

PROCEDIMIENTO PARA EL BENEFICIO INTEGRAL DE MINERALES PIRITICOS	
Título: Cálculos de la composición de un gas en equilibrio químico y de calores molares y entalpías de una mezcla de gases: CALMOL-PH-41.	
Paquete núm.:	
Actividad:	
Fecha: setiembre 1984	Documento núm.: 8

Autor	Julio González Ludeña
Supervisor	
Jefe Proyecto	Federico Fernández Tornero

Distribuido a:

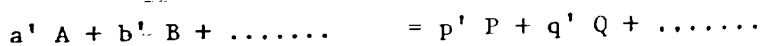
50087

UN PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE LA COMPOSICIÓN DE UN GAS EN UN
EQUILIBRIO QUIMICO COMPLEJO

Se trata de calcular la composición de un gas cuyos componentes son el resultado de varias reacciones de las cuales se conocen los valores de las constantes de equilibrio en las condiciones en que el gas se encuentra.

Generalmente se conoce una composición inicial, es decir antes de que tenga lugar ninguna de las reacciones a tener en cuenta.

De cada reacción que podemos escribir de forma general:



se conoce la constante de equilibrio:

$$K = \frac{P^{p'} Q^{q'} \dots}{A^{a'} B^{b'} \dots} \quad (1)$$

Si llamamos Σ a los moles totales presentes en el equilibrio y a:

$$a, b, c, \dots, p, q, r, \dots$$

los moles de los componentes en igual circunstancia podremos escribir:

$$\frac{P^{p'} Q^{q'} \dots}{a^{a'} b^{b'} \dots} = K \Sigma^{(p'+q'+\dots)-(a'+b'+\dots)} \quad (2)$$

Para cada reacción a considerar tendremos una ecuación de esta forma.

Por otra parte un balance de masas para cada uno de los elementos químicos que forman parte de los componentes del sistema nos suministra tantas ecuaciones como elementos químicos entren en juego.

Por el método de sustitución ^{pueden} ir eliminándose incógnitas hasta un punto en que la complejidad de las ecuaciones haga imposible seguir con el procedimiento.

En ese momento que, para mejor comprensión, supondremos sean solo tres ecuaciones

con tres incógnitas tendremos:

$$\begin{aligned}\phi(x,y,z) &= 0 \\ \psi(x,y,z) &= 0 \\ \Omega(x,y,z) &= 0\end{aligned}\tag{3}$$

La solución simultánea de estas ecuaciones nos dará los valores de x,y,z con los cuales pueden calcularse los de las restantes incógnitas.

Cada una de las funciones ϕ, ψ y Ω determina en el espacio x,y,z un campo escalar en el cual podemos suponer superficies equipotenciales $\phi = \text{const.}$, $\psi = \text{const.}$ y

$\Omega = \text{const.}$ Se trata pues de hallar el punto x_0, y_0, z_0 en el cual se cortan las tres superficies equipotenciales $\phi = 0$, $\psi = 0$ y $\Omega = 0$.

Partiendo de un punto cualquiera x_i, y_i, z_i en el cual se cortarían las tres superficies:

$$\begin{aligned}\phi(x_i, y_i, z_i) &= \phi_i \\ \psi(x_i, y_i, z_i) &= \psi_i \\ \Omega(x_i, y_i, z_i) &= \Omega_i\end{aligned}\tag{4}$$

donde

Se trata de caminar en el espacio hacia el punto $\phi = \psi = \Omega = 0$.

Los vectores:

$$\begin{aligned}\text{grad } \phi &= \frac{\partial \phi}{\partial x} i + \frac{\partial \phi}{\partial y} j + \frac{\partial \phi}{\partial z} k \\ \text{grad } \psi &= \frac{\partial \psi}{\partial x} i + \frac{\partial \psi}{\partial y} j + \frac{\partial \psi}{\partial z} k \\ \text{grad } \Omega &= \frac{\partial \Omega}{\partial x} i + \frac{\partial \Omega}{\partial y} j + \frac{\partial \Omega}{\partial z} k\end{aligned}\tag{5}$$

nos dan la dirección y sentido del máximo aumento de valor de ϕ , ψ y Ω y la magnitud del mismo.

En una dirección cualquiera dada por el vector:

$$ds = i dx + j dy + k dz\tag{6}$$

los productos escalares ds grad nos darían :

$$\begin{aligned} d\phi &= ds \text{ grad } \phi = -\frac{\partial\phi}{\partial x} dx + \frac{\partial\phi}{\partial y} dy + \frac{\partial\phi}{\partial z} dz \\ d\Psi &= ds \text{ grad } \Psi = -\frac{\partial\Psi}{\partial x} dx + \frac{\partial\Psi}{\partial y} dy + \frac{\partial\Psi}{\partial z} dz \\ d\Omega &= ds \text{ grad } \Omega = -\frac{\partial\Omega}{\partial x} dx + \frac{\partial\Omega}{\partial y} dy + \frac{\partial\Omega}{\partial z} dz \end{aligned} \quad (7)$$

y suponiendo constancia de las derivadas :

$$\begin{aligned} \Delta\phi &= \Delta s \text{ grad } \phi = -\frac{\partial\phi}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial\phi}{\partial y} \Delta y + \frac{\partial\phi}{\partial z} \Delta z \\ \Delta\Psi &= \Delta s \text{ grad } \Psi = -\frac{\partial\Psi}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial\Psi}{\partial y} \Delta y + \frac{\partial\Psi}{\partial z} \Delta z \\ \Delta\Omega &= \Delta s \text{ grad } \Omega = -\frac{\partial\Omega}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial\Omega}{\partial y} \Delta y + \frac{\partial\Omega}{\partial z} \Delta z \end{aligned} \quad (8)$$

Siendo las derivadas parciales funciones de x, y, z los valores de los gradientes serán distintos para cada punto de la trayectoria que se siga desde x_i, y_i, z_i hasta x_0, y_0, z_0 . Podemos sin embargo efectuar el trayecto en N pasos dentro de cada uno de los cuales suponemos constantes los coeficientes diferenciales y por tanto los gradientes. El número de pasos reales que será necesario efectuar para llegar al punto deseado dependerá de las curvaturas de las superficies y su regularidad y de la precisión deseada.

Las siguientes ecuaciones lineales nos permiten calcular los incrementos que en cada paso habría que dar a x_i, y_i, z_i :

$$\begin{aligned} -\frac{\phi_i}{N} &= \phi'_x \Delta x + \phi'_y \Delta y + \phi'_z \Delta z \\ -\frac{\Psi_i}{N} &= \Psi'_x \Delta x + \Psi'_y \Delta y + \Psi'_z \Delta z \\ -\frac{\Omega_i}{N} &= \Omega'_x \Delta x + \Omega'_y \Delta y + \Omega'_z \Delta z \end{aligned} \quad (9)$$

En las cuales por ej. $\phi'_x = \left(-\frac{\partial\phi}{\partial x} \right)_{y,z}$.

Con los valores calculados para $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ obtenemos nuevos valores:

$$x_{i+1} = x_i + \Delta x \quad , \quad y_{i+1} = y_i + \Delta y \quad , \quad z_{i+1} = z_i + \Delta z$$

y con estos, nuevos valores también para Φ, Ψ y Ω :

$$\Phi_{i+1} = \Phi(x_{i+1}, y_{i+1}, z_{i+1})$$

$$\Psi_{i+1} = \Psi(x_{i+1}, y_{i+1}, z_{i+1})$$

$$\Omega_{i+1} = \Omega(x_{i+1}, y_{i+1}, z_{i+1})$$

los cuales servirán de partida para un nuevo paso y así sucesivamente hasta llegar a valores de Φ, Ψ, Ω suficiente próximos a cero para que los de x, y, z sean aceptables por su exactitud.

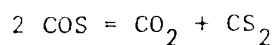
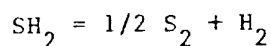
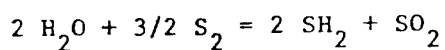
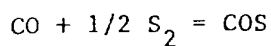
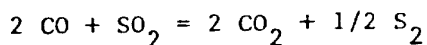
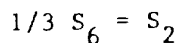
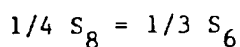
Para obtener los coeficientes diferenciales Φ'_x etc podemos derivar las funciones Φ, Ψ y Ω ó bien calcular una aproximación mediante dos valores de cada función por ej.:

$$\Phi'_x = \frac{\Phi_{x+\Delta} - \Phi_x}{\Delta} \quad (10)$$

En el caso de derivar sería Δ un infinitésimo y habríamos sustituido en cada paso la curva por la tangente (Newton), usando (10) será Δ finito y será la cuerda la que usaremos en vez de la curva (Regula falsi).

--Ejemplo de aplicación --

Se ha considerado un sistema que corresponde a un gas que se obtendría en la destilación del azufre lábil de la piritita quemando Fuel Oil n°2. El gas inicialmente estaría compuesto por N_2, CO_2, H_2O, SO_2 y S_2 y se consideran las reacciones:



Las composiciones inicial y final en moles serían, referidas a 1 mol de N_2 :

Componente	Inicial	Final
N_2	1	1
CO_2	a	u
H_2O	b	v
SO_2	c	s
S_2	d	x
S_6	-	y
S_8	-	z
CO	-	w
COS	-	r
SH_2	-	t
H_2	-	p
CS_2	-	q

	Total	Σ

Las ecuaciones suministradas por un balance serían:

$$\begin{aligned}
 a &= u + w + r + q & 2a + b + 2c &= A = 2u + v + 2s + w + r \\
 b &= v + t + p & c + 2d &= B = s + 2x + 6y + 8z + r + t + 2q
 \end{aligned}$$

y las suministradas por los equilibrios químicos:

$$\frac{y^{1/3}}{z^{1/4}} = K_1 \Sigma^{1/12}$$

$$\frac{x}{y^{1/3}} = K_2 \Sigma^{2/3}$$

$$\frac{u^2 x^{1/2}}{w^2 s} = K_4 \Sigma^{-1/2}$$

$$\frac{r}{w x^{1/2}} = K_5 \Sigma^{-1/2}$$

$$\frac{s t^2}{v^2 x^{3/2}} = K_6 \Sigma^{-1/2}$$

$$\frac{p x^{1/2}}{t} = K_7 \Sigma^{1/2}$$

$$\frac{q u}{r^2} = K_8$$

Eliminando incógnitas se llega a las siguientes ecuaciones :

$$\phi = A - v - 2 K_a p^{-1} w - 2 K_c p^{-2} \Sigma^{1/2} x^{1/2} v^2 - w - K_5 \Sigma^{-1/2} x^{1/2} w$$

$$\psi = B - 2x - 6 K_2^{-3} \Sigma^{-2} x^3 - 8 K_d \Sigma^{-3} x^4 - 2 K_b p \Sigma^{-1} x v^{-1} w -$$

$$- K_5 \Sigma^{-1/2} x^{1/2} w - K_c p^{-2} \Sigma^{1/2} x^{1/2} v^2 - K_7^{-1} p \Sigma^{-1/2} x^{1/2}$$

$$\Omega = \Sigma - 1 - x - K_2^{-3} \Sigma^{-2} x^3 - K_d \Sigma^{-3} x^4 - p - K_b p \Sigma^{-1} x v^{-1} w -$$

$$K_5 \Sigma^{-1/2} x^{1/2} w - K_c p^{-2} \Sigma^{1/2} x^{1/2} v^2 - K_7^{-1} p \Sigma^{-1/2} x^{1/2} -$$

$$K_a p^{-1} v w - v - w$$

en las cuales son:

$$v = b - p - K_7^{-1} p \Sigma^{-1/2} x^{1/2}$$

$$w = \frac{a}{1 + K_a p^{-1} v + K_5 \Sigma^{-1/2} x^{1/2} + K_b p \Sigma^{-1} x v^{-1}}$$

con las siguientes agrupaciones de constantes:

$$K_a = K_4^{1/2} K_6^{1/2} K_7$$

$$K_b = K_4^{-1/2} K_5^2 K_6^{-1/2} K_7^{-1} K_8$$

$$K_c = K_6 K_7^2$$

$$K_d = (K_1 K_2)^{-4}$$

Consideramos variables independientes a p, Σ y x dando valores a las cuales se pueden calcular v y w y a continuación ϕ , Ψ y Ω .

Para efectuar estos calculos se ideó un programa del cual se adjunta organigrama y composición detallada para calculadora portatil HP 41 CV con su impresora térmica correspondiente.

Este programa consta en realidad de los cuatro siguientes:

"FICH10M".-Tiene por misión calcular valores, primeramente, de v y w y a continuación de ϕ , Ψ y Ω a partir de cualquier terna de valores de p, Σ, x .

El programa distingue mediante las flags correspondientes si se trata de valores de ϕ , Ψ y Ω finales de ciclo o bien de valores auxiliares ϕ_a , Ψ_a , Ω_a destinados al cálculo de los coeficientes diferenciales segun (10) es decir valores obtenidos con una terna p, Σ y x en la cual una de estas variables ha sido incrementada en una cantidad Δ finita pero muy pequeña que puede fijar segun su criterio el operador del programa. Por ej, ϕ_a puede corresponder a:

$$\phi_a = \phi(p+\Delta, \Sigma, x) \quad \text{ó} \quad \phi(p, \Sigma + \Delta, x) \quad \text{etc.}$$

"APR".-Es el corazón (o quizá mejor el cerebro) del programa y determina los ciclos a efectuar, incrementos de la terna y los errores cometidos y en función de ellos el desarrollo de todo el programa. Como datos a introducir por el operador y que influyen sobre la marcha del programa estan:

- Δ Incremento a dar a cada una de las variables p, Σ y x para obtener los coeficientes diferenciales segun (10)
- ϵ error máximo admisible en $\sqrt{\phi^2 + \Psi^2 + \Omega^2}$ es decir en el módulo del radio vector que da la "distancia" al punto $\phi_0 = \Psi_0 = \Omega_0 = 0$
- N número de pasos teóricos previstos para salvar la distancia desde el punto inicial supuesto p_i, Σ_i, x_i hasta el p_0, Σ_0, x_0 .
- k coeficiente < 1 que reduce en cada ciclo el valor de N como medio de acelerar el cálculo, es decir a medida que nos acercamos al punto final son necesarios menos pasos. Si llega a ser $N < 1$ el programa limita automáticamente el valor de N a $N=1$.

Este programa calcula primeramente los 9 coeficientes diferenciales:

$$\phi'_p, \Psi'_p, \Omega'_p, \phi'_\Sigma, \Psi'_\Sigma, \Omega'_\Sigma \quad \text{etc. etc.}$$

segun (10) y en función de ellos y de los valores iniciales ϕ_i, Ψ_i, Ω_i resuelve

el sistema (9) calculando los valores de $\Delta p, \Delta \Sigma$ y Δx . Con estos valores calcula (es decir ordena a "FICHION" que calcule) los de ϕ, ψ , y Ω del 2° ó del n-simo ciclo que sustituirán a los del ciclo anterior. Si alguno de estos valores está mas alejado del punto cero que el correspondiente al ciclo anterior el programa avisa acústicamente e imprime "Falló ϕ " ó ψ ó Ω . Con ello el operador puede tomar las medidas que crea oportunas variando N ó k . A continuación calcula e imprime los incrementos $\Delta \phi, \Delta \psi$ y $\Delta \Omega$ sin que en realidad sean necesarios para el proceso de cálculo pero como una indicación al operador de la marcha de la aproximación. Seguidamente con los nuevos valores de cada ciclo para ϕ, ψ y Ω calcula el error $\sqrt{\phi^2 + \psi^2 + \Omega^2}$ y lo compara con el máximo admisible ϵ . Si aun no se ha alcanzado esta precisión repite un nuevo ciclo volviendo a calcular nuevos coeficientes diferenciales con los nuevos valores de p, Σ, x etc. etc. Si la precisión se ha alcanzado avisa acústicamente e imprime, además de los valores de p, Σ, x, v y w , el error y el texto "Final Correcto" Comienza entonces automáticamente o por iniciativa del operador el programa siguiente: .

"OTR".-Tiene por objeto calcular e imprimir los valores de las restantes incógnitas es decir: y, z, s, u, r, t y q finalizando así los cálculos.

Como auxiliar figura el programa "CONST" el cual se encarga de introducir las constantes y agrupaciones de constantes en sus respectivos registros cada vez que se cambia de temperatura o de composición inicial de los gases.

En la página 9 figuran los registros utilizados y su ocupación y las flags empleadas junto con la misión que realizan. La F 04 produce un considerable ahorro de papel cuando los cálculos efectuados con anterioridad permiten por extrapolación de los resultados anteriores estimar con bastante aproximación los valores iniciales de p, Σ y x . En este caso el cálculo de los valores exactos de p, Σ y x así como los de las restantes incógnitas se realiza normalmente sin necesidad de vigilar la marcha del programa y pueden suprimirse las impresiones de datos intermedios y auxiliares.

EJECUCIÓN

Los siguientes pasos son necesarios:

1°.-Poner en marcha el programa "CONST" en el caso de ser el primer cálculo que se efectue o bien cuando se cambia de temperatura o de composición inicial del gas. El programa va pidiendo sucesivamente los datos necesarios. En el caso de cambiar solamente la composición inicial del gas y no la temperatura se pulsa previamente GTO J y R/S con lo que se introducen solamente los datos referentes a composición inicial.

2°.-Se introducen los valores iniciales supuestos para p, Σ, x en la forma siguiente:

p ENTER Σ ENTER x

y a continuación se ejecuta el programa "FICH10M".

Este se detiene despues de calcular e imprimir los valores de p, Σ ,x introducidos mas los calculados para v,w, ϕ , Ψ y Ω , asi como el error.

3°-A la vista de este error se elige el número de pasos teóricos N y el valor de k: mas pasos cuanto mayor sea el error.El valor de k se elige tambien en función del error y de la rapidez con que se quiere intentar convergir.Igualmente es necesario fijar el valor de ϵ y de Δ asi como de las flags 00 y 04,Despues se ejecuta "APR" que termina dando los valores finales de p, Σ ,x,v,w asi como el error final que estará,por supuesto,por debajo del valor de ϵ .

Si durante la ejecución de "APR" se produjese algun valor de ϕ , Ψ ó Ω que diese lugar a la detención del programa con el aviso "Falló ϕ " (ó Ψ ó Ω) segun se ha descrito,ello indica una irregularidad de alguna de las superficies equipotenciales debida a un cambio de curvatura,punto de inflexión,quizá una discontinuidad etc. El operador puede entonces disminuir el tamaño de cada paso aumentando N ,quizá disminuir o anular la convergencia aumentando k seguidos de :

GTO 13 , R/S si falló ϕ
 GTO 14 , R/S si falló Ψ
 GTO 15 , R/S si falló Ω

o bien se ejecutan estas pulsaciones sin cambio alguno de N ni k.Pasada la anomalía el programa continúa normalmente.Asi se ha procedido por ejemplo en alguno de los ejemplos de ejecución que se adjuntan llegando el cálculo a buan fin. El programa se puede detener,por supuesto,por el operador en cualquier momento para variar los valores de N,k etc.

El programa "APR" imprime al iniciarse los valores de Δ , ϵ ,N y k y al comienzo de cada ciclo los de N y k.

4°-Al final de "APR" si la flag 00 no estaba activada se puede ejecutar sin mas preparación el programa "OTR" que calcula e imprime el resto de las incógnitas. Con la flag 00 activada el programa "OTR" se inicia automáticamente al finalizar "APR".

EJEMPLOS

25 32

En las páginas adjuntas ~~A13~~ a ~~A20~~ figuran varios ejemplos de cálculo correspondientes todos ellos a una temperatura de 1.350 °K y composición inicial de gases correspondientes a un consumo de 130 Kg de Fuel Oil n°2 por tonelada de pirita pero ejecutados en distintas condiciones.

El Ej 1 corresponde a la introducción de las constantes y seguidamente el cálculo con valores iniciales de p, Σ ,x estimados por extrapolación de cálculos anteriores

a otras temperaturas y composiciones iniciales de gases. Este ejemplo representa la realidad de los cálculos de una serie de puntos salvo, naturalmente, el primero de ellos. En el cálculo del segundo punto y siguientes ya es posible estimar con cierta aproximación los valores de p, Σ, x . Este Ej 1 está ejecutado con impresión restringida.

El Ej. 2 es igual que el 1 pero con impresión total.

En el Ej. 3 se partió de valores de p, Σ, x correspondientes a la composición inicial de los gases, es decir los humos de combustión del fuel oil mas el azufre destilado pero sin reacciones entre componentes. Unicamente para p (moles de H_2) se supuso, en lugar del valor 0 que le correspondería, un valor muy pequeño pero distinto de cero para evitar la división por cero al aparecer en algunas expresiones p como factor en un denominador.

Se ve como el programa va encaminándose a un final correcto reduciendo el error que inicialmente es 9,2 hasta $21,6 \times 10^{-9}$ despues de 9 ciclos.

Este ejemplo corresponde a impresión restringida.

En el Ej. 4 se partió de datos absurdos, y muy alejados de los correctos tomando $p = \Sigma = x = 1$ con $N=5$ y $k=1$.

Es de notar como el cálculo se desarrolla normalmente durante 8 ciclos reduciéndose el error desde 14 hasta 2,9 sin alteraciones y con valores provisionales absurdos por negativos de v y w . De repente en el ciclo 9° se producen cambios radicales en algunos valores y el error sube a 10,8 alejándose Φ y Ψ mas del valor 0 que en el ciclo anterior. Esto corresponde probablemente a anomalías o irregularidades de las funciones Φ, Ψ y Ω . A continuación se suceden 17 ciclos en que el error baja hasta 0,2 pero con valores negativos de p y w . Vienen despues 3 ciclos con irregularidades tras los cuales se hacen ya positivos todos los valores que han de serlo subiendo el error sin embargo hasta casi 1 para continuar con 7 ciclos regulares en que el error se reduce hasta 78×10^{-9} produciéndose ya valores aceptables de las variables. En los últimos 6 ciclos se alteró el valor de N hasta $N=1$ para acelerar los cálculos a la vista de los valores positivos y razonables de las variables.

El Ej 5 corresponde a los mismos datos de partida pero con otra táctica de aproximación que quizá sea la mas aconsejable cuando se trata de valores iniciales muy alejados de los correctos: Se pone $N=1$ y $k=1$, es decir la máxima convergencia y se mantienen estas condiciones mientras la ejecución del programa lo admita.

De esta forma el error disminuyó en un solo ciclo de 14 a 3,6 pero a continuación en el ciclo siguiente se producen valores negativos de x y esto detiene el programa por rechazar la calculadora la raíz cuadrada de numeros negativos. Se hace entonces $N=5$ y de esta forma se salva la irregularidad. Mas tarde, pasada esta, se hace $k = 0,9$ para aumentar la convergencia. En total se realiza el cálculo con 24 ciclos en vez de 36 en el Ej.4.

Aunque en el desarrollo de los cálculos expuestos se ha tomado como supuesto una anulación de tres funciones ϕ, ψ, Ω una ampliación del gradiente a un número mayor de coordenadas permitiría la solución de problemas en los que fuese imposible por la complejidad de las funciones involucradas reducir a 3 el número de funciones a anular simultáneamente. Claro está que en tal caso las ecuaciones (9) serían más y con más incógnitas haciendo el cálculo más laborioso pero posible.

Nota.-Los valores de las constantes K'_1 y K'_2 que el programa "CONST" pide son las correspondientes a las ecuaciones:

$$3 S_8 = 4 S_6 \qquad K'_1 = -\frac{\binom{S_6}{4}}{\binom{S_8}{3}}$$

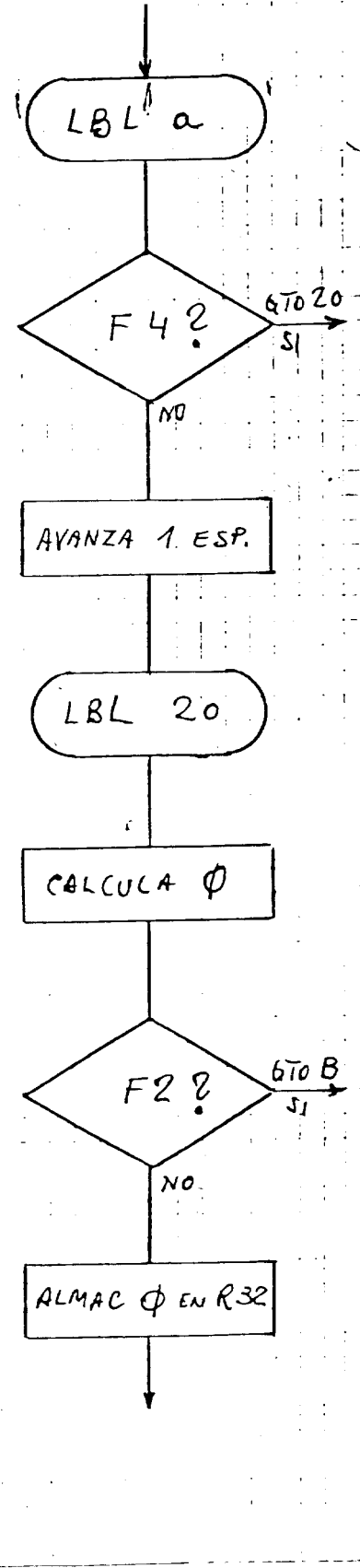
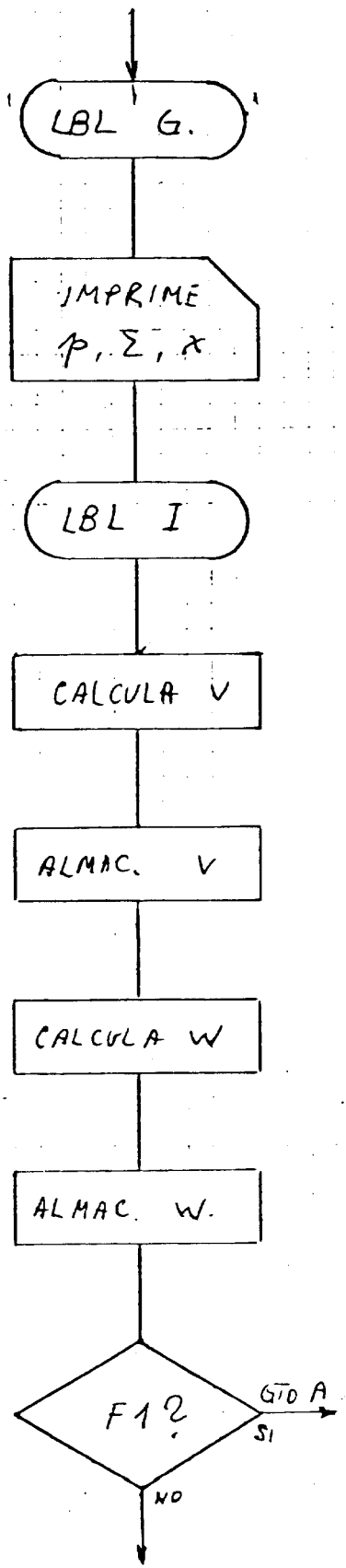
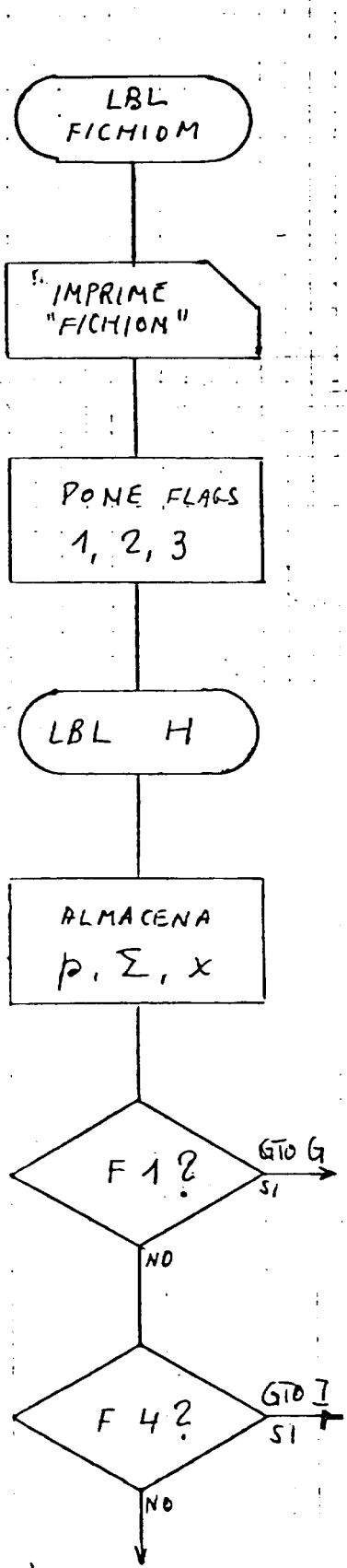
$$S_6 = 3 S_2 \qquad K'_2 = -\frac{\binom{S_2}{3}}{\binom{S_6}{4}}$$

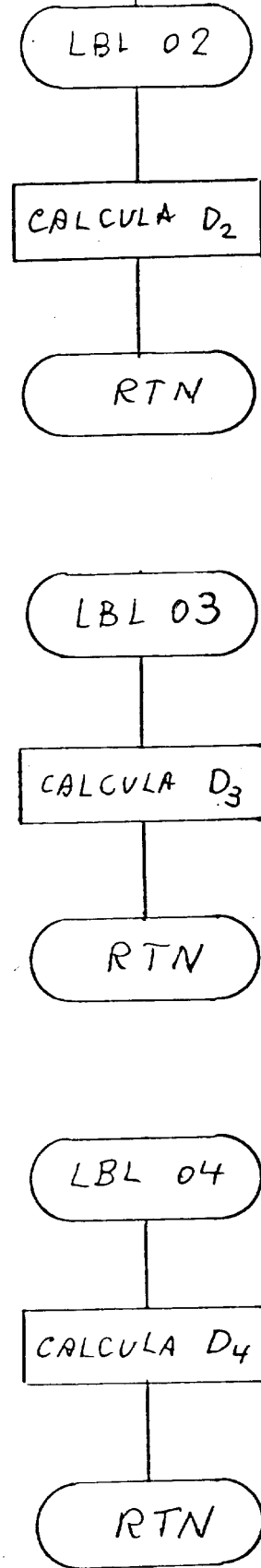
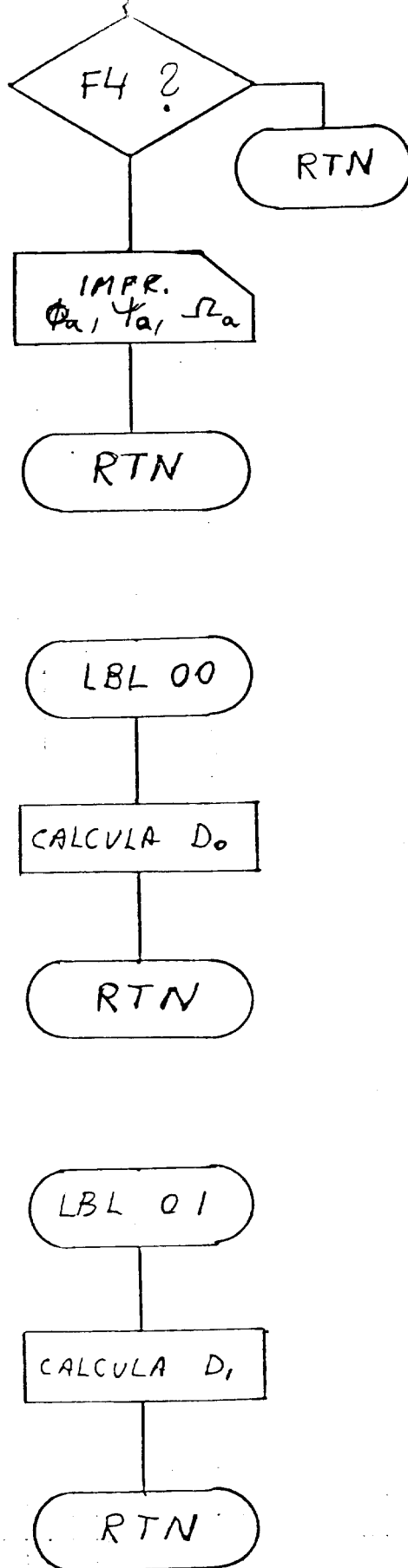
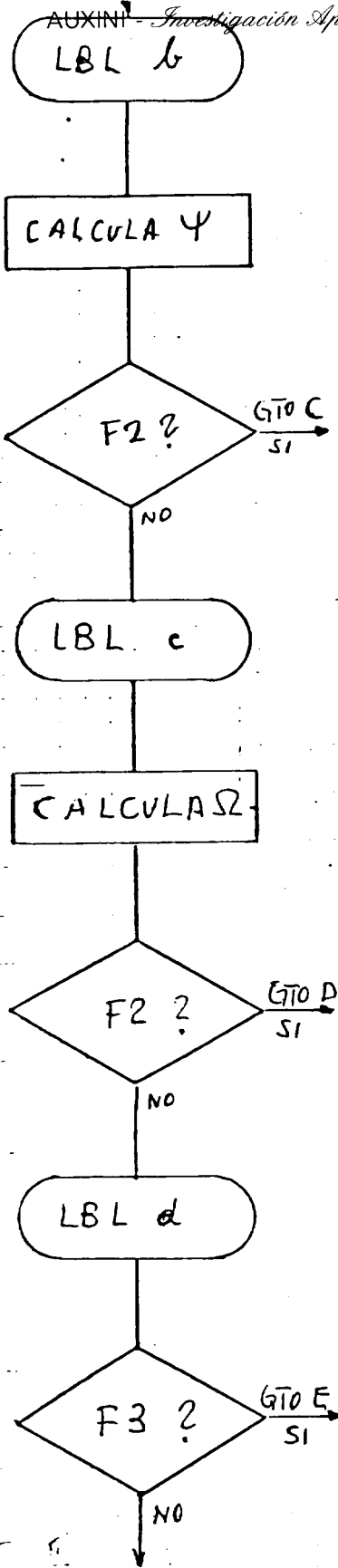
El programa las convierte en K_1 y K_2 correspondientes a las ecuaciones dadas en la pag 4 que son las que se han empleado para el cálculo.

PROGRAMA DE LOS
 AUXILI - Investigación Aplicada
 PROGRAMAS "FICHION", "APR", "OTR" y "CONST".

DATOS DE ENTRADA:

p ENTER Σ ENTER x





D_0, D_1 , etc corresponden a los distintos términos de las eq. de la pag. 6

LBL 05

CALCULA D₅

RTN

LBL 06

CALCULA D₆

RTN

LBL A

IMPR
V, W

GTO a

LBL B

ALMAC.
 Φ EN R 26

GTO b

LBL C

ALMAC.
 Ψ EN R 27

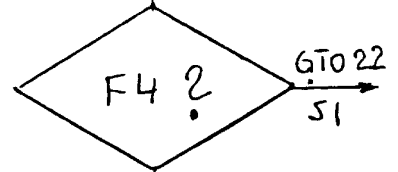
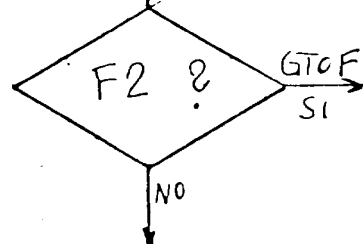
GTO c

LBL D

ALMAC
 Ω EN R 28

GTO d

LBL E



IMPR.
 Φ, Ψ, Ω
DE R 32, 33, 34

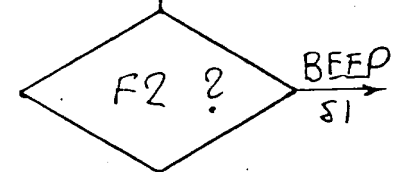
GTO 22

LBL F

IMPR.
 Φ, Ψ, Ω
DE R 26, 27, 28

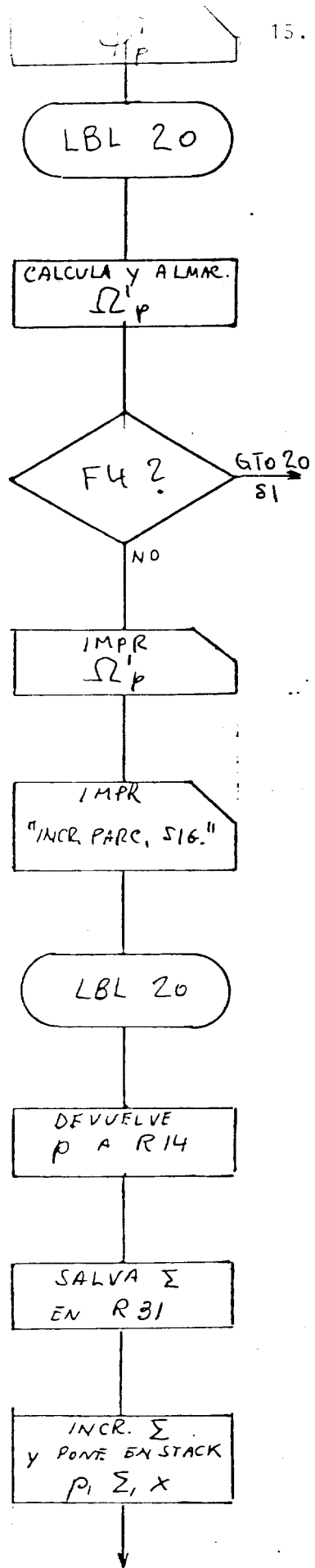
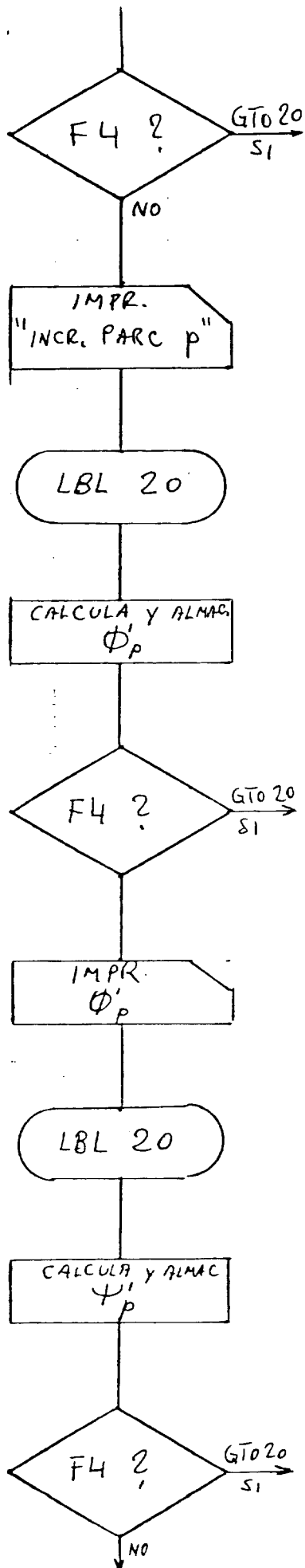
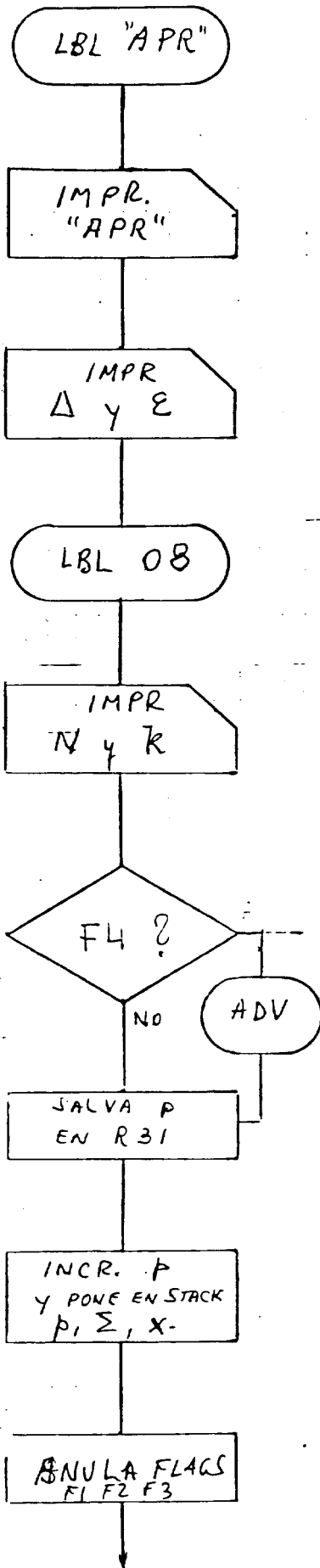
GTO 23

LBL 22



ANULA
F1, F2, F3

RTN



CALCULA Y ALMAC.
 Φ'_Σ

F4 ?
SI → GTO 20

IMPR.
 Φ'_Σ

LBL 20

CALCULA Y ALMAC.
 Ψ'_Σ

F4 ?
NO
SI → GTO 20

IMPR.
 Ψ'_Σ

LBL 20

CALCULA Y ALMAC.
 Ω'_Σ

F4 ?
SI → GTO 20
NO

IMPR.
 Ω'_Σ

IMPR.
"INCR. PARC X"

LBL 20

DEVUELVE
Σ A RIS

SALVA X
EN R31

INCR X
Y PONE EN STACK
 P, Σ, X

CALCULA Y ALMAC.
 Φ'_x

F4 ?
SI → GTO 20
NO

IMPR.
 Φ'_x

LBL 20

CALCULA Y ALMAC.
 Ψ'_x

F4 ?
SI → GTO 20
NO

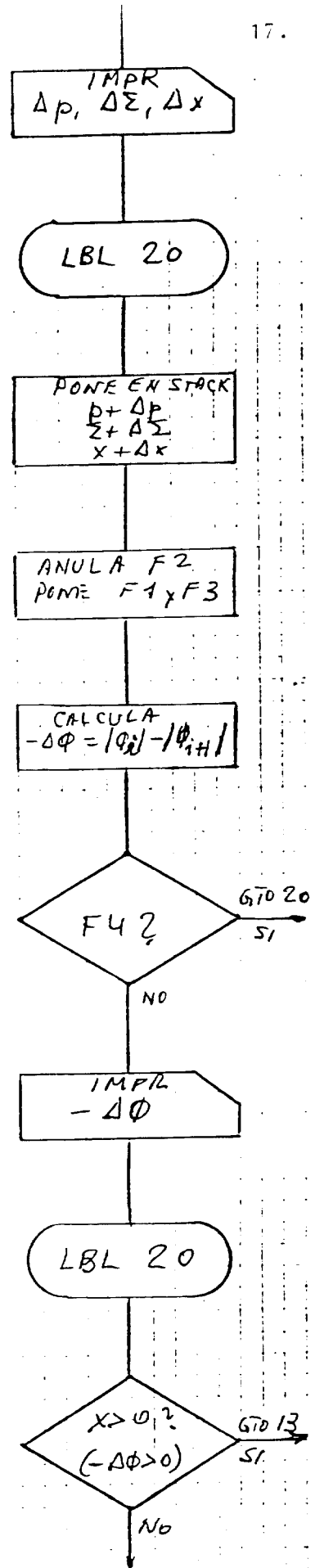
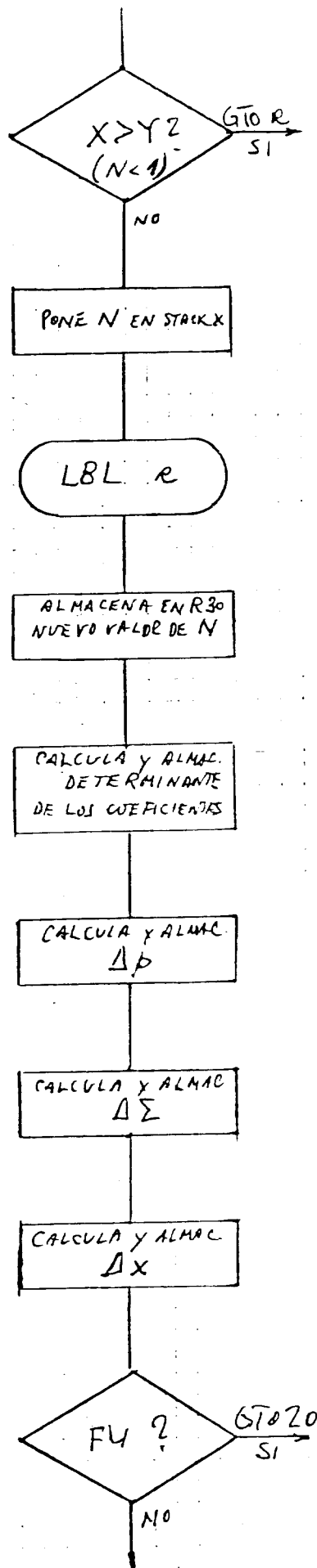
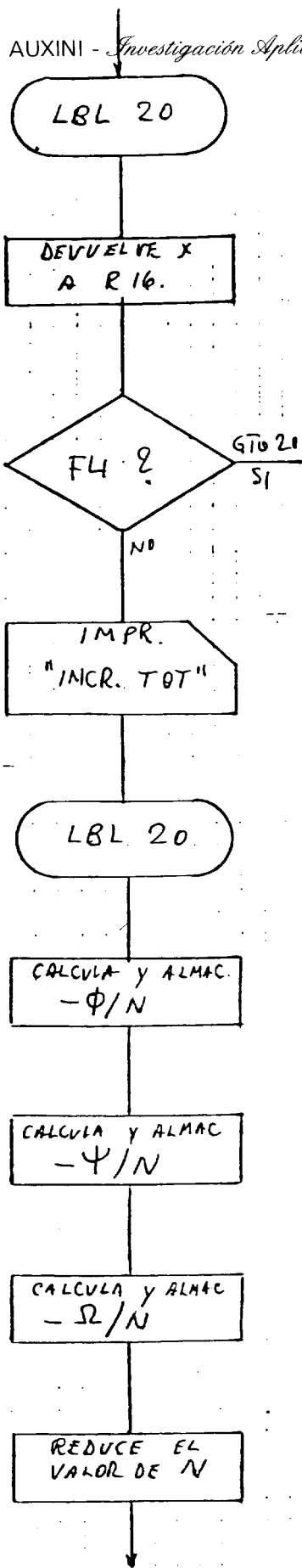
IMPR.
 Ψ'_x

LBL 20

CALCULA Y ALMAC.
 Ω'_x

F4 ?
SI → GTO 20
NO

IMPR.
 Ω'_x



AVISO ACÚSTICO

IMPR.
"FALLO FI"

RTN

LBL 13

CALCULA
 $-\Delta\psi = |\psi_i| - |\psi_{i+1}|$

F4 ?
SI → G1020
NO

IMPR.
-Δψ

LBL 20

X > 0 ?
(-Δψ > 0)
SI → G1014
NO ↓

AVISO ACUSTICO

IMPR
"FALLO CMI"

RTN

LBL 14

CALCULA
 $-\Delta\Omega = |\Omega_i| - |\Omega_{i+1}|$

F4 ?
SI → G1020
NO

IMPR
-ΔΩ

LBL 20

X > 0 ?
(-ΔΩ > 0)
SI → G1015
NO ↓

AVISO ACUSTICO

IMPR.
"FALLO QM"

RTN

LBL 15

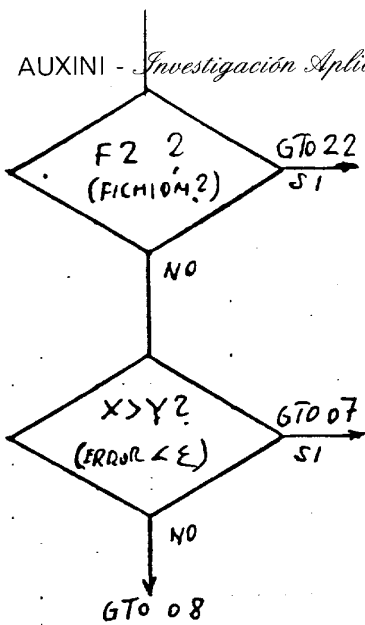
ALMAC.
Φ, ψ, Ω EN
R26, 27, 28

LBL 23

F2 ?
SI → ADV.
NO ↓

CALCULA
ERROR

IMPR.
ERROR



LBL 10

CALCULA
 $\Phi' = \frac{\Phi_c - \Phi}{\Delta}$

RTN

LBL 11

CALCULA
 $\Psi' = \frac{\Psi_c - \Psi}{\Delta}$

RTN

LBL 12

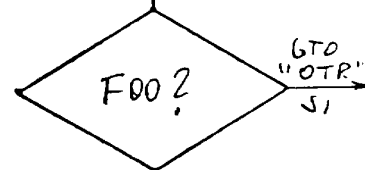
CALCULA
 $\varrho' = \frac{\varrho_c - \varrho}{\Delta}$

RTN

LBL 07

AVISO ACUSTICO

IMPR.
"FINAL-CORRECTO"



RTN

LBL "OTR"

IMPR.
"OTR"

CALCULA Y ALMAC.
Y

IMPR. Y

CALCULA Y ALMAC.
Z

IMPR. Z

CALCULA Y ALMAC.
S

IMPR. S

CALCULA Y ALMAC.
U

IMPR. U



AUXINI - Investigación Aplicada

CALCULA Y ALMAC
Y

IMPR. T

CALCULA Y ALMAC
t

IMPR. t

CALCULA Y ALMAC
q

IMPR. q

AVISO ACUSTICO

RTN

LBL "CONST"

IMPR
"CONST"

?
K4-K6-K7

ALMAC.
K7-K6-K4

CALCULA Y ALMAC
KA

? K1

CALCULA Y ALMAC
K1

? K2

CALCULA Y ALMAC
K2

? K5, K8

ALMAC
KB, K5

CALCULA Y ALMAC
KB

CALCULA Y ALMAC
Kc

CALCULA Y ALMAC
Kd

LBL J

? a

ALMAC a

? b

ALMAC b

? A ? B

ALMAC A
ALMAC B

END

PRP "FICHION"

01*LBL "FICHION"
AON "FICHION" AVIEW
AOFF ADV SF 01 SF 02
SF 03

10*LBL H
STO 16 RDN STO 15 RDN
STO 14 FS? 01 GTO G
FS? 04 GTO I

20*LBL G
AON "P=" "F" ARCL 14
AVIEW "SIG=" "F"
ARCL 15 AVIEW "X=" "F"
ARCL 16 AVIEW
AOFF

35*LBL I
XEQ 00 RCL 07 /
RCL 14 + RCL 11 X<>Y
- STO 17 RCL 00 *
RCL 14 / 1 + XEQ 00
RCL 05 * RCL 14 / +
XEQ 01 + RCL 10 X<>Y
/ STO 18 FS? 01 GTO A

65*LBL a
FS? 04 GTO 20 ADV

69*LBL 20
XEQ 02 2 * RCL 17 +
XEQ 03 2 * + RCL 10
+ XEQ 04 + RCL 12
X<>Y - FS? 02 GTO B
STO 32

89*LBL b
RCL 16 2 * XEQ 05 6
* + XEQ 06 8 * +
XEQ 01 2 * RCL 18 *
+ XEQ 04 + XEQ 03 +
XEQ 00 RCL 07 / +
RCL 13 X<>Y - FS? 02
GTO C STO 33

121*LBL c
1 RCL 16 + XEQ 05 +
XEQ 06 + RCL 14 +
XEQ 01 RCL 18 * +
XEQ 04 + XEQ 03 +
XEQ 00 RCL 07 / +
XEQ 02 + RCL 17 +
RCL 18 + RCL 15 X<>Y
- FS? 02 GTO D STO 34

155*LBL d
FS? 03 GTO E FS? 04
RTN AON "FIA=" "F"
ARCL 32 AVIEW "CHIA=" "F"
ARCL 33 AVIEW
"OMA=" "F" ARCL 34
AVIEW AOFF RTN

175*LBL 00
RCL 16 RCL 15 / SQRT
RCL 14 * RTN

183*LBL 01
RCL 16 RCL 15 /
RCL 14 * RCL 17 /
RCL 03 * RTN

194*LBL 02
RCL 17 RCL 14 /
RCL 18 * RCL 00 *
RTN

203*LBL 03
RCL 17 RCL 14 / X12
RCL 16 RCL 15 * SQRT
* RCL 06 * RTN

216*LBL 04
RCL 16 RCL 15 / SQRT
RCL 18 * RCL 05 *
RTN

226*LBL 05
RCL 16 RCL 15 / X12
RCL 16 * RCL 02 1/X
3 Y1X * RTN

239*LBL 06
RCL 01 RCL 02 * 1/X
4 Y1X RCL 16 RCL 15
/ 3 Y1X * RCL 16 *
RTN

255*LBL A
AON "V=" "F" ARCL 17
AVIEW "W=" "F"
ARCL 18 AVIEW AOFF
FS? 04 ADV GTO a

269*LBL B
STO 26 GTO b

272*LBL C
STO 27 GTO c

275*LBL D
STO 28 GTO d

278*LBL E
FS? 02 GTO F FS? 04
GTO 22 AON "FI=" "F"
ARCL 32 AVIEW "CHI=" "F"
ARCL 33 AVIEW
"OM=" "F" ARCL 34
AVIEW AOFF GTO 22

298*LBL F
AON "FI=" "F" ARCL 26
AVIEW "CHI=" "F"
ARCL 27 AVIEW "OH=" "F"
ARCL 28 AVIEW
AOFF GTO 23

314*LBL 22
FS? 02 BEEP CF 01
CF 02 CF 03 ADV RTN

322*LBL "APR"
ADV AON "APR" AVIEW
ADV "DELTA=" "F"
ARCL 29 AVIEW "EPS=" "F"
ARCL 53 AVIEW
AOFF

337*LBL 08
PSE AON "N=" "F"
ARCL 30 AVIEW "K=" "F"
ARCL 54 AVIEW
AOFF FS? 04 ADV
RCL 14 STO 31 RCL 29
+ RCL 15 RCL 16 CF 01
CF 02 CF 03 FS? 04
GTO 20 ADV AON
"INCR.=PARC.=P" AVIEW
AOFF ADV

368*LBL 20
XEQ H XEQ 10 STO 35
FS? 04 GTO 20 VIEW 35

375*LBL 20
XEQ 11 STO 36 FS? 04
GTO 20 VIEW 36

381*LBL 20
XEQ 12 STO 37 FS? 04
GTO 20 VIEW 37 ADV
AON "INCR.=PARC.=SIG"
AVIEW AOFF ADV

393*LBL 20
RCL 31 STO 14 RCL 15
STO 31 RCL 29 +
RCL 16 XEQ H XEQ 10
STO 38 FS? 04 GTO 20
VIEW 38

407*LBL 20
 XEQ 11 STO 39 FS? 04
 GTO 20 VIEW 39

413*LBL 20
 XEQ 12 STO 40 FS? 04
 GTO 20 VIEW 40 ADV
 AON "INCR.=PARC.=X"
 AVIEW AOFF ADV

425*LBL 20
 RCL 31 STO 15 RCL 16
 STO 31 RCL 14 RCL 15
 RCL 16 RCL 29 + XEQ H
 XEQ 18 STO 41 FS? 04
 GTO 20 VIEW 41

441*LBL 20
 XEQ 11 STO 42 FS? 04
 GTO 20 VIEW 42

447*LBL 20
 XEQ 12 STO 43 FS? 04
 GTO 20 VIEW 43

453*LBL 20
 RCL 31 STO 16 FS? 04
 GTO 20 ADV AON
 "INCR.=TOT." AVIEW
 AOFF ADV

464*LBL 20
 RCL 26 RCL 30 / CHS
 STO 44 RCL 27 RCL 30
 / CHS STO 45 RCL 28
 RCL 30 / CHS STO 46
 RCL 30 RCL 54 * 1
 X>Y? GTO e X<>Y

487*LBL e
 STO 30 RCL 39 RCL 43
 * RCL 42 RCL 40 * -
 STO 47 RCL 42 RCL 37
 * RCL 36 RCL 43 * -
 STO 48 RCL 36 RCL 40
 * RCL 39 RCL 37 * -
 STO 49 RCL 47 RCL 35
 * RCL 48 RCL 38 * +
 RCL 49 RCL 41 * +
 STO 50 RCL 42 RCL 46
 * RCL 45 RCL 43 * -
 STO 51 RCL 45 RCL 40
 * RCL 39 RCL 46 * -
 STO 52 RCL 44 RCL 47
 * RCL 38 RCL 51 * +
 RCL 41 RCL 52 * +
 RCL 50 / STO 32
 RCL 36 RCL 46 *
 RCL 45 RCL 37 * -
 STO 47 RCL 35 RCL 51
 CHS * RCL 41 RCL 47

* + RCL 44 RCL 48 *
 + RCL 50 / STO 33
 RCL 35 RCL 52 CHS *
 RCL 38 RCL 47 * -
 RCL 44 RCL 49 * +
 RCL 50 / STO 34
 FS? 04 GTO 20 AON
 "DP=" "I" ARCL 32
 AVIEW "DSIG=" "I"
 ARCL 33 AVIEW "DX="
 "I" ARCL 34 AVIEW
 AOFF ADV

610*LBL 20
 RCL 14 RCL 32 +
 RCL 15 RCL 33 +
 RCL 16 RCL 34 + SF 01
 CF 02 SF 03 XEQ H
 RCL 26 ABS RCL 32 ABS
 - FS? 04 GTO 20 AON
 "DFI=" "I" ARCL X
 AVIEW AOFF

637*LBL 20
 X>0? GTO 13 TONE 9
 AON "FALLO=FI" AVIEW
 AOFF FS? 00 GTO 13
 RTN

648*LBL 13
 RCL 27 ABS RCL 33 ABS
 - FS? 04 GTO 20 AON
 "DCHI=" "I" ARCL X
 AVIEW AOFF

662*LBL 20
 X>0? GTO 14 TONE 9
 AON "FALLO=CHI" AVIEW
 AOFF FS? 00 GTO 14
 RTN

673*LBL 14
 RCL 28 ABS RCL 34 ABS
 - FS? 04 GTO 20 AON
 "DOM=" "I" ARCL X
 AVIEW AOFF ADV

688*LBL 20
 X>0? GTO 15 TONE 9
 AON "FALLO=OM" AVIEW
 ADV ADV AOFF FS? 00
 GTO 15 RTN

701*LBL 15
 RCL 32 STO 26 RCL 33
 STO 27 RCL 34 STO 28

708*LBL 23
 FS? 02 ADV RCL 26 X12
 RCL 27 X12 + RCL 28
 X12 + SQRT AON
 "ERR.=" "I" ARCL X
 AVIEW AOFF FS? 02
 GTO 22 ADV ADV RCL 53
 X>Y? GTO 07 GTO 08

734*LBL 10
 RCL 32 RCL 26 -
 RCL 29 / RTN

741*LBL 11
 RCL 33 RCL 27 -
 RCL 29 / RTN

748*LBL 12
 RCL 34 RCL 28 -
 RCL 29 / RTN

755*LBL 07
 BEEP BEEP AON
 "FINAL=CORRECTO" AVIEW
 AOFF ADV ADV FS? 00
 GTO "OTR" RTN

767*LBL "OTR"
 AON "OTR" AVIEW AOFF
 ADV RCL 16 3 Y1X
 RCL 15 2 Y1X 1/X *
 RCL 02 1/X 3 Y1X *
 AON "Y=" "I" ARCL X
 AVIEW AOFF STO 19 4
 ENTER↑ 3 / Y1X
 RCL 01 1/X 4 Y1X *
 RCL 15 1/X 1 ENTER↑
 3 / Y1X * AON "Z=" "I"
 "I" ARCL X AVIEW AOFF
 STO 20 RCL 15 RCL 16
 * SQRT RCL 06 *
 RCL 17 RCL 14 / X12
 * AON "S=" "I"
 ARCL X AVIEW AOFF
 STO 21 RCL 15 RCL 16
 * 1/X .25 Y1X RCL 04
 RCL 21 * SQRT *
 RCL 18 * AON "U=" "I"
 "I" ARCL X AVIEW AOFF
 STO 22 RCL 16 RCL 15
 / SQRT RCL 18 *
 RCL 05 * AON "R=" "I"
 "I" ARCL X AVIEW AOFF
 STO 23 RCL 16 RCL 15
 / SQRT RCL 14 *
 RCL 07 / AON "T=" "I"
 "I" ARCL X AVIEW AOFF
 STO 24 RCL 23 X12
 RCL 22 / RCL 09 *
 AON "0=" "I" ARCL X
 AVIEW AOFF STO 25
 BEEP RTN

```
901+LBL "CONST"  
AOH "CONST" AVIEW  
AOFF ADV "K4/K6/K7?"  
PROMPT STO 07 X<>Y  
STO 06 SQRT * X<>Y  
STO 04 SQRT * STO 00  
"K1?" PROMPT 1 ENTER↑  
12 / Y1X STO 01  
"K2?" PROMPT 1 ENTER↑  
3 / Y1X STO 02  
"K5/K8?" PROMPT STO 00  
X<>Y STO 05 X12 *  
RCL 00 / STO 03  
RCL 07 X12 RCL 06 *  
STO 06 RCL 01 RCL 02  
* -4 Y1X -STO 09
```

```
956+LBL J  
"a?" PROMPT STO 10  
"b?" PROMPT STO 11  
"A?" PROMPT STO 12  
"B?" PROMPT STO 13  
000.013 PRREGX ADV  
ADV END
```


REGISTROS

N°	Item	N°	Item	N°	Item	N°	Item
00	K_a	14	p	28	Ω	42	ψ'_x
01	K_1	15	Σ	29	Δ	43	Ω'_x
02	K_2	16	x	30	N	44	$-\Phi/N$
03	K_b	17	v	31	auxil	45	$-\Psi/N$
04	K_4	18	w	32	$\phi_a, \Delta p$	46	$-\Omega/N$
05	K_5	19	y	33	$\psi_a, \Delta \Sigma$	47	men. compl.
06	K_c	20	z	34	$\Omega_a, \Delta x$	48	id.
07	K_7	21	s	35	ϕ'_p	49	id
08	K_8	22	u	36	ψ'_p	50	deter. coef.
09	K_d	23	r	37	Ω'_p	51	auxil.
10	a	24	t	38	ϕ'_Σ	52	id.
11	b	25	q	39	ψ'_Σ	53	e
12	A	26	ϕ	40	Ω'_Σ	54	k
13	B	27	ψ	41	ϕ'_x		

FLAGS

F 00	SI.-Enlaza automáticamente "APR" con "OTR" y en caso de Fallo ϕ (o ψ o Ω) no detiene el programa aunque avisa acusticamente e imprime.	NO.-Detiene el programa al finalizar "APR" y detiene el programa en caso de Fallo ϕ (ó ψ ó Ω)
F 01	SI.-Imprime v y w.	NO.-No imprime v,w.
F 02	SI.-Almacena y reclama ϕ, ψ, Ω en R 26,27,28.	NO.-Almacena y reclama ϕ, ψ, Ω en R 32,33,34
F 03	SI.-Imprime ϕ, ψ, Ω	NO.-Imprime ϕ_a, ψ_a, Ω_a
F 04	SI.-Impresión restringida. Solo datos esenciales.	NO.-Imprime tambien todos los datos intermedios.

Ejemplo 1.-1350°K y 130 Kg/ton Fuel oil.lmpr. restringida

Datos de partida extrapolados de cálculos anteriores

CONST

R00= 311.1577107-03
R01= 2.368341797+00
R02= 73.54406782+00
R03= 2.277754452-03
R04= 251.9000000+00
R05= 79.54900000-03
R06= 384.2333560-06
R07= 118.0600000-03
R08= 112.0000000-03
R09= 1.086505406-09
R10= 183.3400000-03
R11= 175.1700000-03
R12= 547.5700000-03
R13= 153.4600000-03

OTR

Y=191.7102057E-12
Z=3.109652767E-15
S=29.84370684E-3
U=153.3270875E-3
R=455.5665609E-6
T=14.88387395E-3
Q=151.5613308E-9

FICHIOM

P=9.000700000E-3
SIG=1.442500000E0
X=54.23300000E-3
Y=151.1754266E-3
W=29.59206007E-3

FI=191.8782000E-6
CHI=-162.3690000E-6
OM=-28.7500000E-6

ERR.=252.9970322E-6

APP

DELTA=1.000000000E-6
EPS.=1.000000000E-6
N=1.000000000E0
K=1.000000000E0

P=9.070326906E-3
SIG=1.442492025E0
X=54.13035632E-3
Y=151.2157991E-3
W=29.55725440E-3

ERR.=185.9060418E-5

FINAL=CORRECTO

AUXINI - *Investigación Aplicada*

Ejemplo 2.-1350°K y 130 Kg/ton Fuel Oil.Impr. total.

Datos de partida extrapolados de calculos anteriores.

FICHION

P=9.080700000E-3
 SIG=1.442500000E0
 X=54.23300000E-3
 V=151.1754266E-3
 W=29.59206007E-3

FI=191.8782000E-6
 CHI=-162.3690000E-6
 OM=-28.75000000E-6

ERR.=252.9970322E-6

APP

DELTA=1.000000000E-6
 EPS.=1.000000000E-6
 N=1.000000000E0
 K=i.000000000E0

INCR.=PARC.=P

P=9.081700000E-3
 SIG=1.442500000E0
 X=54.23300000E-3

FIA=212.9269000E-6
 CHIA=-156.4601000E-6
 OMA=-21.15000000E-6
 21.04670000+00
 5.988900000+00
 7.600000000+00

INCR.=PARC.=SIG

P=9.080700000E-3
 SIG=1.442501000E0
 X=54.23300000E-3

FIA=191.8474000E-6
 CHIA=-162.3762000E-6
 OMA=-27.76200000E-6
 -30.80000000-03
 -7.20000000-03
 988.0000000-03

INCR.=PARC.=X

P=9.080700000E-3
 SIG=1.442500000E0
 X=54.23400000E-3

FIA=191.6012000E-6
 CHIA=-164.7316000E-6
 OMA=-29.97000000E-6
 -277.0000000-03
 -2.362600000+00
 -1.220000000+00

DP=-10.37309398E-6
 DSIG=-7.975477581E-6
 DX=-94.64367715E-6

P=9.070326906E-3
 SIG=1.442492025E0
 X=54.13835632E-3
 V=151.2157991E-3
 W=29.55725440E-3

FI=-148.8000000E-9
 CHI=-104.4000000E-9
 OM=-39.00000000E-9

DFI=191.7294000E-6
 DCHI=162.2646000E-6
 DOM=28.71100000E-6

ERR.=185.9080418E-9

FINAL=CORRECTO

OTR

Y=191.7102857E-12
 Z=3.109652767E-15
 S=29.84370604E-3
 U=153.3270875E-3
 R=455.5065609E-6
 T=14.88387395E-3
 Q=151.5613300E-9

AEJYDMLP ~~1250%~~ ~~1250%~~ g/ton Fuel Oil.

Datos de partida correspondientes a composición inicial del gas

FICHION

P=1.00000000E-3
SIG=1.43667000E0
X=75.3000000E-3
Y=172.2300286E-3
W=3.357312041E-3

FI=-7.485532285E0
CHI=-3.747945280E0
OM=-3.745944959E0

ERR.=9.171280775E0

APR

DELTA=1.00000000E-6
EPS.=1.00000000E-6
N=1.00000000E0
K=1.00000000E0

P=1.479399906E-3
SIG=1.437555726E0
X=71.50776855E-3
Y=170.8958236E-3
W=4.960263663E-3

ERR.=4.000272935E0

N=1.00000000E0
K=1.00000000E0

P=2.189025526E-3
SIG=1.437993458E0
X=69.74774218E-3
Y=168.8974546E-3
W=7.326171980E-3

ERR.=1.750595059E0

N=1.00000000E0
K=1.00000000E0

P=3.208520619E-3
SIG=1.438627561E0
X=67.24553390E-3
Y=166.0857570E-3
W=10.70666182E-3

ERR.=752.8804580E-3

N=1.00000000E0
K=1.00000000E0

P=4.614151990E-3
SIG=1.439520620E0
X=63.88825959E-3
Y=162.3222303E-3
W=15.32553031E-3

ERR.=311.3412151E-3

N=1.00000000E0
K=1.00000000E0

P=6.362062853E-3
SIG=1.440658114E0
X=59.87248605E-3
Y=157.8199855E-3
W=20.99168603E-3

ERR.=115.5639312E-3

N=1.00000000E0
K=1.00000000E0

P=8.039036123E-3
SIG=1.441790974E0
X=56.22583586E-3
Y=153.6841928E-3
W=26.32610250E-3

ERR.=31.76120062E-3

N=1.00000000E0
K=1.00000000E0

P=8.922014063E-3
SIG=1.442300255E0
X=54.42451132E-3
Y=151.5603155E-3
W=29.09491741E-3

ERR.=3.978487846E-3

N=1.00000000E0
K=1.00000000E0

P=9.067345633E-3
SIG=1.442489862E0
X=54.14393720E-3
Y=151.2228945E-3
W=29.54796593E-3

ERR.=70.31247194E-6

N=1.00000000E0
K=1.00000000E0

P=9.070332684E-3
SIG=1.442491982E0
X=54.13833054E-3
Y=151.2157872E-3
W=29.55727210E-3

ERR.=21.56305865E-9

FINAL=CORRECTO

OTR

Y=191.7100232E-12
Z=3.109647121E-15
S=29.84365660E-3
U=153.3270697E-3
P=455.5067322E-6
T=14.88300012E-3
Q=151.5614624E-9

Datos de partida arbitrarios

	N=5.00000000E0 K=1.00000000E0	FALLO=F! FALLO=CHI ERR.=10.77326859E0
FICHION	P=674.6358776E-3 SIG=1.311402186E0 X=512.4389056E-3 V=-4.071529112E0 W=-221.3430919E-3	
P=1.00000000E0 SIG=1.00000000E0 X=1.00000000E0 V=-9.295099355E0 W=-101.1286716E-3	ERR.=6.004402573E0	N=5.00000000E0 K=1.00000000E0 P=-1.079524926E0 SIG=2.175410060E0 X=988.5173078E-3 V=7.418535373E0 W=-169.0058006E-3
FI=9.300470905E0 CHI=-10.34202666E0 OM=-1.391709843E0	N=5.00000000E0 K=1.00000000E0	
ERR.=13.97830930E0	P=609.7791705E-3 SIG=1.327983080E0 X=417.8631487E-3 V=-3.331868987E0 W=-279.6084596E-3	ERR.=8.631854700E0
RPR		N=5.00000000E0 K=1.00000000E0
DELTA=1.00000000E-6 EPS.=1.00000000E-6 N=5.00000000E0 K=1.00000000E0	ERR.=4.822642286E0	P=-922.4577125E-3 SIG=1.973509072E0 X=754.4759721E-3 V=5.928736649E0 W=-192.8281901E-3
P=924.4539301E-3 SIG=1.130036691E0 X=861.2793278E-3 V=-7.582962704E0 W=-123.6192287E-3	N=5.00000000E0 K=1.00000000E0	
ERR.=11.38425220E0	P=563.9313136E-3 SIG=1.326239859E0 X=327.3082784E-3 V=-2.761723086E0 W=-378.4736630E-3	ERR.=6.921155500E0
N=5.00000000E0 K=1.00000000E0	ERR.=3.844577987E0	N=5.00000000E0 K=1.00000000E0
P=837.4542311E-3 SIG=1.218606585E0 X=732.4437167E-3 V=-6.161663482E0 W=-149.3128605E-3	N=5.00000000E0 K=1.00000000E0	P=-794.2120549E-3 SIG=1.007481577E0 X=562.2313030E-3 V=4.721300081E0 W=-227.6173716E-3
ERR.=9.224115435E0	P=560.3177005E-3 SIG=1.293711905E0 X=224.0666954E-3 V=-2.360303865E0 W=-660.1600761E-3	ERR.=5.551738455E0
N=5.00000000E0 K=1.00000000E0	ERR.=2.930153352E0	N=5.00000000E0 K=1.00000000E0
P=752.1142287E-3 SIG=1.276370896E0 X=616.3341879E-3 V=-5.003854393E0 W=-100.6242773E-3	N=5.00000000E0 K=1.00000000E0	P=-690.2510744E-3 SIG=1.664099610E0 X=398.3143730E-3 V=3.725030937E0 W=-286.1358367E-3
ERR.=7.451505355E0	P=-1.272097120E0 SIG=2.425985026E0 X=1.279412965E0 V=9.272166013E0 W=-151.4721470E-3	ERR.=4.453964525E0

AUXINI - Investigación Aplicada

N=5.000000000E0
K=1.000000000E0

P=-613.4983951E-3
SIG=1.518581649E0
X=236.7462507E-3
Y=2.840459455E0
W=-447.9263695E-3

ERR.=3.583659416E0

N=5.000000000E0
K=1.000000000E0

P=-329.3644508E-3
SIG=1.932382973E0
X=625.3131230E-3
Y=2.091531482E0
W=-196.9747646E-3

ERR.=2.284891591E0

N=5.000000000E0
K=1.000000000E0

P=-275.4012088E-3
SIG=1.798758332E0
X=482.4823010E-3
Y=1.658611278E0
W=-228.1326634E-3

ERR.=1.777645465E0

N=5.000000000E0
K=1.000000000E0

P=-228.3798354E-3
SIG=1.689617524E0
X=365.2786325E-3
Y=1.382991308E0
W=-248.3841445E-3

ERR.=1.436369197E0

N=5.000000000E0
K=1.000000000E0

P=-186.3537589E-3
SIG=1.599227257E0
X=268.3944540E-3
Y=1.008170444E0
W=-281.6976892E-3

ERR.=1.163983967E0

N=5.000000000E0
K=1.000000000E0

P=-147.8220463E-3
SIG=1.524238170E0
X=188.2659463E-3
Y=763.8358403E-3
W=-317.0612008E-3

ERR.=945.4604188E-3

N=5.000000000E0
K=1.000000000E0

P=-112.6401858E-3
SIG=1.466356144E0
X=126.2246222E-3
Y=567.7359596E-3
W=-336.3939270E-3

ERR.=762.4825568E-3

N=5.000000000E0
K=1.000000000E0

P=-85.33705470E-3
SIG=1.437780416E0
X=93.58129205E-3
Y=444.9164770E-3
W=-304.5528815E-3

ERR.=602.4497270E-3

N=5.000000000E0
K=1.000000000E0

P=-67.74659387E-3
SIG=1.433113572E0
X=84.98004158E-3
Y=382.6508384E-3
W=-248.3761368E-3

ERR.=479.9532630E-3

N=5.000000000E0
K=1.000000000E0

P=-54.36671977E-3
SIG=1.432845612E0
X=81.16771089E-3
Y=339.1396845E-3
W=-198.8309894E-3

ERR.=384.3008605E-3

N=5.000000000E0
K=1.000000000E0

P=-43.56169683E-3
SIG=1.433363037E0
X=78.48266845E-3
Y=305.0274316E-3
W=-158.0245292E-3

ERR.=300.3344596E-3

N=5.000000000E0
K=1.000000000E0

P=-34.64940532E-3
SIG=1.434074337E0
X=75.81247323E-3
Y=277.2997833E-3
W=-124.5579519E-3

ERR.=247.8819375E-3

N=5.000000000E0
K=1.000000000E0

P=-27.13957624E-3
SIG=1.434858258E0
X=72.92188796E-3
Y=254.1329813E-3
W=-96.71173731E-3

ERR.=200.8471665E-3

N=5.000000000E0
K=1.000000000E0

P=-20.53788079E-3
SIG=1.435759063E0
X=69.09188933E-3
Y=233.8693952E-3
W=-72.58745272E-3

FALLO=0M

ERR.=163.1291374E-3

N=5.000000000E0
K=1.000000000E0

P=-13.97112828E-3
SIG=1.437181848E0
X=62.46978740E-3
Y=213.9133270E-3
W=-48.95122432E-3

AUXINI - Investigación Aplicada

FALLO=OM

ERR.=139.6801938E-3

N=5.00000000E0
K=1.00000000E0

P=2.286730370E-3
SIG=1.444290590E0
X=25.71021571E-3
Y=170.2990004E-3
W=7.581242487E-3

FALLO=FI
FALLO=CHI
FALLO=OM

ERR.=929.0700778E-3

N=5.00000000E0
K=1.00000000E0

P=2.667702901E-3
SIG=1.443319580E0
X=33.68203515E-3
Y=169.0504417E-3
W=0.844180649E-3

ERR.=764.8749746E-3

N=1.00000000E0
K=1.00000000E0

P=4.462575455E-3
SIG=1.439585096E0
X=64.78031755E-3
Y=162.6890626E-3
W=14.83268349E-3

ERR.=341.7053928E-3

N=1.00000000E0
K=1.00000000E0

P=6.182005967E-3
SIG=1.440534297E0
X=60.26840676E-3
Y=158.2774953E-3
W=20.41005937E-3

ERR.=128.5711106E-3

N=1.00000000E0
K=1.00000000E0

P=7.898432418E-3
SIG=1.441688766E0
X=56.52259286E-3
Y=154.0246935E-3
W=25.80254526E-3

ERR.=36.96015610E-3

N=1.00000000E0
K=1.00000000E0

P=0.878370775E-3
SIG=1.442359026E0
X=54.51043094E-3
Y=151.6720700E-3
W=20.95875949E-3

ERR.=5.182053009E-3

N=1.00000000E0
K=1.00000000E0

P=9.065321141E-3
SIG=1.442480479E0
X=54.14778217E-3
Y=151.2277059E-3
W=29.54165934E-3

ERR.=131.4654717E-6

N=1.00000000E0
K=1.00000000E0

P=9.070330623E-3
SIG=1.442491971E0
X=54.13833369E-3
Y=151.2157922E-3
W=29.55726567E-3

ERR.=77.90596027E-9

FINAL=CORRECTO

OTR

Y=191.7100597E-12
Z=3.109647920E-15
S=29.84367289E-3
U=153.3270763E-3
R=455.5066401E-6
T=14.08307723E-3
Q=151.5613999E-9

DATUM de *Formación* *Submarinos*

ERR.=66.140201E-3

FICHION

P=1.00000000E0
SIG=1.00000000E0
X=1.00000000E0
Y=-9.29589935E0
W=-101.1286716E-3

FI=9.380470905E0
CHI=-10.34202666E0
OM=-1.391709843E0

ERR.=13.97830930E0

APR

DELTA=1.00000000E-6
EPS.=1.00000000E-6
N=1.00000000E0
K=1.00000000E0

P=622.2696514E-3
SIG=1.654183456E0
X=306.3966431E-3
Y=-2.715532913E0
W=-566.3416443E-3

ERR.=3.557549956E0

N=1.00000000E0
K=1.00000000E0

P=1.374157199E0
SIG=573.5910020E-3
X=-766.218009E-3

APR

DELTA=1.00000000E-6
EPS.=1.00000000E-6
N=5.00000000E0
K=1.00000000E0

P=772.6471610E-3
SIG=1.438064981E0
X=91.87371440E-3
Y=-2.251664972E0
W=1.618549123E0

FALLO=FI
ERR.=4.428018354E0

N=5.00000000E0
K=1.00000000E0

P=631.2639720E-3
SIG=1.437492710E0
X=80.79117795E-3
Y=-1.704987073E0
W=1.318709752E0

ERR.=3.577064660E0

N=5.00000000E0
K=1.00000000E0

P=523.0314722E-3
SIG=1.435068346E0
X=84.24919475E-3
Y=-1.421206285E0
W=1.055589671E0

ERR.=2.697007682E0

N=5.00000000E0
K=1.00000000E0

P=447.7764101E-3
SIG=1.428950491E0
X=76.60714600E-3
Y=-1.150788310E0
W=838.3406920E-3

ERR.=2.359678319E0

N=5.00000000E0
K=1.00000000E0

P=430.3852488E-3
SIG=1.411626666E0
X=50.12242488E-3
Y=-994.9338410E-3
W=617.7454970E-3

ERR.=1.938235138E0

N=5.00000000E0
K=1.00000000E0

P=-100.2165206E-3
SIG=1.507213237E0
X=151.1320092E-3
Y=544.1854500E-3
W=-275.9196422E-3

FALLO=OK

N=5.00000000E0
K=900.0000000E-3

P=-77.31818411E-3
SIG=1.476687094E0
X=119.4319152E-3
Y=438.7375598E-3
W=-246.7378443E-3

ERR.=530.3310524E-3

N=4.50000000E0
K=900.0000000E-3

P=-58.85350501E-3
SIG=1.460004568E0
X=101.0362726E-3
Y=365.1622744E-3
W=-201.5373992E-3

ERR.=409.5144074E-3

N=4.05000000E0
K=900.0000000E-3

P=-43.87330091E-3
SIG=1.451075927E0
X=89.96500159E-3
Y=311.5751456E-3
W=-154.072725E-3

ERR.=300.1620096E-3

N=3.64500000E0
K=900.0000000E-3

P=-31.34469104E-3
SIG=1.445909536E0
X=81.93194760E-3
Y=269.7129740E-3
W=-110.5449287E-3

ERR.=225.6345977E-3

N=3.20000000E0
K=900.0000000E-3

P=-20.40027070E-3
SIG=1.443170118E0
X=74.10707665E-3
Y=234.9663544E-3
W=-71.05000023E-3

FALLO=OK

ERR.=163.0675287E-3

N=2.95245000E0
K=900.000000E-3

P=-9.17618998E-3
SIG=1.442800411E0
X=60.19100552E-3
V=200.2215027E-3
W=-31.75753974E-3

FALLO=OM

ERR.=162.2463718E-3

N=2.65720500E0
K=900.000000E-3

P=-16.21312364E-3
SIG=1.434750735E0
X=95.20121038E-3
V=226.7581623E-3
W=-55.03394463E-3

FALLO=CHI
FALLO=OM

ERR.=166.7738186E-3

N=2.39148450E0
K=900.000000E-3

P=7.53216690E-3
SIG=1.440752083E0
X=31.10414927E-3
V=158.2636876E-3
W=24.28458434E-3

FALLO=CHI

ERR.=54.00573748E-3

N=2.15233605E0
K=900.000000E-3

P=8.304392758E-3
SIG=1.441598791E0
X=41.75390835E-3
V=154.8945788E-3
W=26.89336649E-3

ERR.=29.00406139E-3

N=1.937102445E0
K=900.000000E-3

P=8.71135590E-3
SIG=1.442069442E0
X=48.14094593E-3
V=152.9760652E-3
W=28.29904850E-3

ERR.=14.03637842E-3

N=1.743392201E0
K=900.000000E-3

P=8.919514859E-3
SIG=1.442313796E0
X=51.58049255E-3
V=151.9631472E-3
W=29.02653282E-3

ERR.=5.985266525E-3

N=1.569052981E0
K=900.000000E-3

P=9.016027052E-3
SIG=1.442426965E0
X=53.21057521E-3
V=151.4661896E-3
W=29.36579691E-3

ERR.=2.170537931E-3

N=1.412147683E0
K=900.000000E-3

P=9.054531675E-3
SIG=1.442472843E0
X=53.06750522E-3
V=151.2946162E-3
W=29.50151614E-3

ERR.=633.2633960E-6

N=1.270932915E0
K=900.000000E-3

P=9.066972679E-3
SIG=1.442488262E0
X=54.03066186E-3
V=151.2325778E-3
W=29.54540645E-3

ERR.=135.1437390E-6

N=1.143879624E0
K=900.000000E-3

P=9.069910857E-3
SIG=1.442491423E0
X=54.13106964E-3
V=151.2178964E-3
W=29.55578267E-3

ERR.=16.96732026E-6

N=1.029455662E0
K=900.000000E-3

P=9.070321498E-3
SIG=1.442491954E0
X=54.13012068E-3
V=151.2158454E-3
W=29.55723225E-3

ERR.=484.2549019E-9

FINAL=CORRECTO

OTR

Y=191.7070014E-12
Z=3.109590091E-15
S=29.84369505E-3
U=153.3271111E-3
P=455.5052396E-6
T=14.86383306E-3
Q=151.5604282E-9

APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE PIRITAS

PLAN GENERAL

PROGRAMA CALMOL.- (HP 41)

Este programa calcula calores molares y entalpías de una mezcla de sustancias cuyos calores molares se conocen en función de la temperatura. Se supone que el calor molar de cualquiera de los componentes de la mezcla está expresado por una función de la forma:

$$C_p = A + B.T + C.T^2 + D.T^{-2}$$

en la cual alguno de los coeficientes A, B, C o D pueden ser cero. T es la temperatura absoluta en ° K.

En el programa, como entradas o salidas figuran:

N	número de componentes de la mezcla	s.d.
M _i	masa del componente i	Kgmol
A _i	coef. A del componente i	Kcal/Kgmol . ° K
B _i	coef. B del id.	la correspondiente
C _i	coef. C del id.	id.
D _i	coef. D del id.	id.
M _m	masa de la mezcla	Kgmol
A _m	coef. A de la mezcla	la de A _i
B _m	coef. B de la id.	la correspondiente
C _m	coef. C de la id.	id.
D _m	coef. D de la id.	id.
H _m	Entalpía de la mezcla	Kcal/Kgmol
H _(m)	Entalpía de la mezcla	Kcal/M _m Kgmol
t ₀	temperatura inferior o de referencia	° C
t ₁	id superior	° C
C _{pm}	Calor molar medio entre t ₀ y t ₁	Kcal/Kgmol . ° K

Las entalpías H_m y H_(m) son las de la mezcla a la temp. t₁ referidas a las entalpías a la temp. t₀.

El calor molar medio es el verdadero es decir el que corresponde a ΔH/ΔT.

- - USO - -

1º	Pulsar A	Pide entr. de N
2º	Entr. N y pulsar R/S	Pide entr. A ₁
3º	Entr. A ₁ y pulsar R/S	Pide entr. B ₁
4º	Entr. B ₁ y pulsar R/S	Pide entr. C ₁
5º	Entr. C ₁ y pulsar R/S	Pide entr. D ₁
6º	Entr. D ₁ y pulsar R/S	Pide sucesiva y secuencialmente la entr. de los datos de los restantes componentes hasta el último del N-simo

Cuando ya ha entrado el último dato (D_N) el programa automáticamente comienza el proceso y se detiene cuando ya quedan almacenados todos los coef. de la mezcla en los registros siguientes:

M_m	R05
A_m	R06
B_m	R07
C_m	R08
D_m	R09

A continuación:

7º Pulsar B	Pide t_0
8º Entr. t_0 y pulsar R/S	Pide t_1
9º Entr. t_1 y pulsar R/S	Exhibe H_m (en el visor HD)
10º pulsar R/S	Exh. $H_{(m)}$ (en el visor HT)
11º pulsar R/S	Exh. C_{pm} (en el visor CPM)

~~Pulsando de nuevo C seguido seguido de las pulsaciones de R/S repite los mismos valores de Entalpías y Calor molar medio.~~

~~Pulsando sucesivamente B ,sin pulsar de nuevo A, repite desde el paso 7º con los mismos valores de los coeficientes calculados para la mezcla.~~

AUXINI - *Investigación Aplicada* APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE PIRITAS
PLAN GENERAL

PROGRAMA CALMOL.- (HP 41)

```

14:01 07.08
01*LBL "CALMOL"
02 STOP
03*LBL A
04 FIX 0
05 CLRG
06 AON
07 "COMP.--"
08 ASTO 01
09 CLA
10 "I"
11 ASTO 02
12 ROFF
13 I
14 STO 00
15 AON
16 "NO."
17 ARCL 01
18 "F?"
19 ROFF
20 PROMPT ----- Entr. N
21 STO 03
22*LBL 01
23 XEQ 03
24 "F M?"
25 ROFF
26 PROMPT ----- Entr. Mi
27 STO 04
28 ST+ 05 ----- Arch. Mm en R05
29 XEQ 03
30 "F A?" ----- Entr. Ai
31 XEQ 04
32 ST+ 06
33 XEQ 03
34 "F B?" ----- Entr. Bi
35 XEQ 04
36 ST+ 07
37 XEQ 03
38 "F C?" ----- Entr. Ci
39 XEQ 04
40 ST+ 08
41 XEQ 03
42 "F D?" ----- Entr. Di
43 XEQ 04
44 ST+ 09
45 RCL 03
46 RCL 00
47 X=Y?
48 GTO 02
49 I
50 ST+ 00
51 RCL 00
52 STO 02
53 GTO 01
54*LBL 02
55 ENG 4
56 RCL 06
57 XEQ 05
58 STO 06 ----- Arch. Am en R06
59 RCL 07

```

```

60 XEQ 05
61 STO 07 ----- Arch. Bm en R07
62 RCL 08
63 XEQ 05
64 STO 08 ----- Arch. Cm en R08
65 RCL 09
66 XEQ 05
67 STO 09 ----- Arch Dm en R09
68 RTN
69+LBL 03
70 ADN
71 CLA
72 ARCL 01
73 ARCL 02
74 RTN
75+LBL 04
76 AOFF
77 PROMPT
78 RCL 04
79 *
80 RTN
81+LBL 05
82 RCL 05
83 /
84 RTN
85+LBL B
86 ADN
87 CLA
88 *TEMP. INF.?'
89 AOFF
90 PROMPT ----- Entr. t0
91 273.1
92 +
93 STO 00
94 X<>Y
95 ADN
96 CLA
97 *TEMP. SUP.?'
98 AOFF
99 PROMPT ----- Entr. t1
100 273.1
101 +
102 STO 01
103 RCL 01
104 RCL 00
105 -
106 RCL 06
107 *
108 RCL 01
109 X↑2
110 RCL 00
111 X↑2
112 -
113 RCL 07
114 2
115 /
116 *
117 +
118 RCL 01
119 3
120 Y↑X
    
```



AUXINI - *Investigación Aplicada*

121 RCL 00
 122 3
 123 Y+X
 124 -
 125 RCL 08
 126 3
 127 /
 128 *
 129 +
 130 RCL 01
 131 1/X
 132 RCL 00
 133 1/X
 134 -
 135 RCL 09
 136 *
 137 -
 138 STO 02
 139 RCL 05
 140 *
 141 STO 03
 142 RCL 02
 143 RCL 01
 144 RCL 00
 145
 146 /
 147 STO 04
 148 LBL C
 149 AON
 150 "H0="



Arch. H_m en R₀₂

Arch. H_(m) en R₀₃

Arch. C_{pm} en R₀₄

Exh. H_m

Exh. H_(m)

Exh. C_{pm}

161 ARCL 04
 162 AVIEW
 163 ROFF
 164 END