	*		
Menor costo de instalación.			*	*
Menor costo de equipo.			*	*
Mayor afinidad a la aplicación.	*		*	*
Mayor facilidad de uso.	*			
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>6</b>

ANEXO B. DIMENSIONES DEL DIVISOR DE VOLTAJE.

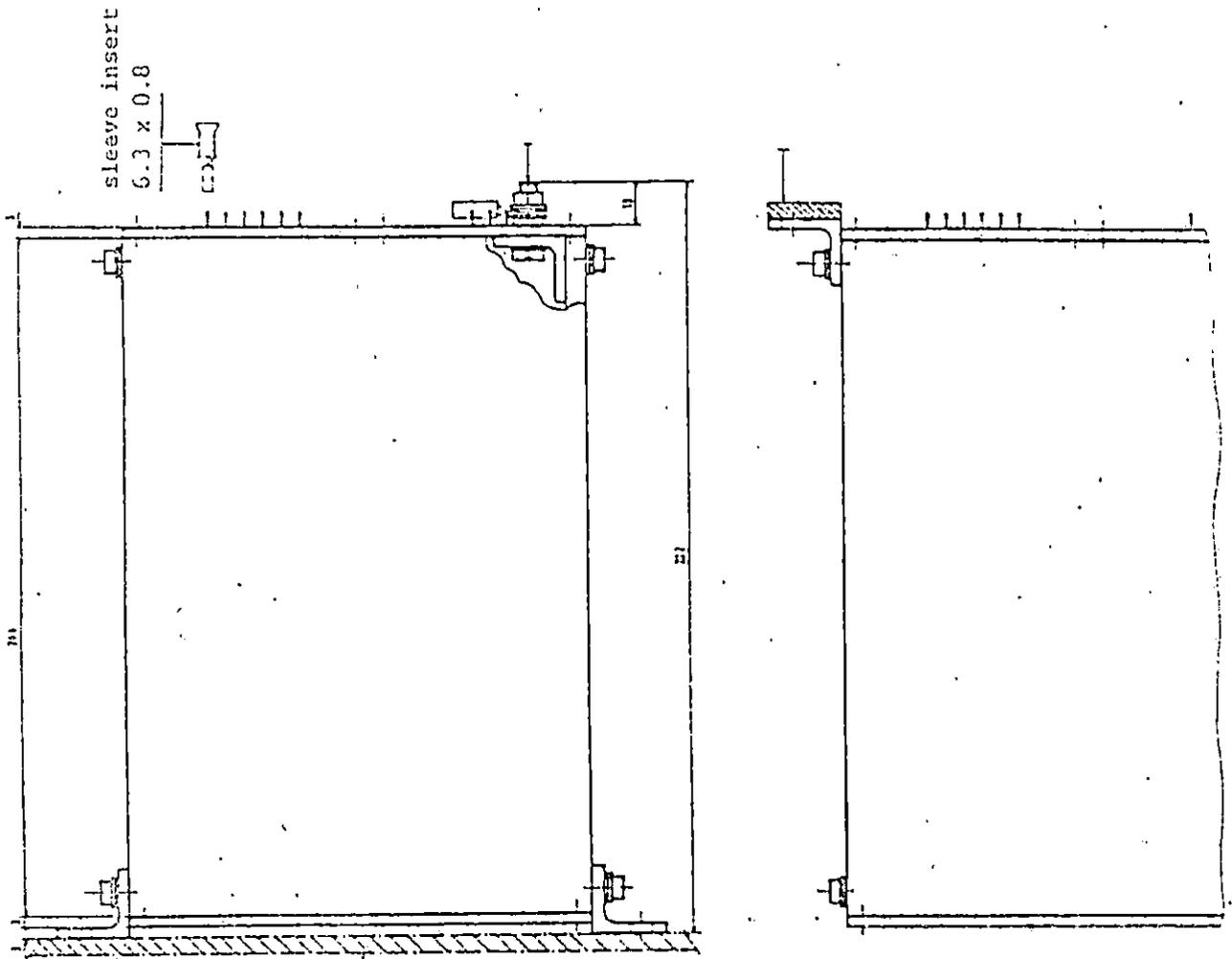


assembly example 1

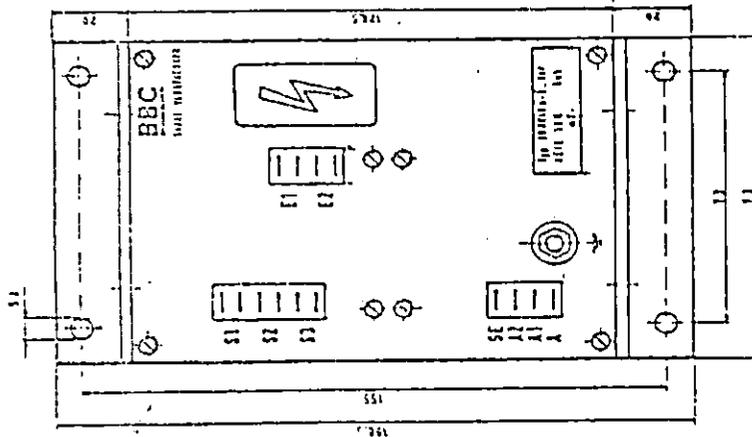


assembly example 2

ANEXO C. DIMENSIONES DEL AMPLIFICADOR SHUNT.



assembly example 1



Weight: 1.3 kg



