

51
24



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ingeniería

PROCEDIMIENTO AUTOMATICO PARA EL ESTUDIO
DE RESULTADOS EN PRUEBAS DE PRESION UTI-
LIZANDO ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

T E S I S
Que para obtener el Título de
INGENIERO PETROLERO
p r e s e n t a
Omar Alan Vicencio Fuentes



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Asesor M. I. Nestor Martínez Romero

MEXICO, D. F.

1990



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PROCEDIMIENTO AUTOMATICO PARA EL ESTUDIO DE RESULTADOS EN PRUEBAS DE PRESION UTILIZANDO ANALISIS DE SENSIBILIDAD

RESUMEN

CAPITULO I INTRODUCCION

CAPITULO II CONCEPTOS BASICOS

II.1 PRUEBAS DE PRESION

- GENERALIDADES
- MODELO MAT. PARA YACIMIENTOS HOMOGENEOS

II.2 CURVAS TIPO

- GENERALIDADES
- ESTIMACION DE PARAMETROS RELACIONADOS CON CURVAS TIPO.

CAPITULO III TECNICAS DE ANALISIS DE SENSIBILIDAD

III.1 INTRODUCCION

III.2 TEORIA SOBRE LA TECNICA DE LOS NUMEROS DE ERROR
DE SENSIBILIDAD

III.3 OBTENCION DE LOS NUMEROS DE ERROR DE SENSIBILIDAD

CAPITULO IV PROGRAMA DE COMPUTO

IV.1 ESTRUCTURA DEL PROGRAMA

IV.2 DIAGRAMA DE FLUJO

IV.3 LISTADO DEL PROGRAMA

CAPITULO V APLICACIONES

CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

NOMENCLATURA Y BIBLIOGRAFIA

- RESUMEN -

En este trabajo, se describe la técnica para analizar el ajuste de curvas tipo, con los datos de cualquier registro de presión, utilizando números de error de sensibilidad.

La teoría se fundamenta, principalmente en el artículo, "Type-Curve Matching Techniques With Error Sensitivity Numbers", publicado en 1986 por Nobuo Morita y K.E.Gray en la revista SPE.¹

Este artículo, se usó como base para diseñar el Sistema de Comparación Automática para Pruebas de Presión (SCAPP); que pretende ser una herramienta útil y de fácil manejo, para los usuarios de curvas tipo.

El sistema SCAPP representa la principal aportación de éste trabajo, fué realizado en lenguaje de programación "Quick-Basic"(QB), y puede ser corrido en cualquier computadora personal (PC) compatible con IBM y con monitor EGA.

Desde el punto de vista operativo, el sistema se limita al estudio de yacimientos homogéneos. Su utilidad en la Industria Petrolera contribuye de una manera técnica y económica, al permitir obtener un alto grado de confiabilidad en los resultados de las pruebas de presión (caracterización del yacimiento) lo cual coadyuva a tener una mejor visión del comportamiento de un yacimiento y por ende, predecir su producción, bajo diferentes alternativas de explotación.

En el capítulo III se describen la técnica y los conceptos fundamentales utilizados para obtener los números de error de sensibilidad y crear el sistema SCAPP.

Aunque éste sistema es autosuficiente, el analista deberá de dirigirse al capítulo IV para su mejor uso, tomando en consideración sus restricciones y desventajas.

Debido a la poca información acerca de ésta técnica de comparación, los resultados arrojados por el sistema SCAPP, fueron verificados únicamente con datos del artículo antes mencionado, obteniendo resultados similares.

Verificada la confiabilidad del sistema, éste se usó para analizar los registros de presión del Pozo Jujo No.36A, en el Distrito de Villahermosa⁷, análisis que puede verse a detalle en el capítulo V.

El uso de esta técnica no solo se limita al área de la Ingeniería de Yacimientos ya que su aplicación puede extenderse a otros tópicos dentro de la Ingeniería Petrolera.

CAPITULO I

- INTRODUCCION -

El ingeniero petrolero debe tener suficiente información para analizar el comportamiento de los yacimientos y, predecir la producción bajo diferentes alternativas de explotación. Mucha de esa información puede obtenerse a partir del análisis de pruebas de presión.

Cuando una prueba de presión es tan corta, tal que no se llega a la línea recta semilog, los datos no pueden ser analizados con los métodos convencionales. Sin embargo, existe una metodología de análisis basada en el ajuste mediante curvas tipo, la cual proporciona resultados útiles, aunque aproximados.² En ésta técnica, la comparación de la información real del pozo con las curvas representativas de los diferentes modelos de yacimientos, se hace visualmente. lo cual implica una gran subjetividad y posibilidad de error, debido a la gran semejanza entre las curvas tipo.

El objetivo principal de este trabajo, es el de contribuir al desarrollo de la Industria Petrolera en el área de la Ingeniería de Yacimientos, describiendo y desarrollando la teoría y la técnica de un análisis de sensibilidad, para una comparación de alta calidad con curvas tipo, facilitando la interpretación de cualquier prueba de presión.

Debido a que los usuarios de curvas tipo publicadas tienen que juzgar intuitivamente la calidad de los parámetros obtenidos, se

diseñó el sistema SCAPP (Sistema de Comparación Automática para Pruebas de Presión), cuyos objetivos son :

- 1) Determinar la calidad de los parámetros obtenidos, durante la comparación de resultados de pruebas de presión con curvas tipo.
- 2) Mejorar la calidad de comparación.
- 3) Seleccionar curvas tipo, cuando varias curvas similares son desarrolladas para determinar una serie de parámetros.

Los resultados del sistema SCAPP, se fundamentan en el estudio de los números de error de sensibilidad.

Este estudio puede ayudar a los analistas, a entender la calidad de los resultados obtenidos aún cuando se tenga experiencia, puesto que algunas curvas tipo involucran muchos parámetros.

CAPITULO II

CONCEPTOS BASICOS

II.1 PRUEBAS DE PRESION

GENERALIDADES.

Las pruebas de presión consisten básicamente en generar y medir variaciones de presión en los pozos, y su objetivo es obtener información del sistema roca-fluidos y de los mismos pozos, a partir del análisis de las citadas variaciones de presión. La información que se puede obtener incluye daño, permeabilidad, porosidad, factor de almacenamiento, presión media, discontinuidades, etc., la cual es esencial para la explotación eficiente de los yacimientos. Los tipos comunes de pruebas de presión son las pruebas de decremento y de incremento.

Una prueba de decremento de presión consiste en una serie de mediciones de presión de fondo, durante un período de flujo.

Comúnmente el pozo se cierra para estabilizar la presión en el yacimiento, se baja el equipo de medición y se inicia el flujo del pozo. La presión de fondo se graba mientras el pozo está fluyendo a un gasto constante en la superficie o a un flujo variable, en éste último caso se usan las pruebas a gasto múltiple (si la variación es mayor al 20%).²

La respuesta de las pruebas de decremento es dividida en términos de períodos tempranos, medios y largos, en los cuales se manifiestan el efecto de almacenamiento, un período activo infinito y los efectos de frontera respectivamente.

La ventaja de llevar a cabo pruebas de decremento de presión, en

pozos productores es bien reconocida; sin embargo la situación operativa del pozo es un parámetro importante a considerar, para efectuar la prueba.

Las pruebas de incremento, se analizan para conocer las propiedades del yacimiento y las condiciones del pozo. Desde el punto de vista operativo, arrojan mejores resultados que las de decremento, debido a la poca variación del gasto durante la operación; sin embargo, presentan la desventaja de que se tiene que cerrar el pozo para llevarlas a cabo.

MODELO MATEMATICO PARA UN YACIMIENTO HOMOGENEO

Obviamente no hay yacimiento que sea completamente homogéneo como es considerado en el siguiente modelo matemático, ya que todos los yacimientos reales tienen algunos tipos de heterogeneidad. Sin embargo, la solución para un caso real puede ser aproximada por las soluciones de un yacimiento ideal, obtenido a partir de propiedades promedio.

Esto es suficiente para que el estudio del caso ideal sea un importante punto de partida.

La derivación de las ecuaciones que describen el comportamiento de la presión, como una función del tiempo y la distancia, para el flujo de fluidos en un medio poroso está basado en los siguientes principios:

- a) Conservación de masa
- b) Una ecuación de estado
- c) Una ecuación de flujo, representada por la ley de Darcy

El principio de conservación de masa produce una ecuación de continuidad que, combinada con la ley de Darcy y la ecuación de estado apropiada, proporciona una ecuación diferencial que describe el comportamiento de las respuestas de presión del modelo propuesto. Para solucionar por completo el problema, se tienen que definir las condiciones iniciales y de frontera.⁴

El análisis de error de sensibilidad desarrollado en el siguiente capítulo, fué aplicado como una técnica de comparación, para la respuesta de la presión, incluyendo efecto de almacenamiento y daño finito de un pozo en particular, en un yacimiento homogéneo infinito.

Las ecuaciones de difusividad a ser resueltas son:

$$\frac{\partial^2 P_{1D}}{\partial r_D^2} + \frac{1}{r_D} \frac{\partial P_{1D}}{\partial r_D} = \frac{k}{k_1} \frac{\partial P_{1D}}{\partial t_D} \quad (2.1a)$$

para $1 \leq r_D < r_{eD}$, y

$$\frac{\partial^2 P_{2D}}{\partial r_D^2} + \frac{1}{r_D} \frac{\partial P_{2D}}{\partial r_D} = \frac{\partial P_{2D}}{\partial t_D} \quad (2.1b)$$

para $r_{eD} < r_D < \infty$

Con las siguientes condiciones de frontera :

$$C_D \frac{\partial P_{1D}}{\partial t_D} - \frac{K_1}{k} \frac{\partial P_{1D}}{\partial r_D} = 1 \quad (2.2a)$$

para $r_D = 1$, $P_{1D} = P_{2D}$, y

$$\frac{k_1}{k} \frac{\partial p_{1D}}{\partial r_D} = \frac{\partial p_{2D}}{\partial r_D}$$

$$p_{1D}=0 \quad r_D \rightarrow \infty$$

$$\text{para } r_D = r_{sD} \quad (2.2b)$$

y las siguientes condiciones iniciales :

$$p_{1D} = p_{2D} = 0 \quad (2.3)$$

$$\text{para } t_D = 0$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones 2.1a hasta 2.3, se obtiene la presión de fondo adimensional con respecto a t_D ; y comparando la presión de fondo vs. el tiempo medidos en el pozo, se determinan los siguientes parámetros :

El radio adimensional del factor de daño, r_{sD}

La constante de efecto de almacenamiento, C_D

$$\beta = 2.636E-4k / \phi C_i \mu r_w^2 = t_D / t \quad (2.4a)$$

$$\alpha = kh / 141.2q\mu = P_{vD} / (P_i - P_w) \quad (2.4b)$$

$$y \quad s = (k/k_1 - 1) \ln(r_{sD}) \quad (2.4c)$$

II.2 CURVAS TIPO

GENERALIDADES

El ajuste por curvas tipo puede usarse para pruebas de decremento, incremento, interferencia y de presión constante. Para pruebas en un sólo pozo, las curvas tipo deben usarse cuando las técnicas de análisis convencional no puedan ser usadas. En tales casos, el análisis por curvas tipo puede proporcionar resultados, los cuales son analizados por el sistema SCAPP con el fin de definir la

calidad de los parámetros obtenidos durante la comparación.

Los parámetros (s, C_D, r_{SD}, k y θ), representan las incógnitas de la ecuación de difusividad para yacimientos homogéneos; y son obtenidos a partir del análisis de datos de presión, con la técnica de ajuste para curvas tipo o son definidos en rangos de trabajo dentro del sistema SCAPP, para ser comparados automáticamente con los datos de la prueba de presión analizada.

La calidad de éstos parámetros, se determina mediante un análisis de sensibilidad desarrollado en el siguiente capítulo.

ESTIMACION DE LOS PARAMETROS RELACIONADOS CON CURVAS TIPO

La estimación de los parámetros de ajuste ($s, C_D, r_{SD}, \alpha, \beta$) utilizando anteriormente técnicas alternas, conduce a un mejor ajuste con curvas tipo.

Actualmente se han desarrollado programas de cómputo para yacimientos homogéneos y heterogéneos que permiten estimarlos.⁴

Este estudio contempla el ajuste con curvas tipo, cuando alguno de éstos parámetros es estimado por otras técnicas; y su efecto es notorio al observar que, disminuye la magnitud de los números de error de sensibilidad, obteniendo una mejor comparación.

El número de parámetros utilizados para realizar la comparación con curvas tipo es un factor que afecta directamente la magnitud de los números de error de sensibilidad; esto ocasiona que éstos números sean menores en yacimientos homogéneos que para heterogéneos, y por tanto, se obtenga un mejor ajuste al usar curvas tipo para yacimientos homogéneos.

FACTOR DE DAÑO:

El daño se define como un factor que causa alrededor del pozo, una caída de presión adicional a la que ocurre cuando el yacimiento es homogéneo y el pozo penetra totalmente a la formación el cual es originado por un cambio en la permeabilidad alrededor del pozo. Una causa posible es el lodo de perforación que provoca una reducción en la permeabilidad, otra causa es si el pozo penetra parcialmente a la formación o si existe flujo no-Darciano (pozos de gas). Si el pozo ha sido estimulado (fracturamiento o acidificación) resulta un daño negativo, lo cual indica mejoramiento de la permeabilidad.²

Van Everdingen introdujo el concepto de factor de daño (s):

$$(\Delta p)_s = \frac{141.2 \text{ q}\mu B}{kh} \quad s \quad (2.5)$$

y el factor de daño se puede calcular mediante:

$$s = 1.151 \left\{ \frac{P_i - P_{thr.}}{m} - \log \left(\frac{k}{\phi \mu C_t r_w^2} \right) + 3.2275 \right\} \quad (2.6)$$

Hawkins encontró que:

$$s = \left(\frac{k}{k_1} - 1 \right) \ln \frac{r_s}{r_w} \quad (2.7)$$

EFFECTO DE ALMACENAMIENTO:

El almacenamiento o llenado del pozo es un efecto que altera el comportamiento de la presión durante tiempos cortos.

Cuando se cierra un pozo en la superficie, el fluido de la formación continúa fluyendo hacia él durante algún tiempo. Cuando un pozo se abre, el flujo inicial se debe a los fluidos almacenados en el agujero, y posteriormente proviene de la formación.

El almacenamiento o llenado del pozo puede originarse por compresión o expansión de fluidos y por cambio de nivel del líquido en el pozo.

Cualquiera que sea el caso, puede definirse el coeficiente de almacenamiento adimensional, como:

$$C_D = \frac{0.894 C}{\phi c_i h r_w^2} \quad (2.8)$$

y para tiempos cortos :

$$C_D = T_D/P_D$$

RADIO ADIMENSIONAL DE DAÑO:

Este parámetro define la longitud radial dañada del pozo; es directamente proporcional al factor de daño, y su valor es esencial para la estimulación del pozo.

Matemáticamente se define como:

$$R_{sd} = \exp\left(\frac{s}{\frac{k}{k_1} - 1}\right) \quad (2.9a)$$

$$R_{sd} = R_s/R_r \quad (2.9b)$$

Utilizando el sistema SCAPP para una serie de comparaciones (Capítulo V, Tabla No.1), se observó que los factores s y R_{sd} , son los parámetros que más afectan en el ajuste con curvas tipo (Capítulo V, Fig.8), esto es fundamentado con base a la magnitud de los números de error de sensibilidad (NES), obtenidos en todas las curvas analizadas.

PARAMETROS α y β :

Los parámetros α y β definidos por las ecuaciones 2.4b y 2.4a respectivamente, intervienen en el ajuste con curvas tipo, al calcular los valores de T_D y P_D para cada punto, y los números de error de sensibilidad arrojados definen la calidad de la prueba.

CAPITULO III

TECNICAS DE ANALISIS DE SENSIBILIDAD

III.1 INTRODUCCION

Un simulador numérico, un modelo que predice, o cualquier otro algoritmo puede ser representado como una función f que asigna resultados únicos, para cada dato de entrada fijo; el análisis de sensibilidad sobre tal función cuantifica las relaciones en el cambio de los parámetros de salida con relación a los cambios en los datos de entrada. Este análisis es recomendable cuando la incertidumbre en los parámetros de entrada aumenta y la calidad de los parámetros de salida varía notablemente.

Debido a que:

- Muchos estudios de Ingeniería de Yacimientos se han confiado en datos que contienen algunos errores conocidos y desconocidos.
- Las mediciones no son siempre disponibles y
- Algunos parámetros clave son frecuentemente estimados por otros medios.

el Análisis de Sensibilidad cobra una gran importancia en el área de la Ingeniería de Yacimientos, especialmente en el análisis de pruebas de presión, donde se manejan muchos parámetros.

El Análisis de Sensibilidad, utiliza numerosos conceptos y técnicas para contabilizar la incertidumbre en parámetros del yacimiento, a continuación se exponen algunos de los más utilizados en este tipo de trabajo.

LA FUNCION ENTROPIA ($\partial S = \partial Q/T$).

La función entropía es utilizada para cuantificar la inseguridad en los parámetros que son representados como variables aleatorias (saturación de agua irreducible, porosidad, etc..) y que son descritas por distribuciones de probabilidad.⁶

Para contabilizar la incertidumbre con este método, las variables de entrada son definidas entre un rango de seguridad, lo que origina que las variables de salida estén definidas por distribuciones de probabilidad, y la calidad de los resultados pueda ser determinada.

Mediciones de muestras de núcleo indican que la saturación de agua irreducible en un yacimiento está distribuida uniformemente entre valores límites a y b , la porosidad es un parámetro cuya distribución es normal y los datos del espesor de la formación muestran una distribución triangular.

Combinando la función entropía con un algoritmo dado y una rutina de simulación Monte Carlo, el problema se resuelve inversamente, es decir, se estima el grado de certidumbre requerido en las variables de entrada para dar una seguridad en los parámetros de salida.⁸

LA VARIANZA

El momento de segundo orden respecto de la media, se denomina varianza, se denota por σ^2 y mide la dispersión de una distribución de probabilidad con respecto a la media.

Esta cantidad nunca puede ser negativa y se define como:

$$\sigma^2 = \sum (x_i - \mu)^2 \cdot f(x)$$

donde: $f(x)$ es la función de probabilidad.

x_i serie de datos $i = 1, \dots, n$

μ la media del conjunto de datos.

La desviación standard (σ) al igual que la varianza son igualmente una buena medición de certidumbre; sin embargo, éstas técnicas son apropiadas si todos los parámetros considerados tienen distribución de la misma clase, lo cual no sucede en muchas de las aplicaciones.

NÚMEROS DE ERROR DE SENSIBILIDAD.

Este concepto, fué utilizado para realizar el sistema SCAPP, el cual determina la calidad de comparación de curvas tipo con los datos de una prueba de presión, utilizando números de error de sensibilidad.

Estos números son generados a partir de los errores que frecuentemente ocurren al realizar una comparación con curvas tipo de una manera general, e indican el error en cada parámetro comparado.

El uso de ésta técnica de sensibilidad en el análisis por curvas tipo, facilita la comparación de pruebas de presión con cualquier curva tipo publicada, esto es debido a que se utilizan éstos números para n-valores de parámetros comparados.

La obtención de los Números de Error de Sensibilidad, está en función de una matriz de sensibilidad generada para cada prueba de presión y son aplicables indiferentemente para buenas o malas comparaciones con curvas tipo.

Estos errores ocurren frecuentemente durante la interpretación de campo en las siguientes formas:

1) ERROR DE SESGO.

Este error es causado por error de medición, humano e instrumental, o si el instrumento apropiado no es utilizado.

2) ERROR EN EL MODELO MATEMATICO.

Es causado cuando no se considera toda la información disponible del carácter de flujo del yacimiento o cuando el modelo simplifica el carácter de flujo.

3) ERROR RANDOM O ALEATORIO.

Es causado por error humano, ruido del instrumento y ruido de fenómenos naturales; y

4) ERROR EN LOS PARAMETROS DE ENTRADA.

Ocurre cuando la exactitud de la información no se aprovecha en los datos de entrada.

Existen otros errores que pueden ser contemplados en el análisis de sensibilidad; sin embargo los utilizados en éste trabajo, constituyen los mas importantes para llevar a cabo un buen ajuste.

III.2 TEORIA SOBRE LOS NUMEROS DE ERROR DE SENSIBILIDAD

La respuesta de la presión respecto al tiempo en un yacimiento, se encuentra sujeta a varios parámetros, como se muestra en la siguiente expresión:

$$f_i = f[x_1, x_2, \dots, \log x_n, t_i] \quad (3.1)$$

donde x_i representan los parámetros que intervienen en la solución de la ecuación de difusividad y t_i es el tiempo en el i ésimo punto dato.

Ajustando éstos valores con los datos de prueba z_i por mínimos cuadrados, obtenemos la siguientes función objetivo:

$$G(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^m [\log f(x_1, x_2, \dots, \log(x_n t_i)) - \log z_i]^2 \quad (3.2)$$

Donde $\log f(x_1, x_2, \dots, \log(x_n t_i))$ vs. $\log(x_n t_i)$ son los valores graficados en una curva tipo.

Utilizando el concepto de error relativo en cada parámetro:

$$G(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) = \sum_{i=1}^m [\log f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \log(\bar{x}_n t_i)) - \log z_i]^2 \quad (3.3)$$

Donde $\bar{x}_i = x_i$ para el análisis de error absoluto, presentado anteriormente (ec. 3.2), y $\bar{x}_i = \ln(x_i)$ ($i=1, \dots, n-1$) para el análisis de error relativo (ec. 3.3).

El procedimiento utilizado en la técnica de ajuste con cualquier curva tipo, tiene como finalidad, encontrar parámetros que visualmente minimicen la función objetivo (ec. 3.3).

Realizando la comparación con curvas tipo para yacimientos homogéneos, la función objetivo a minimizar es la siguiente:

$$G(\alpha, \beta, s, R_{SD}, C_D) = \sum_{i=1}^m \left[\log \frac{1}{\alpha} P_{WD} [R_{SD}, s, C_D, \log(\beta t_i)] - \log P_{WD_i} \right]^2$$

la cual puede expresarse:

$$\sum_{i=1}^m [\log P_{WD} [R_{SD}, s, C_D, (\log \beta + \log t_i)] - \log \alpha - \log P_{WD_i}]^2 \quad (3.4)$$

Manejando errores relativos $\bar{R}_{SD} = \ln R_{SD}$, $\bar{C}_D = \ln C_D$, $\bar{\beta} = \log \beta$, y $\bar{\alpha} = \log \alpha$; entonces de la ec.(3.4) se tiene:

$$G(\bar{\alpha}, \bar{\beta}, s, \bar{R}_{SD}, \bar{C}_D) = \sum_i^m [\text{Log } P_{WD}[\text{EXP}(\bar{R}_{SD}), s, \text{EXP}(\bar{C}_D), (\bar{\beta} + \text{Log } t_i)] - \bar{\alpha} - \text{Log } P_{WD,i}]^2 \quad (3.5)$$

Si se define $\psi_i = \text{Log } P_{WD}[\text{EXP}(\bar{R}_{SD}), s, \text{EXP}(\bar{C}_D), (\bar{\beta} + \text{Log } t_i)] - \bar{\alpha}$ entonces, la matriz de sensibilidad A está dada por:

$$A = \begin{bmatrix} \frac{\partial \psi_1}{\partial \bar{\alpha}} & \frac{\partial \psi_1}{\partial \bar{\beta}} & \frac{\partial \psi_1}{\partial \bar{R}_{SD}} & \frac{\partial \psi_1}{\partial \bar{C}_D} & \frac{\partial \psi_1}{\partial s} \\ \frac{\partial \psi_2}{\partial \bar{\alpha}} & \frac{\partial \psi_2}{\partial \bar{\beta}} & \frac{\partial \psi_2}{\partial \bar{R}_{SD}} & \frac{\partial \psi_2}{\partial \bar{C}_D} & \frac{\partial \psi_2}{\partial s} \\ \frac{\partial \psi_m}{\partial \bar{\alpha}} & \frac{\partial \psi_m}{\partial \bar{\beta}} & \frac{\partial \psi_m}{\partial \bar{R}_{SD}} & \frac{\partial \psi_m}{\partial \bar{C}_D} & \frac{\partial \psi_m}{\partial s} \end{bmatrix}$$

Donde:

$$\frac{\partial \psi_i}{\partial \bar{\alpha}} = -1$$

$$\frac{\partial \psi_i}{\partial \bar{\beta}} = \partial(\log P_{WD}) / \partial(\log t_i) \Big|_{t_i = t_{D,i}}$$

$$\frac{\partial \psi_i}{\partial \bar{R}_{SD}} = \partial(\log P_{WD}) / \partial(\ln R_{SD}) \Big|_{R_{SD} = R_{D,i}}$$

$$\frac{\partial \psi_i}{\partial \bar{C}_D} = \partial(\log P_{WD}) / \partial(\ln C_D) \Big|_{C_D = C_{D,i}}$$

$$\frac{\partial \psi}{\partial \xi} \Big|_{\xi=10} = \partial(\log PWD)/\partial \xi \Big|_{\xi=10}$$

III.3 OBTENCION DE LOS NUMEROS DE ERROR DE SENSIBILIDAD

a) Error de Sesgo

Considerando el caso donde el error de sesgo $\Delta \log z$ (error de sesgo en la escala logarítmica) se encuentra presente durante la estimación del parámetro de error $\Delta \bar{x}$, es posible estimar el error usando la siguiente lógica.

Sea $\bar{x}$ la solución de la ecuación 3.3; entonces, usando la serie de Taylor sobre la función $\log f$ expandida alrededor de $\bar{x}$, y considerando que $\Delta \bar{x}$ es pequeño.

Puede expresarse que:

$$\log f(\bar{x} + \Delta \bar{x}) = \log f(\bar{x}) + A \Delta \bar{x} \quad (3.6)$$

donde:

$$A = \begin{bmatrix} \frac{\partial(\log f_1)}{\partial \bar{x}_1} & \frac{\partial(\log f_1)}{\partial \bar{x}_2} & \dots & \frac{\partial(\log f_1)}{\partial \log(\bar{x}_n t_1)} \\ \frac{\partial(\log f_2)}{\partial \bar{x}_1} & \frac{\partial(\log f_2)}{\partial \bar{x}_2} & \dots & \frac{\partial(\log f_2)}{\partial \log(\bar{x}_n t_1)} \\ \frac{\partial(\log f_1)}{\partial \bar{x}_1} & \frac{\partial(\log f_1)}{\partial \bar{x}_2} & \dots & \frac{\partial(\log f_1)}{\partial \log(\bar{x}_n t_1)} \end{bmatrix} \quad (3.7)$$

Además considerando:

$$\bar{x} = \bar{x} + e \Delta \bar{x} \quad (0 < e < 1) \quad (3.8)$$

$$\log f(\bar{x}) = (\log f_1, \log f_2, \dots, \log f_m)^T \quad (3.9)$$

$$\text{y} \quad \Delta \bar{x} = (\Delta \bar{x}_1, \Delta \bar{x}_2, \dots, \Delta \log \bar{x}_n) \quad (3.10)$$

Substituyendo las ecuaciones 3.8, 3.9 y 3.10 en la Ec.(3.6) se

obtiene la Ec.(3.11).

$$G(\Delta \bar{x}) = [\log z + \Delta \log z - \log f(\bar{x}) - A \Delta \bar{x}]^T [\log z + \Delta \log z - \log f(\bar{x}) - A \Delta \bar{x}]$$

Si aproximamos $\bar{x}$ por $\bar{x}$, y suponemos que A es continua cerca de $\bar{x} = \bar{x}$; entonces:

$$A|_{\bar{x}=\bar{x}} + \theta \Delta \bar{x} = A|_{\bar{x}=\bar{x}}$$

Utilizando la técnica de mínimos cuadrados, para minimizar la función objetivo (Ec. 3.11) se tiene:

$$E(\Delta \bar{x}) = E[A^+ [\log z + \Delta \log z - \log f(\bar{x})]] = A^+ E(\Delta \log z) \quad (3.12)$$

donde $E()$ es el operador esperanza matemática y A^+ es la pseudoinversa de A, y está dada por $A^+ = A^{-1}$ si A es una matriz cuadrada no singular; y $A^+ = (A^T A)^{-1} A^T$ si es una matriz rectangular no singular. A^+ podría ser determinada de modo que $\Delta \bar{x}$ tenga una longitud mínima si $(A^T A)$ es singular.

Evaluando las normas (magnitudes) en ambos lados de la ec. 3.12

$$\|E(\Delta \bar{x})\| \leq \|A^+\| \|E(\Delta \log z)\| \quad (3.13)$$

donde $\|A^+\|$ es el número de error de sensibilidad que da la amplitud del error para $E(\Delta \bar{x})$ con respecto a $E(\Delta \log z)$. El número de error de sensibilidad para el iésimo elemento está dado por la suma del iésimo renglón de A^+ que es:

$$|E(\Delta \bar{x}_i)| \leq |A^+_{i\cdot}| \|E(\Delta \log z)\| \quad (3.14)$$

donde,

$$|A_i^+| = \sum_{j=1}^m |A_{ij}^+| \quad (3.15)$$

b) El segundo error de sensibilidad a tratar, corresponde al error matemático; para éste caso, f_i , la cual incluye el error del modelo, puede ser usada en la función objetivo definida por la ec.(3.3). $\Delta \bar{x}$ en éste caso se determina, minimizando:

$$\begin{aligned} G_1(\bar{x}) &= \sum_{i=1}^m [\log f_{i1}(\bar{x} + \Delta \bar{x}) - \log z_i]^2 \\ &= \sum_{i=1}^m [\log f_i(\bar{x}) + A \Delta \bar{x} + \Delta \log f_i(\bar{x} + \Delta \bar{x}) - \log z_i]^2 \end{aligned} \quad (3.16)$$

Suponiendo que f va a ser una función muy suave (uniforme) alrededor de $\bar{x}$ y su error máximo de $\Delta \log f_i(\bar{x} + \Delta \bar{x})$ en el i ésimo dato está limitado por:

$$\|E(\Delta \bar{x})\| \leq \|A^+\| \|E[\Delta \log \bar{f}_i(\bar{x})]\| \quad (3.17)$$

donde $E[\Delta \log \bar{f}_i(\bar{x})] = [E(\Delta \log \bar{f}_1), E(\Delta \log \bar{f}_2), \dots, E(\Delta \log \bar{f}_m)]^T$,
y $\Delta \log \bar{f}_i = [\max \Delta \log f_i \text{ para } x \in \Omega]$

La Comparación de las ecuaciones 3.13 y 3-17 indica que los números de error de sensibilidad para el error de sesgo y el error por el modelo elegido son idénticos; sin embargo, la interpretación de éstas dos ecuaciones es diferente.

c) El tercer número de error de sensibilidad desarrollado en éste trabajo corresponde a los parámetros de entrada. Se supone que existen l parámetros en la ecuación (3.3), n de los cuales son parámetros investigados y $(l-n)$ de ellos son parámetros de entrada.

Considerando el caso donde éstos errores en parámetros de entrada resultan en los errores del parámetro investigado, la ecuación 3.6 puede ser considerado como una función lineal alrededor de $\bar{x}$, y A se convierte en una matriz de $m \times l$ en vez de $m \times n$, ya que es linealizada con respecto a l parámetros.

Si, $\Delta \bar{x}_p$ y $\Delta \bar{x}_q$ denotan parámetros investigados y parámetros de entrada respectivamente, definidos por:

$$\Delta \bar{x}_p = (\Delta \bar{x}_1, \Delta \bar{x}_2 \dots \Delta \log x_n)^T \quad (3.18)$$

$$\text{y } \Delta \bar{x}_q = (\Delta \bar{x}_{n+1}, \Delta \bar{x}_{n+2} \dots \Delta \bar{x}_l)^T \quad (3.19)$$

Entonces, substituyendo las ecuaciones 3.18 y 3.19 en la ec.(3.17), y la ec. 3.17 en la ecuación 3.3 obtenemos:

$$\bar{G} = \sum_{i=1}^m [(A_i)_p \Delta \bar{x}_p + (A_i)_q \Delta \bar{x}_q + \log f_i(\bar{x}) - \log x_i]^2 \quad (3.20)$$

Donde $(A_i)_p$ y $(A_i)_q$ son descomposiciones de la matriz original dada por la ecuación 3.17, o:

$$A_i = [(A_i)_p, (A_i)_q] \quad (3.21)$$

Consecuentemente, el valor medio del error del parámetro investigado que minimiza la función objetivo (Ec.3.20) se obtiene por el teorema de mínimos cuadrados, de la sig. manera:

$$E(\Delta \bar{x}_p) = -A_p^+ A_q E(\Delta \bar{x}_q) \quad (3.22)$$

$$A_p = [(A_1)_p, (A_2)_p \dots (A_m)_p]^T \quad (3.23)$$

$$A_p^+ = (A_p^T A_p)^{-1} A_p^T \quad (3.24)$$

Para una matriz no singular $(A_p^T A_p)$ y

$$Aq = [(A_1)_q, (A_2)_q \dots (A_m)_q]^T \quad (3.25)$$

De aquí, que el error de los parámetros investigados puede ser acotado mediante la siguiente ecuación:

$$\|E(\Delta \bar{x}_p)\| \leq \|A_p^+ A_q\| \|E(\Delta \bar{x}_q)\| \quad (3.26)$$

En la Ec. (3.26) el número de error de sensibilidad de $E(\Delta \bar{x}_p)$ a $E(\Delta x_q)$ está dado por $\|A_p^+ A_q\|$, y el número de error de sensibilidad del i -ésimo componente del parámetro comparado es:

$$|A_p^+ A_q(i)| = \sum_{j=1}^{l-n} |(A_p^+ A_q)_{ij}| \quad (3.27)$$

Debido a la poca información acerca del error aleatorio y a la poca importancia para el análisis de campo, no se publica su obtención.

El error relativo de los parámetros s , C_b , R_{so} , ϕ y k para curvas tipo define la calidad de comparación realizada; y su comportamiento es proporcional a la magnitud de los números de error de sensibilidad (NES), lo que origina que el uso de ambos sea indiferente para elegir dentro de una serie de comparaciones; sin embargo para que el usuario tenga una mejor visión del error que causa cada parámetro, el sistema SCAPP incluye un diagnóstico de la calidad

en cada parámetro, utilizando el error relativo, definido como:

Error Relative (%), ER = 1n (Números de Error de Sensibilidad)

y Calidad de Comparación (%) = 100% - ER(%)

El error de sesgo calculado por el parámetro α define las variaciones de la presión durante la prueba, de manera que, si la lectura de presiones no es confiable y no se tiene una tendencia aleatoria éste se verá reflejado en la magnitud del número α .

Esto es útil para determinar la confiabilidad de las mediciones.

Los errores que originan los parámetros investigados ϕ y K son obtenidos de la siguiente manera:

$$\Delta\phi/\phi = \Delta\ln\phi = \log [\exp (NES\alpha - NES\beta)]$$

$$\Delta k/k = \Delta\ln K = \log [\exp.(\Delta \log NES\alpha)]$$

CAPITULO IV

PROGRAMA DE COMPUTO

IV.1 ESTRUCTURA DEL PROGRAMA

El uso de la correlación visual de las pruebas de presión con familias de curvas tipo, motivó la creación de un procedimiento automatizado (SCAPP), que basado en el análisis de error de sensibilidad, permite visualizar cuantitativamente dicho ajuste y así determinar la curva tipo representativa de los datos presión vs. tiempo reales del pozo, con gran precisión.

El sistema actualmente está en capacidad de ser utilizado para yacimientos homogéneos y como podrá ser confirmado por el usuario, está caracterizado por una gran facilidad y versatilidad en su manejo.

El programa de cómputo es autosuficiente y además; el usuario puede analizar rápidamente el número de ajustes que desee.

El objetivo de éste sistema, no sólo se limita a la determinación del mejor ajuste, además el usuario podrá usarlo para:

- Determinar la calidad del ajuste obtenido con diversos sistemas de análisis para curvas tipo, disponibles en el mercado.
- Identificar la familia de curvas que se ajusten más a los datos de tiempo vs. presión reales disponibles.

El sistema ha sido programado en lenguaje QUICK-BASIC, puede ser ejecutado en cualquier computadora personal (PC) compatible con IBM y con tarjeta EGA, y está constituido por:

1.-Revisión de Datos.

Realiza una verificación de la secuencia lógica de los datos, eliminando información errónea y/o corrección opcional por parte del usuario.

2.-Obtención de los Números de Error de Sensibilidad.

Realizando previamente el cálculo del jacobiano (matriz de sensibilidad A) con el uso de la subrutina spline, se obtienen los números de error de sensibilidad. Este cálculo se programó haciendo uso de las herramientas del Algebra Matricial.³

3.-Ajuste automático.

El sistema SCAPP obtiene el mejor ajuste entre un rango de valores opcionales que el usuario puede manejar en los parámetros de ajuste $\alpha, \beta, R_{SD}, S, C_D$ y a partir de estos k y θ .

Esta opción, es recomendable cuando no se tienen a disposición inmediata curvas tipo, pero su principal limitante, es el tiempo de máquina utilizado para cada iteración (10 seg. - 6 iteraciones con 10 puntos); entre mas larga sea la prueba, mayor será el tiempo de máquina requerido (10seg.- 1 iteración- 90 puntos aprox.).

4.-Mejoramiento de la Calidad del Ajuste.

La calidad del ajuste puede ser mejorada si el usuario conoce a partir de técnicas externas, algún parámetro de ajuste o si el número de datos de presión vs. tiempo es aumentado. Estas opciones mejoran la calidad, siempre y cuando se presenten datos que se ajusten a la solución de la ecuación de difusividad.

5.-Restricciones.

El sistema fue diseñado para analizar yacimientos homogéneos considerando efectos de almacenamiento y daño, puede ser utilizado en cualquier computadora personal (PC) compatible con IBM y monitor EGA, durante la lectura de cualquier prueba de presión considera un gasto constante y el número de puntos capaz de manejar depende de la tarjeta ram utilizada en el equipo disponible.

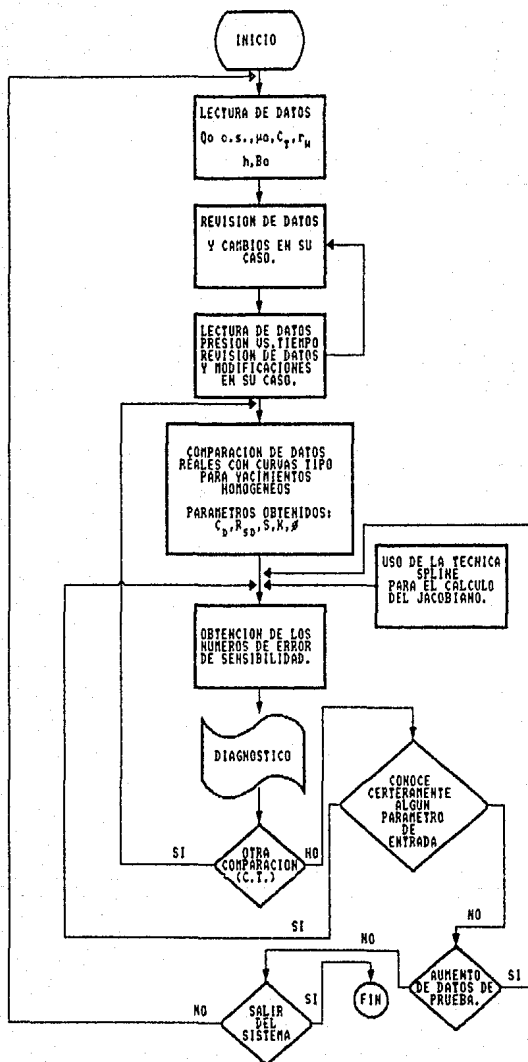
Fue programado en lenguaje Quick-Basic (QB) y desde el punto de vista operativo, el analista debe de considerar el tiempo de CPU utilizado al ajustar curvas tipo generadas automáticamente, recomendando esta rutina, después de escoger la mejor curva tipo de una serie de curvas leídas.

6.-Subrutinas.

El programa de cómputo cuenta con 20 subrutinas de las cuales 10 son utilizadas para la configuración de pantallas (subrutinas: MARGEN, MARCO, LETRA, DRAWCHAR, DRAWCHARS, DRAWTEXT, SAY1, SAY2, ESQUELETO, ESPACIO), 2 de ayuda para que el programa sea autosuficiente (DESCPRG Y AYUDAS), 1 de modificación de

datos erróneos (CAMBIO) y 8 para generar los números de error de sensibilidad (ENTRADA, TMat, MMat, MATINV, CALIDAD, SPLINE, FUNCION SERVAL).

Estas subrutinas pueden ser utilizadas para otras disposiciones del usuario, que así lo desee. (ver programa de cómputo).



'IV.3 LISTADO DEL PROGRAMA DE COMPUTO

'SCAPP: SISTEMA DE COMPARACION AUTOMATICA PARA PRUEBAS DE PRESION

' SISTEMA ELABORADO POR : OMAR ALAN VICENCIO FUENTES
' PARA OBTENER EL TITULO DE: INGENIERO PETROLERO
' DIRECTOR DE TESIS : M.I. NESTOR MARTINEZ ROMERO

' UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
' U N A M

DIMENSIONAMIENTO DE VARIABLES

```
DIM DELTIM(90), PRS(90), DELPRS(90), LFRS(90), LTIM(90), A(90), AQ(90, 90), CONF(5, 20)
DIM B(190), C(190), D(190), SENSMT(90, 5), CT(5, 90), CM(90, 90), VARAUT(90), CONF(15)
DIM TRANS(5, 90), CM(5, 5), AA(5, 90), BB(90, 5), AI(5, 5), AP(90, 90), CONF(5, 20)
DIM A2(5, 5), C1(5, 5), MVE(90), MVE(90), RSE(190), C0(190), S0(190), BAPAUT(190)
DIM C0(120), RATS(120), SKN(190), FRM(20), POR(20), ERRSUM(20), NUMESA(20), NUMESS(20)
DIM NUMESC(190), NUMESR(190), NUMESS(190), NUMESPI(190), NUMESPP(190), NUMESA(190), NUMESB(190)
DIM NUMESCI(190), NUMESRI(190), NUMESS(190), NUMESPI(190), NUMESPP(190), NUMESFPC(190)
DIM NUMESAC(190), NUMESBC(190), NUMESAC(190), NUMESSC(190), NUMESSC(190), NUMESPC(190)
```

DECLARACION DE FUNCIONES Y SUBROUTINAS

```
DECLARE SUB ENTRACA (NPX, PARAMETRO, SENSMT, AP, AQ)
DECLARE SUB TMAT (IX, J, SENSMT, CT)
DECLARE SUB MMAT (M, N, K, L, AA, BB, CM)
DECLARE SUB CAMBIO (MM, n, NNS)
DECLARE FUNCTION Serval (IX, U, I, Y, G, C, D)
DECLARE SUB SPLINE (IX, I, Y, G, C, D)
DECLARE SUB MATINV (A, n, EPS, DET, A2)
DECLARE SUB MARGEN ( )
DECLARE SUB CALIDAD (NPX, PICTURE, OPTIENS, NDAX)
DECLARE SUB AYUDAS ( )
DECLARE SUB DESCRFG ( )
DECLARE SUB MARCO ( )
DECLARE SUB LETRA ( )
DECLARE SUB DrawChar (Font) AS STRING, X, Y, LETTER, Colr, size, Expand)
DECLARE SUB DrawCharS (Font) AS STRING, X, Y, LETTER, Colr, size, Expand, Direct)
DECLARE SUB DrawText (Font) AS STRING, montype, X, Y, Y, TEXT AS STRING, Colr, Textsize, Spacing)
DECLARE SUB SAY1 (X, Y, TEXT)
DECLARE SUB SAY2 (X, Y, DIG)
DECLARE SUB ESQUELETO ( )
DECLARE SUB ESPACIO (L)
```

PRIMER MENU DEL PROGRAMA

CALL LETRA


```

FOR I = 1 TO 100 STEP .05: NEXT: SCREEN 0: FULSO = 0: NOMEX = 10000
1000 : CLS : COLOR 7, 1: FOR I = 1 TO 23: SAY 1, 1, STRING$(80, 0): NEXT
      SAY 1, 1, STRING$(80, 178): SAY 23, 1, STRING$(80, 178): SAY 1, 1, STRING$(80, 95)
      SAY 3, 1, STRING$(80, 95): COLOR 14, 1: SAY 2, 64, "I S C A P P)"
      SAY 3, 19, "SISTEMA DE COMPARACION AUTOMATICA": FOR I = 1 TO 23: SAY 1, 1, STRING$(1, 179)
      SAY 1, 80, STRING$(1, 179): NEXT I
347 : LOCATE 7, 19: FOR J = 1 TO 13: FOR I = 1 TO 3: COLOR 7: IF I = 3 THEN COLOR 23
      PRINT STRING$(1, 175 + J);
      NEXT I, J: COLOR 7: PRINT STRING$(1, 176): J = 2: FOR I = 7 TO 15: COLOR 7: IF J = 2 THEN COLOR 23
      SAY 1, 19, STRING$(1, 175 + J): SAY 1, 58, STRING$(1, 175 + J)
      J = J + 1: IF J = 4 THEN J = 1
      NEXT I
      LOCATE 15, 19: FOR I = 1 TO 13: FOR I = 1 TO 3: COLOR 7: IF I = 3 THEN COLOR 23
      PRINT STRING$(1, 175 + J);
      NEXT I, J: COLOR 7: PRINT STRING$(1, 176): PRINT
946 : COLOR 7, 1: COLOR 23: SAY 9, 21, STRING$(1, 15)
      COLOR 15: SAY 9, 22, "A) CONTINUAR "
      COLOR 23: SAY 11, 21, STRING$(1, 15)
      COLOR 15: SAY 11, 22, "B) DESCRIPCION GENERAL DEL PROGRAMA "
      COLOR 23: SAY 13, 21, STRING$(1, 15)
      COLOR 15: SAY 13, 22, "C) AYUDAS "
      LOCATE 18, 60: RESP = INPUT$(1): COLOR 14, 6
      IF UCASE$(RESP) = "A" THEN SE = 1: SAY 9, 22, "A) CONTINUAR "
      IF UCASE$(RESP) = "B" THEN SE = 1: SAY 11, 22, "B) DESCRIPCION GENERAL DEL PROGRAMA"
      IF UCASE$(RESP) = "C" THEN SE = 1: SAY 13, 22, "C) AYUDAS"
      IF UCASE$(RESP) = "S" THEN GOTO 444
      IF SE <> 1 THEN COLOR 14, 1: GOTO 946
      SAY 18, 50, " CONTINUAR (S/N) ": LOCATE 18, 72: A$ = INPUT$(1)
      IF UCASE$(A$) = "S" THEN
        GOTO 1244
      ELSE
        COLOR 14, 1: SAY 18, 50, STRING$(25, 0): SAY 19, 50, STRING$(23, 0): GOTO 946
      END IF
1244 : COLOR 12, 1: SAY 22, 6, "C": COLOR 14, 1: SAY 22, 19, " CANCELA PANTALLAS"
      COLOR 12, 1: SAY 21, 6, "RETURN": COLOR 14, 1: SAY 21, 20, "CONTINUA LEYENDO"
      SAY 21, 16, STRING$(1, 16): SAY 22, 16, STRING$(1, 16): W$ = INPUT$(1): CLS
      IF UCASE$(W$) = "C" THEN GOTO 1000
      IF UCASE$(RESP) = "A" THEN GOTO 784
      IF UCASE$(RESP) = "B" THEN CALL DESCPRG: GOTO 1000
      IF UCASE$(RESP) = "C" THEN CALL AYUDAS: GOTO 1000
      DO: LOOP WHILE INKEY$ = ""
786 : COLOR 14, 1: MATCHX = 0

      *
      LECTURA DE DATOS

      CLEAR : ICD = 0: CLS : COLOR 7, 1: SAY 1, 1, STRING$(80, 178): SAY 23, 1, STRING$(80, 178)
      COLOR 14, 1: SAY 2, 1, STRING$(80, 95): SAY 3, 1, STRING$(80, 95)
      SAY 2, 60, "I S C A P P)": FOR I = 1 TO 23: SAY 1, 1, STRING$(1, 179)
      SAY 1, 80, STRING$(1, 179): NEXT I
      COLOR 14, 1: SAY 3, 10, " LECTURA DE DATOS ": COLOR 15, 1
1 : SAY 6, 3, " A) NOMBRE DEL POZO : " : LOCATE 6, 30: INPUT "", WELL$: IF ICD = 1 THEN 40
2 : SAY 7, 3, " B) NOMBRE DEL CAMPO : " : LOCATE 7, 30: INPUT "", YIELD$: IF ICD = 1 THEN 40

```

```

3 : SAYI 8, 3, " C" DISTRITO : * : LOCATE 8, 30: INPUT **, DIST4: IF ICO = 1 THEN 40
4 : SAYI 13, 20, " D) GASTO DE ACEITE A C.S. (ble/J) * : LOCATE 13, 70: INPUT **, RTEO
IF RTEO < 1 OR RTEO > 20000 THEN SAYI 13, 70, STRING$(7, 0): GOTO 4
IF ICO = 1 THEN 40
5 : SAYI 14, 20, " E) FACTOR DE VOLUMEN DEL ACEITE (adm.) * : LOCATE 14, 70: INPUT **, FVFO
IF FVFO < 1 OR FVFO > 2 THEN SAYI 14, 70, STRING$(7, 0): GOTO 5
IF ICO = 1 THEN 40
6 : SAYI 15, 20, " F) VISCOSIDAD DEL ACEITE ( cp ) * : LOCATE 15, 70: INPUT **, VISO
IF VISO < 1 OR VISO > 5 THEN SAYI 15, 70, STRING$(7, 0): GOTO 6
IF ICO = 1 THEN 40
7 : SAYI 16, 20, " G) COMPRESIBILIDAD TOTAL (psi-1) * : LOCATE 16, 70: INPUT **, CMPT
IF CMPT < 1E-08 OR CMPT > .0001 THEN SAYI 16, 70, STRING$(7, 0): GOTO 7
IF ICO = 1 THEN 40
8 : SAYI 17, 20, " H) ESPESOR DE LA FORMACION ( ft ) * : LOCATE 17, 70: INPUT **, TH
IF TH < 1 OR TH > 1500 THEN SAYI 17, 70, STRING$(7, 0): GOTO 8
IF ICO = 1 THEN 40
9 : SAYI 18, 20, " I) RADIO DEL FOD ( ft ) * : LOCATE 18, 70: INPUT **, RADW
IF RADW < 1 / 12 OR RADW > 8 / 12 THEN SAYI 18, 70, STRING$(7, 0): GOTO 9
IF ICO = 1 THEN 40
40 : ICO = 1
CALL CAMBIO(0, 9, NPIX)
COLOR 15, 1: ON NPIX GOTO 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

```

LECTURA DE LA PRUEBA DE PRESION

```

10 : SAYI 1, 1, STRING$(80, 178): SAYI 23, 1, STRING$(80, 178): SAYI 2, 1, STRING$(80, 95)
SAYI 3, 1, STRING$(80, 95): COLOR 14, 1: SAYI 2, 6A, " ( S C A P )"
SAYI 3, 19, "SISTEMA DE COMPARACION AUTOMATICA"
COLOR 14, 1: LOCATE 12, 10: INPUT "NUMERO DE PUNTOS OBTENIDOS EN LA PRUEBA DE PRESION", NPIX
IF NPIX < 0 OR NPIX > 90 THEN GOTO 10
24 : CLS : COLOR 15, 1: LOCATE 1, 1: PRINT " "; STRING$(70, "="); " "
FOR X = 2 TO 22: PRINT " "; : LOCATE 1, 80: PRINT " "; : NEXT
PRINT "A"; STRING$(70, "="); "A";
FOR Y = 2 TO 23: LOCATE Y, 20: PRINT " "; : LOCATE Y, 50: PRINT " "; : NEXT Y
SAYI 1, 20, STRING$(1, 203): SAYI 1, 50, STRING$(1, 203)
SAYI 3, 2, STRING$(70, "=")
SAYI 3, 20, STRING$(1, 206): SAYI 3, 50, STRING$(1, 206)
SAYI 3, 1, STRING$(1, 204): SAYI 3, 60, STRING$(1, 183)
SAYI 23, 20, STRING$(1, 202): SAYI 23, 50, STRING$(1, 202)
COLOR 14, 1: SAYI 2, 5, "DATO No.": SAYI 2, 30, "TIEMPO (HRS)"
NPIX = NPIX - 1: SAYI 2, 55, " PRESION (PSI)"
215 : IF UCASE$(OPTIONS) = "A" OR UCASE$(OPTIONS) = "C" THEN
NUMEROX = NPIX + 1: NPIX = NPIX + NDAZ: NPIX = NPIX - 1
ELSE
NUMEROX = 1
END IF
IF NPIX <= 19 THEN CFV = 0: NPS% = 0 ELSE CFV = 20: NPS% = NPIX
361 : FOR K = CFV TO NPS% STEP 19: RVG = 0: FOR J = NUMEROX TO NPIX: I = J
IF I >= 20 THEN
RVG = RVG + 1: IF RVG = 20 THEN NUMEROX = J: GOTO 222
SAYI 2, 5, "RATO No.": SAYI 2, 30, "TIEMPO (HRS)": SAYI 2, 55, " PRESION (PSI)": I = J - K + 1
SAYI 3 + I, 7, " " : SAYI 3 + I, 32, " "

```

```

        SAYI 3 + 1, 31, "          ": SAYI 3 + 1 + 1, 7, "          "
        SAYI 3 + 1 + 1, 32, "          ": SAYI 3 + 1 + 1, 61, "          "

END IF
IF I >= 18 THEN
    COLOR 15, 1: SAYI 23, 5, STRING$(40, "="): SAYI 23, 20, STRING$(11, 202): SAYI 23, 50, STRING$(11, 202)
END IF
COLOR 14, 1: SAYI 3 + 1, 7, J
217 : COLOR 14, 1: IF J = 1 THEN DELTIM(J) = 0: SAYI 3 + 1, 32, DELTIM(J) ELSE LOCATE 3 + 1, 32: INPUT " ", DELTIM(J)
216 : LOCATE 3 + 1, 61: INPUT " ", PRS(J): DELPRS(J) = AES(PRS(1) - PRS(J))
    IF PRS(J) = 0 THEN GOTO 216
    IF J = 2 THEN IF PRS(2) = PRS(1) THEN GOTO 216
    INCRPRS1 = (PRS(2) - PRS(1)) / ABS(PRS(2) - PRS(1))
    IF J >= 2 THEN
        IF DELTIM(J) <= DELTIM(J - 1) THEN
            SAYI 3 + 1, 32, STRING$(7, 0): COLOR , 9: COLOR 23
            SAYI 3 + 1, 33, " ERROR ": DO: LOOP WHILE INKEY$ = ""
            COLOR 14: SAYI 3 + 1, 32, STRING$(9, 0): SAYI 3 + 1, 61, STRING$(11, 0): GOTO 217
        END IF
        IF PRS(J) = PRS(J - 1) THEN INDICADOR = 0: GOTO F1
        INCRPRS2 = (PRS(J) - PRS(J - 1)) / ABS(PRS(J) - PRS(J - 1)): INCRPRS3 = INCRPRS1 + INCRPRS2: INDICADOR = 1
        IF INDICADOR = 0 THEN INCRPRS3 = 0
        IF INCRPRS3 = 0 THEN
            SAYI 3 + 1, 61, STRING$(7, 0): COLOR , 9: COLOR 23
            IF INCRPRS1 = 1 THEN AB1 = "INCREMENTO" ELSE AB1 = "DECREMENTO"
            SAYI 3 + 1, 61, AB1: DO: LOOP WHILE INKEY$ = ""
            SAYI 3 + 1, 61, STRING$(11, 0): SAYI 3 + 1, 32, STRING$(9,
0)
        GOTO 217
    END IF
END IF
NEXT J
222 : NEXT K
221 : IF OPTION$ = "A" OR OPTION$ = "C" THEN NPIX = NPK - 1
    FOR I = 1 TO NPIX: DELTIM(I) = DELTIM(I + 1): DELPRS(I) = DELPRS(I + 1)
    NEXT I

'LECTURA DE PARAMETROS COMPARADOS E INVESTIGADOS

11 : CLS : COLOR 7, 1: FOR I = 1 TO 23: SAYI 1, 1, STRING$(80, 0): NEXT
    SAYI 1, 1, STRING$(80, 178): SAYI 23, 1, STRING$(80, 178): SAYI 2, 1, STRING$(80, 95)
    SAYI 3, 1, STRING$(80, 95): COLOR 14, 1: SAYI 2, 64, "I S C A P P)"
    SAYI 3, 19, "SISTEMA DE COMPARACION AUTOMATICA"
    COLOR 15, 1: LOCATE 8, 20: PRINT " ": STRING$(40, "="): " ": CALL MACRO: NESTR = 10000
    LOCATE 15, 20: PRINT "A": STRING$(40, "="): " ": " "
    FOR I = 9 TO 14: LOCATE I, 20: PRINT "I": LOCATE I, 61: PRINT "I": NEXT
    SAYI 10, 22, "REALICE LA COMPARACION CON CURVAS TIPO"
A2: SAYI 12, 22, "A) PUBLICADAS": SAYI 13, 22, "B) GENERADAS AUTOMATICAMENTE"
    SAYI 14, 22, "C) SALIR DEL SISTEMA": AJUSTE$ = INPUT$(1)
    IF UCASE$(AJUSTE$) <> "A" AND UCASE$(AJUSTE$) <> "B" AND UCASE$(AJUSTE$) <> "C" THEN GOTO A3
    IF UCASE$(AJUSTE$) = "A" THEN
        COLOR 14, 6: SAYI 12, 22, "A) PUBLICADAS"
        COLOR 15, 1: NUMESA(MATCHX) = 0: NUMESB(MATCHX) = 0: NUMESC(MATCHX) = 0
        NUMESR(MATCHX) = 0: NUMESS(MATCHX) = 0
    
```



```

COLOR 15, 1: SAY1 21, 47, "I": SAY1 21, 78, "I"
LOCATE 20, 47: PRINT "I"; STRING$(30, "="); "I";
LOCATE 22, 47: PRINT "E"; STRING$(30, "="); "E";
SAY1 21, 48, "ESPERE UN MOMENTO ITER.No."
CONT = 0: C5 = 0: LOCATE 21, 4: PRINT "RSD="; A: LOCATE 21, 14: PRINT "S="; B: LOCATE 21, 24:
PRINT "X="; C: LOCATE 21, 24: PRINT STRING$(1, 237); "X="; D
FOR RSD4 = RSD1 TO RSD2 STEP RSD2
FOR S04 = S01 TO S02 STEP S03
FOR PR4 = PR1 TO PR2 STEP FR3
FOR POR4 = POR1 TO POR2 STEP PER3
IF S04 = 0 THEN S04 = S03
COLOR 14, 1: SAY2 21, 73, CONT
ALFA = PR4 * THK / ((141.2 * RTED * FVFD * VISQ)
BETA = .00026367863488 * PR4 / (POR4 * VISQ * CNPT * (RADW * 21)
KS = PR4 / ((ED4 / LOG(RSD4)) + 1)
FOR I = 1 TO NP1X
C2 = ALFA * DELPR5(I): C3 = BETA * DELTIM(I): C4 = ATN(C2 / C3)
IF C4 < .3 THEN C5 = C3 / C2: I = NP1X ELSE C5 = C3 / C2
NEXT I
FOR I = 1 TO NP1X: SENSMAT(I, 1) = -1: NEXT I
FOR I = 1 TO NP1X: VARAU1 = DELTIM(I) * BETA
LTM(I) = LOG(VARAU1) / LOG(10): PARAU12 = DELPR5(I) * ALFA: LPR5(I) = LOG(PARAU12) / LOG(10): NEXT I
CALL SPLINE(NP1X, LTM(I), LPR5(I), B(I), C(I), D(I))
FOR I = 1 TO NP1X: SENSMAT(I, 2) = B(I): NEXT I
FOR I = 1 TO NP1X: POTN = (2 * LPR5(I)) - .00907: RSD(I) = 1000 * SGR(LTM(I) / EXP(POTN)): NEXT I
CALL SPLINE(NP1X, RSD(I), LPR5(I), B(I), C(I), D(I))
FOR I = 1 TO NP1X: SENSMAT(I, 3) = B(I): NEXT I
FOR I = 1 TO NP1X: C0(I) = 10 * (LTM(I) / LPR5(I)): NEXT I
CALL SPLINE(NP1X, C0(I), LPR5(I), B(I), C(I), D(I))
FOR I = 1 TO NP1X: SENSMAT(I, 4) = B(I): NEXT I
FOR I = 1 TO NP1X: S0(I) = ((PR4 / KS) - 1) * LOG(RSD(I)): NEXT I
CALL SPLINE(NP1X, S0(I), LPR5(I), B(I), C(I), D(I))
FOR I = 1 TO NP1X: SENSMAT(I, 5) = B(I): NEXT I
CALL MATIN(NP1X, 5, SENSMAT(I, CT(I)): CALL MMAT(S, NP1X, 5, CT(I), SENSMAT(I, CM(I))
FOR I = 1 TO 5: FOR J = 1 TO 5: CM(I, J) = CM(I, J): NEXT J: NEXT I
CALL MATINV(CM(I), 5, GW, DET, A2(I)): CALL MMAT(S, 5, S, NP1X, A2(I), CT(I), CM(I))
FOR I = 1 TO NP1X: NESA = NESA + ABS(CM(1, 1)): NEXT I: NESA1 = NESA
FOR I = 1 TO NP1X: NESB = NESB + ABS(CM(2, 1)): NEXT I: NESB1 = NESB
FOR I = 1 TO NP1X: NESR = NESR + ABS(CM(3, 1)) * 100: NEXT I: NESR1 = NESR
FOR I = 1 TO NP1X: NESC = NESC + ABS(CM(4, 1)) * 100: NEXT I: NESC1 = NESC
FOR I = 1 TO NP1X: NESS = NESS + ABS(CM(5, 1)) * 100: NEXT I: NESS1 = NESS
NESPP = NESA + 43.42944819#
NESP = 434.2944819# * ((LOG(NESA) / LOG(10)) - (LOG(NESB) / LOG(10)))
NESTA = ABS(NESR + NESC + NESS + NESP + NESPP) / 100000
IF NESTA <= NESB1 THEN
A = RSD4: B = S04: D = PR4: E = POR4: NESTB = NESTA: COLOR 15, 1
LOCATE 21, 4: PRINT "RSD="; A: LOCATE 21, 14: PRINT "S="; B: LOCATE 21, 24:
PRINT "X="; D: LOCATE 21, 34: PRINT STRING$(1, 237); "X="; E

```

```

END IF
NEXT FOR4: NEXT FR4: NEXT S04: NEXT RSD4
COLOR 7, 1: FOR I = 1 TO 23: SAY1 I, 1, STRING$(20, C): NEXT I

```

```

SAY1 1, 1, STRING$(80, 178): SAY1 23, 1, STRING$(80, 178): SAY1 2, 1, STRING$(80, 95)
SAY1 3, 1, STRING$(80, 95): COLOR 14, 1: SAY1 2, 64, "( S C A P P )"
SAY1 3, 19, "SISTEMA DE COMPARACION AUTOMATICA: FOR I = 1 TO 23: SAY1 I, 1, STRING$(11, 179)
SAY1 1, 80, STRING$(1, 179): NEXT I
CALL MAPCO: COLOR 15, 1: LOCATE 5, 15: PRINT "E": STRING$(50, "E"): "E"
FOR I = 6 TO 14: SAY1 I, 66, "I": SAY1 I, 15, "I": NEXT
LOCATE 14, 15: PRINT "E": STRING$(50, "E"): "E"
SAY1 7, 25, "LA CURVA HAS AJUSTADA ES:"
LOCATE 8, 33: PRINT "RSD =": A: LOCATE 9, 33: PRINT "CD =": C5: LOCATE 10, 33: PRINT "S =": B
LOCATE 12, 33: PRINT "POROSIDAD =": E * 100: "X": LOCATE 13, 33: PRINT "PERMEABILIDAD (MD) =": D
SAY1 21, 47, "I": SAY1 21, 78, "I"
LOCATE 20, 47: PRINT "I": STRING$(30, "I"): "I"
LOCATE 22, 47: PRINT "E": STRING$(30, "E"): "E"
SAY1 21, 49, "OPRIMA RETURN PARA CONTINUAR"
DO: LOOP WHILE INKEY$ = "": GOTO 11
END IF

IF UCASE$(AJUSTE) = "C" THEN GOTO 444
CLS : ICD = 0: COLOR 7, 1: SAY1 1, 1, STRING$(80, 178)
SAY1 23, 1, STRING$(80, 178): COLOR 14, 1: SAY1 2, 1, STRING$(80, 95)
SAY1 3, 1, STRING$(80, 95): SAY1 2, 60, "( S C A P P )"
FOR I = 1 TO 23: SAY1 I, 1, STRING$(11, 179): SAY1 I, 80, STRING$(1, 179): NEXT I
COLOR 14, 1: SAY1 5, 10, "LECTURA DE PARAMETROS COMPARACION: COLOR 15, 1
12: SAY1 8, 10, "A) COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO ADIMENSIONAL"
LOCATE 8, 64: INPUT "", CDD(MATCHX)
IF CDD(MATCHX) < 0 OR RTEQ > 1E+07 THEN SAY1 8, 64, STRING$(17, 0): GOTO 1E
IF ICD = 1 THEN 41

13: SAY1 9, 10, "B) RADIO ADIMENSIONAL DEL FACTOR DE DAZO"
LOCATE 9, 64: INPUT "", RADSD(MATCHX)
IF RADSD(MATCHX) < 1 OR RADSD(MATCHX) > 1E+09000 THEN SAY1 9, 64, STRING$(17, 0): GOTO 13
IF ICD = 1 THEN 41

14: SAY1 10, 10, "C) FACTOR DE DAZO"
LOCATE 10, 64: INPUT "", SYN(MATCHX)
IF SYN(MATCHX) < -7 OR SYN(MATCHX) > 100 OR SYN(MATCHX) = 0 THEN SAY1 10, 64, STRING$(17, 0): GOTO 14
IF ICD = 1 THEN 41

COLOR 14, 1: SAY1 13, 10, "LECTURA DE PARAMETROS CALCULADOS"
15: COLOR 15, 1: SAY1 16, 10, "D) PERMEABILIDAD DE LA FORMACION (md)"
LOCATE 16, 64: INPUT "", PRM(MATCHX)
IF PRM(MATCHX) < .001 OR PRM(MATCHX) > 3000 THEN SAY1 16, 64, STRING$(17, 0): GOTO 15
IF ICD = 1 THEN 41

16: SAY1 17, 10, "E) POROSIDAD DE LA FORMACION (frac.)"
LOCATE 17, 64: INPUT "", POR(MATCHX)
IF POR(MATCHX) < .0001 OR POR(MATCHX) > .3 THEN SAY1 17, 64, STRING$(17, 0): GOTO 16
IF ICD = 1 THEN 41

41: ICD = 1: CALL CAMBIO(11, 5, ANX)
ON ANX GOTO 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17
17: CLS
NUMESD(MATCHX) = 0: NUMESB(MATCHX) = 0: NUMESC(MATCHX) = 0: NUMESP(MATCHX) = 0: NUMESE(MATCHX) = 0

DETERMINACION DE LA MATRIZ DE SENSIBILIDAD SIN PARAMETROS DE ENTRADA

ALFA = PRM(MATCHX) * THX / (141.2 * RTEQ * FVFD * VISO)
BETA = .000263786380 * PRM(MATCHX) / (POR(MATCHX) * VISO * CMPT * (RADW * 21))

```

KS = FF(MATCHX) / ((SKW(MATCHX) / LOG(RADS(MATCHX))) + 1)

'DERIVADA CON RESPECTO A ALFA

FOR I = 1 TO NPIX: SENSMT(I, 1) = -1: NEXT I

'DERIVADA CON RESPECTO A BETA

FOR I = 1 TO NPIX: VARAU1 = DELTIM(I) * BETA

LTIM(I) = LOG(VARAU1) / LOG(10): BARAU2 = DELPS(I) * ALFA: LFRS(I) = LOG(PARAU2) / LOG(10): NEXT I

CALL SPLINE(NPIX, LTIM(I), LFRS(I), B(I), C(I), D(I))

FOR I = 1 TO NPIX: SENSMT(I, 2) = B(I): NEXT I

'DERIVADA CON RESPECTO A SDO

FOR I = 1 TO NPIX: POTN = (2 * LFRS(I)) - .00707: ASD(I) = 1000 * SQR(LTIM(I) / EXP(POTN)): NEXT I

CALL SPLINE(NPIX, ASD(I), LFRS(I), B(I), C(I), D(I))

FOR I = 1 TO NPIX: SENSMT(I, 3) = B(I): NEXT I

'DERIVADA CON RESPECTO A CO

FOR I = 1 TO NPIX: CO(I) = 10¹ * (LTIM(I) / LFRS(I)): NEXT I

CALL SPLINE(NPIX, CO(I), LFRS(I), B(I), C(I), D(I))

FOR I = 1 TO NPIX: SENSMT(I, 4) = B(I): NEXT I

'DERIVADA CON RESPECTO A S

FOR I = 1 TO NPIX: S(I) = ((PAR(MATCHX) / KS) - 1) * LOG(ASD(I)): NEXT I

CALL SPLINE(NPIX, S(I), LFRS(I), B(I), C(I), D(I))

FOR I = 1 TO NPIX: SENSMT(I, 5) = B(I): NEXT I

'OBTENCION DE LOS NUMEROS DE ERROR DE SENSIBILIDAD SIN PARAMETROS DE ENTRADA

CALL TMAT(NPIX, 5, SENSMT(I), CT(I)): CALL MMAT(S, NPIX, NPIX, 5, CT(I), SENSMT(I), CM(I))

FOR I = 1 TO 5: FOR J = 1 TO 5: CM(I, J) = CM(I, J): NEXT J: NEXT I

CALL MATINV(CM(I), 5, QW, DET, A2(I)): CALL MMAT(S, 5, S, NPIX, A2(I), CT(I), CM(I))

FOR I = 1 TO NPIX: NUMESA(MATCHX) = NUMESA(MATCHX) + ABS(CM(1, 1)): NEXT I: NUMESA(MATCHX) = NUMESA(MATCHX)

FOR I = 1 TO NPIX: NUMESB(MATCHX) = NUMESB(MATCHX) + ABS(CM(2, 1)): NEXT I: NUMESB(MATCHX) = NUMESB(MATCHX)

FOR I = 1 TO NPIX: NUMESR(MATCHX) = NUMESR(MATCHX) + ABS(CM(3, 1)) + 100: NEXT I: NUMESR(MATCHX) = NUMESR(MATCHX)

FOR I = 1 TO NPIX: NUMESC(MATCHX) = NUMESC(MATCHX) + ABS(CM(4, 1)) + 100: NEXT I: NUMESC(MATCHX) = NUMESC(MATCHX)

FOR I = 1 TO NPIX: NUMESS(MATCHX) = NUMESS(MATCHX) + ABS(CM(5, 1)) + 100: NEXT I: NUMESS(MATCHX) = NUMESS(MATCHX)

NUMESP(MATCHX) = NUMESA(MATCHX) + 43.429448198

NUMESP(MATCHX) = 434.29448198 * ((LOG(NUMESA(MATCHX)) / LOG(10)) - (LOG(NUMESC(MATCHX)) / LOG(10)))

'PRIMER DIAGNOSTICO (N-CURVAS TIPO COMPARADAS)

NUM: CLS : COLOR 7, 1

NEST(MATCHX) = ARS(NUMESA(MATCHX)) + NUMESC(MATCHX) + NUMESB(MATCHX) + NUMESR(MATCHX) + NUMESP(MATCHX) / 100000

CONF(1, MATCHX) = ABS(LOG(NUMESA(MATCHX))) : CONF(2, MATCHX) = ABS(LOG(NUMESC(MATCHX)))

CONF(3, MATCHX) = ABS(LOG(NUMESB(MATCHX))) : CONF(4, MATCHX) = ABS(NUMESP(MATCHX) / 100)

CONF(5, MATCHX) = ABS(NUMESP(MATCHX) / 100): FOR I = 1 TO MATCHX: COLOR 7, 1: LC = I + 7

SAY LC, 2, STRING\$(78, 0)

IF I < 9 THEN

SAY LC, 2, STRING\$(11, 4B + I)

ELSE

SAY LC, 2, "I": A = I - 9: SAY LC, 3, STRING\$(11, 47 + A)

END IF

```

SAY2 LC, 9, RADSQ(1): SAY2 LC, 18, CONF(1, 1): SAY2 LC, 23, CEG(1)
SAY2 LC, 32, CONF(2, 1): SAY2 LC, 39, SYN(1): SAY2 LC, 45, CONF(3, 1)
SAY2 LC, 51, POR(1): SAY2 LC, 59, CONF(4, 1)
SAY2 LC, 65, PRM(1): LOCATE LC, 73: PRINT USING "###.###": CONF(5, 1): ERSUM(1) = 0
FOR K = 1 TO 5: ERSUM(1) = ERSUM(1) + CONF(1, 1): COLOR 15, 1: LOCATE LC, 4: PRINT USING "###.##": NEXT(1)
NEXT K: NEXT I

SAY1 1, 1, STRING$(80, 178): SAY1 2, 1, STRING$(60, 95): SAY1 3, 1, STRING$(80, 95)
SAY1 2, 8, "SCAFF: Sistema de Comparacion Automatica para Pruebas de Presion"
SAY1 4, 2, STRING$(78, 95): LOCATE 4, 30: PRINT "Analisis de Resultados": COLOR 5, 2
SAY1 5, 2, STRING$(78, 0): SAY1 5, 3, "CURVA": SAY1 5, 16, "RSD": SAY1 5, 30, "CO"
SAY1 5, 45, "S": SAY1 5, 59, STRING$(1, 237): SAY1 5, 73, "K"
SAY1 6, 2, STRING$(78, 0): SAY1 6, 2, "Mo.": SAY1 6, 5, "NEST"
FOR J = 11 TO 67 STEP 14: SAY1 6, 1, "VALOR": SAY1 6, 1 + 7, "ERRGR": NEXT I: COLOR 7, 1
SAY1 7, 2, STRING$(78, 196)
FOR I = 20 TO 76 STEP 14: SAY1 7, 1, STRING$(1, 37): NEXT I: SAY1 7, 6, "IEC"
SAY1 (MATCHX + 9), 2, STRING$(78, 196)
FOR I = 1 TO MATCHX + 9: SAY1 1, 1, STRING$(1, 179): SAY1 1, 60, STRING$(1, 179): NEXT
FOR I = 9 TO 78 STEP 14: FOR J = 5 TO MATCHX + 9: SAY1 1, 1, STRING$(1, 179): NEXT J: NEXT I
FOR K = 17 TO 78 STEP 14: FOR J = 7 TO MATCHX + 9: SAY1 J, 1, STRING$(1, 179): NEXT J: NEXT K
DO: LOOP WHILE INKEY$ = ""

SEGUNDO DIAGNOSTICO ( ANALISIS DE LA ULTIMA COMPARACION REALIZADA)
PULSO = 0: CLR: COLOR 7, 1: SAY1 1, 1, STRING$(80, 178): SAY1 2, 1, STRING$(80, 95)
SAY1 3, 1, STRING$(80, 95): SAY1 23, 1, STRING$(80, 178)
FOR I = 1 TO 23: SAY1 1, 1, STRING$(1, 179): SAY1 1, 20, STRING$(1, 179): NEXT I
SAY1 2, 8, "SCAFF: Sistema de Comparacion Automatica para Pruebas de Presion"
COLOR 14, 1: SAY1 6, 6, STRING$(72, 0): SAY1 7, 6, STRING$(72, 0): SAY1 8, 6, STRING$(72, 0)
SAY1 5, 6, "CURVA No.": LOCATE 5, 17: PRINT MATCHX
SAY1 5, 6, "POZO": SAY1 6, 17, "WELLS"
SAY1 7, 6, "CAMPO": SAY1 7, 17, "YIELDS"
SAY1 8, 6, "DISTRITO": SAY1 8, 17, "DIST"
COLOR 7, 1: SAY1 4, 2, STRING$(78, 95): SAY1 4, 30, "Analisis de Resultados": COLOR 14, 1
SAY1 9, 6, STRING$(72, 95): SAY1 16, 5, STRING$(72, 95)
FOR I = 5 TO 22: SAY1 1, 5, STRING$(1, 179): SAY1 1, 77, STRING$(1, 179): NEXT I
COLOR 3, 12: SAY1 10, 6, "PARAMETRO": SAY1 13, 21, "VALOR"
SAY1 10, 32, "CONFIABILIDAD": SAY1 16, 49, "N. E. S."
SAY1 10, 60, "CALIDAD DE COMP.": COLOR 7, 1
SAY1 11, 6, STRING$(71, 0): SAY1 11, 6, "RADIO ADIM. F5"
SAY1 12, 6, STRING$(71, 0): SAY1 12, 6, "COEF. ADIM. CD"
SAY1 13, 6, STRING$(71, 0): SAY1 13, 6, "FACTOR DADO S"
SAY1 14, 6, STRING$(71, 0): SAY1 14, 6, "PERMEABILIDAD K"
SAY1 15, 6, STRING$(71, 0): SAY1 15, 6, "POROSIDAD"
SAY1 15, 20, STRING$(1, 237): SAY1 15, 21, " "
LOCATE 11, 23: PRINT USING "#####.##": RADSQ(MATCHX): LOCATE 12, 23: PRINT USING "#####.##": CEG(MATCHX)
LOCATE 13, 23: PRINT USING "#####.##": SYN(MATCHX): LOCATE 14, 23: PRINT USING "#####.##": PRM(MATCHX)
LOCATE 15, 23: PRINT USING "#####.##": POR(MATCHX)
FOR I = 1 TO 5
IF CONF(1, MATCHX) > 100 THEN CONF(1, MATCHX) = 0 ELSE CONF(1, MATCHX) = 100 - CONF(1, MATCHX)
NEXT I
FOR I = 1 TO 5
IF CONF(1, MATCHX) >= 95 THEN CONF(1) = "EXCELENTE"
IF CONF(1, MATCHX) < 95 AND CONF(1, MATCHX) >= 90 THEN CONF(1) = "MUY BUENA"
IF CONF(1, MATCHX) >= 85 AND CONF(1, MATCHX) < 90 THEN CONF(1) = "BUENA"

```



```

IF CONF1(1, MATCHX) >= 90 AND CONF1(1, MATCHX) < 95 THEN CONF1(1) = " NO CONFIABLE"
IF CONF1(1, MATCHX) >= 70 AND CONF1(1, MATCHX) < 80 THEN CONF1(1) = " NO ACEPTABLE"
IF CONF1(1, MATCHX) < 70 THEN CONF1(1) = " PESIMA"
NEXT I
LOCATE 11, 36: PRINT USING "###.## %"; CONF1(1, MATCHX)
LOCATE 12, 36: PRINT USING "###.## %"; CONF1(2, MATCHX)
LOCATE 13, 36: PRINT USING "###.## %"; CONF1(3, MATCHX)
LOCATE 14, 36: PRINT USING "###.## %"; CONF1(5, MATCHX)
LOCATE 15, 36: PRINT USING "###.## %"; CONF1(4, MATCHX)

```

```

LOCATE 11, 49: PRINT USING "#####.##"; ABS(NUMESC(MATCHX))
LOCATE 12, 49: PRINT USING "#####.##"; ABS(NUMESC(MATCHX))
LOCATE 13, 49: PRINT USING "#####.##"; ABS(NUMESC(MATCHX))
LOCATE 14, 49: PRINT USING "#####.##"; ABS(NUMESC(MATCHX))
LOCATE 15, 49: PRINT USING "#####.##"; ABS(NUMESC(MATCHX))

```

```

SAY1 11, 60, CONF1(1); SAY1 12, 60, CONF1(2); SAY1 13, 60, CONF1(3)
SAY1 14, 60, CONF1(5); SAY1 15, 60, CONF1(4); COLOR 14, 5
SAY1 17, 6, STRING$(71, 0); SAY1 17, 30, "O L A B E N D S T I C O"; COLOR 14, 1
SAY1 6, 39, "MODELO SIMULADO ": SAY1 6, 57, "YACIMIENTO HOMOGENEO"
IF (2 + SYN(MATCHX)) > 60 THEN MUN = 1: GOTO 360

```

360 :

```

IF MUN > .5 THEN
    SAY1 7, 39, "Radio finito con efecto de dafo"
    SAY1 8, 39, "y almacenamiento"
ELSE
    SAY1 7, 39, "Con fractura vertical de conductividad"
    SAY1 8, 39, "infinita y efecto de almacenamiento"

```

END IF

```

CONF1 = (CONF1(1, MATCHX) + CONF1(2, MATCHX) + CONF1(3, MATCHX) + CONF1(4, MATCHX) + CONF1(5, MATCHX)) / 5

```

```

SAY1 13, 6, STRING$(71, 0); SAY1 19, 6, STRING$(71, 0); SAY1 20, 6, STRING$(71, 0)

```

```

SAY1 21, 6, STRING$(71, 0); SAY1 22, 6, STRING$(71, 0)

```

```

CONFIDENCIAL = INT(100 - INT(NUMESA(MATCHX) / 100))

```

```

IF PARAMETRO$ = "SYN" OR PARAMETRO$ = "RADIO" OR PARAMETRO$ = "ALMACENAMIENTO" THEN

```

```

    CONF1 = (CONF1 + 5) / 4

```

```

    CONF1 = (LOG(ABS(NUMESAC(MATCHX))) + (LOG(ABS(NUMESCC(MATCHX)))) + (LOG(ABS(NUMESPC(MATCHX))))

```

```

    CONF1 = CONF1 + (LOG(ABS(NUMESCC(MATCHX)))) + (LOG(ABS(NUMESSC(MATCHX))))

```

```

    SAY1 18, 9, "EL ERROR POR PARAMETRO DE ENTRADA ES : "

```

```

    LOCATE 18, 64: PRINT USING "###.#####"; ABS(CONF1)

```

```

    SAY1 16, 75, STRING$(1, 37)

```

END IF

```

IF CONF1 >= 90 THEN

```

```

    SAY1 19, 9, "CONFIABILIDAD DE PARAMETROS COMPARADOS ACEPTABLE"

```

```

    LOCATE 20, 9: PRINT "LA CONFIABILIDAD EN LAS MEDICIONES DE Pwf ES DE %; CONFIDENCIAL"

```

```

    SAY1 20, 62, STRING$(1, 37)

```

END IF

```

IF CONF1 >= 80 AND CONF1 < 90 THEN

```

```

    SAY1 19, 9, "CONFIABILIDAD DE PARAMETROS COMPARADOS POCO ACEPTABLE"

```

```

    LOCATE 20, 9: PRINT "LA CONFIABILIDAD EN LAS MEDICIONES DE Pwf ES DE %; CONFIDENCIAL"

```

```

    SAY1 20, 62, STRING$(1, 37)

```

```

    SAY1 21, 9, "SE RECOMIENDA MEJORAR CALIDAD DE COMPARACION AUMENTANDO EL RANGO"

```

```

    SAY1 22, 9, "DE PUNTOS DATO Y/O UTILIZANDO PARAMETROS DE ENTRADA"

```

END IF

```

IF CONF < 80 THEN
    SAY1 19, 9, "CONFIABILIDAD DE PARAMETROS COMPARADOS NO ACEPTABLE"
    LOCATE 20, 9: PRINT "LA CONFIABILIDAD EN LAS MEDICIONES DE PwF ES DE "; CONFIDENCIAL
    SAY1 20, 46, STRING$(1, 37)
    SAY1 21, 9, "SE RECOMIENDA REALIZAR OTRA COMPARACION"

END IF
IF PARAMETROS = "SKIN" OR PARAMETROS = "ALMACENAMIENTO" OR PARAMETROS = "RADIO" THEN
    LOCATE 22, 9: PRINT "PARAMETRO DE ENTRADA : FACTOR DE "; PARAMETROS
END IF
DO: LOOP WHILE INKEY$ = "": PARAMETROS = "NINGUNO"
IF UCASE$(OPTION$) = "C" THEN GOTO 239
689 : CALL ESQUELETO: COLOR 14, 1: CALL MARCO: CALL MARSEN
    COLOR 14: SAY1 8, 34, "M E N U"
    COLOR 23: SAY1 10, 21, STRING$(1, 15)
    COLOR 15: SAY1 10, 22, "A) MEJORAR CALIDAD DE COMPARACION"
    COLOR 23: SAY1 12, 21, STRING$(1, 15)
    COLOR 15: SAY1 12, 22, "B) ANALIZAR OTRA PRUEBA DE PRESION"
    COLOR 23: SAY1 14, 21, STRING$(1, 15)
    COLOR 15: SAY1 14, 22, "C) REALIZAR OTRA COMPARACION"
    COLOR 23: SAY1 16, 21, STRING$(1, 15)
    COLOR 15: SAY1 16, 22, "D) SALIR DEL SISTEMA"
690 : LOCATE 22, 58: MENU$ = INPUT$(1): COLOR 14, 6
    IF UCASE$(MENU$) = "A" THEN SAY1 10, 22, "A) MEJORAR CALIDAD DE COMPARACION"
    IF UCASE$(MENU$) = "B" THEN SAY1 12, 22, "B) ANALIZAR OTRA PRUEBA DE PRESION"
    IF UCASE$(MENU$) = "C" THEN SAY1 14, 22, "C) REALIZAR OTRA COMPARACION"
    IF UCASE$(MENU$) = "D" THEN SAY1 16, 22, "D) SALIR DEL SISTEMA"
    IF UCASE$(MENU$) <> "A" AND UCASE$(MENU$) <> "B" AND UCASE$(MENU$) <> "C" AND UCASE$(MENU$) <> "D" THEN
        SAY1 22, 58, " ": GOTO 690
    END IF
    IF MATCH% = 12 AND UCASE$(MENU$) = "C" THEN MATCH% = 0
    IF MATCH% = 12 AND UCASE$(MENU$) = "A" THEN MATCH% = 1
    LOCATE 22, 50: PRINT STRING$(23, 22)
    SAY1 23, 50, " CONTINUAR (S/N) ": LOCATE 23, 72: A$ = INPUT$(1)
    IF UCASE$(A$) = "S" THEN GOTO 244 ELSE COLOR 7, 1: SAY1 23, 50, STRING$(23, 01): GOTO 689
244 : COLOR 14, 1
    IF MENU$ = "A" OR MENU$ = "a" THEN
        NUMES(MATCH%) = 0: NUMES(MATCH%) = 0: NUMES(MATCH%) = 0: NUMES(MATCH%) = 0: NUMES(MATCH%) = 0
        IF (IN% + NDAX) >= 91 THEN PRINT " IMPOSIBLE DE TRABAJAR CON MAS DE 50 PUNTOS DATO": GOTO 218
        IF UCASE$(OPTION$) = "A" OR UCASE$(OPTION$) = "C" THEN
            FOR I = NP% TO 2 STEP -1
                DELTIM(I) = DELTIM(I - 1): DELPRS(I) = DELPRS(I - 1): NEXT I
                DELTIM(I) = 0: DELPRS(I) = 0
            END IF
            IF UCASE$(OPTION$) = "A" OR UCASE$(OPTION$) = "C" THEN GOTO 24
            IF UCASE$(OPTION$) = "B" OR UCASE$(OPTION$) = "C" THEN
                CLS : COLOR 14, 1: CALL ESQUELETO: CALL MARCO: CALL MARSEN
                COLOR 14: SAY1 7, 28, "PARAMETROS DE ENTRADA"
                COLOR 23: SAY1 9, 21, STRING$(1, 15)
                COLOR 15: SAY1 9, 22, "A) FACTOR DE DADO "
                SAY1 10, 25, "N.E.S. = ": LOCATE 10, 40: PRINT USING "#####.###"; NUMES(MATCH%)
                COLOR 23: SAY1 12, 21, STRING$(1, 15)
                COLOR 15: SAY1 12, 22, "B) COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO "

```

632 :

```

SAY1 13, 25, "ADIMENSIONAL"
SAY1 14, 25, "N.E.S. = ": LOCATE 14, 40: PRINT USING "#####.###"; NUMESC1(MATCHX)
COLOR 23: SAY1 16, 21, STRING$(1, 15)
COLOR 15: SAY1 16, 22, "C) RADIO ADJ. DEL FACT. DE DADO"
SAY1 17, 25, "N.E.S. = ": LOCATE 17, 40: PRINT USING "#####.###"; NUMESC1(MATCHX)
LOCATE 22, 58: par$ = INPUT$(1)
LOCATE 20, 48: PRINT " "; STRING$(28, "="); " ";
LOCATE 22, 48: PRINT " "; STRING$(28, "="); " ";
SAY1 21, 49, "     ESPERE UN MOMENTO "
IF UCASE$(OPTION%) = "C" THEN OPTION% = "BREAK"
IF UCASE$(par%) = "MENU" THEN PARAMETROS% = "NINGUNO": GOTO 589
IF UCASE$(par%) = "A" THEN PARAMETROS% = "SKIN"
IF UCASE$(par%) = "B" THEN PARAMETROS% = "ALMACENAMIENTO"
IF UCASE$(par%) = "C" THEN PARAMETROS% = "RADIO"
IF UCASE$(par%) <> "A" AND UCASE$(par%) <> "B" AND UCASE$(par%) <> "C" THEN
SAY1 22, 58, STRING$(5, 0): GOTO 632
END IF
MATCHX = MATCHX + 1

```

DETERMINACION DE LA MATRIZ DE SENSIBILIDAD CON PARAMETROS DE ENTRADA

```

CDQ(MATCHX) = CGQ(MATCHX - 1): SYN(MATCHX) = SKN(MATCHX - 1): FOR(MATCHX) = FOR(MATCHX - 1)
RADSO(MATCHX) = RADSO(MATCHX - 1): FRM(MATCHX) = FRM(MATCHX - 1): COLUMN = 2: CMI = 2
ALFA = PAR(MATCHX) * THK / (141.2 * RTEO + EVFO * VISO)
BETA = .002635786346 * FRM(MATCHX) / (FOR(MATCHX) * VISO * CMPT * (RADW * 21)
KS = FRM(MATCHX) / ((SKN(MATCHX) / LOG(RADSO(MATCHX))) + 1)
'DERIVADA CON RESPECTO A ALFA
FOR I = 1 TO NP1: SENSMAT(I, 1) = -1: NEXT I

'DERIVADA CON RESPECTO A BETA
FOR I = 1 TO NP1: VARAU1 = DELTIM(I) * BETA
LTIM(I) = LOG(VARAU1) / LOG(10): FARAU2 = EELPRS(I) * ALFA: LPRS(I) = LOG(FARAU2) / LOG(10)
NEXT I
CALL SPLINE(NPIX, LTIM(I), LPRS(I), P(I), CM(I), D(I))
FOR I = 1 TO NP1: SENSMAT(I, 2) = B(I): NEXT I

'DERIVADA CON RESPECTO A RSD
IF PARAMETROS% = "RADIO" THEN GOTO CQ
COLUMN = COLUMN + 1
FOR I = 1 TO NP1: POT1 = (2 * LPRS(I)) - .26907
RSD(I) = 1000 * SQR(LTIM(I) / EXP(POT1)): NEXT I
CALL SPLINE(NPIX, RSD(I), LPRS(I), P(I), CM(I), D(I))
FOR I = 1 TO NP1: SENSMAT(I, COLUMN) = B(I): NEXT I

CQ:
'DERIVADA CON RESPECTO A CQ
IF PARAMETROS% = "ALMACENAMIENTO" THEN GOTO SY
COLUMN = COLUMN + 1
FOR I = 1 TO NP1: CQ(I) = 10 * (LTIM(I) / LPRS(I)): NEXT I
CALL SPLINE(NPIX, CQ(I), LPRS(I), P(I), CM(I), D(I))
FOR I = 1 TO NP1: SENSMAT(I, COLUMN) = B(I): NEXT I

```

```

SP:      'DERIVATA CON RESPECTO A Z
        IF PARAMETRO = "SKIN" THEN GOTO VFDA
        COLUM = COLUM + 1
        FOR I = 1 TO NP1X: S0(I) = (1/PM(MATCHX)) / XS) - 1) + LOG(RES0(I))

        NEXT I
        CALL SPLINE(NP1X, S0(I), LPP0(I), E0(I), CM(I), CN(I))
        FOR I = 1 TO NP1X: SENS0(I, COLUM) = B0(I): NEXT I

VFDA:    CALL TMAT(NP1X, 4, SENS0(I), CT(I))
        CALL MMAT(4, NP1X, NP1X, 4, CT(I), SENS0(I), CM(I))
        FOR I = 1 TO 4: FOR J = 1 TO 4: CM(I, J) = CM(I, J): NEXT J: NEXT I
        CALL MATINV(CM(I), 4, GW, DET, A2(I)): CALL MMAT(4, 4, 4, NP1X, A2(I), CT(I), CM(I))
        FOR I = 1 TO NP1X: NUMESP(MATCHX) = NUMES0(MATCHX) + ABS(CM(I, 1)): NEXT I
        NUMES0(MATCHX) = NUMES0(MATCHX)
        FOR I = 1 TO NP1X
            NUMES0(MATCHX) = NUMES0(MATCHX) + ABS(CM(I, 2)): NEXT I
            NUMES0(MATCHX) = NUMES0(MATCHX)
            IF PARAMETRO = "RADIO" THEN NUMESR(MATCHX) = 0: NUMESR(MATCHX) = 1: GOTO C01
            CM1 = CM1 + 1
            FOR I = 1 TO NP1X: NUMES0(MATCHX) = NUMES0(MATCHX) + ABS(CM(I, 1)) * 100: NEXT I
            NUMESR(MATCHX) = NUMESR(MATCHX)
            IF PARAMETRO = "PLACENCHIENGO" THEN NUMES0(MATCHX) = 0: NUMES0(MATCHX) = 1: GOTO SKI
            CM1 = CM1 + 1
            FOR I = 1 TO NP1X
                NUMES0(MATCHX) = NUMES0(MATCHX) + ABS(CM(I, 1)): NEXT I
                NUMES0(MATCHX) = NUMES0(MATCHX)
                IF PARAMETRO = "SKIN" THEN NUMES0(MATCHX) = 0: NUMES0(MATCHX) = 1: GOTO VFDA1
                CM1 = CM1 + 1

SKI:      CM1 = CM1 + 1

VFDA1:   FOR I = 1 TO NP1X: NUMES0(MATCHX) = NUMES0(MATCHX) + ABS(CM(I, 1)) * 100: NEXT I
        NUMES0(MATCHX) = NUMES0(MATCHX)
        NUMESP(MATCHX) = NUMES0(MATCHX) * 43.429448198
        NUMESP(MATCHX) = 434.29448198 * ABS((LOG(NUMES0(MATCHX)) / LOG(10)) - (LOG(NUMES0(MATCHX)) / LOG(10)))
        CALL ENTRADA(NP1X, PARAMETRO, SENS0(I), A2(I), A2(I))
        CALL TMAT(NP1X, 4, A2(I), CT(I))
        CALL MMAT(4, NP1X, NP1X, 4, CT(I), A2(I), CM(I))
        CALL MATINV(CM(I), 4, LOG(0.0001), DET, A2(I))
        CALL MMAT(4, 4, 4, NP1X, A2(I), CT(I), CM(I))
        NUMES0(MATCHX) = ABS(CM(I, 1))
        NUMES0(MATCHX) = ABS(CM(I, 2))
        IF PARAMETRO = "SKIN" THEN NUMESR(MATCHX) = CM(I, 1): NUMES0(MATCHX) = CM(I, 1): NUMES0(MATCHX) = 1
        IF PARAMETRO = "PLACENCHIENGO" THEN NUMESR(MATCHX) = CM(I, 1): NUMES0(MATCHX) = CM(I, 1): NUMES0(MATCHX) = 1
        IF PARAMETRO = "RADIO" THEN NUMES0(MATCHX) = CM(I, 1): NUMES0(MATCHX) = CM(I, 1): NUMES0(MATCHX) = 1
        NUMESP(MATCHX) = NUMES0(MATCHX) * 43.429448198
        NUMESP(MATCHX) = 434.29448198 * (ABS(LOG(NUMES0(MATCHX)) / LOG(10)) - (LOG(NUMES0(MATCHX)) / LOG(10)))
        NUMESR(MATCHX) = NUMESR(MATCHX) + NUMES0(MATCHX)
        NUMES0(MATCHX) = NUMES0(MATCHX) + NUMES0(MATCHX)
        NUMESP(MATCHX) = NUMESP(MATCHX) + NUMESP(MATCHX)
        NUMESP(MATCHX) = NUMESP(MATCHX) + NUMESP(MATCHX)

```

```

NUMESP(MATCHA) = NUMESP(MATCHB) + NUMESP(MATCHC)
END IF
END IF
IF UCASE$(MENU) = "A" THEN GOTO NUM
IF UCASE$(MENU) = "B" THEN GOTO 766
IF UCASE$(MENU) = "C" THEN PARAMETROS = "NINGUNO": GOTO 11
IF UCASE$(MENU) = "D" THEN GOTO 444

```

444 : CLS : COLOR 14, 1: SAY 16, 22, "SCAPP : Sistema de Comparacion Automatica para pruebas de presion"
END

SUB AYUDAS STATIC

'EN ESTA SUBROUTINA SE ENVIATAN LAS LIMITACIONES DEL SISTEMA SCAPP Y SU USO DE UNA MANERA GENERAL

```

SCREEN 9: PAINT (20, 20), 9, 15: COLOR , 11: CLS : COLOR 14, 11: CALL MARCO
COLOR 15, 11: SAY 3, 9, "SCAPP : Sistema de Comparacion Automatica para pruebas de presion"
COLOR 14, 11: SAY 5, 30, "Ayudas del Programa": R = 7: COLOR 15, 11
SAY 1, 6, "Este Sistema es util solamente para yacimientos homogeneos que consideran": R = P + 1
SAY 1, 6, "Efecto de almacenamiento y dafo. Y los rangos de trabajo son ": R = P + 1: SAY 1, 6, " ": R = P + 1
SAY 1, 16, "GASTO DE ACEITE (PPD) 1 / Qo <= 200000": R = P + 1
SAY 1, 16, "FACTOR DE VOL. ACEITE 1 / Bo <= 2": R = P + 1
LOCATE 1, 16: PRINT "VISCOSIDAD DEL ACEITE (CP) 0.1 / *; STRING$(1, 230); " <= 5": R = P + 1
SAY 1, 16, "COMPRES. DEL SISTEMA (PSI-1) 1E-8/ CL <= 1E-4": R = P + 1
SAY 1, 16, "ESPESOR DE LA FORMACION(PIES) 1 / K <= 1500": R = P + 1
SAY 1, 16, "RADIO DEL POZO (PIES) 1/12/ tw <= 3/12": R = P + 1
SAY 1, 16, "COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO 1 / CD <= 1E7": R = P + 1
SAY 1, 16, "RADIO ADIMENSIONAL DE DADO 1 / RSD <= 1E4": R = P + 1
SAY 1, 16, "FACTOR DE TAD -7 / S <= 100; S/D": R = P + 1
SAY 1, 16, "PERMEABILIDAD DE LA FORM.(MD) .01/ K <= 3000": R = P + 1
LOCATE 1, 16: PRINT "POROSIDAD DE LA FORMATION(fracc) .001 / *; STRING$(1, 237); " <= .3": R = P + 1
SAY 1, 16, " ": R = P + 1
SAY 1, 16, "NOTA: PARA CANCELAR CUALQUIER MENU LEIDO OPRIMA LA TECLA C": R = P + 1
SAY 1, 16, " ": R = P + 1: XIX = INPUT$(1): IF UCASE$(XIX) = "C" THEN GOTO FANT
CLS : COLOR 14, 11: CALL MARCO: COLOR 15, 11: R = 3
SAY 1, 6, "LOS PUNTOS-DATE DE LA FRUERA DE PRESSION SON MANEJABLES ENTRE UN RANGO DE": R = P + 1
SAY 1, 16, " < NUM. PUNTOS < 90": R = P + 1: SAY 1, 16, " ": R = P + 1
SAY 1, 6, "El uso de este sistema es muy sencillo; puesto que los diagnosticos ": R = P + 1
SAY 1, 6, "arrojados recomiendan automaticamente los pasos a seguir.": R = P + 1: SAY 1, 16, " ": R = P + 1
SAY 1, 6, "Los resultados son presentados de la siguiente manera": R = P + 1: SAY 1, 16, " ": R = P + 1
SAY 1, 6, "El primer analisis indica el error de sensibilidad de los parametros": R = P + 1
SAY 1, 6, "comparados y la suma total (NEST); ste ultimo dato es el indicativo": R = P + 1
SAY 1, 6, "del mejor ajuste de curvas tipo cuando se tienen n-curvas comparadas": R = P + 1
SAY 1, 6, "porque numeros grandes indican malas comparaciones": R = P + 1
SAY 1, 6, "El segundo analisis muestra el diagnostico de la ultima curva tipo": R = P + 1
SAY 1, 6, "comparada y los numeros de error de sensibilidad de los parametros": R = P + 1
SAY 1, 6, "comparados e investigados, los cuales son directamente proporcionales": R = P + 1
SAY 1, 6, "al error de comparacion": R = P + 1: SAY 1, 16, " ": R = P + 1
SAY 1, 6, "Las recomendaciones arrojadas en ste diagnostico estan en funcion del": R = P + 1
SAY 1, 6, "valor de los numeros de error de sensibilidad.": R = P + 1: SAY 1, 16, " ": R = P + 1
SAY 1, 6, " ": R = P + 1: XIX = INPUT$(1): IF UCASE$(XIX) = "C" THEN GOTO FANT
CLS : COLOR 14, 11: CALL MARCO: R = 3: COLOR 15, 11

```

```

SAVE R, 6, "La calidad de comparacion puede mejorarse con las siguientes opciones: " : P = R + 1: SAVE R, 16, " " : R = R + 1
SAVE R, 6, " * Utilizando parámetros de entrada. " : R = R + 1
SAVE R, 6, " Esta opción se recomienda cuando: " : R = R + 1
SAVE R, 6, "alguno de los parámetros de comparación o de investigación se conocen: " : R = R + 1
SAVE R, 6, "con técnicas externas a este sistema. Esta opción disminuye notablemente: " : R = R + 1
SAVE R, 6, "número de errores de comparación y es muy útil cuando se tienen muchos: " : R = R + 1
SAVE R, 6, "de error de sensibilidad altos: " : P = R + 1: SAVE R, 16, " " : R = R + 1
SAVE R, 6, " * Aumentando el rango de puntos-dato de la prueba de presión: " : R = R + 1: SAVE R, 16, " " : R = R + 1
SAVE R, 6, "Esta opción aumenta la calidad de comparación al definir con: " : R = R + 1
SAVE R, 6, "mayor precisión el ajuste con curvas tipo. Sin embargo, el error: " : R = R + 1
SAVE R, 6, "es muy pequeño con respecto a la opción anterior: " : R = R + 1: SAVE R, 16, " " : R = R + 1
SAVE R, 6, "Se recomienda utilizar la mayor cantidad de puntos: " : R = R + 1
SAVE R, 16, " " : R = R + 1: SAVE R, 6, " * Ambas opciones: " : R = R + 1
SAVE R, 6, " " : R = R + 1: IF = INPUT(1)
PRINT: SCREEN 0
END SUB

SUB CALIDAD (M, P, N, O, N, S) STATIC
*
ESTA SUBROUTINA PRESENTA UN MENU PARA QUE EL USUARIO MEJORE LA CALIDAD DE COMPARACION
655 : CALL ECULETO: CALL MARGEN: CALL MARCO
COLOR 14, 1: LOCATE 1, 1: COLOR 14: SAY 8, 24, "MEJORAR CALIDAD DE COMPARACION"
COLOR 23: SAY 10, 21, STRING$(1, 15): COLOR 15: SAY 13, 22, "A) AUMENTAR EL RANGO DE PUNTOS-DATO"
COLOR 23: SAY 12, 21, STRING$(1, 15): COLOR 15: SAY 12, 22, "B) UTILIZAR PARAMETROS DE ENTRADA"
COLOR 23: SAY 14, 21, STRING$(1, 15): COLOR 15: SAY 14, 22, "C) AMBAS OPCIONES (opciones A y B)"
COLOR 23: SAY 16, 21, STRING$(1, 15): COLOR 15: SAY 16, 22, "D) SALIR DEL SISTEMA"
246 : LOCATE 22, 58: OPTIONS = INPUT$(1): COLOR 14, 6
IF UCASE$(OPTIONS) = "C" OR UCASE$(OPTIONS) = "D" THEN PARAMETROS = "NINGUNO"
IF UCASE$(OPTIONS) = "A" THEN SAY 10, 22, "A) AUMENTAR EL RANGO DE PUNTOS-DATO"
IF UCASE$(OPTIONS) = "B" THEN SAY 12, 22, "B) UTILIZAR PARAMETROS DE ENTRADA"
IF UCASE$(OPTIONS) = "C" THEN SAY 14, 22, "C) AMBAS OPCIONES (opciones A y B)"
IF UCASE$(OPTIONS) = "D" THEN SAY 16, 22, "D) SALIR DEL SISTEMA"
IF UCASE$(OPTIONS) < "A" AND UCASE$(OPTIONS) < "B" AND UCASE$(OPTIONS) < "C" AND UCASE$(OPTIONS) < "D" THEN
SAY 22, 58, " " : GOTO 246
END IF
SAY 22, 50, STRING$(23, 22)
SAY 23, 50, " CONTINUAR (S/N) " : LOCATE 23, 72: AN = INPUT$(1)
IF UCASE$(AN) = "S" THEN COLOR 14, 1: GOTO 247 ELSE COLOR 7, 1: SAY 23, 50, STRING$(23, 0): LOCATE 22, 50: PRINT
STRING$(23, 0): GOTO 655
247 : IF UCASE$(OPTIONS) = "A" OR UCASE$(OPTIONS) = "C" THEN
CLS : CALL ECULETO: CALL MARCO: LOCATE 13, 20: INPUT "CUANTOS DATOS ADICIONALES " : N248
END IF
249 : END SUB

SUB CAMBIO (M, N, N, S) STATIC
*
ESTA SUBROUTINA REALIZA LOS CAMBIOS DE LOS DATOS MAL ALIMENTADOS
COLOR 14, 1
248 : "CAMBIAR DE OPCION : "
FOR Z = 1 TO 10 : 248 = 248 + (4 * (Z - 1) + 1) : NEXT Z

```

```

115 = 115 + "CONT"
22 : SAY1 22, 10, 115: "PRINT STRING$17, 32)
LOCATE 22, 75: INPUT " ", Y15: SAY1 22, 74, " "
NN1 = 0
IF Y15 = "CONT" OR Y15 = "cont" THEN NN1 = n + 1 + MM: GOTO 23
FOR Z = 1 TO n
IF Y15 = CHR$(64 + Z) OR Y15 = CHR$(96 + Z) THEN NN1 = Z + MM
NEXT Z
IF NN1 = 0 THEN
SAY1 20, 10, "ERROR AL TECLLEAR LA OPCIÓN, INTENTE DE NUEVO"
W1 = INPUT$(1): SAY1 20, 10, STRING$(50, 0): GOTO 22
END IF
23 : END SUB

SUB DESCRIB STATIC
EX ESTA SUBROUTINA SE DESCRIBE EL PROCEDIMIENTO PARA USAR EL SISTEMA SCAPP

SCREEN 9: PRINT (20, 20), 9, 15: COLOR , 11: CLS : COLOR 14, 11: CALL MARCO
LOCATE 3, 9: COLOR 15, 11: PRINT "SCAPP : Sistema de Comparación Automática para pruebas de presión"
LOCATE 5, 26: COLOR 14, 11: PRINT "Descripción General del Programa"
R = 7: COLOR 15, 11
SAY1 R, 6, "El objetivo de este sistema, es analizar la comparación de las diversas": R = R + 1
SAY1 R, 6, "pruebas de presión: incremento, decreciente, inactividad, fall-off,": R = R + 1
SAY1 R, 6, "interferencia, etc., con curvas tipo publicadas; con el fin de optimizar": R = R + 1
SAY1 R, 6, "el trabajo, en la determinación de características físicas de yacimiento": R = R + 1
SAY1 R, 6, "los homogeneos; las cuales son indispensables para lograr, un optimum": R = R + 1
SAY1 R, 6, "régimen de explotación.": R = R + 1: SAY1 6, 16, " ": R = R + 1
SAY1 R, 6, "El procedimiento utilizado, está basado en la teoría de un análisis de": R = R + 1
SAY1 R, 6, "sensibilidad y cualquier solución a la ecuación de difusión (efecto de)": R = R + 1
SAY1 R, 6, "darcy, coeficiente de almacenamiento, radio adimensional de Darcy sin": R = R + 1
SAY1 R, 6, "embargo, es necesario conocer algunas características del yacimiento": R = R + 1
SAY1 R, 6, "y de los fluidos de formación, como son: porosidad, permeabilidad": R = R + 1
SAY1 R, 6, "efectiva del aceite, espesor de la formación, factor de volumen": R = R + 1
SAY1 R, 6, "y viscosidad del aceite, compresibilidad total del sistema, gasto de": R = R + 1
SAY1 R, 6, "aceite (c.u.s., radio del pozo, etc...) para a llenar a cada una corrida": R = R + 1
SAY1 R, 6, "en este programa.": R = R + 1: 115 = INPUT$(1): IF UCASE$(115) = "C" THEN GOTO FIN
CLS : COLOR 14, 11: CALL MARCO: R = 3: COLOR 15, 11
SAY1 R, 6, "De la veracidad de estos datos alimentados, dependerá en gran medida": R = R + 1
SAY1 R, 6, "que la aplicación, sea confiable.": R = R + 1
SAY1 R, 6, " ": R = R + 1
SAY1 R, 6, "La curva tipo óptima, que más se ajusta a los datos de la prueba de": R = R + 1
SAY1 R, 6, "presión analizada, será obtenida después de llevar a cabo, un proceso": R = R + 1
SAY1 R, 6, "iterativo; mediante el cual, el usuario la determinará, con base a los": R = R + 1
SAY1 R, 6, "diagnósticos arrojados.": R = R + 1
SAY1 R, 6, "El análisis contempla el uso de parámetros de entrada, los cuales son": R = R + 1
SAY1 R, 6, "hacen el error de comparación, al igual que el acento de los puntos": R = R + 1
SAY1 R, 6, "de la prueba de presión. Estas alternativas pueden ser obtenidas": R = R + 1
SAY1 R, 6, "a partir de técnicas externas a este sistema; y se recomiendan.": R = R + 1
SAY1 R, 6, "cuando la confiabilidad de la comparación sea mínima.": R = R + 1
SAY1 R, 6, "Los resultados arrojados con este programa, son suficientes para": R = R + 1
SAY1 R, 6, "decidir, que curva tipo es la que más se ajusta con los datos de la": R = R + 1

```

```

SAY1 R, 6, "prueba de presión, sta información contepla": R = R + 1
SAY1 R, 6, "": R = R + 1
SAY1 R, 6, "1) Error de comparación, confiabilidad, números de error de sensibilidad": R = R + 1
SAY1 R, 6, "calidad de comparación para cada parámetro de la ecuación de": R = R + 1
SAY1 R, 6, "difusión y parámetros investigados (necesidad < necesabilidad)": R = R + 1
SAY1 R, 6, "2) Confiabilidad de los datos de la prueba de presión": R = R + 1
SAY1 R, 6, "3) Calidad de la comparación y recomendaciones": R = R + 1
IT% = INPUT$(1): IF UCASE$(IT%) = "C" THEN GOTO FIN
CLS : COLOR 14, 1: CALL MARCO: COLOR 15, 1: R = 3
SAY1 R, 6, "Otra de las ventajas de este sistema es que el usuario podrá determinar": R = R + 1
SAY1 R, 6, "la familia de curvas tipo mas confiables, de la misma manera descrita": R = R + 1
SAY1 R, 6, "anteriormente ": R = R + 1: SAY1 R, 16, " ": P = R + 1: SAY1 R, 16, " ": P = R + 1
SAY1 R, 6, "El usuario deberá dirigirse a la opción de ayudas, para una mejor": R = R + 1
SAY1 R, 6, "comprensión del procedimiento recomendado por el autor, para obtener": R = R + 1
SAY1 R, 6, "una buena calidad de comparación": R = R + 1: SAY1 R, 16, " ": R = R + 1
SAY1 R, 6, "NOTA: Para cancelar cualquier pantalla oprima la tecla C": R = R + 1
SAY1 R, 6, "SI DESEA SALIR DEL SISTEMA REPRESE AL MENU PRINCIPAL Y TECLÉE: S"
DO: LOOP WHILE INKEY% = "C": COLOR , 1: CLS
FIN: SCREEN 0
END SUB

```

```

SUB ENTRADA (NPIX, PARAMETRO, SENSAT(1), AP(1), AQ(1)) STATIC

```

```

* EN ESTA SUBROUTINA SE ACOMODAN LAS DERIVADAS DEL JACOBIANO CUANDO SE TIENE
* ALGUN PARAMETRO DE ENTRADA.
P = 0: q = 0
IF PARAMETRO = "ALFA" THEN GOSUB 333 ELSE GOSUB 334
IF PARAMETRO = "BETA" THEN GOSUB 333 ELSE GOSUB 334
IF PARAMETRO = "RACIO" THEN GOSUB 333 ELSE GOSUB 334
IF PARAMETRO = "ALMACENAMIENTO" THEN GOSUB 333 ELSE GOSUB 334
IF PARAMETRO = "SKIN" THEN GOSUB 333 ELSE GOSUB 334
SOTO 335
333 : q = q + 1: FOR I = 1 TO NPIX: AQ(I, q) = SENSAT(1, q): NEXT I: RETURN
334 : P = P + 1: FOR I = 1 TO NPIX: AP(I, P) = SENSAT(1, P): NEXT I: RETURN
335 : END SUB

```

```

SUB ESPACIO (L1) STATIC

```

```

SAY1 L1, 39, STRING$(7, 0): SAY1 L1, 44, STRING$(7, 0): SAY1 L1, 56, STRING$(7, 0)
END SUB

```

```

SUB ESQUELETO STATIC

```

```

COLOR 7, 1: FOR J = 1 TO 23: SAY1 J, 1, STRING$(60, 0): NEXT
SAY1 J, 1, STRING$(60, 173): SAY1 23, 1, STRING$(60, 173): SAY1 2, 1, STRING$(60, 95)
SAY1 3, 1, STRING$(60, 95): COLOR 14, 1: SAY1 2, 64, "I S C A P P)"
SAY1 3, 19, "SISTEMA DE COMPARACION AUTOMATICA"

```

```

END SUB

```

```

SUB MARCO STATIC

```

```

* SUBROUTINA UTIL PARA ENMARCAR LECTURA DE DATOS

```



```

LOCATE 1, 1: PRINT "E"; STRING$(70, " "); " "
FOR X = 2 TO 23: PRINT "I"; : LOCATE , 80: PRINT "J"; : NEXT
PRINT "E"; STRING$(70, " "); " ";
END SUB

```

SUB MARGEN STATIC

ESTA SUBROUTINA ELABORA EL ESQUELETO DE LOS DIAGRAMAS

```

COLOR 14, 1: LOCATE 6, 19: FOR J = 1 TO 13: FOR I = 1 TO 3: COLOR 7
IF I = 3 THEN COLOR 23
PRINT STRING$(1, 175 + I);
NEXT I, J: COLOR 7: PRINT STRING$(1, 176): J = 2: FOR I = 6 TO 17: COLOR 7
IF J = 2 THEN COLOR 23
SAVE I, 19, STRING$(1, 175 + J): SAVE I, 56, STRING$(1, 175 + J): J = J + 1: IF J = 4 THEN J = 1
NEXT I
LOCATE 16, 19:
FOR J = 1 TO 13
FOR I = 1 TO 3: COLOR 7
IF I = 3 THEN COLOR 23
PRINT STRING$(1, 175 + I);
NEXT I, J: COLOR 7: PRINT STRING$(1, 176)
PRINT
END SUB

```

SUB MATIN' (A1(), n, EPS, DET, A2()) STATIC

SUBROUTINA QUE OBTIENE LA MATRIZ INVERSA

```

FOR I = 1 TO n: MVR(I) = 0: MVC(I) = 0: NEXT I
FOR I = 1 TO n: FOR J = 1 TO n: IF I = J THEN GOTO 200
C1(I, J) = 0: GOTO 300
200 : C1(I, J) = 1
300 : NEXT J
NEXT I
FOR K = 1 TO n: RAMAX = 0: LR = 0
FOR I = 1 TO n
IF MVR(I) = 1 THEN GOTO 600
FOR J = 1 TO n
IF MVC(J) = J THEN GOTO 500
IF ABS(RAMAX) > ABS(A1(I, J)) THEN GOTO 500
RAMAX = A1(I, J): LR = I: LC = J
500 : NEXT J
600 : NEXT I
DET = ABS(RAMAX)
IF DET <= EPS THEN GOTO 1400
IF LR = LC THEN GOTO 800
FOR I = 1 TO n
TEMP = A1(LR, I): A1(LR, I) = A1(LC, I): A1(LC, I) = TEMP: TEMP = C1(LR, I)
C1(LR, I) = C1(LC, I): C1(LC, I) = TEMP: NEXT I
800 : FOR I = 1 TO n

```

```

      A1(LC, J) = A1(LC, J) / PAMAT: C1(LC, J) = C1(LC, J) / PAMAT:
990 : NEXT I
      FOR I = 1 TO n
      IF I = LC THEN GOTO 110
      TEMP = A1(I, LC)
      FOR J = 1 TO n
      A1(I, J) = A1(I, J) - TEMP * A1(LC, J): C1(I, J) = C1(I, J) - TEMP * C1(LC, J): NEXT J
110 : NEXT I
      MVR(LC) = LC: MVO(LC) = LC: NEXT K
      FOR I = 1 TO n
      FOR J = 1 TO n
1300 : A2(I, J) = C1(I, J)
      NEXT J: NEXT I
1400 : END SUB

```

```

SUB MMAT (M, nX, KX, LX, AA(), BB(), CM()) STATIC

```

* MULTIPLICACION DE MATRICES.

```

FOR I = 1 TO M: FOR LI = 1 TO LX: CM(I, LI) = 0
FOR J = 1 TO nX: CM(I, LI) = CM(I, LI) + (AA(I, J) * BB(J, LI))
NEXT J: NEXT LI: NEXT I
END SUB

```

```

SUB SAV1 (XX, YY, TEX) STATIC
LOCATE XX, YY
PRINT TEX
END SUB

```

```

SUB SAV2 (XX, YY, DIG) STATIC
LOCATE XX, YY
PRINT DIG
END SUB

```

```

SUB SPLINE (nX, X(), Y(), B(), CM(), D()) STATIC

```

* SUBROUTINA UTILIZADA PARA OBTENER LAS DERIVADAS DE LOS PARAMETROS DE COMPACTACION Y DE INVESTIGACION, CON RESPECTO A LA PRESION.

```

NnIX = nX - 1
IF nX < 2 THEN EXIT SUB
IF nX < 3 THEN
  B0(1) = (Y0(2) - Y0(1)) / (X0(2) - X0(1))
  C0(1) = 00
  D0(1) = 00
  EXIT SUB
END IF
D0(1) = X0(2) - X0(1)
C0(2) = (Y0(2) - Y0(1)) / D0(1)
FOR IX = 2 TO NnIX
  D0(IX) = X0(IX + 1) - X0(IX)
  B0(IX) = 20 * (D0(IX - 1) + D0(IX))

```

```

      C4(IK + 1) = (Y4(IK + 1) - Y4(IK)) / D4(IK)
      C4(IK) = C4(IK + 1) - C4(IK)
NEXT IK
B4(I) = -D4(I)
B4(nK) = D4(nK - 1)
C4(I) = 0
C4(nK) = 0
IF nK = 3 THEN GOTO Interp15

C4(I) = C4(I) / (X4(4) - X4(2)) - C4(2) / (X4(3) - X4(1))
C4(nK) = C4(nK - 1) / (X4(nK) - X4(nK - 2)) - C4(nK - 2) / (X4(nK - 1) - X4(nK - 3))
C4(I) = C4(I) + C4(I) ^ 2 / (X4(4) - X4(1))
C4(nK) = -C4(nK) + D4(nK - 1) ^ 2 / (X4(nK) - X4(nK - 3))

```

Interp15:

```

FOR IX = 2 TO nX
  L4 = D4(IX - 1) / B4(IX - 1)
  B4(IX) = B4(IX) - L4 + D4(IX - 1)
  C4(IX) = C4(IX) - L4 + C4(IX - 1)
NEXT IX

C4(nX) = C4(nX) / B4(nX)

FOR I6X = 1 TO NaIX
  IX = nX - I6X
  C4(IX) = (C4(IX) - B4(IX) + C4(IX + 1)) / B4(IX)
NEXT I6X

B4(nX) = (Y4(nX) - Y4(NaIX)) / D4(NaIX) + D4(NaIX) * (C4(NaIX) + 2B4 + C4(nX))

FOR IX = 1 TO NaIX
  B4(IX) = (Y4(IX) + 1) - Y4(IX) / D4(IX) - D4(IX) + (C4(IX + 1) + 2B4 + C4(IX))
  D4(IX) = (C4(IX + 1) - C4(IX)) / D4(IX)
  C4(IX) = 3B4 + C4(IX)
NEXT IX

C4(nX) = 3B4 + C4(nX)
B4(nX) = D4(nX - 1)

```

END SUB

SUB THAT (IX, J, SENSMAT(), CT()) STATIC

SUBROUTINE QUE OBTIENE LA TRANSPUESTA DE UNA MATRIZ DE CUALQUIER ORDEN

FOR K = 1 TO J: FOR L = 1 TO IX: CT(I, L) = SENSMAT(L, K): NEXT L: NEXT K

END SUB

CAPITULO V

APLICACIONES

Con objeto de mostrar la capacidad del sistema SCAPP; se ilustran dos ejemplos; el primero, corresponde a una prueba de decremento de presión publicada; y el segundo a una prueba de incremento de presión registrada en el pozo JUJO No.36A, en el Distrito de Villahermosa; ambos pozos se comportan como yacimientos homogéneos.

EJEMPLO 1: DATOS PUBLICADOS POR NUBUO MORITA Y K.E.GRAY.¹

En éste caso, se utilizaron curvas tipo publicadas por Ramey³ para realizar los ajustes; además, éste ejemplo sirvió como base para comprobar que los resultados arrojados por el sistema elaborado fueron similares a los publicados por Nubuo Morita y K.E.Gray¹, y estudiar a detalle el comportamiento de los números de error de sensibilidad (N.E.S.).

DATOS:

PRUEBA DE DECREMENTO DE PRESION

	TIEMPO (HRS.)	PRESION (PSI)
$h = 35$ pies.		
$\mu_o = 0.2$ c.p.	0.853	1358
Q_o a c.s. = 179 barriles/día	1.516	1281
$B_o = 1.2$	2.696	1180
$C_t = 8.2E-6$ (lbs/pg ²) ⁻¹	4.795	1103
$r_w = 0.276$ pies	8.528	1049
$P_i = 1500$ lbs/pg ²	15.16	1028
	26.96	1019
	47.95	1013
	85.28	1008

En la tabla 1, se muestran los resultados del ajuste visual de 21 curvas a los datos de prueba; de las cuales, una de ellas debe arrojar los N.E.S. más pequeños; siendo esta, la del mejor ajuste.

Utilizando el sistema SCAPP, se obtuvieron los N.E.S. para cada curva comparada, los cuales son presentados y graficados para analizar su comportamiento (tabla 2 y figuras 1 a la 6).

Los números de error de sensibilidad del parámetro R_{so} de cada curva, gráficamente muestran que las curvas 6, 13 y 20 presentan un mejor ajuste; los del parámetro C_p , las curvas 4, 7, 11, 14, 18 y 21; los del parámetro S , la curva 19 y los de la permeabilidad y porosidad ambos, las curvas 6, 13 y 20.

Como puede observarse, el usuario no puede recurrir a analizar sólo un parámetro de comparación para determinar el mejor ajuste, puesto que el comportamiento de los N.E.S. es diferente para cada parámetro.

Con base al diagnóstico 1 del sistema SCAPP (tabla 2a) se concluye que la curva de mejor ajuste es la No.13, cuyos valores son:

$$\begin{aligned}C_p &= 100,000 & \phi &= 18.4457 \% \\R_{so} &= 10 & k &= 19.3987 \text{ md.} \\S &= 20\end{aligned}$$

y las características que presenta ésta curva se muestran en la tabla 2b. (Diagnóstico No.2 del sistema SCAPP).

Este ajuste fue comprobado al utilizar la técnica MDH con el sistema SAPP (Fig.6a), lo que verifica su confiabilidad y eficiencia.

CURVAS AJUSTADAS A LOS DATOS DE PRUEBA

SCAPP

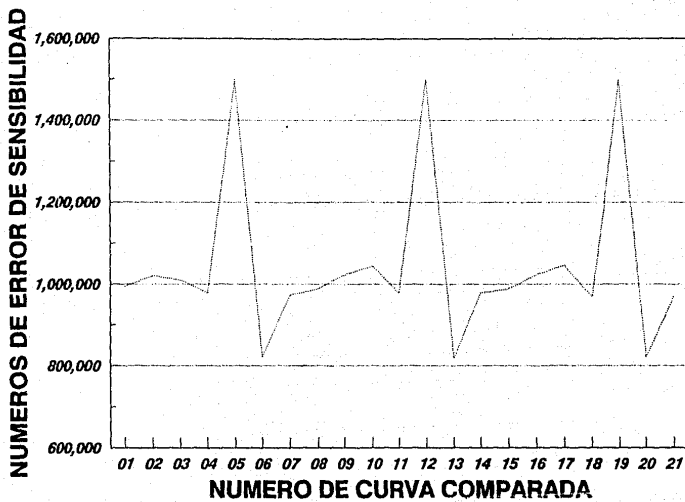
TABLA No.1

	S	CD	RSD	POROSIDAD (%)	PERMEAB. (md)
01	20	100	5	19.9213	9.35889
02	20	1,000	5	21.3970	10.05210
03	20	10,000	5	22.1348	10.39870
04	10	10,000	5	14.7565	6.93250
05	5	10,000	5	17.0793	4.33280
06	20	100,000	5	18.4457	10.39870
07	10	100,000	5	14.7565	6.93250
08	20	100	10	19.9213	9.35889
09	20	1,000	10	21.3970	10.05210
10	20	10,000	10	22.1348	10.39870
11	10	10,000	10	14.7565	6.93250
12	5	10,000	10	17.0793	4.33280
13	20	100,000	10	18.4457	10.39870
14	10	100,000	10	14.7565	6.93250
15	20	100	20	19.9213	9.35889
16	20	1,000	20	21.3970	10.05210
17	20	10,000	20	22.1348	10.39870
18	10	10,000	20	14.7565	6.93250
19	5	10,000	20	17.0793	4.33280
20	20	100,000	20	18.4457	10.39870
21	10	100,000	20	14.7565	6.93250

NUMEROS DE ERROR DE SENSIBILIDAD

TABLA No.2/SCAPP

CURVA	RSD	CD	S	PERMEABILIDAD	POROSIDAD	N.E.S.T.
01	995,206	490.06	13,585.18	59.85	267.81	1,009,609
02	1,020,755	650.97	14,366.85	59.75	267.42	1,036,100
03	1,010,121	708.71	14,408.48	59.48	265.13	1,025,562
04	978,507	379.11	5,863.83	59.84	256.74	985,067
05	1,499,351	1,210.39	3,773.88	61.04	299.87	1,504,696
06	821,472	649.67	11,658.77	58.13	242.22	834,080
07	974,146	375.84	5,840.77	59.81	256.24	980,678
08	988,041	488.16	9,427.30	59.82	266.86	998,283
09	1,022,781	651.70	10,061.97	59.76	267.68	1,033,822
10	1,044,199	718.61	10,422.92	59.77	268.71	1,055,669
11	978,387	376.41	4,100.30	59.84	256.78	983,181
12	1,499,329	1,210.38	2,637.78	61.04	299.87	1,503,538
13	818,840	648.45	8,123.09	58.12	241.81	827,912
14	978,387	376.41	4,100.30	59.84	256.78	983,181
15	988,053	488.16	7,246.15	59.82	266.86	996,114
16	1,022,769	651.70	7,733.71	59.76	267.68	1,031,482
17	1,046,917	719.71	8,032.04	59.78	269.06	1,055,997
18	969,958	375.28	3,124.41	59.78	255.70	973,772
19	1,496,408	1,209.85	2,023.53	61.02	299.65	1,500,002
20	821,457	648.66	6,263.51	58.13	242.22	828,671
21	969,957	375.28	3,124.41	59.78	255.70	973,772

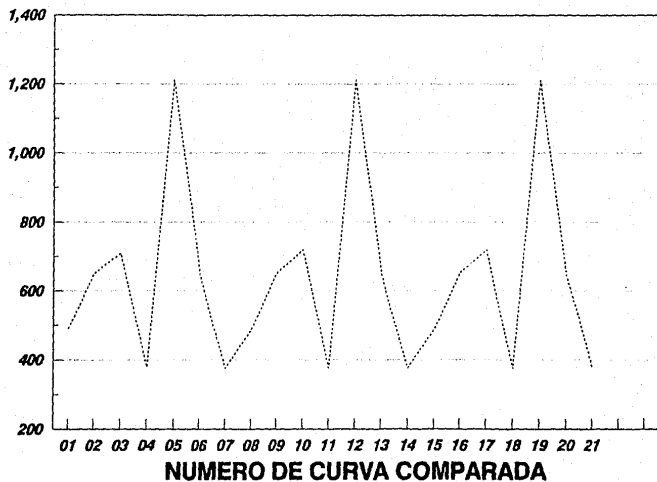


RSD

FIGURA No. 1/SCAPP

SC

NUMEROS DE ERROR DE SENSIBILIDAD



CD

FIGURA No.2/SCAPP

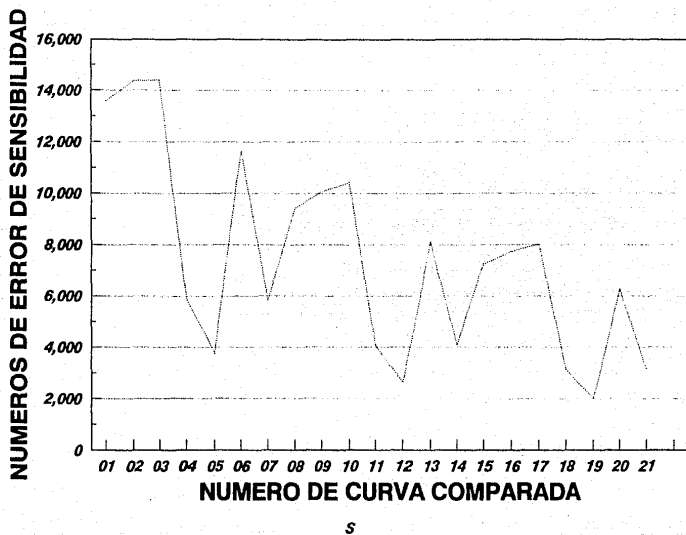


FIGURA No.3/SCAPP

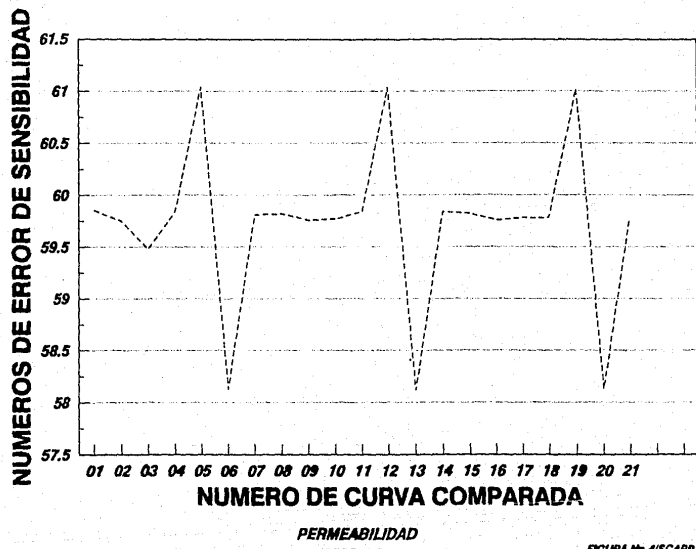


FIGURA No. 4/SCAPP

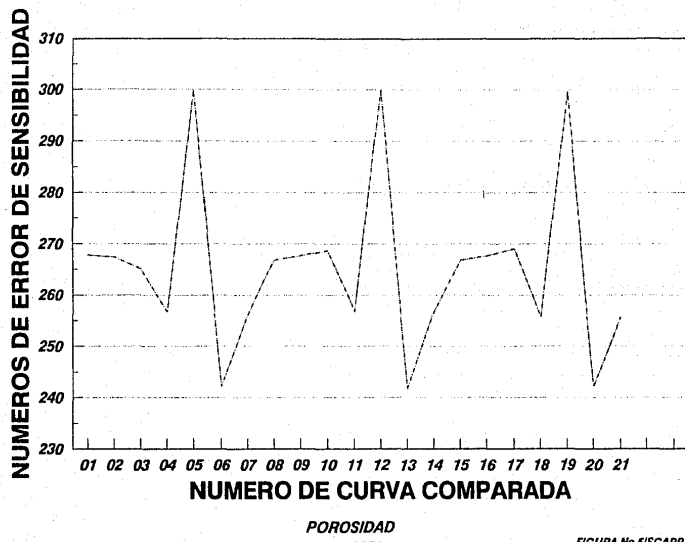
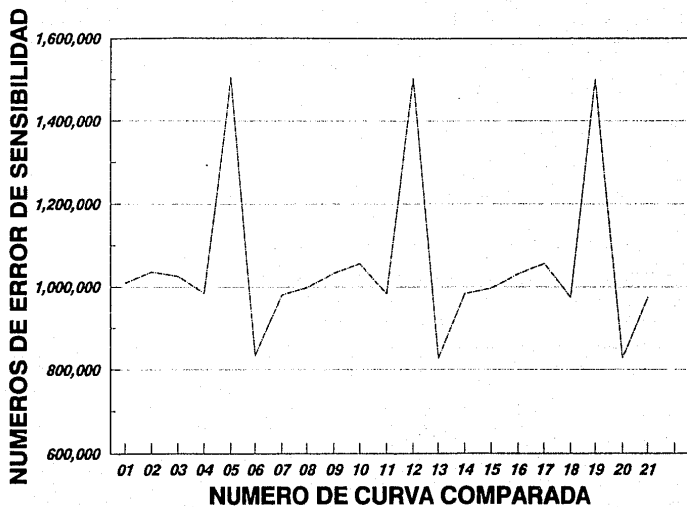


FIGURA No.5/SCAPP



NUM.ERROR SENS.TOTAL

FIGURA No.8/SCAPP

SCAPP: Sistema de Computación Automática para Pruebas de Presión											
Análisis de Resultados											
CURVA	RSD		CD		S		S		K		
No. NEST	VALOR	ERROR	VALOR	ERROR	VALOR	ERROR	VALOR	ERROR	VALOR	ERROR	
ICS		%		%		%		%		%	
1 10.14	5	13.8	100	6.19	20	9.521	.199	3.684	9.958	0.599	
2 10.36	5	13.3	1000	6.47	20	9.572	.21397	3.674	10.0521	0.597	
3 10.53	5	13.8	10000	6.57	20	9.607	.221348	3.676	10.3987	0.597	
4 9.83	5	13.7	10000	5.92	10	8.672	.19765	2.562	6.9325	0.598	
5 15.04	5	14.2	10000	7.09	5	10.235	.170793	2.998	4.3328	0.610	
6 8.34	5	13.6	100000	6.47	20	9.363	.184457	2.422	10.3987	0.581	
7 9.80	5	13.7	100000	5.92	10	8.672	.147565	2.562	6.9325	0.598	
8 9.95	10	13.8	100	6.18	20	9.149	.199213	2.665	9.35889	0.598	
9 10.33	10	13.8	1000	6.47	20	9.216	.21397	2.676	10.0521	0.598	

SCAPP: Sistema de Computación Automática para Pruebas de Presión											
Análisis de Resultados											
CURVA	RSD		CD		S		S		K		
No. NEST	VALOR	ERROR	VALOR	ERROR	VALOR	ERROR	VALOR	ERROR	VALOR	ERROR	
ICS		%		%		%		%		%	
1 10.55	10	13.3	10000	6.57	20	9.251	.221348	3.627	10.3987	0.598	
2 9.83	10	13.7	10000	5.93	10	8.318	.147565	2.567	6.9325	0.598	
3 15.03	10	14.2	10000	7.09	5	7.877	.170793	2.998	4.3328	0.610	
4 8.27	10	13.6	100000	6.47	20	9.068	.184457	2.418	10.3987	0.581	
5 9.83	10	13.7	100000	5.93	10	8.318	.147565	2.567	6.9325	0.598	
6 10.14	5	13.3	100	6.19	10	9.521	.199	3.684	9.958	0.599	
7 9.93	20	13.8	100	6.18	20	9.265	.199213	2.665	9.35889	0.598	
8 10.31	20	13.8	1000	6.47	20	9.503	.21397	2.676	10.0521	0.598	
9 10.29	20	13.6	10000	6.57	20	8.571	.221348	2.690	10.3987	0.598	

SCAPP: Sistema de Computación Automática para Pruebas de Presión											
Análisis de Resultados											
CURVA	RSD		CD		S		S		K		
No. NEST	VALOR	ERROR	VALOR	ERROR	VALOR	ERROR	VALOR	ERROR	VALOR	ERROR	
ICS		%		%		%		%		%	
1 9.75	20	13.7	10000	5.92	10	8.049	.14765	2.560	6.9325	0.593	
2 14.59	20	14.2	10000	7.09	5	7.612	.170793	2.998	4.3328	0.610	
3 8.28	20	13.6	100000	6.47	20	8.742	.184457	2.422	10.3987	0.581	

Tabla 2a. Diagnostico No.1 del Sistema SCAPP

SCAPP: Sistema de Comparacion Automatica para Pruebas de Friccion

Analisis de Resultados

CURVA No. : 1
 POCO : SCAPP No.1 MODELO SIMULADO : YACIMIENTO HOMOGENEO
 CAMPO : SCAPP Radio finito con efecto de dano
 DISTRITO : SCAPP y Almacenamiento

PARAMETRO	VALOR	CONFIABILIDAD	N. E. S.	CALIDAD DE COMP.
RADIO ADIM. R_s	10.00	86.43 %	779432.88	BUENA
COEF. ADIM. CD	100000.00	93.55 %	635.59	MUY BUENA
FACTOR DANO δ	20.00	91.05 %	7724.13	MUY BUENA
PERMEABILIDAD K	10.40	99.42 %	57.88	EXCELENTE
POROSIDAD ϕ	0.18	97.64 %	236.25	EXCELENTE

DIAGNOSTICO

CONFIABILIDAD DE PARAMETROS COMPARADOS ACEPTABLE
 LA CONFIABILIDAD EN LAS MEDICIONES DE P_{wf} ES DE 100 %

Tabla 2b. Diagnostico No.2 del sistema SCAPP

SCAPP: Sistema de Comparacion Automatica para Pruebas de Friccion

Analisis de Resultados

CURVA No. : 2
 POCO : SCAPP No.1 MODELO SIMULADO : YACIMIENTO HOMOGENEO
 CAMPO : SCAPP Radio finito con efecto de dano
 DISTRITO : SCAPP y Almacenamiento

PARAMETRO	VALOR	CONFIABILIDAD	N. E. S.	CALIDAD DE COMP.
RADIO ADIM. R_s	10.00	100.00 %	1.00	EXCELENTE
COEF. ADIM. CD	100000.00	92.64 %	1568.07	MUY BUENA
FACTOR DANO δ	20.00	92.37 %	2466.39	MUY BUENA
PERMEABILIDAD K	10.40	98.36 %	124.57	EXCELENTE
POROSIDAD ϕ	0.18	96.26 %	254.45	EXCELENTE

DIAGNOSTICO

EL ERROR POR PARAMETRO DE ENTRADA ES : 7.58475 %
 CONFIABILIDAD DE PARAMETROS COMPARADOS ACEPTABLE
 LA CONFIABILIDAD EN LAS MEDICIONES DE P_{wf} ES DE 100 %

PARAMETRO DE ENTRADA : FACTOR DE RADIO

Tabla 2c. Diagnostico No.2 del sistema SCAPP

utilizando parametros de entrada

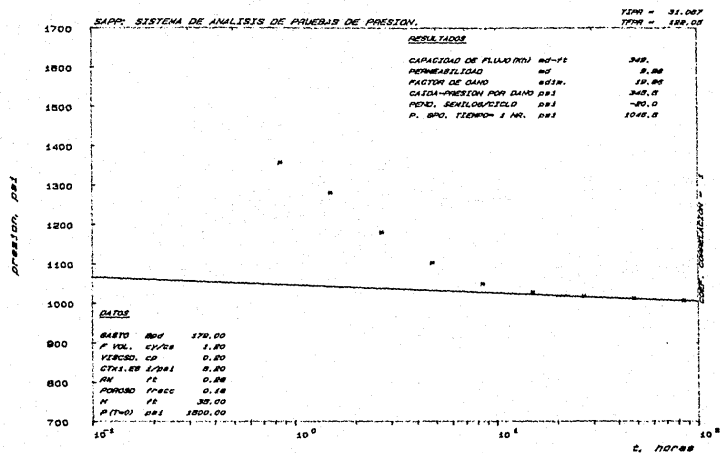


FIG. NO. 6a .- APLICACION DE LA TECNICA MDH A LOS DATOS DEL POZO
SGAPP NO. 1

SEPT. 1980

Obtenido el mejor ajuste, se procedió a calcular los NES totales para cada tiempo adimensional de los puntos de prueba y al graficar éstos valores se confirma que éstos son mas grandes cuando se tienen pocos datos (presión vs. tiempo); por lo tanto, el ajuste tendrá mejor calidad cuando la prueba sea larga (Fig.7). Sin embargo, la calidad mejora aún más cuando se conoce algún parámetro de entrada.

Utilizando el sistema SCAPP para mejorar la calidad de comparación, éste recomienda que el parámetro de entrada sea R_{so} debido a que posee el N.E.S. mas alto, por lo que arroja el mayor porcentaje de error de comparación (figura 8).

Suponiendo que el valor de R_{so} es conocido, con un alto grado de certidumbre, por otras técnicas, el error de cada parámetro disminuye notablemente (ver tabla 2c).

COMPORTAMIENTO DE LOS NUMEROS DE ERROR DE SENSIBILIDAD EN UNA PRUEBA DE PRESION

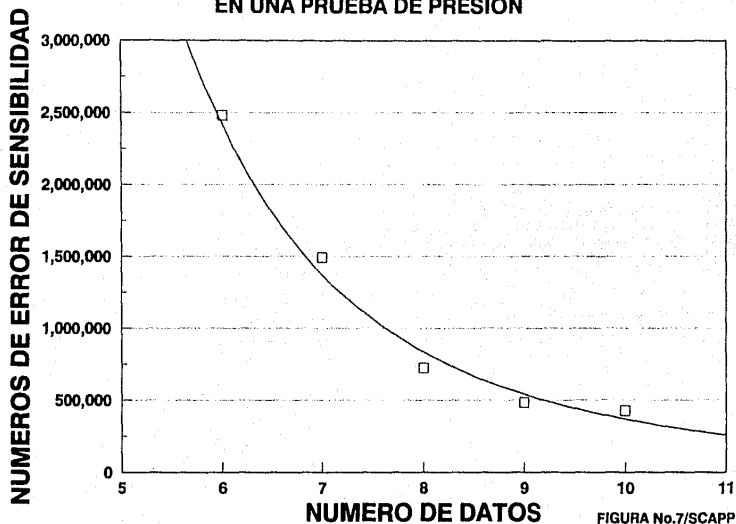
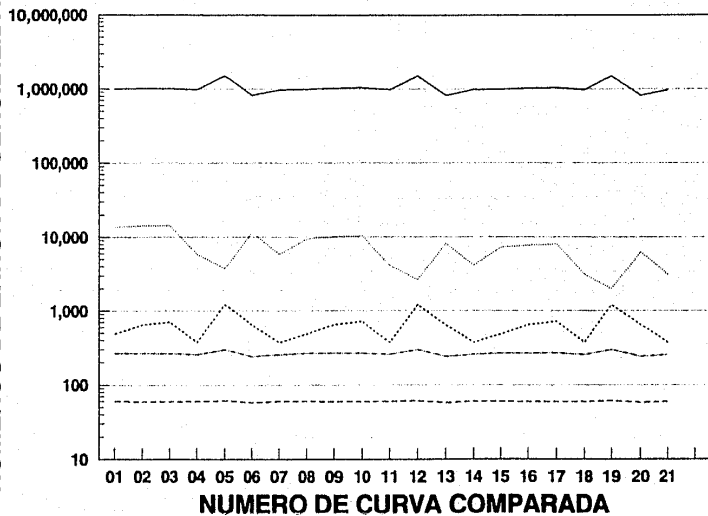


FIGURA No.7/SCAPP

NUMEROS DE ERROR DE SENSIBILIDAD



RSD

CD

S

PERMEABILIDAD

POROSIDAD

FIGURA No.2/SCAPP

EJEMPLO No.2: PRUEBA DE PRESION REGISTRADA EN EL POZO JUJO 36A

Este caso considera una prueba de incremento de presión, cuyo análisis se efectuó realizando la comparación con curvas tipo definiendo los parámetros de entrada entre un rango de trabajo (comparación generada automáticamente).

Los resultados arrojados por el sistema SCAPP y los ajustados con la correlación CORINE/SAPP⁷ fueron:

PARAMETRO	SCAPP	CORINE/SAPP
SKIN (S)	62.5	60.7
Coef.Alm. Co	295.2	197.30
Rad. Adim.(Rsp)	30	30
Porosidad (ϕ)	0.03	0.02
Permeabilidad (k)	9md	13.83md

Como puede observarse existe una gran similitud de valores; esto es indicativo de la gran calidad y confiabilidad del sistema SCAPP.

El procedimiento utilizado con el sistema SCAPP es ilustrado a continuación.

El ajuste fue realizado con los datos mostrados en las tablas 3 y 4, las cuales contienen información del pozo y sus fluidos, y los datos presión-tiempo de la prueba, respectivamente.

La tabla No.5 presenta los rangos de trabajo de los parámetros R_{sp} , S , K , ϕ e indica la cantidad de iteraciones que el sistema necesita realizar. Los resultados de ésta etapa de análisis se presentan en la tabla No.6 y fueron comparados con los obtenidos por el sistema SAPP, con la finalidad de verificar el ajuste.

Para llevar a cabo ésta comparación, los resultados se analizaron como si 2 curvas tipo publicadas se ajustaran perfectamente a los datos de prueba, obteniendo un diagnóstico para cada serie de valores los cuales, son mostrados en las tablas 7 y 8.

Como podrá verse la confiabilidad de los parámetros y la calidad de comparación de ambos diagnósticos es similar; sin embargo en el diagnóstico No.1 del sistema SCAPP, se concluye que los resultados obtenidos con éste sistema son más exactos, debido a que arrojan números de error de sensibilidad mas pequeños.

(SCAPP)

LECTURA DE DATOS

A) NOMBRE DEL POZO : JUJO 36-A
 B) NOMBRE DEL CAMPO : JUJO
 C) DISTRITO : VILLAHERMOSA

D) GASTO DE ACEITE A C.S. (lis/d) 2230
 E) FACTOR DE VOLUMEN DEL ACEITE (adm.) 1.6
 F) VISCOSIDAD DEL ACEITE (cp) 0.248
 G) COMPRESIBILIDAD TOTAL (psi-1) 0.405E-4
 H) ESPESOR DE LA FORMACION (ft) 1296
 I) RADIO DEL POZO (ft) 0.21

CAMBIAR DE OPCION : (A,B,C,D,E,F,G,H,I,CONT) CONT

Tabla 3 Datos utilizados para realizar el ajuste con el sistema SCAPP

DATO No.	TIEMPO (HRS)	PRESION (PSI)
1	0	7510.66
2	0.01	7575.44
3	0.02	7710.47
4	0.03	7608.57
5	0.04	7679.06
6	0.05	7728.22
7	0.06	7952.00
8	0.07	7964.99
9	0.08	7968.00
10	0.09	7969.68
11	0.10	7971.46
12	0.11	7973.70
13	0.12	7974.47
14	0.13	7975.04
15	0.14	7975.50
16	0.15	7975.95
17	0.16	7976.72
18	0.18	7977.37
19	0.20	7977.83

Tabla No.4 Variación de presión respecto a tiempo en la prueba de presión del pozo jujo 36-A

DATO No.	TIEMPO (HRS)	PRESION (PSI)
20	0.21	7978.20
21	0.23	7978.55
22	0.25	7978.91
23	0.26	7979.18
24	0.28	7979.45
25	0.30	7979.70
26	0.31	7979.93
27	0.33	7980.13
28	0.35	7980.28
29	0.36	7980.41
30	0.38	7980.54
31	0.40	7980.67
32	0.48	7981.36
33	0.56	7981.90
34	0.65	7982.32
35	0.73	7982.62
36	0.81	7982.89
37	0.90	7983.11
38	0.93	7983.30

DATO No.	TIEMPO (HRS)	PRESION (PSI)
39	1.06	7983.51
40	1.15	7983.63
41	1.23	7983.76
42	1.31	7983.91
43	1.40	7984.05
44	1.48	7984.15
45	1.56	7984.25
46	1.65	7984.32
47	1.90	7984.61
48	2.15	7984.84
49	2.40	7985.03
50	2.65	7985.22
51	2.90	7985.38
52	3.15	7985.53
53	3.40	7985.65
54	3.65	7985.78
55	3.90	7985.91
56	4.15	7986.00
57	4.40	7986.08

Continúa Prueba de Presión del pozo Jujo 36-A

DATO No.	TIEMPO (HRS)	PRESION (PSI)
58	4.65	7986.18
59	4.90	7986.26
60	5.15	7986.37
61	5.40	7986.44
62	5.65	7986.49
63	5.90	7986.58
64	6.15	7986.65
65	6.40	7986.72
66	6.65	7986.80
67	6.90	7986.84
68	7.15	7986.88
69	7.40	7986.94
70	7.65	7987.01
71	7.90	7987.03
72	8.15	7987.10
73	8.40	7987.13
74	8.65	7987.14
75	8.90	7987.17
76	10.15	7987.18

DATO No.	TIEMPO (HRS)	PRESION (PSI)
77	10.40	7987.22
78	10.65	7987.25
79	10.90	7987.30
80	11.15	7987.34
81	11.40	7987.36
82	11.65	7987.37
83	11.90	7987.44
84	12.65	7987.48
85	12.90	7987.50
86	13.15	7987.51
87	13.40	7987.54
88	13.65	7987.59
89	13.90	7987.60
90	14.40	7987.62
73	8.40	7987.13
74	8.65	7987.14
75	8.90	7987.17
76	10.15	7987.18

Continúa prueba de presión del pozo Jujo 36-A

(S C A P P)

SISTEMA DE COMPARACION AUTOMATICA

PARAMETROS	RANGO		INTERVALOS
	DE:	A:	
A: RSD	10	30	10
R: S	55	65	2.5
C: K (md)	5	20	4.0
D: ϕ fracc.	0.01	0.03	0.01

Número de iteraciones : 180
 Desea modificar rangos (S/N)

Tabla No.5 Rangos de trabajo de los parámetros R_{SD} , S, K y ϕ

(S C A P P)

SISTEMA DE COMPARACION AUTOMATICA

LA CURVA MAS AJUSTADA ES:

RED = 30
 CD = 295.2167
 S = 62.5

POROSIDAD = 3 %
 PERMEABILIDAD (MD) = 0

OPRIMA RETURN PARA CONTINUAR

Tabla No.6 Resultados obtenidos con el sistema SCAPP

SCAPP: Sistema de Comparación Automática para Pruebas de Presión				
Análisis de Resultados				
CURVA No. : 1				
POZO	: JUJO 36-A	MODELO SIMULADO : YACIMIENTO HOMOGÉNEO		
CAMPO	: JUJO	Radio finito con efecto de daño		
DISTRITO	: VILLAHERMOSA	y almacenamiento		
PARAMETRO	VALOR	CONFIABILIDAD	N. E. S.	CALIDAD DE COMP.
RADIO ADIM. R_s	30.00	85.79 %	1462618.25	BUENA
COEF. ADIM. CD	295.22	93.62 %	580.63	MUY BUENA
FACTOR DAÑO S	62.50	89.27 %	45561.95	BUENA
PERMEABILIDAD K	9.00	99.53 %	47.33	EXCELENTE
FOROSIDAD ϕ	0.03	95.97 %	302.59	EXCELENTE
D I A G N O S T I C O				
CONFIABILIDAD DE PARAMETROS COMPARADOS ACEPTABLE				
LA CONFIABILIDAD EN LAS MEDICIONES DE Pwf ES DE 100 %				

Tabla No.7 Diagnóstico de la curva ajustada con el sistema SCAPP

SCAPP: Sistema de Comparación Automática para Pruebas de Presión				
Análisis de Resultados				
CURVA No. : 2				
POZO	: JUJO 36-A	MODELO SIMULADO : YACIMIENTO HOMOGÉNEO		
CAMPO	: JUJO	Radio finito con efecto de daño		
DISTRITO	: VILLAHERMOSA	y almacenamiento		
PARAMETRO	VALOR	CONFIABILIDAD	N. E. S.	CALIDAD DE COMP.
RADIO ADIM. R_s	30.00	85.63 %	1734468.63	BUENA
COEF. ADIM. CD	197.30	94.54 %	235.23	MUY BUENA
FACTOR DAÑO S	60.70	89.00 %	59899.53	BUENA
PERMEABILIDAD K	13.83	99.49 %	51.32	EXCELENTE
FOROSIDAD ϕ	0.02	96.45 %	354.76	EXCELENTE
D I A G N O S T I C O				
CONFIABILIDAD DE PARAMETROS COMPARADOS ACEPTABLE				
LA CONFIABILIDAD EN LAS MEDICIONES DE Pwf ES DE 100 %				

Tabla No.8 Diagnóstico de la curva ajustada con el sistema SAPP

Tabla No.9 Diagnóstico No.1 del sistema SCAPP
mostrando los ajustes con los sistemas SCAPP y SAPP

SCAPP: Sistema de Comparación Automática para Pruebas de Presión										
Análisis de Resultados										
CURVA	RSD		CD		S		P		K	
No. NEST	VALOR	ERROR	VALOR	ERROR	VALOR	ERROR	VALOR	ERROR	VALOR	ERROR
IES		%		%		%		%		%
1 15.29	30	14.2	295.22	6.37	62.5	10.72	.03	3.025	9	0.473
2 17.94	30	14.3	197.3	5.46	60.7	11.00	.02	3.547	13.83	0.513

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La técnica de análisis planteada en este trabajo, es de gran utilidad para la estimación de propiedades físicas del yacimiento y puede ser utilizada para el análisis de pruebas de incremento, decremento, interferencia, pulsos, etc..

Su aplicación no se limita solo al área de la Ingeniería de Yacimientos, sino que, esta puede ser útil para analizar otro tipo de problemas en las áreas de producción y perforación.

El uso de la teoría de números de error de sensibilidad ha resultado productiva; se creó el sistema SCAPP, mediante el cual se analiza la comparación de los parámetros obtenidos al realizar una comparación con curvas tipo.

La calidad de curvas tipo puede ser verificada por la magnitud de los números de error de sensibilidad; números de sensibilidad grandes, indican una calidad de comparación pobre para la determinación de parámetros.

Si los números de error de sensibilidad son grandes, tres métodos pueden ser usados para mejorar la calidad de comparación: aumentando el número de puntos dato de la prueba de presión; utilizando parámetros de entrada determinados por técnicas externas a éste sistema; y ambas opciones.

El sistema SCAPP representa la parte esencial de éste trabajo, es un sistema autosuficiente, que puede ser ejecutado en cualquier computadora personal compatible con IBM y con monitor ega; y no sólo se limita a la determinación del mejor ajuste; sino que el usuario

puede utilizarlo en la optimización de diversos sistemas de análisis para curvas tipo disponibles en el mercado e identificar la familia de curvas que se ajusten más a los datos de presión vs. tiempo reales.

El sistema actualmente está en capacidad de ser utilizado para yacimientos homogéneos y está caracterizado por una gran facilidad y versatilidad en su manejo.

Aplicando el sistema SCAPP deducimos que los parámetros que más afectan la calidad de comparación son el factor de daño y el radio adimensional de daño, por lo que su manejo debe ser lo más preciso posible.

El sistema es capaz de ajustar la mejor curva tipo, utilizando rangos de trabajo en los parámetros comparados e investigados; sin embargo el usuario debe considerar que el tiempo de máquina utilizado puede ser muy grande. Es recomendable realizar éste ajuste después de escoger la mejor curva tipo de una serie de curvas leídas y posteriormente, iterar con valores cercanos a ésta curva para determinar un mejor ajuste, con la finalidad de ahorrar tiempo de CPU.

El sistema ha resultado ser eficiente, ya que se ha comparado con sistemas de gran eficiencia y calidad, como el sistema SAPP, arrojando resultados similares.

La elaboración de sistemas de cómputo ha conducido al Ingeniero Petrolero a tener un nuevo campo de acción, y a desarrollar eficientemente el trabajo de campo.

NOMENCLATURA

A	Matriz de Sensibilidad
A^+	Matriz Pseudoinversa
A^T	Transpuesta de A
A_i	i ésimo rengón de A
A_{ij}^+	ij elemento de A^+
B_0	Factor de volumen del aceite
C_T	Compresibilidad isotérmica del sistema (psi) ⁻¹
C_0	Constante Adimensional del efecto de Almacenamiento
C_0	$\ln C_0$
$E()$	Esperanza Matemática
f	función que simula la propiedad de un modelo
f_1	f con error del modelo
f_i	f en el i ésimo punto dato
G	función objetivo
G_1	función objetivo para el análisis del error modelo
$\bar{G}$	función objetivo para el análisis del error del parámetro de entrada.
h	espesor de la formación (pie)
k	permeabilidad de la formación sin daño (md)
k_d	permeabilidad de la región dañada (md)
L, n	número de columnas de la matriz de sensibilidad
m	número de renglones de la matriz de sensibilidad
NES	número de error de sensibilidad
NES_α	número de error de sensibilidad del parámetro α
NES_β	número de error de sensibilidad del parámetro β

NEST	número de error de sensibilidad total
P_{1D}	presión adimensional en la región dañada
P_{2D}	presión adimensional en la región no dañada
P_W	presión de fondo (psi)
P_{WD}	presión adimensional en el fondo
P_{WD_i}	iésima presión adimensional en el punto i
q	gasto de aceite a c.s. (bpd)
r_D	radio adimensional
r_a	radio de la zona dañada (pie)
r_{sD}	radio adimensional de la región dañada
$\bar{r}_{sD}$	ln r_{sD}
r_W	radio del pozo (pie)
s	efecto skin o de daño
t_i	tiempo en el iésimo punto dato (hr)
t_{Di}	tiempo adimensional en el iésimo punto dato
$\bar{x}$	valor medio de $\bar{x}$
$\bar{x}$	$(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n)^T$
x_j	parámetros investigados
$\bar{x}_i$	ln x_i
z	$(z_1, z_2, \dots, z_m)^T$
z_i	iésimo punto dato
μ	viscosidad del aceite (cp)
ϕ	porosidad de la formación (fracc.)
ψ_i	log $P_{WD} - u$
Ω	dominio de variables
$\ \cdot \ $	magnitud o norma

BIBLIOGRAFIA.

1.-Type-Curve Matching Techniques with Error Sensitivity Numbers

SPE U. OF TEXAS

SPE Formation Evaluation, February 1984.

Nubuo Morita

K.E.Gray

2.-Apuntes de Evaluación de la Producción

Facultad de Ingeniería UNAM

3.-Análisis de pruebas de variación de presión

Instituto Mexicano del Petróleo

Ing.Raúl León Ventura

4.-Automated Type Curve Matching In Well Test Analysis

Adalberto Jose Rosa; Marzo 1983

Department of Petroleum Engineering

Standford University

California, U.S.A.

5.-Métodos para la solución de problemas con computadora digital

Torres Caitron

Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A. México

6.-Flopetrol Johnston

Systems Analysis Part.1

Well Test Interpretation for monophasic oil by analysis of pressure behavior (1983).

7.-Servicio de Análisis e interpretación de pruebas de presión en pozos. Pozos Jujo 36 y 36A

Proyecto D-5083

Instituto Mexicano del Petróleo.

B.-Novel Approach to Sensitivity Analysis

J.F.Genrich, SPE F.S.Sommer,**SPE JPT september 1989

Standard Alaska Production Co.

Para llevar a cabo la realización total de éste trabajo se utilizaron los siguientes paquetes :

QUICK-BASIC, Free-Lance, Flow, Chi-Writer, Letra, PC tools e impresoras Laser-Jet e IBM Proprinter XL.

LIBRARY OF THE
U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR
BUREAU OF LAND MANAGEMENT
DENVER, COLORADO 80202