

Universidad Nacional de Ingeniería

Programa Académico de Ingeniería
Mecánica y Eléctrica



Titulación Profesional Extraordinaria

TRABAJO PROFESIONAL

Para Optar el Título de:

INGENIERO ELECTRONICO

Jaime Aurelio Bullon Matos

Lima - Perú

1983

SISTEMA DE MEDICION SISMICA DE ESTRUCTURAS GEOLOGICAS

Dentro del campo petrolífero, así como en otros afines, dígase minería, agricultura y sanidad, existe un parámetro de las estructuras geológicas que cada día se hace más importante e imprescindible a medida de que a partir de él - se pueden deducir características básicas, este es el tiempo de tránsito de una onda sonora que viaje a través de ellas.

Específicamente en el caso de las formaciones petrolíferas se hace un estudio de sísmica de superficie que - da una somera indicación de la existencia de petróleo, pero que son de gran importancia para esto se utilizan los principios de reflexión y refracción de las ondas sonoras para la confección de un mapa sísmico de la zona cuyo estudio posterior decidirá la ubicación y perforación del pozo petrolífero.

Luego de la perforación del pozo se realizan mediciones de resistividad, densidad, porosidad, permeabilidad y radioactividad entre otros parámetros, así como también mediante un sistema electrónico se realiza la "sísmica de pozo", es decir la medición a diferentes profundidades del tiempo de tránsito de la onda sonora en las formaciones.

Para realizar esta medición se dispone de un camión (si el trabajo es realizado en tierra) o de una unidad "skid unit" (si es realizada fuera) los cuales cuentan con los equipos de superficie conectados a los de registros (que tie-

nen que ser descendidos dentro del pozo) por un cable coaxial con siete conductores aislados. El equipo de superficie lógicamente está ligado a otros conexos como son generadores, - compresores, bombas, etc..

El siguiente es un diagrama que ilustra el caso especial de la medición sísmica de un pozo petrolero, motivo de este desarrollo.

Como en toda rama de la industria y en la cual la petrolífera no podía ser una excepción existe la competencia de las diferentes compañías dedicadas a este conexo por ofrecer un mejor servicio, ya sea optimizando los precios, ofreciendo nueva tecnología y eficiencia, así como mejores métodos y resultados, para esto la compañía Dresser Atlas Internacional se vió en la necesidad de contar con un equipo de registro sísmico de pozo para ofrecerla en conjunto con su programa de mediciones tradicionales, para lo cual se hizo un estudio de la conveniencia del desarrollo propio del sistema o la compra de éste a alguna compañía que la comercializara, se decidió por lo segundo teniendo en cuenta lo siguiente:

- Urgencia de contar con el equipo
- Costo inicial del desarrollo propio
- Número de sistemas necesarios ya que la operación doméstica (desarrollada dentro de los Estados Unidos) no requería de ellos dada la competencia de compañías especialis-

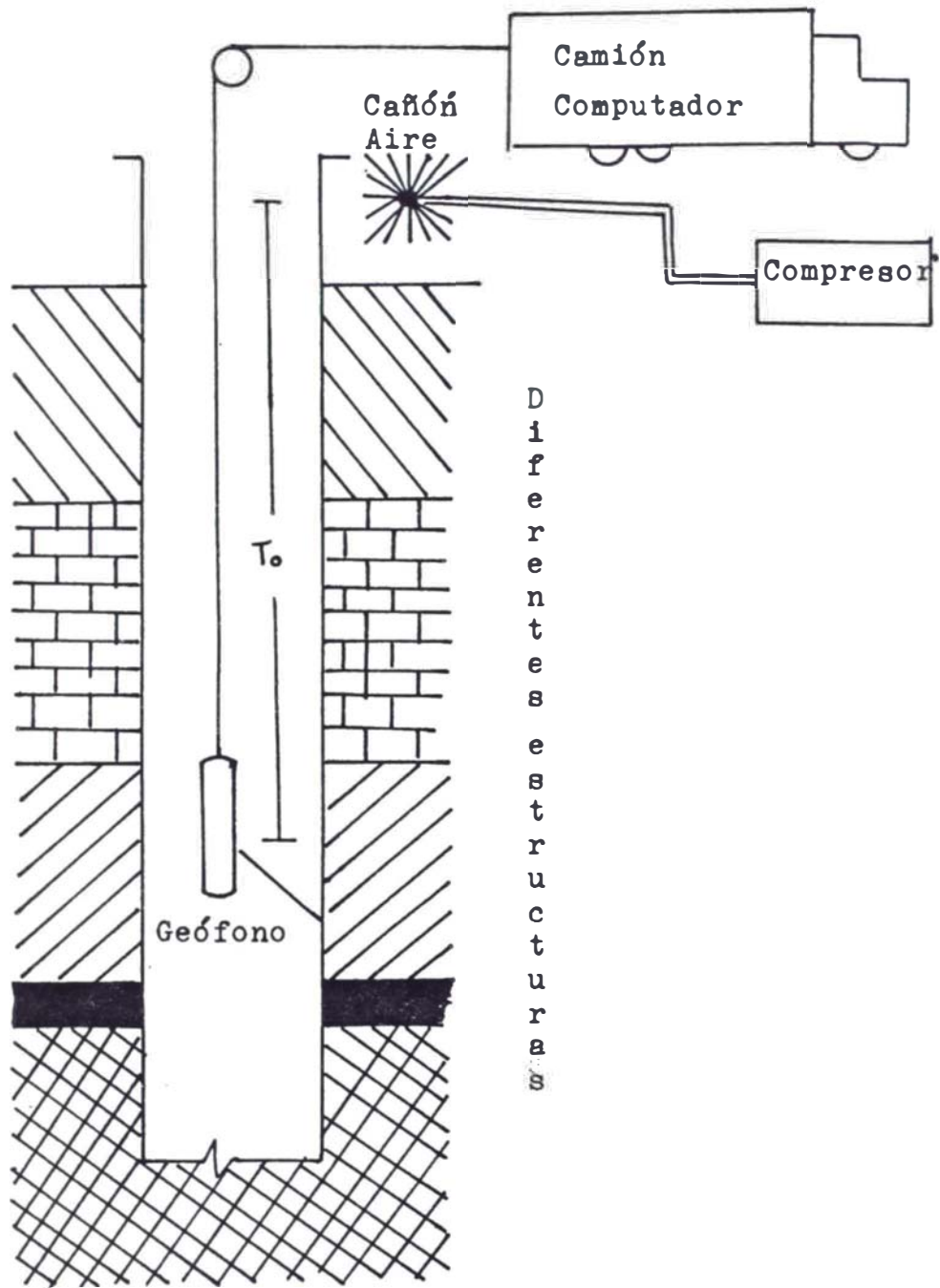


Ilustración de la medición sísmica de un pozo petrolífero

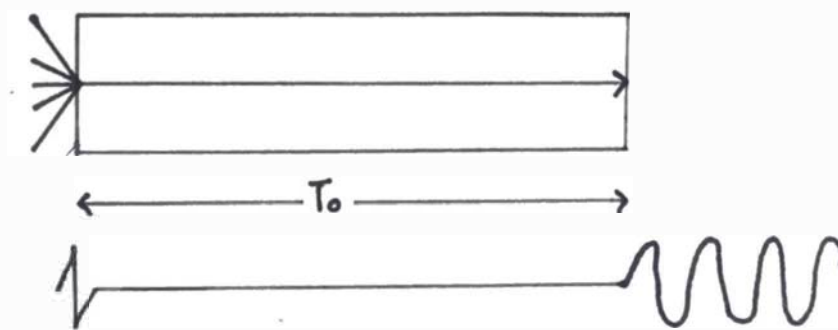
tas.

Es así que se decide comprar un equipo que se integrará a las operaciones desarrolladas en Venezuela, como es lógico esta decisión implica evaluación del sistema, operación del mismo y por supuesto mantenimiento.

Como lo anterior implica un entrenamiento y conocimiento especializado fui enviado a Huston Texas USA para dicho fin, y justamente es este el tema motivo de este informe.

PRINCIPIO BASICO

Esencialmente el sistema se basa de la producción de una onda sonora en un punto y la medición de el tiempo - que tarda en llegar a otro propagándose a través de un medio que constituye nuestra incógnita.



Para lograr este objetivo se cuenta con tres equipos diferenciados:

- Compresor y cañón de aire para la producción de la onda sonora.
- Geófono y líneas de conducción para la detección de la onda.
- Equipo de registro y computación del fenómeno.

SISTEMA COMPRESOR

Como las condiciones de trabajo en el campo implican la completa independencia, es necesario contar con la infraestructura que lo permita, es así que el sistema compresor cuenta con un motor Diesel de cuatro cilindros acoplado

con un sistema de embrague mecánico al compresor con capacidad de desarrollar 9000 p.s.i., pero con un límite de 5500 p.s.i. ya que al llegar a esa presión actúa una válvula de seguridad que deja escapar paulatinamente el aire comprimido manteniendo la presión requerida para el nivel de sonido producido por el cañón de aire sin daño de éste ni de las personas encargadas del manejo del sistema.

EVALUACION, RECOMENDACION Y MANTENIMIENTO

Dada la necesidad de contar con un equipo con características de fallas bajas y como la multiplicidad de las operaciones no permiten una continua observancia del sistema es imprescindible tener elementos automáticos que de alguna manera pongan de alerta al personal o tomen acción sin la intervención de ellos, tal es así se debería contar con los siguientes elementos:

- Un transductor de cantidad de combustible que al llegar a determinado nivel accione una alarma sonora o luminosa ya que es consabida la dificultad de arrancar un sistema diesel por la intromisión de aire al sistema inyector al terminarse el carburante.
- Un elemento que detenga el funcionamiento del motor al detectar la falta de aceite que podría traer daños considerables o irreparables.
- Un sistema de embrague hidráulico accionado remotamente para casos de emergencia de sobrepresión y que al mismo -

tiempo proteja al personal que la acciona.

En cuanto al mantenimiento se ha notado que siendo un equipo bastante confiable si se toman las precauciones del caso, sólo son necesarias las de mantenimiento preventivo como el cambio de los filtros de aceite y carburante, regulación de las válvulas de seguridad, y cuando el tiempo de operación acumulado así lo requiera la revisión del motor con el cambio de piezas desgastadas o con tiempo de recambio recomendado por el fabricante.

En general es un sistema que por su portabilidad, ya que está montado en un sistema conjunto, su simplicidad al mantenimiento y como dije antes su confiabilidad, con las recomendaciones mencionadas dada su aplicación especial, constituye una maquinaria buena que se adapta bastante bien a las condiciones requeridas, tan solo haciendo énfasis en el mejoramiento del sistema de embrague que constituye la parte débil del sistema.

CAÑON DE AIRE

En esencia el objetivo es la producción de una explosión sonora de alto nivel, esto se consigue liberando subditamente aire comprimido a 5000 p.s.i. a la presión atmosférica o a unos cuantos p.s.i. cuando el cañón está ubicado en el agua, como es casi generalmente para conseguir una mayor transmisión del sonido a las formaciones.

Para lograr este objetivo se usa un solenoide ultra rápido que actúa a la respuesta de un pulso de tensión de 115 voltios y de un tiempo de 135 milisegundos.

Como se tiene la necesidad de tener un tiempo de referencia T_0 , que será usado para la computación de las ondas de arribo existe un transductor sónico que está posicionado físicamente en el cañón de aire para tener la referencia más exacta posible sin retraso de tiempo.

EVALUACION, RECOMENDACION Y MANTENIMIENTO

Dentro del conjunto este es el elemento que presenta más confiabilidad cuando se han realizado las operaciones de mantenimiento preventivo que recomienda el fabricante y las que se detallarán luego.

Escencialmente la óptima producción de la explosión sonora se producirá cuando el diferencial de presión es el adecuado y cuando la actuación del solenoide es la requerida, para esto el sistema de empaquetaduras "O rings" tiene que ser cambiado cada vez que vaya usarse, aunque esto no lo recomienda el fabricante por la experiencia con equipos similares y luego por la reconfirmación de trabajos realizados esto quedó como una norma.

Lamentablemente el transductor sonoro no tiene un blindaje mecánico que lo proteja de la explosión siendo éste por lo tanto dañado muy frecuentemente, caso que exige el reemplazo por un hidrófono con la consecuente pérdida de exactitud en las mediciones. Por lo tanto es necesario diseñar -

un sistema más sensitivo para que aún con un aislamiento mecánico bueno sea capaz de detectar la onda sonora, lógicamente que esto exige un estudio y toma de decisiones en base a valores de compromiso.

En cuanto al solenoide siendo éste no diseñado especialmente para esta aplicación se nota que se ha forzado - su posición de tal manera que su mantenimiento y reemplazo - se hacen dificultosos y lógicamente empobrecen la calidad de un producto.

GEOFONO

Está constituido por un sistema transductor cerámico con amplificadores diferenciales dentro de una carcasa mecánica que le da aislamiento a la presión y temperatura dentro de los márgenes que tiene que trabajar.

Como la propagación direccional es aleatoria se dispone de tres transductores de tal forma que su rango de detección sea omnidireccional en el plano vertical, cada transductor tiene su propio preamplificador que luego serán sumados proveyéndose un desfaseamiento zero por la cercanía física de los transductores. También como los niveles de señal implican un acoplamiento mecánico bueno de los transductores a la formación la herramienta ha sido dotada de un brazo retractil que lo desplaza para hacer un contacto directo con la formación, este brazo está accionado desde superficie por una tensión continua dentro de un sistema compensador de presión de tal manera que las grandes presiones que se encuen-

tran dentro del pozo por el peso del fluido de perforación - no impidan su acción, lógicamente al ser un sistema de corriente continua basta revertir la polaridad de la tensión - suministrada para extraer o retraer el brazo, además este - brazo está acoplado a un potenciómetro cuya posición da una relación de diámetro de pozo. Existe también unos microinterruptores que cortan el flujo de corriente cuando el brazo - está completamente cerrado o abierto, lográndose de esta manera la no destrucción del sistema propulsor o la del motor si es que el operador no ha detectado los límites de actuación.

EVALUACION, RECOMENDACION Y MANTENIMIENTO

Siendo que por principio parecería que éste es uno de los elementos más simples del sistema, es también uno de los más importantes por el mismo papel que desempeña y por las condiciones a que está sometido de presión, temperatura y ruido.

Es de destacar nuevamente y ahora con mayor énfasis la importancia de los sellos que crearán la cámara que aloja los elementos de transducción, en principio el diseño de la estructura metálica no era capaz de soportar presiones de pozos perforados a más de 17,000 pies de profundidad, pero luego de nuestra evaluación el fabricante logró una estructura adecuada.

El diseño de un circuito híbrido integrado simpli-

fica el mantenimiento pero al mismo tiempo eleva los costos grandemente ya que al ser elemento de bajo número de producción tiene la consiguiente desventaja económica.

Constituyendo el tiempo factor principal dentro de sistema de registros de pozos petroleros por el elevado costo de los equipos que intervienen y que lamentablemente norman una forma de trabajo no simultánea, la confiabilidad de los equipos (especialmente los que tienen que ser introducidos dentro del pozo que su reemplazo exige de un precioso tiempo de sacar y meter nuevamente la herramienta) tiene que ser la óptima, de esta manera dada la simplicidad de los circuitos electrónicos de que está constituido se recomienda la duplicidad de los mismos con un sistema de cambio voluntario desde superficie así ante la falla de uno de ellos puede ser reemplazado facilmente por el otro, así mismo como se tienen tres circuitos paralelos que al final contribuyen con una porción de la señal cada uno, al tener circuitos separados es decir no integrado en uno híbrido todavía cabe la posibilidad de lograr señales verdaderas, ante la falla de uno de ellos.

Como la simplisidad implica menor probablidad de falla se piensa que el uso de amplificadores de doble sistema de alimentación es decir positivo y negativo, puede ser reemplazado por elementos que hoy día solo exigen el uso de una sola fuente de alimentación.

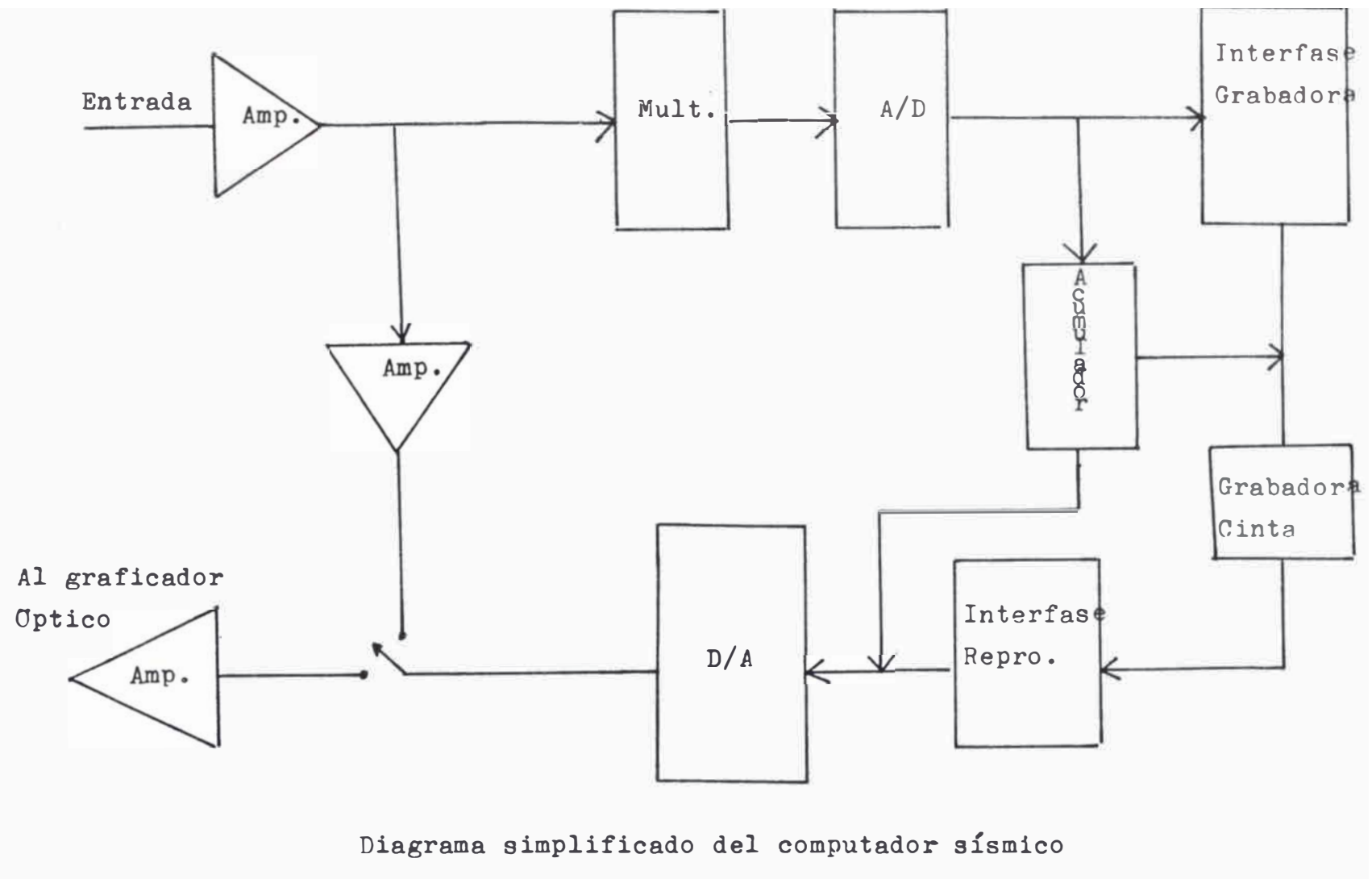
En cuanto al ruido que es inherente al sistema mismo así como a los equipos asociados a la perforación, la estructura metálica no contribuye en nada a disminuirlo todo lo contrario lo causa, especialmente cuando se tienen que hacer mediciones dentro de pozos que ya han sido revestidos por una tubería metálica "casing", por lo cual se recomienda a los fabricantes la posibilidad de usar un material tal como el Depoxi que estructuralmente es fuerte y que con un sistema compensador de presiones (ya probado en otras herramientas) podría reemplazarlo.

SISTEMA COMPUTADOR

El principio básico implicó las siguientes características:

- Graficación de la señal acústica en un medio óptico que permita su apreciación inmediata.
- Grabación en un sistema digital que permita su posterior computación.
- Utilizar métodos matemáticos que permitan la disminución o eliminación del ruido inherente.
- Debido a los niveles de señal y el requerimiento de conocer su real amplitud impiden el uso de sistemas automáticos de control de ganancia haciéndose por lo tanto necesario el uso de varios amplificadores con diferente ganancia establecida.
- Diseño de sistemas simuladores que permitan la calibración y comprobación del sistema.

El siguiente es el diagrama de bloques del sistema que cumple con los requisitos establecidos en ciertas condiciones:



SISTEMA AMPLIFICADOR

Como las señales de recepción del geófono de medición son de niveles muy variables dependiendo del tipo de formación y de la profundidad a la que se hace la medida y por lo general son de amplitud muy pequeñas ha utilizado un amplificador de entrada de alta impedancia para evitar pérdidas de señal la cual es posteriormente canalizada a amplificadores de ganancia fija de 30, 60, 90 y 120 db, de tal manera que se tiene la opción de utilizar la señal más apropiada para el cómputo de los tiempos de arribo.

Los amplificadores utilizados son operacionales compensados en fase con potenciómetros de calibración de ganancia. Además como existe la necesidad de apreciar inmediatamente la señal recibida, las salidas de estos amplificadores son enrutados a amplificadores al graficador óptico.

La fuente de alimentación está regulada y filtrada usando circuitos integrados.

EVALUACION, RECOMENDACION Y MANTENIMIENTO

En general este circuito cumple con las especificaciones básicas y necesarias para el buen funcionamiento del sistema, aunque como uno de los mayores problemas de este sistema de medición sísmica es el ruido, sería muy recomendable usar amplificadores de instrumentación con líneas independientes para cada geófono (sabe que existen tres pero que al final producen una sola salida) de tal manera de dar al o

perador la posibilidad de escoger o por métodos diferenciales, la más adecuada o reducir el ruido.

En cuanto al mantenimiento tan solo el preventivo obvia la mayoría de problemas que podría producir esta etapa siendo que su reparación es sumamente sencilla a excepción - de intermitencias de contacto, principal punto débil de toda la parte electrónica ya que se usa sistemas de soldadura de punto, siendo que lo más recomendable sería el uso de conexiones tipo "wire wrap".

El filtro de 60 ciclos es bastante preciso pero salvo en contadas excepciones se hace necesario ya que la frecuencia de las ondas sísmicas difieren de éstas producidas por los equipos generadores.

SISTEMA CONVERSOR ANALOGO DIGITAL

Como las señales tienen que ser almacenadas digitalmente en cintas magnéticas para su posterior computación y también para su utilización en el circuito eliminador de ruido "stacker" se hace necesaria la conversión de las señales análogas a digitales.

Para este propósito se utiliza un circuito multiplicador de entrada ya que se tienen que digitizar todas las señales de diferente ganancia además de la de inicio de disparo "time Breack" y la del geófono de superficie "up hole".

El conversor análogo digital da como resultado 11 bits de valor y uno de polaridad, en binario normal los cu

les son direccionados a registros de almacenamiento temporal y de aislamiento "buffers", para luego ser utilizados después de dividirlos en palabras de 8 bits cada uno y ser grabados en cinta magnética, así como enviador al circuito acumulador.

El circuito que sincroniza los tiempos de conversión está controlado por un sistema de tiempos maestro.

EVALUACION, RECOMENDACION Y MANTENIMIENTO

Al ser un sistema bastante integrado da como resultado gran comodidad y facilidad de mantenimiento, así como - bastante confiabilidad, claro que como la precisión del conversor depende de la estabilidad de la fuente de alimentación recomendaría la instalación de la redundancia de un circuito que independice el sistema y lo haga autónomo cuando existan fallas que no son inherentes a esta etapa.

Se enfatiza nuevamente el uso de diferentes métodos de conexión ya que el tipo de soldadura de punto no es - el más adecuado.

SISTEMA DE INTERFASE DE GRABACION EN CINTA MAGNETICA

El propósito principal es acondicionar, direccionar y generar las señales que deben ser grabadas en cinta - magnética, los cuales comprenden los datos de identificación del registro específico tomados de un panel numérico seleccionados a voluntad del operador, las señales digitales de la etapa A/D y las de detección de errores de grabación como

son las de paridad el CRCC y LRC.

Estos circuitos que comprenden multiplexores de lectura, generación de tiempos y señales de detección de error están controlados por un microprocesador central motorola 6802 conjuntamente con adaptadores de interfase periférico PIAS (2) que como su nombre lo indica son usados para la interfase de entradas y salidas, así como la respuesta a la actuación manual del operador de los interruptores de control de avance, retroceso, rebobinado, lectura y escritura de la cinta, como es lógico suponer toman la actuación automática del grabador controlados por un programa de PROM y que a la vez hace utilización de la memoria RAM que tiene el microprocesador.

EVALUACION, RECOMENDACION Y MANTENIMIENTO

Por el avance que han tenido los microprocesadores en los últimos tiempos se tiene la impresión de que se hace muy poco provecho de la capacidad de este elemento en el sistema ya que sólo es utilizado para el control de la cinta magnética, habiendo labores mucho más complicadas como la del "Stacker" que bien puede realizarlo al mismo tiempo por la velocidad de trabajo adecuado y simplificar el complejo mecanismo "discreto" (ya que está diseñado con circuitos integrados de poca integración).

Se recomendó hacer una revisión del programa de control ya que la grabadora presenta errores aleatorios pero de

características similares en diferentes aparatos lo que hace suponer un error de sincronización programa-mecanismo de actuación pero que dada la protección del fabricante fue imposible el acceso.

Cabe destacar la gran versatilidad de este micro - procesador lo que hace que la confiabilidad del sistema dependa solamente del programa que la controle.

Así mismo el mantenimiento preventivo especialmente en las partes de interconexión con el panel central hacen de esta etapa un instrumento bastante confiable.

GRABADOR DE CINTA MAGNETICA

Aparato comercial no diseñado específicamente para este sistema pero adaptado para ello, sus principales características son: densidad de 800bytes por pulgada, velocidad de 20 pulgadas por segundo, IBM compatible, 9 tracks (8 de información y uno de paridad), posibilidad de lectura y escritura simultánea de tal manera se puede comprobar la correcta escritura leyendo la cinta después que ésta ha recorrido 3.81 cm. que es el espacio que hay entre el cabezar de lectura y el de escritura, lógicamente que también posee un cabezal de borrado que entra en funcionamiento automáticamente en la situación de escritura.

Se pueden distinguir fácilmente tres bloques principales que definen su operación: los servomecanismos de movimiento de la cinta, los circuitos de lectura y escritura y la fuente de poder que alimenta ambos bloques anteriores.

EVALUACION, RECOMENDACION Y MANTENIMIENTO

Lamentablemente uno de los puntos débiles del sistema y más aún siendo de capital importancia, ya que de su buen funcionamiento depende todo el proceso posterior de computación que se va a llevar a cabo.

Especialmente en la parte de la fuente de alimentación existe un diseño tan pobre que la falla de un diodo zener ocasiona la destrucción de gran parte del circuito (falla típica) por lo cual su mantenimiento se hace dificultoso, igualmente los circuitos de lectura y escritura tienen muy poca confiabilidad generalmente cuando se usan cintas que no son nuevas, por lo cual se recomendó que cada trabajo implique el uso de una cinta totalmente nueva.

Siendo que existen en el mercado grabadores de mayor confiabilidad se hace necesario el cambio ya que normalmente los grabadores son compatible salvo ligeros cambios en las interfases. La construcción modular influye mucho en la facilidad de mantenimiento, así como el acceso a los servomecanismos es bastante bueno.

SISREMA ACUMULADOR "STACKER"

El objetivo es la disminución del ruido inherente al sistema mediante la computación de señales repetidas y del ruido aleatorio.

La siguiente ecuación matemática define la función de este bloque.

$$X = A\left(\frac{1}{N}\right) + B\left(\frac{N-1}{N}\right)$$

donde:

X = señal computada

N = número de disparos

A = señal en el disparo

B = señal computada en el disparo N-1

de tal forma que para el primer disparo la resultante es la misma señal recibida, pero que a la vez es acumulada en la memoria de este sistema que puede ser variado de acuerdo a las necesidades de computar más o menos tiempo, para el segundo disparo se hace la sumatoria del 50 por ciento del primero y el 50 por ciento del segundo, siendo para el tercero 2/3 de la señal acumulada y 1/3 del último disparo, y así respectivamente. Como podemos apreciar siempre la resultante es una señal completa y el número de disparos computables es escogido por el operador hasta lograr la mejor señal.

Los principales elementos de este sistema son:

Un circuito de normalización de ganancia cuya función es codificar las señales con sus respectivas ganancias de tal manera que la actuación matemática sea siempre la correcta.

Una unidad lógica aritmética que se encarga de realizar la ecuación matemática anteriormente descrita.

Una memoria RAM dinámica con posibilidades de escoger el monto total de datos acumulables tan sólo variándola.

Un circuito maestro de tiempos que controla todo - el sistema de forma síncrona.

EVALUACION, RECOMENDACION Y MANTENIMIENTO

Como anteriormente se describió la complejidad de este bloque hace suponer el uso de un microprocesador ya que en realidad se trata de un microcomputador que tiene el procesador central y la unidad aritmética lógica en forma "discreta" (circuitos integrados) de baja densidad de integración y la utilización de memorias estáticas que reducirían la circuitería, si bien es cierto que la no utilización del microprocesador se podría explicar por la época cuando se realizó el diseño, pero no es así ya que cuando esto se realizó era muy extensivo el uso de estos elementos tal como se usa para controlar la interfase con la grabadora de cintas magnéticas.

Conjuntamente con la grabadora de cinta constituye uno de los elementos débiles del sistema especialmente por la cantidad de fallas intermitentes lo que hace suponer un ligero error en el diseño y por supuesto la complejidad del sistema hace que sea uno de los elementos más difíciles de reparar.

Una recomendación directa al fabricante fue la posibilidad de rediseñar el sistema de tal manera que ante la falla de esta etapa se tenga la opción de grabar directamen-

te las señales requeridas en el momento del registro para su computación por este "stacker" posteriormente a su reparación, tan solo realimentando las señales grabadas en la cinta con una codificación de reconocimiento en el número de disparo y profundidad respectiva, dando de esta manera mucho mayor confiabilidad y versatilidad al sistema, pero lamentablemente solo quedó en recomendación.

Como las características del ruido hacen imprecin-dible el uso de este bloque pienso que se debería darle una mayor importancia en el diseño y la facilidad de mantenimiento.

Sistema de conversión digital análogo

La necesidad de visualizar las enseñanzas grabadas en cinta para su comprobación y ver la actuación del "stacker" hace necesario el contar con un sistema de conversión digital-análogo cuyas entradas serían la salida de la grabadora y la del acumulador a elección del operador, que luego de su conversión pueden ser gradificadas, dándole así la facilidad de ver las señales directamente recibidas, las grabadas o las computadas por el "stacker". Este sistema esta compuesto por elementos de poca integración con un multiplexor de entrada accionado a voluntad del operador, como las señales grabadas en cinta estan constituidas por palabras de 8 bits cada uno y para conformar un valor completo se necesitan dos de ellas que contienen toda la información se ha provisto de un mecanismo de almacenamiento temporal, no siendo utilizado este en las señales provenientes del stacker ya que estan

constituidas por palabras de 12 bits que contienen la información completa.

Existen circuitos de sincronización que derivan las señales a sus canales respectivos dependiendo de su ganancia y lógicamente las de time break y up hole.

Evaluación, recomendación y mantenimiento

En esta etapa se nota la misma complejidad innecesaria de la etapa descrita anteriormente, pero esta vez a diferencia se realizó la modificación al uso de circuitos de alta integración que simplifican el mantenimiento y aumentan la confiabilidad del sistema, de esta manera el mantenimiento preventivo de calibración pasa a tener un rol importante así como la estabilidad de las fuentes de alimentación recomendándose la implementación de circuitos autónomos reemplazables durante el registro.

Los filtros de salida actúan de manera bastante lineal aunque a veces se nota cierta oscilación de alta frecuencia especialmente cuando estos últimos no están en la óptima calibración.

Sistema de simulación y calibración.

Dada la externa importancia del tiempo en la industria petrolera y especialmente en este tipo de registros que exigen la total palización de todas las otras activida -

des mientras se ejecuta no se puede dar la mínima posibilidad de falla, por lo tanto la confiabilidad de los equipos usados tienen que ser la máxima se ha provisto de un sistema de simulación y calibración que permitan la revisión y comprobación del cabal funcionamiento, así como los límites de error permitidos. Este sistema además de simular las señales que provienen del pozo, también incluyen una señal de inicio de conteo "time breack".

Evaluación, recomendación y mantenimiento.

Siendo una de las etapas más sencillas del sistema es también la mejor diseñada, actúan dentro de los requisitos exigidos y su mantenimiento es sumamente sencillo, limitándose a la comprobación de los márgenes de trabajo.

Sistema graficador óptico

Constituido, por galvanómetros sumergidos en un líquido de amortiguamiento que mueven unos espejos pequeños que reflejan rayos de luz dirigidos hacia ellos, hacia un papel fotosensible accionado por un servomotor controlado por el sistema maestro de diagrama de tiempos, el uso extensivo de este tipo de graficadores ha hecho que se perfeccione a tal manera que solo pueden ser reemplazados por sistemas muchos más sofisticados como los de rayos laser o de fibra óptica con resultados muy parecidos a costa de un elevado precio. Se puede decir que este sistema cumple perfectamente su función y su reparación aún en el momento del registro mismo es rápido y sencillo. Como es de suponer existe un circuito que acondiciona las señales a graficar en-

cuanto a impedancia y ganancia, con potenciómetros de calibración.

FUENTE DE ALIMENTACION

Todo el sistema utiliza un sistema de alimentación centralizado que proporciona los voltages requeridos por las diferentes etapas, basado en la reducción del voltage de línea por un transformador y, la regulación y obtención de los voltages requeridos por medio de circuitos integrados y transistores discretos.

Lamentablemente la disipación de los elementos constituyentes no es la óptima haciendo que los rangos de operación estén bastante cerca del límite de los componentes lo que baja notablemente el rendimiento y la confiabilidad del sistema más aún cuando se ha centralizado la etapa y ante la falla de éste no queda más remedio que tratar de repararla lo más pronto posible, no siendo esta labor muy fácil por la premura del tiempo y la complejidad del mismo.

La mejor manera de obviar los problemas descritos es con una construcción modular independiente de tal forma que la operación, el mantenimiento y la confiabilidad del sistema se vean grandemente optimizados y la falla de una parte del sistema pueda ser aislada hasta el punto que en determinados casos se pueda prescindir de ella.

CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES GENERALES

Se puede estimar que el propósito principal se cumple con las deficiencias y observaciones expuestas y que contando con el mantenimiento adecuado y duplicidad de los sistemas modulares para su reemplazo durante el registro, es un elemento que por las circunstancias dadas de premura no contaba con otra alternativa de elección, aunque lógicamente se concluyó que de no tomar en cuenta las modificaciones esenciales el fabricante, se tomaría la alternativa de la devolución y compra de un equipo que reúna las condiciones requeridas.

Hasta el momento de realizar este trabajo no se habían tomado decisiones en ese sentido por la recesión económica mundial y que afectó especialmente a la industria petrolífera.

Se observa que la no violación de patentes ha hecho que no se haya incluido nombre comercial alguno ni en la descripción detallada del sistema, cuestión que tampoco tiene mucho sentido en este tipo de trabajo.

Nuevamente quiero agradecer a las empresas, personas y en especial a la Universidad Nacional de Ingeniería, - por haber contribuido al logro de mi desarrollo profesional.