

870118

Universidad Autónoma de Guadalajara

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS



TESIS CON
FALLA LE ORIGEN

"DESARROLLO DE PROGRAMA DE COMPUTO PARA
CALCULO DE VELOCIDAD Y CINETICA DE CORROSION
ELECTROQUIMICA POR METODOS DE POLARIZACION
EN AUTOCLAVE A ALTA PRESION Y TEMPERATURA".

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO QUIMICO

PRESENTA

RAMON AYALA DELGADO

Asesor: I.Q. María del Consuelo López Limón

GUADALAJARA, JALISCO. 1987



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.

ÍNDICE

	PÁGINA
PRÓLOGO	1
CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN.	3
1.1.- LA ENERGÍA GEOTÉRMICA, SU EXPLOTACIÓN EN MÉXICO.	3
1.2.- DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE CORROSIÓN EN LOS POZOS GEOTÉRMICOS.	6
1.3.- ANTECEDENTES.	11
1.4.- LIMITACIONES.	12
CAPÍTULO 2.- TEORÍA.	13
2.1.- CONCEPTOS.	13
2.2.- CORROSIÓN ELECTROQUÍMICA.	14
2.2.1.- PROCESO DE CORROSIÓN.	16
2.3.- CINÉTICA ELECTROQUÍMICA.	17
2.4.- TRATAMIENTO CINÉTICO, ECUACIÓN DE TAFEL. .	19
2.5.- DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN.	24
2.5.1.- INTRODUCCIÓN.	24
2.5.2.- VELOCIDAD DE CORROSIÓN.	24
2.6.- TÉCNICAS ELECTROQUÍMICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD DE CORROSIÓN. .	26

2.6.1.- ECUACION DE TAFEL.	26
2.6.3.- ECUACION GENERAL DE LA VELOCIDAD DE CORROSION.	27
2.6.4.- METODO DE LOS TRES PUNTOS.	28
2.6.5.- POLARIZACION LINEAL.	36
CAPITULO 3.- DESARROLLO DE PROGRAMAS.	34
3.1.- OBJETIVOS.	34
3.2.- METODOS UTILIZADOS.	34
3.2.1.- METODO DE TRES PUNTOS IMPLEMENTADO.	34
3.2.2.- METODO ITERATIVO.	38
3.3.- ALGORITHOS Y DIAGRAMAS DE FLUJO.	39
CAPITULO 4.- EXPERIMENTACION.	61
4.1.- OBJETIVO.	61
4.2.- PLAN DE PRUEBAS.	61
4.3.- PREPARACION DEL ESPECIMEN.	63
4.4.- APARATOS.	63
4.5.- CONDICIONES DE PRUEBA.	65
4.6.- EXPERIMENTACION.	66
CAPITULO 5.- RESULTADOS Y DISCUSIONES.	68
5.1.- METODOLOGIA Y RESULTADOS.	68
5.2.- DISCUSIONES.	69
RESUMEN	76

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	77
REFERENCIAS.	78
APÉNDICE A.- TABLAS DE RESULTADOS.	81
APÉNDICE B.- LISTADOS DEL PROGRAMA Y SUBROUTINAS TESIS.	95
APÉNDICE C.- LISTADOS DE LOS PROGRAMAS CORFIT, CORDET Y VICOR.	132

***Desarrollo de programa de cómputo para cálculo de velocidad
y cinética de corrosión electroquímica por
métodos de polarización en autoclave
a alta presión y temperatura.***

P R Ó L O G O

En la actualidad, uno de los problemas graves de muchas industrias es la corrosión. En la Geotermia, este problema es más importante aún, debido a las altas temperaturas, velocidad y naturaleza de los fluidos que se manejan.

Este problema representa una erosión elevada en mantenimiento, dado que requiere nuevos materiales, para renovar los atacados por la corrosión.

Para evaluar los daños a los que están expuestos todos los materiales en el medio geotérmico, es necesario conocer el problema y cuantificarlo, para así poder resolverlo.

Las bases de este trabajo para medir la velocidad de corrosión, simulando el fondo de un pozo geotérmico, están fundamentadas en estudios electroquímicos con soluciones puras de laboratorio, ejemplo: H_2SO_4 1N. Pero en los medios en que las salmueras geotérmicas contienen una cantidad considerable de otros compuestos, como Silice, NaCl, H_2S y otros, estos procedimientos tienen algunas limitaciones.

El trabajo presentado aquí está enfocado al análisis numérico de las técnicas electroquímicas para la determinación de velocidad de corrosión y las constantes cinéticas de Tafel (6). Ya que se cuenta con la teoría suficiente, y algunos trabajos realizados sobre el mismo tema, pero para su uso práctico en salmueras geotérmicas no tienen la confiabilidad ni la rapidez del trabajo

que se presenta a continuación.

Para la evaluación del método propuesto en esta tesis, se harán comparaciones con métodos probados anteriormente como CORFIT, CORBET (1) y un método reciente VICOR (2), que servirán como referencias para corroborar el método propuesto.

RAMÓN AYALA D.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1.- LA ENERGÍA GEOTÉRMICA Y SU EXPLOTACIÓN EN MÉXICO

La energía geotérmica es la energía calorífica propia del núcleo terrestre que, a través de las corrientes del magma y sus fisuras existentes en el medio sólido y sólido-líquido del interior de la corteza terrestre, emigra hacia niveles más superficiales, donde, si encuentra características geológicas favorables para su acumulación, permanece transmitiéndose a las aguas subterráneas.

Por medio de los pozos construidos específicamente, estas aguas subterráneas, con alta energía térmica almacenada, salen a la superficie, transformándose en vapor, que el hombre utiliza para la obtención de energía eléctrica.

Un pozo geotérmico es parecido a un pozo petrolero, con la diferencia de que en un pozo geotérmico, se extrae salmuera geotérmica en dos fases, de las profundidades del mismo. La temperatura de un pozo varía de uno a otro en un rango de temperaturas de hasta 300 °C.

En nuestro País comenzó la explotación de la energía geotérmica en Pathe Hgo., donde se arrancó en una etapa experimental en 1959 con una planta de 600 kW.

Las zonas de flujo térmico más importantes se hallan en fajas, distinguiéndose la que se encuentra entre los paralelos 19 y 23 de latitud norte, denominado Eje Neovolcánico, que coincide con la zona más densamente poblada del País. Otra corresponde a la costa del Pacífico; en ella, en las cercanías de Mexicali, B.C. está localizado el campo de Cerro Prieto, donde se han detectado las temperaturas y presiones de fondo de pozo más altas del mundo, y en abril de 1973 se puso en operación comercial la primera planta de generación eléctrica en base de vapor geotérmico con capacidad de 75 mil kW. En abril de 1979 la capacidad instalada se duplicó. Y en este año de 1987 la capacidad que se tiene es de 620 mil kW, con lo cual se ahorró alrededor de 10 millones de barriles de combustible por año, los que serían necesarios para producir esta energía.

La figura 1.1 muestra la localización de los campos geotérmicos más importantes de México.

En todas estas zonas, se estudia la factibilidad de instalación de otras plantas, no tan grandes como la de Cerro Prieto pero con la misma finalidad, es decir, aprovechar este recurso natural, como se lleva a cabo en Los Azufres Michoacán, la que, con menor capacidad, se encuentra funcionando, actualmente.

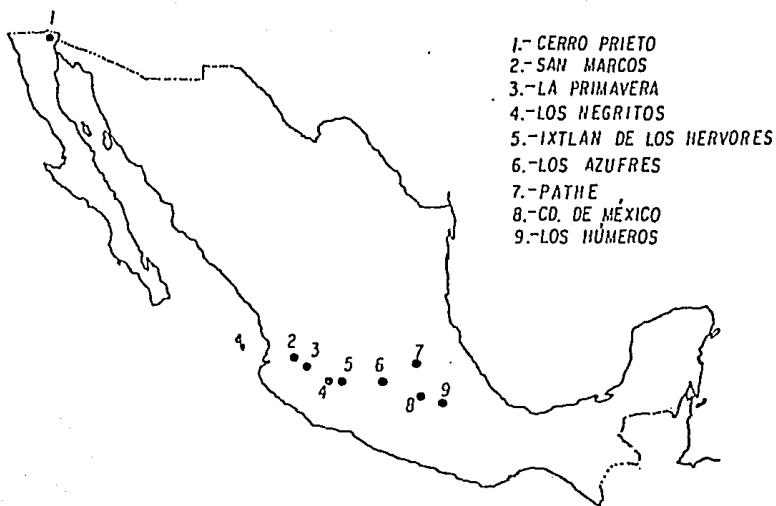


Fig 1.1. Áreas de desarrollo Geotérmico en México.

1.2.- DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE CORROSIÓN EN LOS POZOS GEOTÉRMICOS.

En todos los campos geotérmicos existe el problema de corrosión, debido al efecto del medio y a las temperaturas y presiones que se manejan, por esto es necesario cuantificar el daño que sufren las tuberías por corrosión y, en trabajos posteriores, tratar de investigar la forma como deberá combatirse este problema.

La evidencia que existe de corrosión en los pozos de Cerro Prieto conlleva a pensar qué tan grave puede ser en otros campos geotérmicos del país. Este problema fue descrito anteriormente (3).

En la figura 1.2 se presenta un corte esquemático de un pozo. Para dar una idea más clara, a continuación se dará una descripción introductoria de algunos problemas que se han presentado en el campo Geotérmico de Cerro Prieto:

Han ocurrido canalizaciones de cemento y, además, corrosión tanto en la parte interior como exterior de las tuberías. Parece ser que estos fenómenos se incrementan con el tiempo.

En algunos pozos los problemas fueron tan severos que las tuberías de producción 'desaparrecieron', en otros pozos se detectaron fracturas y colapsamientos, algunos de estos sucesos fueron probablemente causados por corrosión, más bien que por esfuerzos de compresión o de tensión.

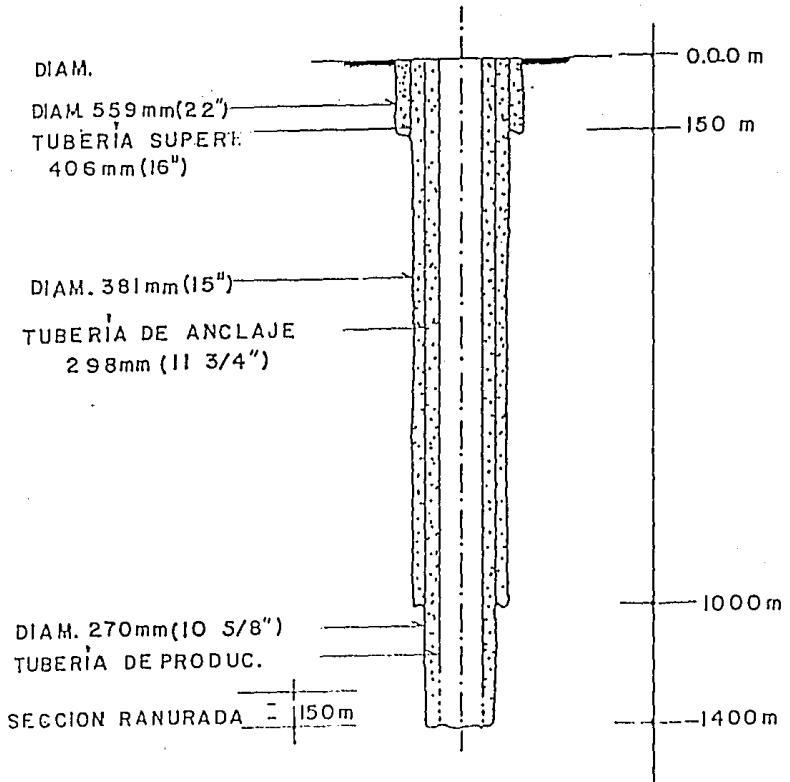


Fig. 1.2. Corte esquemático de un pozo Geotérmico.

Estos problemas pueden haber sido empeorados por la degradación de la cementación de los ademes (o tuberías de revestimiento), permitiendo que el agua de horizontes más altos se infiltre acelerando la velocidad de corrosión externa, y el incrustamiento salino de la tubería ranurada.

Las reparaciones han sido muy costosas y además han reducido la capacidad de producción original de los pozos y consecuentemente, han limitado la vida útil de éstos.

En términos generales, existen tres tipos de interfases de un pozo geotérmico en las cuales se puede dañar la tubería del pozo por corrosión; éstas son las siguientes.

- a) Tubo-fluido geotérmico.
- b) Tubo-suelo.
- c) Tubo-cemento.

Tubo-fluido. Se presenta en el interior de la tubería de producción y realmente es diferente a cada profundidad debida a:

- 1) La variación de la composición de la fase, temperatura y presión del fluido.
- 2) La variación de composición química, espesor, continuidad y otras propiedades físicas de las incrustaciones salinas

3) Corrosión, grado y diámetro de la tubería misma, pues algunos pozos han sido terminados con aceros diferentes.

4) Películas de pasivación o productos de corrosión adheridos, ocasionados por las variaciones de potencial eléctrico y corrosión galvánica asociada.

Tubo-suelo. Se presenta en el exterior del ademe y de la tubería de producción, puede ser por contacto directo como en la zona de producción no cementada, o como en las canalizaciones de la cementación en el ademe, o bien la interfase entre el tubo y el suelo puede incluir una capa de cemento probablemente agrietada en partes. Esta interfase varía también en características con la profundidad, que pueden incrustar u obstaculizar la corrosión debido a:

1) Variación de la composición química, agresividad y resistividad a los diversos horizontes o capas litológicas, especialmente el contenido de: oxígeno (O_2), cloruros (Cl^-) y ácido sulfídrico (H_2S).

2) Contaminación del cemento por difusión de Cl^- , agrietamiento o degradación del cemento con la consiguiente formación de productos de corrosión del tubo que provocan esfuerzos por ser de mayor volúmen específico.

3) Efectos de corrosión galvánica de diferentes estratos, entre zonas con cementación sin contaminación y zonas no cementadas o con cemento degradado, así como entre diferentes pozos conectados eléctricamente.

Tubo-cemento. Existe entre dos tuberías cementadas. Ya ha sido considerada dentro de la interfase tubo-cemento que se presenta en el exterior del ademe.

La superficie cementada del tubo está totalmente protegida de corrosión en un principio, pues el PH de 12.4 que se tiene en la interfase con los cementos usados hasta ahora, promueve la pasivación de todos los aceros, sin embargo, la contaminación del cemento por Cl- de la salmuera o estrato, que puede penetrar por difusión y posteriormente por asrietamiento a través del cemento, llega a ella y se forman productos de corrosión de un volumen específico grande, que produce tensiones tanto contra el cemento como contra el tubo. Estas tensiones podrían dar origen a una corrosión bajo tensión, tanto en el lado del cemento, como en el interior del tubo, asistida por la corrosión debida al fluido geotérmico. La tensión en el cemento puede originar rajaduras que se propagarían del fondo del pozo hacia arriba, permitiendo que algo del fluido geotérmico fluyese en el espacio anular 'cementado' entre las tuberías. Como ya se han observado emisiones de vapor, se sospecha que el problema pueda ser más crítico.

1.3.- ANTECEDENTES.

En este trabajo interesa la corrosión en la interfase Tubo-fluido, para lo cual se han hecho las experimentaciones con el fluido.

Los estudios realizados sobre corrosión geotérmica ahora ya son más numerosos, pero para cuantificar la velocidad de corrosión por métodos electroquímicos con salmueras geotérmicas muy pocos estudios hay sobre el tema.

En el proyecto "2053" del Instituto de Investigaciones Electricas se cuenta con programas de cómputo para estimar la velocidad de corrosión a partir de los datos de curvas de polarización, estos programas tienen algunos problemas cuando se aplican en experimentos con salmuras geotérmicas donde las condiciones cambian, y no es una solución tan ideal como, en las que fueron probados y aceptados, como por ejemplo H₂SO₄ 1M a 25 c. y 1 atmósfera de presión, en la cual dan muy buenos resultados, pero para otros usos en que se trata de semejar el fondo de pozo, donde las condiciones son más drásticas, y el medio corrosivo es mucho muy diferente, se necesitan otros métodos, por lo cual, este trabajo se enfoca a comprobar que en experimentos con salmueras geotérmicas, se espera tener más confiabilidad con el programa presentado, que en los ya mencionados, cuyos nombres son: CORBET, CORFIT (1) y VICOR (2).

En el capítulo siguiente se hablará de la teoría de las curvas de polarización y las bases de este trabajo.

1.4.- LIMITACIONES.

Este trabajo no profundiza sobre los mecanismos de corrosión. Se hará mención a los resultados obtenidos por los diferentes programas y las ventajas de los métodos presentados.

No se hace el estudio de la vida útil de las tuberías con los aceros mencionados.

Las velocidades encontradas son velocidades instantáneas de corrosión y se refieren a un promedio en la superficie de la muestra sometida a una preparación normalizada (generalmente con una incursión cática en la misma salmuera para reducir películas de productos de corrosión).

CAPÍTULO 2

TEORÍA

2.1.- CONCEPTOS.

En este capítulo se manejarán algunos conceptos importantes que por sí solos tienen significado. Mencionaremos algunos, de los principales:

CORROSIÓN. Ataque destructivo en un material por reacción espontánea e irreversible con su medio ambiente.

ELECTROQUÍMICA. Es la rama de la química que estudia las reacciones químicas que implican una transferencia de carga eléctrica, así como las propiedades de los electrolitos e interfase electrificada.

POLARIZACIÓN. En un electrodo reversible que se encuentra en estado de equilibrio la descarga de iones y su formación tienen la misma velocidad, y no hay paso final de corriente. No obstante, si como resultado de la aplicación de un potencial externo, hay un paso real de corriente, el electrodo resultará perturbado en su condición de equilibrio; esta perturbación del equilibrio asociada con el flujo de corriente se denomina polarización.

2.2 CORROSIÓN ELECTROQUÍMICA

La mayoría de los metales existentes en la naturaleza se hallan en estado oxidado, formando parte de diversos compuestos estables bajo las condiciones físico químicas ambientales. Los metales se extraen de estos compuestos mediante procesos de reducción por los que pasan al estado metálico. Sin embargo los metales así obtenidos, siguiendo las leyes de la Termodinámica, con el transcurso del tiempo son gradualmente destruidos por la acción del agua, aire u otros agentes agresivos, y vuelven a su estado primitivo estable. (4).

La oxidación espontánea de los metales, se denomina corrosión, representa un ataque destructivo de los mismos por el medio ambiente, a través de reacciones químicas o electroquímicas. Los agentes oxidantes presentes en el ambiente pueden actuar en ausencia o presencia de agua. El primer caso el proceso se realiza por combinación directa del metal con la sustancia reaccionante, y se conoce como corrosión seca o corrosión química, mientras que en el segundo caso el proceso es de naturaleza electroquímica, y se denomina corrosión húmeda o corrosión electroquímica. Esta última se presenta cuando el metal está en contacto con medios electrolíticos, como agua, disoluciones salinas, humedad o como en nuestro caso salmueras geotérmicas. Figura 2.1.

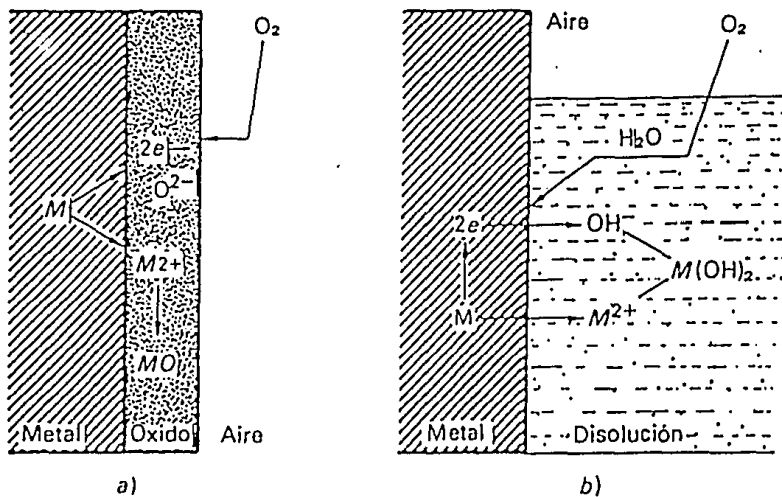


Fig. 2.1. Modelo simplificado de corrosión:

a) Química.

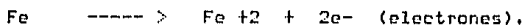
b) Electroquímica.

2.2.1 PROCESO DE CORROSIÓN.

La reacción electroquímica que resulta en la corrosión implica el flujo de corriente a través de un circuito eléctrico cerrado. El circuito eléctrico del proceso de corrosión consiste en cuatro partes:

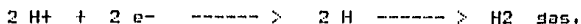
a) Ánodo.

Se denomina así al electrodo negativo (13), es decir, el electrodo que dentro del sistema químico recibe electrones de este, cediéndolos al exterior. A este fenómeno se le conoce como oxidación; sin embargo, trasladado al caso del hierro o cualquier metal, se conoce como corrosión:

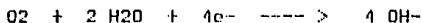


b) Cátodo.

Es el electrodo positivo, o sea el que dentro del sistema químico cede electrones a éste, recibiendo los del exterior. Este proceso equivale a una reacción de reducción. En ausencia de oxígeno y en soluciones ácidas, la reacción puede ser:



ó en soluciones neutras o alcalinas, con oxígeno presente:



c) Electrólito.

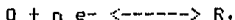
Es toda la sustancia que es conductora de la electricidad y puede estar asociada total o parcialmente en sus iones cuando se disuelve en un disolvente. La capacidad conductora de la solución va a ser directamente proporcional a la concentración de iones en la misma. Así mismo, el transporte de la energía eléctrica implica transporte de masa.

d) Conductor electrónico.

En este tipo de conductores están comprendidos principalmente los metales y aleaciones. La corriente pasa a través de ellos sin desplazamiento de materia. En este caso, el ánodo y el cátodo actuarían como conductores externos en el sistema redox.

2.3.- CINÉTICA ELECTROQUÍMICA: REACCIONES DE ELECTRODO.

Reacciones elementales en un electrodo pueden dividir el flujo de corriente en un circuito eléctrico externo, sólo si los electrones son adicionados o tomados del electrodo. Tal reacción elemental de electrodo se expresa como:



Donde O representa alguna especie reducible en la solución, R representa alguna especie oxidable en la solución, y el coeficiente estequiométrico n es el número de electrones transferidos en cada reacción elemental sucedida. Al menos uno, de R y O, debe ser ión, y frecuentemente ambos lo son. Un ejemplo es:



Por cada mol de electrones transferidos cuando la reacción procede hacia adelante, una carga total negativa $Q = nF$, fluye del circuito externo, donde F es la carga eléctrica de un mol de electrones, igual a 96,487 coulombios. La velocidad neta de la reacción general por unidad de área A de electrodo, será:

$$R_{\text{net}} = -dn_0/dt.$$

Dónde " n_0 " es el número de moles de O que son reducidos en un cm^2 de la superficie del electrodo. El flujo de corriente en el circuito externo es:

$$i_{\text{net.}} = dQ / dt.$$

Puesto $dQ/dt = nFA(dn_0/dt)$, la corriente y la velocidad neta de la reacción son proporcionales una a la otra:

$$i_{\text{net.}} = nFA R_{\text{net.}}$$

En electroquímica es conveniente considerar la corriente neta como la suma algebraica de corrientes causadas por las reacciones hacia adelante y atrás, que son la reducción y oxidación respectivamente. La corriente resultante de la reacción en la dirección reducción es llamada corriente catódica:

$$i_c = nFA R_{\text{red.}}$$

La corriente resultante en la dirección oxidación es llamada corriente anódica:

$$i_a = nFA R_{ox}$$

El flujo de corriente neta es entonces:

$$i_{net} = i_c - i_a = nFA (R_{red} - R_{ox})$$

Para propósitos de explicación de ésta, tomaremos la reacción más sencilla, de manera que las velocidades sean de primer orden con respecto a la concentración:

$$R_{red} = K_{red} [O]^{x=0}, R_{ox} = K_{ox} [R]^{x=0}$$

El subíndice $x=0$ indica que las velocidades dependen de las concentraciones en la interfase electrodo-disolución, puesto que las velocidades R_{red} y R_{ox} están en moles/(cm² s), las constantes K_{red} y K_{ox} son en cm/s.

2.4.- TRATAMIENTO CINÉTICO, ECUACIONES DE TAFEL.

Un tratamiento cinético de las reacciones electroquímicas en régimen de transferencia de carga, es el criterio de la reversibilidad. La interfase electrodo disolución se comporta como un condensador debido a la adsorción de cargas de distinto signo. Si un electrodo metálico se carga positivamente, los iones negativos de la disolución son atraídos hacia la superficie de éste, repartiéndose en un plano homogéneo. Algunos autores dicen que la capa debe ser un poco más irregular, Stern (9) reafirmó

estas teorías y dijo que la doble capa debería estar formada por una primera capa de 2 a 3 andstroms y más allá de esta capa, una más irregular, con un espesor de unos 100 andstroms, y en la cual habrá un exceso de iones de un signo con respecto a la concentración en el seno de la disolución. Teniendo así una primera capa compuesta y una segunda capa difusa.

Por lo tanto, la energía de activación tendrá una contribución química y otra debido a la doble capa de tipo eléctrico, así tenemos:

$$a) \Delta H_{ox} = \Delta H_{ox} - \alpha nFE.$$

$$b) \Delta H_{red} = \Delta H_{red} + \beta nFE.$$

Para potenciales de electrodo diferentes a los de equilibrio, E diferente que E_{eq} , tenemos que:

$$i = i_t + i_- = i_0 * (\exp(\alpha nFN/RT) - \exp(-\beta nFN/RT)) \quad \dots \quad 2.1.$$

Donde:

$$i_- = i_0 * (\exp(-\beta nFN/RT)) \quad \text{intensidad c\acute{a}todica} \quad \dots \quad 2.2.$$

$$i_t = i_0 * (\exp(\alpha nFN/RT)) \quad \text{intensidad \u00e1nodica} \quad \dots \quad 2.3.$$

Aquí, N es el sobrepotencial de electrodo, alfa y beta son dos coeficientes de transferencia que se explicarán más adelante. Si aumentamos los valores absolutos de la sobretensión, uno de los dos se hace despreciable respecto al otro; por ejemplo: aumentando la

sobretensión negativa, la corriente anódica se hace despreciable respecto a la cátodica, quedando pues:

$$i = - i_0 \exp(-\beta n F N / RT) \quad \dots\dots\dots 2.4.$$

tomando logaritmo de la expresión anterior:

$$\ln(i) = \ln(i_0) - \beta n F N / RT \quad \dots\dots\dots 2.5.$$

$$N = RT / \beta n F \ln(i_0) - RT / \beta n F \ln(i) \quad \dots\dots\dots 2.6.$$

Linearizando, obtenemos una ecuación de la forma siguiente:

$$N = a - b \ln(i) \quad \dots\dots\dots 2.6.1$$

Si por el contrario, se aumenta la sobretensión positiva, un razonamiento semejante conduce a la expresión:

$$N = -RT / \alpha n F \ln(i_0) + RT / \alpha n F \ln(i) \quad \dots\dots\dots 2.7.$$

y, finalmente, obtenemos:

$$N = a' + b' \ln(i) \quad \dots\dots\dots 2.8.$$

En ambos casos se obtiene la llamada ecuación de Tafel, donde los coeficientes alfa y beta deben cumplir:

$$\alpha + \beta = 1 \quad \dots\dots\dots 2.9.$$

O sea:

$$\beta = 1 - \alpha \quad \dots\dots\dots 2.10.$$

Despejando de las ecuaciones 2.7 y 2.8, los coeficientes α y β :

$$\beta = RT/nFN (\ln(i_0) - \ln(i)) \quad \dots\dots\dots 2.11.$$

$$\alpha = RT/nFN (\ln(i) - \ln(i_0)) \quad \dots\dots\dots 2.12.$$

Estos coeficientes, β y α , nos indican el grado de reversibilidad (o irreversibilidad) del proceso electroquímico en cuestión y, para ello, suele representarse gráficamente la ecuación de Tafel o mejor representar $\log(i)$ en función de la sobretensión, como se muestra en la figura 2.2.

En ella se observa cómo, por extrapolación, puede obtenerse el valor de la corriente a una sobretensión nula. Esta es la llamada corriente de canje i_0 . En realidad, la ecuación de Tafel solamente es válida para valores de N positivos o negativos finitos, pero no próximos a cero, puesto que i neta en el equilibrio es cero y $\log(i)$ tiende a infinito, y la figura, como se puede observar, no es lineal sino asintótica con el eje $\log(i)$, el valor de i_0 obtenido por las ecuaciones de Tafel a $N=0$, es igual al valor absoluto de las corrientes parciales de oxidación y reducción adscrito en el equilibrio electroquímico.

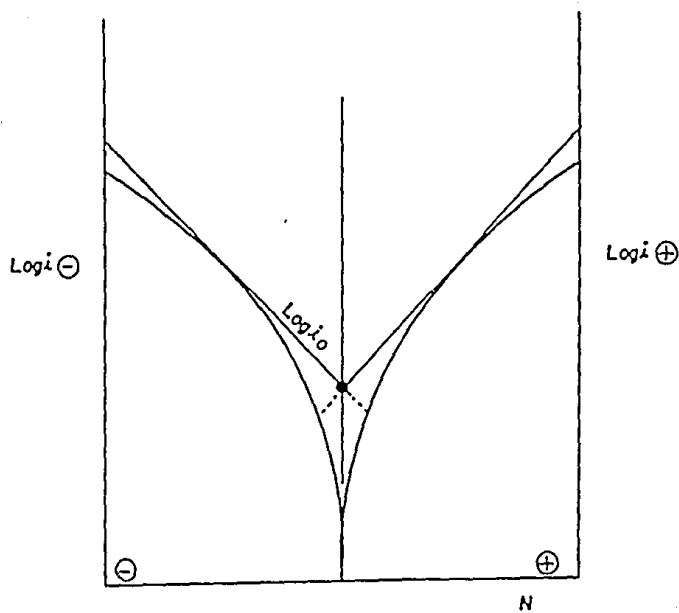


Fig. 2.2. Gráfica de las ecuaciones de Tafel

2.5.- DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD DE CORROSIÓN.

2.5.1 INTRODUCCIÓN.

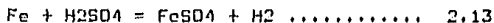
La naturaleza electroquímica de la corrosión, sería sólo de interés académico, si el ingeniero en corrosión no previene un método para la determinación de la velocidad de corrosión.

El método gravimétrico estándar o de pérdida de peso, basado en la diferencia de pesos cuando un metal se expone a un medio corrosivo, provee una información bastante aceptable de la velocidad de corrosión y es ampliamente usado en la investigación, en sistemas de corrosión de importancia industrial. La velocidad de corrosión así obtenida es una velocidad promedio en un largo tiempo de contacto con el medio corrosivo, para poder detectar la pérdida de peso, con balanzas analíticas de gran precisión.(5).

La elegancia de las técnicas electroquímicas, radica en que se requiere un corto tiempo (por ejemplo una hora), para determinar velocidades de corrosión, sin embargo, hay que considerar que las velocidades así obtenidas son velocidades instantáneas, que pueden variar de un periodo de tiempo a otro.

2.5.2 VELOCIDAD DE CORROSIÓN

Considerando la reacción del hierro en ácido sulfúrico para formar sulfato ferroso:



Esto es la naturaleza electroquímica de la corrosión de aquí siguiendo el proceso anódico.



O para el proceso cático.



En este proceso electroquímico, tiene una corriente electroquímica equivalente I en amperes de:

$$I = F n \dots\dots\dots 2.16$$

Aquí, F es faraday (96487 coulombs/equi) y n es el número de pesos equivalentes reaccionados por segundo. Si V_c es la velocidad de corrosión del metal, en gramos por segundo, y M es el peso equivalente, la ecuación 2.16 se puede escribir como:

$$V_c = I M / F \dots\dots\dots 2.17$$

En términos más comunes, en la ingeniería de corrosión con densidad de corriente i micro Ω /cm², la velocidad de reacción tomada por la ecuación (2.17) cambia:

$$V_c = 0.129 i M/D \text{ mil/año} \dots\dots\dots 2.17A$$

Donde D es la densidad del metal g/cm^3 y mil son milésimas de pulgada. Por facilidad, se sustituye:

$$D = 7.87 \text{ g/cm}^3.$$

$$M = 55.847/2 \text{ g/equi.}$$

Sustituyendo estos valores en la ecuación 2.17A, y realizando operaciones tenemos:

$$V_c = .00116154 i. \quad \dots\dots\dots 2.18$$

Así, la velocidad de corrosión se expresa en mm/año.

Que en este trabajo es como será reportada, para la interpretación de los resultados se manejará la ecuación 2.18 sustituyendo el valor de la corriente en dicha ecuación.

2.6- TÉCNICAS ELECTROQUÍMICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN EN MEDIOS ACUOSOS.

2.6.1.- ECUACIÓN DE TAFEL

Como se dijo anteriormente, Tafel estableció sus ecuaciones en 1906.(6). En ellas, la corriente I equivale a la velocidad de una reacción de electrodo simple sobre una superficie del metal. Esta corriente se relacionó con el potencial del metal por dicha ecuación: $E = a + b \text{ Log}(I)$, donde E es el potencial medido con respecto a un electrodo de referencia seleccionado. "a" y "b" son constantes. La ecuación de Tafel se ha confirmado

experimentalmente, con una amplia variedad de reacciones ánódicas y cátodicas. Las constantes a y b se determinan teóricamente en base a mecanismos de reacción. Para el propósito de este trabajo, la pendiente de Tafel:

$$b = dE/d\log(I).$$

Considerando una cantidad característica de experimentos, la constante BA será la pendiente para un proceso ánódico particular, o (BC) para un proceso cático, no una cantidad teórica constante para una reacción modelo. Ver figura 2.2, en la página 23.

2.6.2.- ECUACIÓN GENERAL DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN EN METALES.

Wagner y Traud (7), desarrollaron una ecuación que relaciona la corriente I con el potencial del electrodo E:

$$I = +/- ICORR [e^{2.3(E-Ec)/BA} - e^{-2.3(E-Ec)/BC}]. \quad 2.19$$

En este trabajo, a partir de esta ecuación, se harán los cálculos de velocidad de corrosión calculando los parámetros BA, BC e ICORR, para cada proceso de corrosión, y sustituyendo en la ecuación 2.18 para calcular la velocidad de corrosión. Una gráfica representativa de la relación I/E se muestra en la figura 2.3, en la página 31.

Los signos de la ecuación 2.19 indican el lado de la gráfica para respetar el valor positivo de la corriente, según se trate del proceso cático o ánódico.

2.6.3.- MÉTODO DE LOS TRES PUNTOS

En 1970 se desarrolló un método para calcular los parámetros a partir de sólo 3 mediciones de relaciones I/E. (8).

Esto es, se fijan condiciones, y, se miden los tres pares de datos para corriente y potencial (I/E)

De aquí se puede calcular BA, BC y ICORR, localizando estos 3 valores, el primero a $DE = E - E_c$, (Potencial medido menos potencial de corrosión), el segundo a $2DE$, y el tercero a $-2DE$, y sus respectivos valores I, como se muestra en la figura 2.3, en la página 31.

A partir de estos valores se hace un desarrollo algebraico sustituyendo en la ecuación 2.19, se plantean tres ecuaciones en base a tres variables que desconocidas : ICORR, U y V.

Se resuelven estas ecuaciones y se encuentran los parámetros de este proceso de corrosión.

Planteamiento:

$$\frac{I(DE)}{ICORR} = e^{\dagger} \frac{DE}{BA} - e^{\dagger} \frac{-DE}{BC} = U - V \quad \dots 2.20$$

$$\frac{I(2DE)}{ICORR} = e^{\dagger} \frac{2DE}{BA} - e^{\dagger} \frac{-2DE}{BC} = U^2 - V^2 \quad \dots 2.21$$

$$\frac{I(-2DE)}{ICORR} = e^{\dagger} \frac{-2DE}{BA} - e^{\dagger} \frac{2DE}{BC} = U^{-2} - V^{-2} \quad \dots 2.22$$

Haciendo 2 relaciones tenemos:

$$R1 = \frac{I(2DE)}{I(-2DE)} = \frac{U^2 - V^2}{U^{-2} - V^{-2}} = \frac{U^2 - V^2}{\frac{1}{U^2} - \frac{1}{V^2}}$$

$$R1 = \frac{U^2 - V^2}{\frac{-(U^2 - V^2)}{U^2 V^2}} = -U^2 V^2$$

Considerando que los valores de U y V pueden ser negativos--
o positivos, pero elevados al cuadrado son siempre positivos,
tenemos que R1 queda como:

$$R1 = U^2 V^2 \quad \dots 2.23$$

La segunda relación es:

$$R2 = \frac{I(2DE)}{I(DE)} = \frac{U^2 - V^2}{U - V} = \frac{\cancel{(U - V)}(U + V)}{\cancel{(U - V)}}$$

$$R2 = U+V \quad \dots\dots\dots 2.24$$

Por medio de estas dos ecuaciones, y simplificando, se llega a una ecuación cuadrática:

$$0 = U - R2 U + \sqrt{R1} \quad \dots\dots\dots 2.25$$

De esta ecuación encontrando las raíces se calcula los valores de U y V que, a su vez, sustituidos en la ecuación 2.20 permiten encontrar BA y BC, para luego sustituyendo en la ecuación 2.19, los valores conocidos para un punto I/E, encontramos ICORR y así se puede calcular la velocidad de corrosión. Figura 2.3

2.6.4.- POLARIZACIÓN LINEAL

También conocida como "resistencia a la polarización", (Ref. No.9), esta técnica se realiza generalmente en un rango de potencial de ± 25 mV. sobre E_c (Potencial de corrosión).

Como la corriente neta es la diferencia entre las corrientes de oxidación y reducción, la corriente medida con un mecanismo externo será cero.

$$I_{med} = i_o - i_r = 0 \text{ a } E_c \quad \dots\dots 2.26$$

entonces

$$I_{CORR} = i_o = i_r$$

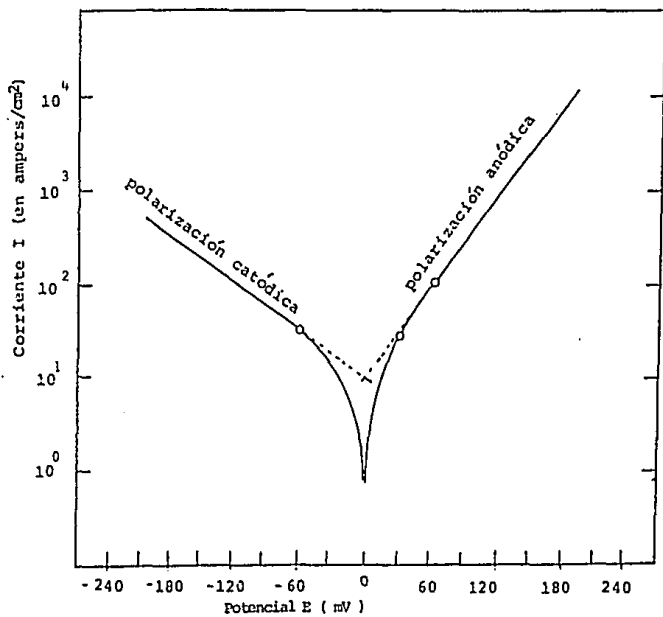


Fig. 2.3. Plantamiento de Tres Puntos en las curvas de Polarización.

Para calcular la velocidad de corrosión, debe determinarse la ICORR. Cuando un potencial es impuesto sobre un espécimen metálico con una fuente de voltaje externa, tal como un potencióstato, una corriente fluirá de acuerdo con la siguiente ecuación.

$$I_{med} = i_o - i_r \quad \dots\dots 2.27$$

Las corrientes ánódica y cátodica obedecen las ecuaciones de Tafel

$$E - E_c = BA \text{ Log}(i_o/ICORR) \quad \dots\dots 2.28$$

$$E - E_c = -BA \text{ Log}(i_r/ICORR) \quad \dots\dots 2.29$$

Donde:

$E-E_c = N =$ Sobrevoltaje, la diferencia entre el potencial aplicado al espécimen y el potencial de corrosión.

Reacomodando las ecuaciones 2.28 y 2.29 tenemos:

$$\text{Log}(i_o/ICORR) = N/BA \quad \dots\dots 2.30$$

$$\text{Log}(i_r/ICORR) = -N/BA \quad \dots\dots 2.31$$

Acomodando según la ley de los logaritmos.

$$i_o = ICORR \quad 10^{\frac{N}{BA}} \quad \dots\dots 2.32$$

$$i_r = ICORR \quad 10^{\frac{-N}{BA}} \quad \dots\dots 2.33$$

sustituyendo en la ecuación 2.27

$$I_{med} = ICORR \left(10^{\frac{N}{BA}} - 10^{\frac{-N}{BC}} \right) \quad \dots\dots\dots 2.34$$

Como se puede aproximar el valor:

x

$$10^x = 1 + 2.3 x + (2.3x)^2/2! + \dots + (2.3x)^n/n!$$

Si x en estas series es pequeño, el tercer término y último término pueden ser omitidos, sin error significativo. Nos da:

$$I_{med} = +/- 2.3 ICORR N (BA + BC)/BA BC$$

Esta ecuación solo es válida si la suposición tomada en la serie de potencias es válida, esto es, N/B sea un valor pequeño. Un valor típico de B es 100 mV/decada, esto es, en gráfica semilogarítmica, y el sobrevoltaje deberá ser menor de 10 mV.

De este método, sólo se utiliza la ecuación 2.34 para las soluciones iterativas.

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DE PROGRAMAS

3.1.- OBJETIVOS

En el desarrollo de los programas de esta tesis se pensó en hacer un programa que:

1) Tuviere mayor efectividad dado que anteriormente se tenían que eliminar algunos datos de las series I,E para obtener resultados más satisfactorios.

2) Que ahorrara tiempo, ya que los programas conocidos como el programa "CORFIT", en algunas ocasiones tardó hasta 40 minutos de tiempo de máquina, esto quiere decir que son demasiadas las iteraciones, y en muchas de estas, aunque tarde tanto tiempo, los resultados no son valores congruentes.

Pensando en esto, se desarrollaron los programas que a continuación serán descritos, y que posteriormente se verán las diferencias con los programas con que se contaba anteriormente.

3.2.- MÉTODOS UTILIZADOS.

3.2.1.- MÉTODO DE LOS TRES PUNTOS IMPLEMENTADO.

En los programas anteriores se tenían métodos iterativos, con valores iniciales de los parámetros cinéticos BA,DC e ICORR, por lo que, en un principio fue difícil suponer el valor inicial

apropiado, pero con la experiencia, estos valores fueron supuestos.

El método de los TRES PUNTOS anteriormente descrito, sección 2.6.3 no necesita de valores iniciales, ya que con sólo tres pares de datos I, E, obtiene los valores de los parámetros.

En ocasiones se utilizó el método de los TRES PUNTOS para hacer una experimentación y medir los tres puntos necesarios, luego calcular los parámetros y hacer varias mediciones de estos mismos datos, para obtener repetibilidad y confiabilidad en los parámetros.

Aquí el método de los TRES PUNTOS tiene unas modificaciones descritas enseguida, y que luego se verán las ventajas que se obtuvieron cuando se compara con los métodos iterativos;

1.- Probando varias series de valores de tres puntos (10);

- a) DE, 2DE, -2DE
- b) DE, 2DE, - DE
- c) DE, - DE, -2DE
- d) -DE, -2DE, -3DE
- e) DE, 2DE, 3DE

Los valores de DE son E-Ec (potencial menos potencial de corrosión), todos estos valores deben ir acompañados de sus respectivos valores de corriente.

2.- De una curva de Polarización se obtienen varias series de valores de tres puntos. Para que se entienda más claro, se hará un ejemplo con una curva de polarización supuesta:

Teniendo los siguientes datos de Potencial y corriente, y tomando el potencial de corrosión como cero:

E(mV)	I(mA)	E(mV)	I(mA)
5	80	- 5	30
10	90	-10	35
15	100	-15	40
20	110	-20	45
25	120	-25	50
30	130	-30	55
35	140	-35	64
40	150	-40	75
45	160	-45	88

En base a la relación de tres puntos del inciso a), se obtienen las siguientes series de valores I/E.

Serie	DE	I(DE)	2DE	I(2DE)	-2DE	I(-2DE)
1	5	80	10	90	-10	35
2	10	90	20	110	-20	45
3	15	100	30	130	-30	55
4	20	110	40	150	-40	75

Para poder calcular los parámetros BA, BC y ICORR se hace un planteamiento como el que se hizo en el la sección 2.6.3, y así obtener dichos parámetros, con ecuaciones para los cinco diferentes versiones de método de tres puntos.

De la anterior curva de polarización, por el primer inciso se obtienen 4 cálculos de parámetros, por el segundo y tercero, también 4, por el cuarto y quinto se obtienen 3, que en total serán 18 parámetros calculados de datos experimentales, y para elegir cuál de estos 18 valores es el de menor error, tenemos que obtener una variable de referencia.

De la ecuación general de velocidad (2.19) podemos obtener valores de corriente, sustituyendo los parámetros calculados y el valor del potencial, de aquí podemos comparar que parámetros se acercan más a la curva experimental, calculando la desviación promedio de todos los datos, por la siguiente ecuación:

$$\text{DESV}(\%) = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{I(\text{experimental}) - I(\text{calculada})}{I(\text{experimental})}}{n} \times 100 \quad \dots 3.1$$

Donde n = número de datos.

Se calculan todas las desviaciones para el total de parámetros calculados y se elige la serie de parámetros que tenga la menor desviación.

En otras palabras, de los posibles 18 series de parámetros calculados se graficarán 18 curvas de polarización, y comparando punto a punto se elija a la de menor separación con la experimental, teniendo una estimación del proceso de corrosión detectado por el sistema.

3.2.2.- MÉTODO ITERATIVO.

Este método, fue probado para ajustar más los valores obtenidos por el método de los tres puntos, a la ecuación general de corrosión (2.19), Pág. 27.

Tiene como fundamento el método de Newton (11). Para iterar y obtener una solución más cercana al valor experimental, pero en los archivos probados, en la mayoría este método no obtuvo resultados, así que solo se presenta como un método complementario.

Este método tiene el siguiente fundamento: dada una función $F(x)=0$, en donde cumple cuando $x=r$, para conocer este valor se aproxima a r por medio de la siguiente ecuación, suponiendo el valor inicial de x .

$$F(x+d) = F(x) + F'(x)d$$

Donde:

$x+d$ es una aproximación a la solución ($x=s$) mejor que x .

Haciendo un planteamiento de este tipo con los valores de BA, BC e ICORR, se obtienen, en algunos casos, valores más cercanos a la solución.

3.3.- ALGORITMOS Y DIAGRAMAS DE FLUJO

En esta parte se describirá el algoritmo y enseguida se presentará el diagrama de flujo correspondiente:

PROGRAMA PRINCIPAL: "TESIS"

Este programa solamente maneja toda la información dado que siendo una serie de subrutinas, es más conveniente manejarlo de esta forma, porque si se hace un solo programa, es muy largo y hay demasiado trabajo para correr determinada parte del programa; por esto y por tratar de hacer una programación más estructurada se maneja de la forma siguiente:

1.- Llama a la subrutina MENUDAT y redresa con un valor de la variable OPC1 que es la opción de la forma como se deben alimentar los datos.

2.- Llama a la subrutina DATUND y redresa con la variable NOMBRE que es la identificación del archivo de los datos I/E en la computadora.

3.- Llama a la subrutina TRESPUNTOS y regresa con los valores de los parámetros y si no obtuvo ningun valor, va hasta el Paso No.5.

4.- Llama a la subrutina ITERACIONES y ajusta los valores de los parámetros, por el método de Newton para la ecuación 2.34, regresando con unos nuevos valores, si este método converge y si no converge regresa solo los valores iniciales.

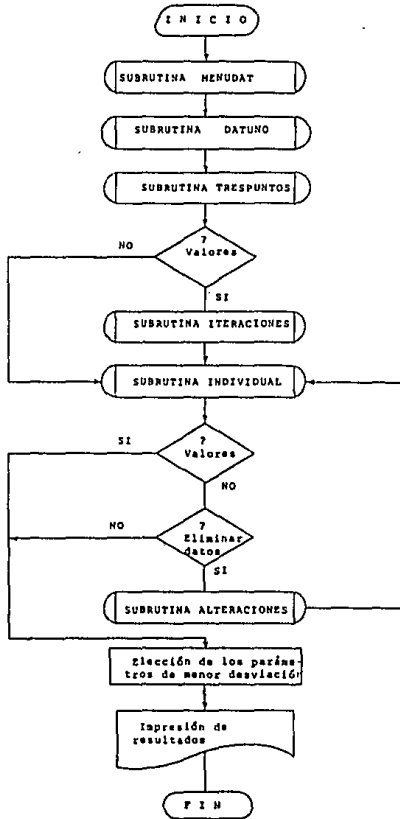
5.- Llama a la subrutina INDIVIDUAL que calcula nuevos valores de parámetros cinéticos y si no pasa a la subrutina ALTERACIONES.

6.- De los parámetros cinéticos calculados por las subrutinas anteriores se encuentra el de menor desviación.

7.- Se calcula la velocidad de corrosión a partir de la ecuación 2.18.

8.- Imprime los valores de los parámetros elegidos.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA TESIS



SUBROUTINA: "MENU DAT"

Esta subrutina despliega en pantalla un mensaje para mostrar las instrucciones del uso del programa principal, junto con el menú para el manejo de datos y pide una opción para trabajar con dicho menú. Además que tiene una protección en caso de elegir un número diferente de los propuestos por el menú en ese caso despliega de nuevo el menú.

La secuencia es la siguiente;

1.- Despliega una nota aclaratoria para el uso del programa principal.

2.- Muestra el menú de las opciones, 3 en total.

(1)- No se tienen ni se desean guardar los datos.

(2)- No se tienen y se desean guardar los datos.

(3)- Se tienen guardados los datos.

3.- Acepta la variable OPC1.

4.- Compara la variable con los valores de las opciones, si es diferente de estos despliega un mensaje de error y redresa al paso No.2, pero si es igual continúa.

5.- Regresa al programa principal.

SUBROUTINA: "DATUNO"

Esta subrutina maneja la opción de la subrutina anterior para manejar los datos; puede adquirir los datos o leerlos de un archivo en la computadora; además hace un sorteo para ordenarlos de menor a mayor con respecto al potencial; y compara que los valores cumplan con ciertas características.

La secuencia es la siguiente:

1.- Compara el valor de la variable OPC1, si es igual a (1) asigna un nombre a la variable NOMBRE.

2.- Si la opción fue diferente de (1), presunta la variable NOMBRE, que es la identificación del archivo de datos.

3.- Si la opción es igual a (3) va a el paso No.5

4.- Abre un archivo de datos con la identificación de la variable NOMBRE, y al estar alimentando los datos los compara para que el potencial no sea igual a cero ni la corriente menor de cero; si lo son descarta ese dato, y sigue en el paso No.6.

5.- Lee todos los datos del archivo NOMBRE.

6.- Todos los datos los ordena de menor a mayor potencial.

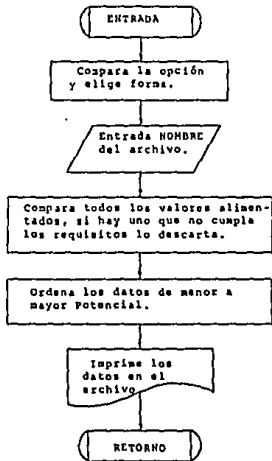
7.- Almacena los datos en un archivo identificado por la variable NOMBRE.

B.- Regresa al programa principal.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA MENUDAT



DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA DATUNO.



SUBROUTINA: 'TRESPUNTOS'

En esta subrutina calcula valores por los diferentes métodos y elige sólo la de menor desviación para retornar al programa principal.

La secuencia es la siguiente:

1.- Calcula parámetros de corrosión por el primer método, la subrutina TRESP1.

2.- Calcula parámetros de corrosión por el segundo método, la subrutina TRESP2.

3.- Calcula parámetros de corrosión por el tercer método, la subrutina TRESP3.

4.- Calcula parámetros de corrosión por el cuarto método, la subrutina TRESP4.

5.- Calcula parámetros de corrosión por el quinto método, la subrutina TRESP5.

6.- Confirma si por todos los métodos se calcularon valores de los parámetros (la suma de los valores de IFA > 0) si no obtuvo sigue en el paso No.9, de lo contrario continúa.

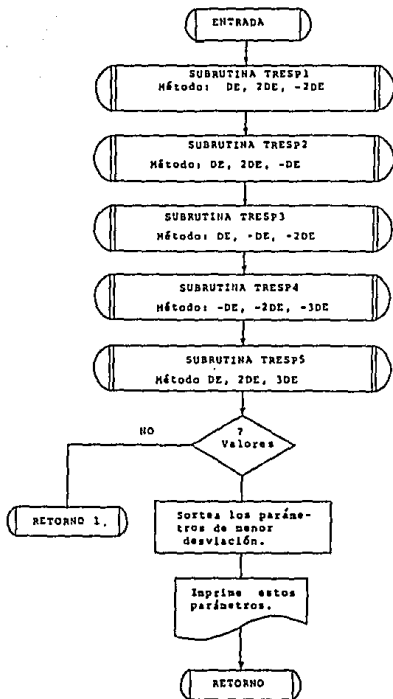
7.- De los parámetros calculados se elige el de menor desviación.

8.- Regresa al programa TESIS.

9.- Despliega un mensaje indicando que por los métodos probados no se logró realizar ningún cálculo.

10.- Retorna al programa principal.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA TRES PUNTOS.



SUBROUTINA: 'TRESP1'

Mediante esta subrutina se calculan parámetros teniendo como series de los tres puntos DE, 2DE, -2DE; para lo cual se presenta el siguiente proceso:

1.- Lectura del número de datos del archivo y de los valores de la serie I/E.

2.- Cálculo del número de estimaciones que puede realizarse con los datos del archivo, en base a la cantidad con potencial negativo, o positivo, del que sea menor se divide sobre 2, la cantidad entera que resulte es el número de cálculos.

3.- Secuencia para encontrar los parámetros de corrosión, sobre los datos del archivo siguiendo el planteamiento de la sección 2.6.4, probando que, que un valor del cual se obtendrá su raíz cuadrada, no debe ser negativo, de lo contrario se deja de procesar esa determinada serie de tres puntos.

4.- Calcula los parámetros y llama a la subrutina DESVIA para calcular la desviación según la ecuación 3.1.

5.- Continúa con la siguiente serie hasta agotarlas.

6.- Prueba que se hallan calculado parámetros de lo contrario la

variable IFA llevará un valor de cero para la subrutina TRESPUNTOS, y sigue al Paso No.8.

7.- De todos los parámetros calculados se elige el de menor desviación, y la variable IFA llevará el valor de 1.

8.- Regresa a la subrutina TRESPUNTOS.

SUBROUTINA: 'TRESP2'

SUBROUTINA: 'TRESP3'

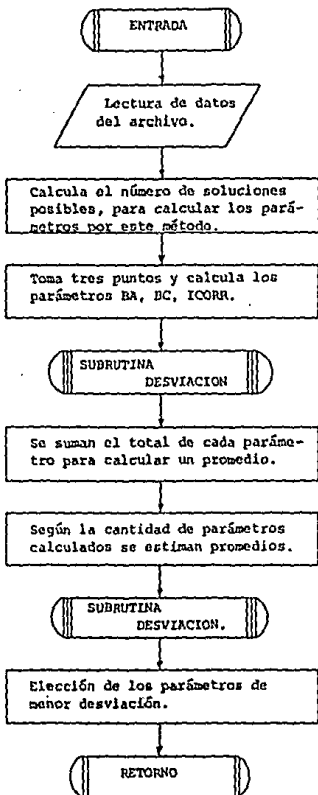
SUBROUTINA: 'TRESP4'

SUBROUTINA: 'TRESP5'

Todas tienen el mismo procedimiento, sólo se alteran las series, y los valores de los trespuntos sección 3.2.1, Pág. 34.

Por lo que si se quiere comprender más ampliamente se sugiere ver los listados de dichas subrutinas en el apéndice A.

DIAGRAMA DE FLUJO SUBROUTINA TRESP1



SUBROUTINA: *ITERACIONES*

Mediante esta subrutina los valores de BA, BC, e ICORR, se ajustan a la ecuación general, mediante el método iterativo de Newton, y se obtienen nuevos valores que regresan al programa principal.

La secuencia de cálculo es la siguiente:

1.- Se leen los valores de la serie I/E con la que se está trabajando.

2.- Los parámetros de corrosión se asignan a nuevas variables con el fin de ir modificando dichas variables a medida que se va realizando el proceso.

3.- Calcula la derivada de la corriente en la ecuación 2.34 con respecto a cada parámetro, BA, BC, e ICORR, y también la corriente que se obtendría si se sustituyeran los valores en la ecuación mencionada. Junto con su diferencia del valor experimental, todo esto para cada punto.

4.- Si para todos los puntos la diferencia fue menor de 0.1 se termina el proceso y los valores de los parámetros son los que se aceptan; resresa al programa TESIS con los valores.

5.- En base a los derivadas se plantean tres ecuaciones, agrupando en cada grupo tendrá la suma de las derivadas de la tercera parte; el diferencial de cada parámetro se calcula por medio de matrices para las tres ecuaciones.

6.- Los diferenciales se prueban si son menores de .01 entonces pasa al paso No.4. de lo contrario modifica los valores de los parámetros y continua.

7.- Se comparan los parámetros si alguno de ellos es mayor de $1E07$ o menor de cero , envia un mensaje y resresa al programa principal.

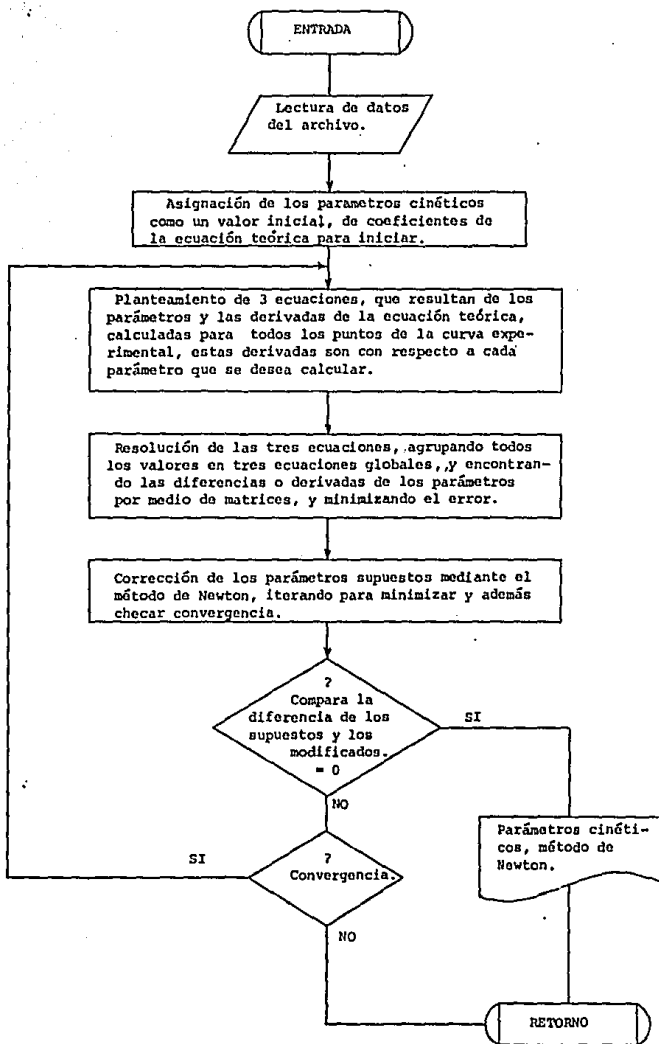
SUBROUTINA: 'INDIVIDUAL'

En esta subrutina el proceso que se sigue es el mismo que en la de ITERACIONES. Con algunos cambios;

En esta subrutina puede entrar el programa principal despues de la subrutina TRESPUNTOS cuando no realizó ningún cálculo, entonces se suponen los valores de los parámetros. Otra forma de llamar a esta subrutina es despues de ITERACIONES y comienza a realizar el proceso por duplicado si ITERACIONES obtuvo algún valor.

Otra diferencia es que esta subrutina realiza con cada serie de parámetros doblemente porque lo hace para el proceso ánodico y cátodico.

DIAGRAMA DE FLUJO SUBROUTINA ITERACIONES



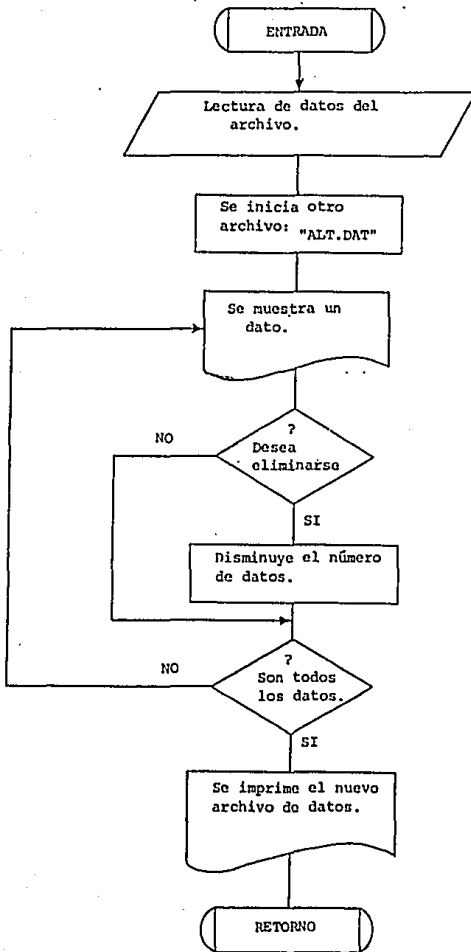
SUBROUTINA: 'ALTERACIONES'

Esta subrutina en la prueba de los experimentos probados no fue necesaria, pero como se pensó en todas las probabilidades, se desarrolló este proceso con el fin de que, en dado caso que ninguno de los procesos propuestos obtenga resultados, pueda eliminarse datos, pero sólo durante el uso del programa, ya que el archivo original no se modifica.

La secuencia es la siguiente:

- 1.- Se leen los datos del archivo original.
- 2.- Se modifica la variable NOMBRE para crear otro archivo con la nueva serie de datos modificada.
- 3.- Los datos son desplegados en la pantalla para elegir si se elimina o no, uno por uno.
- 4.- Si es afirmativa la respuesta, se elimina el dato y se modifica la cantidad total de datos.
- 5.- Al finalizar despliega la cantidad de datos descartados.
- 6.- El nuevo archivo se imprime en la memoria de la computadora.

DIAGRAMA DE FLUJO SUBROUTINA ALTERACIONES.



SUBROUTINA: "DESVIA"

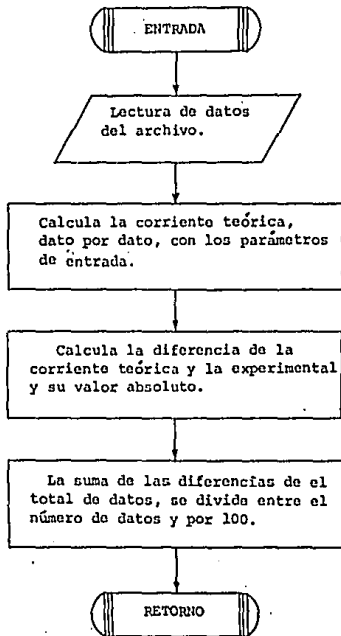
La última subrutina se utiliza en las subrutinas TRESP1 a la TRESP5, además en ITERACIONES e INDIVIDUAL, por lo que es importante su función dentro del programa principal.

Este proceso calcula la desviación a partir de la ecuación 3.1 con los valores de BA, BC, ICORR que se alimentan, y retorna con el valor de desviación calculado.

EL proceso de cálculo es el siguiente:

- 1.- Lectura de los datos I/E.
- 2.- Cálculo de la corriente teórica a partir de la ecuación 2.34 y los valores de BA, BC, e ICORR, para cada potencial.
- 3.- Se calcula la desviación.
- 4.- Retorna a la subrutina fuente.

DIAGRAMA DE FLUJO SUBROUTINA DESVIA



CAPÍTULO 4

EXPERIMENTACIÓN.

4.1.- OBJETIVO.

Realizar pruebas electroquímicas de polarización con salmueras geotérmicas a alta presión y diferentes temperaturas, para probar el programa que se presenta en esta tesis, disminuir el error y acelerar el tiempo de cálculo, comparado con los programas ya publicados, para las curvas de polarización electroquímica en sistemas de corrosión con medios acuosos distintos a los geotérmicos.

4.2.- PLAN DE PRUEBAS.

Se hicieron 25 pruebas de polarización con salmueras de tres diferentes pozos, con cuatro diferentes aceros usados en las tuberías, todas las pruebas fueron a 170 atmosferas de presión y a cuatro diferentes temperaturas.

De estas pruebas se obtuvieron la misma cantidad de curvas de polarización que a su vez generaron 25 archivos de datos ya que se digitalizaron y fueron almacenadas en la computadora VAX. Para identificar los archivos de datos se les llamó según sus características, como se muestra en la tabla 4.1.

Tabla. 4.1

Denominación de los Archivos de Datos
y sus Condiciones de Prueba.
Nota: Todos fueron a 170 atm.

ARCHIVO	POZO	ACERO	TEMPERATURA oC
C75A.Z18	AZUFRES-18	C-75	150
C75B.Z18	AZUFRES-18	C-75	200
J55A.Z18	AZUFRES-18	J-55	150
J55B.Z18	AZUFRES-18	J-55	200
J55C.Z18	AZUFRES-18	J-55	250
K55A.Z18	AZUFRES-18	K-55	150
K55B.Z18	AZUFRES-18	K-55	200
K55C.Z18	AZUFRES-18	K-55	250
L80A.Z18	AZUFRES-18	L-80	150
L80B.Z18	AZUFRES-18	L-80	200
C75C.Z40	AZUFRES-40	C-75	250
C75D.Z40	AZUFRES-40	C-75	25
J55C.Z40	AZUFRES-40	J-55	250
J55D.Z40	AZUFRES-40	J-55	25
K55C.Z40	AZUFRES-40	K-55	250
L80C.Z40	AZUFRES-40	L-80	250
C75B.H08	HUMEROS-08	C-75	200
C75C.H08	HUMEROS-08	C-75	250
J55A.H08	HUMEROS-08	J-55	150
J55B.H08	HUMEROS-08	J-55	200
J55C.H08	HUMEROS-08	J-55	250
K55B.H08	HUMEROS-08	K-55	200
K55C.H08	HUMEROS-08	K-55	250
L80B.H08	HUMEROS-08	L-80	200
L80C.H08	HUMEROS-08	L-80	250

A continuación se dará una descripción de los especímenes y equipos utilizados para realizar dichos experimentos.

4.3.- PREPARACION DEL ESPÉCIMEN.

También lo llamaremos electrodo de trabajo. A la tubería seleccionada se le corta un anillo de unos 5 cm de ancho, cuidando de no provocar un calentamiento excesivo y dañar la estructura del acero.

De este anillo se corta una sección de 1.5 cm. de grueso por lo ancho del anillo, torneándolo para acondicionarlo y dejarlo de la forma cilíndrica como se muestra en la figura 4.1. Teniendo unos 12 mm de largo, por 8.5 mm de diámetro.

Se forra con teflón encosible a alta temperatura dejando descubierta la superficie de trabajo para poder calcular su área.

Dar un acabado superficial al electrodo de trabajo con papel de lija (SiC) grado 600 para dejar la superficie libre de rayas excesivas.

4.4.- APARATOS.

Celda autoclave: Es un vaso de Hastelloy tipo 'C' de 1 litro de capacidad que tiene una chaqueta de calentamiento y un sistema de presurización con una bomba de desplazamiento positivo para mantener la presión durante la prueba y una alimentación de salmuera. Y además cuenta con una sistema de agitación para que se encuentre en estado de simulación de flujo de salmuera.

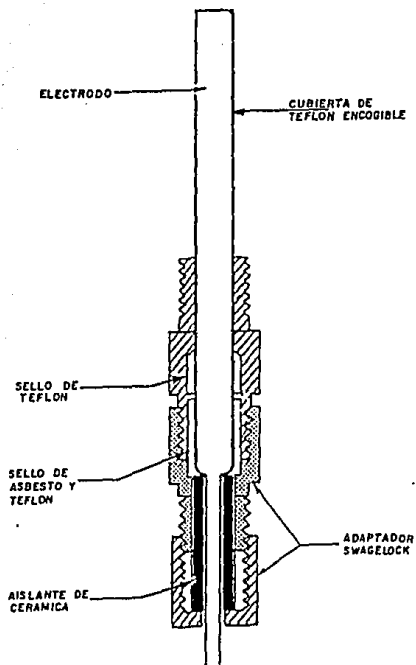


Fig. 4.1. PORTAELECTRODO.

Porta electrodos: Parte de la autoclave que sirve para montar los electrodos auxiliares, electrodo de referencia y el especimen o electrodo de trabajo, Fig. 4.1.

Potenciostato: Equipo para mantener un potencial de electrodo con 1 mV. de un valor prefijado sobre un amplio rango de corrientes aplicadas. El potenciostato debe dar una salida de corriente de hasta $1 \text{ E}+6$ microA.

Instrumento para Medición del de Potencial: Un circuito para la medición de potencial con una impedancia de entrada entre $1 \text{ E}+11$ y $1 \text{ E}+14$ ohms con la sensibilidad y precisión suficiente para detectar cambios de 1.0 mV. (12).

Electrodos auxiliares.: Son dos electrodos de acero inoxidable de 2 cm. de largo por 1 cm. de diámetro, montados de la misma manera que el electrodo de trabajo.

Electrodo de referencia: Electrodo Ag/AgCl modificado para trabajar a altas presiones y temperaturas.

Graficador: Sirve para registrar los datos potencial corriente en una gráfica X-Y en papel semilogarítmico.

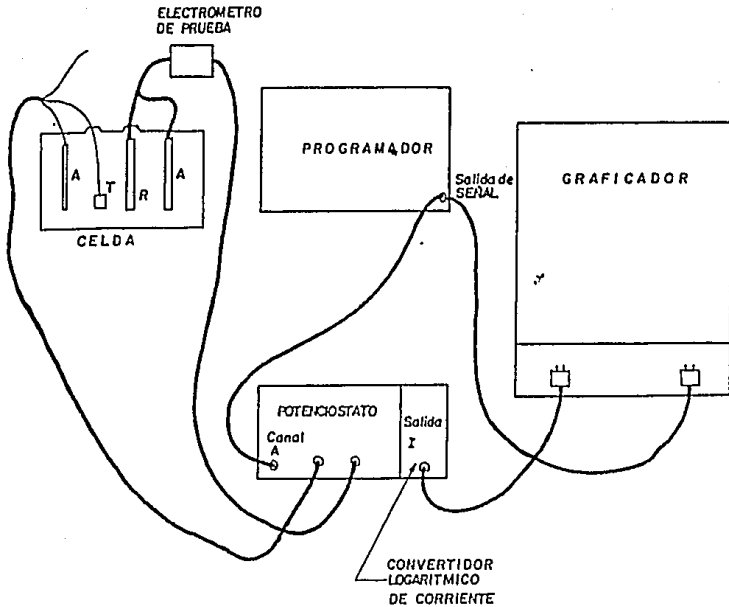
4.5.- CONDICIONES DE PRUEBA:

- Salmuera de Prueba.

- Temperatura de Prueba.
- Presión del Experimento.
- Agitación.
- Potencial de barrido.

4.6.- EXPERIMENTACIÓN.

Para obtener una gráfica de polarización se instala el sistema con todo el equipo anteriormente descrito como se muestra en la figura 4.2 y se procede a realizar el experimento.



- A ELECTRODOS AUXILIARES
- T ELECTRODO DE TRABAJO
- R ELECTRODO DE REFERENCIA

Fig. 4.2. Arreglo Potenciostático de la Experimentación.

C A P Í T U L O 5

RESULTADOS Y DISCUSIONES.

5.1 MÉTODOLÓGIA Y RESULTADOS.

En este capítulo, se hará una descripción del proceso para la prueba de los programas presentados en la computadora del Instituto de Investigaciones Eléctricas Centro Cerro Prieto. Que es una computadora VAX 11/730.

Los archivos de datos que se obtuvieron de la digitalización de las curvas de polarización, se alimentan al sistema de memoria de la computadora por los programas CORBET o CORFIT, y además se aprovecha para obtener resultados con dichos programas y con el VICOR.

De estos archivos se pueden generar otros, pero con formato diferente, ya que estos programas están en lenguaje BASIC, y el programa TESIS está en FORTRAN, de esta manera, probando los cuatro programas se genera la información para comparar sus resultados.

En el apéndice A se presentan tablas de las 25 corridas conteniendo los valores de los parámetros B_a , B_c , I_{corr} y V_{elcorr} . Que es la velocidad de corrosión.

5.2 DISCUSIONES.

Para poder cumplir con los objetivos de esta tesis debemos evaluar nuestros resultados, comparados con los programas ya mencionados, tomando como referencia la desviación promedio de la curva experimental con la teórica calculada, ecuación 3.1.

La tabla 5.1 presenta las desviaciones de los cuatro programas, corriendo con todos los datos obtenidos de la digitalización de las curvas de polarización, además, los resultados de corridas en las cuales se altera el archivo de datos para poder hacer que se ajuste a la curva teórica, cuando normalmente el método no se aproxima al resultado.

Para poder visualizar estos resultados se obtiene el promedio de las desviaciones y se grafican con la desviación estándar de dichas desviaciones, Fig. 5.1.

Como se ve en la tabla 5.1 y figura 5.1 el programa CORFIT tiene el menor promedio de desviaciones pero tiene sus limitaciones para ver una de ellas se presenta la figura 5.2, en la cual se observa la efectividad de los programas mencionados y resulta que el programa TESIS tiene 100% de efectividad, es decir el los archivos en los cuales el programa obtiene resultados entre el total de archivos probados. Y el programa CORFIT tiene menos del 50%, por lo que se tiene ventaja sobre este método.

Tabla 5.1.

Valores de Desviación Promedio Obtenidos de los Archivos Mencionados por los Programa: CORFIT, CORBET VICOR Y TESIS (Valores de Desviación %)

ARCHIVO	CORFIT 1	CORFIT 2	CORBET 1	CORBET 2	VICOR 1	TESIS 1
C75A.Z18	**	6.23	8.08	6.24	76.64	6.39
C75B.Z18	**	10.24	*	11.27	62.04	10.50
J55A.Z18	**	9.95	*	8.58	85.40	9.13
J55B.Z18	9.01	10.42	*	11.77	75.13	7.72
J55C.Z18	**	8.00	*	11.20	43.89	10.32
K55A.Z18	7.44	7.67	15.24	7.47	59.49	7.27
K55B.Z18	14.61	14.62	*	14.44	73.71	14.56
K55C.Z18	7.78	7.97	*	7.87	74.86	7.72
L80A.Z18	**	10.15	*	10.13	73.04	8.51
L80B.Z18	5.35	5.78	*	5.70	11.30	4.88
C75C.Z40	9.06	9.08	21.32	90.15	19.54	9.01
C75D.Z40	**	20.19	*	21.28	89.16	11.67
J55C.Z40	**	6.92	19.92	6.83	33.91	6.94
J55D.Z40	**	27.99	*	25.80	16.00	26.09
K55C.Z40	**	13.46	*	11.16	76.12	8.81
L80C.Z40	9.54	5.68	*	7.32	*	4.87
C75B.H08	**	12.28	*	9.13	18.04	4.14
C75C.H08	8.21	37.86	*	23.20	62.24	8.42
J55A.H08	8.17	8.12	8.42	20.58	68.55	8.01
J55B.H08	**	9.04	*	10.38	82.39	8.03
J55C.H08	8.52	7.45	*	6.91	41.56	7.36
K55B.H08	**	8.01	10.39	13.14	12.19	15.79
K55C.H08	5.98	6.08	6.78	9.65	57.83	5.88
L80B.H08	**	3.15	11.48	4.86	13.84	1.95
L80C.H08	**	**	*	18.89	18.52	9.21
Promedio	8.52	11.10	12.70	14.97	51.89	8.93
Des.Estd	2.39	7.70	5.53	16.69	27.16	4.65

NOTA:

- (1).- Corrida del programa con todos los valores.
- (2).- Corrida del programa eliminando puntos.
- (*).- No corre el programa.
- (**).- Los resultados son negativos.

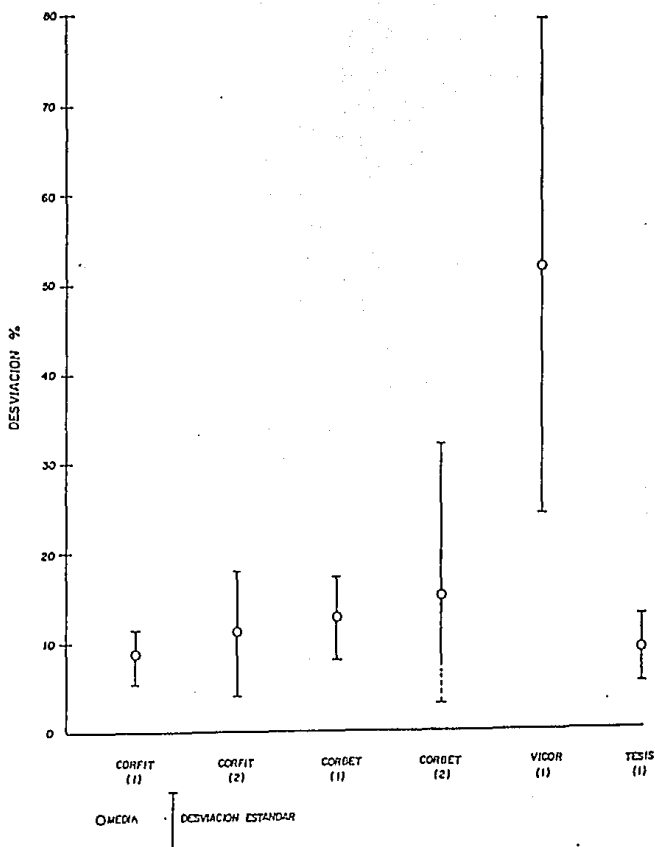


Fig. 5.1. Gráfica de los promedios y desviación estándar, de los programas probados.

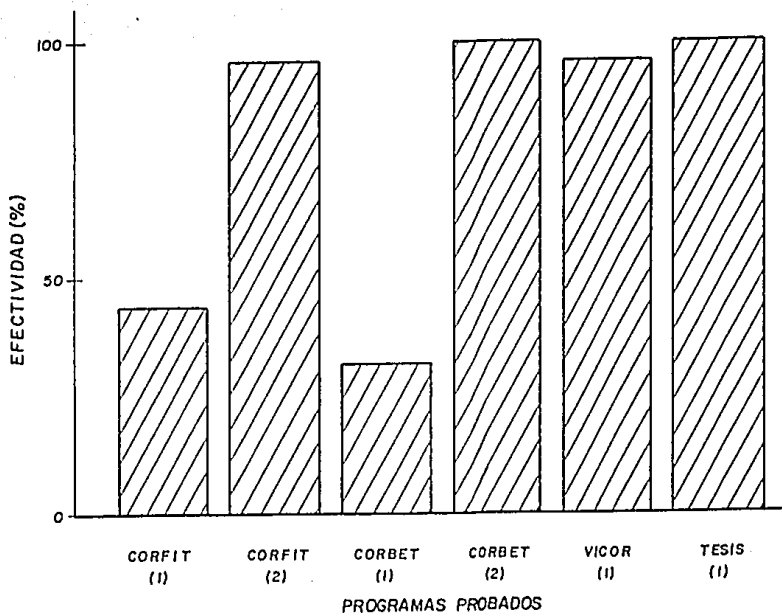
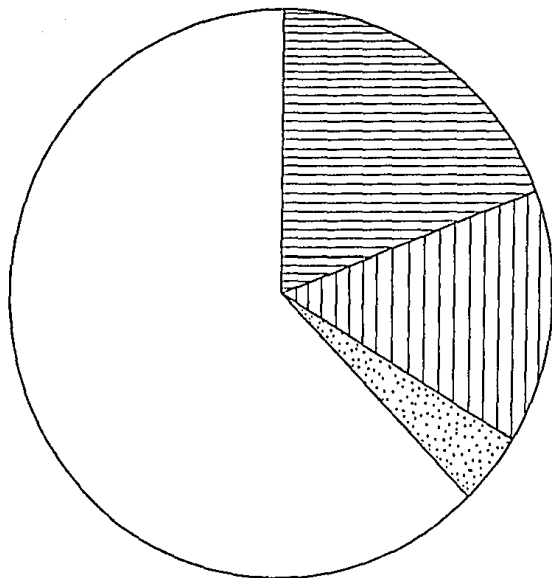


Fig. 5.2. Efectividad o capacidad de los programas probados para obtener resultados.

Por otro lado comparando las menores desviaciones de cada archivo probado, el programa TESIS tiene el mayor número, y del total de 25 archivos se obtuvo el 60% del total. Esto se puede ver en la figura 5.3, donde se muestra en una gráfica tipo circular los porcentajes.

Y por último para cumplir el segundo objetivo de ahorrar tiempo de máquina, se preparó una tabla con los resultados de los programas TESIS y CORFIT en los que se obtuvo menores desviaciones. Para dar una idea sobre este tiempo, cabe decir que una multiplicación de nueve por nueve dígitos, ejecutada diez mil veces equivale a un segundo de tiempo de C.P.U. en la computadora donde fueron probados. esto hace pensar que en una computadora de menor capacidad los cálculos serán más tardados. Tabla 5.2.



PROGRAMAS

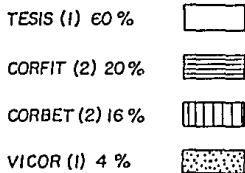


Fig. 5.3. Diagrama de los porcentajes para obtener la menor desviación de cada archivo.

Tabla 5.2.

Valores de Tiempo de Máquina Obtenidos
de los Archivos Mencionados por los Programas:
CORFIT Y TESIS
Tiempo en minutos:segundos.

ARCHIVO	CORFIT 1	TESIS 1
C75A.Z1B	24:00	00:40
C75B.Z1B	00:38	.
J55A.Z1B	00:40	.
J55B.Z1B	00:08	.
J55C.Z1B	01:14	.
K55A.Z1B	00:08	.
K55B.Z1B	00:05	.
K55C.Z1B	00:06	.
L80A.Z1B	00:08	.
L80B.Z1B	00:04	.
C75C.Z40	00:05	.
C75D.Z40	00:24	.
J55C.Z40	00:12	.
J55D.Z40	14:12	.
K55C.Z40	00:06	.
L80C.Z40	00:06	.
C75B.H08	32:21	.
C75C.H08	20:29	.
J55A.H08	00:04	.
J55B.H08	00:16	.
J55C.H08	00:13	.
K55B.H08	07:18	.
K55C.H08	02:31	.
L80B.H08	02:37	.
L80C.H08	01:05	.
Promedio	04:22	00:40

NOTA:

(1) Corrida del programa con todos los valores.

R E S U M E N .

En este trabajo, se prepararon 25 muestras de acero, de 4-tipos, de los utilizados en las instalaciones geotérmicas, para realizar pruebas con salmueras de 3 pozos, en autoclave a alta-presión y temperaturas, para obtener curvas de polarización.

Se desarrolló un programa para calcular la velocidad de - corrosión, de los especímenes preparados en un ambiente similar al fondo de un pozo geotérmico.

Este programa se fundamenta en el método de los tres puntos (8), pero modificado para obtener un mejor resultado.

Los experimentos realizados en autoclave dan igual número de curvas de polarización, las cuales ya digitalizadas y almacenadas en la memoria de la computadora, se pueden correr los diferentes programas con que se cuenta para comparar el programa desarrollado.

Realizando corridas con los diferentes programas; CORFIT CORBET y VICOR, se obtuvo la información para comparar el programa presentado.

Del total de de experimentos el programa presentado obtuvo resultados en un 100%.

Además no se alteró ningún archivo de datos, dado que con los anteriores programas algunas veces se tiene que modificar el archivo para llegar a una solución, pero esto implica pérdida de información.

En suma se obtuvo un programa confiable y eficaz.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- ° El programa obtuvo resultados en un 100% de los experimentos.
- ° La desviación promedio de los 25 archivos fue del 8.93%, comparada con 8.52% que logró el programa CORFIT. que fue el de menor desviación, pero sólo corrió en 11 de los 25 archivos.
- ° Comparando las menores desviaciones archivo por archivo, el programa presentado fue el que obtuvo la mayor cantidad de parámetros con la menor desviación, (menor error), con un 60% del total, y 20 % del CORFIT, el resto fue de los restantes.
- ° En cuanto al tiempo de máquina se tiene un promedio de 40 segundos, y el CORFIT 4 minutos 22 segundos, en promedio.
- ° No se modifico ningún archivo para obtener resultados.

Se compara solamente el programa CORFIT, ya que es el que se aproxima en exactitud al programa presentado, ya que los demás programas, CORBET y VICOR, son de menor exactitud.

- ° En estudios posteriores se recomienda un sistema de adquisición de datos para evitar el error de digitalizar las curvas, alimentando directamente del sistema de corrosión a la memoria de la computadora.
- ° También se recomienda estudiar las velocidades de deposición de algunos compuestos, que interfieren en el sistema de corrosión en medios geotérmicos.

R E F E R E N C I A S

- 1.- Florian Mansfeld.
"Tafel Slopes and Corrosion Rates from Polarization
Resistance Measurements."
CORROSION - NACE, Vol. 29, No. 10, 1973

- 2.- V. Feliu and S. Feliu
"A Noniterative Method for Determining Corrosion
Parameters from a Sequence of Polarization Data."
CORROSION - NACE Vol. 42, No. 3 1986

- 3.- B. Domínguez A. F. Vital B.
"Degradación de Cementos y Corrosión en Tuberías de
Pozos Geotérmicos de Cerro Prieto."
Segundo simposium sobre campo geotérmico de Cerro
Prieto. C. F. E. Mexicali B.C. Mexico 1979

- 4.- Jose M. Costa
"Fundamentos de Electroquímica
Cinética Electroquímica y sus Aplicaciones.
Alhambra. Madrid, 1981

- 5.- Barnart S.
Electrochemical Techniques for corrosion
NACE, Texas U.S.A. 1977

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- 6.- J. Tafel
Z. Physik. Chem., Vol. 50, 1905
- 7.- C. Wagner and W. Traud.
Z. Elektrochem., Vol. 44, 1938
- 8.- P. Sanchez Batañero.
'Química Electroanalítica Fundamentos y aplicaciones.'
Alhambra, Madrid 1981
- 9.- M. Stern and A. L. Geary, J.
Electrochem. Soc. Vol.104, 1957
- 10.- Mike J. Danielson,
'An Evaluation of the Three-Point Method to
Measure Corrosion Rates.'
CORROSION-NACE Vol.38 No.11,1982
- 11.- Brice Canham, H. H. Luther, James O. Wilkes
'Applied Numerical Methods.'
Wiley, U.S.A. 1969
- Peter Henrici
Elementos de analisis numerico.
Trillas, Mexico, 1977

12.- Standard Reference Method for Making Potentiostatic and Potentiodynamic Anodic Polarization Measurements. American Society for Testing Materials; Method. G5-78

13.- A. R. Denard.
Elementary Electrochemistry.
Butterworths, London, 1965.

APÉNDICE A

R E S U L T A D O S

Significados Para todas las corridas:

1.- Corrida con todos los datos.

2.- Corrida quitando algunos datos.

(**).- Significa que los resultados dan valores negativos.

(*).- Significa que no corrio el programa.

TABLA DE RESULTADOS
ARCHIVO DE DATOS : J55C.H0B

Programa	Ba mV	Bc mV	Icorr micA cm2	VelCorr mm ano	DesProm %
CORFIT(1)	3412.54	245.13	77.70	0.9225	8.52
CORFIT(2)	822.35	263.85	67.89	0.7882	7.45
CORBET(1)	(*)				
CORBET(2)	967.74	263.92	69.81	0.8108	6.91
VICOR(1)	115.65	230.71	18.08	0.2101	41.56
TESIS(1)	15224.41	373.64	125.22	1.4661	7.35

TABLA DE RESULTADOS
ARCHIVO DE DATOS : C75A.Z10

Programa	Ba mV	Bc mV	Icorr micA cm2	VelCorr mm ano	DesProm %
CORFIT(1)	(**)				
CORFIT(2)	3194.82	222.66	56.89	0.6608	6.23
CORBET(1)	763.69	205.36	44.93	0.5490	8.08
CORBET(2)	2301.31	215.04	53.72	0.6240	6.24
VICOR(1)	48.89	302.84	1.86	0.0216	76.64
TESIS(1)	1301.25	200.12	47.49	0.5516	6.39

TABLA DE RESULTADOS
ARCHIVO DE DATOS : C75B.Z18

Programa	Ba mV	Bc mV	Icorr micA cm2	VelCorr mm ano	DesProm %
CORFIT(1)	(**)				
CORFIT(2)	2254.00	160.01	86.59	1.0057	10.24
CORBET(1)	(*)				
CORBET(2)	605.33	142.16	65.43	0.7599	11.27
VICOR(1)	109.75	655.57	17.82	0.2070	62.04
TESIS(1)	7666.65	190.85	110.72	1.2860	10.50

TABLA DE RESULTADOS
ARCHIVO DE DATOS : C75B.H08

Programa	Ba mV	Bc mV	Icorr micA cm2	VelCorr mm ano	DesProm %
CORFIT(1)	(**)				
CORFIT(2)	6217.84	264.79	62.49	0.7558	12.28
CORBET(1)	(*)				
CORBET(2)	934.73	277.87	51.25	0.5952	9.13
VICOR(1)	2471.76	138.60	25.11	0.2916	18.04
TESIS(1)	1745.79	218.42	41.73	0.4847	4.14

TABLA DE RESULTADOS
ARCHIVO DE DATOS : C75C.H08

Programa	Ba mV	Bc mV	Icorr micA cm2	VelCorr mm ano	DesProm %
CORFIT(1)	2599.71	236.84	68.39	0.7944	8.21
CORFIT(2)	90.84	114.39	17.90	0.2079	37.86
CORBET(1)	(*)				
CORBET(2)	885.78	177.16	35.43	0.4115	23.20
VICOR(1)	99.05	652.74	8.52	0.0989	62.24
TESIS(1)	749.94	193.23	47.72	0.5543	8.42

TABLA DE RESULTADOS
ARCHIVO DE DATOS : C75C.Z40

Programa	Ba mV	Bc mV	Icorr micA cm2	VelCorr mm ano	DesProm %
CORFIT(1)	190.58	105.89	17.22	0.2000	9.06
CORFIT(2)	199.58	197.92	17.80	0.2067	9.08
CORBET(1)	841.74	111.15	25.74	0.3012	21.32
CORBET(2)	550.91	219.85	82.63	0.9597	90.15
VICOR(1)	190.09	79.74	12.63	0.1467	19.54
TESIS(1)	176.70	111.52	16.45	0.1911	9.01

TABLA DE RESULTADOS
ARCHIVO DE DATOS : C75D.Z40

Programa	Ba mV	Bc mV	Icorr micA cm2	VelCorr mm ano	DesProm %
CORFIT(1)	(**)				
CORFIT(2)	119.42	175.82	44.70	0.5192	20.19
CORBET(1)	(*)				
CORBET(2)	113.01	182.00	44.09	0.5113	21.28
VICOR(1)	90.84	27.59	0.2086	0.0024	89.16
TESIS(1)	185.52	2547.08	106.17	1.2332	11.67

TABLA DE RESULTADOS
ARCHIVO DE DATOS : J55A.H08

Programa	Ba mV	Bc mV	Icorr micA cm2	VelCorr mm ano	DesProm %
CORFIT(1)	497.28	208.98	23.79	0.2763	8.17
CORFIT(2)	1811.96	307.60	44.26	0.5140	8.12
CORBET(1)	1815.05	338.66	48.41	0.5623	8.42
CORBET(2)	1010.12	313.84	46.98	0.5456	20.58
VICOR(1)	67.59	434.59	2.06	0.0238	68.55
TESIS(1)	409.34	197.55	21.28	0.2471	8.01

TABLA DE RESULTADOS
ARCHIVO DE DATOS : J55B.H08

Programa	Ba mV	Bc mV	Icorr micA cm2	VelCorr mm ano	DesProm %
CORFIT(1)	(**)				
CORFIT(2)	936.60	194.59	41.64	0.4836	9.04
CORBET(1)	(*)				
CORBET(2)	974.36	194.87	38.97	0.4526	10.38
VICOR(1)	1203.91	39.84	0.5126	0.0059	82.39
TESIS(1)	1313.49	230.24	50.47	0.5863	8.03

TABLA DE RESULTADOS
ARCHIVO DE DATOS : J55A.Z18

Programa	Ba mV	Bc mV	Icorr micA cm2	VelCorr mm ano	DesProm %
CORFIT(1)	(**)				
CORFIT(2)	3026.07	153.02	47.17	0.5478	9.95
CORBET(1)	(*)				
CORBET(2)	2935.11	160.80	48.68	0.5654	8.58
VICOR(1)	172.94	33.66	0.2627	0.0031	85.40
TESIS(1)	2303.07	155.68	46.99	0.5458	9.13

TABLA DE RESULTADOS
ARCHIVO DE DATOS : J55B.Z18

Programa	Ba mV	Bc mV	Icorr micA cm2	VelCorr mm ano	DesProm %
CORFIT(1)	364.47	133.70	47.91	0.5565	9.01
CORFIT(2)	377.76	130.31	49.07	0.5699	10.42
CORBET(1)	(*)				
CORBET(2)	329.27	120.69	44.59	0.5179	11.76
VICOR(1)	353.12	43.91	2.42	0.0281	75.13
TESIS(1)	532.64	141.43	55.12	0.6403	7.72

TABLA DE RESULTADOS
ARCHIVO DE DATOS : J55C,Z40

Programa	Ba mV	Bc mV	Icorr micA cm2	VelCorr mm ano	DesProm %
CORFIT(1)	(**)				
CORFIT(2)	1299.30	220.92	57.71	0.6703	6.92
CORBET(1)	744.60	412.16	84.62	0.9828	19.92
CORBET(2)	1724.07	220.74	60.35	0.7009	6.83
VICOR(1)	115.10	115.55	11.38	0.1322	33.91
TESIS(1)	3684.17	224.24	71.88	0.8350	6.96

TABLA DE RESULTADOS
ARCHIVO DE DATOS : J55D,Z40

Programa	Ba mV	Bc mV	Icorr micA cm2	VelCorr mm ano	DesProm %
CORFIT(1)	(**)				
CORFIT(2)	231.10	152.07	79.84	0.9201	27.99
CORBET(1)	(*)				
CORBET(2)	188.27	136.50	68.42	0.7947	25.80
VICOR(1)	117.60	168.92	47.92	0.5539	16.00
TESIS(1)	103.75	129.74	49.30	0.5727	26.09

TABLA DE RESULTADOS
ARCHIVO DE DATOS : J55C.Z18

Programa	Ba mV	Bc mV	Icorr micA cm2	VelCorr mm ano	DesProm %
CORFIT(1)	(**)				
CORFIT(2)	605.18	158.74	65.18	0.7648	8.00
CORBET(1)	(*)				
CORBET(2)	356.94	138.32	51.95	0.4034	11.20
VICOR(1)	1052.70	75.45	21.04	0.2444	43.89
TESIS(1)	6677.29	171.21	92.07	1.0694	10.32

TABLA DE RESULTADOS
ARCHIVO DE DATOS : K55A.Z18

Programa	Ba mV	Bc mV	Icorr micA cm2	VelCorr mm ano	DesProm %
CORFIT(1)	1046.12	190.21	34.34	0.3999	7.44
CORFIT(2)	1763.09	202.75	38.84	0.4511	7.67
CORBET(1)	633.36	232.66	37.77	0.4387	15.24
CORBET(2)	1154.45	191.53	35.63	0.4138	7.47
VICOR(1)	67.57	87.49	3.72	0.0432	59.49
TESIS(1)	1971.74	218.13	42.12	0.4892	7.27

TABLA DE RESULTADOS
ARCHIVO DE DATOS : K55B.H0B

Programa	Ba mV	Bc mV	Icorr micA cm2	VelCorr mm ano	DesProm %
CORFIT(1)	(**)				
CORFIT(2)	1366.25	209.03	40.59	0.4714	8.01
CORBET(1)	859.08	241.05	42.60	0.4948	10.39
CORBET(2)	1071.79	214.36	42.87	0.4979	13.14
VICOR(1)	196.42	107.96	13.19	0.1532	12.19
TESIS(1)	163.28	105.39	13.87	0.1611	15.79

TABLA DE RESULTADOS
ARCHIVO DE DATOS : K55C.H0B

Programa	Ba mV	Bc mV	Icorr micA cm2	VelCorr mm ano	DesProm %
CORFIT(1)	390.00	212.15	40.66	0.4722	5.98
CORFIT(2)	346.80	204.11	38.09	0.4424	6.08
CORBET(1)	297.54	199.84	35.76	0.4154	6.78
CORBET(2)	533.66	194.87	38.97	0.4726	9.65
VICOR(1)	61.56	243.08	7.32	0.0851	57.83
TESIS(1)	707.67	266.76	58.01	0.6738	5.88

TABLA DE RESULTADOS
ARCHIVO DE DATOS : K55B.Z18

Programa	Ba mV	Bc mV	Icorr micA cm2	VelCorr mm ano	DesProm %
CORFIT(1)	403.23	104.31	35.96	0.4170	14.61
CORFIT(2)	1648.32	135.41	56.26	0.6522	14.62
CORBET(1)	(*)				
CORBET(2)	1210.84	139.33	56.17	0.6522	14.44
VICOR(1)	27.13	64.39	1.11	0.0128	73.71
TESIS(1)	138.30	75.70	19.39	0.2252	14.56

TABLA DE RESULTADOS
ARCHIVO DE DATOS : K55C.Z18

Programa	Ba mV	Bc mV	Icorr micA cm2	VelCorr mm ano	DesProm %
CORFIT(1)	7030.88	172.66	102.83	1.1944	7.78
CORFIT(2)	778.11	134.87	69.62	0.8086	7.97
CORBET(1)	(*)				
CORBET(2)	611.06	130.54	64.29	0.7467	7.87
VICOR(1)	100.28	33.91	2.21	0.0256	74.86
TESIS(1)	1336.39	151.51	83.57	0.9707	7.72

TABLA DE RESULTADOS
ARCHIVO DE DATOS : K55C.Z40

Programa	Ba mV	Bc mV	Icorr micA cm2	VelCorr mm ano	DesProm %
CORFIT(1)	(**)				
CORFIT(2)	404.67	124.87	28.30	0.3287	13.46
CORBET(1)	(*)				
CORBET(2)	498.66	142.93	32.85	0.3815	11.16
VICOR(1)	202.39	45.14	1.36	0.0158	76.12
TESIS(1)	397.65	148.71	29.70	0.3450	8.81

TABLA DE RESULTADOS
ARCHIVO DE DATOS : L80C.Z40

Programa	Ba mV	Bc mV	Icorr micA cm2	VelCorr mm ano	DesProm %
CORFIT(1)	1488.02	273.67	76.64	0.8902	9.54
CORFIT(2)	425.00	208.00	43.40	0.5041	5.68
CORBET(1)	(*)				
CORBET(2)	311.00	180.20	35.21	0.4089	7.32
VICOR(1)	(*)				
TESIS(1)	722.89	244.08	56.37	0.6548	4.87

TABLA DE RESULTADOS
ARCHIVO DE DATOS : L80A.Z18

Programa	Ba mV	Bc mV	Icorr micA cm2	VelCorr mm ano	DesProm %
CORFIT(1)	(**)				
CORFIT(2)	1672.20	144.11	48.46	0.5628	10.15
CORBET(1)	(*)				
CORBET(2)	1397.99	143.62	47.57	0.5525	10.13
VICOR(1)	276.67	47.30	2.41	0.0279	73.04
TESIS(1)	1985.36	163.50	54.47	0.6327	8.51

TABLA DE RESULTADOS
ARCHIVO DE DATOS : L80B.Z18

Programa	Ba mV	Bc mV	Icorr micA cm2	VelCorr mm ano	DesProm %
CORFIT(1)	24.41	22.89	6.23	0.0724	5.35
CORFIT(2)	1550.53	183.05	92.22	1.0711	5.78
CORBET(1)	(*)				
CORBET(2)	976.16	174.98	83.83	0.9737	5.70
VICOR(1)	13.70	12.27	2.94	0.0341	11.30
TESIS(1)	55.91	52.89	15.34	0.1782	4.88

TABLA DE RESULTADOS
ARCHIVO DE DATOS : L80R.H08

Programa	Ba mV	Bc mV	Icorr micA cm2	VelCorr mm ano	DesProm %
CORFIT(1)	(**)				
CORFIT(2)	1981.77	342.21	75.05	0.8717	3.15
CORBET(1)	2400.57	467.36	100.87	1.1714	11.48
CORBET(2)	898.25	285.31	57.06	0.6627	4.86
VICOR(1)	734.55	176.46	33.05	0.3839	13.04
TESIS(1)	2036.08	394.72	84.59	0.9825	1.95

TABLA DE RESULTADOS
ARCHIVO DE DATOS : L80C.H08

Programa	Ba mV	Bc mV	Icorr micA cm2	VelCorr mm ano	DesProm %
CORFIT(1)	(**)				
CORFIT(2)	(**)				
CORBET(1)	(*)				
CORBET(2)	805.26	161.05	32.21	0.3741	18.89
VICOR(1)	231.03	181.92	27.11	0.3149	18.52
TESIS(1)	309.31	141.88	28.81	0.3346	9.21

A P É N D I C E B

PROGRAM TESIS

```

*****
*
* PROGRAMA !Calcula los Parametros electroquimicos a partir *
* de datos de curvas de polarizacion por varios *
* metodos como Tres Puntos, Iteraciones ya sea *
* con los dos curvas o individualmente, ademas es *
* el Programa Principal que es mencionado. *
*
* TITULO: Tesis.for *
* FECHA : 24-Nov-86 *
* ELABORD : Ramon Ayala Delsado *
*
*****

```

```

!-----!
!               Descripcion de variables                !
!-----!
!
! VARIABLE                DESCRIPCION                !
!-----!
! OPC1                    =   Variable que contiene el valor de la !
!                           opcion en el menu.           !
! NOMBRE                   =   Nombre del archivo de datos.   !
! JIN                      =   Indice de los resultados.      !
! BAT,BCT,ICORRT           =   Parametros cineticos.          !
! DESVT                    =   Desviacion de la curva teorica de los !
!                           datos experimentales.           !
! BA,BC,ICORR              =   Parametros cineticos de menor desviacion!
! VEL                      =   Velocidad de corrosion.       !
! RESP,CHIN                =   Variables comparativas.       !
!
!-----!

```

C----- Definicion de variables y dimensiones de arreglos.

```

REAL*16 E,I1,S,BA,BC,ICORR,F1,DESV
REAL*16 BCT,BAT,ICORRT,DESVT,VEL,CMIN
CHARACTER RESP*1,OPC1*1
CHARACTER NOMBRE*10
INTEGER JIN
DIMENSION E(100),I1(100),BAT(30),BCT(30),ICORRT(30),DESVT(30)

```

C----- Impresion del menu para elegir la opcion.

CALL MENUDAT(OPC1)

C----- Manejo de la opcion y de datos cuando se requiera
C----- alimentar los datos al inicio del programa.

CALL DATUNO(OPC1,NOMBRE)

C----- Calculo de los Parametros cineticos por medio delmetodo
C----- de los tres puntos, se calculan 5 valores cuando se puede
C----- regresando este Programa los datos de menor desviacion.

CALL TRESPUNTOS(NOMBRE,*91,BAT,BCT,ICORRT,DESVT,JIN)

C----- Manejo de los datos calculados por la subrutina anterior,
C----- aproximando a un valor mas cercano al real por el metodo
C----- de NEWTON, utilizando los valores anteriores como primer
C----- aproximacion.

CALL ITERACIONES(NOMBRE,BAT,BCT,ICORRT,DESVT,JIN)

C----- Cuando la subrutina TRESPUNTOS no obtenga ningun valor
C----- llegara a esta ya que la anterior requiere de valores
C----- iniciales y esta no, esta subrutina utiliza el mismo
C----- procedimiento que la anterior pero para cada reaccion
C----- Anodica y Catodica.

91 CALL INDIVIDUAL(NOMBRE,*81,BAT,BCT,ICORRT,DESVT,JIN)

C----- De los valores obtenidos se encuentra los que tengan menor
C----- desviacion.

```
CMIN=10000000.0
DO 66 I=1,JIN
  IF(DESVT(I) .LT. CMIN) THEN
    CMIN=DESVT(I)
    L=I
  ENDIF
```

```
66 CONTINUE
   BA=BAT(L)
   BC=BCT(L)
   ICORR=ICORRT(L)
   DESV=DESVT(L)
```

C----- Calculo de la velocidad de corrosion

VEL=ICORR*.0116154

C----- Se borra el archivo de datos si la opcion fue igual a 1

```
IF (NOMBRE .EQ. 'PRUEBA.DAT') THEN
  OPEN(10,NAME=NOMBRE,FORM='FORMATTED',TYPE='OLD')
  CLOSE(10,DISP='DELETE')
  NOMBRE='SIN NOMBRE'
ENDIF
```

C----- Se abre un archivo de resultados.

```
OPEN(UNIT=15,NAME='RESP.DAT',FORM='FORMATTED',TYPE='NEW')
WRITE(15,1200) NOMBRE
WRITE(*,1200) NOMBRE
WRITE(15,1300)BA,BC,ICORR,DESV,VEL
WRITE(*,1300)BA,BC,ICORR,DESV,VEL
TYPE *, ' QUIERE IMPRIMIR RESULTADOS [S/N] '
```

C----- Se imprime el archivo de resultados si se desea.

```
ACCEPT 1400,RESP
IF(RESP .EQ. 'S') THEN
  CLOSE(15,DISP='PRINT')
ELSE
  CLOSE(15)
ENDIF
GOTO 83
```

81 TYPE 9500

C----- Se puede alterar el archivo, cuando no se obtenga resultados
C----- de ninguna de las subrutinas.

```
ACCEPT 1400,RESP  
IF(RESP .EQ. 'S') THEN  
    CALL ALTERACIONES(NOMBRE)  
    GOTD 91
```

```
ENDIF  
83 TYPE *, 'FIN DEL PROGRAMA'  
STOP
```

C----- Formatos de impresion

```
1200 FORMAT(//,15X,' RESULTADOS OBTENIDOS DEL ARCHIVO :',A10)  
1300 FORMAT(//,20X,'      BA= ',E15.9,'      mV',  
1      /,20X,'      BC= ',E15.9,'      mV',  
2      /,20X,'      ICORR= ',E15.9,'      micA/cm2',  
3      /,20X,'      DESV= ',E15.9,'      %',  
4      /,20X,'      VEL CORR= ',E15.9,'      mm/ano')  
1400 FORMAT(A1)  
9500 FORMAT(/,' DESEA MODIFICAR EL ARCHIVO [S/N] ',S)  
END
```


SUBROUTINE MENUDAT(OPC1)

```

C
C *****
C *
C * SUBROUTINA: Muestra en la pantalla el menu para el manejo *
C * de datos por el Programa tesis *
C *
C * NOMBRE : Menudat.For *
C *
C * FECHA : 24-Nov-86 *
C *
C * ELABORO: Ramon Ayala Delsado *
C *
C *****

```

```

C |-----|
C |                Descripcion de variables                |
C |-----|
C |
C | VARIABLE                DESCRIPCION                    |
C |-----|-----|
C |
C | OPC1                    = Variable que contiene el valor de la |
C |                          opcion en el menu.                |
C | BALIN                   = Variable de comparacion          |
C | OK                      = Variable logica                  |
C |
C |-----|

```

C----- Definicion de variables.

```

CHARACTER OPC1*1,BALIN*1
LOGICAL OK
OK=.TRUE.
TYPE *,'                *** NOTA IMPORTANTE ***'
TYPE *,'
TYPE *,'           Este programa calcula los valores de las constantes'
TYPE *,'   cineticas de la velocidad de corrosion, a partir de las'
TYPE *,'   mediciones electroquimicas de curvas de polarizacion, los'
TYPE *,'   datos deben estar a incrementos de potencial constante, es'
TYPE *,'   decir delta E debe ser constante.'

```

C----- Muestra las opciones para que el usuario elija.

```

DO WHILE(OK)
  TYPE 100
  TYPE 200
  ACCEPT 300,OPC1
  IF(OPC1.EQ.'1' .OR. OPC1.EQ.'2' .OR. OPC1.EQ.'3')THEN
    OK=.FALSE.
  ELSE
    TYPE 400
    ACCEPT 300,BALIN
  ENDIF
ENDDO

```

C----- Formatos de salida.

```

100 FORMAT(//,20X,' ***** OPCIONES *****',//,

```

```
1          10X,'1.- No se tienen ni se desean guardar los datos',/,
2          10X,'2.- No se tienen y se desea guardar los datos',/,
3          10X,'3.- Se tienen guardados los datos',,%)
200  FORMAT(/,15X,' ELIGE UNA OPCION [1,2,3] : ',%)
300  FORMAT(A1)
400  FORMAT(/,10X,' !!!! TECLEASTE MAL DA <<RETURN>> !!!!!',%)
      RETURN
      END
```



```
TYPE 500,K
ACCEPT *,E(K),I1(K)
IF(E(K) ,EQ. 0 ,OR. I1(K) ,LE. 0) THEN
    TYPE 600,I
    DD=DD+1
    GOTO 90
ENDIF
K=K+1
90 CONTINUE
N=N-DD
GOTO 1102
1101 OPEN(UNIT=10,NAME=NOMBRE,FORM='FORMATTED',TYPE='OLD')
READ(10,1100)N
READ(10,1200) (E(I),I1(I),I=1,N)
CLOSE(UNIT=10)
```

C----- Ordenamiento de datos de menor a mayor en base a su potencial.

```
1102 DO 91 I=1,N-1
      DO 92 J=I+1,N
          IF(E(I) .GT. E(J)) THEN
              P1=E(I)
              C1=I1(I)
              E(I)=E(J)
              I1(I)=I1(J)
              E(J)=P1
              I1(J)=C1
          ENDIF
      CONTINUE
91 CONTINUE
WRITE(10,1100)N
WRITE(10,1200) (E(I),I1(I),I=1,N)
CLOSE(UNIT=10)
```

C----- Formatos de escritura.

```
100 FORMAT(//,10X,' PROPORCIONA EL NOMBRE DEL ARCHIVO EN EL QUE',//,
1 10X,' DESEAS TRABAJAR MAXIMO 10 ESPACIOS :',%)
200 FORMAT(A10)
300 FORMAT(//,10X,' NUMERO DE PAREJAS DE DATOS :',%)
400 FORMAT(//,10X,' POTENCIAL,CORRIENTE *****',%)
500 FORMAT(//,10X,' E(I), I1(I) I=',I3)
600 FORMAT('EL DATO ',I3,'FUE DESCARTADO Potencial=0 o Corriente<0')
1100 FORMAT(I4)
1100 FORMAT(E15.6,E15.6)
RETURN
END
```

SUBROUTINE TRESPUNTOS(NOMBRE,*,BAT,BCT,ICORRT,DESVT,JIN)

```

*****
*
*   SUBROUTINE: Que calcula los valores de los parametros
*               buscados por cinco metodos y regresando al
*               programa Principal el de menor desviacion.
*
*   TITULO : Trespuntos.for
*
*   FECHA : 24 - Nov - 86
*
*   ELABORO : Ramon Ayala Delsado
*
*****

```

Descripción de variables

VARIABLE	DESCRIPCION
NOMBRE	= Nombre del archivo de datos.
JIN	= Indice de los resultados.
BAT,BCT,ICORRT	= Parametros cineticos.
DESVT	= Desviacion de la curva teorica de los datos experimentales.
M,L,J,MIN	= Variables comparativas del programa
IFA	= Variable que nos dice si un de las subrutinas encontro los parametros o no.

C----- Definiciones de variables y arreglos.

```

CHARACTER NOMBRE*10
REAL*16 BAT,BCT,ICORRT,DESVT,MIN
INTEGER IFA,JIN
DIMENSION BAT(30),BCT(30),ICORRT(30),DESVT(30),IFA(5)
M=0

```

C----- Calculo de los primeros Parametros por la subrutina
C----- TRESP1 si no obtiene ningun valor IFA=0, y si lo obtiene
C----- IFA=1.

```

CALL TRESP1(NOMBRE,BCT(1),BAT(1),ICORRT(1),DESVT(1),IFA(1))
M=M+IFA(1)

```

C----- Calculo de los Parametros por la subrutina TRESP2.

```

CALL TRESP2(NOMBRE,BCT(2),BAT(2),ICORRT(2),DESVT(2),IFA(2))
M=M+IFA(2)

```

C----- Calculo de los Parametros por la subrutina TRESP3.

```

CALL TRESP3(NOMBRE,BCT(3),BAT(3),ICORRT(3),DESVT(3),IFA(3))
M=M+IFA(3)

```

C----- Calculo de los parametros por la subrutina TRESP4.

```
CALL TRESP4(NOMBRE,BCT(4),BAT(4),ICORRT(4),DESVT(4),IFA(4))
M=M+IFA(4)
```

C----- Calculo de los parametros por la subrutina TRESP5.

```
CALL TRESP5(NOMBRE,BCT(5),BAT(5),ICORRT(5),DESVT(5),IFA(5))
```

C----- Si no se obtuvieron resultados de los parametros cineticos
C----- se manda al programa principal una clave para no tener errores
C----- y si se obtuvieron resultados se prueba cual de ellos
C----- tiene menor desviacion.

```
M=M+IFA(5)
IF(M .EQ. 0) THEN
    GOTO 1200
ENDIF
L=0
DO 901 I=1,5
IF(IFA(I) .EQ. 0 .OR. BAT(I) .LE. 0
1   .OR. BCT(I) .LE. 0 .OR. ICORRT(I) .LE. 0
2   .OR. DESVT(I) .EQ. 0) THEN
    GOTO 901
ELSE
    L=L+1
    BAT(L)=BAT(I)
    BCT(L)=BCT(I)
    ICORRT(L)=ICORRT(I)
    DESVT(L)=DESVT(I)
ENDIF
901 CONTINUE
MIN=10000000
DO 55 I=1,L
    IF(MIN .GT. DESVT(I))THEN
        MIN=DESVT(I)
        J=I
    ENDIF
55 CONTINUE
JIN=1
BAT(1)=BAT(J)
BCT(1)=BCT(J)
ICORRT(1)=ICORRT(J)
DESVT(1)=DESVT(J)
```

C----- Imprime los valores obtenidos.

```
TYPE *, ' METODO DE TRES PUNTOS '
TYPE *, ' BA= ',BAT(1)
TYPE *, ' BC= ',BCT(1)
TYPE *, ' ICORR= ',ICORRT(1)
TYPE *, ' DESV= ',DESVT(1)
RETURN
1200 TYPE *, ' No funciona el metodo de los tres puntos '
RETURN1
END
```

SUBROUTINE TRESP1(NOMBRE,BCT,BAT,ICORRT,DESVT,IFA)

```

*****
*
*   SUBROUTINA: Que calcula los parametros buscados por
*               el metodo de tres puntos teniendo los
*               tres datos de "DE, 2DE, -2DE". Calcula
*               cada punto la desviacion con los datos
*               de parametros obtenidos, y redresa a la
*               subrutina trespuntos el menor.
*
*   TITULO : Tresp1,For
*   FECHA : 24 - Nov - 86
*   ELABORO : Ramon Ayala Delgado
*
*****

```

Descripcion de variables	
VARIABLE	DESCRIPCION
NOMBRE	= Nombre del archivo de datos.
JIN	= Indice de los resultados.
BAT,BCT,ICORRT	= Parametros cineticos.
DESVT	= Desviacion de la curva teorica de los datos experimentales.
BA1,BC1,ICORR1	= Parametros cineticos calculados en esta subrutina y luego todos estos se prueba su desviacion para elegir el de menor.
DESVT1	
*Todas las demas	Son variables que en esta subrutina tienen validez y solo en cierta parte de la subrutina, por lo cual no se mencionan todas.

C----- Definiciones de variables y arreglos.

```

CHARACTER NOMBRE*10
REAL C3,V1,V2
REAL*16 BCT,BAT,ICORRT,DESVT,BC1,BA1,ICORR1,DESV1
REAL*16 A,XA,R1,R2,D,E,I1,R,IC,C31,F1
REAL*16 SBC1,SBA1,SICORR1,SDESV1,MIN,DE,DEO
INTEGER IFA,CONT,IND,Z,NN,NP,NIT
DIMENSION BC1(30),BA1(30),ICORR1(30),DESV1(30)
DIMENSION A(3),B(3),IC(100),E(100),I1(100),R(100)
C3=10
C31=ALOG(C3)

```

C----- Lectura de datos del archivo.

```

OPEN(10,NAME=NOMBRE,FORM='FORMATTED',TYPE='OLD')
READ(10,100) N
READ(10,200) (E(I),I1(I),I=1,N)
FORHAT(I4)

```

200 FORMAT(E15.6,E15.6)
 CLOSE(10)

C----- Proceso del programa para calcular los parametros cineticos.

```

      NN=0
      NP=0
      DO 90 I=1,N
      IF(E(I) .LT. 0) THEN
         NN=NN+1
      ELSE
         NP=NP+1
      ENDIF
90     CONTINUE
      IF(NP .GE. NN) THEN
         NIT=NN/2
      ELSE
         NIT=NP/2
      ENDIF
      SBC1=0
      SDA1=0
      SICORR1=0
      DEO=ABS(E(1)-E(2))
      DE=DEO
      M=0
      DO 91 I=1,NIT
         Z=0
         XA=DE
         Z=Z+1
2        DO 92 J=1,N
           IF(XA .EQ. E(J))THEN
              B(Z)=I1(J)
              GOTO 3
           ENDIF
92       CONTINUE
3        IF(Z .EQ. 1) THEN
           XA=2*DE
           GOTO 2
        ELSEIF(Z .EQ. 2) THEN
           XA=-2*DE
           GOTO 2
        ENDIF
         R1=B(2)/B(3)
         R2=B(2)/B(1)
         IF(R1 .LT. 0) THEN
            GOTO 10
         ENDIF
         R1=SQRT(R1)
         D=R2**2-4*R1
         IF(D .LT. 0) THEN
            GOTO 10
         ENDIF
         D=SQRT(D)
         V1=(R2+D)/2
         V2=(R2-D)/2
         IF(V1 .LT. 0 .OR. V2 .LT.0 .OR. V1 .EQ. V2) THEN
            GOTO 10
         ENDIF
         M=M+1
         BA1(M)=ABS(C31*DE/ALOG(V1))

```



```

BC1(M)=C31*DE/ALOG(V2)
BC1(M)=ABS(BC1(M))
ICORR1(M)=B(1)/(V1-V2)
CALL DESVIA(NOMBRE,BA1(M),BC1(M),ICORR1(M),F1)
DESV1(M)=F1
SBA1=SBA1+BA1(M)
SBC1=SBC1+BC1(M)
SICORR1=SICORR1+ICORR1(M)
DE=DE+DEO
10
91 CONTINUE
IF (M .EQ. 0) THEN
GOTO 99
ENDIF
L=M+1
BC1(L)=SBC1/M
BA1(L)=SBA1/M
ICORR1(L)=SICORR1/M
CALL DESVIA(NOMBRE,BA1(L),BC1(L),ICORR1(L),F1)
DESV1(L)=F1
IF(L .LT. 3) THEN
GOTO 51
ENDIF
SBA1=BA1(1)
SBC1=BC1(1)
SICORR1=ICORR1(1)
M=L
DO 11 I=2,L-1
M=M+1
SBA1=SBA1+BA1(I)
SBC1=SBC1+BC1(I)
SICORR1=SICORR1+ICORR1(I)
BA1(M)=SBA1/I
BC1(M)=SBC1/I
ICORR1(M)=SICORR1/I
CALL DESVIA(NOMBRE,BA1(M),BC1(M),ICORR1(M),F1)
DESV1(M)=F1
11 CONTINUE
C----- Se calcula los datos de menor desviacion para regresar a la
C----- subrutina TRESPUNTOS.
L=M
51 MIN=100000000
DO 112 I=1,L
IF(MIN .GT. DESV1(I) .AND. DESV1(I) .GT.0) THEN
MIN=DESV1(I)
IND=I
ENDIF
112 CONTINJE
BAT=BA1(IND)
BCT=BC1(IND)
ICORRT=ICORR1(IND)
DESVT=DESV1(IND)
IF(BAT .LE. 0 .OR. BCT .LE. 0 .OR. ICORRT .LE.0)THEN
GOTO 99
ENDIF
IFA=1
GOTO 991
99 IFA=0
991 RETURN

```


200 FORMAT(E15.6,E15.6)
 CLOSE(10)

C----- Proceso del programa para calcular los parametros cineticos.

```

NN=0
NP=0
DO 90 I=1,N
IF(E(1) .LT. 0) THEN
      NN=NN+1
ELSE
      NP=NP+1
ENDIF
90    CONTINUE
      NIT=NP/2
      SBC1=0
      SBA1=0
      SICORR1=0
      DE0=ABS(E(1)-E(2))
      DE=DE0
      M=0
      DO 91 I=1,NIT
          Z=0
          XA=DE
          Z=Z+1
          DO 92 J=1,N
              IF(XA .EQ. E(J))THEN
                  B(Z)=I(J)
                  GOTO 3
              ENDIF
          CONTINUE
          IF(Z .EQ. 1) THEN
              XA=2*DE
              GOTO 2
          ELSEIF(Z .EQ. 2) THEN
              XA=-DE
              GOTO 2
          ENDIF
          R1=B(2)/B(1)
          R2=B(1)/B(3)
          D=R1**2-4*R2
          IF(D .LE. 0) THEN
              GOTO 10
          ENDIF
          D=SQRT(D)
          V1=(R1+D)/2
          V2=(R1-D)/2
          IF(V1 .LT. 0 .OR. V2 .LT.0 ) THEN
              GOTO 10
          ENDIF
          M=M+1
          BA1(M)=ABS(C31*DE/ALOG(V1))
          BC1(M)=ABS(C31*DE/ALOG(V2))
          ICORR1(M)=B(1)/D
          CALL DESVIA(NOMBRE,BA1(M),BC1(M),ICORR1(M),F1)
          DESV1(M)=F1
          SBA1=SBA1+BA1(M)
          SBC1=SBC1+BC1(M)
          SICORR1=SICORR1+ICORR1(M)
10    DE=DE+DE0
```

```
91      CONTINUE
      IF (M .EQ. 0) THEN
          GOTO 99
      ENDIF
      L=M+1
      BC1(L)=SBC1/M
      BA1(L)=SBA1/M
      ICORR1(L)=SICORR1/M
      CALL DESVIA(NOMBRE,BA1(L),BC1(L),ICORR1(L),F1)
      DESV1(L)=F1
      IF (L .LT. 3) THEN
          GOTO 51
      ENDIF
      SBA1=BA1(1)
      SBC1=BC1(1)
      SICORR1=ICORR1(1)
      M=L
      DO 11 I=2,L-1
          M=M+1
          SBA1=SBA1+BA1(I)
          SBC1=SBC1+BC1(I)
          SICORR1=SICORR1+ICORR1(I)
          BA1(M)=SBA1/I
          BC1(M)=SBC1/I
          ICORR1(M)=SICORR1/I
          CALL DESVIA(NOMBRE,BA1(M),BC1(M),ICORR1(M),F1)
          DESV1(M)=F1
11      CONTINUE
      L=M

C----- Se calcula los datos de menor desviacion para regresar a la
C----- subrutina TRESPUNTOS.

51      MIN=100000000
      DO 112 I=1,L
          IF (MIN .GT. DESV1(I)) THEN
              MIN=DESV1(I)
              IND=I
          ENDIF
112     CONTINUE
      BAT=BA1(IND)
      BCT=BC1(IND)
      ICORRT=ICORR1(IND)
      DESVT=DESV1(IND)
      IF (BAT.LE.0.OR.BCT.LE.0.OR.ICORRT.LE.0) THEN
          GOTO 99
      ENDIF
      IFA=1
      GOTO 991
99      IFA=0
991     RETURN
      END
```

SUBROUTINE TRESP3(NOMBRE,BCT,BAT,ICORRT,DESVT,IFA)

```

C *****
C *
C *      SUBROUTINA: Que calcula los parametros buscados por
C *                  el metodo de tres puntos teniendo los
C *                  tres datos de "DE, -DE, -2DE". Calcula
C *                  cada punto la desviacion con los datos
C *                  de parametros obtenidos, y regresa a la
C *                  subrutina trespuntos el menor.
C *
C *      TITULO : Tresp3.For
C *      FECHA : 24 - Nov - 86
C *      ELABORO : Ramon Ayala Delgado
C *
C *****

```

```

C -----
C |
C |      Descripcion de variables
C |-----
C |
C |      VARIABLE                DESCRIPCION
C |-----
C |
C |      NOMBRE      =      Nombre del archivo de datos.
C |      JIN         =      Indice de los resultados.
C |      BAT,BCT,ICORRT=      Parametros cineticos.
C |      DESVT       =      Desviacion de la curva teorica de los
C |                          datos experimentales.
C |      BA1,BC1,ICORR1=      Parametros cineticos calculados en
C |                          esta subrutina y luego todos estos
C |                          se prueba su desviacion para elegir
C |                          el de menor.
C |
C |      *Todas las demas      Son variables que en esta subrutina
C |                          tienen validez y solo en cierta
C |                          parte de la subrutina, por lo cual
C |                          no se mencionan todas.
C |-----

```

C----- Definiciones de variables y arreglos.

```

CHARACTER NOMBRE*10
REAL C3,V1,V2
REAL*16 BCT,BAT,ICORRT,DESVT,BC1,BA1,ICORR1,DESV1
REAL*16 A,XA,R1,R2,D,E,I1,R,C31,IC
REAL*16 SBC1,SBA1,SICORR1,SDESV1,MIN,DE,DEO,F1
INTEGER IFA,CONT,IND,Z
DIMENSION BC1(30),BA1(30),ICORR1(30),DESV1(30)
DIMENSION A(3),B(3),IC(100),E(100),I1(100),R(100)
C3=10.00
C31=ALOG(C3)

```

C----- Lectura de datos del archivo.

```

OPEN(10,NAME=NOMBRE,FORM='FORMATTED',TYPE='OLD')
READ(10,100) N
READ(10,200) (E(I),I1(I),I=1,N)
FORMAT(I4)

```

200 FORMAT(E15.6,E15.6)
CLOSE(10)

C----- Proceso del programa para calcular los parametros cineticos.

```

NN=0
NF=0
DO 90 I=1,N
IF(E(I) .LT. 0) THEN
    NN=NN+1
ELSE
    NF=NF+1
ENDIF
CONTINUE
NIT=NN/2
SBC1=0
SBA1=0
SICORR1=0
DE0=ABS(E(1)-E(2))
DE=DE0
M=0
DO 91 I=1,NIT
    Z=0
    XA=DE
    DO 92 J=1,N
        IF(XA .EQ. E(J))THEN
            B(Z)=I1(J)
            GOTO 3
        ENDIF
    CONTINUE
    IF(Z .EQ. 1) THEN
        XA=-DE
        GOTO 2
    ELSEIF(Z .EQ. 2) THEN
        XA=-2*DE
        GOTO 2
    ENDIF
    R1=B(1)/B(2)
    R2=B(3)/B(2)
    D=(R2*R1)**2-4*R1
    IF(D .LT. 0) THEN
        GOTO 10
    ENDIF
    D=SQRT(D)
    V1=(R1*R2+D)/2
    V2=(R1*R2-D)/2
    IF(V1 .LT. 0 .OR. V2 .LT.0 .OR. D .EQ. 0) THEN
        GOTO 10
    ENDIF
    M=M+1
    BA1(M)=ABS(C31*DE/ALOG(V1))
    BC1(M)=ABS(C31*DE/ALOG(V2))
    ICORR1(M)=B(1)/D
    CALL DESVIA(NOMBRE,BA1(M),BC1(M),ICORR1(M),F1)
    DESV1(M)=F1
    SBA1=SBA1+BA1(M)
    SBC1=SBC1+BC1(M)
    SICORR1=SICORR1+ICORR1(M)
    DE=DE+DE0
10
```

```
91 CONTINUE
  IF (M .EQ. 0) THEN
    GOTO 99
  ENDIF
  L=M+1
  BC1(L)=SBC1/M
  BA1(L)=SBA1/M
  ICORR1(L)=SICORR1/M
  CALL DESVIA(NOMBRE,BA1(L),BC1(L),ICORR1(L),F1)
  DESV1(L)=F1
  IF(L .LT. 3) THEN
    GOTO 51
  ENDIF
  SBA1=BA1(1)
  SBC1=BC1(1)
  SICORR1=ICORR1(1)
  M=L
  DO 11 I=2,L-1
    M=M+1
    SBA1=SBA1+BA1(I)
    SBC1=SBC1+BC1(I)
    SICORR1=SICORR1+ICORR1(I)
    BA1(M)=SBA1/I
    BC1(M)=SBC1/I
    ICORR1(M)=SICORR1/I
    CALL DESVIA(NOMBRE,BA1(M),BC1(M),ICORR1(M),F1)
    DESV1(M)=F1
```

```
11 CONTINUE
  L=M
```

C_____ Se calcula los datos de menor desviacion para regresar a la
C_____ subrutina TRESPUNTOS.

```
51 MIN=100000000
  DO 112 I=1,L
    IF(MIN .GT. DESV1(I)) THEN
      MIN=DESV1(I)
      IND=I
    ENDIF
```

```
112 CONTINUE
  BAT=BA1(IND)
  BCT=BC1(IND)
  ICORRT=ICORR1(IND)
  DESVT=DESV1(IND)
  IFA=1
  GOTO 991
```

```
99 IFA=0
991 RETURN
  END
```


200 FORMAT(E15.6,E15.6)
 CLOSE(10)

C----- Proceso del programa para calcular los parametros cineticos.

```

NN=0
NP=0
DO 90 I=1,N
IF(E(I) .LT. 0) THEN
    NN=NN+1
ELSE
    NP=NP+1
ENDIF
CONTINUE
90      NIT=NN/3
SBC1=0
SBA1=0
SICORR1=0
DE0=ABS(E(1)-E(2))
DE=-DE0
M=0
DO 91 I=1,NIT
    Z=0
    XA=DE
    2      Z=Z+1
    A(Z)=XA
    DO 92 J=1,N
        IF(A(Z) .EQ. E(J))THEN
            B(Z)=I(J)
            GOTO 3
        ENDIF
    CONTINUE
    92      IF(Z .EQ. 1) THEN
        XA=2*DE
        GOTO 2
    ELSEIF(Z .EQ. 2) THEN
        XA=3*DE
        GOTO 2
    ENDIF
    R1=B(2)/B(1)
    R2=B(3)/B(1)
    D=4*R2-3*R1**2
    IF(D .LT. 0) THEN
        GOTO 10
    ENDIF
    D=SQRT(D)
    V1=(R1-D)/2
    V2=(R1+D)/2
    IF(V1 .LT. 0 .OR. V2 .LT.0 .OR. D .EQ. 0) THEN
        GOTO 10
    ENDIF
    M=M+1
    BA1(M)=ABS(C31*DE/ALOG(V1))
    BC1(M)=ABS(C31*DE/ALOG(V2))
    ICORR1(M)=ABS(B(1)/D)
    CALL DESVIA(NOMBRE,B A1(M),B C1(M),I CORR1(M),F1)
    DESV1(M)=F1
    SBA1=SBA1+BA1(M)
    SBC1=SBC1+BC1(M)
    SICORR1=SICORR1+ICORR1(M)
```

```
10          DE=DE-DEO
91  CONTINUE
    IF (M .EQ. 0) THEN
        GOTO 99
    ENDIF
    L=M+1
    BC1(L)=SBC1/M
    BA1(L)=SBA1/M
    ICORR1(L)=SICORR1/M
    CALL DESVIA(NOMBRE,BA1(L),BC1(L),ICORR1(L),F1)
    DESV1(L)=F1
    IF (L .LT. 3) THEN
        GOTO 51
    ENDIF
    SBA1=BA1(1)
    SBC1=BC1(1)
    SICORR1=ICORR1(1)
    M=L
    DO 11 I=2,L-1
        M=M+1
        SBA1=SBA1+BA1(I)
        SBC1=SBC1+BC1(I)
        SICORR1=SICORR1+ICORR1(I)
        BA1(M)=SBA1/I
        BC1(M)=SBC1/I
        ICORR1(M)=SICORR1/I
        CALL DESVIA(NOMBRE,BA1(M),BC1(M),ICORR1(M),F1)
        DESV1(M)=F1
11  CONTINUE
    L=M

C----- Se calcula los datos de menor desviacion para regresar a la
C----- subrutina TRESFUNTOS.

51  MIN=100000000
    DO 112 I=1,L
        IF (MIN .GT. DESV1(I)) THEN
            MIN=DESV1(I)
            IND=I
        ENDIF
112 CONTINUE
    BAT=BA1(IND)
    BCT=BC1(IND)
    ICORRT=ICORR1(IND)
    DESVT=DESV1(IND)
    IF (BAT .LE. 0 .OR. BCT .LE. 0 .OR. ICORRT .LE. 0) THEN
        GOTO 99
    ENDIF
    IFA=1
    GOTO 991
99  IFA=0
991 RETURN
    END
```

SUBROUTINE TRESP5(NOMBRE,BCT,BAT,ICORRT,DESVT,IFA)

```

C *****
C *
C *      SUBROUTINA: Que calcula los parametros buscados por
C *      el metodo de tres puntos teniendo los
C *      tres datos de * DE, 2DE, 3DE*. Calcula
C *      cada punto la desviacion con los datos
C *      de parametros obtenidos, y retorna a la
C *      subrutina tres puntos el menor,
C *
C *      TITULO : Tresp5.For
C *      FECHA : 24 - Nov - 86
C *      ELABORO : Ramon Ayala Delgado
C *
C *****

```

```

C |-----|
C |
C |      Descripción de variables
C |-----|
C |
C |      VARIABLE                DESCRIPCION
C |-----|
C |
C |      NOMBRE      =      Nombre del archivo de datos.
C |      JIN         =      Indice de los resultados.
C |      BAT,BCT,ICORRT=      Parametros cineticos.
C |      DESVT       =      Desviacion de la curva teorica de los
C |                          datos experimentales.
C |      BA1,BC1,ICORR1=      Parametros cineticos calculados en
C |      DESVT1         esta subrutina y luego todos estos
C |                          se prueba su desviacion para elegir
C |                          el de menor.
C |
C |      *Todas las demas      Son variables que en esta subrutina
C |                          tienen validez y solo en cierta
C |                          parte de la subrutina, por lo cual
C |                          no se mencionan todas.
C |-----|

```

C----- Definiciones de variables y arreglos.

```

CHARACTER NOMBRE*10
REAL C3,V1,V2
REAL*16 BCT,BAT,ICORRT,DESVT,BC1,BA1,ICORR1,DESV1
REAL*16 A,XA,R1,R2,D,E,I1,R,C31,IC,F1
REAL*16 SBC1,SBA1,SICORR1,SDESV1,MIN,DE,DEO
INTEGER IFA,CONT,IND,Z
DIMENSION BC1(30),BA1(30),ICORR1(30),DESV1(30)
DIMENSION A(3),B(3),IC(100),E(100),I1(100),R(100)
C3=10.00
C31=ALOG(C3)

```

C----- Lectura de datos del archivo.

```

OPEN(10,NAME=NOMBRE,FORM='FORMATTED',TYPE='OLD')
READ(10,100) N
READ(10,200) (E(I),I1(I),I=1,N)
FORMAT(I4)

```

```
200  FORMAT(E15.6,E15.6)
      CLOSE(10)
```

C----- Proceso del programa para calcular los parametros cineticos.

```
      NN=0
      NP=0
      DO 90 I=1,N
      IF(E(I) .LT. 0) THEN
          NN=NN+1
      ELSE
          NP=NP+1
      ENDIF
90     CONTINUE
          NIT=NP/3
          SBC1=0
          SBA1=0
          SICORR1=0
          DE0=ABS(E(1)-E(2))
          DE=DE0
          M=0
          DO 91 I=1,NIT
              Z=0
              XA=DE
              Z=Z+1
              DO 92 J=1,N
                  IF(XA .EQ. E(J))THEN
                      B(Z)=I1(J)
                      GOTO 3
                  ENDIF
              CONTINUE
              IF(Z .EQ. 1) THEN
                  XA=2*DE
                  GOTO 2
              ELSEIF(Z .EQ. 2) THEN
                  XA=3*DE
                  GOTO 2
              ENDIF
              R1=B(2)/B(1)
              R2=B(3)/B(1)
              D=4*R2-3*R1**2
              IF(D .LE. 0) THEN
                  GOTO 10
              ENDIF
              D=SQRT(D)
              V1=(R1+D)/2
              V2=(R1-D)/2
              IF(V1 .LE. 0.0 .OR. V2 .LE.0 ) THEN
                  GOTO 10
              ENDIF
              M=M+1
              BA1(M)=C31*DE/ALOG(V1)
              BC1(M)=ABS(C31*DE/ALOG(V2))
              ICORR1(M)=ABS(B(1)/(V1-V2))
              CALL DESVIA(NOMBRE,BA1(M),BC1(M),ICORR1(M),F1)
              DESV1(M)=F1
              SBA1=SBA1+BA1(M)
              SBC1=SBC1+BC1(M)
              SICORR1=SICORR1+ICORR1(M)
10          DE=DE+DE0
```

```
91 CONTINUE
   IF (M .EQ. 0) THEN
       GOTO 99
   ENDIF
   L=M+1
   BC1(L)=SBC1/M
   BA1(L)=SBA1/M
   ICORR1(L)=SICORR1/M
   CALL DESVIA(NOMBRE,BA1(L),BC1(L),ICORR1(L),F1)
   DESV1(L)=F1
   IF (L .LT. 3) THEN
       GOTO 51
   ENDIF
   SBA1=BA1(1)
   SBC1=BC1(1)
   SICORR1=ICORR1(1)
   M=L
   DO 11 I=2,L-1
       M=M+1
       SBA1=SBA1+BA1(I)
       SBC1=SBC1+BC1(I)
       SICORR1=SICORR1+ICORR1(I)
       BA1(M)=SBA1/I
       BC1(M)=SBC1/I
       ICORR1(M)=SICORR1/I
       CALL DESVIA(NOMBRE,BA1(M),BC1(M),ICORR1(M),F1)
       DESV1(M)=F1
11 CONTINUE
   L=M
```

C----- Se calcula los datos de menor desviacion para regresar a la
C----- subrutina TRESPUNTOS.

```
51 MIN=100000000
   DO 112 I=1,L
       IF (MIN .GT. DESV1(I)) THEN
           MIN=DESV1(I)
           IND=I
       ENDIF
112 CONTINUE
   BAT=BA1(IND)
   BCT=BC1(IND)
   ICORRT=ICORR1(IND)
   DESVT=DESV1(IND)
   IF (BAT,LE.0,OR,BCT,LE.0,OR,ICORRT,LE.0) THEN
       GOTO 99
   ENDIF
   IFA=1
   GOTO 991
99 IFA=0
991 RETURN
END
```

SUBROUTINE ITERACIONES(NOMBRE,BAT,BCT,ICORRT,DESVT,JIN)

```

*****
* SUBROUTINA:
* Que calcula los Parametros buscados por el metodo de
* iteraciones de Newton para valores cercanos a una
* solucion, los parametros con los cuales comienza son
* los obtenidos de la subrutina tres puntos, y trata de
* ajustar estos parametros a otros mas cerca de la curva
* experimental si no puede da un mensaje.
*
* TITULO : Iteraciones.For
* FECHA : 24 - Nov - 84
* ELABORO : Ramon Ayala Delgado
*
*****

```

Descripcion de variables	
VARIABLE	DESCRIPCION
NOMBRE	= Nombre del archivo de datos.
JIN	= Indice de los resultados.
BAT,BCT,ICORRT	= Parametros cineticos.
DESVT	= Desviacion de la curva teorica de los datos experimentales.
*Nota	Todas las demas son variables que solo tienen utilidad en cierta parte del programa por eso no se hacen mencion para no hacer mas grande el listado.

C----- Definicion de variables y arreglos.

```

CHARACTER NOMBRE*10
REAL*16 S,F1,ICAL,S1,S2,D,D1,D2,E,I1,C1
REAL*16 H3,H5,H6,H4,M,DM,P,C31,ERR,H1,H2
REAL*16 BAT,BCT,ICORRT,DESVT
REAL C3
INTEGER SG,C2,EI,FI,C,JIN,IND
DIMENSION S(3),D(3,100),ICAL(100),C1(3),ERR(100),DESVT(20)
DIMENSION I1(100),E(100),M(3,4),BAT(20),BCT(20),ICORRT(20)

```

C----- Lectura de datos.

```

OPEN(10,FILE=NOMBRE,FORM='FORMATTED',TYPE='OLD')
READ(10,100) N
100  FORMAT(I4)
READ(10,200) (E(I),I1(I),I=1,N)
200  FORMAT(E15.6,E15.6)
CLOSE(10)
IND=JIN
C3=10.
C31=ALOG(C3)
TYPE *, ' METODO DE NEWTON CON VALORES INICIALES '

```

C----- Ciclo para calcular los valores de los Paramtros cineticos
C----- a partir de valores de estos Parametros en las subrutinas
C----- TRESPUNTOS.

```
DO 65 L=1,JIN  
S(1)=BCT(L)  
S(2)=BAT(L)  
S(3)=ICORRT(L)  
3000 C=0  
F1=0
```

C----- Calculo de errores debidos a la suposicion de los Parametros,
C----- si el error es menor que .1 para cada punto, el ciclo termina
C----- y guarda los valores hasta aqui calculados.

```
DO 900 I=1,N  
IF(E(I) .LT. 0) THEN  
SG=1  
ELSE  
SG=-1  
ENDIF  
F=E(I)  
D(1,I)=SG*S(3)*P*C31*(10**(-P/S(1)))/S(1)**2  
D(2,I)=SG*S(3)*P*C31*(10**(P/S(2)))/S(2)**2  
D(3,I)=SG*(10**(-P/S(1))-10**(P/S(2)))  
ICAL(I)=SG*S(3)*(10**(-P/S(1))-10**(P/S(2)))  
ERR(I)=ICAL(I)-I1(I)  
IF(ABS(ERR(I)) .LE. 0.1)THEN  
C=C+1  
ENDIF  
F1=F1+ABS(ERR(I))/I1(I)  
900 CONTINUE
```

C----- Planteamiento de tres ecuaciones para minimizar el error debido
C----- a la suposicion de los valores, estas tres ecuaciones resuelven
C----- por iteraciones mediante el metodo de newton los valores de menor
C----- error para la ecuacion teorica.

```
IF(C .EQ. N) THEN  
GOTO 1000  
ENDIF  
C=INT(N/3)  
C2=N-C*3  
DO 910 K=1,3  
DO 920 I=1,3  
IF(C2 .NE. 0) THEN  
GOTO 250  
ENDIF  
EI=I*C+1-C  
FI=I*C  
GOTO 300  
250 GOTO (211,222)C2  
211 EI=I*C+1-C  
FI=I*C  
IF(I .EQ. 3) THEN  
FI=FI+1  
ENDIF  
GOTO 300  
222 EI=I*C+1-C  
FI=I*C
```

```

IF(I .EQ. 2) THEN
    FI=FI+1
ELSEIF(I .EQ. 3) THEN
    EI=EI+1
    FI=FI+2
ENDIF
300 S1=0
    S2=0
    DO 930 J=EI,FI
        S1=S1+D(K,J)
        S2=S2+ERR(J)
930 CONTINUE
    M(I,K)=S1
    M(I,4)=-S2
920 CONTINUE
910 CONTINUE

```

C----- Solucion de las tres ecuaciones mediante matrices.

```

D1=M(1,1)*M(2,2)*M(3,3)+M(1,2)*M(2,3)*M(3,1)+M(1,3)*M(2,1)*M(3,2)
D2=M(1,1)*M(2,3)*M(3,2)+M(1,2)*M(2,1)*M(3,3)+M(1,3)*M(2,2)*M(3,1)
H1=M(1,4)*M(2,2)*M(3,3)+M(1,2)*M(2,3)*M(3,4)+M(1,3)*M(2,4)*M(3,2)
H2=M(1,4)*M(2,3)*M(3,2)+M(1,2)*M(2,4)*M(3,3)+M(1,3)*M(2,2)*M(3,4)
H3=M(1,1)*M(2,4)*M(3,3)+M(1,4)*M(2,3)*M(3,1)+M(1,3)*M(2,1)*M(3,4)
H4=M(1,1)*M(2,3)*M(3,4)+M(1,4)*M(2,1)*M(3,3)+M(1,3)*M(2,4)*M(3,1)
H5=M(1,1)*M(2,2)*M(3,4)+M(1,2)*M(2,4)*M(3,1)+M(1,4)*M(2,1)*M(3,2)
H6=M(1,1)*M(2,4)*M(3,2)+M(1,2)*M(2,1)*M(3,4)+M(1,4)*M(2,2)*M(3,1)
DM=D1-D2
C1(1)=(H1-H2)/DM
C1(2)=(H3-H4)/DM
C1(3)=(H5-H6)/DM
C=0

```

C----- Replanteamiento de los valores de los parametros para minimizar el error, si esto no sucede termina el programa dando un mensaje.

```

DO 940 I=1,3
    IF(ABS(C1(I)) .LE. 0.01) THEN
        C=C+1
    ENDIF
    IF(C1(I) .LT. 0) THEN
        IF(-C1(I) .GT. S(I)/2) THEN
            C1(I)=-S(I)/2
        ENDIF
    ELSEIF(C1(I) .GT. 0) THEN
        IF(C1(I) .GT. S(I)*2) THEN
            C1(I)=2*S(I)
        ENDIF
    ENDIF
    S(I)=S(I)+C1(I)
    IF(S(I) .GT. 1.000E+07 ) THEN
        TYPE *, ' No converge '
        GOTO 2000
    ENDIF
940 CONTINUE
    IF(C .EQ. 3) THEN
        GOTO 1000
    ELSE
        GOTO 3000
    ENDIF

```



```
2000   GOTO 65
1000   F1=F1*100/N
       IND=IND+1
       DESVT(IND)=F1
       BCT(IND)=S(1)
       BAT(IND)=S(2)
       ICORRT(IND)=S(3)
```

C----- Imprime en la pantalla los parametros encontrados

```
       TYPE *, '      BA= ', S(2)
       TYPE *, '      BC= ', S(1)
       TYPE *, ' ICORR= ', S(3)
       TYPE *, ' DESV= ', F1
65     CONTINUE
       JIN=IND
       RETURN
       END
```

SUBROUTINE INDIVIDUAL(NOMBRE,*,BAT,BCT,ICORRT,DESVT,JIN)

```

*****
* SUBROUTINA:
* Que calcula los Parametros por medio del metodo
* de Newton, para curvas individuales o sea solo
* para la linea catodica o la anodica, con los
* valores obtenidos por el metodo de tres puntos
* o por el metodo de Newton completo, y si no
* tiene ningun valor, supone los iniciales.
*
* TITULO : Individual.For
* FECHA : 24 - Nov - 84
* ELABORO : Ramon Avila Belsado
*
*****

```

```

|-----|
|                Descripcion de variables                |
|-----|
| VARIABLE                DESCRIPCION                |
|-----|
| NOMBRE                = Nombre del archivo de datos. |
| JIN                  = Indice de los resultados.    |
| BAT,BCT,ICORRT      = Parametros cineticos.        |
| DESVT                = Desviacion de la curva teorica de los |
|                      datos experimentales.          |
| *Nota                Todas las demas son variables que solo |
|                      tienen utilidad en cierta parte del |
|                      programa por eso no se hacen mencion |
|                      para no hacer mas grande el listado. |
|-----|

```

C----- Definicion de variables y arreglos.

```

CHARACTER NOMBRE*10
REAL*16 S,F1,ICAL,S1,S2,D,D1,D2,E,I1,C1,ERR,H1,H2
REAL*16 H3,H5,H6,H4,M,DM,P
REAL*16 BAT,BCT,ICORRT,DESVT
REAL C3
INTEGER SG,C2,EI,F1,C,D,FT,JIN,CONT
DIMENSION S(3),D(3,100),ICAL(100),C1(3),ERR(100),DESVT(30)
DIMENSION I1(100),E(100),M(3,4),BAT(30),BCT(30),ICORRT(30)
C3=10.
C31=ALOG(C3)
TYPE *, ' METODO DE NEWTON PARA CADA CURVA '

```

C----- Supone unos valores iniciales para cuando no ha calculado

C----- Parametros en las subrutinas anteriores

```

IF(JIN .EQ. 0) THEN
    CONT=1
    BCT(1)=300
    BCT(1)=300
    ICORRT(1)=300
ELSE
    CONT=JIN
ENDIF

```

```
DO 61 KT=1,CONT
FT=1
DO 65 L=1,2
```

C----- Lectura de datos.

```
OPEN(10,FILE=NOBRE,FORM='FORMATTED',TYPE='OLD')
READ(10,100) N
READ(10,200) (E(I),I(1),I=1,N)
CLOSE(10)
100 FORMAT(I4)
200 FORMAT(E15.6,E15.6)
IF(FT .EQ. 1) THEN
    TYPE *, ' POSITIVOS '
ELSE
    TYPE *, ' NEGATIVOS '
ENDIF
NN=0
DO 66 J=1,N
    E(J)=FT*E(J)
    IF(E(J) .GT. 0 )THEN
        NN=NN+1
        E(NN)=E(J)*FT
        I1(NN)=I1(J)
    ENDIF
66 CONTINUE
FT=-FT
N=NN
S(1)=BCT(KT)
S(2)=BAT(KT)
S(3)=ICORRT(KT)
3000 F1=0
    C=0
```

C----- Ciclo para calcular los valores de los parametros cineticos
C----- a partir de valores de estos parametros supuestos o por los
C----- los calculados en las subrutinas anteriores.

```
DO 900 I=1,N
    IF(E(I) .LT. 0) THEN
        SG=1
    ELSE
        SG=-1
    ENDIF
    F=E(I)
```

C----- Calculo de errores debido a la suposicion de los parametros;
C----- si el error es menor que .1 para cada punto, el ciclo termina
C----- y guarda los valores hasta aqui calculados.

```
D(1,I)=SG*S(3)*P*C31*(10**(-P/S(1)))/S(1)**2
D(2,I)=SG*S(3)*P*C31*(10**(P/S(2)))/S(2)**2
D(3,I)=SG*(10**(-P/S(1))-10**(P/S(2)))
ICAL(I)=SG*S(3)*(10**(-P/S(1))-10**(P/S(2)))
ERR(I)=ICAL(I)-I1(I)
IF(ABS(ERR(I)) .LE. 0.1)THEN
    C=C+1
ENDIF
F1=F1+ABS(ERR(I))/I1(I)
900 CONTINUE
```

```
IF(C .EQ. N) THEN
    GOTO 1000
ENDIF
```

C----- Planteamiento de tres ecuaciones para minimizar el error debido
 C----- a la suposicion de los valores, estas tres ecuaciones resuelven
 C----- por iteraciones mediante el metodo de newton los valores de menor
 C----- error para la ecuacion teorica.

```
C=INT(N/3)
C2=N-C*3
DO 910 K=1,3
    DO 920 I=1,3
        IF(C2 .NE. 0) THEN
            GOTO 250
        ENDIF
        EI=I*C+1-C
        FI=I*C
        GOTO 300
    250      GOTO (211,222)C2
    211      EI=I*C+1-C
            FI=I*C
            IF(I .EQ. 3) THEN
                FI=FI+1
            ENDIF
            GOTO 300
    222      EI=I*C+1-C
            FI=I*C
            IF(I .EQ. 2) THEN
                FI=FI+1
            ELSEIF(I .EQ. 3) THEN
                EI=EI+1
                FI=FI+2
            ENDIF
    300      S1=0
            S2=0
            DO 930 J=EI,FI
                S1=S1+D(K,J)
                S2=S2+ERR(J)
    930      CONTINUE
            M(I,K)=S1
            M(I,4)=-S2
    920      CONTINUE
    910      CONTINUE
```

C----- Solucion de las tres ecuaciones mediante matrices.

```
D1=M(1,1)*M(2,2)*M(3,3)+M(1,2)*M(2,3)*M(3,1)+M(1,3)*M(2,1)*M(3,2)
D2=M(1,1)*M(2,3)*M(3,2)+M(1,2)*M(2,1)*M(3,3)+M(1,3)*M(2,2)*M(3,1)
H1=M(1,4)*M(2,2)*M(3,3)+M(1,2)*M(2,3)*M(3,4)+M(1,3)*M(2,4)*M(3,2)
H2=M(1,4)*M(2,3)*M(3,2)+M(1,2)*M(2,4)*M(3,3)+M(1,3)*M(2,2)*M(3,4)
H3=M(1,1)*M(2,4)*M(3,3)+M(1,4)*M(2,3)*M(3,1)+M(1,3)*M(2,1)*M(3,4)
H4=M(1,1)*M(2,3)*M(3,4)+M(1,4)*M(2,1)*M(3,3)+M(1,3)*M(2,4)*M(3,1)
H5=M(1,1)*M(2,2)*M(3,4)+M(1,2)*M(2,4)*M(3,1)+M(1,4)*M(2,1)*M(3,2)
H6=M(1,1)*M(2,4)*M(3,2)+M(1,2)*M(2,1)*M(3,4)+M(1,4)*M(2,2)*M(3,1)
DM=D1-D2
C1(1)=(H1-H2)/DM
C1(2)=(H3-H4)/DM
C1(3)=(H5-H6)/DM
C=0
```

C----- Replanteamiento de los valores de los parametros para minimizar
C----- el error, si esto no sucede termina el programa dando un mensaje.

```
DO 940 I=1,3
  IF(ABS(C1(I)) .LE. 0.01) THEN
    C=C+1
  ENDIF
  IF(C1(I) .LT. 0) THEN
    IF(-C1(I) .GT. S(I)/2) THEN
      C1(I)=-S(I)/2
    ENDIF
  ELSEIF(C1(I) .GT. 0) THEN
    IF(C1(I) .GT. S(I)*2) THEN
      C1(I)=2*S(I)
    ENDIF
  ENDIF
  S(I)=S(I)+C1(I)
  IF(S(I) .GT. 1.000E+07 .OR. S(I) .LE. 1) THEN
    GOTO 2000
  ENDIF
940 CONTINUE
  IF(C .EQ. 3) THEN
    GOTO 1000
  ELSE
    GOTO 3000
  ENDIF
2000 GOTO 45
1000 F1=F1*100/N
  JIN=JIN+1
  BCT(JIN)=S(1)
  BAT(JIN)=S(2)
  ICORRT(JIN)=S(3)
  CALL DESVIA(NOMBRE,BAT(JIN),BCT(JIN),ICORRT(JIN),F1)
  DESVT(JIN)=F1
```

C----- Imprime en la pantalla los parametros encontrados

```
WRITE(*,1300)BAT(JIN),BCT(JIN),ICORRT(JIN),DESVT(JIN)
1300 FORMAT(//,20X,'      BA= ',E15.9,'      mV',
1      /,20X,'      BC= ',E15.9,'      mV',
2      /,20X,'      ICORR= ',E15.9,'      micA/cm2',
3      /,20X,'      DESV= ',E15.9,'      %')
65 CONTINUE
61 CONTINUE
  IF(JIN .GE. 1) THEN
    RETURN
  ELSE
    RETURN1
  ENDIF
END
```

SUBROUTINE ALTERACIONES(NOMBRE)

```

C *****
C *
C *     SUBROUTINA: Que altera el archivo de datos cuando
C *     las subrutinas del programa principal
C *     no obtienen ninsun resultado tanto los
C *     TRESPUNTOS como la dos de ITERACIONES
C *     no es recomendable, pero solo cuando sea
C *     necesario, pero hasta el momento siempre
C *     ha funcionado una.
C *
C *     TITULO : Trespl,For
C *     FECHA : 24 - Nov - 86
C *     ELABORO : Ramon Awala Delsado
C *
C *****

```

```

C |-----|
C |               Descripcion de variables               |
C |-----|
C |
C | VARIABLE                DESCRIPCION
C |-----|
C |
C | NOMBRE                   = Nombre del archivo de datos.
C | E,I1                     = Potencial y corriente del
C | RESP                     = Variable de respuesta.
C |
C |-----|

```

C----- Definicion de variables y arreglos.

```

CHARACTER NOMBRE*10,RESP*1
REAL*16 E,I1
INTEGER N,K,F
DIMENSION E(100),I1(100)

```

C----- Lectura de datos.

```

OPEN(UNIT=10,NAME=NOMBRE,FORM='FORMATTED',TYPE='OLD')
READ(10,100) N
READ(10,200) (E(I),I1(I),I=1,N)
WRITE(*,100) N
WRITE(*,200) (E(I),I1(I),I=1,N)
100  FORMAT(I4)
200  FORMAT(E15.6,E15.6)
CLOSE(10)

```

```

C----- Prueba si el archivo de datos no habia sido alterado,
C----- borra el archivo, si habia alterado, si no, le cambia
C----- el nombre.

```

```

IF(NOMBRE .EQ. 'ALT.DAT') THEN
  OPEN(UNIT=10,NAME=NOMBRE,FORM='FORMATTED',TYPE='OLD')
  CLOSE(10,DISP='DELETE')
ELSE
  NOMBRE='ALT.DAT'
ENDIF

```

K=0

C----- Muestra los datos del archivo y pregunta si se quieren borrar

```
DO 99 I=1,N
  TYPE 110,I,E(I),I1(I)
  TYPE 120
  ACCEPT 130,RESP
  IF(RESP .EQ. 'N') THEN
    GOTD 99
  ELSE
    K=K+1
    E(K)=E(I)
    I1(K)=I1(I)
  ENDIF
99  CONTINUE
   F=N-K
```

C----- Imprime la nueva serie de datos.

```
OPEN(UNIT=10,NAME=NOHMBRE,FORM='FORMATTED',TYPE='NEW')
WRITE(10,100) K
WRITE(10,200) (E(I),I1(I),I=1,K)
CLOSE(10)
```

C----- Formatos.

```
110  FORMAT(I4,5X,E15.9,5X,E15.9)
120  FORMAT(5X,' SE QUEDA ESTE DATO **CS/NJ**',5)
130  FORMAT(A1)
140  FORMAT(5X,' LOS DATOS DESCARTADOS FUERON: ',I3)
      RETURN
      END
```

SUBROUTINE DESVIA(NOMBRE,BA,BC,ICORR,DESV)

```

C
C *****
C *
C *      SUBROUTINA:
C *
C *      Que calcula la desviacion de los datos
C *      experimentales contra los calculados
C *      con la ecuacion general sustituyendo -
C *      los parametros y calculando el promedio.
C *
C *      TITULO : Desvia,For
C *      FECHA : 24 - Nov - 86
C *      ELABORO : Ramon Ayala Delgado
C *
C *****

```

```

C |-----|
C |
C |      Descripcion de variables
C |-----|
C |
C |      VARIABLE                DESCRIPCION
C |-----|
C |
C |      NOMBRE      =      Nombre del archivo de datos.
C |      JIN         =      Indice de los resultados.
C |      BAT,BCT,ICORRT=      Parametros cineticos.
C |      DESVT       =      Desviacion de la curva teorica de los
C |                          datos experimentales.
C |
C |      *NOTA
C |                          Las demas variables no se definen
C |                          porque son de poca utilidad para
C |                          el Programa Principal.
C |-----|

```

C----- Definicion de variables y arreslos.

```

CHARACTER NOMBRE*10
REAL C3
REAL*16 BA,BC,IC,ICORR,DESV,F1,E,I1,R,C31
DIMENSION E(100),I1(100)
C3=10
C31=ALOG(C3)

```

C----- Lectura de datos.

```

OPEN(10,NAME=NOMBRE,FORM='FORMATTED',TYPE='OLD')
READ(10,100) N
READ(10,200) (E(I),I1(I),I=1,N)
100  FORMAT(I4)
200  FORMAT(E15.6,E15.6)
CLOSE(10)
F1=0

```

C----- Calculo del error para cada punto a partir de los datos
C----- de parametros cineticos que se alimentan ala subrutina
C----- con respecto a la ecuacion teorica.

```

DO 11 K=1,N
IF(E(K) .LT. 0) THEN

```



```
ELSE          SG=1
              SG=-1
ENDIF
IC=SG*ICORR*(10**(-E(K)/BC)-10**(E(K)/BA))
R=IC-I1(K)
F1=F1+ABS(R)/I1(K)
```

11 CONTINUE

C----- Calculo de la desviacion porcentual.

DESU=F1*100/N

RETURN
END

APÉNDICE C

```
100 REM*****
110 REM*
120 REM* PROGRAMA PARA REALIZAR LOS CALCULOS DE CINETICA Y VELOCIDAD DE *
130 REM* CORROSION EN ACEROS DE USO GEOTERMICO,CON DATOS OBTENIDOS EN - *
140 REM* CELDA AUTOCLAVE,
150 REM* PROPIEDAD DEL LABORATORIO DE ELECTROQUIMICA IIE CERRO PRIETO BC*
160 REM* IMPLEMENTARON: BENJAMIN VALDEZ S. Y RAHON AYALA DELGADO, *
170 REM*
180 REM*****C O R F I T*****
190 DISPLAY=CLEAR \ MOVE_CURSOR=(1)
200 DEF FNA(X)=INT(X*100+.5)/100
210 DIM A0(60),A1(60),A2(60),A3(60,3),A4(60),A5(6),A6(10),A7(2),A8(3),A9(4)
220 DIM H2(9),B(3,3),B0(3,3),B1(3),B2(3),B3(4),B4(4),B5(9),B6(4),B7(4),B8(4)
230 DIM B9(4)
240 DATA I,ELECTRODE,100
250 PRINT* OPCIONES !!!!!!!!!!!!!!! *
260 PRINT*1.-NO SE TIENEN NI SE DESEAN GUARDAR LOS DATOS*
270 PRINT*2.-NO SE TIENEN Y SE DESEAN GUARDAR LOS DATOS*
280 PRINT*3.-SE TIENEN GUARDADOS LOS DATOS*
290 INPUT T1Z
300 C2=60
310 ON T1Z GO TO 320,330,360
320 PRINT*CUANTOS DATOS (Minimo 3)*;INPUT C2Z \ GO TO 390
330 PRINT*NOMBRE DEL ARCHIVO*; \ INPUT N$
340 OPEN N$ FOR OUTPUT AS FILE #1Z
350 PRINT*CUANTOS DATOS (Minimo 3)*; \ INPUT C2Z \ PRINT #1Z,C2Z\GO TO 390
360 PRINT*NOMBRE DEL ARCHIVO*; \ INPUT N$
370 OPEN N$ FOR INPUT AS FILE #1Z
380 INPUT #1Z,C2Z \ PRINT *CUANTOS DATOS (Minimo 3)*;C2Z
390 C0Z=30
400 A=LOG(10) \ D0=-1.37773E+37
410 A7$(1)="POLARIZACION" \ A7$(2)=" CORRIENTE "
420 B6$(1)=" BA=" \ B6$(2)=" BC=" \ B6$(3)=" RP="
430 B6$(4)=" Icorr=" \ B6$(5)=" Vel.corr=" \ B7$(1)="mV"
440 B7$(2)=" mV" \ B7$(3)=" mV/mA" \ B7$(4)=" microA/cm2" B7$(5)=" mm/año"
450 B8$(1)=" \ B8$(2)=" \ B8$(3)=" \ B8$(4)=" \ B8$(5)="
460 READ C1$,C3$,C4Z
470 PRINT C1$,C2Z,C3$,C4Z
480 C8=-1.000E+37 \ C9=-1.000E+37 \ DZ=0
490 IF C2Z>2 THEN 530
500 PRINT*EL NUMERO DE PUNTOS EXCEDE LA DIMENSION*
510 PRINT*DE LOS ARREGLOS O ES MENOR QUE 3 *
520 GO TO 2400
530 IF C2Z>2 THEN 550
540 GO TO 500
550 IF C1$="I" THEN 580
560 PRINT*NO EXISTE LA LETRA I EN LA COLUMNA 1*
570 GO TO 2400
580 FOR KZ=1 TO C2Z
590 A1(KZ)= D0 \ A0(KZ)=D0
600 NEXT KZ
610 J5=C2Z
620 C5Z=0 \ N6Z=0
630 ON T1Z GO TO 640,650,660
640 PRINT*POTENCIAL DE CORROSION*; \ INPUT E \ GO TO 670
650 PRINT*POTENCIAL DE CORROSION*; \ INPUT E \PRINT #1Z,E \ GO TO 670
660 PRINT*POTENCIAL DE CORROSION*; \ INPUT #1Z,E \ PRINT E
670 C6Z=B \ C4Z=10
680 ON T1Z GO TO 690,740,800
690 FOR J1Z=1 TO 6 STEP 2
```

```
700 N6Z=N6Z+1 \ IF C2Z<N6Z GO TO 850
710 PRINT*(E,I)=''; \ INPUT A5(J1Z),A5(J1Z+1) \ A5(J1Z)=A5(J1Z)-E
720 NEXT J1Z
730 GO TO 850
740 FOR J1Z=1 TO 6 STEP 2
750 N6Z=N6Z+1 \ IF C2Z<N6Z GO TO 850
760 PRINT*(E,I)=''; \ INPUT A5(J1Z),A5(J1Z+1)
770 REM PRINT #1Z,A5(J1Z) \REM PRINT #1Z,A5(J1Z+1) \ A5(J1Z)=A5(J1Z)-E
780 NEXT J1Z
790 GO TO 850
800 FOR J1Z=1 TO 6 STEP 2
810 N6Z=N6Z+1 \ IF C2Z<N6Z GO TO 850
820 INPUT #1Z,A5(J1Z)\ INPUT #1Z,A5(J1Z+1)
830 PRINT*(E,I)='';A5(J1Z)+E;',',A5(J1Z+1)
840 NEXT J1Z
850 FOR KZ=1 TO 3
860 C5Z=C5Z+1
870 IF C2Z<C5Z THEN 1010
880 A0(C5Z)=A5(2*KZ-1) \ C7Z=1
890 IF C8<A0(C5Z) THEN 900
900 C8=A0(C5Z)
910 A1(C5Z)=A5(2*KZ)
920 C7Z=2
930 IF C9<A1(C5Z) THEN 940
940 C9=A1(C5Z)
950 IF A0(C5Z)*A1(C5Z)<>0 THEN 990
960 PRINT*EL PUNTO';C5Z;'VA SER EXCLUIDO POR QUE NO SE ACEPTA CERO'
970 C5Z=C5Z-1 \ C2Z=C2Z-1
980 IF C2Z<3 THEN 500
990 NEXT KZ
1000 IF C5Z<C2Z THEN 670
1010 IF C6Z=B THEN 1040
1020 IF C6Z=9 THEN 1040
1030 C6Z=9
1040 FOR KZ=1 TO C2Z
1050 IF A0(KZ)<>D0 THEN 1070
1060 GO TO 1090
1070 IF A1(KZ)<>D0 THEN 1090
1080 GO TO 1060
1090 IF KZ=1 THEN 1120
1100 IF A0(KZ)<A0(KZ-1) THEN 1120
1110 IF A1(KZ)>A1(KZ-1) THEN 1120
1120 NEXT KZ
1130 REM***** MUESTRA LOS DATOS GUARDADOS EN ARCHIVO *****
1140 PRINT* POLARIZACION (MU) CORRIENTE (MICROAMPS)'
1150 FOR K1Z=1 TO C2Z-1
1160 FOR K2Z=(K1Z+1) TO C2Z
1170 IF A0(K1Z)>A0(K2Z) GO TO 1190
1180 GO TO 1210
1190 X1=A0(K1Z) \ Y1=ABS(A1(K1Z))
1200 A0(K1Z)=A0(K2Z) \ A1(K1Z)=ABS(A1(K2Z)) \ A0(K2Z)=X1 \ A1(K2Z)=Y1
1210 NEXT K2Z
1220 NEXT K1Z
1230 FOR KZ=1 TO C2Z
1240 PRINT KZ,A0(KZ),A1(KZ)
1250 IF T1Z<>2 GO TO 1270
1260 PRINT #1Z,A0(KZ) \ PRINT #1Z,A1(KZ)
1270 A1(KZ)=SGN(A0(KZ))*ABS(A1(KZ))
1280 NEXT KZ
1290 IF DZ=0 GO TO 1320
```

```

1300 PRINT*SE ENCONTRD UN ERROR,SE TERMINA ESTE TRABAJO*
1310 GO TO 2400
1320 FOR KZ=1 TO C2Z
1330 A0(KZ)=A*A0(KZ) \ A3(KZ,1)=1 \ A3(KZ,2)=A0(KZ)
1340 NEXT KZ
1350 AB(1)=0 \ AB(2)=0 \ AB(3)=.01 \ IX=0
1360 FOR KZ=1 TO C2Z
1370 A2(KZ)=A0(KZ)*AB(3)
1380 IF A2(KZ)=0 THEN A2(KZ)=1-20
1390 GOSUB 3350
1400 IF G4<>0 THEN 1420
1410 GOTO 2400
1420 G9=.5*(G4-1/G4)
1430 IF ABS(A2(KZ))<1.000E-12 THEN G9=A2(KZ)
1440 IF G9<>0 THEN 1460
1450 GO TO 2400
1460 H1=(EXP(A2(KZ))-EXP(-A2(KZ)))/(EXP(A2(KZ))+EXP(-A2(KZ)))
1470 IF H1<>0 THEN 1490
1480 GO TO 2400
1490 IF AB(3)<>0 THEN 1510
1500 GO TO 2400
1510 A3(KZ,3)=(A2(KZ)/H1-1)/AB(3)
1520 A4(KZ)=- (AB(1)+AB(2)*A0(KZ)) \ A4(KZ)=A4(KZ)+LOG(A1(KZ)*AB(3)/G9)
1530 NEXT KZ
1540 FOR D4Z=1 TO 3
1550 FOR D5Z=1 TO 3
1560 B(D4Z,D5Z)=0
1570 FOR KZ=1 TO C2Z
1580 B(D4Z,D5Z)=B(D4Z,D5Z)+A3(KZ,D4Z)*A3(KZ,D5Z)
1590 NEXT KZ
1600 NEXT D5Z
1610 NEXT D4Z
1620 D1=0
1630 GOSUB 2410
1640 FOR D4Z=1 TO 3
1650 FOR D5Z=1 TO 3
1660 B0(D4Z,D5Z)=B(D4Z,D5Z)
1670 NEXT D5Z
1680 NEXT D4Z
1690 B1(1)=0 \ B1(2)=0 \ B1(3)=0
1700 FOR KZ=1 TO C2Z
1710 B1(1)=B1(1)+A4(KZ)
1720 B1(2)=B1(2)+A4(KZ)*A0(KZ)
1730 B1(3)=B1(3)+A4(KZ)*A3(KZ,3)
1740 NEXT KZ
1750 FOR D4Z=1 TO 3
1760 B2(D4Z)=0
1770 FOR D5Z=1 TO 3
1780 B2(D4Z)=B2(D4Z)+B0(D4Z,D5Z)*B1(D5Z)
1790 NEXT D5Z
1800 NEXT D4Z
1810 D6=ABS(B2(1))
1820 FOR D4Z=2 TO 3
1830 D7=ABS(B2(D4Z))
1840 IF D7<=D6 THEN 1870
1850 D6=D7
1860 NEXT D4Z
1870 FOR D4Z=1 TO 3
1880 AB(B4Z)=AB(D4Z)+B2(D4Z)
1890 NEXT D4Z

```

```
1900 IX=IX+1
1910 IF IX>C0X THEN 2380
1920 IF D6>1.000E-06 THEN 1360
1930 E7(2)=1/(AB(3)-AB(2)) \ E7(1)=1/(AB(3)+AB(2))
1940 E7(4)=.5*(EXP(AB(1)))/AB(3) \ E7(3)=1000/(A*EXP(AB(1)))
1950 B3(3)=E7(3)*SQR(B0(1,1))
1960 B3(4)=E7(4)*SQR(B0(1,1))+(-2*B0(1,3)+B0(3,3)/AB(3))/AB(3))
1970 B3(1)=E7(1)^2*SQR(B0(2,2)+B0(2,3)+B0(3,2)+B0(3,3))
1980 B3(2)=E7(2)^2*SQR(B0(2,2)-B0(2,3)-B0(3,2)+B0(3,3))
1990 D8Z=C2Z-3 \ D9=0
2000 FOR IBZ=1 TO C2Z
2010 E=0
2020 FOR I9Z=1 TO 3
2030 E=E+A3(I8Z,I9Z)*B2(I9Z)
2040 NEXT I9Z
2050 D9=D9+(A4(I8Z)-E)^2
2060 NEXT IBZ
2070 E0=SQR(D9/D8Z)
2080 FOR I9Z=1 TO 4
2090 B4(I9Z)=E0*B3(I9Z)
2100 NEXT I9Z
2110 FOR E1Z=1 TO 4
2120 PRINT
2130 E7(E1Z)=FNA(E7(E1Z)) \ B4(E1Z)=FNA(B4(E1Z))
2140 PRINT
2150 PRINT B6$(E1Z);" = ";E7(E1Z);" + ";B4(E1Z);B7$(E1Z);B8$(E1Z)
2160 NEXT E1Z
2170 R9$=STR$(.0116154*E7(4)) \ R0$=STR$(.0116154*B4(4))
2180 PRINT B6$(5);" = ";R9$;" + - ";R0$;B7$(5);B8$(5)
2190 PRINT"QUIERE IMPRIMIR SI/NO";\ INPUT M$
2200 IF M$<>"SI" THEN 2370
2210 PRINT"DE NOMBRE ARCHIVO DE RESULTADOS=";\ INPUT Z$
2220 OPEN Z$ FOR OUTPUT AS FILE #1Z
2230 REM***** SE ABRE UN ARCHIVO PARA RESULTADOS *****
2240 PRINT #1Z,"!!!!!!!!!! RESULTADOS DE AJUSTE CORFIT !!!!!!!!!!!!!!"
2250 PRINT #1Z
2260 R1$=STR$(E7(1)) \ R2$=STR$(E7(2)) \ R3$=STR$(E7(3)) \ R4$=STR$(E7(4))
2270 R5$=STR$(B4(1)) \ R6$=STR$(B4(2)) \ R7$=STR$(B4(3)) \ R8$=STR$(B4(4))
2280 PRINT #1Z,B6$(2)+R2$+"+-"+R6$+B7$(2)+B8$(2)
2290 PRINT #1Z
2300 PRINT #1Z,B6$(1)+R1$+"+-"+R5$+B7$(1)+B8$(1)
2310 PRINT #1Z
2320 PRINT #1Z,B6$(4)+R4$+"+-"+R8$+B7$(4)+B8$(4)
2330 PRINT #1Z
2340 PRINT #1Z,B6$(5)+R9$+"+-"+R0$+B7$(5)+B8$(5)
2350 PRINT #1Z
2360 PRINT #1Z,B6$(3)+R3$+"+-"+R7$+B7$(3)+B8$(3)
2370 GO TO 2400
2380 PRINT"NO SE ENCONTRÓ SOLUCIÓN DESPUÉS DE";C0Z;" ITERACIONES"
2390 IF C6Z=B THEN 460
2400 GO TO 3500
2410 E3Z=3
2420 G1Z=3
2430 G0Z=-3
2440 H2(1)=B(1,1) \ H2(2)=B(1,2) \ H2(3)=B(1,3) \ H2(4)=B(2,1) \ H2(5)=B(2,2)
2450 H2(6)=B(2,3) \ H2(7)=B(3,1) \ H2(8)=B(3,2) \ H2(9)=B(3,3)
2460 GZ=G1Z \ E8Z=E3Z \ F9Z=ABS(G0Z) \ D3Z=1 \ FZ=1
2470 IF D1<>0 THEN FZ=0
2480 D1=1
2490 G2Z=0
```

```
2500 FOR IX=1 TO GX
2510 G7%(IX)=IX
2520 NEXT IX
2530 IF G0%<0 THEN 2550
2540 GO TO 2660
2550 F9%=GX
2560 E6%=0
2570 FOR JZ=1 TO GX
2580 E5%=E6%
2590 FOR IZ=1 TO GX
2600 E5%=E5%+1 \ B5(E5%)=0
2610 NEXT IZ
2620 E5%=E6%+JZ \ B5(E5%)=1 \ E6%=E6%+E8%
2630 NEXT JZ
2640 FOR K1=1 TO GX
2650 NEXT K1
2660 FOR LZ=1 TO GX
2670 F8%=LZ+1 \ F7%=E8%*(LZ-1) \ F6%=LZ*E8%
2680 FOR IX=LZ TO GX
2690 E9=0 \ E5%=IX+F7% \ E6%=E5%
2700 FOR JZ=LZ TO GX
2710 IF E9>=ABS(H2(E5%)) THEN 2730
2720 G5=H2(E5%) \ E9=ABS(G5) \ F3%=JZ \ E5%=E5%+E8%
2730 NEXT JZ
2740 IF G5=0 THEN 3230
2750 D1=D1*G5 \ N2%=LOG(ABS(D1))/.693148 \ G2%=G2%+N2% \ D1=D1/2^N2%
2760 FOR JZ=LZ TO GX
2770 H2(E6%)=H2(E6%)/G5 \ E6%=E6%+E8%
2780 NEXT JZ
2790 IF FZ=0 THEN 2840
2800 E5%=IX
2810 FOR JZ=1 TO F9%
2820 B5(E5%)=B5(E5%)/G5 \ E5%=E5%+E8%
2830 NEXT JZ
2840 IF IX=LZ THEN F4%=F3%
2850 NEXT IZ
2860 IF F4%=LZ THEN 2950
2870 IF FZ=0 THEN 2890
2880 E4%=G7%(LZ) \ G7%(LZ)=G7%(F4%) \ G7%(F4%)=E4%
2890 E7%=F6%-E8%
2900 E4%=E8%*F4%-E8%
2910 FOR IX=1 TO GX
2920 E5%=E7%+IX \ E6%=E4%+IX \ G6=H2(E5%) \ H2(E5%)=H2(E6%) \ H2(E6%)=G6
2930 NEXT IZ
2940 D1=-D1
2950 E7%=F6%-E8%
2960 FOR IX=1 TO GX
2970 F1%=E7%+IX \ G5=H2(F1%)
2980 IF IX=LZ THEN 3120
2990 IF G5=0 THEN 3120
3000 E5%=LZ \ E6%=IX
3010 FOR JZ=1 TO GX
3020 IF JZ<F8% THEN 3060
3030 G6=G5*H2(E5%)
3040 H2(E6%)=H2(E6%)-G6
3050 IF ABS(H2(E6%))<ABS(G6*2.000E-12) THEN H2(E6%)=0
3060 IF FZ=0 THEN 3090
3070 IF JZ>F9% THEN 3090
3080 B5(E6%)=B5(E6%)-G5*B5(E5%)
3090 E5%=E5%+E8%
```

```
3100 E6%=E6%+E8%
3110 NEXT JZ
3120 NEXT IZ
3130 NEXT LZ
3140 IF FZ=0 THEN 3260
3150 FOR LZ=1 TO GZ
3160 E5%=G7%(LZ)
3170 E6%=LZ
3180 FOR JZ=1 TO F9Z
3190 H2(E5%)=B5(E6%) \ E5%=E5%+E8Z \ E6%=E6%+E8Z
3200 NEXT JZ
3210 NEXT LZ
3220 GO TO 3260
3230 D1=-0
3240 D3Z=3
3250 GO TO 3470
3260 IF G2Z>=-970 THEN 3280
3270 GO TO 3290
3280 IF G2Z<=1067 THEN 3330
3290 D3Z=2 \ G6=(G2Z*.693147)/2.30258 \ N2Z=G6 \ G6=G6-N2Z \ D1=D1*10^G6
3300 IF FZ<>0 GO TO 3470
3310 PRINT'EL VALOR DE LA DETERMINANTE =' ;D1;' E ' ;N2Z
3320 GO TO 3470
3330 D1=D1*2^G2Z
3340 GO TO 3470
3350 W1=100
3360 W2=ABS(A2(KZ))
3370 W3=A2(KZ)
3380 IF W1<W2 THEN 3440
3390 IF W2<W3 THEN 3420
3400 W9=W3
3410 GO TO 3450
3420 W9=W2
3430 GO TO 3450
3440 IF W1<W3 THEN W9=W1
3450 G4=EXP((W9))
3460 RETURN
3470 B(1,1)=H2(1) \ B(1,2)=H2(2) \ B(1,3)=H2(3) \ B(2,1)=H2(4) \ B(2,2)=H2(5)
3480 B(2,3)=H2(6) \ B(3,1)=H2(7) \ B(3,2)=H2(8) \ B(3,3)=H2(9)
3490 RETURN
3500 END
```



```

100 REM*****
110 REM* AJUSTE COMPUTARIZADO CORBET PARA CALCULO DE PARAMETROS CINE- *
120 REM* TICOS Y VELOCIDADES DE CORROSION, A PARTIR DE DATOS OBTENI-- *
130 REM* DOS EN CELDA AUTOCLAVE POR EL METODO DE POLARIZACION LINEAL. *
140 REM* --PROPIEDAD DEL LAB. ELECTROQUIMICA IIE, CENTRO CERRO PRIETO--- *
150 REM* FECHA: 20-OCT-84 REVISARON: RAMON AYALA Y BENJAMIN VALDEZ. *
160 REM* *
170 REM*****
180 DEF FNA(X)=INT(X*100+.5)/100 \ L1=LOG(10)
190 DIM R(65),B(3,65),M(3,4),P(65),I1(65),I2(65),P2(65)
200 J1$="MUESTRA:" \ J2$="TEMP:"
210 J3$="PRESION:" \ J4$="AGITACION:" \ I2$="oC" \ I3$="Psid"
220 I4$=" " \ I5$="POZO:" \ I6$="Pot. Equi.:" \ I1$=" mV"
230 PRINT " OPCIONES " \ PRINT
240 PRINT "1.-No se tienen ni se desean guardar los datos"
250 PRINT "2.-No se tienen y se desean guardar los datos"
260 PRINT "3.-Se tienen guardados los datos"
270 INPUT T1% \ PRINT "Se desea imprimir los resultados (Y/N):"
280 INPUT Y% \ IF Y% <> "Y" GOTO 360
290 PRINT J1% \ INPUT J5% \ J5Z=LEN(J1%+J5%)
300 PRINT J2%+"(+I2%)" \ INPUT J6% \ J6Z=LEN(J2%+J6%+I2%)
310 PRINT J3%+"(+I3%)" \ INPUT J7%
320 PRINT J4%+"(+I4%)" \ INPUT J8%
330 PRINT I5% \ INPUT J9% \ J7Z=LEN(I5%+J9%)
340 FOR IZ=1 TO (J6Z-J5Z) \ J5I=J5%+ " \ NEXT IZ
350 FOR IZ=1 TO (J6Z-J7Z) \ J9I=J9%+ " \ NEXT IZ
360 ON T1% GOTO 550,490,370
370 PRINT "Nombre del archivo "; \ input N$
380 OPEN N$ FOR INPUT AS FILE #1
390 INPUT #1,N9 \ INPUT #1,E1
400 FOR K=1 TO N9 \ PRINT "(E,I)";
410 INPUT #1,E \ INPUT #1,I3
420 PRINT E+I1,"",I3 \ PRINT "Se queda el dato Y/N: " \ input Y1$
430 IF Y1$ <> "Y" GO TO 450
440 K1Z=K1Z+1 \ I1(K1Z)=I3 \ P(K1Z)=E
450 I2(K)=I3 \ P2(K)=E \ NEXT K
460 N=K1Z
470 CLOSE #1
480 GOTO 580
490 PRINT "Nombre del archivo: "; \ input N$
500 OPEN N$ FOR OUTPUT AS FILE #1
510 PRINT "DATA PTS. (Min 3, Max. 40)"; \ INPUT N \ PRINT #1,N
520 PRINT "POT. CORROSION"; \ INPUT E1 \ PRINT #1,E1
530 FOR K=1 TO N \ PRINT "(E,I)"; \ INPUT P(K),I1(K) \ NEXT K
540 GOTO 580
550 PRINT "DATA PTS. min3; " \ input N\
560 PRINT "POTENCIAL DE CORROSION "; \ INPUT E
570 FOR K=1 TO N \ PRINT "(E,I)"; \ INPUT P(K),I1(K) \ NEXT K
580 V(1)=500 \ V(2)=500 \ V(3)=500
590 I7$=STR$(E1) \ FOR K1=1 TO N-1 \ FOR K2= (K1+1) TO N
600 IF P(K1)>P(K2) GOTO 620
610 GOTO 640
620 X1=P(K1) \ Y1=ABS(I1(K1)) \ P(K1)=P(K2) \ I1(K1)=ABS(I1(K2))
630 P(K2)=X1 \ I1(K2)=Y1 \ NEXT K2 \ NEXT K1
640 IF T1%<2 GOTO 670
650 FOR K=1 TO N \ PRINT #1,P(K) \ PRINT #1,I1(K) \ NEXT K
660 CLOSE #1
670 GOSUB 850
680 GOSUB 950
690 GOSUB 1090

```

```
700 C=0 \ FOR I=1 TO 3
710 IF ABS(C1(I))<1.0000E-01 THEN C=C+1
720 IF C1(I)<0 THEN IF -C1(I)>V(I)/2 THEN C1(I)=-V(I)/2
730 IF C1(I)>0 THEN IF C1(I)>V(I)*2 THEN C1(I)=2*V(I)
740 V(I)=V(I)+C1(I)
750 IF V(I)>1.00000E+06 THEN B40
760 NEXT I \ IF C=3 THEN GOTO 800
770 GOTO 670
780 REM---- CALCULA Y MUESTRA LOS RESULTADOS-----
790 REM----SI NO ES ASI DA UN MENSAJE VER LINEA 820----
800 PRINT \ PRINT 'BC =';FNA(V(1)) \ PRINT 'BA= ';FNA(V(2))
810 PRINT 'ICORR =';FNA(V(3)) \ PRINT'AV, DEV.=';FNA(F1*100/N);%'
820 R5%=STR$(.0116154*FNA(V(3))) \ PRINT'Vel Corr= 'R5%' mm/ano"
830 GOTO 1210
840 PRINT'PROGRAMA DIVERGIENDO ----> REVISE SUS DATOS!' \ GOTO 1610
850 C=0 \ F1=0
860 FOR I=1 TO N \ G1=-SGN(P(I)) \ P=P(I)
870 D(1,I)=G1*V(3)*P*L1*(10^(-P/V(1)))/V(1)^2
880 D(2,I)=G1*V(3)*P*L1*(10^(P/V(2)))/V(2)^2
890 D(3,I)=G1*(10^(-P/V(1))-10^(P/V(2)))
900 R(I)=G1*V(3)*(10^(-P/V(1))-10^(P/V(2)))-I1(I)
910 IF ABS(R(I))<.3 THEN C=C+1
920 F1=F1+ABS(R(I))/I1(I) \ NEXT I
930 IF C=N THEN B00
940 RETURN
950 C=INT(N/3) \ C2=N-3*C
960 FOR K=1 TO 3 \ FOR I=1 TO 3
970 IF C2<>0 GOTO 990
980 E=I*C+1-C \ F=I*C \ GOTO 1050
990 ON C2 GOTO 1000,1020
1000 E=I*C+1-C \ F=I*C \ IF I=3 THEN F=F+1
1010 GOTO 1050
1020 E=I*C+1-C \ F=I*C
1030 IF I=2 THEN F=F+1
1040 IF I=3 THEN E=E+1 \ F=F+2
1050 S1=0 \ S2=0
1060 FOR J=E TO F \ S1=S1+D(K,J) \ S2=S2+R(J) \ NEXT J
1070 H(I,K)=S1 \ M(I,4)=-S2
1080 NEXT I \ NEXT K \ RETURN
1090 D2=(M(1,1))*M(2,2)*M(3,3)-M(3,2)*M(2,3))-M(1,2)*(M(2,1)*M(3,3)-M(3,1)*M(2,
1100 D1=M(1,3)*M(2,1)*M(3,2)-M(3,1)*M(2,2))
1110 D=D1+D2
1120 H2=(M(1,4))*M(2,2)*M(3,3)-M(3,2)*M(2,3))-M(1,2)*(M(2,4)*M(3,3)-M(3,4)*M(2,
1130 H1=M(1,3)*M(2,4)*M(3,2)-M(3,4)*M(2,2))
1140 C1(1)=(H1+H2)/D
1150 H4=(M(1,1))*M(2,4)*M(3,3)-M(3,4)*M(2,3))-M(1,4)*(M(2,1)*M(3,3)-M(3,1)*M(2,
1160 H3=M(1,3)*M(2,1)*M(3,4)-M(3,1)*M(2,4))
1170 C1(2)=(H3+H4)/D
1180 H6=(M(1,1))*M(2,2)*M(3,4)-M(3,2)*M(2,4))-M(1,2)*(M(2,1)*M(3,4)-M(3,1)*M(2,
1190 H5=M(1,4))*M(2,1)*M(3,2)-M(3,1)*M(2,2))
1200 C1(3)=(H5+H6)/D \ RETURN
1210 IF Y%<>'Y' GOTO 1570
1220 INPUT 'NOMBRE DEL ARCHIVO DE RESULTADOS ';M$
1230 OPEN M$ FOR OUTPUT AS FILE #1
1240 Tz(1)=20 \ Tz(2)=3 \ Tz(3)=17 \ Tz(4)=21
1250 FOR K5=1 TO 4 \ FOR I=1 TO Tz(K5) \ K%=K%+1 \ NEXT T \ PRINT #1,K%
1260 K%=' ' \ NEXT K5
1270 T2%=' '
1280 REM---FORMATO DE IMPRESION DE RESULTADOS EN EL ARCHIVO-----
1290 PRINT #1
```

```
1300 PRINT #1," RESULTADOS DE VELOCIDAD DE CORROSION EN" \ PRINT #1
1310 PRINT #1," FLUIDO GEOTERMICO DE CERRO PRIETO, B.C." \ PRINT #1
1320 PRINT #1," OBTENIDOS EN CELDA AUTOCLAVE" \ PRINT #1 \ PRINT #1
1330 PRINT #1,"      +J1#+J5#+      +J3#+J7#+I3# \ PRINT #1
1340 PRINT #1,"      +J2#+J6#+I2#+      +J4#+J8#+I4# \ PRINT #1
1350 PRINT #1,"      +I5#+J9#+      +I6#+I7#+I1# \ PRINT #1 \ PRINT #1
1360 PRINT #1,T2#+      +T2#+'No'+T2#+'Pat.'+T2#+      Cor." \ PRINT #1
1370 PRINT #1,T2#+      +T2#+      +T2#+      mV'+T2#+'microA/cm2' \ PRINT #1 \ PRINT #1
1380 K1%=1
1390 FOR K6%=1 TO N9
1400 K6%=STR$(K6%) \ I1%=STR$(I2(K6%)) \ P%=STR$(P2(K6%))
1410 IF P2(K6%)=P(K1%) THEN K1%=K1%+1 \ P2%="" \ GOTO 1430
1420 P2%=""
1430 PRINT #1,"      +P2#+      +K6#+      +P#+      +I1#
1440 NEXT K6%
1450 PRINT #1
1460 PRINT #1,"      PARAMETROS DE CORROSION" \ PRINT #1
1470 PRINT #1,"      Obtenidos con el programa CORBET" \ PRINT #1
1480 R1%=STR$(FNA(V(1))) \ R2%=STR$(FNA(V(2))) \ R3%=STR$(FNA(V(3)))
1490 R4%=STR$(FNA(F1*100/N)) \ W=.0116154*FNA(V(3)) \ R5%=STR$(W)
1500 PRINT #1,"      BC="+R1#+      mV" \ PRINT #1
1510 PRINT #1,"      BA="+R2#+      mV" \ PRINT #1
1520 PRINT #1,"      Icorr="+R3#+      microA/cm2" \ PRINT #1
1530 PRINT #1,"      Vel.Corr.="+R5#+      mm/ano" \ PRINT #1
1540 PRINT #1,"      Des.Pr.="+R4#+      %" \ PRINT #1
1550 CLOSE #1
1560 REM----DECISION EN CASO QUE DESEE ENCADENARSE AL AJUSTE CORFIT--
1570 PRINT "DESEA ENCADENARSE AL CORFIT.BAS [S/N]";
1580 INPUT Y1$
1590 IF Y1$<>"S" GOTO 1610
1600 CHAIN "CORFIT"
1610 END
```

```
100 REM*****PROGRAMA VICOR *****
110 INPUT "NOMBRE DEL ARCHIVO";NOMBRE$ \ PRINT
120 OPEN NOMBRE$ FOR INPUT AS FILE #1
130 INPUT #1,N \ INPUT #1,ECORR
132 AY=N+1
140 DIM Y(AY,2),P(AY,2),A(2,2),K(2),ER(2),E(AY)
150 REM **** ENTRADA DE DATOS *****
160 FOR I=1 TO N
170 INPUT #1,E(I)
180 INPUT #1,Y(I,1)
190 IF E(I) < 0 THEN Y(I,1)=-Y(I,1)
195 NEXT I
197 N=N+1
199 E(N)=0 \ Y(N,1)=0
200 FOR I=1 TO N-1 \ FOR J=I+1 TO N
210 IF E(I) > E(J) THEN GOTO 230
220 GOTO 240
230 P1=E(I) \ C1=Y(I,1) \ E(I)=E(J) \ Y(I,1)=Y(J,1) \ E(J)=P1 \ Y(J,1)=C1
240 NEXT J
245 NEXT I
250 E1=E(1)
260 EE=ABS(E(2)-E(1)) \PRINT
270 REM *** CALCULO DE LA FUNCION WEIGHTING *****
280 PRINT " CUAL ES LA FUNCION WEIGHTING "
290 PRINT " (1=CONSTANTE, 2= INVERSAMENTE PROP. A CORRIENTE)"
300 INPUT WF \ PRINT
310 FOR J=1 TO N
320 IF Y(J,1) <> 0 THEN P(J,1)=1/Y(J,1)
330 IF WF=1 OR Y(J,1)=0 THEN P(J,1)=1
340 P(J,1)=P(J,1)*P(J,1)
350 NEXT J
360 REM ***** INVERSION DE LA SECUENCIA DE DATOS *****
370 FOR J=1 TO N
380 Y(J,2)=-Y(N+1-J,1)
390 P(J,2)=P(N+1-J,1)
400 NEXT J
410 REM *** CALCULO DE LA EC. CARACTERISTICA *****
420 FOR L=1 TO 2
430 M1=0
440 M2=0
450 M3=0
460 V1=0
470 V2=0
480 FOR J=3 TO N
490 M1=M1+Y(J-1,L)*Y(J-1,L)*P(J,L)
500 M2=M2+Y(J-2,L)*Y(J-2,L)*P(J,L)
510 M3=M3+Y(J-1,L)*Y(J-2,L)*P(J,L)
520 V1=V1-Y(J,L)*Y(J-1,L)*P(J,L)
530 V2=V2-Y(J,L)*Y(J-2,L)*P(J,L)
540 NEXT J
550 H1=(M2*V1-M3*V2)/(M1*M2-M3*M3)
560 H2=(M1*V2-M3*V1)/(M1*M2-M3*M3)
570 REM ***** CALCULO DE EIGENVALORES *****
580 F=H1*H1-4*H2
590 IF F>0 GOTO 660
600 F=-F
610 B=SQR(F)
620 B=B/4
630 A1=-H1/2+B
640 A2=-H1/2-B
```

```
650 GOTO 700
660 B=SQR(F)
670 A1=(-H1+B)/2
680 A2=(-H1-B)/2
690 REM ***** CALCULOS DE CORROSION *****
700 P1=0
710 P2=0
720 P3=0
730 IF L=2 THEN E1=-E1-(N-1)*EE
740 R=E1/EE
750 FOR J=0 TO N-1
760 X=A1^(R+J)-A2^(R+J)
770 P1=P1+Y(J+1,L)**X*P(J+1,L)
780 P2=P2+X**P(J+1,L)
790 P3=P3+Y(J+1,L)*Y(J+1,L)*P(J+1,L)
800 NEXT J
810 K(L)=P1/P2
820 BL=LOG(A1)/EE
830 BM=LOG(A2)/EE
840 BL=2.303/BL
850 BM=2.303/BM
860 A(1,L)=BL
870 A(2,L)=-BM
880 REM ***** CALCULO DEL ERROR *****
890 ER(L)=P3-K(L)*P1
900 ER(L)=ABS(ER(L))
910 NEXT L
920 REM ***** IMPRESION DE RESULTADOS *****
930 IF ER(2)>ER(1) THEN 980
940 A(1,1)=A(2,2)
950 A(2,1)=A(1,2)
960 K(1)=K(2)
970 ER(1)=ER(2)
980 PRINT "BA= ";A(1,1)
990 PRINT "BC= ";A(2,1)
1000 PRINT "ICORR= ";K(1)
1002 PRINT "V CORR = ";K(1)*.0116154
1010 PRINT "ERROR DE AJUSTE= ";SQR(ER(1)/N)
1020 PRINT \ PRINT "DESEA PROBAR LA OTRA DECISION SI/NO"
1030 INPUT Y$ \ IF Y$="SI" THEN 280
1040 END
```