

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS EN
TIEMPO REAL PARA POZOS PETROLEROS**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE :

**MAESTRO EN CIENCIAS
CON ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA ELÉCTRICA**

PRESENTA

JORGE ALBERTO BECERRA PALOMO

MÉXICO D.F.

AGOSTO 2001

Esta tesis se la dedico a:

Dios

Por darme la oportunidad de ser lo que soy

A mi esposa

M^a Isabel

Por su amor y apoyo

A mis hijos

Jorge Ivan y Karen Paola

Por su paciencia y apoyo

A mis padres

Guillermo y Amelia

AGRADECIMIENTOS

A México por darme la oportunidad de superación.

Al M. en C. Domitilo Libreros por haberme guiado y apoyado durante la realización de este trabajo.

A la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional por darme la oportunidad de realizar mis estudios de posgrado, así como al Dr. Raúl Cortes Mateos por haberme apoyado para la conclusión de esta tesis.

Al Instituto Mexicano del Petróleo Dirección Ejecutiva de Exploración y Producción Competencia de Tecnologías de Producción, así como al Ingeniero Tomás Ramírez Maldonado por el apoyo que me brindó para la realización de esta tesis.

A todos mis compañeros de trabajo, en especial al M. en C. Alberto González Cancino, al Dr. Carlos Gamio Roffe y al M. en C. Ernesto Salazar Marquez por su apoyo brindado para la realización de esta tesis.

Gracias a todos.

ÍNDICE

Índice.	i
Simbología.	v
Índice de figuras.	vii
Índice de tablas.	xi
Resumen.	xii
Abstract.	xiv

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

	Página
1.1 Introducción.	1
1.2 Justificación de la tesis.	2
1.3 Objetivo de la tesis.	4
1.4 Contribuciones.	4
1.5 Estructura de la tesis.	5

CAPÍTULO 2

DISEÑO DEL HARDWARE

2.1 Introducción.	6
2.2 Consideraciones De diseño.	8
2.3 Hardware.	12
2.3.1 Sensor de fondo.	14
2.3.2 Sensores de superficie.	21
2.3.2.1 Sensor de temperatura.	24

	Página
2.3.2.2 Sensor de presión absoluta.	28
2.3.2.3 Sensor de presión diferencial.	31
2.3.3 Medidor de profundidad.	35
2.3.4 Convertidor de datos.	38
2.3.4.1 Sección convertidora de datos de sensores de fondo.	40
2.3.4.2 Sección convertidora de datos de sensores de superficie.	41
2.3.5 Equipo de cómputo superficial.	45
2.3.5.1 La computadora.	45
2.3.5.2 La impresora.	47
2.4 Integración del sistema.	48

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DEL SOFTWARE

3.1 Introducción.	50
3.2 Arquitectura.	51
3.3 Atributos del software.	52
3.4 Estructura.	53
3.5 Interfaz gráfica de usuario.	54
3.5.1 Menú principal.	57
3.5.2 Submenús y ventanas de diálogo.	58
3.6 Módulo de adquisición, procesamiento y graficación de datos	72
3.7 Módulo de almacenaje e impresión de datos	75

CAPÍTULO 4

PRUEBAS, RESULTADOS Y CALIBRACIÓN DEL SISTEMA

4.1	Introducción.	77
4.2	Calibración de sensores.	77
4.2.1	Calibración del sensor de fondo.	78
4.2.2	Calibración del sensor de temperatura.	80
4.2.3	Calibración del sensor de presión absoluta.	81
4.2.4	Calibración del sensor de presión diferencial.	83
4.3	Pruebas y resultados en laboratorio.	84
4.3.1	Pruebas del sensor de fondo.	85
4.3.2	Pruebas de sensores de superficie.	88
4.3.2.1	Prueba del sensor de temperatura.	88
4.3.2.2	Prueba del sensor de presión absoluta.	90
4.3.2.3	Prueba del sensor de presión diferencial.	93
4.3.3	Prueba del convertidor de datos.	95
4.3.4	Prueba del medidor de profundidad.	96
4.3.5	Prueba del equipo de cómputo.	97
4.3.6	Prueba del software.	98
4.4	Pruebas en campo.	100
4.4.1	Instalación del sistema en la unidad de registro.	100
4.4.2	Prueba en planta del sistema.	100
4.4.3	Capacitación del personal de PEMEX operario del sistema.	100
4.4.4	Adquisición de datos en el pozo Cantarell 135A.	101
4.4.5	Ajustes de hardware y software.	103
4.4.6	Validación del sistema.	103

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES, CONTRIBUCIONES Y RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS.

5.1 Conclusiones.	105
5.2 Contribuciones.	106
5.3 Recomendaciones para trabajos futuros.	106

REFERENCIAS.	108
--------------	-----

APÉNDICE A : Sensores y tablas de características.	110
----------------------------------------------------	-----

A1. Características de sensores de fondo y superficie.

A2. Características de equipo superficial y diagramas electrónicos.

APÉNDICE B : Listados del software del sistema y del archivo de datos.	121
------------------------------------------------------------------------	-----

B1. Software del sistema.

B2. Archivo de datos.

SIMBOLOGÍA

α	=	Coeficiente térmico de la resistencia de un conductor ohms/ °C.
Ω	=	Unidad de resistencia eléctrica ohms.
θ	=	Ángulo de envío de señal de ultrasonido
μ f/Km	=	Capacitancia por longitud de cable microfaradios por kilómetro.
Ω /Km	=	Resistencia eléctrica por longitud de cable ohms por kilómetro.
ΔP	=	Diferencial de presión.
ΔT	=	Diferencia de temperatura.
A	=	Área de la sección transversal de tubería.
A/D	=	Conversión de señales analógicas a digitales.
ANSI/API 14.31,2530	=	Normas para medición de gas y líquido utilizando placa de orificio American National Standard Institute.
ASCII	=	Código de datos para intercambio de información entre equipos computarizados American Standard Code for Interchange Information.
ASTM	=	American Society for Testing and Materials.
bls/d	=	Barriles de petróleo por día.
c	=	Velocidad de la señal de ultrasonido en el hidrocarburo.
c.a.	=	Corriente alterna.
c.d.	=	Corriente directa.
CENAM	=	Centro Nacional de Metrología.
Cg	=	Constante de flujo del orificio para medición de gas.
Co	=	Constante de flujo del orificio para medición de líquido.
CPU	=	Unidad central de procesamiento.
d	=	Diámetro interno de la tubería.
E/S	=	Entrada y salida.
F/V	=	Conversión de frecuencia a voltaje.
GUI	=	Interfaz gráfica de usuario.
H ₂ S	=	Ácido sulfhídrico.
hw	=	Presión diferencial producida al pasar un fluido por placa de orificio.
Hz	=	Unidad de medida de frecuencia ciclos por segundo.
IMP	=	Instituto Mexicano del Petróleo.
KHz	=	Miles de hertz
K	=	Factor de proporcionalidad y conversión de la turbina.
Kw	=	Miles de watts.
Labwindows CVI	=	Software para desarrollo de programas en ambiente windows utilizando instrumentación virtual, desarrollado por National Instruments.

mA	=	Unidad de medida de corriente en milésimas de ampere.
MSDOS	=	Sistema operativo desarrollado por Microsoft.
°C	=	Grados centígrados.
PC	=	Computadora personal.
PEMEX	=	Petroleos Mexicanos.
Pf	=	Presión estática del fluido en psia.
ppm	=	Partes por millon.
PSIA	=	Unidad de medición de presión absoluta libras por pulgadas cuadradas absolutas.
Q	=	Gasto.
Qvg	=	Gasto volumétrico de gas.
Qvo	=	Gasto volumétrico de aceite.
Rref	=	Resistencia de referencia.
RS232	=	Interfaz de comunicación serie normalizada para intercambio de información entre equipos computarizados.
Rt	=	Resistencia eléctrica del conductor a la temperatura t en °C.
RTD	=	Sensor de temperatura resistivo .
RX	=	Receptor.
S/H	=	Circuito electrónico para muestreo y retención utilizado conjuntamente con los convertidores A/D.
T	=	Temperatura.
TX-RX	=	Trasmisor receptor.
UNIX	=	Sistema operativo multiusuario.
UPS	=	Fuente de alimentación eléctrica ininterrumpible.
V/F	=	Conversión de voltaje a frecuencia.
VERSADOS	=	Sistema operativo.
Vp	=	Velocidad promedio del fluido.
WINDOWS	=	Sistema operativo en ambiente de ventanas de diálogo.

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 2.1	Ubicación de sensores del sistema de adquisición de datos.	11
Figura 2.2	Estructura del hardware del sistema de adquisición de datos.	12
Figura 2.3	Diagrama general a bloques del sistema.	13
Figura 2.4	Diagrama general del sistema integrado en gabinete.	14
Figura 2.5	Diagrama del sensor de fondo.	15
Figura 2.6	Diagrama general a bloques del sensor de fondo.	15
Figura 2.7	Sensores primarios de presión.	117
Figura 2.8	Sensores primarios de temperatura.	117
Figura 2.9	Sensores primarios de presión y temperatura y soporte de tarjetas electrónicas.	18
Figura 2.10.	Diagrama a bloques de la electrónica del sensor de fondo.	19
Figura 2.11	Tarjetas electrónicas del sensor de fondo.	20
Figura 2.12	Sensor de fondo.	20
Figura 2.13	Circuito eléctrico de lazo de corriente.	23
Figura 2.14	Circuito general de conexión de sensores de superficie.	24
Figura 2.15	Diagrama a bloques de la electrónica del sensor de temperatura.	25
Figura 2.16	Respuesta del sensor de temperatura.	26
Figura 2.17	Diagrama del sensor de temperatura.	26
Figura 2.18	Sensor de temperatura utilizado en el sistema.	27

	Página
Figura 2.19 Diagrama a cuadros de la electrónica del sensor de presión absoluta.	29
Figura 2.20 Respuesta del sensor de presión absoluta.	29
Figura 2.21 Diagrama del sensor de presión absoluta.	30
Figura 2.22 Sensor de presión absoluta utilizado en el sistema.	31
Figura 2.23 Diagrama a cuadros de la electrónica del sensor de presión diferencial.	33
Figura 2.24 Respuesta del sensor de presión diferencial.	33
Figura 2.25 Sensor de presión diferencial utilizado en el sistema.	34
Figura 2.26 Diagrama del medidor de profundidad.	35
Figura 2.27 Diagrama a cuadros de la electrónica del medidor de profundidad.	37
Figura 2.28. Medidor de profundidad utilizado.	37
Figura 2.29 Diagrama general del convertidor de datos.	39
Figura 2.30 Diagrama del convertidor de datos de sensores de fondo.	41
Figura 2.31 Diagrama del convertidor de datos de sensores de superficie.	44
Figura 2.32 Diagrama de la computadora industrial utilizada en el sistema.	46
Figura 2.33 Sistema integrado en gabinete.	49
Figura 3.1 Estructura del software del sistema.	54
Figura 3.2 Diagrama de una estructura tipo árbol.	55
Figura 3.3 Diagrama de la interfaz de usuario.	56

	Página	
Figura 3.4	Ventana del menú principal.	58
Figura 3.5	Submenú inicialización del equipo de cómputo.	59
Figura 3.6	Ventana de actualización de fecha y hora.	60
Figura 3.7	Ventana de selección de unidad de disco.	61
Figura 3.8	Submenú para configurar el equipo de medición.	62
Figura 3.9	Ventana para configuración de sensores de fondo.	63
Figura 3.10	Ventana para configuración de sensores de superficie.	63
Figura 3.11	Ventana de introducción de parámetros para cálculo de gastos.	64
Figura 3.12	Ventana de introducción de parámetros para la medición de profundidad.	65
Figura 3.13	Submenú inicialización de parámetros de operación.	66
Figura 3.14	Ventana para cambiar el estado de la impresión grabación de datos.	67
Figura 3.15	Ventana para seleccionar o introducir la ruta y el nombre del archivo de datos.	68
Figura 3.16	Ventana para seleccionar el tiempo de adquisición.	69
Figura 3.17	Submenú adquisición de datos.	69
Figura 3.18	Ventana de adquisición de datos.	71
Figura 3.19	Submenú ayuda.	72
Figura 3.20	Diagrama del módulo de adquisición, procesamiento y graficación de datos.	74
Figura 3.21	Diagrama del módulo de almacenaje e impresión de datos.	76

	Página
Figura 4.1	Diagrama a bloques de la calibración del sensor de fondo. 79
Figura 4.2	Diagrama a bloques de la calibración del sensor de temperatura. 81
Figura 4.3	Diagrama a bloques de la calibración del sensor de presión absoluta. 82
Figura 4.4	Diagrama a bloques de la calibración del sensor de presión diferencial. 84
Figura 4.5	Respuesta de temperatura del sensor de fondo. 87
Figura 4.6	Respuesta de presión del sensor de fondo. 87
Figura 4.7	Circuito de prueba del sensor a temperatura ambiente. 88
Figura 4.8	Diagrama de prueba del sensor de temperatura. 89
Figura 4.9	Respuesta del sensor de temperatura 90
Figura 4.10	Diagrama de prueba del sensor de presión absoluta. 92
Figura 4.11	Respuesta del sensor de presión absoluta. 92
Figura 4.12	Respuesta del sensor de presión absoluta. 93
Figura 4.13	Diagrama de prueba del sensor de presión diferencial. 94
Figura 4.14	Respuesta del sensor de presión diferencial. 95
Figura A1	Diagrama electrónico del sensor de fondo. 115
Figura A2	Diagrama electrónico de la interfaz a PC del convertidor de datos 116
Figura A3	Formato de registro de prueba de equipo y software. 120
FiguraA4	Diagrama del medidor de flujo tipo turbina. 118
Figura A5	Diagrama del medidor de flujo tipo ultrasonido. 119

ÍNDICE DE TABLAS

		Página
Tabla 2.1	Características del sensor de fondo utilizado en el sistema.	110
Tabla 2.2	Características del sensor de temperatura utilizado en el sistema.	111
Tabla 2.3	Características del sensor de presión absoluta utilizado en el sistema.	111
Tabla 2.4	Características del sensor de presión diferencial utilizado en el sistema.	112
Tabla 2.5	Características del medidor de profundidad.	112
Tabla 2.6	Características del convertidor de datos.	113
Tabla 2.7	Características de la computadora industrial utilizada en el sistema.	113
Tabla 2.8	Características de la impresora utilizada en el sistema.	114
Tabla 4.1	Puntos de prueba del sensor de fondo.	86
Tabla 4.2	Puntos de prueba del sensor de temperatura.	89
Tabla 4.3	Puntos de prueba del sensor de presión absoluta 1600 psia.	91
Tabla 4.4	Puntos de prueba del sensor de presión absoluta 4000 psia.	91
Tabla 4.5	Puntos de prueba del sensor de presión diferencial.	94
Tabla A1	Características del medidor de flujo tipo turbina.	118
Tabla A2	Características del medidor de flujo tipo ultrasonido.	119

RESUMEN

En esta tesis se presenta el desarrollo de un sistema de adquisición de datos en tiempo real para pozos petroleros desarrollado en el Instituto Mexicano del Petróleo, con base en un modelo obtenido conforme a las necesidades, requerimientos y alcances de Petroleos Mexicanos.

Con la aplicación de dicho modelo, se obtiene un prototipo de sistema de adquisición de datos en tiempo real, que puede evolucionar tanto en software como en hardware con factibilidad de adecuarse conforme a necesidades de aplicación específicas.

Las principales funciones del sistema son: la medición, monitoreo, grabación e impresión de los datos de las variables medidas en el fondo y superficie del pozo. En el fondo presión y temperatura, en superficie la presión absoluta de cabeza, presiones absolutas, presiones diferenciales y temperaturas en las tuberías de salida de gas y aceite, con dichas mediciones se calcula la producción de gas y aceite del pozo.

El diseño del hardware se realizó conforme a la investigación detallada de las necesidades específicas del personal de PEMEX Región Marina gerencia de yacimientos y subgerencia de servicios a pozos, así como de la información de las condiciones de campo en plataformas marinas bajo las cuales se opera el sistema. También se consideraron las condiciones de instalación e interconexión a equipo como la unidad de registro y de separación de gas – aceite para la medición de la producción tomando en cuenta la normatividad establecida por organismos internacionales reconocidos en el área petrolera.

Referente al desarrollo del software se tomó en cuenta primordialmente el hardware diseñado y las necesidades del personal operario de la subgerencia de servicios a pozos ya que son quienes ejecutan la operación de adquisición de datos de pozo. Dicho software se desarrolló bajo el sistema operativo Windows y tomando como plataforma el software Labwindows CVI, y estructurado en cuatro módulos siendo estos la interfaz gráfica de usuario, el de adquisición, procesamiento y graficación de datos, almacenaje e impresión de datos y de ayuda. Estos módulos se diseñaron con base en menús, submenús, ventanas de diálogo, acciones, eventos y controles ligados a funciones para realizar el control y la operación del sistema.

Dentro de los principales atributos se tienen, ser flexible, configurable, interactivo, secuencia lógica de acuerdo a la operación real de adquisición de datos, monitoreo, grabación e impresión de la adquisición de datos referenciados al tiempo y profundidad, medidos por los sensores en fondo y superficie del pozo.

Al sistema prototipo obtenido se le realizó la calibración de los sensores de fondo y superficie así como pruebas en laboratorio aplicando condiciones semejantes a las reales de operación y utilizando normas y equipo patrón certificado a fin de garantizar el buen funcionamiento y la confiabilidad del sistema.

Así mismo se realizaron las pruebas en campo efectuando una operación real de adquisición de datos en el pozo Cantarell 135A, con lo cual el personal de Pemex involucrado validó el funcionamiento del sistema desarrollado.

El archivo de datos obtenido en la prueba del pozo mencionado se utilizó en software especializado de análisis y evaluación de pruebas de presión y producción dando como resultados el diagnóstico y evaluación del estado productivo del pozo y el conocimiento de parámetros característicos del sistema pozo - yacimiento, lo que coadyuvó a tomar decisiones para incrementar la productividad y efectuar acciones para llevar a cabo una óptima explotación y adecuada administración del pozo y yacimiento.

ABSTRACT

In this work, the development of a data acquisition system for oil wells is presented and was developed by Instituto Mexicano del Petroleo. It is based on a model derived from the user's needs, requirements and expectations of Petroleos Mexicanos.

From the application of this model a real time system prototype is obtained. This prototype is able to evolve in hardware and software and can be changed according to the user's needs, specifications and applications.

The system's main functions are; the measurement, monitoring, recording and printing of variable data measured both at the bottom and at the top of the well. At the bottom pressure and temperature are measured, at the top absolute pressure, temperature and differential pressure in gas and oil pipe lines are measured to compute the gas and oil production flowrate.

The hardware was developed according to an investigation of PEMEX specific needs, made with people of reservoir management and wells services on marine zone, as well as the information of field conditions on platforms under which the system will operate.

In the installation and connection conditions to equipment like well logging units and gas – oil separation units are considered, to measure production according the standards established by international institutes of petroleum.

For the software development, is taken up fundamentally the hardware developed and the operative personnel needs regarding well services management, since they are the ones responsible for well data acquisition. This software was developed under to run the Windows operating system, using Labwindows CVI as a launching platform. The software is structured in four modules: graphic user interface, acquisition processing and plotting data, recording and printing data and help. It is based on menus, dialog windows, actions, events and controls linked to functions that realize the control and operation of the system.

The main system attributes are, flexibility, user configurable, interactive, logic sequence according to real data acquisition operation, monitoring, recording and printing referred to time and depth measured from bottom and superficial sensors. The prototype's bottom and superficial sensors were calibrated and laboratory tests applying conditions similar to those found in real operation were performed using certificate equipment to guarantee the functionality and reliability of system. Also, field tests were carried out by making a real data acquisition operation in the well Cantarell 135A. On this test the PEMEX staff validated the system developed.

The data file obtained in the field test was used with special software for the analysis and evaluation of well production and pressure test to find the diagnosis and evaluation of the well production state and obtain knowledge of well – reservoir system characteristics. This helped to make decisions to increment the production and to take actions to realize a very good exploitation and administration of well and reservoir.

INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

Durante muchos años el petróleo ha sido un factor de gran importancia en el desarrollo económico y social de muchos países en el mundo.

La industria petrolera es una de las más importantes, ya que de ella dependen otros sectores industriales como el eléctrico, químico, transportación, etc., que requieren del petróleo o productos derivados, como combustibles generadores de energía o como materia prima para producir otros productos. En México la industria petrolera, representada por Petróleos Mexicanos, ha jugado un papel preponderante y decisivo en diferentes aspectos económicos y sociales, siendo una de las más importantes por su relevante aportación a la generación de energía, construcción de infraestructura, desarrollo científico y tecnológico, formación de capital y captación de divisas [1].

La gran demanda del petróleo actualmente requiere que las empresas petroleras satisfagan con eficiencia y calidad dicha necesidad. Sin embargo, se sabe que el petróleo es un recurso natural no renovable, por lo cual es indispensable que las empresas petroleras provean petróleo durante el mayor tiempo posible. Para lograr esto es indispensable desarrollar y aplicar estrategias de planeación técnicas y económicas para el desarrollo de los campos petroleros, realizar una explotación efectiva y una buena administración de los pozos y yacimientos productores de hidrocarburos, optimizando la producción de pozos fluyentes y empleando sistemas de producción artificial como la inyección de gas o agua y el bombeo [2][3].

Para poder aplicar las estrategias de planeación técnicas, económicas, de explotación efectiva, mejora continua en la administración y optimización de la producción, uno de los ingredientes más importante es la **adquisición de datos e información real de pozos y yacimientos**. Dichos datos son procesados, analizados e interpretados para realizar estudios integrales de caracterización, evaluación y diagnóstico, coadyuvando a determinar las condiciones óptimas de explotación, así como para aplicar los procesos y técnicas adecuadas de terminación y/o estimulación para incrementar la productividad con lo cual se logra aumentar la rentabilidad y prolongar la vida productiva de los pozos [4] .

Una de las técnicas más utilizadas y que aportan mayor información son las denominadas pruebas de pozo o registros de producción, que consisten básicamente en la **adquisición de datos de pozo** durante las cuales se realiza la medición, monitoreo y registro de parámetros como presiones y temperaturas de los fluidos en el fondo y superficie del pozo, así como los gastos de petróleo y gas producidos ante cambios efectuados en el ritmo de producción del pozo. La adquisición de datos de pozo aplicando la técnica de registros de producción o pruebas de pozo aportan información suficiente y precisa de la naturaleza y comportamiento de los fluidos producidos y de la dinámica del yacimiento durante las etapas de producción o de inyección, cadyuvando a realizar una óptima explotación de pozos y yacimientos petroleros[5][6].

1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS

Esta tesis surge de la necesidad de PEMEX, basada primordialmente en dos aspectos principales, el técnico y el económico.

El aspecto técnico, dentro del cual PEMEX gerencia de yacimientos requiere de un sistema propio para adquisición de datos de pozo, adecuado a sus necesidades, especificaciones y condiciones de operación. Además que tenga la factibilidad de evolucionar conforme a sus necesidades dinámicas de operación en la adquisición de datos de pozo.

El aspecto económico, debido a que las empresas extranjeras que proveen el servicio de adquisición de datos en México han establecido altos costos para este tipo de servicios, siendo aproximadamente de \$ 600,000 promedio por operación, Pemex decide invertir aproximadamente \$2,500,000 en un proyecto para desarrollar y elaborar un sistema, el cual se amortiza en cuatro operaciones. Definiendo que el sistema tiene una vida útil de cinco años y sabiendo que se requieren realizar aproximadamente cuarenta operaciones por año y que el costo promedio por operación realizada por personal de PEMEX es del 32% del costo establecido por las empresas extranjeras, por lo tanto se tiene un ahorro de \$79'100,000.

Además de los beneficios implícitos obtenidos al sustituir tecnología extranjera, de la adquisición de datos de pozo, su análisis e interpretación, se obtienen entre otros beneficios los siguientes[5][6]:

- Conocimiento de las características del pozo y yacimiento: capacidad de transporte, índice de productividad, porosidad, permeabilidad, volumen de reservas, etc.
- Evaluación de la productividad de pozos.
- Información detallada de las zonas que producen fluidos.
- Mayor control de la producción del yacimiento.
- Detección primaria de anomalías como: fugas de hidrocarburos, fallas en la cementación del pozo, roturas de tuberías de producción, eficiencia de disparos, etc.
- Estudios de comunicación entre pozos.
- Evaluación y optimización de la terminación de pozos.
- Identificación de problemas en la producción como: conificación, irrupción temprana de agua, etc.
- Evaluación de la eficiencia de inyección de gas, agua o bombeo.
- Guía para seleccionar la técnica más adecuada para reparación de pozos.

1.3 OBJETIVOS DE LA TESIS

La presente tesis tiene como objetivo desarrollar un sistema de adquisición de datos en tiempo real para pozos petroleros, que contribuya a la caracterización, diagnóstico y evaluación del estado productivo.

Así como también desarrollar el prototipo del sistema para aplicaciones en campo, que cumpla con los requerimientos y características específicas y condiciones ambientales bajo las cuales operará el sistema.

Se desarrollará el hardware que incluye un módulo de adquisición de datos, sensor para medición de presión y temperatura en el fondo del pozo, y el software de operación para la adquisición, monitoreo y procesamiento en tiempo real de datos de presión, temperatura, en fondo y superficie, así como los gastos de gas y petróleo producidos.

1.4 CONTRIBUCIONES

Se genera tecnología propia que contribuye a disminuir la dependencia de tecnología extranjera, ayudando a reducir la contratación de servicios de adquisición de datos de pozos a compañías extranjeras, con el consecuente beneficio económico al disminuir la salida de divisas del país.

Formación de recursos humanos capacitados para generar tecnología competitiva en el rubro de sistemas de adquisición de datos para pozos petroleros.

Se diseña el hardware y software y se construye un sistema prototipo conforme a los requerimientos y especificaciones de PEMEX, esto es un sistema hecho a la medida, teniendo la ventaja sobre los comerciales de ser flexible para realizar las adecuaciones necesarias conforme a futuros requerimientos operativos.

1.5 ESTRUCTURA DE LA TESIS

En el capítulo 2 se presenta el diseño del hardware del sistema de adquisición de datos para pozos petroleros, dentro del cual se describen los elementos principales como son los sensores de fondo y superficie, el convertidor de datos, el medidor de profundidad y el equipo de cómputo que incluye la computadora tipo industrial y la impresora.

En el capítulo 3 se describe el desarrollo del software que incluye el programa principal, los módulos de interfaz gráfica de usuario, de adquisición, procesamiento y graficación de datos, de almacenaje e impresión de datos y el de ayuda.

En el capítulo 4 se describen las pruebas realizadas en laboratorio al sistema desarrollado, los resultados obtenidos, una prueba de campo y los ajustes realizados al sistema a fin de cumplir con el objetivo de esta tesis.

En el capítulo 5 se presentan las conclusiones, las contribuciones de esta tesis y las recomendaciones para trabajos futuros, así como una carta de utilidad del sistema generada por los usuarios.

En el apéndice A se presentan las características de los sensores de fondo y superficie, del equipo de cómputo, del convertidor de datos y del medidor de profundidad.

En el apéndice B se presentan los listados del software de adquisición de datos del sistema y del archivo de datos adquiridos en la prueba de campo.

DISEÑO DEL HARDWARE

2.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describe el diseño del hardware del sistema de adquisición de datos para pozos petroleros, los elementos que lo conforman, la función que desempeñan y sus características.

Un sistema de adquisición de datos para pozos petroleros es un conjunto de elementos e instrumentos eléctricos, electrónicos y mecánicos interconectados, que permiten la obtención de información y datos de las variables físicas de los hidrocarburos producidos en pozos petroleros.

El presente trabajo se inició a partir de la necesidad del personal de PEMEX de la Gerencia de Yacimientos y la Subgerencia de Servicios a Pozos, de contar con una unidad de registro para adquisición de datos de pozos productores de hidrocarburos, enfocándose a la medición de las variables de presión y temperatura en el fondo del pozo con referencia al tiempo y profundidad, y en superficie con referencia al tiempo se miden presiones, temperaturas y los gastos de gas y aceite producidos por el pozo. Así como procesar y analizar dichos datos a fin de caracterizar, diagnosticar y evaluar el estado productivo coadyuvando a optimizar la producción de hidrocarburos, conocer en que condiciones se producen los hidrocarburos en los pozos y que tipo de fluidos, para tomar las mejores decisiones en la producción de los mismos.

Como se mencionó anteriormente, en este proyecto se involucran dos instancias de PEMEX relacionadas entre si de tal forma que la Gerencia de Yacimientos requiere los datos de los pozos o sea solicita el servicio de adquisición de datos a la Subgerencia de Servicios a Pozos la cual ejecuta la operación.

Para poder iniciar el diseño del hardware del sistema y prevenir errores iniciales, se investigó con las instancias involucradas la necesidad, alcance, requerimientos, condiciones de operación e instalación.

Primeramente se investigó con la Gerencia de Yacimientos su:

Necesidad a detalle: Definiéndose exactamente el sistema de adquisición de datos requerido.

Alcance: Se definen a detalle el alcance del sistema de adquisición de datos conforme a su necesidad.

Requerimientos: Datos del pozo requeridos, precisión y exactitud de las mediciones de variables, resolución de los sensores de medición, tiempos de medición, medios de almacenamiento de datos, formas de presentación de los datos, que tipo de procesamiento de datos que se requiere y presentación de resultados.

Tipo de sistema: En tiempo real o de memoria.

Puntos físicos de medición: En fondo y superficie.

Confiabilidad y flexibilidad del sistema: Para garantizar la adquisición de los datos así como la calidad de los mismos, además de que el sistema sea flexible en hardware y software a fin de poder adecuarse a las necesidades dinámicas de operación.

Unidades de ingeniería de las mediciones de variables de pozo: Que unidades de ingeniería se utilizan para el monitoreo, almacenamiento y procesamiento de los datos.

Con la Subgerencia de Servicios a Pozos se investigó:

Condiciones de operación:

Dentro del pozo: Presiones y temperaturas extremas, condiciones mecánicas de los pozos.

En superficie: Condiciones ambientales, humedad, vibración, líquidos y gases corrosivos, temperatura, etc.

Condiciones de instalación: Lugar de instalación, infraestructura para la instalación del sistema, equipo al cual se interconecta.

Medio de envío de datos del fondo del pozo a superficie: Tipo de cable eléctrico.

Hardware: Equipo que opere adecuadamente bajo las condiciones de operación especificadas, modular, elementos comerciales para tener facilidad en soporte técnico y mantenimiento.

2.2 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Conforme a la investigación de necesidades y requerimientos se definieron las siguientes características del sistema:

Necesidad: Diseño de un sistema de adquisición de datos en tiempo real para pozos petroleros en producción para aplicación en plataformas marinas.

Alcance: El sistema tiene la capacidad de medir, monitorear, almacenar y procesar datos de variables de fondo y superficie. Los datos de fondo son referenciados al tiempo y profundidad, así como los datos de superficie al tiempo. El sistema es instalado en una unidad de registro tipo marina e interconectado con equipo de separación de producción gas – líquido.

Tipo de sistema: Se definió que el sistema sea de adquisición en tiempo real ya que se necesita tomar decisiones en el lugar de operación conforme a la respuesta del pozo, así como estar monitoreando los eventos de la operación de registro de datos y el comportamiento del pozo a través de la medición de las variables de fondo y superficie.

Puntos físicos de medición: En fondo de pozo a una profundidad máxima de 9000 metros, en cabeza, en tubería de producción, en las tuberías de salida de gas y aceite en el separador de medición.

Requerimientos: Se definieron las siguientes características de los sensores y medidores de fondo y superficie, conforme a los rangos de las variables a medir.

En fondo del pozo.- Medición de las variables de presión y temperatura del fluido con rangos para la presión de 0 a 15000 psia, resolución de 0.5 psia y exactitud de ± 0.04 %, temperatura de 0 a 165 °C , resolución de 0.5 °C y exactitud de ± 0.5 %. Tiempo de adquisición máximo de un segundo. Sensor resistente a golpeo y vibración.

En superficie.- Para la medición de variables en superficie, el tiempo máximo de adquisición de datos de un segundo. El rango de medición de presión en cabeza de pozo en tubería de producción 0 a 4000 psia, con resolución de 1.0 psia y exactitud de ± 0.5 %.

Conforme a las condiciones de operación e instalación, así como de la infraestructura disponible y definida por PEMEX para las pruebas de producción se tiene disponibilidad de un separador de gas - líquido con equipo de medición de tipo placa de orificio por lo que se utilizó la norma ANSI/API 14.31 y 2530 para la medición de gastos de gas y aceite producidos.

De acuerdo a dicha norma se deben medir las presiones absolutas, presiones diferenciales y temperaturas en las tuberías de salida de gas y aceite del separador de medición , a fin de calcular los gastos de gas y aceite producidos.

De acuerdo a la información referente al proceso en campo se definió para la medición en la tubería de salida de gas y aceite, el rango de medición de temperatura máxima sea de 0 a 125 °C con resolución de 0.5 ° C y exactitud del ± 1.0 %, presión absoluta de 0 a 1600 psia, resolución de 1.0 psia y exactitud del ± 0.5 %, presión diferencial de 0 a 150 pulgadas de agua, resolución de 0.1 pulgadas de agua y exactitud de ± 0.1 %.

Confiabilidad.- A fin de garantizar la adquisición de datos y que el sistema sea confiable, se definió que el sistema sea redundante para rápidamente realizar el cambio de módulo en caso de falla y no suspender la operación.

Unidades de ingeniería.- Se define utilizar el sistema métrico decimal y el inglés ya que el usuario así lo requiere.

Condiciones de operación.- El sistema de adquisición de datos opera en ambiente marino bajo las siguientes condiciones:

Dentro del pozo: Presión extrema 15000 psia, temperatura extrema 160 °C.

Condiciones mecánicas del pozo: Diámetro interno mínimo de la tubería de producción 3.5 pulgadas.

En superficie: Condiciones ambientales de temperatura máxima promedio 38 °C, humedad máxima 90%, vibración 0 a 17 Hz, contenido de gases corrosivos máximo de 10 ppm de H₂S, salinidad 20%, presión ambiental 14.7 psia.

Condiciones de instalación: Instalación en unidad de registros tipo cabina marina con las siguientes características generales; Generador de energía eléctrica no regulada de 117 volts de c.a. 12 Kw., aire acondicionado, deshumidificador, cable eléctrico especial para operación en pozos con producción de hidrocarburos conteniendo H₂S.

Equipo al cual se interconecta el sistema: Equipo de medición de profundidad mecánico, equipo de separación de medición de gas - líquido.

Medio de envío de datos del fondo a superficie: Cable eléctrico monoconductor de 9000 metros de longitud, con características especiales para operación en pozos con alto contenido de H₂S, diámetro externo de 7/32 pulgadas, impedancia de 24.94 Ω/Km , capacitancia de 1.38 μf /Km, armadura de acero.

Conforme a lo investigado con las dos instancias de PEMEX, se definió la ubicación de los sensores de medición de variables del sistema y la estructura del hardware como se muestran en las figuras 2.1 y 2.2 respectivamente.

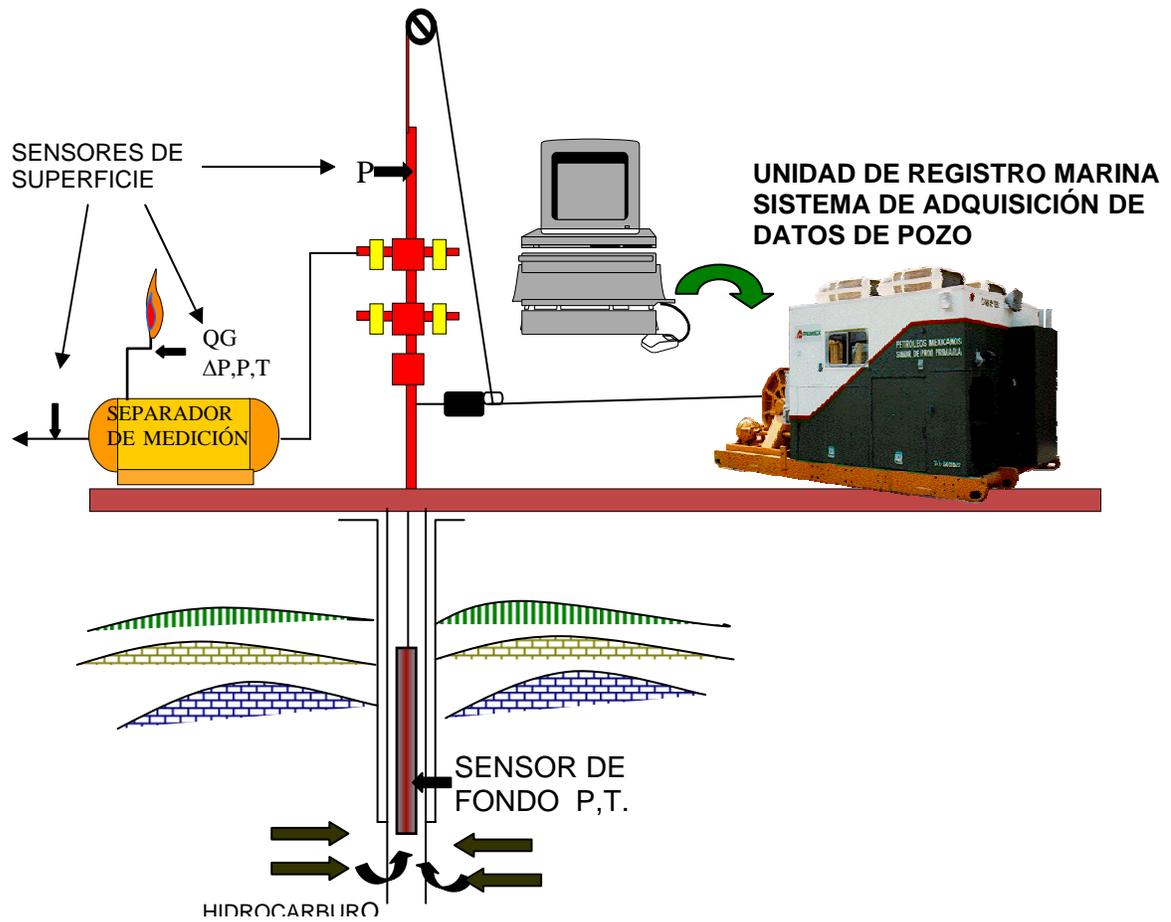


Figura 2.1 Ubicación de sensores del sistema de adquisición de datos.

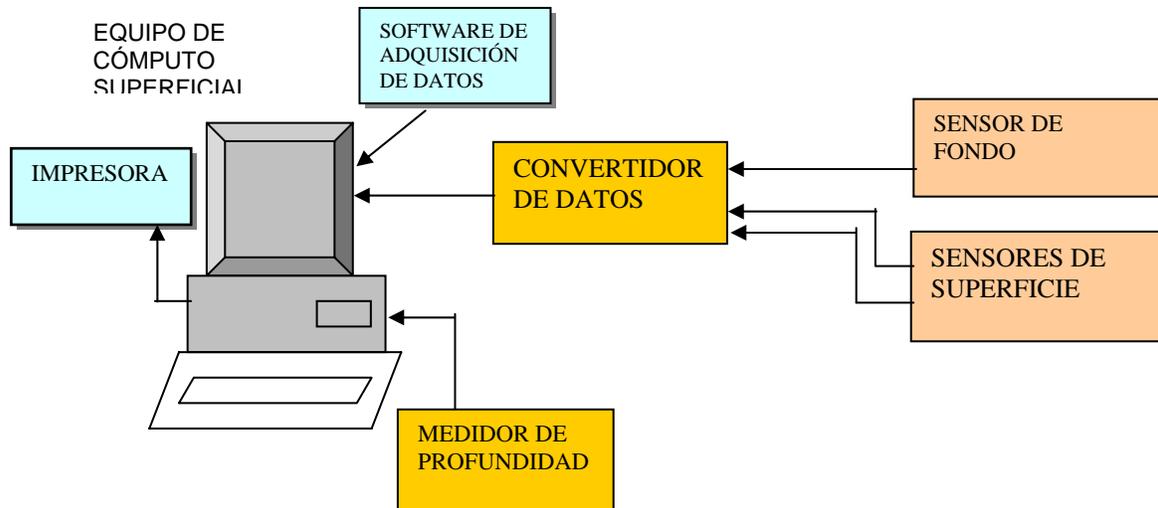


Figura 2.2 Estructura del hardware del sistema de adquisición de datos.

2.3 HARDWARE

Conforme a lo definido anteriormente el diseño del hardware se dividió en cinco partes principales:

- 1.- El sensor de fondo
- 2.- Los sensores de superficie
- 3.- El convertidor de datos
- 4.- El medidor de profundidad
- 5.- El equipo de cómputo superficial

y se definieron características generales como:

- Equipo de impresión de uso continuo compartido entre módulos de adquisición.
- Conexión de sensores de superficie centralizados en una caja de distribución.
- Sensores de superficie para operar en ambientes marinos.

- Sensor de fondo para operar en altas presiones y temperaturas.
- Equipo de cómputo superficial de tipo industrial.
- Tarjetas de circuito impreso con protección para ambientes marinos.
- Cables de conexión de uso industrial e instrumentación.
- Conectores de alta confiabilidad para operar en ambientes marinos.
- Equipo de superficie con accesorios contra vibración.
- Equipo integrado en gabinete normalizado de 19 pulgadas con accesorios para absorción de vibración.
- Equipo alternativo de alimentación con capacidad para soportar al sistema durante dos horas, se definió utilizar una fuente de poder ininterrumpible (UPS).
- Equipo para filtrado de ruido inducido a través de la alimentación eléctrica.

Las figuras 2.3 y 2.4 muestran los diagramas generales a cuadros y del sistema integrado en gabinete.

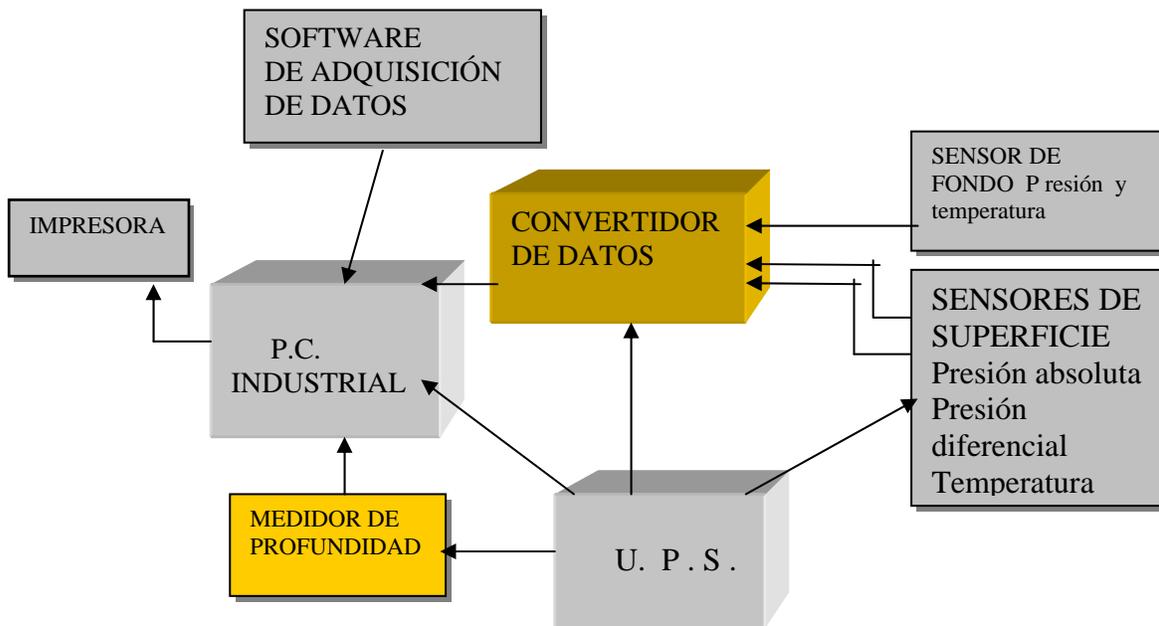


Figura 2.3 Diagrama general a bloques del sistema.

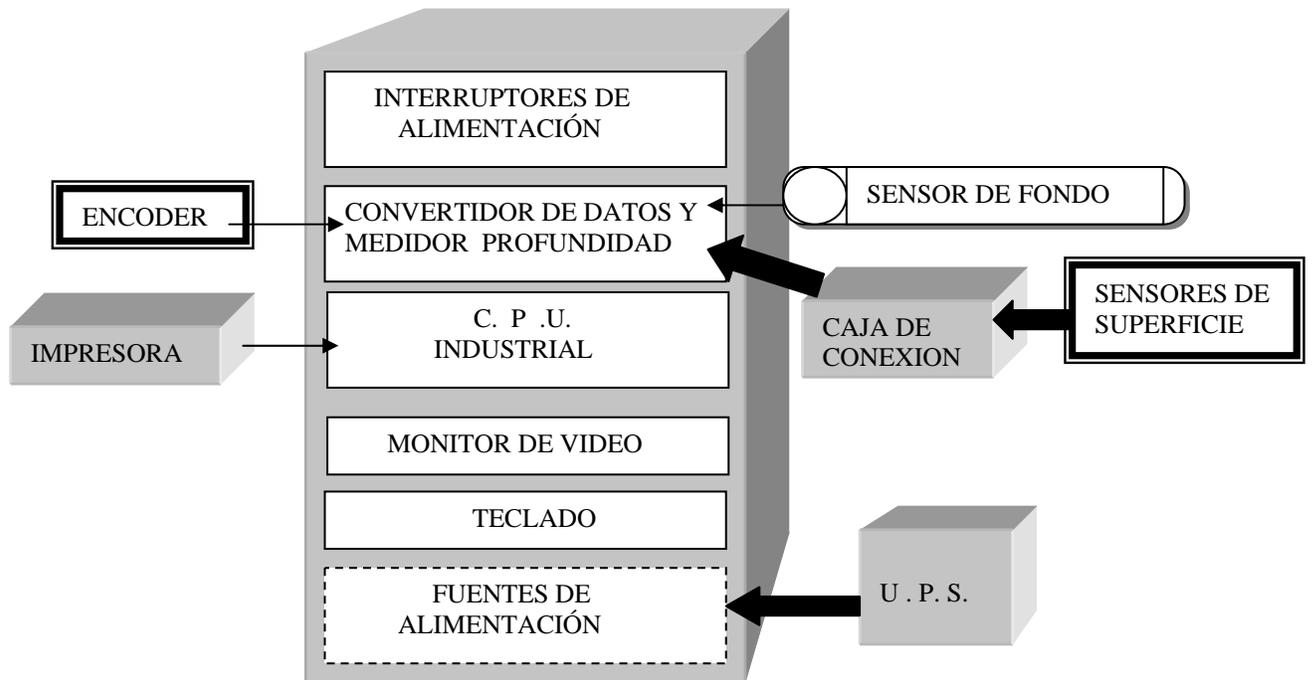


Figura 2.4 Diagrama general del sistema integrado en gabinete.

2.3.1 SENSOR DE FONDO

El sensor de fondo es el elemento del sistema de adquisición de datos a través del cual se realiza la función de medir la presión y temperatura de los fluidos producidos que fluyen al pozo. Dicho sensor se introduce al pozo a través de un cable eléctrico especial, por medio del cual se le provee la energía de alimentación y se transmiten las señales eléctricas generadas por el sensor al medir las variables de presión y temperatura de los hidrocarburos producidos por el yacimiento. Las figuras 2.5 y 2.6 muestran respectivamente el sensor de fondo con sus componentes principales y el diagrama a bloques general.

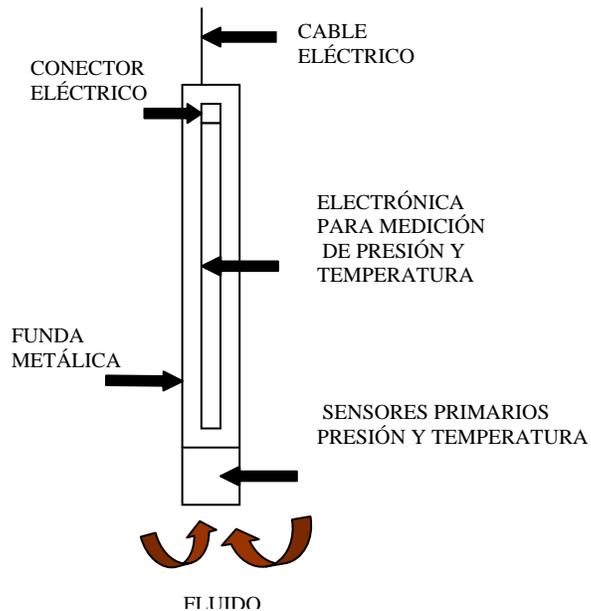


Figura 2.5 Diagrama del sensor de fondo.



Figura 2.6 Diagrama general a bloques del sensor de fondo.

El sensor de fondo está constituido principalmente por una sección de sensores primarios que sirven para medir la presión y la temperatura, una sección electrónica que acondiciona las señales de presión y temperatura para ser enviadas a la superficie a través del cable eléctrico y una funda metálica cilíndrica para proteger los sensores primarios y los circuitos electrónicos.

El sensor primario de presión está constituido por un circuito oscilador RC que genera una frecuencia proporcional a la presión del fluido aplicada a un transductor de presión de tipo capacitivo que forma parte del circuito oscilador. También se utilizan los transductores de tipo piezoeléctrico como los cristales de cuarzo, la sal de Rochelle y el titanito de bario que generan un voltaje proporcional a la presión aplicada. El encapsulado es normalmente metálico y de forma cilíndrica [7][8].

El sensor primario de temperatura normalmente es un elemento transductor de tipo resistivo el cual cambia su valor de resistencia eléctrica conforme a los cambios de temperatura del fluido a medir, dicho comportamiento es representado por la siguiente ecuación.

$$R_t = R_{ref} (1 + \alpha \Delta T) \quad (2.1)$$

Donde R_t = resistencia del conductor a la temperatura t en °C.

R_{ref} = resistencia a la temperatura de referencia, normalmente 0 °C.

α = coeficiente de temperatura del elemento resistivo, con un valor de 0.00385 ohms / °C para RTD de platino.

ΔT = diferencia entre la temperatura de referencia y la de operación.

Los transductores de temperatura utilizados en los sensores de fondo son de los tipos RTD alambre de platino y los termistores. El encapsulado normalmente es de cerámica y de formas cilíndrica, de disco o rectangular teniendo dimensiones de unos cuantos milímetros. [7]. Las figuras 2.7 y 2.8 en el apéndice A muestran los transductores de presión y temperatura utilizados en los sensores de fondo.

Conforme a los requerimientos de operación definidos se realizó el diseño del sensor de fondo. Primeramente se definieron los sensores primarios, considerando las condiciones de operación:

Sensor primario de presión.-Se define de tipo capacitivo ya que soporta mayor rango de golpeo y vibración que los sensores primarios tipo cristal que sufren fracturas con mayor facilidad lo que resultaría en mal funcionamiento.

De acuerdo al rango máximo de presión definido y considerando un margen de seguridad, se define que el sensor primario debe tener un rango de medición de 0 a 17000 psia y tiempo de respuesta máximo de 1 segundo.

Sensor primario de temperatura.- Se define que sea de tipo RTD de platino y ya que su respuesta es rápida y lineal, y cubre perfectamente el rango de medición definido de 0 a 175 °C considerando margen de seguridad, así como el tiempo de respuesta de 1 segundo requerido. Además es pequeño lo que facilita el diseño del sensor de fondo.

Funda protectora.- Este elemento del sensor de fondo sirve para proteger a los sensores primarios y a la electrónica, de los fluidos producidos, vibración y golpes en la operación. Dicha funda es de forma cilíndrica, de material metálico y resistente a la corrosión, ya que la mayoría de los fluidos producidos en los yacimientos contienen H₂S. Dentro de sus características principales se incluyen el resistir altas presiones y ser herméticos para evitar la introducción de fluido al interior del sensor de fondo y el mal funcionamiento de la electrónica.

Esta funda también incluye conectores eléctricos de alta confiabilidad para garantizar una buena conexión al cable eléctrico a través del cual se envían las señales de las variables medidas y se recibe la energía de alimentación del convertidor de datos en superficie. También incluye conectores mecánicos confiables para evitar estrangulamientos o rupturas del cable eléctrico que pueden resultar en dejar dentro del pozo el sensor de fondo.

Tomando en cuenta el diámetro interno mínimo de 3.5 pulgadas de la tubería de producción, se define que la funda sea de un diámetro máximo externo de 1.5 pulgadas a fin de no provocar problemas de fluidez del hidrocarburo. Considerando que la máxima presión es de 15000 psia, se determina que la funda debe soportar hasta 20000 psia a fin de tener margen de seguridad. Referente al

material utilizado se seleccionó el titanio ya que soporta el gas corrosivo H_2S y es fácil de manejar en el proceso de fabricación.

La funda es hermética con sellos de alta presión y temperatura a fin de evitar la introducción de hidrocarburos al interior del sensor lo que causaría mal funcionamiento. El conector de señal de salida del sensor de fondo es de alta confiabilidad y de uso industrial para garantizar una adecuada conexión al cable por medio del cual se envía la señal a superficie.

La figura 2.9 muestra los sensores primarios de presión y temperatura, y el soporte de las tarjetas electrónicas.



Figura 2.9 Sensores primarios de presión y temperatura y soporte de tarjetas electrónicas.

Electrónica del sensor de fondo.-Después de haber definido los sensores primarios de presión, temperatura y la funda protectora, se continuó con el diseño de la electrónica. Esta sección del sensor de fondo está constituida por circuitos electrónicos que sirven para acondicionar, mezclar o seleccionar las señales de frecuencia generadas en los sensores primarios de medición de presión y temperatura, para que puedan ser enviadas y leídas dichas señales en el convertidor de datos instalado en la superficie del pozo.

Esta sección utiliza elementos electrónicos de alto rechazo al ruido y operación en alta temperatura a fin de evitar fallas por calentamiento cuando el sensor es introducido al pozo. Dicha electrónica se definió realizarla en dos tarjetas a fin de facilitar las pruebas, el diagnóstico y corrección de fallas, como se muestra en la figura 2.10. Una tarjeta contiene el circuito oscilador y acondicionamiento de la señal de presión, el circuito de conmutación y selección y un circuito divisor por cuatro de las señales de presión y temperatura a fin de manejar rangos de frecuencia que no sean atenuadas por el cable monoconductor especial utilizado para enviar dichas señales a superficie.

La segunda tarjeta contiene el circuito de acondicionamiento y conversión de voltaje a frecuencia de la señal de temperatura y el circuito de alimentación regulada.

Las tarjetas de circuito impreso son recubiertas con una capa de material anticorrosivo y antioxidante para protección contra el ambiente marino, a fin de garantizar buen funcionamiento.

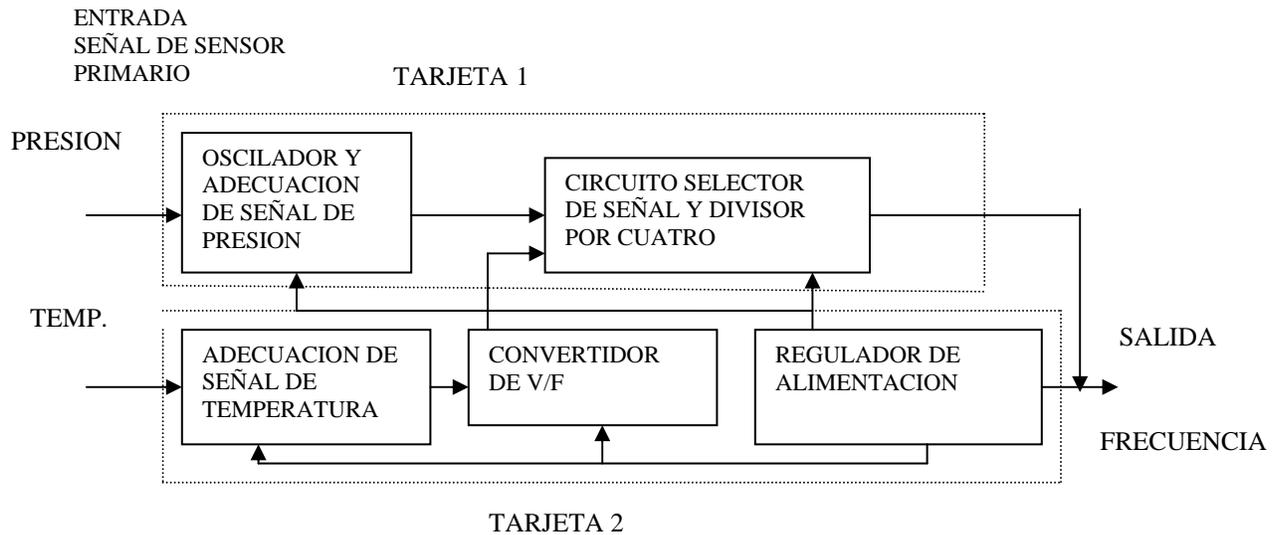


Figura 2.10 Diagrama a bloques de la electrónica del sensor de fondo.

El diagrama de la electrónica del sensor de fondo se muestra en la figura A1 en el apéndice A.

La figuras 2.11 y 2.12 muestran las tarjetas de la electrónica y el sensor de fondo, respectivamente.



Figura 2.11 Tarjetas electrónicas del sensor de fondo



Figura 2.12 Sensor de fondo.

Las características del sensor de fondo son las siguientes:

Sensores primarios: Sensor de presión tipo capacitivo.

Sensor de temperatura tipo RTD.

Rango de medición: Para la presión de 0 a 17000 psia.

Para la temperatura de 0 a 175 ° C.

Exactitud: Para la medición de presión de ± 0.04 %.

Para la medición de temperatura es de ± 0.5 %.

Resolución: Para la medición de presión de 0.5 psia.

Para la medición de temperatura es de 0.5° C.

Funda protectora: Titanio, diámetro externo de 1.5 pulgadas.

La tabla 2.1 en el apéndice A, resume las características del sensor de fondo.

2.3.2 SENSORES DE SUPERFICIE.

Los sensores de superficie son instalados en el árbol de válvulas de control para medir la presión de cabeza de pozo y en la tubería de conexión de un contenedor separador de medición de gas - líquido, como se muestra en la figura 2.1. Estos sensores electrónicos sirven para medir presiones absolutas, presiones diferenciales y temperaturas que son utilizadas para realizar el cálculo de los gastos de gas y aceite producidos por el pozo, con base en un elemento primario de diferencial de presión. Para la medición de los gastos de gas y aceite, también pueden ser utilizados sensores o medidores para medir la velocidad de los fluidos producidos, para realizar el cálculo de los gastos. Dentro de los sensores o medidores de velocidad que se utilizan están los de tipo turbina y ultrasonido mostrados en el apéndice B[9][10].

Conforme a la infraestructura definida y al equipo de medición disponible, en este caso el separador medidor de gas – líquido con dispositivos primarios de medición tipo placa de orificio, se definió utilizar sensores de presión diferencial, presión absoluta y temperatura para realizar la medición de las variables correspondientes en las tuberías de salida y calcular los gastos de gas y aceite producidos por el pozo.

Conforme a la norma ANSI/API 14.31 y 2530 para medición de gas y líquido, cuando se utilizan placas de orificio se deben aplicar las ecuaciones normalizadas 2.2 para cálculo de gasto de gas y la 2.3 para el cálculo de gasto de aceite, volumétricos[11].

$$Q_{vg} = C_g \sqrt{h_w P_f} \quad (2.2)$$

$$Q_{vo} = C_o \sqrt{h_w} \quad (2.3)$$

Donde:

Q_{vg} = Gasto volumétrico de gas a condiciones estandarizadas, en pies cúbicos por hora a 60 °F.

Q_{vo} = Gasto volumétrico de aceite a condiciones estandarizadas, en galones por hora a 60 °F.

h_w = Presión diferencial en la placa de orificio, en pulgadas de agua.

P_f = Presión estática del fluido, en psia.

C_g = Constante de flujo del orificio para medición de gas.

$$C_g = F_b \times F_r \times Y \times F_{pb} \times F_{tb} \times F_{tf} \times F_{gr} \times F_{pv} \times F_a$$

F_b = Factor básico del orificio.

F_r = Factor del número de Reynolds.

Y = Factor de expansión.

F_{pb} = Factor de presión base.

F_{tb} = Factor de temperatura base.

F_{tf} = Factor de temperatura del fluido.

F_{gr} = Factor de gravedad específica.

F_{pv} = Factor de supercompresibilidad.

F_a = Factor de expansión térmico del orificio.

C_o = Constante de flujo del orificio para medición de aceite.

$$C_o = F_b \times F_{gt} \times F_{rv} \times F_a$$

F_b = Factor básico del orificio.

F_{gt} = Factor de gravedad específica y temperatura.

F_{rv} = Factor del número de Reynolds - viscosidad.

F_a = Factor de expansión térmico del orificio.

De acuerdo a las condiciones de instalación dentro de las cuales existen diversas fuentes de ruido que afectan las señales de salida de los sensores y que además se requiere de cables de longitud considerable para su conexión, se definió utilizar el estándar de lazo de 4- 20 mA de corriente directa a fin de minimizar errores en la medición por ruido inducido o radiado y pérdidas de señal por longitud de cable. Además dicho estándar da la facilidad de convertir la señal de corriente a voltaje directamente a través de una resistencia muestreadora de precisión[12].

Para cada uno de los sensores se incluyó una fuente controlada de corriente directa de 4-20 mA y un regulador de voltaje para asegurar que la señal de salida sea independiente del voltaje de la fuente de alimentación externa.

El circuito eléctrico de conexión de los sensores de superficie con lazo de corriente de 4-20 mA se muestra en la figura 2.13, el cual está conformado por una fuente de voltaje que alimenta al sensor de superficie y una resistencia de alta precisión de 250 ohms por la cual circula la corriente de 4-20 mA produciendo un voltaje de 1-5 voltios que es proporcional a la corriente y a la variable medida, ya sea presión absoluta, presión diferencial, temperatura o flujo. El voltaje producido en la resistencia es enviado a la sección convertidora de datos de superficie para convertirlo en un dato digital que es leído por el equipo de cómputo superficial a través del software de adquisición, como se muestra en la figura 2.14.

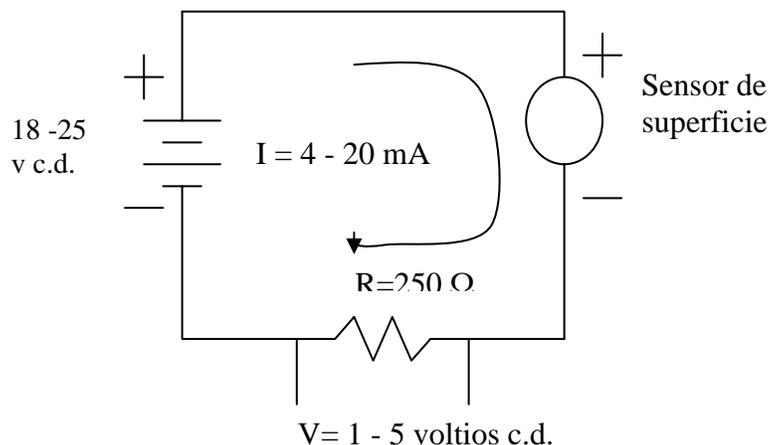


Figura 2.13 Circuito eléctrico de lazo de corriente.

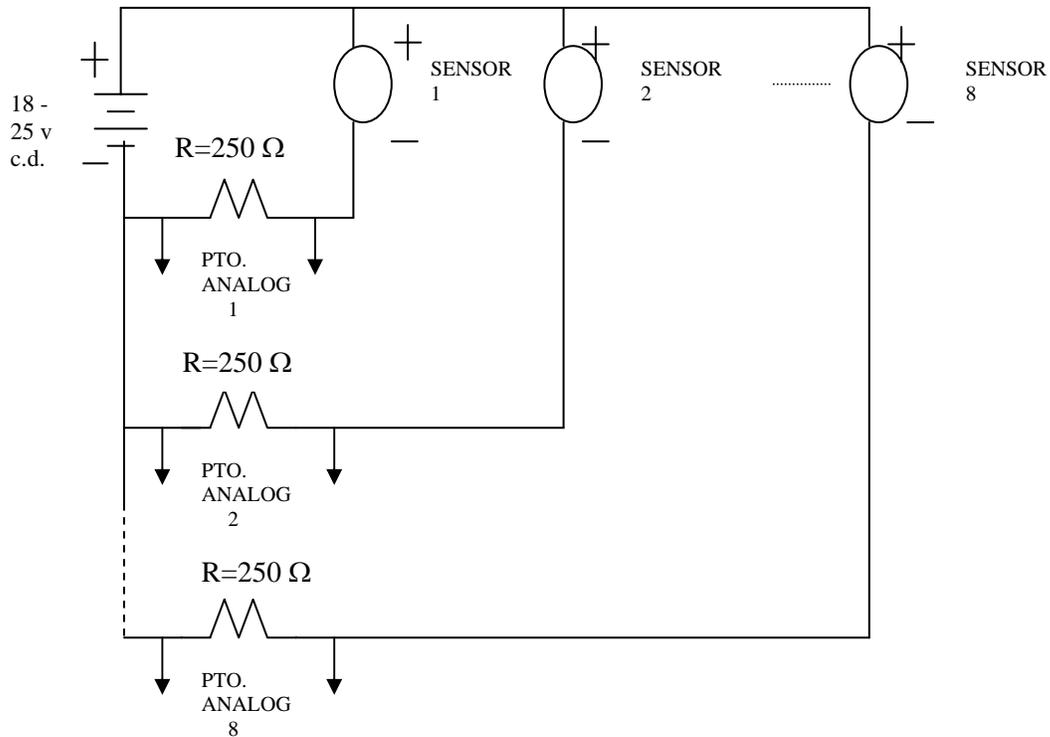


Figura 2.14 Circuito general de conexión de sensores de superficie.

2.3.2.1 SENSOR DE TEMPERATURA.

El sensor de temperatura realiza la función de medir la temperatura del gas y aceite producidos, dichas mediciones son utilizadas para realizar el cálculo de gastos de gas y aceite. Este sensor está constituido por un sensor primario tipo RTD protegido por una funda metálica, una sección electrónica que contiene circuitos para acondicionar la señal generada por el sensor primario, una funda metálica de protección de los circuitos, con conexión para la toma de la señal de salida. Dicha señal de salida es lineal a la variable de temperatura del fluido [7].

El sensor de temperatura se definió de acuerdo a las condiciones de operación y los requerimientos definidos, con las siguientes características:

Sensor primario tipo RTD.- ya que su respuesta es rápida y lineal y cubre el rango de medición requerido de 0 a 125 °C.

- El RTD es protegido por una funda metálica resistente a la corrosión y soporta altas presiones hasta de 4000 psia.
- Electrónica del sensor.- Esta sección está constituida por un circuito puente de resistencias, un circuito acondicionador de la señal y un circuito de fuente de corriente controlada de 4-20 mA. La figura 2.15 muestra el diagrama a cuadros de la electrónica del sensor.
- La señal de salida del sensor es lineal y proporcional a la señal de corriente de 4-20 mA, correspondiente a la calibración del sensor de 0 a 125 °C realizada a través de esta sección electrónica. Es decir 0 °C corresponden a 4 mA y 125°C corresponden a 20 mA, como se muestra en la figura 2.16.
- Las tarjetas de circuito impreso son cubiertas con material anticorrosivo y antioxidante para evitar mal funcionamiento.

La figura 2.17 muestra el diagrama del sensor de temperatura.

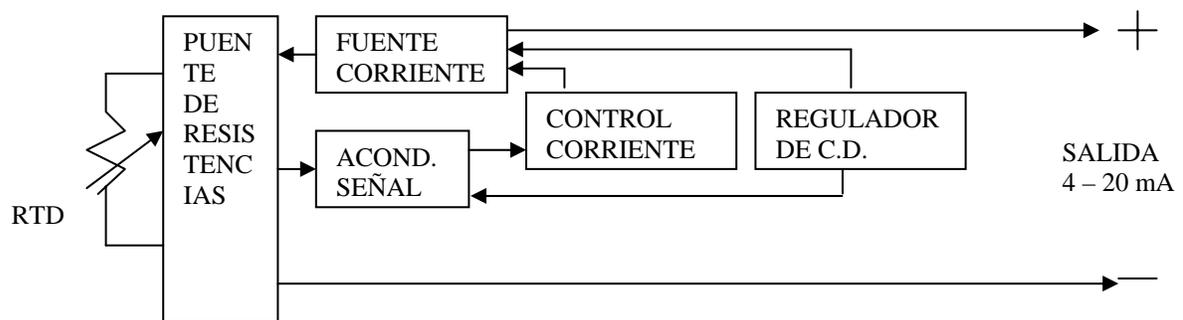


Figura 2.15 Diagrama a bloques de la electrónica del sensor de temperatura.

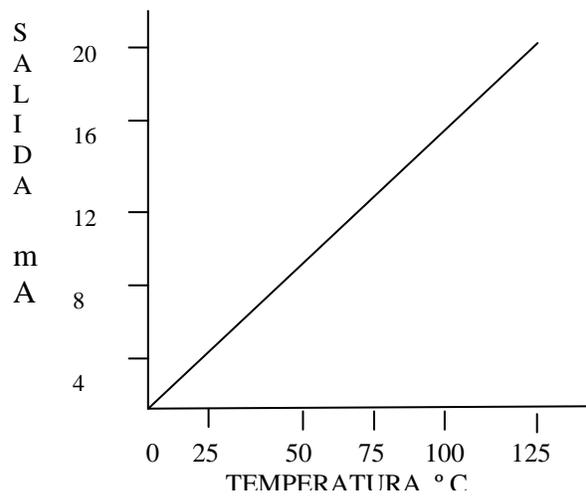


Figura 2.16 Respuesta del sensor de temperatura.

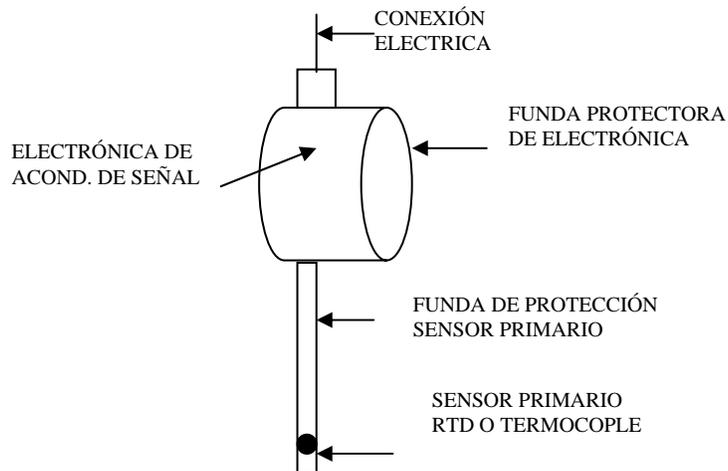


Figura 2.17 Diagrama del sensor de temperatura.

A fin de cumplir con las normas de seguridad establecidas para la instalación de equipo de medición en áreas peligrosas, se definieron las siguientes:

Características mecánicas:

- Funda metálica, hermética y a prueba de explosión.
- Conector de señal de salida de alta confiabilidad y adecuado para operar en ambiente marino.
- Conector mecánico de alta seguridad para instalación en tubería de alta presión.

Conforme a las condiciones de operación establecidas, se definieron las siguientes características del sensor:

- Presión ambiental de 14.7 psia.
- Temperatura de -20°C - 85°C .
- Humedad de 0 – 100%.
- Corrosión de 0 –10 ppm de H_2S .
- Vibración de 0 – 17 Hz.

La figura 2.18 muestra el sensor de temperatura utilizado en el sistema.



Figura 2.18 Sensor de temperatura utilizado en el sistema.

La tabla 2.2 en el apéndice A resume las características del sensor de temperatura.

2.3.2.2 SENSOR DE PRESIÓN ABSOLUTA.

El sensor de presión absoluta realiza la función de medir la presión del gas y aceite producidos, dichas mediciones son utilizadas para calcular los gastos de gas y aceite. Este sensor está constituido normalmente por un sensor primario tipo capacitivo que forma parte de un oscilador, una sección electrónica que contiene circuitos para acondicionar la señal medida por el sensor primario, fundas metálicas para protección del sensor primario y de los circuitos, con conexión para la toma de señal de salida. Dicha señal de salida es lineal a la variable de presión absoluta del fluido.

Conforme a los requerimientos establecidos y a las condiciones de operación, el sensor de presión absoluta se definió con las siguientes características:

- Sensor primario tipo capacitivo de diafragma.- La respuesta es suficientemente rápida para seguir los cambios de presión del fluido y cubre el rango de medición requerido de 0 a 4000 psia para la medición en cabeza de pozo y de 0 a 1600 psia para la medición en tuberías de salida de gas y aceite en el separador de medición.

El diafragma es de material antioxidante y capaz de operar en tuberías con alta presión hasta de 6000 psia.

- Electrónica del sensor.- Esta sección está constituida por un oscilador, un circuito acondicionador de la señal y un circuito de fuente de corriente controlada de 4-20 mA. La figura 2.19 muestra el diagrama a cuadros de la electrónica del sensor.

La señal de salida del sensor es lineal y proporcional a la señal de corriente de 4-20 mA, correspondiente a la calibración del sensor de 0 a 4000 psia realizada a través de esta sección electrónica. Es decir 0 psia corresponden a 4 mA y 4000 psia corresponden a 20 mA, como se muestra en la figura 2.20.

- Las tarjetas de circuito impreso son protegidas con material anticorrosivo y antioxidante para evitar mal funcionamiento.

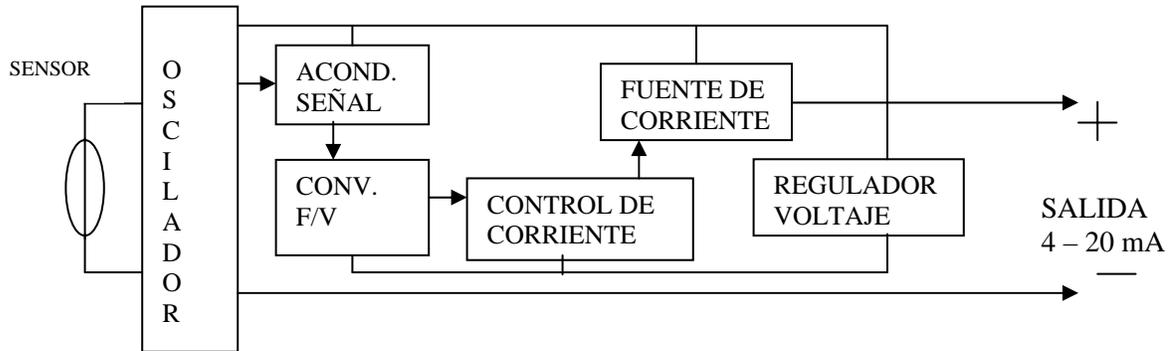


Figura 2.19 Diagrama a cuadros de la electrónica del sensor de presión absoluta.

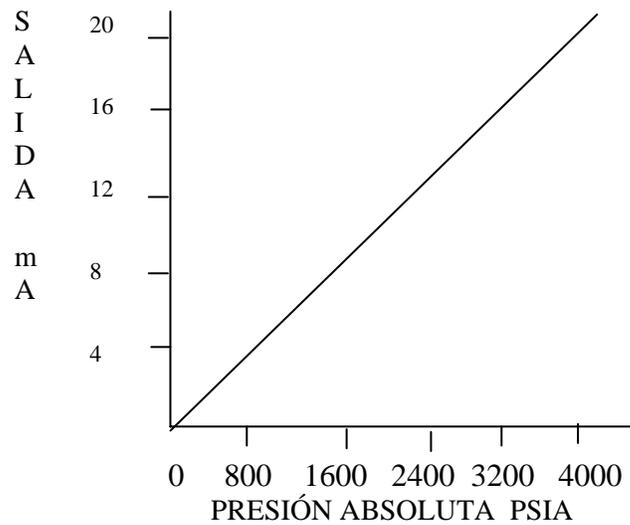


Figura 2.20 Respuesta del sensor de presión absoluta

La figura 2.21 muestra el diagrama del sensor de presión absoluta tipo superficie.

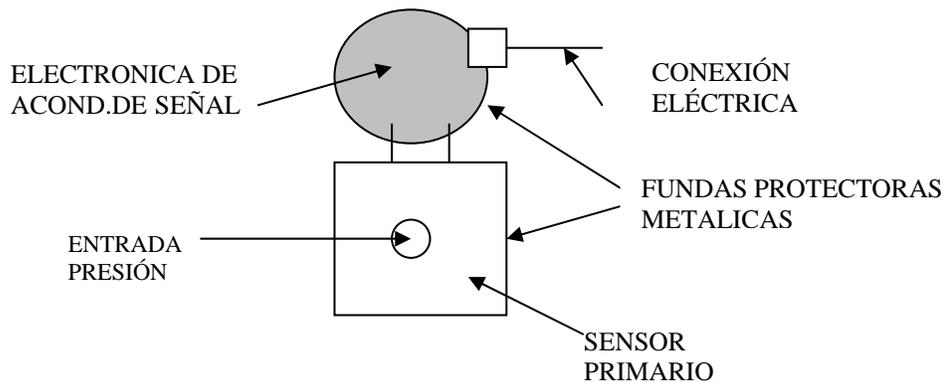


Figura 2.21 Diagrama del sensor de presión absoluta

A fin de cumplir con las normas de seguridad establecidas para la instalación de equipo de medición en áreas peligrosas, se definieron las siguientes:

Características mecánicas:

- Funda metálica, hermética y aprueba de explosión.
- Conector de señal de salida de alta confiabilidad y adecuado para operar en ambiente marino.
- Conector mecánico de alta seguridad para alta presión con válvula de control de fluido y accesorios de sujeción del sensor. a tubería.

Conforme a las condiciones de operación establecidas, se definieron las siguientes características del sensor:

Condiciones de operación:

- Presión ambiental de 14.7 psia.
- Temperatura de -20°C a 85°C .
- Humedad de 0 a 100%.
- Corrosión de 0 a 10 ppm de H_2S .
- Vibración de 0 a 17 Hz.

La figura 2.22 muestra el sensor de presión absoluta utilizado en el sistema.



Figura 2.22 Sensor de presión absoluta utilizado en el sistema.

La tabla 2.3 en el apéndice A resume las características del sensor de presión absoluta.

2.3.2.3 SENSOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL.

La función de este sensor es medir la diferencia de presión que se produce cuando el gas o aceite pasa a través de una placa de orificio, lo cual se representa por la siguiente ecuación:

$$\Delta P = P_1 - P_2 \quad (2.4)$$

Donde: ΔP es la diferencial de presión medida.

P_1 es la presión del fluido antes de pasar por la placa de orificio.

P_2 es la presión del fluido después de pasar por la placa de orificio.

Dicha medición de presión diferencial es utilizada para calcular el gasto de gas y aceite. El sensor de presión diferencial está constituido normalmente por un sensor primario tipo capacitivo diferencial que forma parte de un oscilador, una sección electrónica que contiene circuitos para acondicionar la señal generada por el sensor primario, fundas metálicas para protección del sensor primario y de los circuitos, con conexión para la toma de señal de salida. Dicha señal de salida es lineal a la variable de presión diferencial del fluido.

De acuerdo a las necesidades planteadas, el sensor de presión diferencial se definió con las siguientes características:

- Sensor primario tipo capacitivo de diafragma.- Conforme al proceso y al dispositivo primario de medición utilizado, en este caso la placa de orificio, la respuesta de este tipo de sensor primario es suficientemente rápida para seguir los cambios de presión diferencial del fluido y cubre el rango de medición requerido de 0 a 150 pulgadas de agua.

El diafragma es de material antioxidante y capaz de operar en tuberías con alta presión hasta de 6000 psia.

- Electrónica del sensor.- Esta sección está constituida por un oscilador, un circuito acondicionador de la señal y un circuito de fuente de corriente controlada de 4-20 mA. La figura 2.23 muestra el diagrama a cuadros de la electrónica del sensor.

La señal de salida del sensor es lineal y proporcional a la señal de corriente de 4-20 mA, correspondiente a la calibración del sensor de 0 a 150 pulgadas de agua, realizada a través de esta sección electrónica. Es decir 0 pulgadas de agua corresponden a 4 mA y 150 pulgadas de agua corresponden a 20 mA, como se muestra en la figura 2.24.

- Las tarjetas de circuito impreso son cubiertas de material anticorrosivo y antioxidante para evitar mal funcionamiento.

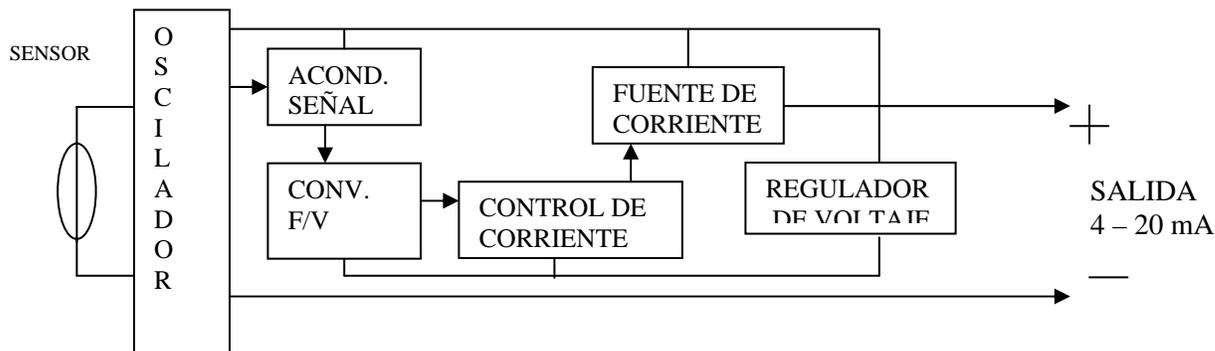


Figura 2.23 Diagrama a cuadros de la electrónica del sensor de presión diferencial

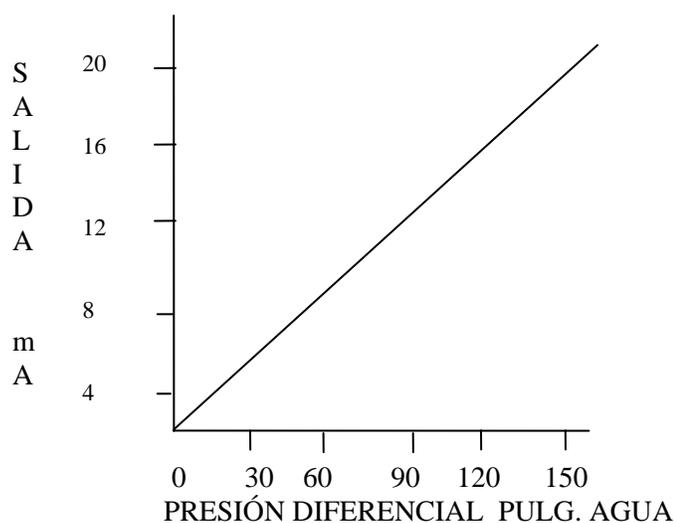


Figura 2.24 Respuesta del sensor de presión diferencial.

Conforme a las normas de seguridad establecidas para la instalación de equipo de medición en áreas peligrosas, se definieron las siguientes:

Características mecánicas:

- Funda metálica, hermética y a prueba de explosión.
- Conector de señal de salida de alta confiabilidad y adecuado para operar en ambiente marino.
- Conectores mecánicos de alta seguridad para alta presión, con válvulas de control de fluido y accesorios de sujeción del sensor a tubería.

De acuerdo a las condiciones de operación establecidas, se definieron las siguientes características del sensor:

Condiciones de operación:

- Presión ambiental de 14.7 psia.
- Temperatura de --20°C a 85°C.
- Humedad de 0 a 100%.
- Corrosión de 0 a 10 ppm de H₂S.
- Vibración de 0 a 17 Hz.

La figura 2.25 muestra el sensor de presión diferencial utilizado en el sistema.



Figura 2.25 Sensor de presión diferencial utilizado en el sistema.

La tabla 2.4 en el apéndice A resume las características del sensor de presión diferencial.

2.3.3 MEDIDOR DE PROFUNDIDAD

Este equipo proporciona la medición de profundidad del pozo a la cual se toman los datos de presión y temperatura, esto es los datos son referenciados a la medición de profundidad, que es una de las especificaciones requeridas. El medidor de profundidad está conformado por tres partes principales:

- a) Un elemento mecánico que normalmente es un juego de poleas que giran por la tracción del cable que introduce el sensor de fondo al pozo. Dichas poleas típicamente tienen un perímetro de un metro, por lo tanto por cada vuelta de la polea se desplaza un metro de cable.
- b) El encoder es el elemento transductor que convierte el movimiento rotatorio a una señal eléctrica de pulsos por unidad de longitud del cable. Este elemento es acoplado mecánicamente al juego de poleas y genera una cantidad fija de pulsos por cada metro de cable desplazado.
- c) La sección electrónica cuantifica la cantidad de pulsos generados, convirtiendo dicha cuenta a un valor digital y su correspondiente valor en metros, además dicho valor es desplegado visualmente y enviado a la computadora.

La figura 2.26 muestra el diagrama a cuadros del medidor de profundidad.

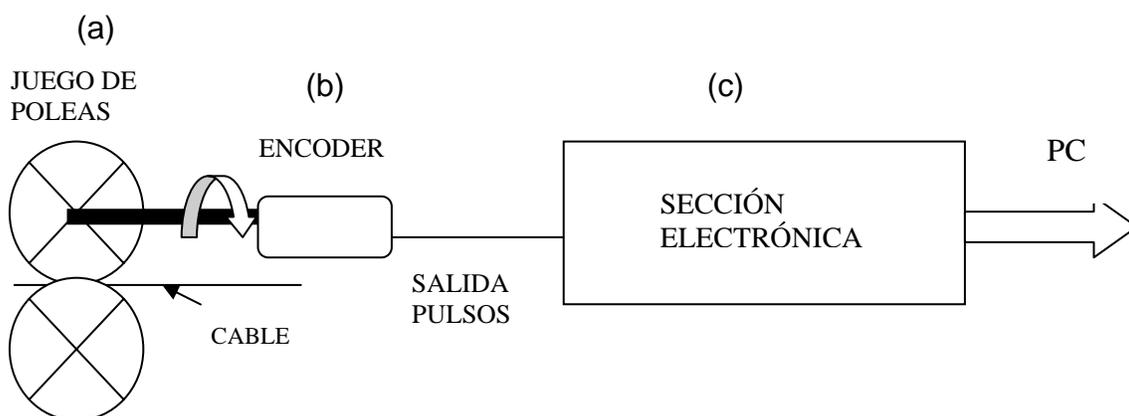


Figura 2.26 Diagrama del medidor de profundidad.

Considerando la infraestructura disponible en la unidad de registro marina, la cual incluye un juego de poleas con perímetro de un metro, se definió que la resolución de la medición de profundidad sea de un centímetro.

Conforme a lo anterior se definieron las siguientes características para el medidor:

- Transductor encoder.- Considerando la resolución de un centímetro, y tener una relación directa entre pulsos generados y longitud de cable desplazado, se definió que el encoder genere 100 pulsos por revolución lo que significa que por cada pulso generado el cable se desplaza un centímetro.
- Rango de medición de 9999.9 metros ya que cubre adecuadamente la máxima profundidad de los pozos en la región marina y se tiene un margen de seguridad para pozos más profundos.
- Comunicación serie RS232 normalizada.
- Genera una señal de dirección de desplazamiento del cable ya que la cuenta se incrementa cuando el sensor de fondo se desplaza hacia abajo y se decrementa con el desplazamiento hacia arriba.
- Sección electrónica .- Esta sección está constituida por tres circuitos principales como se muestra en la figura 2.27.

Un circuito acondicionador de los pulsos generados por el encoder.

Un circuito que incluye un microcontrolador que realiza las funciones de cuantificar los pulsos, procesar dicha cuenta y convertirla a un valor digital en metros, efectúa la comunicación con la PC a través de un puerto serie RS232 para enviar el valor digital de la medición.

- Un circuito de despliegado que sirve para que el usuario visualice el valor de la medición de profundidad.

La figura 2.28 muestra el medidor de profundidad.

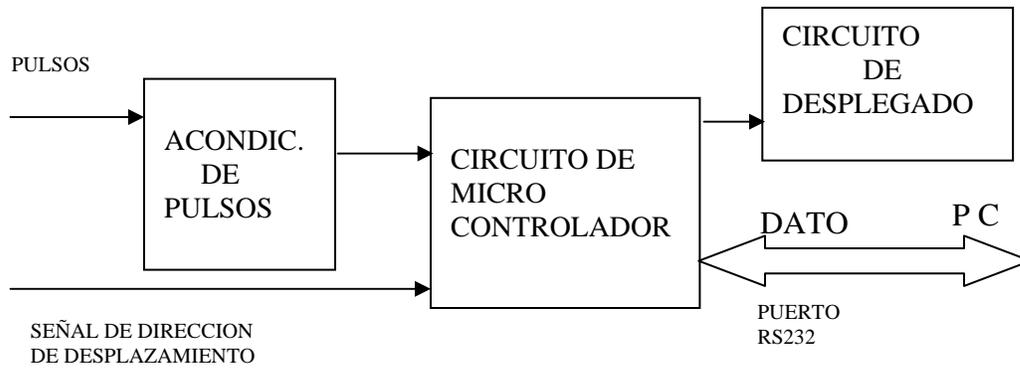


Figura 2.27 Diagrama a cuadros de la electrónica del medidor de profundidad.



Figura 2.28 Medidor de profundidad utilizado.

La tabla 2.5 en el apéndice A lista las características del medidor de profundidad.

2.3.4 CONVERTIDOR DE DATOS.

En este punto se describe el diseño del convertidor de datos del sistema. La función de este elemento es la de convertir a valores digitales las señales correspondientes a las mediciones de presión y temperatura realizadas por el sensor de fondo, así como las de los sensores de superficie correspondientes a la presión absoluta, presión diferencial y temperatura, medidas en la cabeza del pozo y en las tuberías de salida de gas y aceite en el separador de medición. Dichos valores digitales son reconocidos y leídos por el equipo de cómputo superficial a través del software de adquisición de datos.

Para el diseño del convertidor se consideraron los siguientes puntos[13][14].

- 1.- Tipo y rango de las señales de salida del sensor de fondo.
- 2.- Tipo y rango de las señales de salida de los sensores de superficie.
- 3.- Cantidad de señales de entrada.
- 4.- Tiempo de muestreo de las señales a medir.
- 5.- Resolución requerida de cada una de las señales a medir.
- 6.- Condiciones de operación.
- 7.- Condiciones de instalación.

Referente al punto 1, se dispone de dos señales de salida del sensor de fondo tipo frecuencia con rango de 10 a 15 KHz para la presión y de 5 a 9 KHz para la temperatura.

Referente al punto 2, se tienen señales de voltaje de corriente directa con rango de 1 a 5 volts.

Para el punto 3 se consideraron ocho canales para el sensor de fondo, con lo cual se prevee tener disponibilidad de canales en caso de mal funcionamiento de los mismos. También se tienen siete señales de voltaje correspondientes a los sensores de superficie y se define disponer de ocho canales.

Referente al punto 4, de acuerdo al punto 2.2 se definió que el tiempo de muestro es de un segundo para los sensores de fondo, y de un segundo también para los de superficie.

Para el punto 5, se definieron anteriormente las resoluciones, quedando de la siguiente manera: para el sensor de fondo de 0.1°C para la temperatura y de 0.5 psia para la presión, para los sensores de superficie, de 0.5 °C para el de temperatura, de 1.0 psia para los de presión absoluta y de 0.1 pulgadas de agua para los de presión diferencial.

Para el punto 6 las, condiciones de operación son: temperatura de 0 a 45 °C, presión ambiental de 14.7 psia, humedad 90%, corrosión de 10 ppm de H₂S, vibración de 0 a 17 Hz.

Para el punto 7, el convertidor se instala en gabinete adecuado para integrarse en gabinete estandarizado de 19 pulgadas.

Después de haber definido los puntos anteriores se continuó con el diseño de la electrónica la cual se determinó realizarla en dos secciones con el objetivo de facilitar las pruebas, el diagnóstico y corrección de fallas, como se muestra en la figura 2.29.

Una sección que convierte las señales de presión y temperatura de los sensores de fondo y la otra sección convierte las señales generadas en los sensores de superficie.



Figura 2.29 Diagrama general del convertidor de datos.

2.3.4.1 SECCION CONVERTIDORA DE DATOS DE SENSORES DE FONDO.

Esta sección convierte a valores digitales las señales de frecuencia correspondientes a la medición de presión y temperatura.

Habiendo definido el tipo y rango de las señales generadas en el sensor de fondo, se definió utilizar décadas contadoras de frecuencia para convertir en forma directa a valor digital dichas frecuencias, las cuales son leídas por la PC a través de los puertos de entrada salida. Los valores de presión y temperatura en unidades de ingeniería son calculados por la PC a través del software de adquisición de datos, teniendo como referencia el archivo de datos de calibración de cada sensor de fondo.

El diagrama a bloques de esta sección se muestra en la figura 2.30, la cual está conformada por seis elementos principales:

- a) Un circuito de entrada multiplexor, por medio del cual se selecciona a través de líneas de control de la PC el sensor que se habilita para realizar la medición.
- b) Un circuito acondicionador de señal que filtra y acondiciona las señales de frecuencia correspondientes a la presión y la temperatura.
- c) Un circuito de sincronía y contador de frecuencia, que sincroniza señales de control y convierte a un valor digital las señales de frecuencia correspondientes a la presión y temperatura medidas por el sensor de fondo. Este circuito está conformado principalmente por un circuito de reloj y décadas contadoras.
- d) Un circuito de control que maneja al contador de frecuencia, al circuito de alimentación y al multiplexor, así como la entrada y salida de datos a la PC a través de los puertos.
- e) Un circuito de alimentación que provee la energía a los sensores y es controlado por el circuito de control.
- f) Un circuito de puertos de entrada y salida de datos y señales de control, que realiza la función de interfaz con la PC.

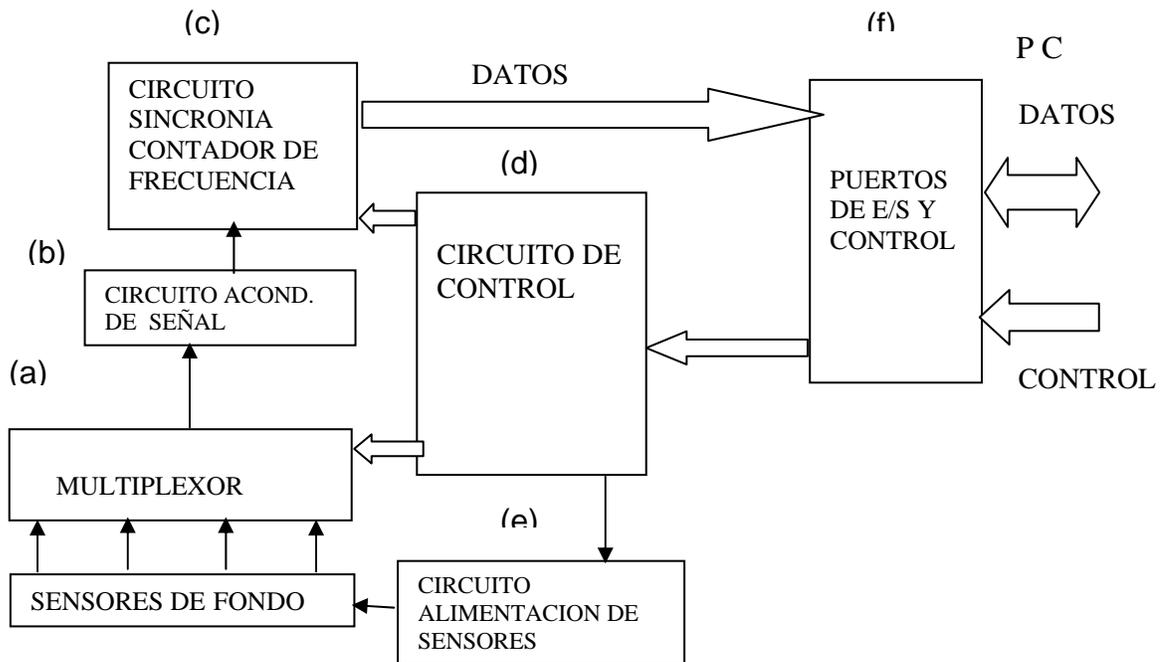


Figura 2.30.-Diagrama del convertidor de datos de sensores de fondo.

2.3.4.2 SECCIÓN CONVERTIDORA DE DATOS DE SENSORES DE SUPERFICIE.

Para el diseño de esta sección se consideraron los siguientes puntos:

- 1.- Se requiere medir en superficie siete puntos, siendo estos, presión absoluta en cabeza de pozo, dos de presión absoluta, dos de presión diferencial y dos de temperatura, en la tubería de salida de gas y aceite.
- 2.- Rangos de las señales de salida de los sensores de superficie.
- 3.- Resolución requerida en la medición de las señales provenientes de los sensores. Conforme a las resoluciones definidas, se tiene para los sensores de presión absoluta de medición en cabeza de pozo y en tuberías de gas y aceite se definieron de 1.0 psia.

Para los sensores de temperatura de medición en tuberías de gas y aceite se definieron de 0.5°C.

Para los sensores de presión diferencial de medición en tuberías de gas y aceite se definieron de 0.1 pulgadas de agua.

Con base en lo anterior se definieron las siguientes características para esta sección:

- Ocho canales analógicos multiplexados, teniendo un canal disponible como medida de seguridad en caso de falla.
- Rango de señales de entrada de 1 a 5 volts de corriente directa.
- Resolución del convertidor de datos A/D.- En este punto se define la resolución del convertidor como sigue[15]:

Partiendo de que la resolución de un convertidor A/D se define como:

$$\text{Resolución} = 1/2^n$$

Donde : n es el número de bits de salida del convertidor .

Tomando en cuenta que comercialmente existen convertidores con resolución de 8, 12 y 16 bits, se calculó:

Para el sensor de presión absoluta de medición en cabeza de pozo definido con un rango de medición de 0 a 4000 psia y resolución de 1.0 psia, y sabiendo que la señal de salida máxima es de 5 volts correspondiente a 4000 psia. Por lo tanto 1.0 psia corresponde a 0.00125 volts, esto significa que el convertidor A/D debe ser capaz de convertir una señal hasta de 1.25 milivolts.

Para un convertidor de 8 bits se tiene :

$$\text{Resolución en volts} = 5.0 / 2^8 = 0.019 \text{ volts}$$

Lo que significa que el convertidor de 8 bits de resolución no es capaz de medir una señal de 1.25 milivolts.

Para un convertidor de 12 bits se tiene :

$$\text{Resolución en volts} = 5.0 / 2^{12} = 0.00122 \text{ volts}$$

Por lo tanto se requiere un convertidor de 12 bits para poder medir la presión de cabeza con la resolución requerida.

Para los sensores de presión absoluta de medición en tuberías de gas y aceite definidos con un rango de medición de 0 a 1600 psia y resolución de 1.0 psia, y sabiendo que la señal de salida máxima es de 5 volts correspondiente a 1600 psia. Por lo tanto 1.0 psia corresponde a 0.0031 volts, esto significa que el convertidor A/D debe ser capaz de convertir una señal hasta de 3.1 milivolts.

De lo anteriormente descrito se deduce que se requiere de un convertidor de 12 bits, ya que el de 8 bits no tiene la capacidad para convertir la señal de 3.1 milivolts.

Para los sensores de presión diferencial de medición en tuberías de gas y aceite definidos con un rango de medición de 0 a 150 pulgadas de agua y resolución de 0.1 , y sabiendo que la señal de salida máxima es de 5 volts correspondiente a 150 pulgadas de agua. Por lo tanto 0.1 corresponde a 0.0033 volts, esto significa que el convertidor A/D debe ser capaz de convertir una señal hasta de 3.3 milivolts. Por lo tanto se deduce que se requiere de un convertidor de 12 bits, ya que el de 8 bits no tiene la capacidad para convertir la señal de 3.3 milivolts.

Para los sensores de temperatura de medición en tuberías de gas y aceite definidos con un rango de medición de 0 a 125 °C y resolución de 0.5 °C y sabiendo que la señal de salida máxima es de 5 volts correspondiente a 125 °C a. Por lo tanto 0.5 °C corresponde a 0.02 volts, esto significa que el convertidor A/D debe ser capaz de convertir una señal hasta de 20.0 milivolts, lo que significa que el convertidor de ocho bits es suficiente para la medición de temperatura.

Concluyendo, el convertidor A/D es de 12 bits a fin de cubrir todas las resoluciones requeridas en las mediciones de variables en superficie.

De acuerdo a lo anteriormente descrito, esta sección está conformada por seis partes principales como se muestra en la figura 2.31:

a) Un circuito acondicionador.- Que filtra y acondiciona las señales generadas en los sensores a ser convertidas a valores digitales en el convertidor A/D.

- b) Un circuito multiplexor.- Realiza la función de seleccionar y rastrear a través de líneas de control, cada una de las señales que es convertida.
- c) Un circuito amplificador.- Que adecúa el nivel de las señales que serán convertidas a valor digital.
- d) El convertidor A/D.- Realiza la función de convertir la señal analógica generada en los sensores a una señal digital adecuada para ser leída por la PC.
- e) El circuito de control y sincronía.- Realiza la función de manejar las señales de control conjuntamente con la PC., así como generar las señales de sincronía para que la sección convertidora funcione adecuadamente.
- f) Un circuito de puertos de entrada, salida de datos y control, que realiza la función de interfase con la PC, y a través de los cuales se leen los datos de las variables medidas en superficie.

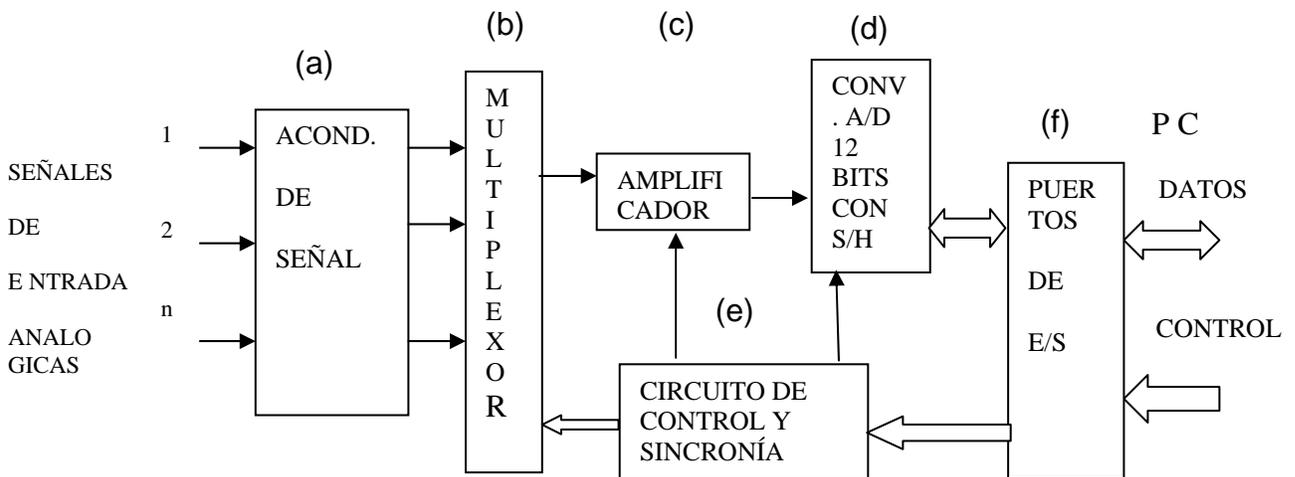


Figura 2.31 Diagrama del convertidor de datos de sensores de superficie.

El diagrama electrónico de la interfaz se muestra en la figura A2 en el apéndice A, así como la tabla 2.6 presenta las características del convertidor de datos

2.3.5 EQUIPO DE CÓMPUTO SUPERFICIAL.

Este equipo realiza las funciones de lectura, monitoreo, procesamiento y almacenamiento de los datos de las variables medidas, envío de datos a la impresora y el control total del sistema a través del software de adquisición.

Está conformado por una computadora y una impresora, las cuales se definen a continuación.

2.3.5.1 LA COMPUTADORA.

De acuerdo a los requerimientos planteados, la infraestructura disponible y las condiciones de operación bajo las cuales funciona el sistema, se definieron las siguientes características:

- Tipo PC industrial.
- Operar en ambiente marino.
- Adecuada para integrarse en gabinete normalizado.
- Sistema operativo Windows 95 o más reciente.
- CPU tipo pentium lo cual proporciona alta velocidad de procesamiento.
- Unidad de disco duro de 100 MB o más.
- Unidad de disco flexible de alta densidad.
- Monitor de video a color de 17pulgadas para tener mayor visualización de gráficos y datos.
- Teclado estandar tipo retractil.
- Tarjetas de circuito impreso protegidas con material antioxidante y anticorrosivo.
- Adecuada con accesorios para soportar vibración.
- Conectores de alta confiabilidad y soportar ambiente marino.
- Gabinetes de CPU, monitor y teclado de material antioxidante y anticorrosivo, adecuado para integrarse en gabinete normalizado de 19 pulgadas.

Condiciones de operación:

- Presión ambiental de 14.7 psia.
- Temperatura de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Humedad de 0 a 90 %.
- Corrosión de 0 a 10 ppm de H_2S .
- Vibración de 0 a 17 Hz.

La figura 2.32 muestra el diagrama de la computadora.



Figura 2.32 Diagrama de la computadora industrial utilizada.

La tabla 2.7 en el apéndice A lista las características de la computadora industrial utilizada.

2.3.5.2 LA IMPRESORA.

Este elemento realiza la función de impresión de los datos adquiridos a través de los sensores de fondo y superficie, la fecha y hora, el tiempo de prueba y la profundidad, esto es imprime los datos almacenados en el archivo de datos especificado por el usuario a través de la interfaz grafica de usuario en el software de adquisición de datos del sistema.

Conforme a los requerimientos, la infraestructura disponible y las condiciones de operación bajo las cuales funciona el sistema, se definieron las siguientes características:

- Tipo impacto de matriz de puntos o lasser.- Ya que proporciona buena calidad de la impresión en papel.
- Interfaz a PC- Estandarizada tipo paralelo Centronics.
- De uso continuo.- En algunas ocasiones la operación de adquisición de datos es hasta de veinte días continuos, por lo cual se requiere de una impresora confiable.
- Operación en ambiente marino.- Las partes mecánicas y conectores deben soportar la corrosión y oxidación, así como las tarjetas de circuito impreso.
- Conectores de alta confiabilidad.- Para evitar falsas conexiones que pueden provocar errores en la comunicación con la PC y en la alimentación de energía.
- Tamaño pequeño.- Ya que el espacio disponible dentro de la unidad de registro no permite impresoras de gran tamaño.
- Adecuada con accesorios para soportar vibración.- Esta característica es importante ya que ayuda en gran manera a evitar falsas conexiones y por lo tanto errores en la comunicación con la P.C., además de mantenerla mucho más tiempo en buenas condiciones de operación.

De acuerdo a las condiciones de operación se definieron las siguientes características:

Condiciones de operación:

Presión ambiental de 14.7 psia.

Temperatura de -10°C - 60°C .

Humedad de 0 – 90%.

Corrosión de 0 – 10 ppm de H_2S

Vibración de 0 – 17 Hz.

La tabla 2.8 en el apéndice A lista las características de la impresora utilizada en el sistema.

2.4 INTEGRACIÓN DEL SISTEMA.

Esta etapa se llevó a cabo realizando los siguientes puntos:

- 1).- Elaboración de circuitos electrónicos y prueba de los mismos.
- 2).- Elaboración de tarjetas de circuito impreso, ensamblaje de partes y prueba de las mismas.
- 3).- Ensamblaje de tarjetas y elementos en gabinetes.
- 4).- Elaboración de cables de interfaz, de conexión de sensores y cableado interno del sistema.
- 5).- Integración del hardware del sistema en gabinete.
- 6).- Instalación del software en la PC industrial.

La figura 2.33 presenta el sistema integrado en gabinete.



Figura 2.33 Sistema integrado en gabinete.

DESARROLLO DEL SOFTWARE

3.1 INTRODUCCIÓN

El desarrollo del software tomó en cuenta primordialmente las necesidades del usuario y el hardware diseñado, conforme a dichas necesidades y considerando los conceptos de ingeniería de software se definió un modelo el cual proporciona las características de facilidad de manejo y evolución conforme a la dinámica de operación en la adquisición de datos así como el mantenimiento del mismo[16].

Para dicho desarrollo se resolvió utilizar como plataforma el sistema operativo Windows con lo cual se dispone de las capacidades de manejo de software y herramientas comerciales para desarrollo de programas.

De acuerdo a las necesidades del personal operario y conforme a la investigación detallada de las acciones que se realizan en la operación real de adquisición de datos, se tomaron en cuenta los siguientes puntos generales para el desarrollo del software:

- Fácilmente entendible y operable por personal con conocimientos básicos de computadoras personales.
- Configurable para que el operador tenga alternativas y flexibilidad en la preparación y configuración del sistema, de acuerdo a sus necesidades específicas.
- Congruente con la secuencia real de las acciones efectuadas durante la adquisición de datos.

La secuencia real de acciones que el operador realiza son las siguientes:

1º.- Inicializar o actualizar el tiempo real, ya que se definió que la adquisición de datos sea en tiempo real, así como preparar la unidad de disco de donde se obtendrán los datos de calibración del sensor que mide la presión y temperatura en el fondo del pozo. Esta acción está representada por el submenú “Inicializar equipo de cómputo” mostrado en la figura 3.3.

2º.- Preparar el sistema para la adquisición de datos, esto es configurarlo de tal manera que realice lo que se desea y como se desea que lo ejecute. Esta acción incluye la configuración de puertos y sensores de fondo y superficie, así como el medidor de profundidad y alimentar los parámetros para el cálculo de la medición de gastos de gas y aceite. Esta acción está representada por el submenú “Configurar sistema” mostrado en la figura 3.3.

3º.- Preparar el registro y el medio de salida de los datos adquiridos, esto es inicializar o actualizar el tiempo de adquisición de datos, donde y como se almacenarán los datos y como se presentarán, en este caso se imprimen en papel. Esta acción está representada por el submenú “Inicializar parámetros de operación” mostrado en la figura 3.3.

4º.- Después de haber configurado el sistema se prosigue a realizar la adquisición de datos, esto es, iniciar la medición, monitoreo, almacenaje e impresión de datos, teniendo control para iniciar y parar dicha adquisición. Esta acción está representada por el submenú “Adquisición” mostrado en la figura 3.3.

3.2. ARQUITECTURA

El desarrollo del programa fue realizado tomando como plataforma el software de desarrollo Labwindows CVI, y estructurado con base en menús, submenús, ventanas, acciones y eventos que realizan llamadas específicas a funciones, así como controles ligados a funciones para realizar el control de la operación del sistema. Conforme a los requerimientos planteados por el personal operario del sistema, y características del equipo diseñado, se desarrolló el software de medición, monitoreo y procesamiento de datos de pozos, el cual tiene los siguientes atributos principales[19]:

3.3 ATRIBUTOS DEL SOFTWARE

- Es flexible y configurable por el usuario .
- Fácilmente entendible por el usuario
- Tiene secuencia lógica conforme a la operación real del registro de datos.
- Es interactivo
- Los datos adquiridos son referenciados al tiempo y a la profundidad.
- Tiempo de adquisición seleccionable por el usuario.
- Se adquieren datos en fondo y superficie de pozo.
- Cálculo de la producción de gas y aceite.
- Monitoreo, grabación e impresión de datos.
- Gráfica en plano cartesiano de la presión de fondo contra el tiempo de prueba.
- Grabación de datos en formato ASCII.
- El programa se maneja a través de menús y submenús.
- A través de ventanas de dialogo se realiza la configuración y operación del sistema.
- El menú principal contiene las principales opciones conforme a la operación real de adquisición de datos.
- La referencia de tiempo se monitorea y se graba la fecha y hora reales, así como el tiempo de adquisición de datos o tiempo de prueba durante el cual se registran datos.
- Se monitorea y se graba la profundidad a la cual se registran los datos de fondo de pozo.
- Se despliega una ventana de adquisición de datos en la cual se monitorean todos los datos de las variables medidas tanto en fondo como en superficie, los parámetros principales de la operación del sistema con opción de reconfiguración sin suspender la adquisición de datos.
- Contiene un menú de ayuda que permite al usuario manejar con mayor facilidad el programa así como entender su funcionamiento.

3.4 ESTRUCTURA.

Con base en lo anterior se desarrollaron cuatro módulos principales como se muestra en la figura 3.1.

- a) La interfaz gráfica de usuario.
- b) Adquisición, procesamiento y graficación de datos.
- c) Almacenaje e impresión de datos.
- d) Ayuda para la operación del software.

A través de la interfaz gráfica de usuario el operador realiza la preparación y configuración de cómo desea que funcione el sistema. En el apéndice B se muestra el listado del código de este módulo.

El módulo de adquisición, procesamiento y graficación de datos realiza las funciones de lectura de las variables de medición en fondo y superficie del pozo, monitoreo y procesamiento de los mismos, cálculo de parámetros, lectura y monitoreo del tiempo real, tiempo de prueba, profundidad y la graficación de la presión en fondo contra el tiempo de prueba. En el apéndice B se muestra el listado del código de este módulo.

En el módulo de almacenaje e impresión de datos se efectúan las funciones de grabación en disco de los datos adquiridos, fecha y hora reales, tiempo de prueba y profundidad. Generando un archivo de datos compatible con programas de hoja de cálculo, así como la impresión del mismo. Dicho archivo de datos es utilizado en programas especializados de análisis de pruebas de presión y producción obteniendo la caracterización del sistema pozo – yacimiento, así como el diagnóstico y la evaluación de la producción. En el apéndice B se muestra el listado del código de este módulo.

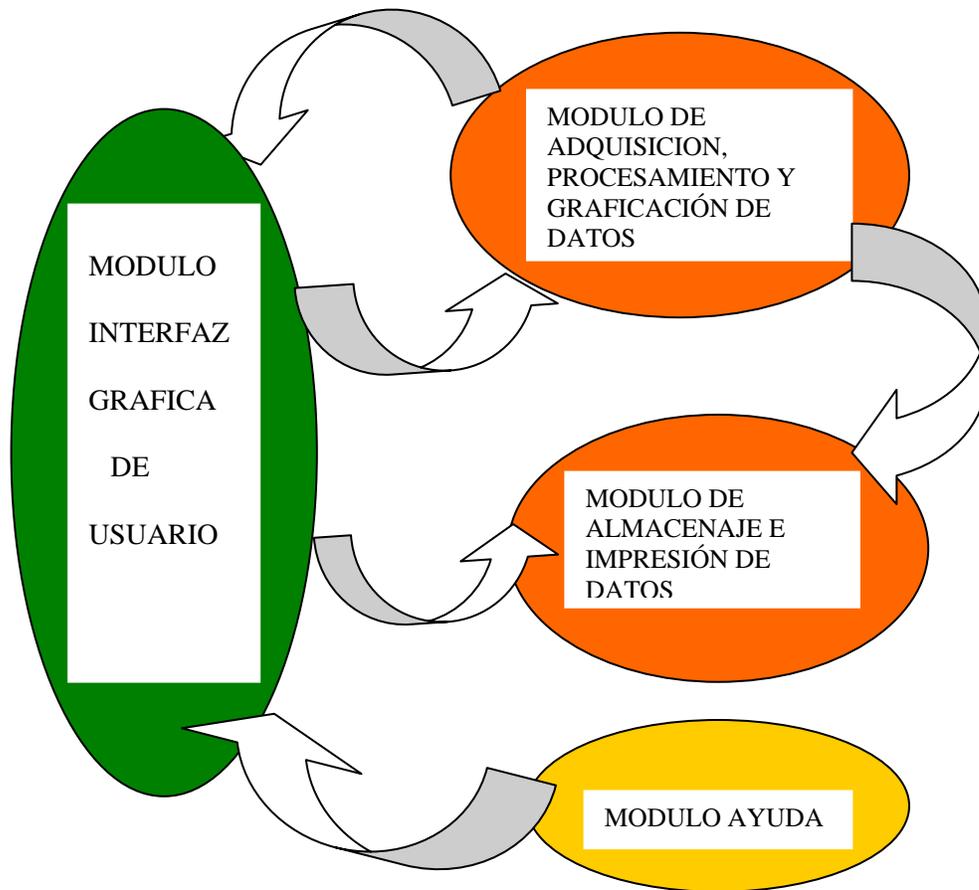


Figura 3.1 Estructura del software del sistema.

El módulo de ayuda despliega ventanas de diálogo y texto que contienen información e instrucciones que facilitan el manejo del software del sistema. En el apéndice B se muestra el listado del código de este módulo.

3.5 INTERFAZ GRAFICA DE USUARIO.

Dentro del software, este módulo es muy importante ya que es el contacto directo entre el operador y el sistema, y de éste depende en gran medida realizar una adecuada operación de adquisición de datos.

Para el desarrollo de la interfaz se tomó en cuenta principalmente la manera en la cual el operador conceptualiza la adquisición y el procedimiento de operación en campo para el registro de datos[15][17].

De acuerdo a lo anterior el módulo de interfaz se diseñó con las siguientes características:

- Facilidad de operación.
- Secuencia de operación lógica y semejante a la operación real.
- Representación exacta del sistema de adquisición de datos.
- Operación consistente y predecible.
- Satisface las expectativas del operador.
- Configurable.

Conforme a dichas características se desarrolló una interfaz gráfica de usuario (GUI) con estructura tipo árbol con base en menús y submenús y ventanas de diálogo, ya que da la facilidad de entender rápidamente el proceso de adquisición y operación del sistema[16].

Las figuras 3.2 y 3.3 muestran la estructura tipo árbol y la estructura de la interfaz gráfica desarrollada.

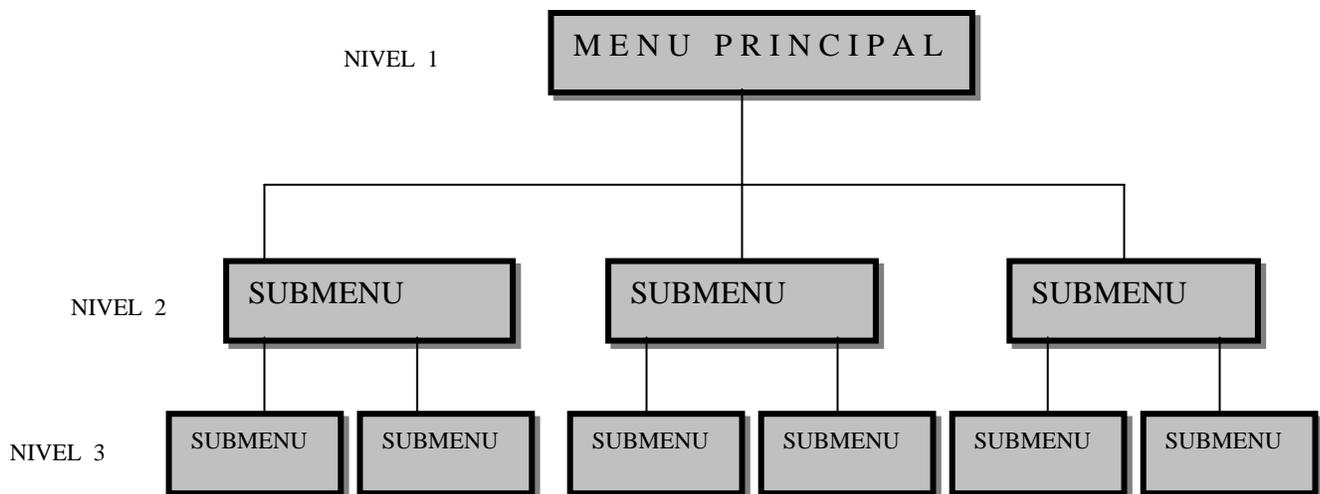


Figura 3.2 Diagrama de una estructura tipo árbol.

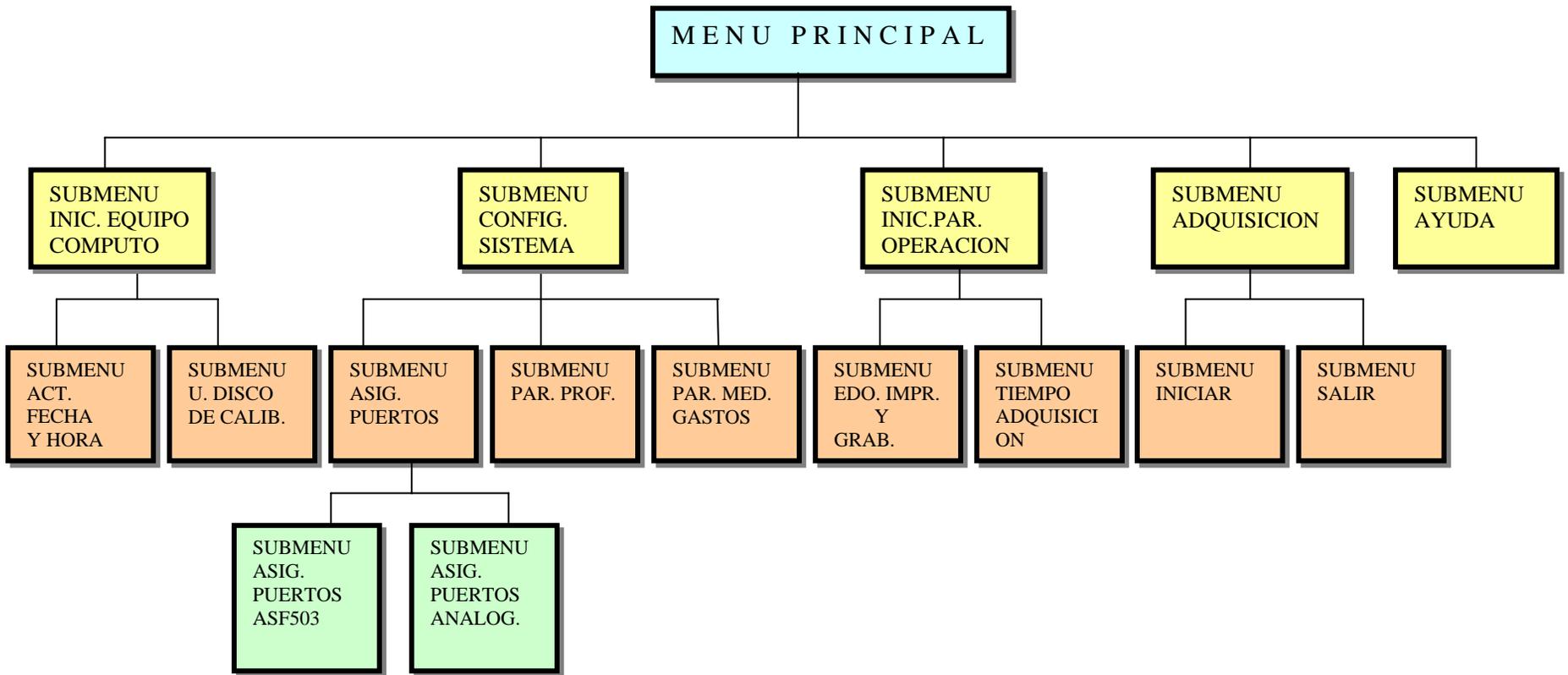


Figura 3.3 Diagrama de la interfaz de usuario.

3.5.1 MENÚ PRINCIPAL.

El menú principal se desarrolló con base en la secuencia de operación en campo que realiza el operador, conteniendo los siguientes submenús:

1).- Inicialización de Equipo de Cómputo.- Ya que una de las necesidades planteadas es que la adquisición tenga como referencia al tiempo, aquí se inicializa o actualiza el tiempo real y fecha del sistema, así como la unidad de disco de donde se toman los datos de calibración de los sensores de fondo.

2).- Configuración de Equipo de Medición.- En este submenú se realiza la configuración de los sensores de fondo y superficie, la actualización de parámetros utilizados para el cálculo de gastos de gas y aceite y de la medición de profundidad.

3).- Inicialización de parámetros de operación.- En este submenú se realiza la inicialización y/o la actualización del estado de la impresión de datos habilitando o deshabilitando esta función.

De igual manera se habilita o deshabilita la función de la grabación de datos en disco, esto es el almacenaje de los datos de las variables medidas por los sensores de fondo y superficie, el tiempo de prueba y la profundidad.

También se inicializa el tiempo de adquisición, esto es se selecciona la frecuencia de lectura de datos de los sensores de fondo y superficie.

4) Adquisición.- A través de este submenú se inicia la adquisición de datos, pudiendo realizar el monitoreo y/o el registro de datos, y la actualización de parámetros del sistema.

5).- Ayuda.- En este submenú el operador dispone de información e instrucciones para poder manejar de manera adecuada el software del sistema .

La figura 3.4 muestra la ventana diseñada para el menú principal de la interfaz de usuario del sistema.

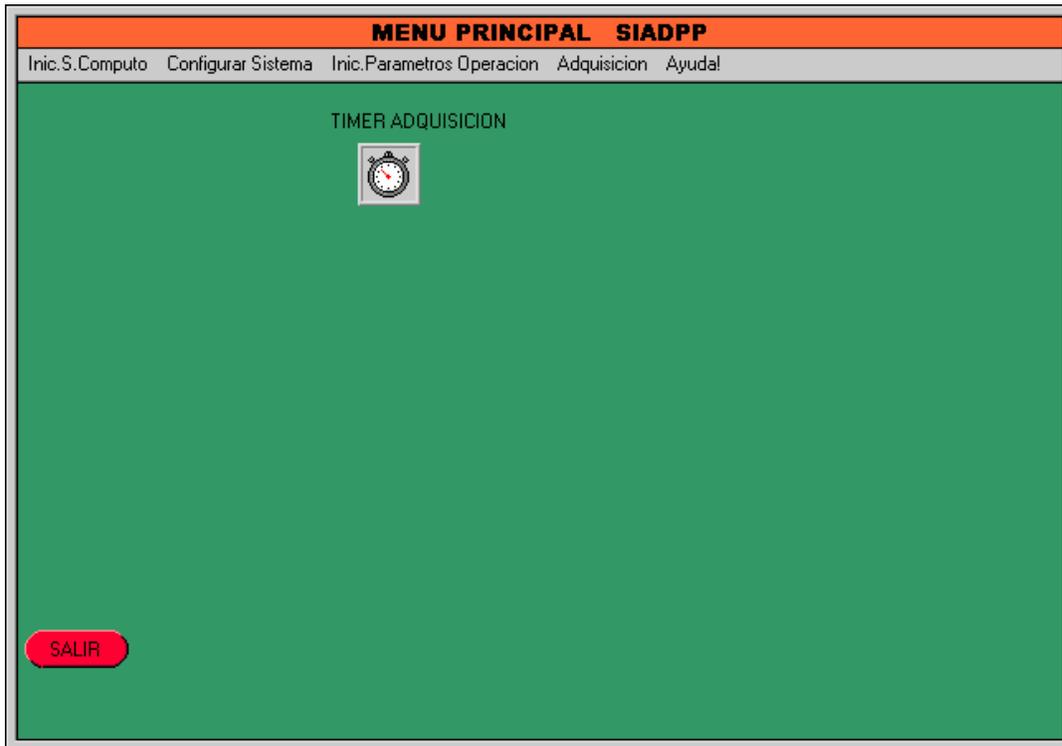


Figura 3.4 Ventana del menú principal.

3.5.2 SUBMENÚS Y VENTANAS DE DIÁLOGO.

Referente al segundo nivel de la interfaz correspondiente a los submenús y ventanas de diálogo por medio de las cuales el usuario interactúa con el sistema, dichas ventanas contienen cajas de selección, de introducción de datos y controles para aceptar o cancelar las acciones realizadas.

Los submenús y ventanas se definieron como sigue:

- 1) El submenú "Inicialización Equipo Computo".- Contiene dos submenús; "Act. fecha y hora" y "Sel. unidad de Disco" que a su vez despliegan ventanas de

diálogo que contienen los botones de control que permiten al usuario seleccionar y actualizar datos.

La figura 3.5 muestra el submenú de inicialización del equipo de cómputo.

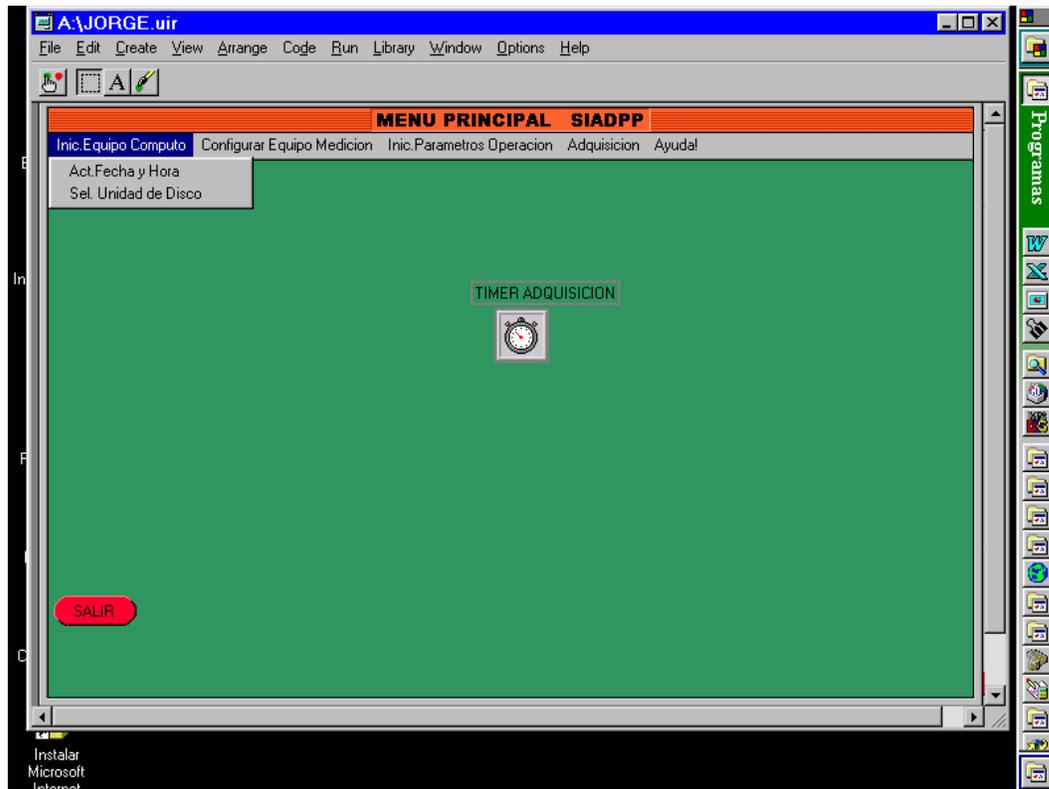


Figura 3.5 Submenú inicialización del equipo de cómputo.

“Act. Fecha y hora”.- Esta ventana permite al usuario actualizar la fecha y hora reales del equipo de cómputo ya que será el tiempo de referencia para la adquisición de datos.

En las cajas de desplegado se visualizan la fecha y hora que tiene registradas la computadora.

El control de aceptar realiza la función de registrar y actualizar la fecha y hora de la computadora en caso de que el usuario realice cambios.

El control de cancelar realiza la función de mantener la fecha y hora registrada en la computadora, aún si el usuario realiza cambios.

La figura 3.6 muestra la ventana de diálogo de actualización de fecha y hora.

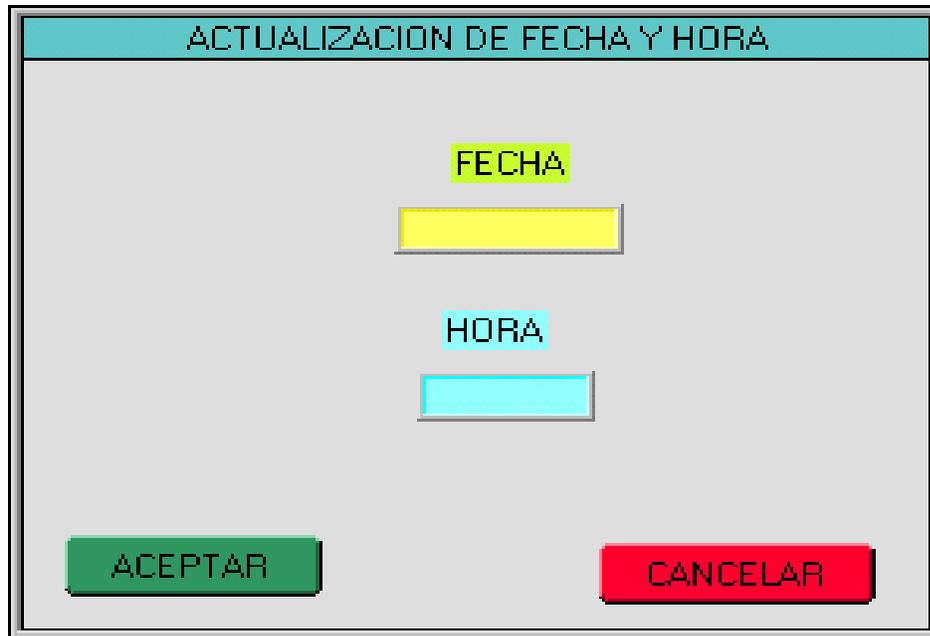


Figura 3.6 Ventana de actualización de fecha y hora.

“Sel. Unidad de Disco”.- En esta ventana el usuario selecciona la unidad de disco de donde se leen los datos de calibración de los sensores de fondo.

En la caja de desplegado se visualiza la unidad de disco seleccionada.

El control de aceptar realiza la función de guardar y actualizar el valor de la unidad de disco en caso de que el usuario realice cambios.

El control de cancelar realiza la función de mantener el valor de la unidad de disco, aún si el usuario realiza cambios.

La figura 3.7 muestra la ventana de diálogo para la selección de la unidad de disco de donde se leen los datos de calibración del sensor de fondo.



Figura 3.7 Ventana de selección de unidad de disco.

2) El submenú "Configurar Equipo Medición".- Contiene tres submenús que despliegan ventanas de diálogo para configurar los sensores de medición de variables de pozo de fondo y superficie, así como la ventana para la introducción de parámetros y constantes utilizados en el cálculo de los gastos de gas y aceite producidos por el pozo y para la configuración del medidor de profundidad.

El submenú "Asignación de Puertos" contiene dos submenús:

- a) "Asig. Puertos ASF503" que abre la ventana para la configuración de los sensores de fondo usados para medir la presión y temperatura en el fondo del pozo.
- b) "Asig. Puertos Analógicos" abre la ventana para configurar los sensores de superficie utilizados para la medición de las variables de presión de cabeza en

la tubería de producción, en el separador de medición la presión absoluta, presión diferencial y temperatura en las tuberías de salida para realizar el cálculo de los gastos de gas y aceite producidos.

Los controles de actualizar en las ventanas realizan la función de registrar los cambios realizados en cada una de las cajas de selección de cada ventana.

Los controles de salir realizan la función de mantener los valores que se desplegaron inicialmente, aún y cuando se hayan realizado cambios.

La figura 3.8, 3.9 y 3.10 muestran los submenús para la configuración del equipo de medición, y las ventanas para configurar los sensores de fondo y de superficie.

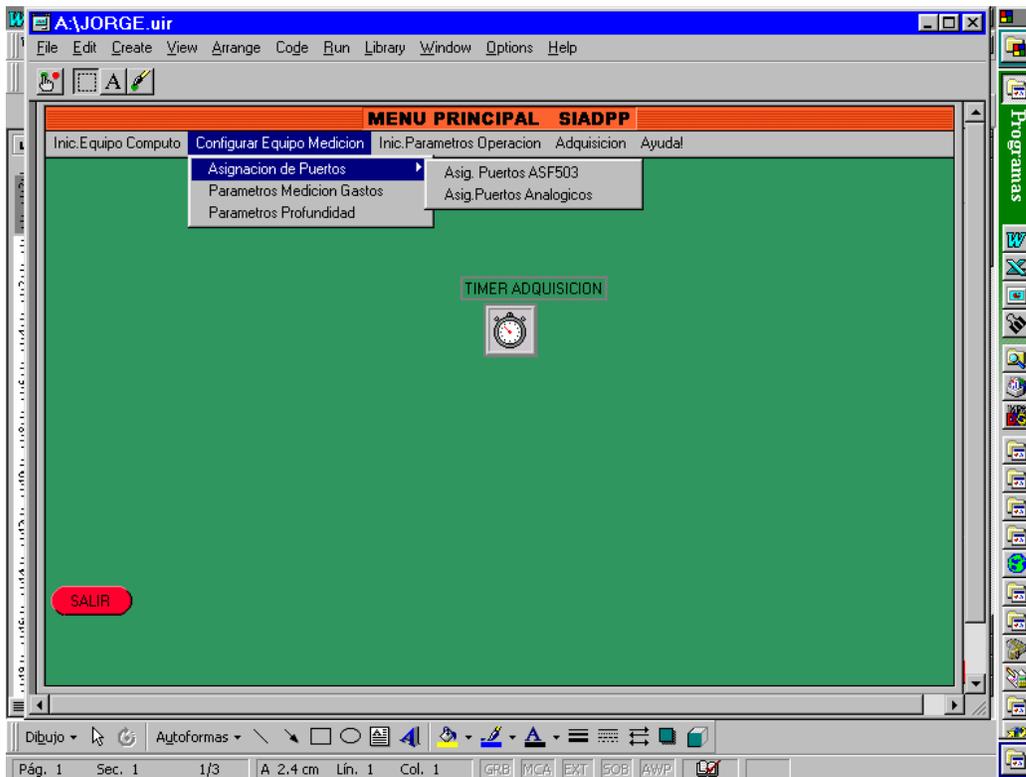


Figura 3.8 Submenús para configurar el equipo de medición.

ASIGNACION DE PUERTOS ASF503

PUERTO	TIPO SENSOR	No. SERIE	GRABAR	ARCH.CALIB.
1	SEP520	0	SI	27/11/2000
2	DISPON	0	NO	
3	SET514	0	NO	
4	SET514	0	NO	
5	SET514	0	NO	
6	SET514	0	SI	
7	SET514	0	NO	
8	SET514	0	NO	

Figura 3.9 Ventana para configuración de sensores de fondo.

ASIGNACION DE PUERTOS ANALOGICOS

PUERTO	TIPO	RANGO BAJO	RANGO ALTO	UNIDADES	VAR. A MEDIR	GRABAR
1	DELTA PRESION	8	0	MTS.CUB/DIA	PRES. CABEZA	NO
2	DISPON	273	0	MTS.CUB/DIA	TEMP. GAS	SI
3	DISPON	0	0	MTS.CUB/DIA	TEMP. GAS	SI
4	DISPON	0	0	MTS.CUB/DIA	TEMP. GAS	SI
5	DISPON	0	0	MTS.CUB/DIA	TEMP. GAS	SI
6	DISPON	0	0	MTS.CUB/DIA	TEMP. GAS	SI
7	DISPON	0	0	MTS.CUB/DIA	TEMP. GAS	SI
8	DISPON	0	0	MTS.CUB/DIA	TEMP. GAS	SI

Figura 3.10 Ventana para configuración de sensores de superficie.

El submenú “Parámetros de Medición de Gastos” despliega una ventana para que el usuario “alimente” al software con los parámetros requeridos para realizar el cálculo de gastos de gas y aceite producidos por el pozo.

En las cajas de desplegado se visualizan los valores inicializados de los parámetros, el usuario introduce los valores conforme a sus necesidades.

El control de aceptar realiza la función de guardar y actualizar los valores en caso de que el usuario realice cambios.

El control de cancelar realiza la función de mantener los valores, aún cuando el usuario realice cambios.

La figura 3.11 muestra la ventana para introducir los parámetros requeridos por el software para el cálculo de gastos.

PARA CALCULO DE GASTO DE ACEITE	PARA CALCULO DE GASTO DE GAS
Factor basico del orificio(Fb) <input type="text" value="1.00"/>	Factor basico del orificio(Fb) <input type="text" value="1.00"/>
Factor de gravedad especifica y temp.(Fgt) <input type="text" value="1.00"/>	Factor de gravedad especifica(Fgr) <input type="text" value="1.00"/>
Factor Numero Reynolds y viscosidad(Frv) <input type="text" value="1.00"/>	Factor del Numero de Reynolds(Fr) <input type="text" value="1.00"/>
Factor Expansion termica del orificio(Fa) <input type="text" value="1.00"/>	Factor de Expansion(Y) <input type="text" value="1.00"/>
	Factor de presion base(Fpb) <input type="text" value="1.00"/>
	Factor de supercompresibilidad(Fpv) <input type="text" value="1.00"/>
	Factor de temperatura base(Ftb) <input type="text" value="1.00"/>
	Factor de temperatura del fluido (Ftf) <input type="text" value="1.00"/>
	Factor expansión térmico del orificio (Fa) <input type="text" value="1.00"/>
<input type="button" value="ACEPTAR"/>	<input type="button" value="CANCELAR"/>

Figura 3.11 Ventana de introducción de parámetros para cálculo de gastos.

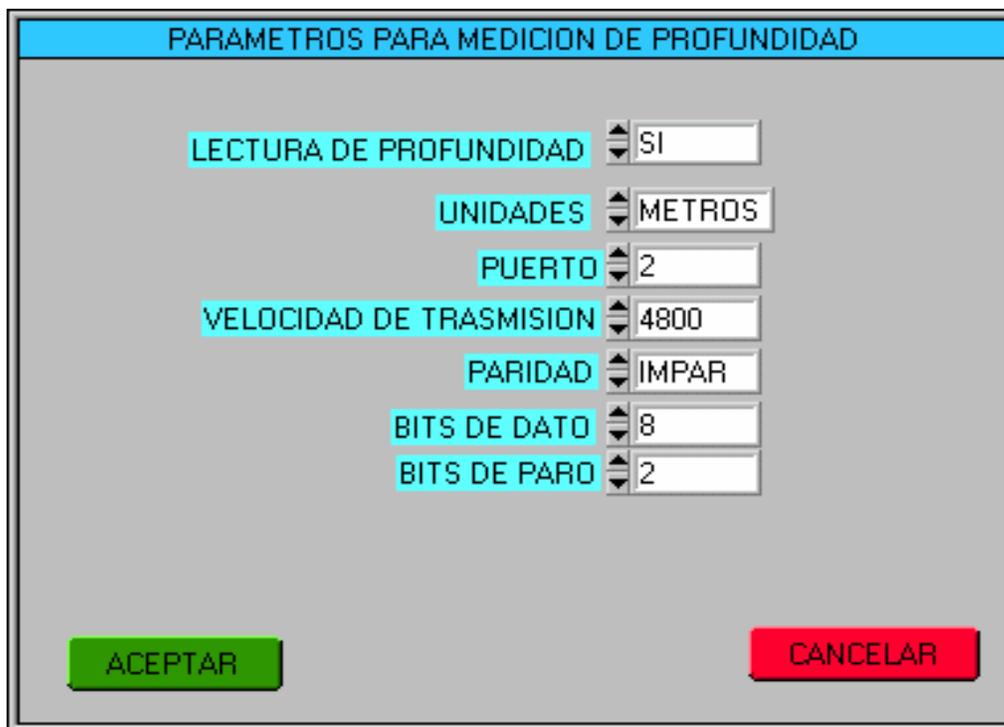
El submenú “Parámetros Profundidad” despliega una ventana para que el usuario “alimente” los parámetros utilizados para realizar la medición de profundidad, esto es, el número del puerto de comunicación al cual está conectado el medidor y la configuración de dicho puerto.

En las cajas de selección se despliegan los valores inicializados de los parámetros, el usuario selecciona los valores conforme a sus requerimientos.

El control de aceptar realiza la función de guardar y actualizar los valores en caso de que el usuario realice cambios.

El control de cancelar realiza la función de mantener los valores, aún cuando el usuario haya hecho cambios.

La figura 3.12 muestra la ventana por medio de la cual el usuario introduce los parámetros para la medición de la profundidad.



PARAMETROS PARA MEDICION DE PROFUNDIDAD	
LECTURA DE PROFUNDIDAD	SI
UNIDADES	METROS
PUERTO	2
VELOCIDAD DE TRASMISION	4800
PARIDAD	IMPAR
BITS DE DATO	8
BITS DE PARO	2

ACEPTAR CANCELAR

Figura 3.12 Ventana de introducción de parámetros para la medición de profundidad.

3) El submenú “Inic.Parámetros Operación”.- Este submenú contiene dos submenús, el de estado de impresión y grabación que sirve para cambiar el estado de la impresión y la grabación y el de tiempo de adquisición, como se muestra en la figura 3.13.

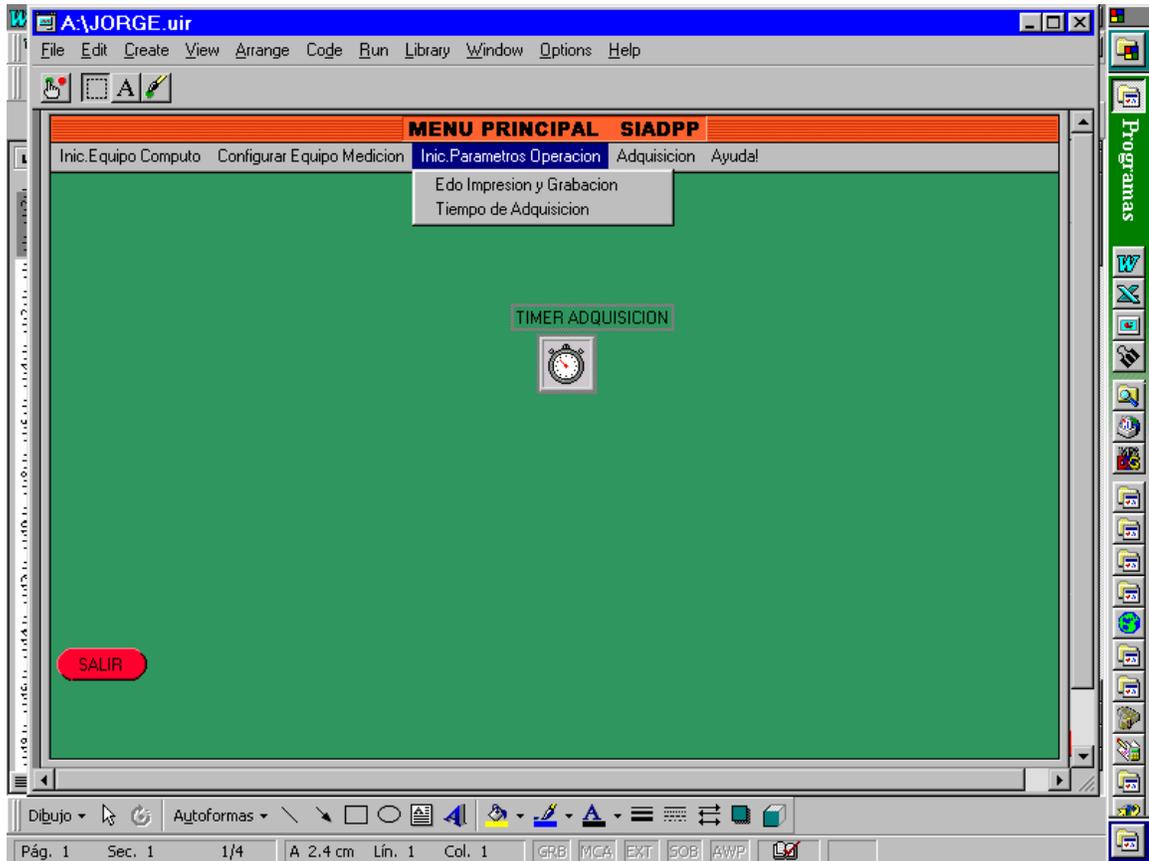


Figura 3.13 Submenú inicialización de parámetros de operación.

El submenú “Edo. Impresión y Grabación” .- Despliega una ventana donde el usuario puede habilitar o deshabilitar la impresión y grabación en disco de los datos adquiridos, fecha y hora real, tiempo de prueba y la profundidad.

Si el usuario habilita la grabación se despliega una ventana en la cual se solicita seleccionar o introducir la ruta y el nombre del archivo donde se almacenarán los datos de las variables medidas, dicha ventana se muestra en la figura 3.15.

En las cajas de desplegado se visualizan los estados inicializados, el usuario selecciona el estado de acuerdo a sus necesidades de operación.

El control de aceptar realiza la función de guardar y actualizar los estados en caso de que el usuario realice cambios.

El control de cancelar realiza la función de mantener los estados, aún cuando el usuario realice cambios.

La figura 3.14 muestra la ventana para cambiar el estado de la impresión y grabación de datos.

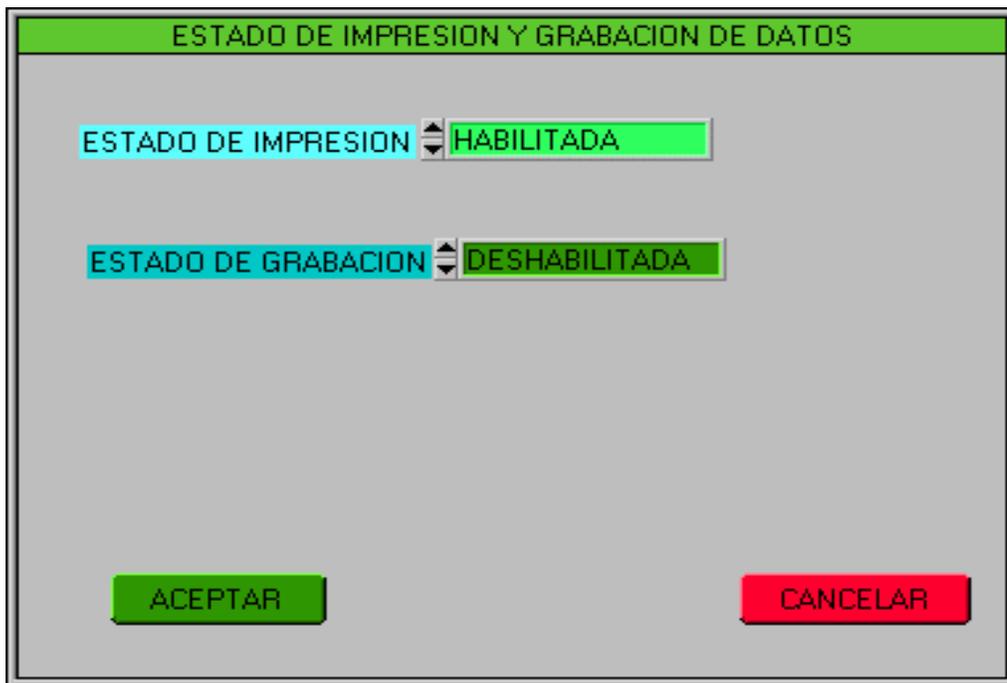


Figura 3.14 Ventana para cambiar el estado de la impresión y grabación de datos.

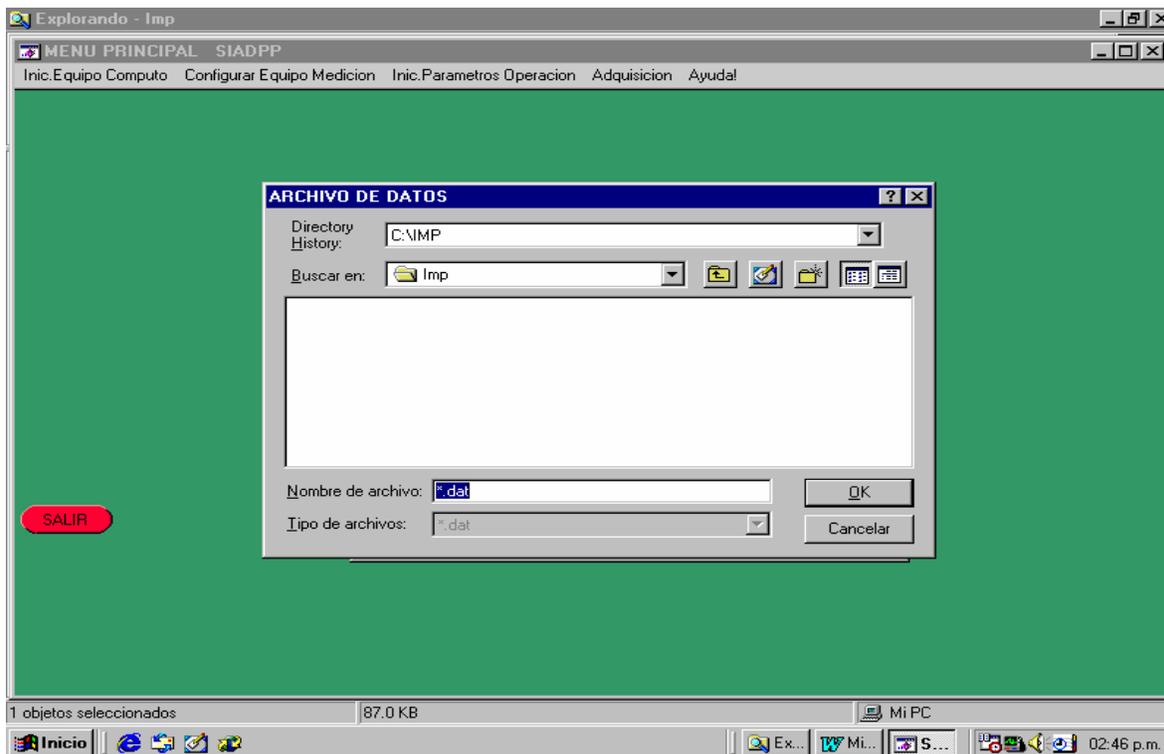


Figura 3.15 Ventana para seleccionar o introducir la ruta y el nombre del archivo de datos.

“Tiempo de Adquisición”.- Despliega la ventana en la cual el usuario selecciona el tiempo de lectura de los sensores de fondo y superficie para la adquisición de datos. El tiempo mínimo predeterminado es de un segundo.

En la caja de selección se visualiza el valor predeterminado del tiempo de adquisición, el usuario selecciona el valor conforme a su requerimiento.

El control de aceptar realiza la función de guardar y actualizar el valor en caso de que el usuario realice cambios.

El control de cancelar realiza la función de mantener el valor, aún cuando el usuario realice cambios.

La figura 3.16 muestra la ventana para seleccionar el tiempo de adquisición de datos.



Figura 3.16 Ventana para seleccionar el tiempo de adquisición.

4) Adquisición.-A través de este submenú el operario puede iniciar la adquisición de datos o suspenderla. La figura 3.17 presenta el submenú de adquisición.

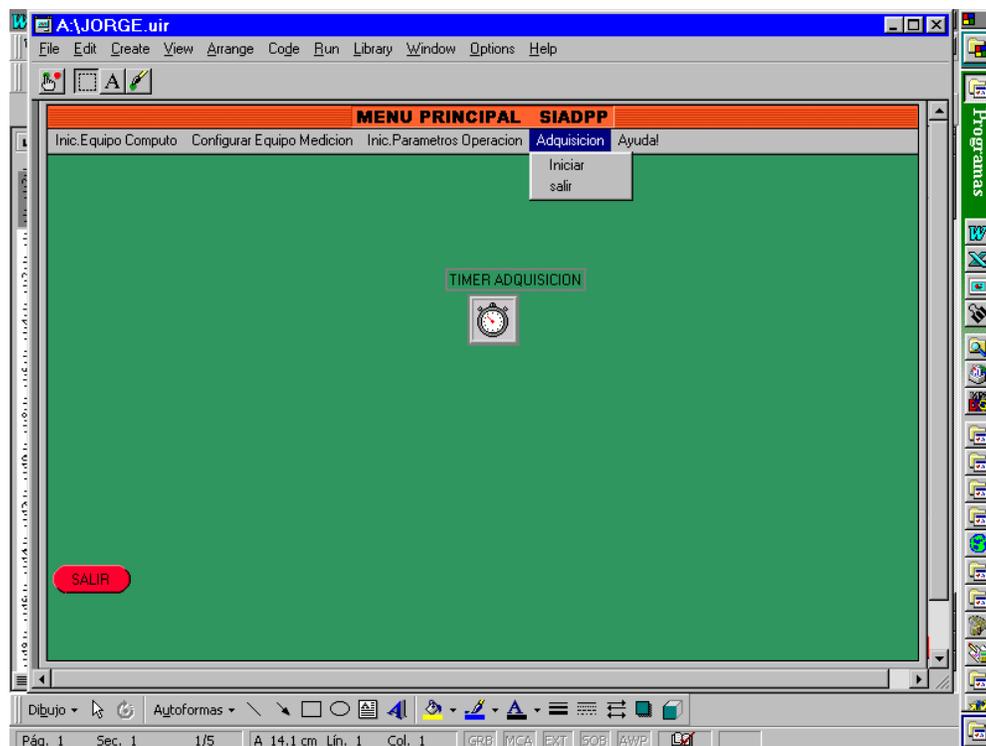


Figura 3.17 Submenú adquisición de datos.

“Iniciar”.- Este submenú despliega la ventana de adquisición de datos, siendo la más importante ya que el usuario visualiza los puntos físicos de medición y sus correspondientes datos, tiempos de referencia y prueba y parámetros de operación del sistema.

De las variables de fondo se monitorean la presión y temperatura que el sistema está leyendo a través del sensor correspondiente.

De las variables de superficie se monitorean la presión de cabeza en la tubería de producción, las presiones absolutas, presiones diferenciales y temperaturas que se miden en las tuberías de salida de gas y aceite del separador así como los gastos de gas y aceite calculados.

De los parámetros de tiempo se visualizan, la fecha y hora reales, el tiempo de prueba durante el cual se adquieren los datos que puede ser inicializado si el usuario lo requiere y el tiempo de adquisición de datos teniendo la opción de cambiar este último si el usuario lo desea.

De los parámetros de operación se visualizan el estado de impresión y grabación, la ruta y el nombre del archivo de datos. El usuario tiene la opción de cambiar el estado de la impresión y la grabación si lo requiere.

Además en esta ventana también se monitorea la profundidad a la cual se están adquiriendo los datos de presión y temperatura de fondo.

También se despliega la gráfica en ejes cartesianos de la presión de fondo contra el tiempo de prueba, lo cual representa el comportamiento dinámico del pozo ante acciones que afectan su ritmo de producción.

El control salir realiza la función de suspender la adquisición, monitoreo, grabación e impresión de datos, regresando al menú principal.

La figura 3.18 muestra la ventana de adquisición de datos.

ADQUISICION DE DATOS

FECHA IMPRESIÓN PROF MTS Tprueba MIN
 HORA GRABACIÓN
 ARCHIVO DATOS
 TIEMPO ADQ. SEG

Qg M3/D Pdifgas PULGH2D
 Pcabeza PSIA Tgas C
 Pgas PSIA Qo BBLs/D
 Pdifaceite PULGH2D Taceite C
 Paceite PSIA
 Pfondo PSIA Tfondo C

RESPUESTA DE POZO

10500									
10400									
10300									
10200									
10100									
10000				*					
9900									
9800									
9700									
9600									
9500									

Tprueba

1.0 10.9 30.7 50.5 70.3 100.0

SALIR

Figura 3.18 Ventana de adquisición de datos.

5) Ayuda.- Este submenú proporciona al usuario la información necesaria para operar el software del sistema.

La información está subdividida en temas y subtemas conforme a los submenús utilizados, proporcionando cada uno la ayuda para entender el funcionamiento y manejo del sistema. Dentro de este submenú se realizan las siguientes funciones:

- Despliegue de ventana de diálogo conteniendo un índice de temas de ayuda correspondiente a cada submenú del menú principal.
- Selección de ayuda por tema.
- Despliegado de texto e instrucciones correspondiente a cada uno de los submenús y ventanas de diálogo utilizadas en el software.

La figura 3.19 muestra el submenú de ayuda contenido en el menú principal.

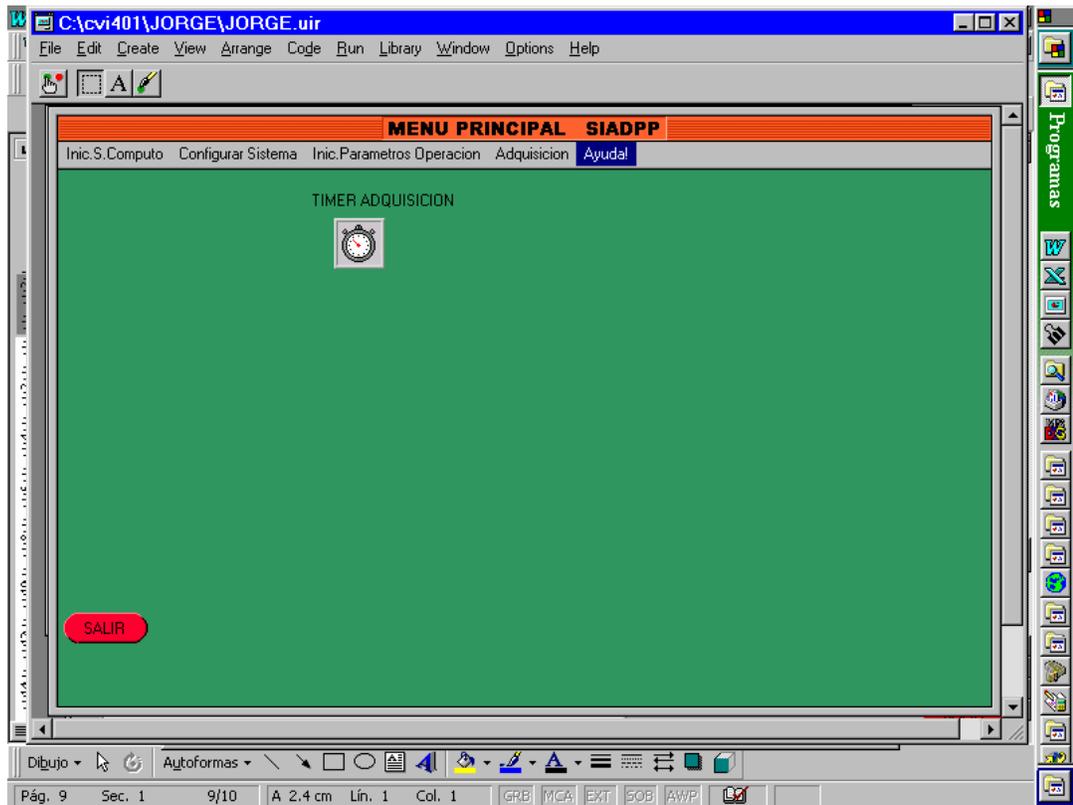


Figura 3.19 Submenú ayuda.

3.6 MÓDULO DE ADQUISICIÓN, PROCESAMIENTO Y GRAFICACIÓN DE DATOS.

Este módulo dentro del software está conformado por funciones que realizan las siguientes acciones:

- Reconocimiento del tiempo de adquisición.
- Selección de los puertos del convertidor de datos de sensores de fondo a los cuales está un sensor conectado y habilitado.
- Reconocimiento del tipo de sensor, su identificación y la selección de grabación del dato adquirido.
- Lectura de los valores digitales de las frecuencias correspondientes a las variables de presión y temperatura de fondo de pozo a través de los puertos del convertidor.

- Selección de los puertos del convertidor de datos de sensores de superficie analógicos a los cuales existe un sensor conectado y habilitado.
- Reconocimiento del tipo de sensor, variable que mide, rango de medición, unidades de medición y selección de grabación del dato adquirido.
- Lectura de los valores digitales de las variables de superficie; presión de cabeza, presiones absolutas, presiones diferenciales y temperaturas del fluido en las tuberías de salida de gas y aceite en el separador de medición.
- Lectura y desplegado de fecha y hora reales.
- Generación de base de tiempo, lectura y desplegado de tiempo de prueba.
- Reconocimiento del puerto de comunicación serie y configuración del mismo para la lectura y desplegado de profundidad.
- Desplegado de valores de las variables de fondo y superficie adquiridos, en la ventana de adquisición de datos de la interfaz gráfica de usuario.
- Cálculo de gastos de gas y aceite y desplegado en pantalla.
- Desplegado en pantalla del estado de grabación e impresión de datos.
- Desplegado de la ruta y nombre del archivo de datos.
- Graficación y desplegado en pantalla de la presión de fondo contra el tiempo de prueba en gráfica tipo cartesiana.

La figura 3.20 muestra el diagrama del módulo de adquisición, procesamiento y graficación de datos y su código correspondiente es mostrado en el apéndice B.

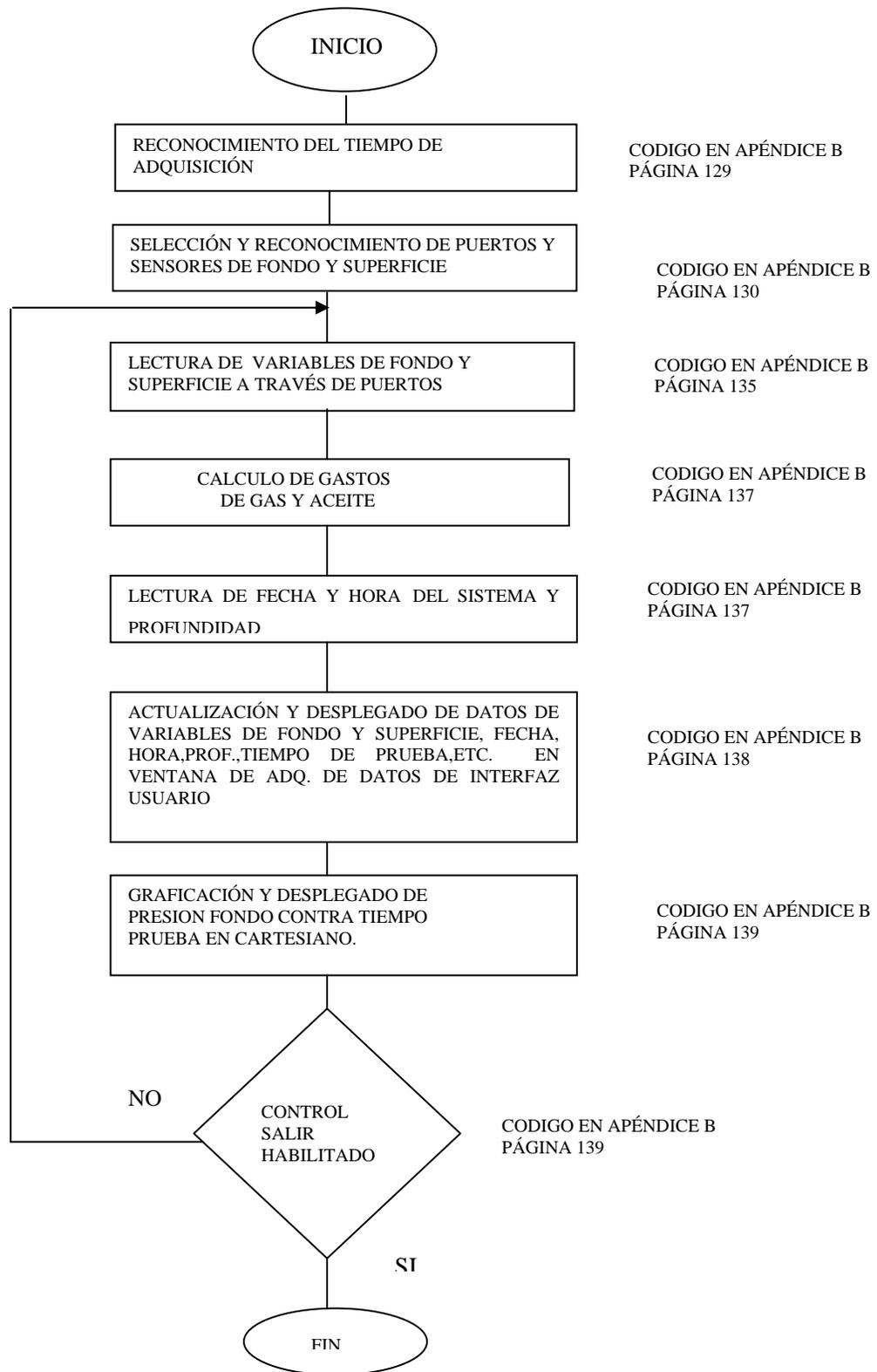


Figura 3.20 Diagrama del módulo de adquisición, procesamiento y graficación.

3.7 MÓDULO ALMACENAJE E IMPRESIÓN DE DATOS.

A través de este módulo se realizan las acciones de selección de la ruta y el nombre del archivo donde se almacenan los datos adquiridos, la grabación de datos y la presentación de dichos datos en archivo compatible con programas de hoja de cálculo. Dichos datos de pozo son analizados a través de programas especializados utilizados por ingenieros petroleros para determinar la productividad del pozo, características del yacimiento evaluación y diagnóstico del estado productivo, etc., que ayudan a definir las estrategias para incrementar la producción y realizar una adecuada explotación y en consecuencia llevar a cabo una buena administración de yacimientos.

Las funciones que se realizan son las siguiente:

- Verifica si el control de grabación está habilitado.
- Despliegado de ventana de diálogo para seleccionar la ruta y nombre del archivo de datos.
- Apertura del archivo de datos.
- Verificación de datos a grabarse.
- Formateo del archivo.
- Grabación de los datos de las variables de fondo y superficie seleccionadas a través de la interfaz de usuario.
- Verifica si el control de impresión está habilitado.
- Impresión del archivo de datos.
- Cierre de archivo de datos.

La figura 3.21 muestra el diagrama del módulo de almacenaje e impresión de datos.

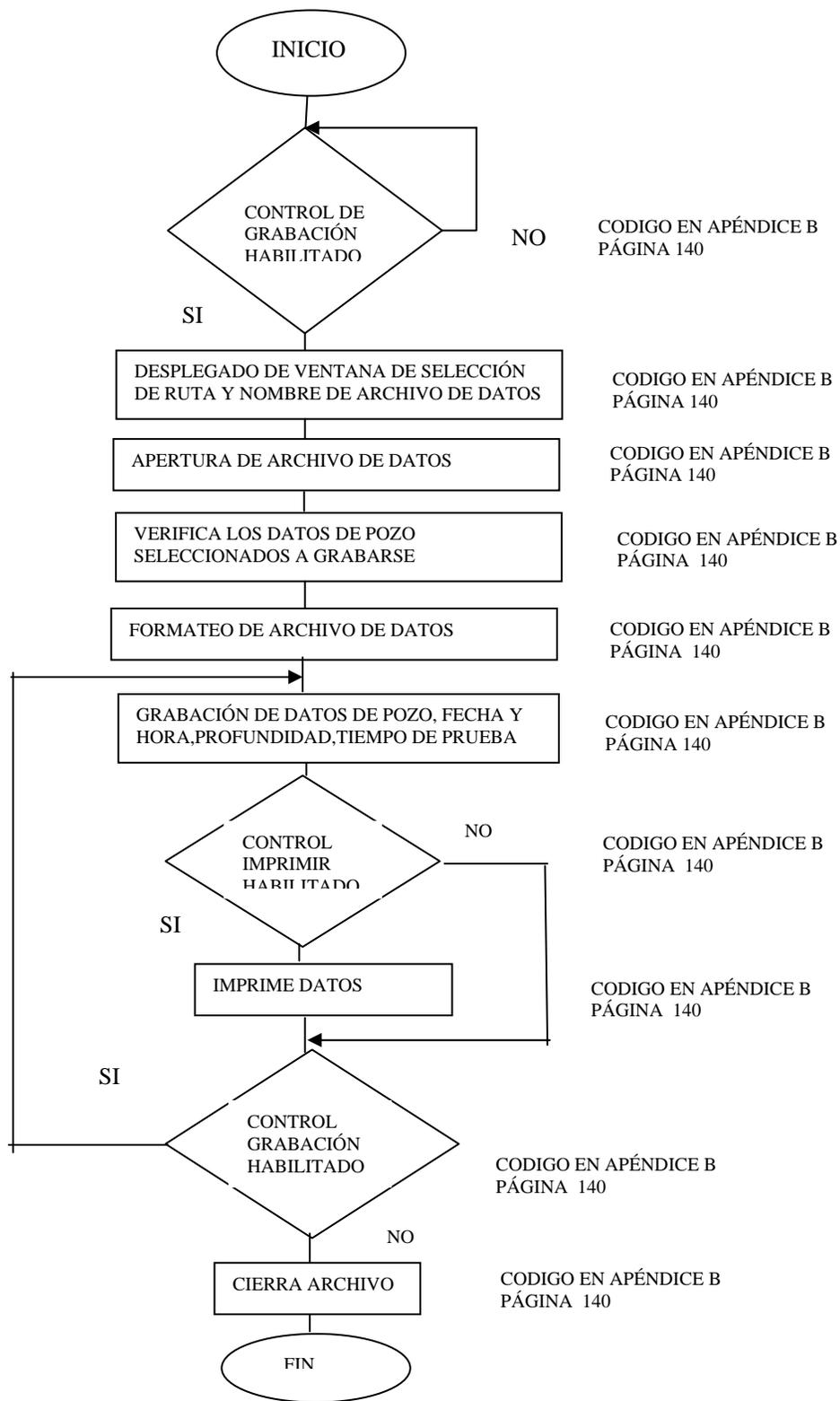


Figura 3.21 Diagrama del módulo de almacenaje e impresión de datos.

PRUEBAS, RESULTADOS Y CALIBRACIÓN DEL SISTEMA

4.1 INTRODUCCIÓN

En todo equipo o sistema de medición, la calibración y las pruebas son de vital importancia ya que de los resultados obtenidos, será el grado de confiabilidad de las mediciones realizadas y del funcionamiento del sistema.

En este capítulo se describe la calibración de los sensores de fondo y superficie, las pruebas y resultados del sistema realizadas en laboratorio y en campo.

Primeramente se realizó la calibración de los sensores, a fin de asegurar que las mediciones de las variables de fondo y superficie son las correctas dentro de los rangos especificados para cada sensor.

Las pruebas en laboratorio del sistema se realizaron probando por separado cada uno de los equipos y elementos que lo conforman y después el sistema integrado.

Las pruebas de campo se realizaron en planta de PEMEX y en un pozo real en producción.

4.2 CALIBRACIÓN DE SENSORES

Para la calibración de los sensores se dispuso de infraestructura, equipo de medición certificado el cual se tomó como patrón, normas y procedimientos y software para realizar dicha calibración.

La infraestructura, normas y procedimientos, el equipo y el software utilizado es el siguiente:

- Laboratorio de calibración para alta presión y temperatura, el cual cumple con los requisitos SNC-03-1994 establecidos por el Centro Nacional de Metrología (CENAM).

- Normas ASTM Vol.14.03 E644-86 para calibración y prueba de sensores de temperatura y presión.

Equipo de medición:

- Multímetro digital.
- Osciloscopio.
- Balanza de pesos muertos.
- Contador de pulsos.
- Termómetro digital.
- Década de resistencias de alta precisión.
- Baño de temperatura controlada.
- Celda de alta presión.
- Fuentes de alimentación.
- Mesa vibratoria.

Software y hardware para la generación de datos de calibración de sensores de fondo.

4.2.1 CALIBRACIÓN DEL SENSOR DE FONDO.

Para la calibración del sensor de fondo se utiliza el software y hardware de calibración, la balanza de pesos muertos, el baño de temperatura controlada, una PC, el termómetro digital y la celda de alta presión.

El procedimiento utilizado es el siguiente:

- 1.- Configuración e inicialización de equipo de medición.- Se configura e inicializa el equipo de acuerdo a las necesidades de la calibración.
- 2.- Instalación del sensor de fondo.- Se instala en la celda de alta presión a través de la cual, la balanza de pesos muertos aplica la presión al sensor de fondo.
- 3.- Purgado de ductos.- Se purgan los ductos que conducen el aceite hidráulico a través del cual se aplica la presión, esto es desechar las burbujas de aire que pudiera contener el aceite a fin de no aplicar presiones erróneas al sensor.

4.- Introducción del sensor al baño.- Se introduce el sensor de fondo conectada a la celda en el baño de temperatura controlada.

5.- Conexión del sensor.- Se conecta el sensor de fondo al hardware y éste último a la PC donde se encuentra en ejecución el software de calibración.

6.- Aplicación de presiones y temperaturas al sensor.- Se aplican las presiones y temperaturas programadas para la calibración con la balanza de pesos muertos y el baño de temperatura controlada, respectivamente. Desde presión ambiental hasta 17000 psia y de 0 °C hasta 175 °C teniendo como patrones la balanza de pesos muertos y el termómetro digital.

7.- Se inicia la lectura de frecuencias correspondientes a la presión y temperatura generadas para cada una de las presiones y temperaturas aplicadas. El software genera un archivo de datos de calibración en el cual se incluye la fecha, el número de serie del sensor y los datos correspondientes, que sirven para convertir las frecuencias de presión y temperatura generadas por el sensor a valores en unidades de ingeniería calculados a través del software.

La figura 4.1 muestra el diagrama a bloques de la calibración del sensor de fondo.

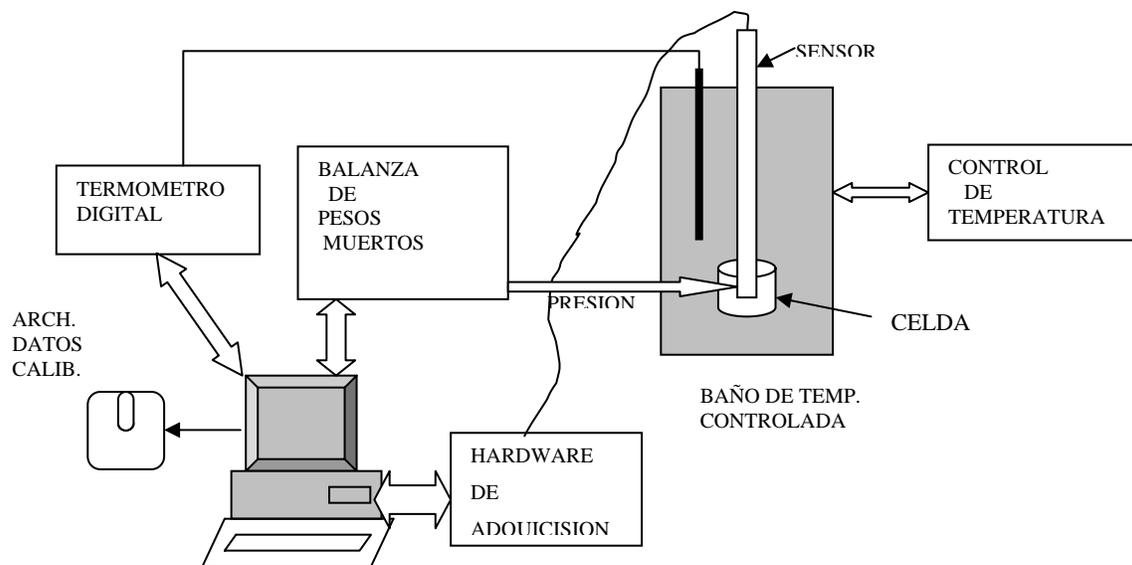


Figura 4.1 Diagrama a bloques de la calibración del sensor de fondo.

4.2.2 CALIBRACIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA

Para la calibración del sensor de temperatura se utilizó una década de resistencias de alta precisión, fuente de alimentación de c.d., dos multímetros digitales, una resistencia muestreadora de 250 ohms \pm 0.1% y la tabla de valores de resistencia contra temperatura del RTD utilizado, dada por el fabricante.

El procedimiento utilizado es el siguiente:

- 1.- Se desconecta el RTD del sensor de temperatura y en su lugar se conecta la década de resistencias.
- 2.- Se determina el rango de calibración , en este caso de 0°C a 125°C y se seleccionan los valores de resistencia del RTD conforme a la tabla de resistencia contra temperatura proporcionada por el fabricante.
- 3.- Se selecciona en la década el valor de resistencia del RTD correspondiente a 0°C de la tabla, se aplica alimentación al sensor y se ajusta con el potenciómetro de ajuste de cero, hasta que en el multímetro 1 se lea el valor de 4 mA, o en el multímetro 2 , un volt.
- 4.- Se selecciona en la década el valor de resistencia del RTD correspondiente a 125°C de la tabla, se aplica alimentación al sensor y se ajusta con el potenciómetro de ajuste de rango, hasta que en el multímetro 1 se lea el valor de 20 mA, o en el multímetro 2, cinco volts.
- 5.- Se repiten los pasos 3 y 4 hasta que las lecturas de 4 mA y 20 mA sean obtenidas sin reajustar los potenciómetros correspondientes.
- 6.- Se desconecta la década y se reconecta el RTD.

La figura 4.2 muestra el diagrama a bloques para la calibración del sensor de temperatura.

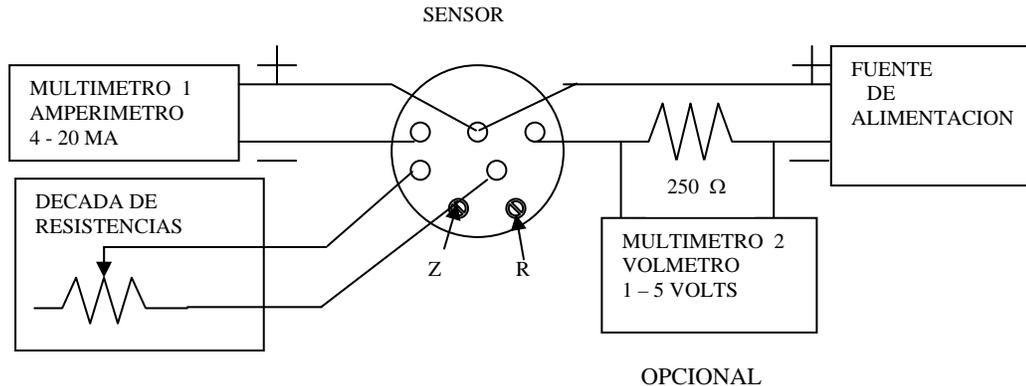


Figura 4.2 Diagrama a bloques de la calibración del sensor de temperatura.

4.2.3 CALIBRACIÓN DEL SENSOR DE PRESIÓN ABSOLUTA.

En la calibración del sensor de presión absoluta se utilizó una fuente de alimentación de c.d., dos multímetros digitales, una resistencia muestreadora de 250 ohms \pm 0.1% y la balanza de pesos muertos.

El procedimiento utilizado es el siguiente:

- 1.- Se determina el rango de calibración , en este caso de 0 psia a 4000 psia para el sensor de presión de cabeza y de 0 psia a 1600 psia para los instalados en las tuberías de salida de gas y aceite en el separador de medición.
- 2.- Se conecta el ducto de presión de la balanza a la entrada de presión del sensor y se aplica una presión de 0 psia, en este caso se alcanzó una presión de 0.08 psia lo cual se considera cero presión.
- 3.-Se aplica alimentación al sensor y se ajusta el potenciómetro de ajuste de cero hasta que el multímetro 1 de una lectura de 4 mA o en el multímetro 2 se lea un volt.

4.- Se aplica una presión de 4000 psia para el sensor de presión de cabeza y de 1600 psia para los instalados en la tubería de salida de gas y aceite. Se ajusta con el potenciómetro de ajuste de rango, hasta que en el multímetro 1 se lea el valor de 20 mA, o en el multímetro 2, cinco volts.

5.- Se repiten los pasos 3 y 4 hasta que las lecturas de 4 mA y 20 mA sean obtenidas sin reajustar los potenciómetros correspondientes.

La figura 4.3 muestra el diagrama a bloques para la calibración del sensor de presión absoluta.

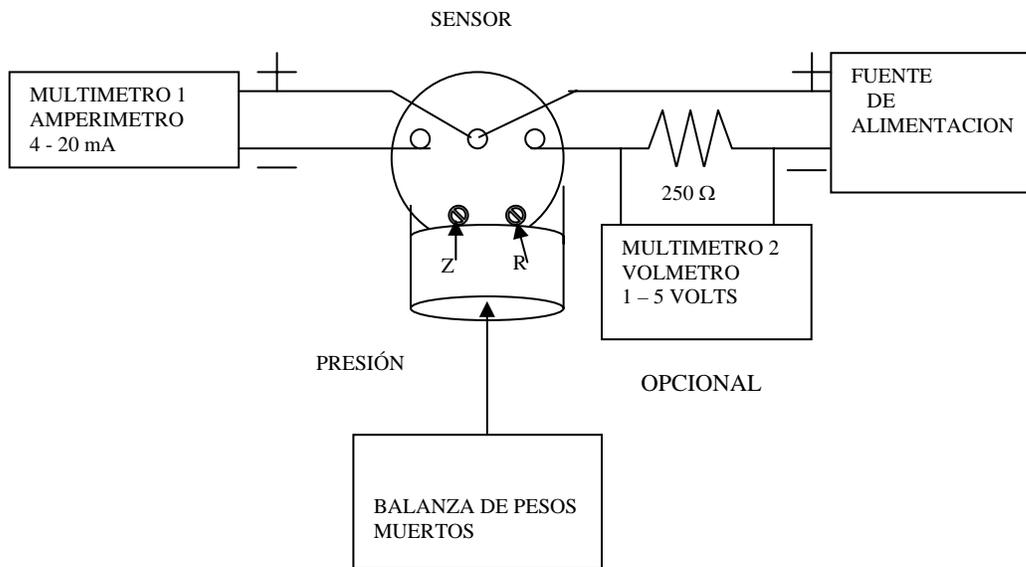


Figura 4.3 Diagrama a bloques de la calibración del sensor de presión absoluta.

4.2.4 CALIBRACIÓN DEL SENSOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL

En la calibración del sensor de presión diferencial se utilizó una fuente de alimentación de c.d., dos multímetros digitales, una resistencia muestreadora de 250 ohms \pm 0.1% y la balanza de pesos muertos.

El procedimiento utilizado es el siguiente:

- 1.- Se determina el rango de calibración , en este caso de 0 a 150 pulgadas de agua.
- 2.- Las entradas de presión baja y alta del sensor se dejan a presión atmosférica. En este caso la diferencia de presión es cero psia.
- 3.-Se aplica alimentación al sensor y se ajusta el potenciómetro de ajuste de cero hasta que en el multímetro 1 se lean 4 mA o en el multímetro 2 se lea un volt.
- 4.- Se aplica una presión de 100 pulgadas de agua en la entrada de presión baja del sensor, y una presión de 250 pulgadas de agua en la entrada de presión alta, lo que da una presión diferencial de 150 pulgadas de agua. Se ajusta con el potenciómetro de ajuste de rango, hasta que en el multímetro 1 se lea el valor de 20 mA, o en el multímetro 2, cinco volts.
- 5.- Se repiten los pasos 3 y 4 hasta que las lecturas de 4 mA y 20 mA sean obtenidas sin reajustar los potenciómetros correspondientes.

La figura 4.4 muestra el diagrama a bloques para la calibración del sensor de presión diferencial.

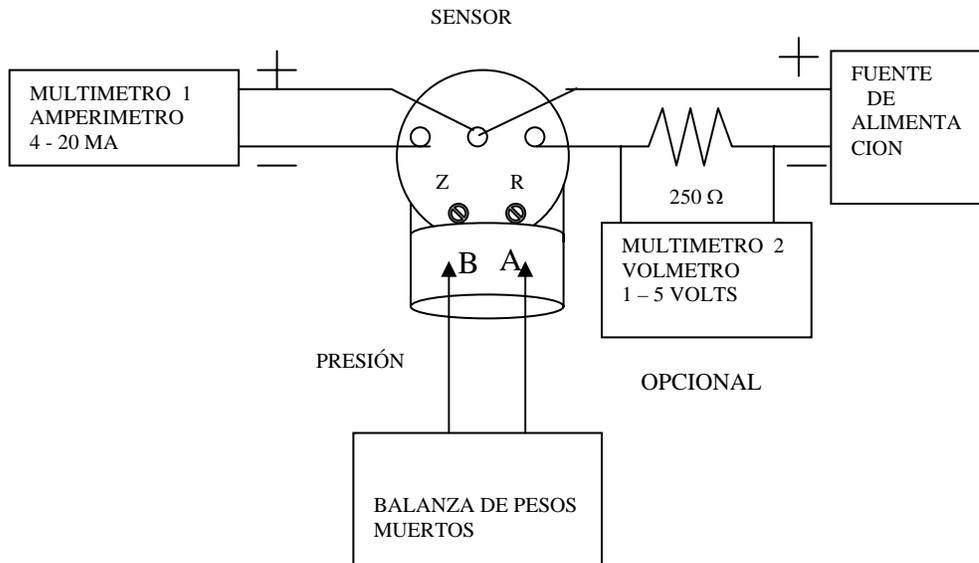


Figura 4.4 Diagrama a bloques de la calibración del sensor de presión diferencial.

4.3 PRUEBAS Y RESULTADOS EN LABORATORIO.

Las pruebas del sistema se dividieron en :

- Pruebas a sensor de fondo.
- Pruebas a sensores de superficie.
- Pruebas al convertidor de datos.
- Pruebas al medidor de profundidad.
- Pruebas al equipo de cómputo.
- Pruebas al software.

Dentro de las pruebas realizadas en cada uno de los puntos anteriores se lleva un registro de los resultados parciales obtenidos, de los ajustes y correcciones realizadas a fin de obtener los resultados esperados.

La figura A3 en el apéndice A muestra el formato del registro de pruebas.

4.3.1 PRUEBAS DEL SENSOR DE FONDO

Teniendo la disponibilidad del laboratorio de calibración y del equipo mencionado en el punto 4.2, además de un osciloscopio digital, se realiza la prueba del sensor de fondo conforme al siguiente procedimiento:

1.- Prueba de la sección electrónica:

a) Dejando el sensor a presión y temperatura ambiente, se le aplica alimentación y se miden con el osciloscopio en el conector de salida de señal, las frecuencias generadas correspondientes a la presión y temperatura. El sensor proporciona la frecuencia de presión al aplicar la alimentación y con un cambio de voltaje de 18 a 13 volts, el circuito selector da paso a la frecuencia de temperatura.

Para la presión de 0 a 17000 psia, el rango de frecuencia es de 40 a 60 KHz y de 20 a 36 KHz para la temperatura de 0 a 177°C. Al pasar por el circuito divisor por cuatro, se tiene en la salida, de 10 a 15 KHz para la presión y de 5 a 9 KHz para la temperatura.

b) Se aplica presión y temperatura diferentes a la ambiental, dentro de los rangos de calibración, y se miden nuevamente las frecuencias, dichos valores de frecuencia son mayores a los valores de presión y temperatura ambiental, con lo cual se verifica que la sección electrónica y los sensores primarios responden adecuadamente.

2.- Configuración e inicialización del equipo de medición:

a) Se configura e inicializa el equipo de acuerdo a las necesidades de prueba.

b) Se definen diez puntos de prueba de presión y temperatura, por ejemplo, como se lista en la tabla siguiente:

Punto	Presión en PSIA	Temperatura en °C	Presión Medida PSIA	Temperatura Medida °C
1	0.08	0	0.07	0.01
2	14.7	15	14.69	14.91
3	100.0	30	99.95	29.89
4	500.0	50	499.81	50.38
5	2000.0	70	2000.9	69.75
6	5000.0	90	4998.3	90.81
7	8000.0	110	8002.7	109.5
8	12000.0	130	11997.5	130.93
9	15000.0	150	15004.6	151.2
10	17000.0	175	16996.7	174.1

Tabla 4.1 Puntos de prueba del sensor de fondo.

3) Instalación y conexión del sensor.- Se ejecutan los puntos 2, 3, 4 y 5 del procedimiento de calibración.

4) Aplicación de puntos de prueba.- Se aplican las presiones y temperaturas definidas como puntos de prueba, utilizando el equipo y conexiones como se muestra en la figura 4.1.

5) Haciendo uso del software de calibración y del archivo de datos de calibración generado, se utiliza la opción de verificación, a través de la cual se comprueba que las presiones y temperaturas aplicadas son las mismas medidas por el sensor con exactitud de $\pm 0.05\%$ para la presión y $\pm 1.0\%$ para la temperatura, con lo cual se asegura que el sensor responde adecuadamente. En dado caso que existan desviaciones mayores se revisa nuevamente la electrónica y se efectúa nuevamente el procedimiento de calibración.

Tomando los valores de la tabla 4.1, tanto los de prueba como los medidos por el sensor, se obtienen las gráficas de respuesta de presión y temperatura del sensor, mostradas en las figuras 4.5 y 4.6. De dichas gráficas se concluye que las exactitudes para las mediciones de presión y temperatura están dentro de los rangos definidos.

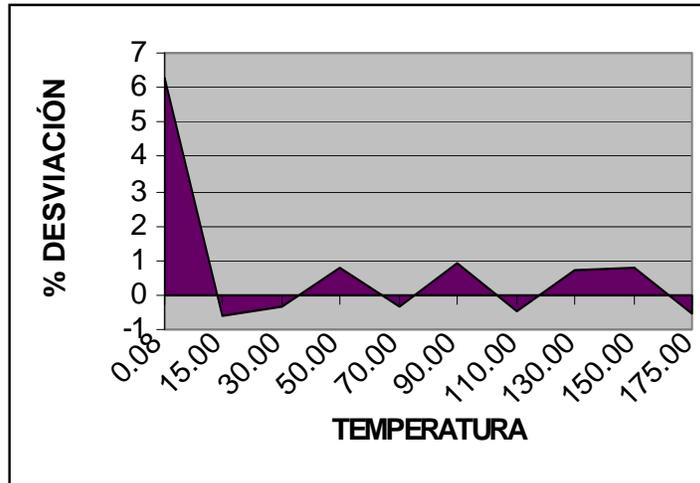


Figura 4.5 Respuesta de temperatura del sensor de fondo.

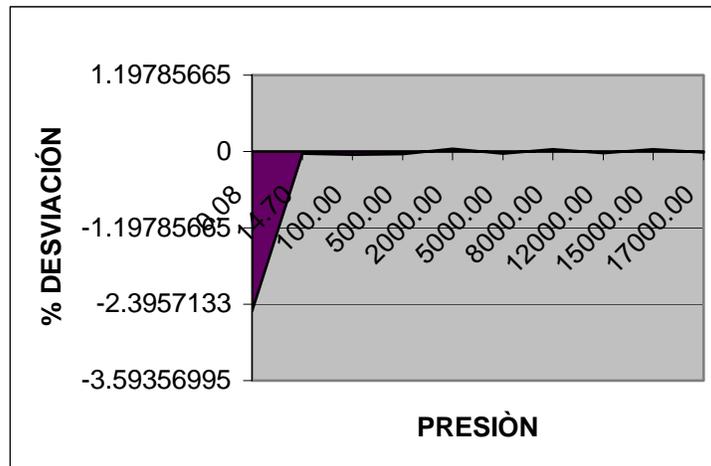


Figura 4.6 Respuesta de presión del sensor de fondo.

4.3.2 PRUEBA DE SENSORES DE SUPERFICIE

Disponiendo del laboratorio de calibración, de las normas mencionadas y del equipo de medición mencionado, se realizaron las pruebas de los sensores de superficie de la manera siguiente:

4.3.2.1 PRUEBA DEL SENSOR DE TEMPERATURA

1.- Prueba a temperatura ambiente:

Teniendo una temperatura ambiente de 24 °C, y sabiendo que la respuesta del sensor es lineal dando una señal de salida de 4 a 20mA, que el sensor está calibrado de 0 a 125°C, se tiene una relación de señal de salida a temperatura de 0.128 mA /°C. Por lo tanto a 24 °C le corresponde una salida de 7.072 mA indicada en el amperímetro y 1.768 volts indicados en el voltímetro. El circuito de prueba se muestra en la figura 4.7.

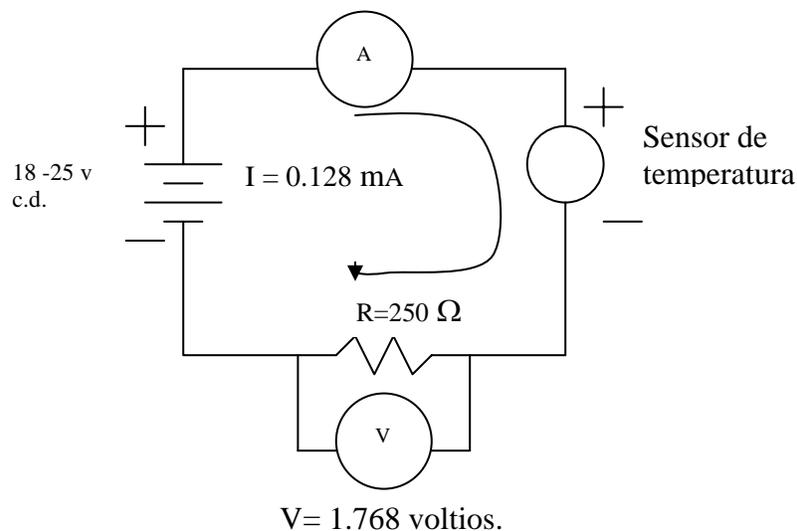


Figura 4.7 Circuito de prueba del sensor a temperatura ambiente.

2.-Definición de puntos de prueba.- Se definen diez puntos de medición de temperatura de prueba para aplicarlos a l sensor a través del baño de temperatura controlada y medir sus correspondientes valores de corriente y voltaje, conforme a la siguiente tabla.

Punto	Temperatura °C	Corriente mA	Voltaje volts	Corriente Medida mA	Voltaje Medido volts
1	0	4	1.0	4.01	1.002
2	10	5.28	1.32	5.27	1.318
3	20	6.56	1.64	6.54	1.634
4	25	7.2	1.8	7.22	1.808
5	30	7.84	1.96	7.82	1.963
6	40	9.12	2.28	9.09	2.275
7	50	10.4	2.6	10.6	2.652
8	70	12.96	3.24	12.98	3.237
9	100	16.8	4.2	16.75	4.187
10	125	20	5.0	19.94	4.981

Tabla 4.2 Puntos de prueba del sensor de temperatura.

3) Instalación del sensor.- Se instala y se conecta el sensor como se muestra en la figura 4.8, se aplican los valores de temperaturas definidas y se verifican las lecturas del amperímetro y el voltímetro.

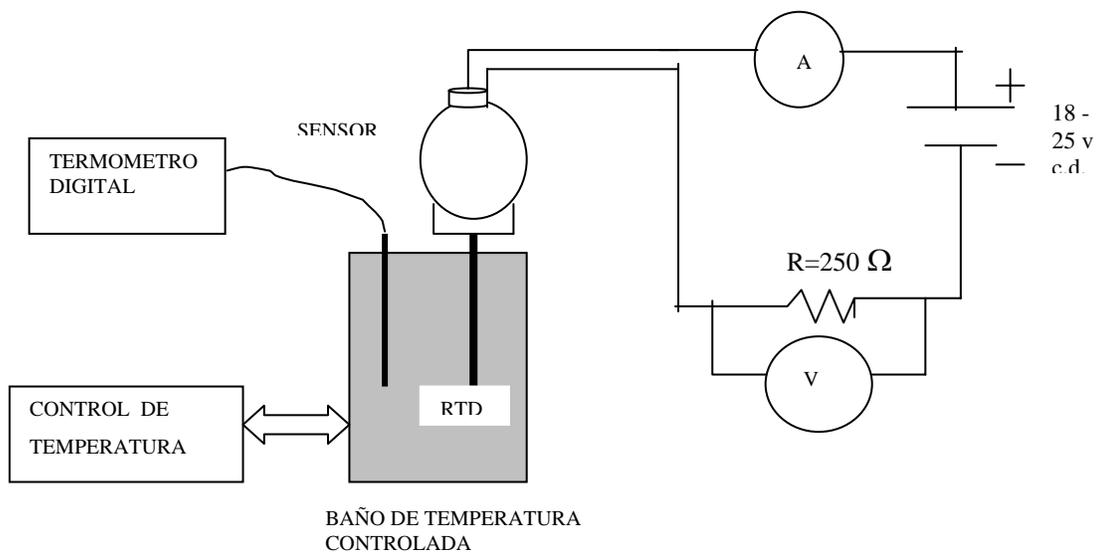


Figura 4.8 Diagrama de prueba del sensor de temperatura.

Tomando los valores de la tabla 4.2, tanto los de prueba como los medidos por el sensor, se obtiene la gráfica de respuesta de temperatura, mostrada en la figura 4.9. De dicha gráfica se concluye que la exactitud para la medición de temperatura está dentro del rango definido.

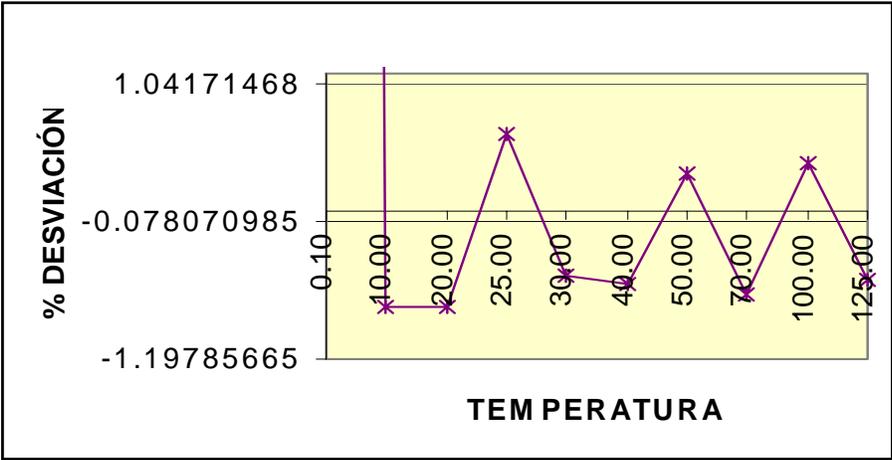


Figura 4.9 Respuesta del sensor de temperatura.

4.3.2.2 PRUEBA DEL SENSOR DE PRESIÓN ABSOLUTA.

Considerando que se tiene, un sensor de presión absoluta calibrado de 0 a 4000 psia para la medición de presión en cabeza de pozo y de 0 a 1600 psia para la medición en tuberías de salida de gas y aceite, se realiza el siguiente procedimiento:

1.- Definición de puntos de prueba.- Se definen diez puntos de prueba para cada uno de los sensores y se miden los valores correspondientes de corriente y voltaje, conforme a la siguiente tabla. Las relaciones que se tienen entre la señal de salida en corriente y la presión de entrada son, de 0.01 mA / psia para el sensor calibrado de 0 a 1600 psia y de 0.004 mA / psia para el sensor calibrado de 0 a 4000 psia.

Punto	Presión Sensor calib. de 0 a 1600 psia	Corriente mA	Voltaje volts	Corriente medida mA	Voltaje medido volts
1	0.08	4.0008	1.0002	4.001	1.0002
2	14.7	4.147	1.036	4.149	1.037
3	50	4.5	1.125	4.495	1.124
4	125	5.25	1.312	5.24	1.309
5	250	6.5	1.625	6.52	1.631
6	500	9.0	2.250	9.05	2.262
7	750	11.5	2.875	11.45	2.865
8	1000	14.0	3.5	14.1	3.525
9	1300	17.0	4.25	17.12	4.275
10	1600	20.0	5.0	19.95	4.978

Tabla 4.3 Puntos de prueba del sensor de presión absoluta.

Punto	Presión Sensor calib. de 0 a 4000 psia	Corriente mA	Voltaje volts	Corriente medida mA	Voltaje Medido volts
1	0.08	4.00032	1.00008	4.001	1.002
2	14.7	4.0588	1.0147	4.06	1.015
3	50	4.2	1.050	4.198	1.049
4	125	4.5	1.125	4.505	1.126
5	250	5.0	1.25	4.99	1.248
6	500	6.0	1.5	6.017	1.498
7	1000	8.0	2.0	8.02	2.01
8	2000	12.0	3.0	12.05	3.015
9	3000	16.0	4.0	15.95	3.98
10	4000	20.0	5.0	19.93	4.955

Tabla 4.4 Puntos de prueba del sensor de presión absoluta.

2) Instalación del sensor.- Se instala y se conecta el sensor como se muestra en la figura 4.10, se aplican los valores de presión definidos como puntos de prueba y se verifican los valores de corriente y voltaje.

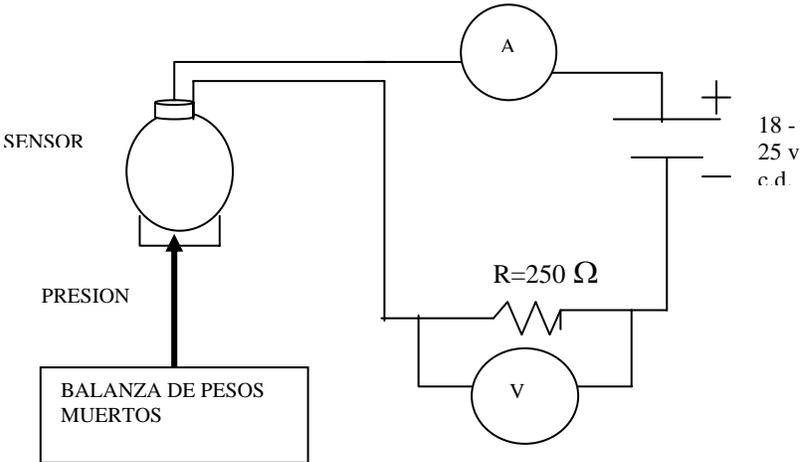


Figura 4.10 Diagrama de prueba del sensor de presión absoluta.

Tomando los valores de la tabla 4.3 y 4.4, tanto los de prueba como los medidos por los sensores, se obtienen las gráficas de respuesta de los sensores calibrados a 1600 y 4000 psia, mostradas en las figuras 4.11 y 4.12. De dichas gráficas se concluye que las exactitudes para la medición de presión está dentro del rango definido.

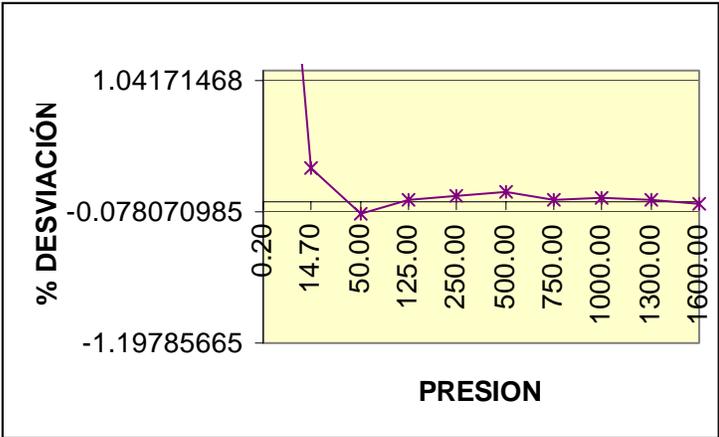


Figura 4.11 Respuesta del sensor de presión absoluta.

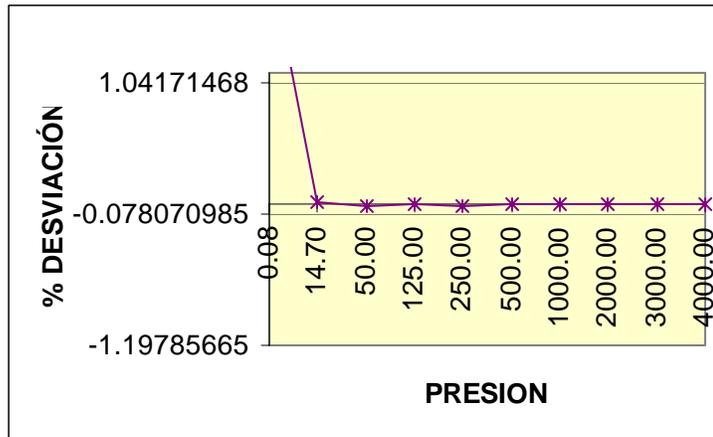


Figura 4.12 Respuesta del sensor de presión absoluta.

4.3.2.3 PRUEBA DEL SENSOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL.

Considerando que se tiene, un sensor calibrado de 0 a 150 pulgadas de agua para la medición de presión diferencial en las tuberías de salida de gas y aceite, se realiza el siguiente procedimiento:

1.- Definición de puntos de prueba.- Se definen diez puntos de prueba y se miden los valores correspondientes de corriente y voltaje, conforme a la siguiente tabla. La relación que se tiene entre la señal de salida en corriente y la presión diferencial es, de 0.1066 mA / pulgada de agua.

Punto	Entrada Presión Baja Pulg. de agua	Entrada Presión Alta Pulg. de agua	Corriente mA	Voltaje Volts	Corriente medida mA	Voltaje Medido volts
1	100.0	101.0	4.1066	1.026	4.104	1.025
2	100.0	105.0	4.5333	1.133	4.528	1.131
3	100.0	120.0	6.1336	1.533	6.14	1.534
4	100.0	140.0	8.2664	2.066	8.29	2.073
5	100.0	160.0	10.3996	2.599	10.42	2.602
6	100.0	180.0	12.5328	3.133	12.51	3.128
7	100.0	200.0	14.666	3.666	14.69	3.681
8	100.0	220.0	16.7992	4.199	16.83	4.211
9	100.0	240.0	18.932	4.733	18.85	4.708
10	100.0	250.0	20.00	5.000	19.91	4.97

Tabla 4.5 Puntos de prueba del sensor de presión diferencial.

2) Instalación del sensor.- Se instala y se conecta el sensor como se muestra en la figura 4.13, se aplican los valores de presión definidos como puntos de prueba y se verifican los valores de corriente y voltaje.

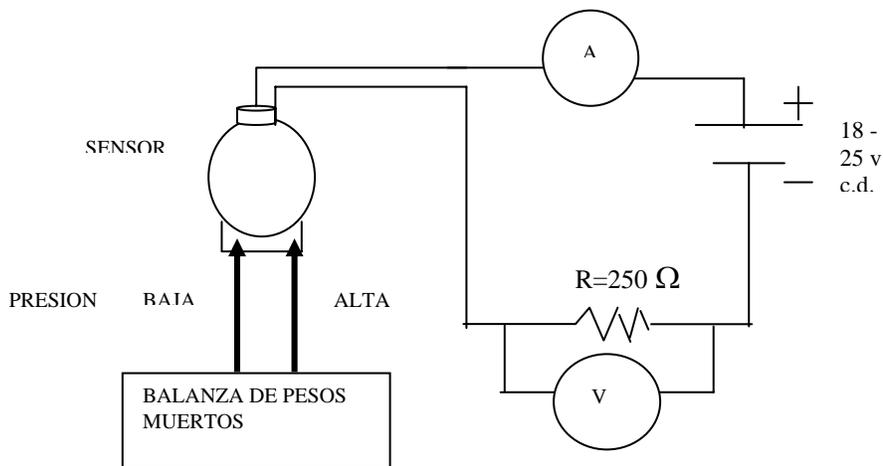


Figura 4.13 Diagrama de prueba del sensor de presión diferencial.

Haciendo uso de los valores de la tabla 4.5, tanto los de prueba como los medidos por el sensor, se obtiene la gráfica de respuesta de presión diferencial del sensor mostrada en la figura 4.14 . De dicha gráfica se concluye que la exactitud para la medición de presión está dentro del rango definido.

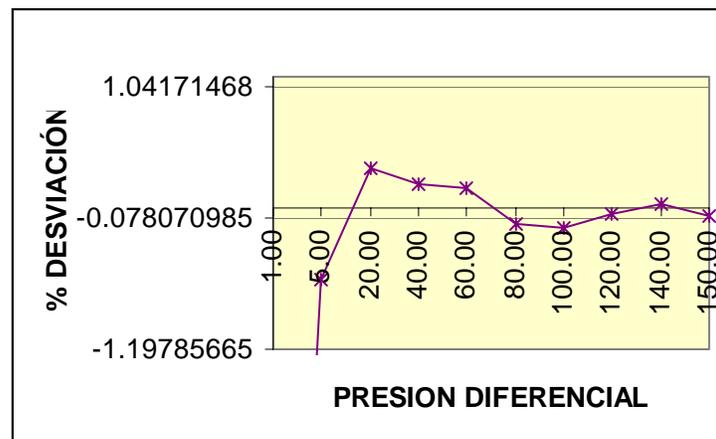


Figura 4.14 Respuesta del sensor de presión diferencial.

4.3.3 PRUEBA DEL CONVERTIDOR DE DATOS.

Para la prueba del convertidor de datos se realizó el siguiente procedimiento:

- 1.- Para la sección convertidora de datos de los sensores de fondo se generó un programa de prueba el cual forma parte del software de adquisición de datos. En dicho programa se inicializan y programan los puertos de E/S y se leen los valores digitales generados en las décadas contadoras correspondientes a las frecuencias generadas en el sensor de fondo, el cual se conecta al multiplexor del convertidor.
- 2.- Se conecta un sensor de fondo al convertidor y el convertidor a la P.C.
- 3.- Se da alimentación al convertidor y con un osciloscopio se miden y verifican las frecuencias de presión y temperatura generadas por el sensor de fondo, siendo éstas para la presión de 10 a 15 KHz y de 5 a 9 KHz para la temperatura.
- 4.- Se “corre” el programa de prueba y se leen los valores digitales correspondientes a la presión y temperatura.

5.- El sensor de fondo se conecta a los puertos restantes para probar el funcionamiento de cada uno.

6.- Prueba de ruido.- En este punto se realizaron pruebas de filtrado de ruido, conectando equipo eléctrico generador de ruido a la misma red de alimentación del convertidor y se verificó la funcionalidad del circuito acondicionador de señal el cual realiza la función de filtrado de ruido.

7.- Para la sección convertidora de sensores de superficie, de igual manera se generó un programa de prueba, el cual forma parte también del software.

En dicho programa de prueba se inicializan y programan los puertos de E/S y se lee el valor digital correspondiente a la variable medida por el sensor.

8.- Se conecta un sensor de superficie como se muestra en la figura 2.14 al convertidor y el convertidor a la P.C.

9.- Se da alimentación al convertidor y al sensor.

10.- Se “corre” el programa de prueba y se leen los valores digitales correspondientes a la variable medida por el sensor.

11.- El sensor de superficie se conecta a los puertos restantes para probar el funcionamiento de cada uno.

12.- Prueba de ruido.- Esta prueba es semejante a la del punto 6 mencionada anteriormente.

4.3.4 PRUEBA DEL MEDIDOR DE PROFUNDIDAD.

La prueba del medidor de profundidad se realizó conforme al siguiente procedimiento:

1.- Prueba del encoder.- Proporcionando energía eléctrica al encoder se gira el eje y se verifica la salida de pulsos conectando el osciloscopio.

2.- Se conecta el contador de pulsos a la señal de salida de pulsos del encoder y se verifica que la lectura sea de 100 pulsos al excursionar una revolución el eje del encoder.

3.- Se conecta la electrónica del medidor al encoder y se proporciona alimentación.

4.- Se verifica en el desplegado visual que la lectura sea de 1.0 metros al girar el eje del encoder una revolución en el sentido de las manecillas del reloj. En seguida se gira el eje en sentido contrario y en el desplegado se verifica que la lectura sea 0.0 metros. En caso de que la lectura sea diferente de cero se realizan los ajustes necesarios.

5.- Prueba de la interfaz RS232.- Se generó un pequeño programa de prueba en el cual se establece la comunicación a la P.C. y se lee el valor que envía el medidor a través de la interfaz RS232, verificando que sea el mismo que se despliega.

4.3.5 PRUEBA DE EQUIPO DE CÓMPUTO.

En este punto se describen las pruebas realizadas al equipo de cómputo utilizado en el sistema, cubriendo los puntos siguientes:

- Prueba de la P.C. industrial.
 - 1).-Utilizando software comercial para prueba y diagnóstico de PC.se verifica el funcionamiento de la sección de video, memoria de lectura y escritura, acceso a disco duro, acceso a disco flexible, puertos serie.y paralelo, etc.
 - 2).-Prueba de temperatura.- Utilizando una cámara de temperatura controlada, se instala la PC y se selecciona una temperatura de 0 °C. Se mantiene funcionando la PC durante tres días y se verifica su correcto funcionamiento. De igual manera se selecciona una temperatura de 60 °C, verificando su funcionamiento correcto.
 - 3).-Prueba de vibración.- En este punto se utilizó una equipo generador de vibración controlada llamada mesa vibratoria, se instala la PC, se aplica una frecuencia de 17 Hz, manteniéndola durante tres días y verificando su buen funcionamiento.

- Prueba de la impresora.
 - 1).- Se conecta la impresora a la PC y se envía información de texto y gráficos, con lo cual se verifica el buen funcionamiento del puerto de comunicación y la impresión de datos.
 - 2).- Prueba de temperatura.- Esta prueba se realiza de manera similar al punto 2 de prueba de la PC.
 - 3).- Prueba de vibración.- Esta prueba se realiza de manera semejante al punto 3 de prueba de la PC.

4.3.6 PRUEBA DEL SOFTWARE.

Este punto describe las pruebas realizadas al software de adquisición de datos, aplicando el siguiente procedimiento:

- Prueba por etapas.- Siendo cada una de ellas la continuación lógica de la anterior y de manera ascendente, esto es probando de los elementos más simples al más complejo.
 - 1°).-Prueba de funciones.
 - 2°).-Prueba de módulos.
 - 3°).-Prueba del software completo.

Prueba de funciones.- En este punto se probaron por separado cada una de las funciones contenidas en el software, como son funciones de acceso y salida a ventanas de diálogo, lectura y asignación de valores a variables, lectura de valores de controles, de cajas de selección, etc.

Prueba de módulos.-Después de haber probado cada una de las funciones, se probaron por separado cada uno de los módulos que conforman el software, siendo estos

La interfaz gráfica de usuario.- En este punto se probaron , el menú principal, los submenús y cada una de las ventanas de diálogo, así como sus controles y cajas de selección que conforman la interfaz de usuario mostrada en la figura 3.26.

El módulo de adquisición, procesamiento y graficación de datos.- La prueba de este módulo consistió en realizar la adquisición de valores de las variables de presión y temperatura medidas por el sensor de fondo y los valores de las variables medidas por los sensores de superficie, conectados al convertidor de datos. Así como el valor de la profundidad medido por el equipo correspondiente conectado a la PC a través del puerto serie. Apoyándose en la interfaz de usuario y de la ventana de adquisición de datos se monitorean los valores mencionados, así como los gastos de gas y aceite calculados y la graficación de presión de fondo contra tiempo de prueba.

El módulo de almacenaje e impresión de datos.- Apoyándose en la interfaz de usuario, se probó dicho módulo, realizando la grabación de los valores de las variables medidas, generando un archivos de datos e imprimiéndolo.

Módulo de ayuda.- Utilizando la interfaz de usuario se probó este módulo, simplemente accedando a las ventanas de ayuda para cada uno de los submenús asociados con los textos correspondientes, así como los controles de cierre y salida en cada una de las ventanas.

Prueba del software completo.- Después de haber realizado las pruebas de funciones y módulos:

- 1).- Se integra el hardware del sistema y se verifica su buen funcionamiento.
- 2).- Se configura el software a través de la interfaz de usuario emulando una prueba de adquisición de datos.
- 3).-Se ejecuta la “corrida” y se realizan todas las acciones posibles que un operador hace durante la adquisición de datos en un pozo como son, monitoreo, grabación e impresión de datos, cambio de tiempo de adquisición, etc.

4.4 PRUEBAS EN CAMPO.

En este punto se describen las etapas realizadas durante la prueba en campo del sistema de adquisición de datos. En el apéndice B se muestra un listado de los datos adquiridos.

Las etapas realizadas fueron las siguientes:

4.4.1 Instalación del sistema en la unidad de registro: En esta etapa se efectuaron los siguientes puntos:

- a) Verificación del buen funcionamiento del sistema de generación y distribución de energía eléctrica dentro de la unidad.
- b) Prueba de continuidad del cable a través del cual se envían las señales de presión y temperatura del sensor de fondo a superficie.
- c) Prueba de aire acondicionado y accesorios de la unidad.
- d) Distribución de partes y equipo del sistema dentro de la unidad.
- e) Conexión y prueba de alimentación eléctrica al sistema.

4.4.2 Prueba en planta del sistema integrado en la unidad: En esta etapa se realizaron los siguientes puntos:

- a) Revisión de interconexión del equipo que conforma el sistema.
- b) Configuración del sistema a través del software de adquisición de datos de pozo.
- c) Conexión de sensores de fondo y superficie de acuerdo a la configuración.
- d) Ejecución de la prueba realizando el monitoreo, almacenamiento, impresión y graficación de datos durante tres días continuos.
- e) Prueba de soporte de alimentación eléctrica al sistema a través de la UPS.

4.4.3 Capacitación del personal de PEMEX operativo del sistema

- a) Capacitación teórica de la conformación y funcionamiento del hardware y software del sistema.
- b) Capacitación práctica del funcionamiento del sistema.

c) Ejecución de pruebas en planta del sistema por personal operativo de PEMEX con supervisión del personal del IMP.

4.4.4 Adquisición de datos en el pozo Cantarell 135A: En esta etapa se realizaron los siguientes puntos:

a) Recopilación de información:

Nombre del pozo: Cantarell 135 A.

Ubicación del pozo: Yacimiento Cantarell.

Estado mecánico del pozo: .

Profundidad de la zona de disparos: 2800 metros.

Presión y temperatura medidas en la zona de disparos en la última operación de adquisición de datos: Presión 6385.6 psia, temperatura 138 ° C.

Programa de prueba a ejecutarse durante la operación de adquisición de datos.

Identificación del personal coordinador y operativo de PEMEX, durante la prueba.

b) Traslado de personal y equipo al pozo:

Personal de PEMEX e IMP para supervisión y operación.

Equipo: Sistema de adquisición de datos de pozo, unidad de registro, de control de presión, accesorios.

c) Calibración del pozo: Esta operación es realizada con el propósito de verificar y garantizar que no existen obstrucciones dentro del pozo para evitar problemas en la introducción del sensor de fondo y durante la prueba.

d) Instalación del sistema en el pozo, unidad de registro, equipo de control de presión, etc.

e) Configuración y prueba de funcionamiento del sistema y equipo, antes de iniciar la adquisición de datos.

- f) Ejecución de la adquisición de datos conforme al programa de prueba:
Durante la operación se monitorean, almacenan e imprimen los datos medidos en el fondo y superficie del pozo.

En este punto se ejecutan diferentes tipos de registros como son:

Registro por estaciones.- Durante el cual se adquieren datos de presión y temperatura a diferentes profundidades desde superficie hasta la zona de disparos. El objetivo de este registro es calcular el gradiente de presión y temperatura del pozo para diagnosticar el comportamiento del hidrocarburo al fluir desde el fondo a la superficie.

Registro de incremento de presión.- Durante este registro se cierra el pozo y se adquieren datos de presión y temperatura en la profundidad de la zona de disparos, hasta que la pendiente de la curva de respuesta de la presión contra tiempo sea prácticamente cero. El objetivo primordial de este registro es caracterizar y evaluar el comportamiento del yacimiento, conocer la presión y temperatura máximas del pozo y yacimiento, así como detectar fracturas de tubería, fugas de hidrocarburo, etc.

Registro de decremento de presión y medición de producción.- Durante este registro se abre el pozo, fluyendo hacia el separador de medición. Se adquieren datos de presión y temperatura en la profundidad de la zona de disparos, hasta que la pendiente de la curva de respuesta de la presión contra tiempo sea prácticamente cero. El objetivo primordial de este registro es caracterizar y evaluar el comportamiento del yacimiento, así como conocer la presión y temperatura del pozo y yacimiento fluyendo. Además conocer la producción de gas y aceite a través de diferentes estranguladores, lo cual proporciona información después de realizar el análisis de datos, que ayuda a tomar decisiones de cuál es la mejor y más adecuada técnica, intervención, o método para incrementar la productividad del pozo.

Algunos otros registros son: Determinación de límites del yacimiento, de interferencia con otros pozos, de inyectividad, etc.

4.4.5 Ajustes de hardware y software: En este punto se realizaron algunos cambios menores conforme a la dinámica de operación, sin cambiar la estructura ni especificaciones del sistema.

Hardware: Cambio de algunos conectores de entrada de señal, cambios en la disposición el sistema dentro de la unidad de registro, adición de filtros para ruido en fuentes de alimentación del sistema, ajuste de funda de protección de sensor de fondo para interconectarse mecánicamente a accesorios comerciales .

Software: Adición de señal audible indicando grabación de datos, ajuste de tamaño de algunas ventanas de configuración, cambio de colores de algunas ventanas, guardar el último valor de T_p y ponerlo a cero si se requiere.

4.4.6 Validación del sistema: Para la validación del sistema intervino personal de la Región Marina Activo Cantarell, Gerencia de Diseño de Explotación, Departamento de Yacimientos y de la Gerencia de Servicios a Pozos, Departamento de Registros de Pozo.

Por parte del personal de yacimientos se consideraron los siguientes puntos:

- Las pruebas realizadas en planta.
- El procedimiento de calibración y prueba de sensores con equipo patrón certificado.
- Verificación del cumplimiento de los requerimientos planteados para el desarrollo del sistema.
- Comparación de los datos adquiridos con el sistema contra datos de registros inmediatos anteriores del pozo.
- Respuesta dinámica del pozo de la gráfica de presión de fondo contra tiempo resultado de la adquisición de datos con el sistema comparada con la gráfica similar de datos anteriores.
- Comportamiento histórico del pozo.
- Datos estadísticos del pozo.

Por parte del personal de registros de pozo se consideraron los siguientes puntos:

- Las pruebas realizadas en planta.
- El procedimiento de calibración y prueba de sensores con equipo patrón certificado.
- Prueba del sistema en la operación real de adquisición de datos en el pozo Cantarell 135A
- Verificación del cumplimiento de los requerimientos planteados para el hardware, como modularidad, fácil interconexión de elementos y equipo, rangos de medición de sensores de fondo y superficie, adecuado funcionamiento del sistema bajo las condiciones de operación especificadas, etc.
- Verificación del cumplimiento de los requerimientos planteados para el software, como ser interactivo, fácilmente entendible, tener la secuencia lógica conforme a la operación real de adquisición de datos, configurable por el usuario, etc.

CONCLUSIONES, CONTRIBUCIONES Y RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS

5.1 CONCLUSIONES.

- Se obtuvo un modelo del sistema de adquisición de datos conforme a las necesidades, requerimientos y alcances de los usuarios que cumple satisfactoriamente con lo planteado, tanto la parte de hardware y software, así como los resultados esperados.
- El sistema es flexible tanto en hardware como en software ya que puede evolucionar adecuándose de acuerdo a la dinámica de adquisición de datos de pozo y a las necesidades operativas.
- El sistema fue validado por personal de diseño de explotación y yacimientos del activo Cantarell y de registros de pozo, de la Región Marina, lo cual confirmó que el diseño del sistema es el correcto y que los datos adquiridos son verdaderos y de vital importancia ya que son utilizados por personal especialista en las áreas de yacimientos y producción.
- Referente a los resultados esperados, uno de los más importantes es el archivo de datos de pozo, dichos datos son alimentados a software especializado de pruebas de presión y producción que dan como resultado la evaluación y diagnóstico del estado productivo del pozo y la determinación de parámetros de gran importancia los cuales caracterizan al yacimiento y pozo. Dichos resultados coadyuvan a determinar las mejores condiciones de explotación, se definen y toman decisiones para seleccionar el tipo de intervención o estimulación más adecuada para incrementar la productividad con lo cual se logra aumentar la rentabilidad y prolongar la vida productiva.

También se determina si es necesario o no la aplicación de sistemas de producción artificial, el tiempo de aplicación y el tipo de sistema más adecuado. Los tipos de sistemas artificiales de producción más utilizados son: bombeo eléctrico y electrocentrífugo, bombeo neumático y sistemas de empuje como la inyección de gas y agua.

- Para evitar errores estructurales, cambios durante el desarrollo y resultados erróneos, se debe definir a detalle desde el inicio las necesidades, alcances, condiciones de operación e instalación, variables a medir, rangos de medición, etc.

5.2 CONTRIBUCIONES.

- Se generó tecnología propia que contribuye a disminuir la dependencia de tecnología extranjera.
- Reducción de la contratación de compañías transnacionales que proveen servicios de adquisición de datos, con el consecuente beneficio económico al disminuir la salida de divisas del país.
- Formación de recursos humanos capacitados para generar tecnología competitiva en el área de adquisición de datos para pozos petroleros.
- Se proporciona a PEMEX un sistema prototipo, adecuado a sus necesidades y requerimientos específicos.

5.3 RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS.

- Este trabajo se puede tomar como referencia para el diseño de sistemas de adquisición de datos con aplicación en otras áreas diferentes a la petrolera tomando en cuenta las necesidades específicas del proceso de adquisición de datos.
- Se debe tener conocimiento amplio del proceso dentro del cual se adquieren datos.

- Investigación a detalle de las necesidades, alcances y requerimientos, del usuario a fin de definir adecuadamente los puntos estructurales del diseño.
- Mantener contacto directo y estrecho con los usuarios a fin de llevar a cabo una continua revisión del desarrollo del sistema.
- En caso de requerirse utilizar sensores de fondo y superficie con diferentes tipos de señales de salida a los mencionados, se deben realizar los cambios necesarios en el hardware y software para que el sistema funcione adecuadamente.
- Practicamente el sistema se puede aplicar en operaciones de adquisición de datos en pozos terrestres, salvo pequeños ajustes en la instalación dentro de la unidad de registro.

REFERENCIAS

- [1] "Innovación en PEMEX" Revista de Ingeniería Petrolera de la AIPM, Febrero 1998.

- [2] "Practices Modern Production" Vol. 2, 1998, Halliburton Energy Institute, capítulo Well Test Analysis.

- [3] Mian M.A. "Petroleum Engineering Handbook for the Practicing Engineer" Ed. Penn Well Publishing Company 1992, capítulo 3.

- [4] Forest Gray "Petroleum Production for the Nontechnical Person" Ed. Penn Well Publishing Company 1991, capítulo 2.

- [5] Ramos Heberto "Los Registros de Producción Aplicados a Problemas en Pozos de la Zona Marina" Revista Ingeniería Petrolera AIPM Enero 1990.

- [6] "System Analysis Well Test Interpretation" Guía Flopetrol Johnston Schlumberger 1993.

- [7] Considine Douglas Maxwell "Process Instruments and Control Handbook" Ed. Mc. GrawHill, 3ª Edición 1985, páginas 2.47 a 3.59.

- [8] Cooper William David "Electronic Instrumentation and Measurement Techniques" Ed. Prentice Hall 1982, páginas 417-430.

- [9] "Gas and Liquid Measurement" Petroleum Extension Service University of Texas at Austin, 1993, capítulo 2 y apéndice A..

- [10] M.G.Mylroi and G. Calvert “Measurement and Instrumentation for Control” Ed.Peter Peregrinus Ltd., London, UK , 1984, páginas 38-42.
- [11] “Manual of Petroleum Measurement Standards” American National Standard, American Petroleum Institute, Junio 1991, sección 1.
- [12] “Standard Compatibility of Analog Signals for Electronic Industrial Process Instruments” ANSI/ISA-S50.1-1982(R-1992) Instrument Society of America.
- [13] “Instrumentación Digital” Dpto. Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica E.S.I.M.E. I.P.N., Ed. Limusa, 1979, capítulo 12 páginas 353 a 363.
- [14] “Analog – Digital Conversion Handbook” Analog Devices, Ed. Prentice Hall tercera edición, 1996, capítulo 4 páginas 4.1 a 4.30..
- [15] “Data Acquisition and Reference Guide” Keithley Metrabyte Vol.28, 1997,página 267.
- [16] “Automatic Control Systems”, Boletín de Instrument Society of America, 1998.
- [17] Ian Sommerville “Ingeniería de software” Ed. Addison-Wesley Iberoamericana Segunda edición 1988, capítulos 4 y 5.
- [18] Ben Shneiderman “Designing the User Interface” Ed.Addison Wesley, 1998, capítulo 2..
- [19] “Labwindows CVI Program 3.1 and User Manuals” National Instruments Corporation, Julio 1996.
- [20] “Annual Book of ASTMStandards” Vol.14.03., 1991, páginas 286 a 302.

APÉNDICE A

SENSORES Y TABLAS DE CARACTERÍSTICAS

A1.- Características de sensores de fondo y superficie.

TEMPERATURA	
Rango de Operación	0 a 175° C
Exactitud	± 0.5 %
Resolución	0.5° C
PRESIÓN	
Rango de operación	0 a 17000 PSIA
Exactitud	± 0.04 %
Resolución	0.5 PSIA
SENSORES PRIMARIOS	
Presión	Tipo Capacitivo
Temperatura	Tipo RTD
FUNDA PROTECTORA	
Material	Titanio Diámetro externo de 1.5 pulgadas

Tabla 2.1 Características del sensor de fondo utilizado en el sistema.

Rango de medición	0 a 125 °C
Exactitud	± 1.0 %
Resolución	0.5 °C
Sensor primario	Tipo RTD
Características Mecánicas	Funda metálica, hermética, a prueba de explosión. Conector de señal de alta confiabilidad, adecuado para ambientes marinos. Termopozo para tubería de alta presión. Conector mecánico de alta seguridad y alta presión. Accesorios para sujeción a tubería.
Condiciones de operación	Presión ambiental de 14.7 psia. Temperatura -20 ° C a 85 °C Humedad 0 a 100%. Corrosión de 0 a 10 ppm de H ₂ S Vibración de 0 a 17 Hz.

Tabla 2.2 Características del sensor de temperatura utilizado en el sistema.

Rango de medición	0 a 4000 psia, 0 a 1600 psia.
Exactitud	± 0.5 %
Resolución	1.0 psia.
Sensor primario	Tipo capacitivo de diafragma.
Características Mecánicas	Funda metálica, hermética, a prueba de explosión. Conector de señal de alta confiabilidad, adecuado para ambientes marinos. Conector mecánico de alta seguridad y alta presión con válvula de control de fluido. Accesorios para sujeción a tubería.
Condiciones de operación	Presión ambiental de 14.7 psia. Temperatura -20 ° C a 85 °C Humedad 0 a 100%. Corrosión de 0 a 10 ppm de H ₂ S Vibración de 0 a 17 Hz.

Tabla 2.3 Características del sensor de presión absoluta utilizado en el sistema.

Rango de medición	0 a 150 pulgadas de agua.
Exactitud	± 0.1 %
Resolución	0.1 pulgadas de agua.
Sensor primario	Tipo capacitivo de diafragma.
Características Mecánicas	Funda metálica, hermética, a prueba de explosión. Conector de señal de alta confiabilidad, adecuado para ambientes marinos. Conectores mecánicos de alta seguridad y alta presión con válvulas de control de fluido. Accesorios para sujeción a tubería.
Condiciones de operación	Presión ambiental de 14.7 psia. Temperatura -20 ° C a 85 °C Humedad 0 a100%. Corrosión de 0 a 10 ppm de H ₂ S Vibración de 0 a 17 Hz.

Tabla 2.4 Características del sensor de presión diferencial utilizado en el sistema.

A2.- Características de equipo superficial.

Rango de medición	0 a 9999.9 metros
Exactitud	± 0.01 %
Resolución	0.01 metro
Sensor primario	Encoder electrónico.
Comunicación PC	Serie RS232 normalizada.
Visualización de medición	Desplegado numérico local.
Características mecánicas	Gabinete metálico para protección de la electrónica. Conector de señal de salida de alta confiabilidad, adecuado para ambientes marinos. Accesorios de acoplamiento mecánico a juego de poleas.
Condiciones de operación	Presión ambiental de 14.7 psia. Temperatura -10 ° C a 60 °C Humedad 0 a90% Corrosión de 0 a 10 ppm de H ₂ S Vibración de 0 a 17 Hz.

Tabla 2. 5 Características del medidor de profundidad.

Sección Convertidora. Sensores de fondo	8 canales multiplexados. Señal de entrada: Tipo frecuencia, Rango : 0 a 99999 Hz. Rango amplitud: 1.0 a 5.0 volts. Interfaz a PC.: Puertos de E/S. Conversión A/D: Décadas contadoras.
Sección Convertidora Sensores de superficie	Conversión A/D: Resolución 12 bits, aprox. sucesivas. 8 canales multiplexados. Señal de entrada: Tipo voltaje c.d., Rango: 0 - ±5.0 volts. Interfaz a PC : Puertos de E/S.
Características mecánicas	Gabinete metálico antioxidante y anticorrosivo, acondicionado para instalarse en rack estandarizado de 19 pulgadas Conectores de alta confiabilidad para operar en ambiente marino. Acondicionado con accesorios contra vibración
Condiciones de operación	Presión ambiental de 14.7 psia. Temperatura -10 ° C a 60 °C Humedad 0 a 90% Corrosión de 0 a 10 ppm de H ₂ S Vibración de 0 a 17 Hz.

Tabla 2.6 Características del convertidor de datos.

Tipo	PC industrial
Procesador	Pentium
Capacidad de Disco Duro	100 MB o mayor.
Unidad disco flexible	Alta densidad 3 ½ pulgadas.
Monitor de video	Color de 17 pulgadas.
Teclado	Normalizado tipo retractil.
Conectores	De alta confiabilidad y soportar ambiente marino.
Características mecánicas	Gabinetes antioxidantes y anticorrosivos, con especificaciones para instalarse en rack normalizado de 19 pulgadas. Acondicionados con accesorios contra vibración. Conectores de alta confiabilidad para operar en ambiente marino.
Condiciones de operación	Presión ambiental de 14.7 psia. Temperatura de -10 °C a 60 °C. Humedad de 0 a 90 %. Corrosión de 0 a 10 ppm de H ₂ S. Vibración de 0 a 17 Hz.

Tabla 2.7 Características de la computadora industrial utilizada en el sistema.

Tipo	De impacto de matriz de puntos o lasser.
Interfaz a PC	Paralelo Centronics.
Ambiente operativo	Marino.
Tamaño	Pequeño.
Características mecánicas	Elementos mecánicos protegidos contra oxidación y corrosión. Conectores de alta confiabilidad para operar en ambiente marino. Adecuada con accesorios contra vibración.
Condiciones de operación	Presión ambiental de 14.7 psia. Temperatura de -10 °C a 60 °C. Humedad de 0 a 90 %. Corrosión de 0 a 10 ppm de H ₂ S. Vibración de 0 a 17 Hz.

Tabla 2.8 Características de la impresora.

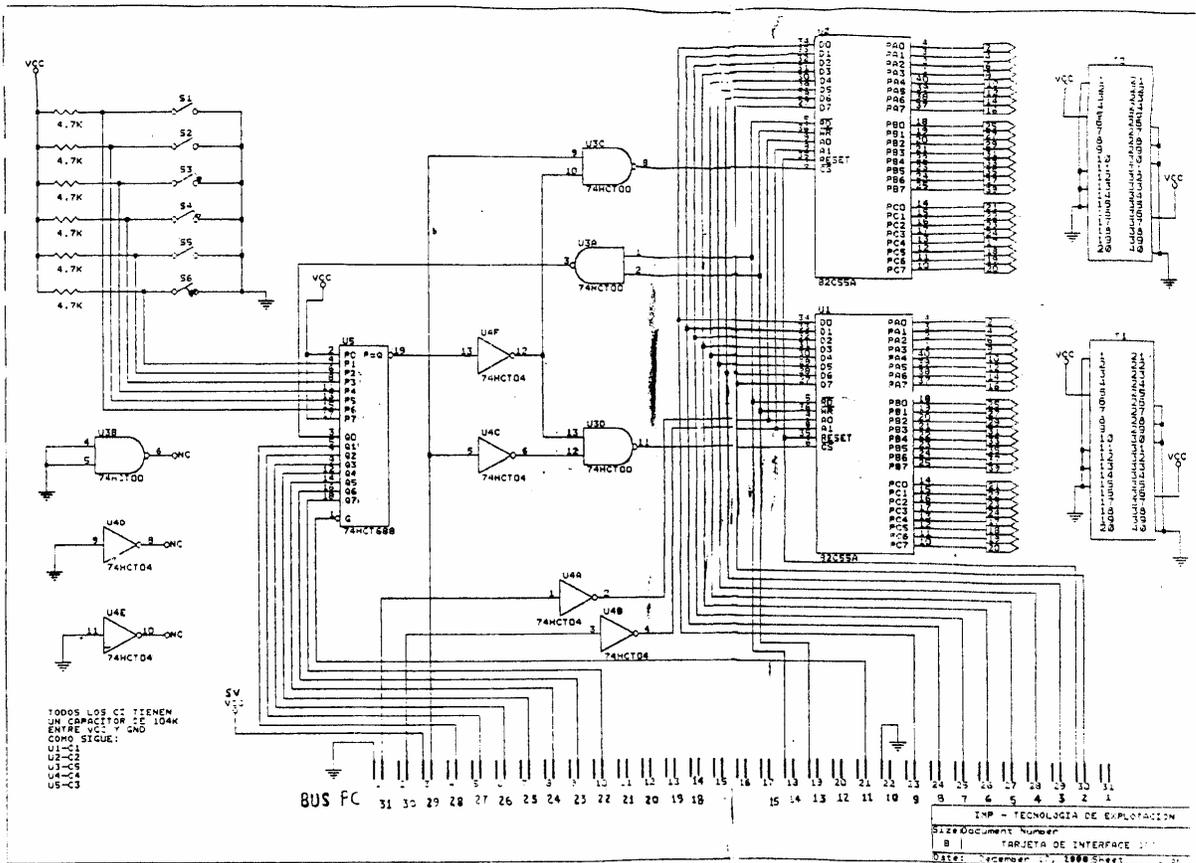
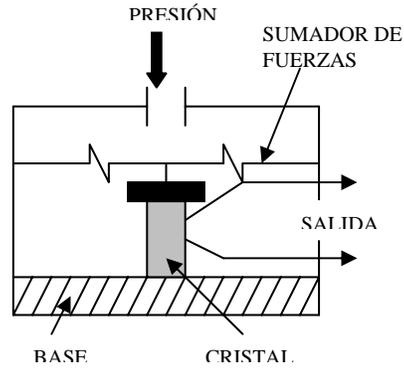
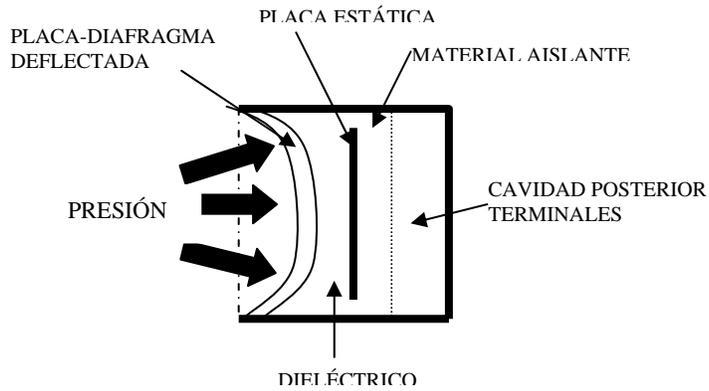
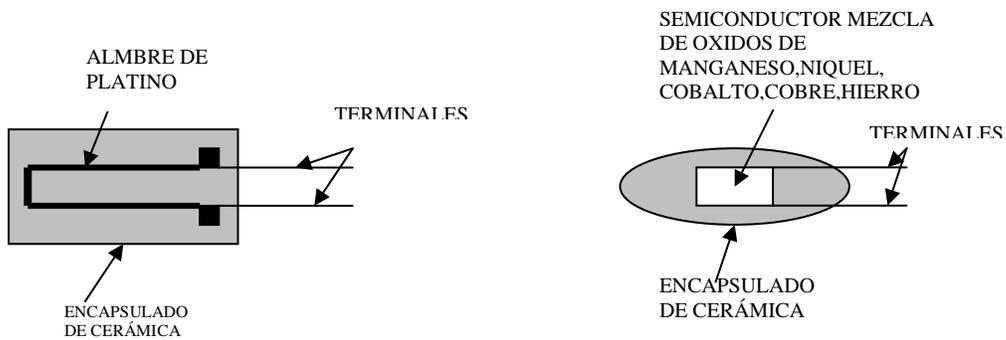


Figura A2 Diagrama electrónico de la interfaz



Transductor de presión tipo piezoeléctrico

Figura 2.7 Sensores primarios de presión.



Transductor tipo RTD

Transductor tipo termistor

Figura 2.8 Sensores primarios de temperatura.

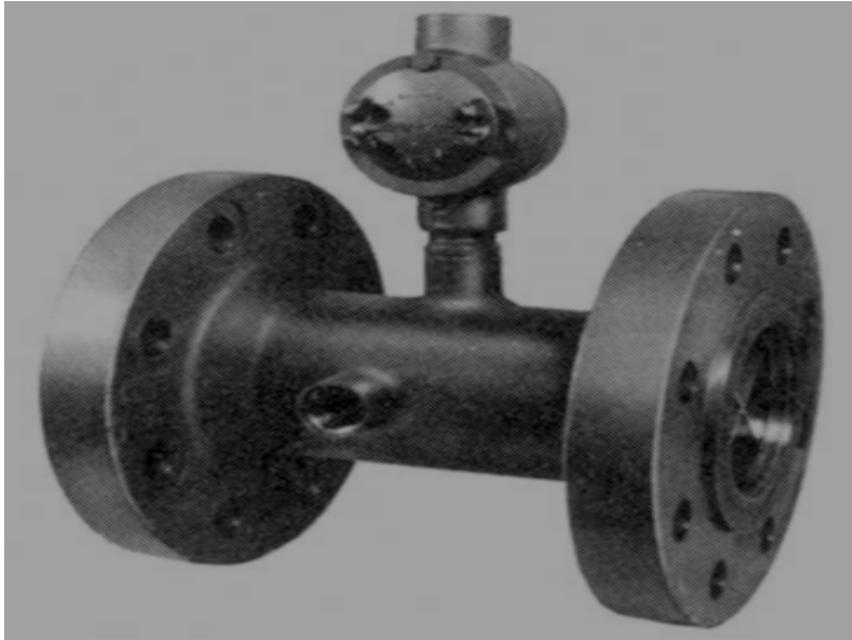


Figura A4 Diagrama del medidor de flujo tipo turbina

Rango de medición	0 – 2500 bls/d. 0 – 2500 “ 0 – 5000 “ 0 – 10000 “ 0 – 24000 “
Exactitud	±0.25 %, ± 0.15%.
Resolución	1.0 bls/d.
Sensor primario	Rotor magnético.
Señal de salida	Frecuencia proporcional a la velocidad promedio del fluido.
Características mecánicas	Diámetro interno del tubo de medición: 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, y 6.0 pulgadas. Conexión tipo brida. Funda metálica de protección para la electrónica de medición.
Condiciones de operación	Temperatura de -34°C a 204°C. Presión hasta 2500 psia.

Tabla A1 .-Características del medidor de flujo tipo turbina.

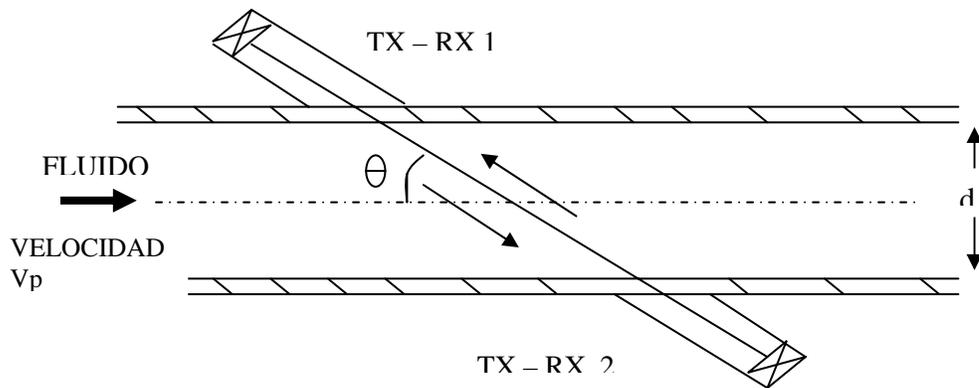


Figura A5 Diagrama del medidor de flujo tipo ultrasonido.

Rango de medición	0 – 300 bls/d. 0 – 8000 “ 0 – 15000 “
Exactitud	±0.2 %, ± 0.15%.
Resolución	2.0 bls/d.
Sensor primario	Tipo piezoeléctrico.
Señal de salida	Frecuencia proporcional a la velocidad promedio del fluido.
Características mecánicas	Diámetro interno del tubo de medición: 2.0, 4.0, y 6.0 pulgadas. Conexión tipo brida. Funda metálica de protección para la electrónica de medición.
Condiciones de operación	Temperatura -10 °C +70 °C Presión hasta 2900 psia.

Tabla A2 .-Características del medidor tipo ultrasonido.

INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO		SUBDIRECCION: EXPLORACIÓN Y	
PRODUCCIÓN			
GERENCIA: GEOFÍSICA DE EXPLOTACIÓN		SISTEMA SIAPP	
PRUEBAS EN LABORATORIO			
EQUIPO:-----		SOFTWARE: -----	FORMATO:PL01
FECHA:-----		EQUIPO UTILIZADO:-----	
REALIZADA POR:-----			
PROCEDIMIENTO:			
RESULTADOS:			
AJUSTES Y CORRECCIONES:			
OBSERVACIONES:			
ANEXOS:			
FIRMA:-----		APROBADO: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	

Figura A3 Formato de registro de prueba de equipo y software.

APÉNDICE B

SOFTWARE DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA POZOS PETROLEROS SIADPP Y ARCHIVO DE DATOS DE LA PRUEBA EN CAMPO.

Globales.h

```
//VARIABLES GLOBALES DEL PROGRAMA DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE  
POZOS PETROLEROS SIADPP
```

```
//int HandleImpresora;  
int HandleFecha;  
int HandleAdquirir;  
int HandleImprdatos;  
int HandleAsptosanl;  
int HandleAsptosgsc;  
int HandlePargasto;  
int HandleParprof;  
int HandleEdoimpgrab;  
int HandleGrabadatos;  
int HandleUdisco;  
int HandleTimeadq;
```

Jorge.h

```
// DEFINICIÓN DE ENCABEZADOS, VENTANAS, FUNCIONES, CONTROLES, ETC.,  
UTILIZADOS EN EL SOFTWARE DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE POZOS  
PETROLEROS SIADPP.//
```

```
/******  
/* LabWindows/CVI User Interface Resource (UIR) Include File */  
/* Copyright (c) National Instruments 2001. All Rights Reserved. */  
/* */  
/* WARNING: Do not add to, delete from, or otherwise modify the contents */  
/* of this include file. */  
/******
```

```
#include <userint.h>
```

```
#ifdef __cplusplus  
extern "C" {  
#endif
```

```
/* Panels and Controls: */
```

```
#define ADQUIRIR 1
```

```

#define ADQUIRIR_PCABEZA          2
#define ADQUIRIR_QGAS             3
#define ADQUIRIR_QACEITE         4
#define ADQUIRIR_PFONDO          5
#define ADQUIRIR_TFONDO          6
#define ADQUIRIR_ADQFECHA        7
#define ADQUIRIR_ADQHORA         8
#define ADQUIRIR_IMPRESION        9
#define ADQUIRIR_GRABACION       10 /* callback function: CambiaEdoGrab */
#define ADQUIRIR_ARCHDATOS       11
#define ADQUIRIR_DELTAT          12
#define ADQUIRIR_TIMEADQ         13 /* callback function: CambiaTimeAdq */
#define ADQUIRIR_PROF            14
#define ADQUIRIR_GRAFICA         15
#define ADQUIRIR_COMMANDBUTTON   16 /* callback function: saliradquirir */
#define ADQUIRIR_PDIFGAS         17
#define ADQUIRIR_TGAS            18
#define ADQUIRIR_PGAS            19
#define ADQUIRIR_PDIFACEITE      20
#define ADQUIRIR_TACEITE         21
#define ADQUIRIR_PACEITE         22
#define ADQUIRIR_POZOADQUI       23

#define ASPTOSANL                 2 /* callback function: AsPtosANL */
#define ASPTOSANL_ACEPTOSANL    2 /* callback function: ActualizaPtosANL */
#define ASPTOSANL_CANCELPTOSANL  3 /* callback function: SalirPtosAnl */
#define ASPTOSANL_LISTBOX         4
#define ASPTOSANL_UNIDAN_0        5
#define ASPTOSANL_VARAN_0         6
#define ASPTOSANL_ANALOGICO_0     7
#define ASPTOSANL_ANALOGICO_6     8
#define ASPTOSANL_ANALOGICO_7     9
#define ASPTOSANL_ANALOGICO_5    10
#define ASPTOSANL_ANALOGICO_4    11
#define ASPTOSANL_ANALOGICO_3    12
#define ASPTOSANL_ANALOGICO_2    13
#define ASPTOSANL_VARAN_7         14
#define ASPTOSANL_VARAN_6         15
#define ASPTOSANL_VARAN_5         16
#define ASPTOSANL_VARAN_4         17
#define ASPTOSANL_VARAN_3         18
#define ASPTOSANL_VARAN_2         19
#define ASPTOSANL_UNIDAN_7        20
#define ASPTOSANL_UNIDAN_6        21
#define ASPTOSANL_UNIDAN_5        22
#define ASPTOSANL_UNIDAN_4        23
#define ASPTOSANL_UNIDAN_3        24
#define ASPTOSANL_UNIDAN_2        25
#define ASPTOSANL_COLIMPAN_7      26
#define ASPTOSANL_COLIMPAN_6      27
#define ASPTOSANL_COLIMPAN_5      28
#define ASPTOSANL_COLIMPAN_4      29
#define ASPTOSANL_COLIMPAN_3      30
#define ASPTOSANL_COLIMPAN_2      31

```

```

#define ASPTOSANL_COLIMPAN_1      32
#define ASPTOSANL_GRABARAN_7     33
#define ASPTOSANL_COLIMPAN_0     34
#define ASPTOSANL_GRABARAN_6     35
#define ASPTOSANL_GRABARAN_5     36
#define ASPTOSANL_GRABARAN_4     37
#define ASPTOSANL_GRABARAN_3     38
#define ASPTOSANL_GRABARAN_2     39
#define ASPTOSANL_GRABARAN_1     40
#define ASPTOSANL_UNIDAN_1       41
#define ASPTOSANL_GRABARAN_0     42
#define ASPTOSANL_VARAN_1        43
#define ASPTOSANL_ANALOGICO_1    44
#define ASPTOSANL_RALTO_0        45
#define ASPTOSANL_RBAJO_0        46
#define ASPTOSANL_RBAJO_7        47
#define ASPTOSANL_RBAJO_6        48
#define ASPTOSANL_RBAJO_5        49
#define ASPTOSANL_RBAJO_4        50
#define ASPTOSANL_RBAJO_3        51
#define ASPTOSANL_RBAJO_2        52
#define ASPTOSANL_RALTO_7        53
#define ASPTOSANL_RALTO_6        54
#define ASPTOSANL_RALTO_5        55
#define ASPTOSANL_RALTO_4        56
#define ASPTOSANL_RALTO_3        57
#define ASPTOSANL_RALTO_2        58
#define ASPTOSANL_RALTO_1        59
#define ASPTOSANL_RBAJO_1        60
#define ASPTOSGSC                 3 /* callback function: AsPtosGSC */
#define ASPTOSGSC_ACTUAL_PTOGSC   2 /* callback function: ActualizaPtosGSC */
#define ASPTOSGSC_SALIR_PTOGSC    3 /* callback function: SalirPtosGSC */
#define ASPTOSGSC_LISTBOX         4
#define ASPTOSGSC_CALIB_0         5
#define ASPTOSGSC_CALIB_7         6
#define ASPTOSGSC_CALIB_6         7
#define ASPTOSGSC_CALIB_5         8
#define ASPTOSGSC_CALIB_4         9
#define ASPTOSGSC_CALIB_3        10
#define ASPTOSGSC_CALIB_2        11
#define ASPTOSGSC_CALIB_1        12
#define ASPTOSGSC_SENSOR_7        13
#define ASPTOSGSC_SENSOR_6        14
#define ASPTOSGSC_SENSOR_5        15
#define ASPTOSGSC_SENSOR_4        16
#define ASPTOSGSC_SENSOR_3        17
#define ASPTOSGSC_SENSOR_2        18
#define ASPTOSGSC_SENSOR_1        19
#define ASPTOSGSC_GRABARH_7       20
#define ASPTOSGSC_GRABARH_6       21
#define ASPTOSGSC_GRABARH_5       22
#define ASPTOSGSC_GRABARH_4       23
#define ASPTOSGSC_GRABARH_3       24
#define ASPTOSGSC_GRABARH_2       25
#define ASPTOSGSC_GRABARH_1       26
#define ASPTOSGSC_GRABARH_0       27

```

```

#define ASPTOSGSC_SENSOR_0      28
#define ASPTOSGSC_SERIE_7      29
#define ASPTOSGSC_SERIE_6      30
#define ASPTOSGSC_SERIE_5      31
#define ASPTOSGSC_SERIE_4      32
#define ASPTOSGSC_SERIE_3      33
#define ASPTOSGSC_SERIE_2      34
#define ASPTOSGSC_SERIE_1      35
#define ASPTOSGSC_SERIE_0      36
#define EDOIMPGRAB              4 /* callback function: HabImpGrab */
#define EDOIMPGRAB_ACEPTEDOIMPGRAB 2 /* callback function:
ComandoEdoImpGrab */
#define EDOIMPGRAB_CANCELEDOIMPGRAB 3 /* callback function:
ComandoEdoImpGrab */
#define EDOIMPGRAB_VALHABGRAB   4
#define EDOIMPGRAB_VALHABIMP   5
#define FECHA                    5
#define FECHA_FECHA              2
#define FECHA_HORA1              3
#define FECHA_CANCELFECHA       4 /* callback function: ComandoFecha */
#define FECHA_ACEPTFECHA      5 /* callback function: ComandoFecha */
#define MENUPRINC                6 /* callback function: MenuPrincipal */
#define MENUPRINC_COMMANDBUTTON_2 2 /* callback function: Quit */
#define MENUPRINC_TIMER          3 /* callback function: AdquiereDatos */
#define PARGASTO                 7 /* callback function: GetParGasto */
#define PARGASTO_ACEPTPARGASTO 2 /* callback function: ComandoParGasto */
#define PARGASTO_CANCELARGASTO  3 /* callback function: ComandoParGasto */
#define PARGASTO_NUMERIC_11     4
#define PARGASTO_NUMERIC_10     5
#define PARGASTO_NUMERIC_5      6
#define PARGASTO_NUMERIC_4      7
#define PARGASTO_NUMERIC_9      8
#define PARGASTO_NUMERIC_8      9
#define PARGASTO_NUMERIC_3     10
#define PARGASTO_NUMERIC_7     11
#define PARGASTO_NUMERIC_2     12
#define PARGASTO_NUMERIC_6     13
#define PARGASTO_NUMERIC        14
#define PARGASTO_TEXTGAS        15
#define PARGASTO_TEXTACEITE     16

#define PARPROF                  8 /* callback function: GetParProf */
#define PARPROF_ACEPTPARPROF  2 /* callback function: ComandoParProf */
#define PARPROF_CANCELPARPROF   3 /* callback function: ComandoParProf */
#define PARPROF_RING_4          4
#define PARPROF_RING_7          5
#define PARPROF_RING_6          6
#define PARPROF_RING_3          7
#define PARPROF_RING_2          8
#define PARPROF_RING_5          9
#define PARPROF_RING            10
#define TIMEADQ                  9
#define TIMEADQ_ACEPTTIMEADQ  2 /* callback function: ComandoTimeAdq */
#define TIMEADQ_CANCELTIMEADQ   3 /* callback function: ComandoTimeAdq */
#define TIMEADQ_TIMEADQ         4
#define UDISCO                   10 /* callback function: SelUdiscos */

```

```

#define UDISCO_ACEPTUDISCOS      2  /* callback function: ComandoUdiscos */
#define UDISCO_CANCELUDISCOS      3  /* callback function: ComandoUdiscos */
#define UDISCO_UDDCAL              4

/* Menu Bars, Menus, and Menu Items: */

#define PRINCIPAL                  1
#define PRINCIPAL_INICSCOM        2
#define PRINCIPAL_INICSCOM_ACTFYH 3  /* callback function: FECHAHORA */
#define PRINCIPAL_INICSCOM_SELDISCO 4 /* callback function: DefUdisco */
#define PRINCIPAL_CONFSIS         5
#define PRINCIPAL_CONFSIS_ASIGPTOS 6
#define PRINCIPAL_CONFSIS_ASIGPTOS_SUBME 7
#define PRINCIPAL_CONFSIS_ASIGPTOS_PTOSG 8 /* callback function: AsigPtosGSC */
#define PRINCIPAL_CONFSIS_ASIGPTOS_PTOSA 9 /* callback function: AsigPtosAnal */
#define PRINCIPAL_CONFSIS_PARGASTO 10 /* callback function: ParMedGastos */

#define PRINCIPAL_CONFSIS_PARPROF 11 /* callback function: AsigParProf */
#define PRINCIPAL_INICPARO        12
#define PRINCIPAL_INICPARO_EDOIMPREGRAB 13 /* callback function: EdolmpGrab */
#define PRINCIPAL_INICPARO_TIMEADQ 14 /* callback function: SelTimeAdq */
#define PRINCIPAL_ADQUISIC        15
#define PRINCIPAL_ADQUISIC_INICADQ 16 /* callback function: Adquirir */
#define PRINCIPAL_ADQUISIC_SALIR  17 /* callback function: CierraAdq */
#define PRINCIPAL_AYUDA5          18

/* Callback Prototypes: */

int CVICALLBACK ActualizaPtosANL(int panel, int control, int event, void *callbackData, int
eventData1, int eventData2);
int CVICALLBACK ActualizaPtosGSC(int panel, int control, int event, void *callbackData, int
eventData1, int eventData2);
int CVICALLBACK AdquiereDatos(int panel, int control, int event, void *callbackData, int
eventData1, int eventData2);
void CVICALLBACK Adquirir(int menubar, int menuitem, void *callbackData, int panel);
void CVICALLBACK AsigParProf(int menubar, int menuitem, void *callbackData, int panel);
void CVICALLBACK AsigPtosAnal(int menubar, int menuitem, void *callbackData, int panel);
void CVICALLBACK AsigPtosGSC(int menubar, int menuitem, void *callbackData, int panel);
int CVICALLBACK AsPtosANL(int panel, int event, void *callbackData, int eventData1, int
eventData2);
int CVICALLBACK AsPtosGSC(int panel, int event, void *callbackData, int eventData1, int
eventData2);
int CVICALLBACK CambiaEdoGrab(int panel, int control, int event, void *callbackData, int
eventData1, int eventData2);
int CVICALLBACK CambiaTimeAdq(int panel, int control, int event, void *callbackData, int
eventData1, int eventData2);
void CVICALLBACK CierraAdq(int menubar, int menuitem, void *callbackData, int panel);
int CVICALLBACK ComandoEdolmpGrab(int panel, int control, int event, void *callbackData, int
eventData1, int eventData2);
int CVICALLBACK ComandoFecha(int panel, int control, int event, void *callbackData, int
eventData1, int eventData2);
int CVICALLBACK ComandoParGasto(int panel, int control, int event, void *callbackData, int
eventData1, int eventData2);
int CVICALLBACK ComandoParProf(int panel, int control, int event, void *callbackData, int
eventData1, int eventData2);

```

```

int CVICALLBACK ComandoTimeAdq(int panel, int control, int event, void *callbackData, int
eventData1, int eventData2);
int CVICALLBACK ComandoUdiscos(int panel, int control, int event, void *callbackData, int
eventData1, int eventData2);
void CVICALLBACK DefUdisco(int menubar, int menuitem, void *callbackData, int panel);
void CVICALLBACK EdolmpGrab(int menubar, int menuitem, void *callbackData, int panel);
void CVICALLBACK FECHAHORA(int menubar, int menuitem, void *callbackData, int panel);
int CVICALLBACK GetParGasto(int panel, int event, void *callbackData, int eventData1, int
eventData2);
int CVICALLBACK GetParProf(int panel, int event, void *callbackData, int eventData1, int
eventData2);
int CVICALLBACK HabImpGrab(int panel, int event, void *callbackData, int eventData1, int
eventData2);
int CVICALLBACK MenuPrincipal(int panel, int event, void *callbackData, int eventData1, int
eventData2);
void CVICALLBACK ParMedGastos(int menubar, int menuitem, void *callbackData, int panel);
int CVICALLBACK Quit(int panel, int control, int event, void *callbackData, int eventData1, int
eventData2);
int CVICALLBACK saliradquirir(int panel, int control, int event, void *callbackData, int eventData1,
int eventData2);
int CVICALLBACK SalirPtosAnl(int panel, int control, int event, void *callbackData, int eventData1,
int eventData2);
int CVICALLBACK SalirPtosGSC(int panel, int control, int event, void *callbackData, int
eventData1, int eventData2);
void CVICALLBACK SelTimeAdq(int menubar, int menuitem, void *callbackData, int panel);
int CVICALLBACK SelUdiscos(int panel, int event, void *callbackData, int eventData1, int
eventData2);

#ifdef __cplusplus
}
#endif

```

Jorge.c

//SOFTWARE DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE POZOS PETROLEROS SIADPP.

```

#include <formatio.h>
#include <ansi_c.h>
#include <utility.h>
#include <cvirte.h>          /* Needed if linking in external compiler; harmless otherwise */
#include <userint.h>
#include "JORGE.h"
#include "Globales.h"
#define COUNT 2

static char DATOSPOZO[MAX_PATHNAME_LEN];
static double wave[100];
int manejadorArchivo;
char BufferDatos[100];

long HerrtaFondo[8][7]; /* ARREGLO PARA DATOS DE SENSORES DE FONDO*/

```

```

long SensorAnalog[8][8]; /* arreglo para datos de sensores de fondo*/
double VPfondo[10];      /* arreglo para grafica de presion de fondo*/
double Vtp[10];         /* arreglo para grafica de tiempo de prueba*/
Int indxpf;             /*indice de valores de presión de fondo para grafica*/
char cadedoimp[20];
char cadedograb[20];
int valtimeadq=1;
int valedoimp; /*variable de estado de impresion 1=habilitada 0=deshabilitada*/
Int valedograb=0; /*variable de estado de grabacion 1=habilitada 0=deshabilitada*/
int Parar;
char Vfecha[20];
char Vhora[20];
char Vimpresion[20];
char Vgrabacion;
char Varchdatos;
double Vprof ; /*variable que guarda el valor de profundidad*/
Double vdeltat; /*variable que guarda el valor de tiempo de prueba*/
Double vpcabeza; /*variable que guarda el valor de presion de cabeza*/
Float vpfondo; /*variable que guarda el valor de presion de fondo*/
Float vtfondo ; /*variable que guarda el valor de temperatura de fondo*/
Double vqg; /*variable que guarda el valor calculado de gasto de gas*/
Double vpdifgas ; /*variable que guarda el valor de presion diferencial de gas*/
Double vtgas ; /*variable que guarda el valor de temperatura de gas*/
Double vpgas; /*variable que guarda el valor de presiónde gas*/
Double vqoil; /*variable que guarda el valor del gastode aceite*/
Double vpdifaceite ; /*variable que guarda el valor de lapresióndiferencial del aceite*/
Double vtaceite; /*variable que guarda el valor de temperatura del aceite*/
Double vpaceite ; /*variable que guarda el valor de presión de aceite*/
DoubleFb; /*variable que guarda el valor de Fb gas*/
DoubleFr; /*variable que guarda el valor de Fr gas*/
DoubleY; /*variable que guarda el valor de Y gas*/
DoubleFpb; /*variable que guarda el valor de Fpb gas*/
DoubleFtb; /*variable que guarda el valor de Ftb gas*/
DoubleFtf; /*variable que guarda el valor de Ftf gas*/
DoubleFgr; /*variable que guarda el valor de Fgr gas*/
DoubleFpv; /*variable que guarda el valor de Fpv gas*/
DoubleFa; /*variable que guarda el valor de Fa gas*/
DoubleFba; /*variable que guarda el valor de Fb aceite*/
DoubleFgt; /*variable que guarda el valor de Fgt aceite*/
DoubleFrv; /*variable que guarda el valor de Frv aceite*/
DoubleFaa; /*variable que guarda el valor de Fa aceite*/
Float prefondo(void); /*Función para leer el valor de presion de fondo*/
Float temfondo(void); /* Función para leer el valor de temperatura de fondo*/
Double pcabeza(void); /* Función para leer el valor de presion de cabeza*/
Double qgas(void); /* Función para calcular el gasto de gas*/
Double pdifgas(void); /* Función para leer el valor de presion diferencial de gas*/
double Tgas(void); /* Función para leer el valor de temperatura de gas*/
double Pgas(void); /* Función para leer el valor de presion de gas*/
double Qoil(void); /* Función para calcular el gasto de aceite*/
double Pdifaceite(void); /* Función para leer el valor de presion diferencial de aceite*/
double Taceite(void); /* Función para leer el valor de temperatura del aceite*/
double Paceite(void); /* Función para leer el valor de presion del aceite*/
double Profu(void); /* Función para leer el valor de la profundidad*/
double DeltaT(void); /* Función para leer el valor del tiempo de prueba*/
char* Edoimpresion(void); /* Función para leer el estado de la impresión*/
char* Edograbacion(void); /* Función para leer el estado de la grabaciónde datos.*/

```

```

void ActDatos(void); /*Función para actualizar datos de variables*/
void DespliegaDatos(void); /* Función para desplgar datos en la ventanade adquisición*/
void GrabarDatos(void); /* Función para grabar datos en el archivo .*/
void LeerdatoPresfondo(void); /* Función para leer la presión del sensor de fondo en el
convertidor.* /
void LeerdatoTempfondo(void); /* Función para leer la temperatura del sensor de fondo en el
convertidor*/
void LeerdatoPrescabeza(void); /* Función para leer el sensor de presión de cabezaen el
convertidor*/
void LeerdatoPresdifgas(void); /* Función para leer el sensor de presión diferencial de gas en el
convertidor*/
void LeerdatoTempgas(void); /* Función para leer el sensor de temperatura de gas en el
convertidor*/
void LeerdatoPresgas(void); /* Función para leer el sensor de presión de gas en el convertidor*/
void LeerdatoPresdifaceite(void); /* Función para leer el sensor de presión diferencial de aceite en
el convertidor*/
void LeerdatoTempaceite(void); /* Función para leer el sensor de temperatura de gas en el
convertidor*/
void LeerdatoPresaceite(void); /* Función para leer el sensor de temperatura de aceite en el
convertidor*/

void LeerdatoProf(void); /* Función para leer el dato de profundidad en el puerto serie*/
void LeerdatoTp(void); /* Función para leer el dato del tiempo de prueba . *

```

```

static int menu princ;

```

```

int main (int argc, char *argv[])
{
    if (InitCVIRTE (0, argv, 0) == 0) /* Needed if linking in external compiler; harmless otherwise
*/
        return -1; /* out of memory */
    if ((menu princ = LoadPanel (0, "JORGE.uir", MENU PRINC)) < 0)
        return -1;
    if ((HandleFecha = LoadPanel (0, "JORGE.uir", FECHA)) < 0)
        return -1;
    if ((HandleTimeadq = LoadPanel (0, "JORGE.uir", TIMEADQ)) < 0)
        return -1;
    if ((HandleAdquirir = LoadPanel (0, "JORGE.uir", ADQUIRIR)) < 0)
        return -1;
//    if ((HandleImprdatos = LoadPanel (0, "JORGE.uir", IMPR DATOS)) < 0)
//        return -1;
    if ((HandleAsptosanl = LoadPanel (0, "JORGE.uir", ASPTOSANL)) < 0)
        return -1;
    if ((HandleAsptosgsc = LoadPanel (0, "JORGE.uir", ASPTOSGSC)) < 0)
        return -1;
    if ((HandlePargasto = LoadPanel (0, "JORGE.uir", PARGASTO)) < 0)
        return -1;
    if ((HandleParprof = LoadPanel (0, "JORGE.uir", PAR PROF)) < 0)
        return -1;
    if ((HandleEdoimpgrab = LoadPanel (0, "JORGE.uir", EDOIMPGRAB)) < 0)
        return -1;
//    if ((HandleGrabadatos = LoadPanel (0, "JORGE.uir", GRABADATOS)) < 0)
//        return -1;
    if ((HandleUdisco = LoadPanel (0, "JORGE.uir", UDISCO)) < 0)
        return -1;
    DisplayPanel (menu princ);
}

```

```

    RunUserInterface ();
    return 0;
}
/*****/
/*llamada del panel de menu principal; boton [X] cerrar para salir del programa*/
/*****/
int CVICALLBACK MenuPrincipal (int panel, int event, void *callbackData,
    int eventData1, int eventData2)
{
    switch (event) {

        case EVENT_CLOSE:
            QuitUserInterface (0);
            break;

    }
    return 0;
}
/*****/
/*funcion llamada por el boton de control SALIR del panel menu principal*/
/*para salir del programa*/
/*****/
int CVICALLBACK Quit (int panel, int control, int event,
    void *callbackData, int eventData1, int eventData2)
{
    switch (event) {
        case EVENT_COMMIT:
            QuitUserInterface (0);
            break;

    }
    return 0;
}

```

MODULO DE ADQUISICION, PROCESAMIENTO Y GRAFICACIÓN DE DATOS.

```

/*****/
/*funcion llamada por el submenu adquirir_iniciar para habilitar la adquisicion de datos*/
/*****/
void CVICALLBACK Adquirir (int menuBar, int menuItem, void *callbackData,
    int panel)
{
/*RECONOCIMIENTO DEL TIEMPO DE ADQUISICION DE DATOS*/
    DisplayPanel (HandleAdquirir);
    GetCtrlVal (HandleTimeadq,, TIMEADQ_VALTIMEADQ, &valtimeadq);
    SetCtrlAttribute (menuprinc, MENUPRINC_TIMER, ATTR_ENABLED, &valtimeadq);
}
/*****/
/*funcion llamada por el TIMER DE ADQUISICION DE DATOS para iniciar la adquisicion*/
/*****/
int CVICALLBACK AdquiereDatos (int panel, int control, int event,
    void *callbackData, int eventData1, int eventData2)
{
    switch (event)
    {
        case EVENT_TIMER_TICK:

            ActDatos(); // actualizacion de datos de pozo
    }
}

```

```

        DespliegaDatos();// despliega datos de pozo

        if (valedograb == 1) //si la grabación está habilitada grabadatos
            {
                GrabarDatos();
            }
        break;
    }
    return 0;
}

/*SELECCIÓN Y RECONOCIMIENTO DE PUERTOS Y SENSORES DE FONDO Y SUPERFICIE

/* FUNCIÓN LLAMADA POR EL BOTON DE CONTROL ACTUALIZA DEL PANEL CTE.NAME ASPTOSGSC TITULO ASIG.PUERTOS ASE503*/
int CVICALLBACK ActualizaPtosGSC (int panel, int control, int event,
    void *callbackData, int eventData1, int eventData2)
{
    int xx;
    char cad[20];
    switch (event) {
        case EVENT_COMMIT:
            //Actualiza datos de herrta. 0
            GetCtrlVal (HandleAsptosgsc,ASPTOSGSC_SENSOR_0,
&HerrtaFondo[0][1]);
            if(HerrtaFondo[0][1]!=3)
            {
                GetCtrlVal (HandleAsptosgsc, ASPTOSGSC_SERIE_0,
&HerrtaFondo[0][2]);
                GetCtrlVal (HandleAsptosgsc, ASPTOSGSC_GRABARH_0,
&HerrtaFondo[0][3]);
            }

            //Actualiza datos de herrta. 1
            GetCtrlVal (HandleAsptosgsc, ASPTOSGSC_SENSOR_1,
&HerrtaFondo[1][1]);
            if(HerrtaFondo[1][1]!=3)
            {
                GetCtrlVal (HandleAsptosgsc, ASPTOSGSC_SERIE_1,
&HerrtaFondo[1][2]);
                GetCtrlVal (HandleAsptosgsc, ASPTOSGSC_GRABARH_1,
&HerrtaFondo[1][3]);
            }

            //Actualiza datos de herrta. 2
            GetCtrlVal (HandleAsptosgsc, ASPTOSGSC_SENSOR_2,
&HerrtaFondo[2][1]);
            if(HerrtaFondo[2][1]!=3)
            {
                GetCtrlVal (HandleAsptosgsc, ASPTOSGSC_SERIE_2,
&HerrtaFondo[2][2]);

```

```

        GetCtrlVal (HandleAsptosgsc, ASPTOSGSC_GRABARH_2,
&HerrtaFondo[2][3]);
    }

    //Actualiza datos de herrta. 3
    GetCtrlVal (HandleAsptosgsc, ASPTOSGSC_SENSOR_3,
&HerrtaFondo[3][1]);
    if(HerrtaFondo[3][1]!=3)
    {
        GetCtrlVal (HandleAsptosgsc, ASPTOSGSC_SERIE_3,
&HerrtaFondo[3][2]);
        GetCtrlVal (HandleAsptosgsc, ASPTOSGSC_GRABARH_3,
&HerrtaFondo[3][3]);
    }

    //Actualiza datos de herrta. 4
    GetCtrlVal (HandleAsptosgsc, ASPTOSGSC_SENSOR_4,
&HerrtaFondo[4][1]);
    if(HerrtaFondo[4][1]!=3)
    {
        GetCtrlVal (HandleAsptosgsc, ASPTOSGSC_SERIE_4,
&HerrtaFondo[4][2]);
        GetCtrlVal (HandleAsptosgsc, ASPTOSGSC_GRABARH_4,
&HerrtaFondo[4][3]);
    }

    //Actualiza datos de herrta. 5
    GetCtrlVal (HandleAsptosgsc, ASPTOSGSC_SENSOR_5,
&HerrtaFondo[5][1]);
    if(HerrtaFondo[5][1]!=3)
    {
        GetCtrlVal (HandleAsptosgsc, ASPTOSGSC_SERIE_5,
&HerrtaFondo[5][2]);
        GetCtrlVal (HandleAsptosgsc, ASPTOSGSC_GRABARH_5,
&HerrtaFondo[5][3]);
    }

    //Actualiza datos de herrta. 6
    GetCtrlVal (HandleAsptosgsc, ASPTOSGSC_SENSOR_6,
&HerrtaFondo[6][1]);
    if(HerrtaFondo[6][1]!=3)
    {
        GetCtrlVal (HandleAsptosgsc, ASPTOSGSC_SERIE_6,
&HerrtaFondo[6][2]);
        GetCtrlVal (HandleAsptosgsc, ASPTOSGSC_GRABARH_6,
&HerrtaFondo[6][3]);
    }

    //Actualiza datos de herrta. 7
    GetCtrlVal (HandleAsptosgsc, ASPTOSGSC_SENSOR_7,
&HerrtaFondo[7][1]);
    if(HerrtaFondo[7][1]!=3)
    {
        GetCtrlVal (HandleAsptosgsc, ASPTOSGSC_SERIE_7,
&HerrtaFondo[7][2]);

```

```

        GetCtrlVal (HandleAsptosgsc, ASPTOSGSC_GRABARH_7,
&HerrtaFondo[7][3]);
    }

    //for(xx=0;xx<8;xx++)
    //{
        //GetLabelFromIndex (HandleAsptosgsc,
ASPTOSGSC_SENSOR_0, HerrtaFondo[xx][1], cad);

        //printf("HerrtaF[%d]\tSensor=%ld
%s\tSerie%u\Grabar=%d\n",xx,HerrtaFondo[xx][1],cad,HerrtaFondo[xx][2],HerrtaFondo[xx][3]);
        //}

        //printf("HerrtaF[%d]\Grabar=%d\n",1,HerrtaFondo[1][3]);
        //HerrtaFondo[8][7];

        break;
    }
    return 0;
}
/* FUNCIÓN LLAMADA POR EL BOTON DE CONTROL ACTUALIZAR DEL PANEL CTE.NAME
ASPTOSANL TITULO ASIG.PTOS ANALOGICOS*/
int CVICALLBACK ActualizaPtosANL (int panel, int control, int event,
void *callbackData, int eventData1, int eventData2)
{
    int yy;
    char cad[20];
    switch (event) {
        case EVENT_COMMIT:
            //Actualiza datos de sensor analogico 0
            GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_ANALOGICO_0,
&SensorAnalog[0][1]);
            if(SensorAnalog[0][1]!=4)
            {
                GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_RBAJO_0,
&SensorAnalog[0][2]);
                GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_RALTO_0,
&SensorAnalog[0][3]);
                GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_UNIDAN_0,
&SensorAnalog[0][4]);
                GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_VARAN_0,
&SensorAnalog[0][5]);
                GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_GRABARAN_0,
&SensorAnalog[0][6]);
                GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_COLIMPAN_0,
&SensorAnalog[0][7]);
            }

            //Actualiza datos de sensor analogico 1
            GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_ANALOGICO_1,
&SensorAnalog[1][1]);
            if(SensorAnalog[1][1]!=4)
            {
                GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_RBAJO_1,
&SensorAnalog[1][2]);

```

```

        GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_RALTO_1,
&SensorAnalog[1][3]);
        GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_UNIDAN_1,
&SensorAnalog[1][4]);
        GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_VARAN_1,
&SensorAnalog[1][5]);
        GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_GRABARAN_1,
&SensorAnalog[1][6]);
        GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_COLIMPAN_1,
&SensorAnalog[1][7]);
    }

    //Actualiza datos de sensor analogico 2
    GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_ANALOGICO_2,
&SensorAnalog[2][1]);
    if(SensorAnalog[2][1]!=4)
    {
        GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_RBAJO_2,
&SensorAnalog[2][2]);
        GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_RALTO_2,
&SensorAnalog[2][3]);
        GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_UNIDAN_2,
&SensorAnalog[2][4]);
        GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_VARAN_2,
&SensorAnalog[2][5]);
        GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_GRABARAN_2,
&SensorAnalog[2][6]);
        GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_COLIMPAN_2,
&SensorAnalog[2][7]);
    }

    //Actualiza datos de sensor analogico 3
    GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_ANALOGICO_3,
&SensorAnalog[3][1]);
    if(SensorAnalog[3][1]!=4)
    {
        GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_RBAJO_3,
&SensorAnalog[3][2]);
        GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_RALTO_3,
&SensorAnalog[3][3]);
        GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_UNIDAN_3,
&SensorAnalog[3][4]);
        GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_VARAN_3,
&SensorAnalog[3][5]);
        GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_GRABARAN_3,
&SensorAnalog[3][6]);
        GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_COLIMPAN_3,
&SensorAnalog[3][7]);
    }

    //Actualiza datos de sensor analogico 4
    GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_ANALOGICO_4,
&SensorAnalog[4][1]);

```

```

        if(SensorAnalog[4][1]!=4)
        {
            GetCtrlVal (HandleAsptosani, ASPTOSANL_RBAJO_4,
&SensorAnalog[4][2]);
            GetCtrlVal (HandleAsptosani, ASPTOSANL_RALTO_4,
&SensorAnalog[4][3]);
            GetCtrlVal (HandleAsptosani, ASPTOSANL_UNIDAN_4,
&SensorAnalog[4][4]);
            GetCtrlVal (HandleAsptosani, ASPTOSANL_VARAN_4,
&SensorAnalog[4][5]);
            GetCtrlVal (HandleAsptosani, ASPTOSANL_GRABARAN_4,
&SensorAnalog[4][6]);
            GetCtrlVal (HandleAsptosani, ASPTOSANL_COLIMPAN_4,
&SensorAnalog[4][7]);
        }

//Actualiza datos de sensor analogico 5
GetCtrlVal (HandleAsptosani, ASPTOSANL_ANALOGICO_5,
&SensorAnalog[5][1]);
        if(SensorAnalog[5][1]!=4)
        {
            GetCtrlVal (HandleAsptosani, ASPTOSANL_RBAJO_5,
&SensorAnalog[5][2]);
            GetCtrlVal (HandleAsptosani, ASPTOSANL_RALTO_5,
&SensorAnalog[5][3]);
            GetCtrlVal (HandleAsptosani, ASPTOSANL_UNIDAN_5,
&SensorAnalog[5][4]);
            GetCtrlVal (HandleAsptosani, ASPTOSANL_VARAN_5,
&SensorAnalog[5][5]);
            GetCtrlVal (HandleAsptosani, ASPTOSANL_GRABARAN_5,
&SensorAnalog[5][6]);
            GetCtrlVal (HandleAsptosani, ASPTOSANL_COLIMPAN_5,
&SensorAnalog[5][7]);
        }
//Actualiza datos de sensor analogico 6
GetCtrlVal (HandleAsptosani, ASPTOSANL_ANALOGICO_6,
&SensorAnalog[6][1]);
        if(SensorAnalog[6][1]!=4)
        {
            GetCtrlVal (HandleAsptosani, ASPTOSANL_RBAJO_6,
&SensorAnalog[6][2]);
            GetCtrlVal (HandleAsptosani, ASPTOSANL_RALTO_6,
&SensorAnalog[6][3]);
            GetCtrlVal (HandleAsptosani, ASPTOSANL_UNIDAN_6,
&SensorAnalog[6][4]);
            GetCtrlVal (HandleAsptosani, ASPTOSANL_VARAN_6,
&SensorAnalog[6][5]);
            GetCtrlVal (HandleAsptosani, ASPTOSANL_GRABARAN_6,
&SensorAnalog[6][6]);
            GetCtrlVal (HandleAsptosani, ASPTOSANL_COLIMPAN_6,
&SensorAnalog[6][7]);
        }

//Actualiza datos de sensor analogico 7

```

```

        GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_ANALOGICO_7,
&SensorAnalog[7][1]);
        if(SensorAnalog[7][1]!=4)
        {
&SensorAnalog[7][2];           GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_RBAJO_7,
&SensorAnalog[7][3];           GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_RALTO_7,
&SensorAnalog[7][4];           GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_UNIDAN_7,
&SensorAnalog[7][5];           GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_VARAN_7,
&SensorAnalog[7][6];           GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_GRABARAN_7,
&SensorAnalog[7][7];           GetCtrlVal (HandleAsptosanl, ASPTOSANL_COLIMPAN_7,

        }

        //for(yy=0;yy<8;yy++)
        //{
                //GetLabelFromIndex (HandleAsptosanl,
ASPTOSANL_ANALOGICO_0, SensorAnalog[yy][1],cad);

                //printf("SensorAnalog[%d]\tSensorAn=%d
%s\tUNIDADES=%d\tVARMEDIR=%d\n",yy,SensorAnalog[yy][1],cad,SensorAnalog[yy][4],SensorA
nalog[yy][5]);

                //}

                break;
        }
        return 0;
}

```

/* LECTURA DE VALORES DIGITALES DE VARIABLES DE FONDO Y SUPERFICIE A TRAVES DE PUERTOS*/

/* FUNCIÓN PARA LEER EL DATO DE PRESION DE FONDO*/

float Profondo(void)

```

{
    LeerdatoProfondo(); /*Función para leer el dato de presión sensor de fondo en convertidor*/
    Vpfondo=pfondo;
    VPfondo[indxpf] = Vpfondo;
    indxpf ++;
    if (indxpf>9)
    {
        indxpf = 0;
    }
    return (Vpfondo);
}

```

/* FUNCIÓN PARA LEER EL DATO DE TEMPERATURA DE FONDO*/

float Tempfondo(void)

```

{
    LeerdatoTempfondo(); /*Función para leer el dato de temperatura sensor de fondo en
convertidor*/
}

```

```

    Vfondo = tfondo;
    return (Vfondo);
}
/* FUNCIÓN PARA LEER EL DATO DE PRESION DE CABEZA*/
double Pcabeza(void)
{
    LeerdatoPrescabeza(); /*Funciónpara leer el dato de presión cabeza en convertidor*/
    Vpcabeza = pcabeza;
    return (Vpcabeza);
}
/* FUNCIÓN PARA LEER EL DATO DE PRESION DIFERENCIAL DE GAS*/
double Pdifgas(void)
{
    LeerdatoPresdifgas(); /*Funciónpara leer el dato de presión diferencial gas sensor de
superficie en convertidor*/
    Vpdifgas = pdifgas;
    return (Vpdifgas);
}
/* FUNCIÓN PARA LEER EL DATO DE TEMPERATURA DE GAS*/
double Tgas(void)
{
    LeerdatoTempgas(); /*Funciónpara leer el dato de temperatura gas sensor de superficie en
convertidor*/
    Vtgas = tgas ;
    return (Vtgas);
}
/* FUNCIÓN PARA LEER EL DATO DE PRESION ABSOLUTA DE GAS*/
double Pgas(void)
{
    LeerdatoPresgas(); /*Funciónpara leer el dato de presión gas sensor de superficie en
convertidor*/
    Vpgas = pgas;
    return (Vpgas);
}
/* FUNCIÓN PARA LEER EL DATO DE PRESION DIFERENCIAL DE ACEITE*/
double Pdifaceite(void)
{
    LeerdatoPresdifaceite(); /*Funciónpara leer el dato de presión diferencial aceite sensor de
superficie en convertidor*/
    Vpdifaceite = pdifaceite;
    return (Vpdifaceite);
}
/* FUNCIÓN PARA LEER EL DATO DE TEMPERATURA DE ACEITE*/
double Taceite(void)
{
    LeerdatoTempaceite(); /*Funciónpara leer el dato de temperatura aceite sensor de
superficie en convertidor*/
    Vtaceite = taceite;
    return (Vtaceite);
}

```

```

}
/* FUNCIÓN PARA LEER EL DATO DE PRESION ABSOLUTA DE ACEITE*/
double Paceite(void)
{
    LeerdatoPresaceite(); /*Funciónpara leer el dato de presión aceite sensor de superficie en
convertidor*/
    Vpaceite = paceite;
    return (Vpaceite);
}

```

/* CALCULO DE GASTOS DE GAS Y ACEITE */

```

/* FUNCIÓN PARA CALCULAR EL DATO DE GASTO DE GAS*/
double Qgas(void)
{
    double cg;
    cg=Fb*Fr*Y*Fpv*Ftf*Fgr*Fpv*Fa;
    VQg = c * pow ((Vpdifgas*Vpgas),0.50);
    VQg=(VQg*24.00)* 0.02832;
    return (VQg);
}

```

```

/* FUNCIÓN PARA CALCULAR EL DATO DE GASTO DE ACEITE*/
double Qoil(void)
{
    double co;
    co=Fba*Fgt*Frv*Faa;
    VQoil = c * pow ((Vpdifaceite * Vpaceite),0.50);
    VQoil=(VQoil*24.00)* 0.02832;
    VQoil = VQoil/0.1589;
    return (VQoil);
}

```

/* LECTURA DE FECHA Y HORA DEL SISTEMA, Y PROFUNDIDAD*/

```

/* FUNCIÓN LLAMADA POR SUBMENU INIC.SIST.COMPUTO - ACT.FECHA Y HORA
MENUPRINCIPAL*/
void CVICALLBACK FECHAHORA (int menuBar, int menuItem, void *callbackData,
int panel)
{
    DisplayPanel (HandleFecha);
    SetCtrlVal (HandleFecha, FECHA_FECHA,DateStr ());
    strcpy(Vhora,TimeStr());
    SetCtrlVal (HandleFecha, FECHA_HORA1,Vhora );
}

```

```

/* FUNCIÓN LLAMADA POR LOS BOTONES DE CONTROL ACCEPTARY CANCELAR DEL
PANEL CTE.NAME FECHA TITULO ACT. FECHA Y HORA*/
int CVICALLBACK ComandoFecha (int panel, int control, int event,
void *callbackData, int eventData1, int eventData2)

```

```

{
    char Fecha[30];
    switch (event) {
        case EVENT_COMMIT:
            switch (control) {
                case FECHA_CANCELFECHA:
                    //MessagePopup ("", "Pulso CANCELAR");
                    HidePanel (HandleFecha);
                    break;

                case FECHA_ACEPTFECHA:
                    //MessagePopup ("", "Pulso ACEPTAR");
                    GetCtrlVal (HandleFecha, FECHA_FECHA, Fecha);
                    HidePanel (HandleFecha);
                    //MessagePopup ("", Fecha);

                    break;

            }

            break;

        }

    return 0;
}

```

/* FUNCIÓN PARA LEER EL DATO DE PROFUNDIDAD*/

double Profu(void)

```

{
    LeerdatoProf(); /*Función para leer el dato de profundidad en puerto serie*/
    Vprof = prof;
    return (Vprof);
}

```

/* ACTUALIZACION Y DESPLEGADO DE VARIABLES DE FONDO Y SUPERFICIE*/

/*FECHA Y HORA, PROF. TIEMPO DE PRUEBA, ETC EN LA VENTANA DE */

/*ADQUISICION DE DATOS DE LA INTERFAZ DE USUARIO*/

/*FUNCION PARA ACTUALIZAR DATOS DE POZO*/

```

void ActDatos()
{
    strcpy(Vfecha,DateStr());
    Vpfondo=Profondo();
    Vtfondo=Temfondo();
    strcpy(Vhora,TimeStr());
    Vprof=Profu();
    Vdeltat=DeltaT();
    Vpcabeza=Pcabeza();
    VQg=Qgas();
    Vpdifgas=Pdifgas();
    Vtgas=Tgas();
    Vpgas=Pgas();
    VQoil=Qoil();
    Vpdifaceite=Pdifaceite();
    Vtaceite=Taceite();
    Vpaceite=Paceite();
    return ;
}

```

```

}

/*funcion para desplegar datos de pozo */
void DespliegaDatos()
{
    SetCtrlVal (HandleAdquirir, ADQUIRIR_ADQFECHA, Vfecha);
    SetCtrlVal (HandleAdquirir, ADQUIRIR_PFONDO, Vpfondo);
    SetCtrlVal (HandleAdquirir, ADQUIRIR_TFONDO, Vtfondo);
    SetCtrlVal (HandleAdquirir, ADQUIRIR_ADQHORA, Vhora);
    SetCtrlVal (HandleAdquirir, ADQUIRIR_PROF, Vprof);
    SetCtrlVal (HandleAdquirir, ADQUIRIR_DELTAT, Vdeltat);
    SetCtrlVal (HandleAdquirir, ADQUIRIR_PCABEZA, Vpcabeza);
    SetCtrlVal (HandleAdquirir, ADQUIRIR_QGAS, VQg);
    SetCtrlVal (HandleAdquirir, ADQUIRIR_PDIFGAS, Vpdifgas);
    SetCtrlVal (HandleAdquirir, ADQUIRIR_TGAS, Vtgas);
    SetCtrlVal (HandleAdquirir, ADQUIRIR_PGAS, Vpgas);
    SetCtrlVal (HandleAdquirir, ADQUIRIR_QACEITE, VQoil);
    SetCtrlVal (HandleAdquirir, ADQUIRIR_PDIFACEITE, Vpdifaceite);
    SetCtrlVal (HandleAdquirir, ADQUIRIR_TACEITE, Vtaceite);
    SetCtrlVal (HandleAdquirir, ADQUIRIR_PACEITE, Vpaceite);
    SetCtrlVal (HandleAdquirir, ADQUIRIR_IMPRESION, Edoimpresion());
    SetCtrlVal (HandleAdquirir, ADQUIRIR_GRABACION, Edograbacion());
    SetCtrlVal (HandleAdquirir, ADQUIRIR_ARCHDATOS, DATOSPOZO);
    SetCtrlVal (HandleAdquirir, ADQUIRIR_TIMEADQ, valtimeadq);

```

/* GRAFICACIÓN Y DESPLEGADO DE PRESION DE FONDO CONTRA TIEMPO DE PRUEBA*/ /*EN CARTESIANO*/

```

// funcion para graficar presion de fondo contra tiempo de prueba

PlotXY (HandleAdquirir, ADQUIRIR_GRAFICA, Vtp, VPfondo, 8, VAL_DOUBLE,
VAL_DOUBLE, VAL_FAT_LINE, VAL_CONNECTED_POINTS, VAL_SOLID, 1,
VAL_RED);
}

```

/* BOTON DE CONTROL DE SALIR DE ADQUISICIN HABILITADO?*/

```

/* funcion llamada por el boton de control SALIR del panel con CteName:ADQUIRIR*/
// titulo ADQUISICION DE DATOS

```

```

int CVICALLBACK saliradquirir (int panel, int control, int event,
void *callbackData,int eventData1, int eventData2)
{
    switch (event) {
        case EVENT_COMMIT:

            SetCtrlAttribute (menuprinc, MENUPRINC_TIMER, ATTR_ENABLED, 0);
            if (valedograb == 1) // si el estado de grabacion esta habilitado cierra el
archivo dedatos
                CloseFile (manejadorArchivo);
                HidePanel (HandleAdquirir);

                break;
    }
    return 0;
}

```



```

        Vtp[0]= Vdeltat;
        return (Vdeltat);
    }
    /* FUNCIÓN PARA LEER EL ESTADO DE IMPRESIÓN*/
    char* Edoimpresion(void)
    {
        GetCtrlVal (HandleEdoimpgrab, EDOIMPGRAB_VALHABIMP, &valedoimp);
        GetLabelFromIndex (HandleEdoimpgrab, EDOIMPGRAB_VALHABIMP, valedoimp,
        cadedoimp);

        return (cadedoimp);
    }
    /* FUNCIÓN PARA LEER EL ESTADO DE GRABACIÓN*/
    char* Edograbacion(void)
    {
        GetCtrlVal (HandleEdoimpgrab, EDOIMPGRAB_VALHABGRAB, &valedograb);
        GetLabelFromIndex (HandleEdoimpgrab, EDOIMPGRAB_VALHABIMP, valedograb,
        cadedograb);
        return (cadedograb);
    }

    /* FUNCIÓN LLAMADA POR EL SUBMENU INIC.PAR.OPERACION - EDOIMPRESION Y
    GRABACION MENU PRINCIPAL*/
    void CVICALLBACK EdoImpGrab (int menuBar, int menuItem, void *callbackData,
        int panel)
    {
        DisplayPanel (HandleEdoimpgrab);
    }
    /* FUNCIÓN LLAMADA POR SUBMENU INIC.SIST.COMPUTO-SELEC.UNIDAD DE DISCO
    MENU PRINCIPAL*/
    void CVICALLBACK DefUdisco (int menuBar, int menuItem, void *callbackData,
        int panel)
    {
        DisplayPanel (HandleUdisco);
    }
    /* FUNCIÓN LLAMADA POR SUBMENU CONF.SIST.-ASIG.PUERTOS GSC MENU PRINCIPAL*/
    void CVICALLBACK AsigPtosGSC (int menuBar, int menuItem, void *callbackData,
        int panel)
    {
        DisplayPanel (HandleAsptosgsc);
    }
    /* FUNCIÓN LLAMADA POR SUBMENU CONF.SIST.- ASIG.PUERTOS ANALOGICOS
    MENU PRINCIPAL*/
    void CVICALLBACK AsigPtosAnal (int menuBar, int menuItem, void *callbackData,
        int panel)
    {
        DisplayPanel (HandleAsptosanal);
    }
    /* FUNCIÓN LLAMADA POR SUBMENU CONG.SIST.- PARAMETROS MEDICION DE GASTOS
    MENU PRINCIPAL*/

```

```

void CVICALLBACK ParMedGastos (int menuBar, int menuItem, void *callbackData,
                               int panel)
{
    DisplayPanel (HandlePargasto);
}

/* FUNCIÓN LLAMADA POR SUBMENU CONF.SIST.- PARAMETROS PROFUNDIDAD
MENUPRINCIPAL*/
void CVICALLBACK AsigParProf (int menuBar, int menuItem, void *callbackData,
                              int panel)
{
    DisplayPanel (HandleParprof);
}

/* FUNCIÓN LLAMADA POR SUBMENU ADQUISICION - SALIR MENUPRINCIPAL*/
void CVICALLBACK CierraAdq (int menuBar, int menuItem, void *callbackData,
                             int panel)
{
}

/* FUNCIÓN LLAMADA POR SUBMENU INIC.PAR.OPERACION - TIEMPO ADQUISICION
MENUPRINCIPAL*/
void CVICALLBACK SelTimeAdq (int menuBar, int menuItem, void *callbackData,
                              int panel)
{
    DisplayPanel (HandleTimeadq);
}

/* FUNCIÓN LLAMADA POR SUBMENU AYUDA MENUPRINCIPAL*/
void CVICALLBACK Ayuda (int menuBar, int menuItem, void *callbackData,
                        int panel)
{
    DisplayPanel (HandleAyuda);
    ManejadorArchivoAyuda = OpenFile( AYUDA, VAL_READ_ONLY, VAL_TRUNCATE, VAL_ASCII);
}

/* FUNCIÓN LLAMADA POR LOS BOTONES DE CONTROL ACEPTAR Y CANCELAR DE LA
VENTANA PANEL CTE.NAME PARPROF TITULO PARAMETROS DE PROFUNDIDAD*/
int CVICALLBACK ComandoParProf (int panel, int control, int event,
                                void *callbackData, int eventData1, int eventData2)
{
    switch (event) {
        case EVENT_COMMIT:
            switch (control) {
                case PARPROF_CANCELPARPROF:
                    HidePanel (HandleParprof);
                    break;

                case PARPROF_ACEPTPARPROF:
                    GetCtrlVal (HandleParprof, PARPROF_ACEPTPARPROF,
                                Parprof);
                    HidePanel (HandleParprof);
                    break;
            }
    }
}

```

```

        break;
    }
    return 0;
}
/* FUNCIÓN LLAMADA POR LOS BOTONES DE CONTROL ACEPTAR Y CANCELAR DE LA
VENTANA PANEL CTE.NAME PARGASTO TITULO PARAMETROS DE MEDICION DE
GASTOS*/
int CVICALLBACK ComandoParGasto (int panel, int control, int event,
void *callbackData, int eventData1, int eventData2)
{
    switch (event) {
        case EVENT_COMMIT:
            switch (control) {
                case PARGASTO_CANCELARGASTO:
                    HidePanel (HandlePargasto);
                    break;

                case PARGASTO_ACEPTARGASTO:
                    GetCtrlVal (HandlePargasto,
PARGASTO_ACEPTARGASTO, Pargasto);

                    HidePanel (HandlePargasto);
                    break;
            }
            brak;
        }
    }
    return 0;
}
/* FUNCIÓN LLAMADA POR LOS BOTONES DE CONTROL ACEPTAR Y CANCELAR DE LA
VENTANA PANEL CTE.NAME ASPTOSANL TITULO ASIG. DE PUERTS ANALOGICOS*/
int CVICALLBACK ComandoPtosANL (int panel, int control, int event,
void *callbackData, int eventData1, int eventData2)
{
    switch (event) {
        case EVENT_COMMIT:
            switch (control) {
                case ASPTOSANL_CANCELASPTOSANL:
                    HidePanel (HandleAsptosanl);
                    break;

                case ASPTOSANL_ACEPTASPTOSANL:
                    GetCtrlVal (HandleAsptosanl,
ASPTOSANL_ACEPTASPTOSANL, Asptosanl);
                    HidePanel (HandleAsptosanl);
                    break;
            }
            break;
        }
    }
    return 0;
}
/* FUNCIÓN LLAMADA POR LOS BOTONES DE CONTROL ACEPTAR Y CANCELAR DE LA
VENTANA PANEL CTE.NAME ASPTOSGSC TITULO ASIG.DEPUERTOS ASE503*/
int CVICALLBACK ComandoPtosGSC (int panel, int control, int event,
void *callbackData, int eventData1, int eventData2)
{

```

```

switch (event) {
    case EVENT_COMMIT:
        switch (control) {
            case ASPTOSGSC_CANCELASPTOSGSC:
                HidePanel (HandleAsptosgsc);
                break;

            case ASPTOSGSC_ACEPTASPTOSGSC:
                GetCtrlVal (HandleAsptosgsc,
ASPTOSGSC_ACEPTASPTOSGSC, Asptosgsc);
                HidePanel (HandleAsptosgsc);
                break;
        }
        break;
    }
    return 0;
}
/* FUNCIÓN LLAMADA POR LOS BOTONES DE CONTROL ACEPTAR Y CANCELAR DE LA
VENTANA PANEL CTE.NAME TIMEADQ TITULO SELECCION DE TIEMPO DE ADQUISICION*/
int CVICALLBACK ComandoTimeAdq (int panel, int control, int event,
    void *callbackData, int eventData1, int eventData2)
{
    switch (event) {
        case EVENT_COMMIT:
            switch (control) {
                case TIMEADQ_CANCELTIMEADQ:
                    //MessagePopup ("", "Pulso CANCELAR");
                    HidePanel (HandleTimeadq);
                    break;

                case TIMEADQ_ACEPTTIMEADQ:
                    //MessagePopup ("", "Pulso ACEPTAR");
                    GetCtrlVal (HandleTimeadq, TIMEADQ_TIMEADQ,
&valtimeadq);

                    HidePanel (HandleTimeadq);
                    //MessagePopup ("", Fecha);

                    break;
            }
            break;
        }
        return 0;
    }
}
/* FUNCIÓN LLAMADA POR LOS BOTONES DE CONTROL ACEPTAR Y CANCELAR DE LA
VENTANA PANEL CTE.NAME UDISCO TITULO SELEC. UNIDADES DE DISCO*/
int CVICALLBACK ComandoUdiscos (int panel, int control, int event,
    void *callbackData, int eventData1, int eventData2)
{
    switch (event) {
        case EVENT_COMMIT:
            switch (control) {
                case UDISCO_CANCELUDISCO:
                    HidePanel (HandleUdisco);
                    break;
            }
        }
    }
}

```

```

        case UDISCO_ACEPTUDISCO:
            GetCtrlVal (HandleUdisco, UDISCO_ACEPTUDISCO,
Udisco);
            HidePanel (HandleUdisco);
            break;
        }
        break;
    }
    return 0;
}

/* FUNCIÓN LLAMADA POR LOS BOTONES DE CONTROL ACEPTAR Y CANCELAR DE LA
VENTANA PANEL CTE.NAME EDOIMPGRAB TITULO: EDO DE IMPRESION Y GRABACION*/
int CVICALLBACK ComandoEdoImpGrab (int panel, int control, int event,
void *callbackData, int eventData1, int eventData2)
{
    switch (event) {
        case EVENT_COMMIT:
            GetCtrlVal (HandleEdoimpgrab, EDOIMPGRAB_VALHABGRAB,
&valedograb);
            if(valedograb==1)
                if (FileSelectPopup ("", "*.dat", "*.dat", "ARCHIVO DE DATOS",
VAL_OK_BUTTON, 0, 1, 1, 1, DATOSPOZO)>0)
                    //{
                        //MessagePopup ("prueba", DATOSPOZO);
                        manejadorArchivo = OpenFile (DATOSPOZO,
VAL_WRITE_ONLY, VAL_TRUNCATE,
VAL_ASCII);
                        HidePanel (HandleEdoimpgrab);
                        break;
                    }
            return 0;
    }
}

//funcion llamada por el boton numerico TIMEADQ en la vetana panel de adquisicion
int CVICALLBACK CambiaTimeAdq (int panel, int control, int event,
void *callbackData, int eventData1, int eventData2)
{
    DisplayPanel (HandleTimeadq);
    switch (event) {
        case EVENT_COMMIT:
            break;
    }
    return 0;
}

//funcion llamada por el boton string GRABACION en la ventana panel de adquisicion
//
int CVICALLBACK CambiaEdoGrab (int panel, int control, int event,
void *callbackData, int eventData1, int eventData2)
{

```

```

        DisplayPanel (HandleEdoimpgrab);
        //MessagePopup ("CAMBIA EDO DEGRABACION",
        //
        //                                     "DESEA CAMBIAR EL ESTADO DE
GRABACION");

        switch (event) {
            case EVENT_COMMIT:
                //
                //         switch (control) {
                //             case ADQUIRIR_GRABACION:

                //         MessagePopup ("CAMBIA EDO DEGRABACION",
                //         //
                //                                     "DESEA CAMBIAR EL ESTADO DE
GRABACION");

                break;
            }
            return 0;
        }
/* FUNCIÓN LLAMADA POR EL BOTON DE CONTROL SALIR DE LA VENTANA PANEL
CTE.NAME ASPTOSANL TITULO ASIG.PTOS ANALOGICOS*/
int CVICALLBACK SalirPtosAnl (int panel, int control, int event,
void *callbackData, int eventData1, int eventData2)
{
    switch (event) {
        case EVENT_COMMIT:

            break;
    }
    return 0;
}
/* FUNCIÓN LLAMADA POR EL BOTON DE CONTROL SALIR DE LA VENTANA PANEL
CTE.NAME ASPTOSGSC TITULO ASIG.PTOS ASE503*/
int CVICALLBACK SalirPtosGSC (int panel, int control, int event,
void *callbackData, int eventData1, int eventData2)
{
    switch (event) {
        case EVENT_COMMIT:

            break;
    }
    return 0;
}

```

Tp	FONDO		CABEZA		GAS		GAS		GAS		ACEITE		ACEITE		ACEITE		PROFUNDID
	79020	79020	79020	79940	79940	79940	79940	79940	79940	79940	79940	79940	79940	79940	79940	79940	
MIN	PSIA	°C	PSIA	°C	PSIA	°C	PSIA	°C	PSIA	°C	PSIA	°C	PSIA	°C	PSIA	°C	
Referencia	de tiempo	22/08/00	10:00														
375.02	6377.09			5378.79	11.52	1390.59	35.28	45.56	1110.78	35.28	2800						
377.52		137.8			11.29		37.34	45.4	1109.8	37.34	2800						
380.02	6372.52			5377.47	11.35	1390.59	38.67	43.45	1111.65	38.67	2800						
382.52		137.8			11.29		39.43	44.67	1112.78	39.43	2800						
385.02	6374.5			5377.47	11.42	1390.59	37.34	43.2	1108.7	37.34	2800						
387.52		137.8			11.39		39.43	47.6	1109.5	39.43	2800						
390.02	6374.4			5377.47	11.6	1393.58	39.43	45.6	1114.1	39.43	2800						
392.52		137.8			11.58		38.67	44.67	1113.8	38.67	2800						
395.02	6374.51			5377.72	11.54	1393.58	38.65	43.8	1112.9	38.65	2800						
397.52		137.8			11.6		38.67	47.3	1110.7	38.67	2800						
400.02	6374.96			5377.72	11.58	1393.58	38.67	44.8	1109.9	38.67	2800						
402.52		137.81			11.56		37.34	45.67	1110.43	37.34	2800						
405.02	6375.44			5377.72	11.56	1388.19	37.34	44.78	1110.78	37.34	2800						
407.52		137.81			11.56		38.67	44.67	1111.52	38.67	2800						
410.02	6375.91			5377.19	11.49	1388.19	37.34	44.6	1111.43	37.34	2800						
412.52		137.81			11.47		39.43	43.8	1111.49	39.43	2800						
415.02	6375.99			5377.19	11.37	1388.19	39.43	45.56	1111.48	39.43	2800						
417.52		137.81			11.37		39.43	45.4	1110.97	39.43	2800						
420.02	6375.28			5377.19	11.5	1379.62	39.43	43.43	1110.65	39.43	2800						
422.52		137.81			11.38		40.89	44.8	1110.78	40.89	2800						
425.02	6375.55			5376.56	11.41	1379.62	40.89	43.9	1110.85	40.89	2800						
427.52		137.81			11.56		40.89	44.6	1110.21	40.89	2800						
430.02	6375.91			5376.56	11.51	1379.62	40.89	46.7	1109.97	40.89	2800						
432.52		137.81			11.64		40.89	44.7	1111.23	40.89	2800						
435.02	6375.86			5376.56	11.66	1382.12	40.89	44.5	1111.56	40.89	2800						
437.52		137.81			11.62		40.89	45.7	1110.67	40.89	2800						
440.02	6376.24			5376.91	11.64	1382.12	40.89	46.8	1110.8	40.89	2800						
442.52		137.82			11.63		41.12	45.3	1110.45	41.12	2800						
445.02	6376.34			5376.91	11.65	1382.12	41.12	45.45	1110.66	41.12	2800						
447.52		137.82			11.61		41.12	44.6	1113.8	41.12	2800						
450.02	6376.78			5376.91	11.87	1379.6	41.12	48.7	1112.6	41.12	2800						
452.52		137.82			11.67		40.89	45.97	1112.54	40.89	2800						
455.02	6376.91			5378.99	11.96	1379.6	40.89	44.6	1112.45	40.89	2800						
457.52		137.82			11.68		41.12	43.5	1111.98	41.12	2800						
460.02	6376.61			5378.99	11.67	1379.6	41.12	45.8	1111.87	41.12	2800						
462.52		137.82			11.77		41.12	44.5	1111.62	41.12	2800						
465.02	6376.51			5378.99	11.81	1378.32	40.89	44.3	1112.1	40.89	2800						
467.52		137.83			11.83		40.89	44.9	1111.9	40.89	2800						
470.02	6376.52			5379.22	11.88	1378.32	40.89	45.6	1111.65	40.89	2800						
472.52		137.83			11.97		40.89	47.1	1111.93	40.89	2800						
475.02	6376.64			5379.22	11.96	1378.32	40.89	47.15	1112.12	40.89	2800						
477.52		137.83			12.08		40.89	46.8	1112.7	40.89	2800						
480.02	6376.72			5379.22	12.11	1386.13	39.43	46.56	1112.65	39.43	2800						
482.52		137.83			12.36		39.43	46.67	1111.78	39.43	2800						
485.02	6377			5379.26	12.53	1386.13	39.43	46.12	1111.56	39.43	2800						
487.52		137.83			12.59		39.43	45.8	1111.42	39.43	2800						
490.02	6377.52			5379.26	12.72	1386.13	37.34	48.1	1111.49	37.34	2800						
492.52		137.83			12.74		38.67	47.3	1110.6	38.67	2800						
493.78	6377.38			5379.26	12.76	1402.59	37.34	46.8	1110.23	37.34	2800						
493.98		137.84			12.52		46.86	44.3	1110.33	36.76	2800						
503.98	6377.6			5379.83	13.04	1402.59	45.2	44.45	1110.12	36.5	2800						
513.98		137.84			13.17		45.1	45.7	1110.9	36.8	2800						
523.98	6378.06			5379.83	12.8	1402.59	37.34	47.3	1111.67	37.34	2800						
533.98		137.85			12.43		39.43	46.8	1111.32	39.43	2800						
543.98	6378.54			5379.83	12.41	1345.04	39.43	47.2	1111.67	39.43	2800						
553.98		137.85			12.47		40.89	45.7	1111.87	40.89	2800						
563.98	6379.15			5379.81	12.61	1345.04	40.89	45.3	1112.14	40.89	2800						
573.98		137.86			12.49		40.89	45.6	1112.43	40.89	2800						
583.98	6380.84			5379.81	12.68	1345.04	40.89	44.8	1112.78	40.89	2800						
593.98		137.87			13.04		40.89	44.5	1113.34	40.89	2800						
603.98	6382.16			5379.81	13.5	1362.88	40.89	45.7	1114.4	40.89	2800						
613.98		137.87			13.91		39.43	45.3	1114.1	39.43	2800						
623.98	6382.81			5377.89	13.99	1362.88	40.89	45.85	1113.65	40.89	2800						
633.98		137.88			14.09		40.89	44.67	1113.42	40.89	2800						
643.98	6383.11			5377.89	14.05	1362.88	39.43	44.34	1113.56	39.43	2800						
653.98		137.88			14.07		40.89	44.23	1113.78	40.89	2800						
663.98	6382.76			5377.89	14.25	1355.22	37.34	45.67	1113.45	37.34	2800						
673.98		137.89			14.38		39.43	46.1	1113.32	39.43	2800						
683.98	6383.38			5374.86	14.45	1355.22	39.43	46.15	1112.81	39.43	2800						
693.98		137.9			14.42		39.43	46.34	1112.65	39.43	2800						
703.98	6383.63			5374.86	14.71	1355.22	39.43	45.8	1112.59	39.43	2800						
713.98		137.91			15.26		37.34	45.55	1112.55	37.34	2800						
723.98	6384.99			5374.86	15.97	1412.5	38.67	45.34	1112.41	38.67	2800						
733.98		137.91			16.67		35.28	44.67	1112.3	35.28	2800						
743.98	6384.79			5373.8	16.91	1412.5	35.28	44.89	1111.81	35.28	2800						
753.98		137.92			16.93		35.28	45.7	1111.83	35.28	2800						

MIN	FONDO PRESION	FONDO TEMPERATURA	CABEZA PRESION ABS.	GASTO GAS	GASTO ACEITE.	PROFUNDIDAD
Referencia	79020 PSIA de tiempo:	79020 °C 23/08/00 15:25	PSIA	M CUB/D	BLS/D	
450.02	6376.78		5376.91	45525.75	7865.87	2800
452.52		137.82	5376.89	45521.67	7863.67	2800
455.02	6376.91		5378.99	45510.32	7859.8	2800
457.52		137.82	5378.77	45512.45	7861.23	2800
460.02	6376.61		5378.99	45530.04	7860.97	2800
462.52		137.82	5378.82	45529.76	7867.7	2800
465.02	6376.51		5378.99	45525.34	7858.03	2800
467.52		137.83	5379.13	45528.67	7864.94	2800
470.02	6376.52		5379.22	45528.64	7863.4	2800
472.52		137.83	5379.19	45528.2	7861.8	2800
475.02	6376.64		5379.22	45522.71	7860.32	2800
477.52		137.83	5379.25	45521.52	7861.01	2800
480.02	6376.72		5379.22	45523.62	7862.55	2800
482.52		137.83	5379.24	45527.9	7863.78	2800
485.02	6377		5379.26	45526.8	7864.22	2800
487.52		137.83	5379.44	45526.45	7863.31	2800
490.02	6377.52		5379.26	45525.73	7863.89	2800
492.52		137.83	5379.35	45526.9	7862.78	2800
493.78	6377.38		5379.26	45527.56	7861.9	2800
493.98		137.84	5379.81	45529.5	7861.55	2800
503.98	6377.6		5379.83	45531.04	7859.88	2800
513.98		137.84	5379.91	45530.56	7859.01	2800
523.98	6378.06		5379.83	45522.8	7859.51	2800
533.98		137.85	5379.85	45523.59	7860.6	2800
543.98	6378.54		5379.83	45524.7	7861.71	2800
553.98		137.85	5379.81	45525.12	7861.23	2800
563.98	6379.15		5379.81	45525.69	7862.12	2800
573.98		137.86	5379.84	45526.05	7862.67	2800
583.98	6380.84		5379.81	45527.94	7862.4	2800
593.98		137.87	5379.82	45533.15	7861.7	2800
603.98	6382.16		5379.81	45532.73	7861.5	2800
613.98		137.87	5379.93	45531.89	7860.83	2800
623.98	6382.81		5377.89	45534.62	7861.22	2800
633.98		137.88	5378.04	45534.8	7861.78	2800
643.98	6383.11		5377.89	45535.3	7862.2	2800
653.98		137.88	5377.65	45534.74	7862.86	2800
663.98	6382.76		5377.89	45532.06	7862.51	2800
673.98		137.89	5377.83	45526.69	7863.14	2800
683.98	6383.38		5374.86	45526.56	7862.35	2800
693.98		137.9	5374.76	45526.54	7862.98	2800
703.98	6383.63		5374.86	45525.79	7864.17	2800
713.98		137.91	5374.89	45524.89	7862.32	2800



CORRESPONDENCIA EXTERNA

AAC / 276 /2001
Cd. del Carmen Camp. 31 agosto 2001.

ING. JOSÉ A. TORRES SERRALONGA
REPRESENTANTE ZONA MARINA I.M.P.

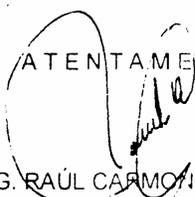
ING. TOMÁS RAMÍREZ MALDONADO
COMPETENCIA TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN
I.M.P. SEDE.

ASUNTO: PROYECTO CFA-0139
"Desarrollo de sistema de adquisición de datos
en tiempo real para aplicar en el Activo Cantarell"

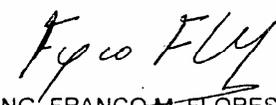
Por medio de la presente y referente al proyecto CFA-0139 "Desarrollo de sistema de adquisición de datos en tiempo real para aplicar en el Activo Cantarell", el cual ha sido coordinado por parte del I.M.P. por el Ing. Jorge Alberto Becerra Palomo, se notifica que los objetivos y alcances programados han sido cumplidos satisfactoriamente.

Siendo estos desarrollar, integrar, transferir la tecnología desarrollada y poner en funcionamiento el sistema SIMPP de pruebas de pozo que incluye una unidad de registros tipo cabina marina, equipos, software y sondas electrónicas para la realización de pruebas de pozo y producción para la evaluación, caracterización y diagnóstico de pozos y yacimientos.

Conforme a lo anterior y a los planes futuros, se programa continuar con el desarrollo de nuevos sistemas, por lo cual se recomienda que la coordinación de dichos proyectos continúe bajo el mismo personal.

ATENTAMENTE


ING. RAÚL CARMONA DIAZ
Subgca. Diseño de Explotación Activo Cantarell
Coordinación de proyectos

ATENTAMENTE

ING. FRANCO M. FLORES HEREDIA
Subgca. Servicios a Pozos Dtto. Carmen
Subcoordinación de proyectos

c.c.p. Diseño de Explotación Activo Cantarell

rgb

ADMINISTRACIÓN DEL ACTIVO CANTARELL
Edificio Administrativo I, 2º Piso Ala Oriente
Calle 33 N° 90, Col. Burócratas

