Tema de tesis:

"Desarrollo analítico para el diseño de aparejos de bombeo mecánico en pozos direccionales y verticales" 29J

Director de tesis: M en I José Angel Gómez Cabrera

Alumno: Ing. Alfredo Mojica Salgado





## 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. INDICE

		Página
INTRODUCCION		1
CAPITULO I	"Conceptos fundamentales"	2
CAPITULO II	"Desarrollo analítico para el diseño de un sistema	
	de bombeo mecánico en pozos direccionales"	38
CAPITULO III	"Programa de computo para el diseno de	
	aparejos de bombeo mecánico"	59
	"Firmalon de enliereif-"	-
CAPITULU IV	"CJEmplos de aplicacion"	69
CAPITULO V	"Conclusiones y recomendaciones"	79

82

APENDICES

#### INTRODUCCION

Cuando la presión de un yacimiento petrolero ha declinado hasta un valor tal que la producción de los pozos se encuentra cercano al límite económico, o bien los pozos han dejado de fluir, es necesario la aplicación de sistemas artificiales de producción para continuar con su exploración.

Dentro de los sistemas artificiales de explotación se cuenta con el Bombeo Mecánico; el cual cuenta con un equipo superficial y subsuperficial.

Los pozos petroleros pueden ser perforados vertical o direccionalmente dependien do de las condiciones que prevalezcan.

Cuando los pozos son direccionales, los sistemas artificiales no funcionan adecua damente, ya que estos han sido desarrollados para pozos completamente verticales.

El objetivo de este trabajo es establecer las ecuaciones para el diseño del equipo subsuperficial de bombeo mecánico en pozos direccionales. Para lograr tal objetivo, se establecen una serie de elementos de control que representan los tipos de pozos direccionales.

Adicionalmente, se presenta un programa de cómputo para diseñar el equipo subsuperficial para los tres tipos de unidades tanto para pozos verticales como dire<u>c</u> cionales. En el diseño de equipo subsuperficial para pozos verticales se prese<u>n</u> ta la opción de emplear el método API o bien el convencional. Para pozos direccionales se emplean las ecuaciones deducidas en este trabajo.

CAPITULO I "CONCEPTOS FUNDAMENTALES"

- I.1.- Bomba subsuperficial
  - I.1.1.- Bomba de tubería de producción
  - I.1.2.- Bomba de inserción
  - I.1.3.- Bomba de tubería de revestimiento
  - I.1.4.- Ciclo de la bomba
  - I.1.5.- Carrera efectiva del émbolo
  - I.1.6.- Desplazamiento teórico y eficiencia volumétrica de la bomba
- 1.2.- Sarta de varillas de succión
  - I.2.1.- Análisis teórico del movimiento de las varillas
  - I.2.2.- Fallas por fatiga
  - I.2.3.- Fallas mecánicas
  - I.2.4.- Fallas por corrosión
- I.3.- Equipo superficial
  - I.3.1.- Cargas en la varilla pulida
  - I.3.2.- Contrabalanceo
- I.4.- Unidad de transmisión de potencia o reductor de velocidad
  - I.4.1.- Momento torsional
  - I.4.2.- Reducción de la velocidad del motor principal hasta el eje de las bielas
- I.5.- Motor principal
  - I.5.1.- Deslizamiento del motor
  - I.5.2.- Requerimientos de potencia del motor

### CAPITULO I "CONCEPTOS FUNDAMENTALES"

El sistema artificial de Bombeo Mecánico (B.M.), para explotación de pozos productores de aceite, consiste esencialmente de cinco partes(1) (ver figura 1);

- 1. Bomba subsuperficial
- 2. Sarta de varillas de succión
- 3. Equipo superficial
- 4. Unidad de transmisión de potencia o reductor de velocidad
- 5. Motor principal

De acuerdo a su geometría, las unidades de B.M., pueden ser divididas en dos grupos o clases:

Clase I.- Para este grupo, el reductor de velocidad se encuentra colocado en la parte posterior de la unidad y el conjunto de cojinetes principales está a la mi tad del balancin o viga principal y se encuentra representado por la unidad convencional (ver figura 2).

Clase III.- Para este grupo, el reductor de velocidad se encuentra en la parte anterior de la unidad y los cojinetes centrales en la parte posterior de la viga principal; este grupo se encuentra representado por las unidades aerobalanceadas y Mark II (ver figura 3).

(1) Referencias al final de cada capítulo







Fig 2 Unidad de bombeo convencional, Clase I









Fig 3 Clase III

## I.1 BOMBA SUBSUPERFICIAL (2)

La función principal de la bomba es proporcionar energía adicional a los fluídos provenientes del yacimiento para llevarlos hasta la superficie (ver figura 4). Esta energía es adicionada a los fluídos cuando se desea incrementar el ritmo de producción o cuando la presión del yacimiento es demasiado baja, de tal forma que éstos no alcanzan a llegar hasta la superficie. Este tipo de bombas puede ser dividido en tres grupos:

- I.1.1. Bombas de tubería de producción
- I.1.2. Bombas de inserción
- I.1.3. Bombas de tubería de revestimiento

Estas bombas son accionadas mediante una sarta de varillas de succión y con una unidad superficial de bombeo. Generalmente una bomba subsuperficial la integran cuatro elementos principales (ver figura 4):

- a) Un barril de trabajo
- b) Un émbolo o pistón
- c) Una válvula de entrada (válvula estacionaria o de pie)
- d) Una válvula de descarga (válvula viajera)

La diferencia fundamental entre una bomba tipo tubería y una de inserción, es la manera en la cual el barril de trabajo es instalado. Para las primeras, el barril de trabajo es conectado en la parte inferior de la tubería de producción y éste opera dentro del pozo como una parte integral de la sarta de producción.



Fig 4 Elementos que componen la bomba subsuperficial

Por lo que respecta a las bombas de insercción, el barril de trabajo es parte i<u>n</u> tegral de la bomba subsuperficial y es considerada como un elemento en la sarta de succión; motivo por el cual no se requiere extraer la tubería de producción, para sustituir o instalar una nueva bomba subsuperficial.

I.1.1 Bombas de tubería de producción

La principal ventaja de este tipo de bombas es poder manejar volúmenes considerables de líquidos provenientes del yacimiento. Sin embargo, una desventaja de éstas es cuando se desea extraer el barril de trabajo (por cualquier causa), se necesita sacar toda la sarta de producción, ya que dicho barril se encuentra ub<u>i</u> cado en el extremo inferior de la tubería de producción. Este tipo de bombas puede ser subdividida en relación a:

- Tipo de barril de trabajo utilizado
- Arreglo de la válvula estacionaria
- Tipo de émbolo utilizado

#### I.1.2 Bombas de inserción

La principal ventaja de este tipo de bomba es que ésta se conecta a la sarta de varillas de succión y es manejado como un solo conjunto. En consecuencia, si se desea recuperar la bomba para su reemplazo o mantenimiento, únicamente con sacar la sarta de varillas se extraerá la bomba. Obsérvese que bajo este principio no se requiere intervenir la sarta de producción. Para asegurar el barril de trabajo a la profundidad deseada, puede utilizarse un asiento de copas o una zapata candado y así queda colocado dentro de la tubería de producción, permi-

tiendo el completo funcionamiento de la bomba.

Desde el punto de vista operativo, las bombas de inserción pueden ser divididas en dos grupos:

- Bombas invertidas
- Bombas estacionarias

I.1.3 Bombas de tubería de revestimiento

Dentro de éste tipo son incluídas todas las bombas que utilizan la tubería de r<u>e</u> vestimiento como tubería de producción. La bomba se instala dentro del pozo con la sarta de varillas de succión y un empacador; en el cual puede ser colocado en la parte superior o inferior del barril de trabajo, determinando así un sello e<u>n</u> tre la tubería de revestimiento y el barril de trabajo.

Las bombas de tubería de revestimiento se instalan en pozos que puedan aportar un volumen considerable de fluídos y además deben ser someros o poco profundos.

I.1.4 Ciclo de la bomba

La energía que proporciona la bomba a los fluídos es en forma de cargas, en el cual juegan un papel muy importante las válvulas viajera y estacionaria. Para los tres tipos de bomba el ciclo es el mismo (ver figura 5). Suponiendo que el ciclo se inicia en el punto muerto inferior, esto es, cuando el émbolo de la bomba se encuentra a la máxima profundidad dentro de ésta; en este punto la vál





(d)

Ciclo de bombeo :

σ	)	Movimiento	del	embolo	hacia	abajo
b	)	Movimiento	del	embolo	hacia	arriba
С	)	Movimiento	đ el	embolo	hacia	orriba
ď	}	Movimiento	d ei	e m bolo	hacia	abajo

Fig 5 Ciclo de la bomba

vula de pie y viajera se encuentran en sus asientos y la cámara de la bomba está vacía. Al iniciarse el movimiento ascendente del émbolo, la válvula de pie se desplaza de su asiento hacia arriba, permitiendo la entrada de fluídos dentro de la bomba y la válvula viajera sella la salida de los fluídos de la bomba, ésto se permite debido a que la carga de fluídos sobre la válvula de pie es menor que la fuerza de succión que se origina. Cuando se alcanza el punto muerto superior (se localiza cuando el pistón alcanza la mínima profundidad en la bomba), las válvulas regresan a sus asientos respectivos; inmediatamente se inicia un movimiento descendente, provocando que la válvula viajera se desplaze de su asiento y así se permite el paso de los fluídos contenidos en la cámara hacia la tubería de producción; por lo que respecta a la válvula de pie se mantiene cerrada (en su asiento) debido a la carga que ejercen los fluídos sobre ésta y así se evita que los fluídos regresen a la formación; llegando al punto muerto inferior se repite el ciclo de la bomba. Para que puedan ser admitidos en la bomba los fluí dos provenientes del vacimiento; es necesario un efectivo desplazamiento de los líquidos contenidos en la cámara de la bomba hacia la tubería de producción; ade más, para un mejor desplazamiento las válvulas de pie y viajera, en el punto muerto inferior deberán encontrarse lo más cercano posible, pero sin llegar a to carse.

La distancia efectiva del émbolo, Sp, es la distancia en pulgadas que se tiene entre el punto muerto superior y el punto muerto inferior.

I.1.5 Carrera efectiva del émbolo

El volumen de aceite manejado por el émbolo en cada ciclo, dependerá no sólo de la longitud de la carrera de la varilla pulida, sino del movimiento relativo

del émbolo en el barril de trabajo.

Este movimiento es llamado la carrera efectiva del émbolo, Sp, y difiere significativamente con la carrera de la varilla pulida. Fundamentalmente, esta diferencia se debe al alargamiento de la tubería y la sobrecarga del émbolo <sup>(3)</sup>.

Recuérdese que las válvulas viajera y estacionaria de la bomba subsuperficial abren y cierran durante el ciclo de bombeo y la carga de fluído es transferida alternativamente a la tubería de producción. Resultando periodos de deformación elástica (de la varilla y tubería) diferidos 180 grados uno del otro. Considerando el sistema durante la carrera descendente del émbolo, entonces la válvula estacionaria es cerrada y la válvula viajera es abierta. Para este momento la carga de fluído está en la tubería, causando una cierta elongación de dicho el<u>e</u> mento. Para el inicio de la carrera ascendente del émbolo, la válvula viajera cierra originando elongación en las varillas. La apertura de la válvula estaci<u>o</u> naria permite el alargamiento de la tubería. La restauración de la tubería a su longitud original causa a el barril de trabajo un movimiento hacia arriba y la elongación de las varillas origina que el émbolo sea movido hacia abajo. La carrera efectiva del émbolo es, sin embargo, disminuída por un acopio igual a la suma de elongaciones de la variila y la tubería, resultante de la carga del fluído.

Para una deformación elástica, existe una relación entre el esfuerzo aplicado a un cuerpo y una deformación resultante, esto es:

E = Esfuerzo/Deformación

donde E, es el módulo de elasticidad, siendo una característica del material al

(1)

cual el esfuerzo es aplicado. El esfuerzo está dado como la fuerza aplicada por unidad de área:

y la deformación es el cambio fraccional en la longitud:

$$Deformación = e/L$$
(3)

Generalmente, la fuerza F, esta expresada en  $1b/pg^2$  y el área de la sección trans versal A, del elemento bajo esfuerzo en  $pg^2$ . La elongación e, y la longitud original L, están expresados en pulgadas y pies, respectivamente; por lo que la ecuación anterior quedará:

sustituyendo la ecuación 4 en la 1 y despejando la elongación será:

$$e = 12*F*L/(E*A)$$
 (5)

Por otro lado, la fuerza resultante debido a la carga de fluído de la presión diferencial a través del émbolo (donde la bomba está a una profundidad 1) actúa sobre toda el área del émbolo, Ap, ésto es:

$$F = \Delta p X A p$$
 (6)

si bien, la diferencial de presión es la presión a la profundidad L de la co-

lumna de fluído de densidad relativa y, ésto es:

$$\Delta p = 0.433 * \gamma * L$$
 (7)

Recordando que en la tubería de revestimiento se tiene un nivel dinámico de los fluídos, D, entonces la presión sobre el émbolo debido a ambas columnas será:

$$\Delta p = 0.433 \star \gamma \star L - 0.433 \star \gamma (L - D) = 0.433 \star \gamma \star D$$
(8)

sustituyendo las ecuaciones 8 y 6 en 5 y tomando en cuenta la elongación de la tubería se tendrá:

$$e_{+} = 5.2 \gamma DApL/EA_{+}$$
(9)

La elongación para la sarta de varillas de succión es:

$$er = 5.2\gamma DApL/EAr$$
(10)

donde, Ar es el área de la sección transversal de las varillas. Si la sarta es telescopiada (diferentes diámetros) la elongación deberá ser calculada para cada una de las secciones y la elongación total estará dada por:

$$er = \left(\frac{5.2\gamma DAp}{E}\right) \left(\frac{L_1}{A_1} + \frac{L_2}{A_2} \cdots\right)$$
(11)

donde Li y Ai; i = 1, ..., n son las longitudes y áreas de cada sección. El alargamiento de las varillas causado por la carga del fluído, también es afect<u>a</u> do por el peso de las varillas, el cual consiste en el peso muerto de las varillas más la carga por aceleración. En promedio, el peso de las varillas tiende a originar elongación en Wr/2. Lo anterior equivale a considerar una concentr<u>a</u> ción de masa en L/2; por lo que al final de la carrera descendente la ecuación 5 será:

$$ed = \frac{12(Wr + \alpha Wr)L/2}{EAr}$$
(12)

o bien

$$ed = \frac{6(1+\alpha)}{E} \cdot \frac{WrL}{Ar}$$
(13)

y para la elongación de las varillas al final de la carrera ascendente será:

$$eu = \frac{-6(1-\alpha)}{E} \cdot \frac{WrL}{Ar}$$
(14)

la sobrecarrera del émbolo, ep, será la resultante debido a la aceleración y <u>co</u> mo las cargas (por aceleración) están en direcciones opuestas, entonces:

$$ep = ed - eu = \left(\frac{12\alpha}{E}\right) \frac{WrL}{Ar}$$
(15)

El peso de la sarta de varillas de succión está dado por:

$$Wr = \frac{l_r LAr}{144}$$
(16)

donde l<sub>r</sub> es la densidad de las varillas y para el acero es de 490 lb/pie<sup>3</sup>. Sustituyendo la ecuación 16 en la 15 y tomando en cuenta la densidad del acero, se tiene:

$$ep = 40.8 \alpha L^2/E$$

La ecuación anterior se desarrolló para unidades convencionales y sartas no tele<u>s</u> copiadas. Si se considera sartas de varillas de diferentes diámetros (para el mismo tipo de unidad) la concentración de masa tendrá lugar en L/1.7563; por lo que las ecuaciones 13 y 14 son modificadas en:

$$ed = \frac{12(Wr + \alpha Wr)L}{1.7563 EAr}$$
 (18)

$$eu = \frac{12(Wr - \alpha Wr)L}{1.7563 EAr}$$
(19)

entonces, para sartas telescopiadas, la sobrecarrera del émbolo será dada por:

$$ep = ed - eu = \frac{24\alpha}{1.7563E} \cdot \frac{WrL}{Ar}$$
(20)

Sustituyendo la ecuación 16 en la anterior y como se trata de una sarta telesc<u>o</u> piada, se tiene:

$$ep = \frac{11760 \,\alpha L}{252.9072E} \,(L_1 + L_2 + \dots)$$
(21)

donde Li; i = 1, 2, ..., n es cada tramo de diferente diámetro que dorman la sarta. n Entonces,  $\sum_{i=1}^{n}$  Li = L; por lo que la ecuación anterior se transforma en: i=1

$$ep = 46.5 \alpha L^2/E$$
 (22)

Finalmente, la carrera efectiva del émbolo difiere con la de la varilla pulida,

(17)

debido a los alargamientos de la sarta de varillas y la tubería, por efecto de las cargas de fluído, pero se ve incrementado por el efecto de la sobrecarrera del émbolo, es decir:

$$Sp = S + ep - (et + er)$$
(23)

cabe hacer mención el tener cuidado al calcular la carrera efectiva del émbolo, por si se trata de una sarta telescopiada y si la tubería está anclada.

I.1.6 Desplazamiento teórico y eficiencia volumétrica de la bomba.

El desplazamiento teórico de la bomba, v, está definido como:

v = Area de la bomba X carrera efectiva X emboladas del émbolo por min.

$$= 0.1485 \text{ Ap Sp N}$$
 (24)

La eficiencia volumétrica, Ev, está definida por la cantidad de fluido que llega a la superficie entre el desplazamiento teórico de la bomba, es decir:

$$\mathsf{E}\mathsf{v} = \mathsf{q}/\mathsf{v} \tag{25}$$

donde q es el ritmo de producción del pozo en la superficie. La eficiencia volumétrica es afectada por muchos factores; tales como: características del flu<u>f</u> do producido, tipo de bomba, profundidad de colocación de la bomba, condiciones superficiales de operación y la interferencia de gas. Este último factor es de vital importancia para mejorar la eficiencia volumétrica de la bomba.

#### 1.2 SARTA DE VARILLAS DE SUCCION

Se denomina sarta de varillas de succión, al conjunto formado por éstas, mediante un arreglo determinado (diseñado previamente). Esta se encuentra alojada de<u>n</u> tro de la tubería de producción. La función principal de la sarta de varillas de succión es la de proporcionarle energía a la bomba subsuperficial<sup>(5)</sup>. Este tipo de energía es de movimiento; siendo ascendente y descendente alternativamente, el cual es casi igual a un movimiento armónico simple (para la unidad co<u>n</u> vencional). Con base en lo anterior, se puede decir que la sarta de varillas de succión es el elemento que sirve para transmitir la energía que proporciona el equipo superficial a la bomba subsuperficial.

En la fabricación, el componente principal de las varillas de succión es el ac<u>e</u> ro en un 90% aproximadamente. Para que las varillas puedan resistir los esfuerzos a la tensión, la corrosión, el pandeo, etc., es necesario agregar a su man<u>u</u> factura otros componentes como el carbón, manganeso, azufre, silicio, niquel, vanadio, etc., dependiendo de las características de los fluídos de cada campo en explotación.

Una varilla está constituída por el cuerpo, cople y piñón (ver figura 6). En términos generales, ésta puede soportar esfuerzos máximos de trabajo (de tensión) de 40000 hasta 50000 lb/pg<sup>2</sup>, dependiendo de las características del acero. En fluídos corrosivos, el esfuerzo máximo de trabajo o permisible se ve reduci-





do hasta en 22000  $1b/pg^2$ .

Las varillas de succión interrumpen su vida activa generalmente por agentes que actúan sobre ellas provocando fallas.

I.2.1. Análisis teórico del movimiento de las varillas

Si la sarta de succión fuera suspendida estáticamente desde la varilla pulida, la fuerza a la tensión en ésta debería de ser el peso, Wr, de la sarta de varillas. Sin embargo, cuando la sarta está en movimiento, se tiene en la varilla pulida cargas adicionales por aceleración, Wr\*a/g. El factor de aceleración o el factor por el cual el peso muerto de las varillas debe ser multiplicado para obtener la carga por aceleración máxima, está dado por:

$$\alpha = a/g \tag{26}$$

donde a es la aceleración máxima experimentada por las varillas de succión y g es la gravedad.

Como se mencionó anteriormente el movimiento de las varillas de succión es similar a el movimiento armónico simple. La aceleración de un cuerpo para este mov<u>i</u> miento puede ser estudiado considerando que el cuerpo es similar a una partícula en movimiento, la cual se mueve con una velocidad constante alrededor de un círc<u>u</u> lo como referencia. Si el cuerpo bajo consideración es la sarta de varillas de succión, el diámetro del círculo de referencia es igual a la carrera de la varilla pulida, y el tiempo para una revolución de la partícula alrededor del círcu-

lo es igual al tiempo para un ciclo de bombeo completo. La máxima aceleración para el sistema de varillas tendrá lugar al inicio de las carreras ascendente y descendente. Para este tipo de aceleración, comparándola con la partícula que gira alrededor del círculo, se tiene:

$$a = V p^2 / r_c$$
(27)

donde Vp es la velocidad de la partícula y  $r_c$  es el radio del círculo. Si el tiempo que tarda la partícula en una revolución es  $\tau$ , entonces:

$$Vp = 2\pi r_{z}^{2}/\tau$$
 (28)

si N es el número de revoluciones por unidad de tiempo, entonces

$$Vp = 2\pi r_c N \tag{29}$$

donde  $N = 1/\tau$ . Sustituyendo la ecuación 27 en la 24 se tiene:

$$\alpha = 4\pi r_c N^2/g \tag{30}$$

Para un pozo de bombeo mecánico; N es la velocidad de bombeo, y r<sub>c</sub> es relacionado con la mitad de la carrera de la varilla pulida; S, por lo que:

 $r_{c} = S/2$  (31) - max

sustituyendo la ecuación 30 en la 28 se tiene:

$$\alpha = 2\pi S N^2 / g$$
 (32)

La longitud de la carrera de la varilla pulida normalmente está dada en pulgadas y la velocidad de bombeo en emboladas por minuto. Entonces:

$$\alpha = SN^2/70500$$
 (33)

Las varillas de succión interrumpen su vida activa generalmente por agentes que actúan sobre ellas provocando fallas; éstas pueden ser de diferentes tipos:

#### I.2.2 Fallas por fatiga

Gran parte de las fallas en las sartas de varillas de succión son debidas a la tensión o fatiga<sup>(6)</sup>. Una carga excedida en la fuerza de tensión de las varillas, se concentra en un mismo punto de la sarta; creando una forma de cono en el cuer po de la varilla, y por lo consiguiente la sección transversal de ésta se ve reducida. Este tipo de fallas es muy raro y ocurre solamente cuando las cargas en la sarta de varillas son excedidas; por ejemplo: cuando se intenta desanclar una bomba (ver figura 7). La tensión en una sarta de varillas, no debe exceder al 90% de el esfuerzo máximo para el grado mínimo de las varillas utilizadas en el pozo.

Todas las otras fallas presentes en las varillas de succión son denominadas de quebradura.

El término fatiga, se refiere a un tipo de falla que ocurre en el acero cuando

Fig 7 Falla por exceso de tensión

se aplican cargas menores al esfuerzo máximo y bajo condiciones de trabajo. En las fallas por fatiga, una pequeña grieta se forma en la base donde se concentra el esfuerzo. La grieta progresa gradualmente atravesando la varilla en forma longitudinal a la línea de esfuerzos o eje de la varilla, y las caras de la gri<u>e</u> ta llegan a ser planas y pulidas. Como la grieta crece continuamente, entonces llega un monento en el que falla y se desprende la varilla (ver figura 8).

Un indicador de la causa de falla de la varilla puede ser detectado en la superficie adjunta del punto de iniciación de la grieta. Si este punto muestra daño mecánico en naturaleza, entonces la causa de falla es mecánica; si el punto es indicador de corrosión entonces la falla es química. Muchas veces la causa de la falla es una combinación de ambas.

Otra clase de falla es debido a una sobrecarga en la varilla o a un diseño pobre o malo. Este tipo de fallas es debido a cambios en el volumen de líquido, nivel dinámico del líquido, incremento en el nivel de corrosión, cambio de la v<u>e</u> locidad de bombeo, etc.

### I.2.3 Fallas mecánicas

Aproximadamente un 50% de las fallas en las sartas de varillas es debido a una falla mecánica. Dentro de este tipo de fallas, el 60% se presentan en la junta de las varillas y un 40% en el cuerpo de las varillas.

Estas son ocasionadas físicamente por un mal manejo o fabricación, o causadas durante la operación por el movimiento de la sarta en el pozo. Dentro de este



Fig 8 Falla por fatiga

tipo se encuentran las fallas por pandeo de varillas. Un pandeo que es inducido (por diferentes causas) en una varilla, después de su fabricación origina cambios en la estructura del acero y por lo tanto, la concentración de esfuerzos será en el punto de pandeo. Las grietas debido a las condiciones de pandeo se originan en lado cóncavo del pandeo, progresando al lado convexo del mismo (ver figura 9).

Varillas flexionadas. Las fallas por flexión ocurren en el movimiento de la sar ta durante el ciclo de bombeo. Una sarta de varillas de succión es un elemento largo (25 pies de longitud por cada varilla) y flexible, que suele moverse a tr<u>a</u> vés del ciclo de bombeo tan recto como le es posible. Debido a este movimiento se inducen fallas por esfuerzos de fatiga. Estos esfuerzos se concentran a lo largo del área de mayor fatiga y generalmente muestran grietas en una línea a lo largo del cuerpo de la varilla.

El movimiento de flexión es transmitido a través del cople rígido y pasa al área de mayor flexibilidad, siendo el cuerpo de la varilla. Los grandes esfuerzos i<u>n</u> crementan la suceptibilidad a la corrosión, la cual ataca el área flexionada. Este tipo de falla suele ocurrir cerca de la junta o unión entre varillas.

Para corregir ambos problemas se sigue el mismo procedimiento. Una reducción en la velocidad de bombeo es más recomendable si otras condiciones de ciclo producen el volumen deseado. Colocar varillas más resistentes a la flexión, especial mente para bombas profundas. Una sección de varillas más pesadas o barras intr<u>o</u> ducidas cerca de la bomba, conservarán la sarta en tensión y así resistir la flexión.

# Fig 9 Falla por pandeo

Otra causa de falla de las varillas por flexión; es el golpeteo de fluídos. Esto ocurre cuando el barril de la bomba en la carrera ascendente no está complet<u>a</u> mente lleno. Consecuentemente, el émbolo golpea al fluído en la bomba en la carrera descendente. La onda de choque generada viaja a través de la sarta de varillas, causando flexión, sobrecarga, compresión y puntos de falla; acelerando las fallas de fatiga para puntos de corrosión y daños mecánicos.

La separación del gas con el líquido o del gas libre en la expansión del fluído en la bomba en la carrera ascendente, provoca serios problemas. Este gas debe ser comprimido para igualar la carga de fluído en el momento de abrir la válvula viajera al iniciarse la carrera descendente. La compresión de gas causa una onda de choque de flexión viajando en la sarta hacia arriba, la cual ocasiona el mismo daño que la de golpeteo de fluído.

Daños superficiales. Una varilla dañada superficialmente nunca debe ser empleada nuevamente en el aparejo que será introducido en el pozo. Los daños superficiales pueden ser ocasionados por los elevadores de las varillas, llaves, acomodamientos de varillas, etc. Cuando un cople sea golpeado debe ser cambiado para evitar que éste falle.

Fallas por desgaste. El desgaste en una sarta de varillas es la eliminación de metal (superficial) por contacto con la tubería de producción. El desgaste red<u>u</u> ce la sección transversal, exponiendo nueva superficie metálica a los ataques por corrosión; el desgaste se presenta en las juntas por ser éstas las partes más salientes de la sarta, por lo que al desgastarse disminuye su resistencia y se presenta la falla (ver figura 10).



La prevención oportuna de estas condiciones reducirá el desgaste y otros daños mecánicos y químicos en el pozo.

Fallas en juntas. El número de fallas estará dividido entre las fallas del cople y del piñón. Las juntas API para varillas de succión son diseñadas con refuerzos al final de la rosca, al cual se conocen como hombrera; las varillas son conect<u>a</u> das por cargas por fricción. Si es correcto el apriete del piñón y del cople, coincidirán las marcas que tienen las hombreras de ambos, manteniéndose durante todo el ciclo de bombeo. Si no ocurre lo anterior se puede presentar la falla de la junta.

1.2.4 Fallas por corrosión

Este tipo de fallas se origina cuando una carga es concentrada en un punto de corrosión. De manera sencilla, la corrosión en las varillas de succión es la r<u>e</u> ducción del acero hacia su estado natural o a un bajo nivel de energía (ver fig<u>u</u> ra 11).

La corrosión no puede ser eliminada completamente; para lo cual es necesario un programa preventivo en el interior del pozo.

Existen varios tipos de acero utilizados en la fabricación de varillas, los cuales son resistentes a la corrosión; pero se incrementan los costos de producción. También pueden ser empleados plásticos o fibra de vidrio para la manufactura de varillas; pero su beneficio es limitado.

Se pueden identificar diferentes tipos de corrosión:







Escamas. Las escamas como la del óxido de hierro, sulfato de calcio, sulfato de hierro y carbonato de hierro pueden formarse en las varillas de succión y r<u>e</u> ducir la efectividad de los inhibidores químicos.

Oxígeno. La corrosión actúa por el oxígeno disuelto en el agua salada producida. Un punto de corrosión de este tipo crece y tiende a unirse con otros puntos. A medida que la concentración de oxígeno se incrementa en combinación con otros gases ácidos y cloruros, los problemas por corrosión en el sistema, se incrementan considerablemente.

Sulfuro de hidrógeno. Los puntos son redondos y dispersos sobre la superficie. La superficie del punto y la varilla son cubiertos firmemente con una escama de sulfato de hierro negro, la cual también es corrosiva al acero.

Bacterias. Las bacterias viven en colonias dentro del pozo en la superficie del acero y en ausencia de luz y aire. El punto es redondo y también tiene múltiples grietas en la base del punto. Estas grietas resultan del sulfuro de hidr<u>ó</u> geno producido por su habitat, las cuales corroen y transforman la superficie bajo la colonia.

Otros tipos de fallas en las varillas debido a la corrosión, pueden ser por: dióxido de carbono, ácidos sulfúrico e hidroclorito, corrosión galvánica y ele<u>c</u> trólisis.
#### **I.3 EQUIPO SUPERFICIAL**

La función principal del equipo superficial es transferir la energía desde el mo tor principal hasta la sarta de varillas de succión y así accionar la bomba subsuperficial. Debe ser capaz de cambiar el movimiento rotacional del motor principal a un movimiento reciprocante para las varillas de succión, y también adecuar la velocidad del motor principal para diferentes velocidades de bombeo. La figura 12 muestra los componentes principales de un equipo superficial de bombeo (para unidades convencionales). El reductor de velocidad está acoplado al motor principal mediante un juego de bandas y el resto del equipo superficial es para transferir de un movimiento rotacional a un reciprocante contando con un contrabalanceo.

La varilla pulida es el elemento de unión entre el equipo superficial y la sarta de varillas de succión. La varilla pulida pasa a través del prensa estopa o pr<u>e</u> ventor (el cual está instalado en la parte superior del cabezal del pozo), y el fluído es retenido por éste, pasando inmediatamente a la tubería de descarga del pozo, evitando así la fuga de líquidos.

La viga oscilante o principal, está apoyada cerca de su centro de gravedad sobre el poste Sampson o torrecilla. El movimiento es transmitido a la viga oscilante por la biela o brazo Pitman, para el cual el movimiento es oscilatorio transmitido por la manivela; la cual está acoplada a la caja reductora de engranes y ésta es accionada mediante poleas desde el motor principal.





En el ciclo de bombeo, cinco factores contribuyen en la carga neta de la varilla pulida, éstos son:

- a) Carga debida al fluído
- b) Peso muerto de las varillas
- c) Carga por aceleración de las varillas
- d) Fuerzas de flotaciones de las varillas sumergidas
   en un seno líquido
- e) Fuerzas de fricción (metal-metal)

No serán tomadas en cuenta las cargas por aceleración debido al movimiento ascen dente del líquido, justamente a que son pequeñas y pueden ser despreciadas.

El peso muerto de una sarta telescopiada está dado por:

$$Wr = M_1L_1 + M_2L_2 + \dots$$
 (35)

donde  $M_i$  y  $L_i$ ; i=1,2,...,n son el peso y la longitud respectivamente de cada tramo que componen la sarta. Las cargas por aceleración máxima y mínima de las varillas está dada por:

> Wr  $\alpha$  = carga por aceleración máxima -Wr  $\alpha$  = carga por aceleración mínima

De acuerdo al principio de Arquímedes(7), y tomando en cuenta la densidad del

acero (490 lb/pg<sup>2</sup>); el volumen del fluído desplazado por la sarta de varillas será:

Tomando en consideración la densidad del fluído desplazado, la fuerza de flotación de las varillas es:

Fuerzas de flotación = 
$$-0.1273Wr\gamma$$
 (38)

el signo negativo de la ecuación anterior indica que las fuerzas actuan en sent<u>i</u> do ascendente.

El volumen de la columna de fluído, teniendo como base el área del émbolo es:

Volumen de la columna = L Ap/144 
$$(39)$$

Por otro lado, el volumen de fluído contenido en la tubería de producción será:

(40)

Entonces, la carga por fluído, Wf, está dada por:

$$Wf = 62.4\gamma((LAp/144) - (Wr/490))$$
$$= 0.433\gamma(LAp - 0.294 Wr)$$

Recordando que las fuerzas de fricción F, se oponen al movimiento y por lo tanto tienen signo negativo. Si el eje de referencia del sistema de fuerzas es h<u>a</u> cia abajo; entonces, cuando la sarta de varillas este en carrera ascendente las cargas por fricción serán sumadas y cuando está en carrera descendente serán re<u>s</u> tadas. En resumen, la máxima carga en la varilla pulida ocurrirá en la carrera ascendente, por lo que efectuando un balance de cargas para éste momento:

$$wmax = \begin{cases} Carga por \\ fluido \end{cases} + \begin{cases} Peso muerto de \\ las varillas \end{cases} + \begin{cases} Carga por \\ aceleración \end{cases} + \begin{cases} Fuerzas por \\ fricción \end{cases}$$
$$= Wf + Wr + Wr\alpha + F$$
(41)

la carga mínima ocurrirá en la carrera descendente, por lo que:

$$Wmin = \left( \begin{array}{c} Peso \ muerto \ de \\ las \ varillas \end{array} \right) - \left( \begin{array}{c} Carga \ por \\ celeración \end{array} \right) - \left( \begin{array}{c} Fuerzas \ de \\ flotación \end{array} \right) - \left( \begin{array}{c} Fuerzas \ por \\ fricción \end{array} \right)$$
$$= Wr - Wr\alpha - 0.1273Wr\gamma - F$$
(42)

Suponiendo que el pozo es completamente vertical, las fuerzas de fricción no a<u>c</u> tuan, por lo tanto las ecuaciones anteriores se transforman en:

Wmax = Wf + Wr(1 + 
$$\alpha$$
) (43)  
Wmin = Wr(1 -  $\alpha$  - 0.1273 $\gamma$ ) (44)

### 1.3.2 Contrabalanceo

La función principal del sistema de contrabalanceo, es la de almacenar energía en la carrera descendente, cuando la varilla pulida alcanza su punto más bajo;

esta energía será proporcionada en la carrera ascendente, cuando la varilla pul<u>i</u> da llega a su nivel más elevado. Esta distribución será uniformemente a través de todo el ciclo de bombeo. Teóricamente, el efecto del contrabalanceo ideal, C<sub>i</sub>, será un promedio de las cargas máximas y mínima; esto es:

$$\operatorname{Wmax} - \operatorname{C}_{i} = \operatorname{C}_{i} - \operatorname{Wmin}$$
 (45)

por lo que el contrabalanceo ideal está dado como:

$$C_s = 0.5(Wmax + Wmin)$$
 (46)

sustituyendo las ecuaciones 44 y 45 en la anterior se tiene:

$$C_{s} = 0.5Wf + Wr(1 - 0.1273\gamma)$$
(47)

Entonces, el contrabalanceo ideal será igual a la carga debida al fluído más la carga debido a las varillas sumergidas en el fluído del pozo.

La figura 13, muestra en forma esquemática el equipo superficial y la forma como inciden las diferentes fuerzas en el ciclo de bombeo. El contrabalanceo real,  $C_w$ , debido a los contrapesos,  $W_c$ , dependerá de la geometría de la unidad, longitud de la carrera, así como del peso y posición de los contrapesos. En la figura 13,  $\beta$  es el ángulo formado entre la horizontal y la viga oscilante,  $\sigma$  es el ángulo constituído entre la vertical y el brazo Pitman,  $\theta$  y es el ángulo com puesto entre la manivela y la vertical. La distancia desde el eje de la maniv<u>e</u> la a el centro de gravedad de los contrapesos es d, y la distancia desde el eje de la manivela a el balero del brazo Pitman es r. La fuerza en el brazo Pitman,



# Fig 13 Contrabalanceo afectado por los contrapesos

Fp, es una fuerza de tensión. El punto O representa el eje de la manivela y el punto P representa el punto de apoyo de la viga oscilante.

En la viga escilante, la distancia del punto P hacia el brazo Pitman será L1, y la distancia del punto P hacia la varilla pulida será L2. Efectuando un balance de fuerzas en el punto P y considerando la viga oscilante sin peso, se tiene:

 $C_w(L2\cos\beta) = (F_p\cos\sigma)(L1\cos\beta) + (F_p\sin\sigma)(L1\sin\beta)$ 

$$F_{p} = \frac{C_{w}(L2\cos\beta)}{\cos\sigma(L1\cos\beta) + \sin\sigma(L1\sin\beta)}$$
(48)

Efectuando un balance de fuerzas en el punto O se tiene:

$$W_{c}(d \ sen\theta) = (F_{p}\cos\sigma)(rsen\theta) + (F_{p}sen\sigma)(r \ cos\theta)$$

$$F_{p} = \frac{W_{c}(d \ sen\theta)}{\cos\sigma(r \ sen\theta) + sen\sigma(r \ cos\theta)}$$
(49)

Como la longitud del brazo Pitman es mucho mayor que r, entonces el ángulo  $\sigma$  es muy pequeño y tiende a cero; por lo que el seno de  $\sigma$  es aproximadamente cero y el coseno de  $\sigma$  es uno. Bajo las consideraciones anteriores, e igualando las ecuaciones 48 y 49 (debido a que  $F_p$  es igual en ambos balances efectuados) se establece:

$$\frac{C_{W}(L_{2}\cos\beta)}{(L_{1}\cos\beta)} = \frac{W_{c}(d \sin\theta)}{(r \sin\theta)}$$

 $C_w = W_c (d/r)(L1/L2)$ 

28

(50)

En algunas ocasiones las unidades se encuentran desbalanceadas, C<sub>s</sub>, es decir, que la estructura del equipo no está en condiciones óptimas; por lo que el contrabalanceo total, C, estará dado por:

$$C = C_{c} + C_{u} = C_{c} + W_{r} (d/r)(L1/L2)$$
 (51)

Cabe recordar que todas las ecuaciones antes mencionadas han sido desarrolladas para unidades convencionales.

#### I.4 UNIDAD DE TRANSMISION DE POTENCIA O REDUCTOR DE VELOCIDAD

Otro miembro del equipo superdicial de bombeo, es la caja reductora de velocidad o caja de engranes. Es necesario determinar adecuadamente el momento torsional máximo al que estará sujeto la caja reductora de engranes, dado que la API util<u>i</u> za el momento torsional máximo como base para establecer el intervano de operación de las unidades. El momento torsional será función de la carga máxima, co<u>n</u> trabalanceo y carrera de la varilla pulida.

### I.4.1 Cálculo del momento torsional

El momento torsional puede ser definido como una fuerza actuando en un extremo de un brazo de palanca, multiplicado por la longitud del brazo tendiente a producir rotación y trabajo. Cuando este concepto es aplicado a las unidades de bombeo mecánico, el momento torsional se refiere a el número de lb-pg de fuerza aplicada a la manivela. La figura 14 muestra las fuerzas actuantes en la mani-



Fig 14 Momento torsional instantaneo en el reductor de engranes

vela para el instante en que ésta forma un ángulo 0 con la vertical, medido en el sentido de las manecillas del reloj, a partir de la posición de la manivela en el inicio de la carrera ascendente. La carga total en la varilla pulida es transmitida a la manivela a través del brazo Pitman, el cual es coaccionado a la verticalidad. El momento torsional neto en torno a 0, (el cual es el momento torsional en la caja de engranes) es:

$$T = W_{r} \operatorname{sen}\theta - W_{r} \operatorname{d} \operatorname{sen}\theta \tag{52}$$

Por otra parte, si la geometría de la unidad no es considerada, esto implica que L1 = L2; y dicha instalación está completamente balanceada, la ecuación 51 se transforma en:

$$C = W_{r} (d/r)$$
(53)

como:

$$r = S/2$$

por lo tanto

$$C = W_{c}(d/2S) = 2 W_{c}(d/S)$$
 (55)

(54)

o bien; despejando el término Wcd, se tendrá:

$$d = (C S)/2$$
 (56)

Sustituyendo las ecuaciones 54 y 55 en la ecuación 52, quedará como:

$$T = W_{r}(S/2) \operatorname{sen}\theta - C(S/2) \operatorname{sen}\theta$$
$$T = (W_{r} - C)(S/2) \operatorname{sen}\theta$$

La expresión anterior determinará el momento torsional en la caja de engranes para cualquier instante.

Los valores más altos de tensión, T<sub>p</sub>, se tendrán cuando la varilla pulida experimenta la carga máxima y por lo tanto se forma un ángulo de 90 grados; lo cual transforma la ecuación anterior en:

$$T_p = (Wmax - C) (S/2) sen 90^\circ = (Wmax - C) S/2$$
 (58)

En términos generales, una unidad puede ser contrabalanceada de acuerdo a un 5 ó 10% de su valor ideal del contrabalanceo (siendo una buena aproximación); por lo que la ecuación 58 puede ser reescrita como:

$$T_n = (Wmax - 0.95 C_+)S/2$$
 (59)

En el desarrollo anterior no fueron considerados dos factores actuantes en el sistema; el momento torsional de inercia por rotación y el momento torsional de inercia por articulamiento<sup>(8)</sup>. De los dos factores mencionados, el segundo puede ser despreciado.

El momento torsional de inercia por rotación está originado por la aceleración angular de los elementos que giran. Estos son los contrapesos, maniveles, engranes de la caja, baleros, tambor de freno y rotores del motor principal.

31

(57)

1.4.2 Reducción de la velocidad del motor principal hasta el eje de las bielas

La energía es transmitida desde la polea del motor principal de diámetro, d<sub>e</sub>, hasta la polea de la unidad de diámetro, d<sub>u</sub>, mediante el uso de bandas. Si la velocidad del motor principal es N<sub>e</sub> revoluciones por minuto, la velocidad de la banda, V<sub>b</sub>, será

$$V_{\rm h} = \pi \, \mathrm{de} \, \mathrm{N}_{\rm p} \tag{60}$$

La velocidad de la polea de la unidad,  $N_{\mu}$ , será:

$$N_{\rm u} = V_{\rm b}/\pi d_{\rm u} = N_{\rm e} (d_{\rm e}/d_{\rm u})$$
 (61)

La relación de engranes de la caja es z; entonces la velocidad de bombeo, N, s<u>e</u> rá:

$$N = N_{1}/z = (N_{p} d_{p})/(d_{11} z)$$
(62)

Para determinar el diámetro de la polea del motor es preferible obtenerlo de la ecuación anterior; por lo que será:

$$d_e = N d_u z/N_e$$
(63)

#### I.5 MOTOR PRINCIPAL

La selección adecuada de las características del motor principal es uno de los

aspectos importantes para un diseño óptimo de una instalación superficial de bom beo.

El motor principal es el encargado de suministrar la energía necesaria para el funcionamiento de este sistema. Existiendo generalmente dos tipos de motores:

- a) Motor de combustión interna
- b) Motor eléctrico

La selección del tipo de motor será obedeciendo a las condiciones que imperen en el medio ambiente y sus características.

Se hace la aclaración que en los capítulos posteriores se estará hablando de motores eléctricos; en caso contrario se hará la aclaración con previa anticipación.

#### I.5.1 Deslizamiento del motor.

El deslizamiento del motor se puede definir como la relación consistente de la velocidad del motor sin carga y la velocidad del motor con carga, expresado en porcentaje de la velocidad sin carga. En términos generales; el deslizamiento, el costo inicial y la eficiencia promedio son considerados en las características del motor y del intervalo del momento torsional normal del mismo. Los motores de alto deslizamiento son utilizados eficasmente para la reducción del momento torsional por inercia.

#### 1.5.2 Requerimientos de potencia del motor principal

Dos cargas deben ser consideradas en el movimiento de fluídos de la bomba hasta la superficie. Primero la potencia hidráulica,  $H_h$ , que es un trabajo hidráulico o la aplicación de energía mediante cargas de fluído. Si el gasto de fluído, q, con una densidad relativa,  $\gamma$ , está siendo llevado desde una profundidad, L; los requerimientos de potencia serán:

$$H_{h} = q_{Y}L\left(\frac{b1/dfa}{1440 \text{ min/dfa}} \frac{350 \text{ 1b/1b pie}}{33000 \text{ pie-1b/min/H}_{p}}\right)$$
  
= 7.36 × 10<sup>-6</sup> q L Y (64)

Como los fluídos se mueven desde la bomba hasta la superficie, el levantamiento neto,  $L_n$ , es la diferencia de presiones para la cual los fluídos son descargados por la bomba, expresado en pies de fluído producido.

El levantamiento neto es función de la profundidad de colocación de la bomba (d<u>e</u> bido a los efectos de presión contenida en el espacio anular entre la tubería de producción y la de revestimiento).

La presión contenida en la tubería de revestimiento representa una fuerza tendiente a elevar los fluídos; mientras que la presión en la tubería de producción representa una fuerza que evita el levantamiento de los fluídos, debido a la columna hidrostática. La presión en el espacio anular, es la diferencia de profu<u>n</u> didades entre la bomba y el nivel dinámico del fluído (L - D). La presión en la tubería de producción,  $P_t$ , expresado en carga hidrostática (pies) será:

$$\frac{P_t(1b/pg^2) 144(pg^2/pie^2)}{62.4 \gamma(1b/pie^3)} = P_t/0.433 \gamma$$
(65)

Finalmente, la elevación neta de fluído será:

$$L_{p} = L - (L - D) + P_{1}/(0.433_{Y}) = D + 2.31 P_{1}/\gamma$$
 (66)

La segunda carga en consideración, son las pérdidas de energía debido a la fricción del fluído en la bomba y en la varilla pulida. Esta carga se determinó de manera empírica<sup>(9)</sup>; tal que las pérdidas de energía por fricción fueron estimadas por:

$$(W_{\mu}/B) 2S = 0.25 W_{\mu} S$$
 (67)

Para una velocidad de bombeo de N emboladas por minuto, las pérdidas por fricción,  $H_{\rm f}$ , serán;

$$H_{f} = \frac{0.25 W_{r} S pg-1b/min}{12 pg/pie 33000 pie-1b/min/H_{p}}$$
  
= 6.31 x 10<sup>-7</sup> W<sub>r</sub> S N (68)

La potencia al freno,  $H_b$ , para el motor principal deberá de incluir las cargas en la varilla pulida y un factor de seguridad<sup>(10)</sup>; por lo que  $H_b$  será:

$$H_{h} = 1.25 (H_{h} + H_{f})$$
 (69)

Finalmente, los requerimientos de potencia del motor estarán dados por la relación:

> Requerimientos de = H<sub>b</sub>/(3/4) (70) potencia del motor

Si el levantamiento neto del fluído se considera a partir del punto de colocación de la bomba; entonces la ecuación anterior se transforma en:

Requerimientos de

$$= (5/4/H_{h} + H_{f}))/(3/4)$$
potencia del motor  

$$= 12.2667 \times 10^{-6} q_{Y}LN + 10.51 \times 10^{-7} W_{r}SN \quad (71)$$

La ecuación anterior no considera el efecto de la presión de la tubería de producción sobre la bomba; debido a que el fluído es siempre ascendente y contrarresta dicho efecto. Además, se considera una reducción del 25% en la nominal o la fabricación, debido al ciclo de bombeo.

- Kermit E. Brown, "The Technology of Artificial Lift Methods", volumen 2a, Petroleum Publishing Co., Tolsa Ok.
- 2.- Craft B.C. and Holden W.r., "Well Design Drilling and Production", Prentice-Hall Inc. New Jersey 1962.
- 3.- Marsh Hallan N., "High Volumetric Efficiency in Oil Well Pumping and its Practical Results", Production Bulletin, No.207 (API, June 30, 1931) pp.47-57.
- 4.- "Sucker Rod Handbook", Bethlehem Stell Co., Handbook 489, 1958.
- 5.- Nind T.E.W., "The Principles of Oil Well Production", McGraw-Hill Book Co., 1964.
- 6.- More K.H., "Stop Sucker Rod Failures to Save Money", Petroleum Engineer International, Julio 1981.
- 7.- Sears F.W. y Zemansky N.W., "Física General", Editorial Aguilar, 5a Edición, 1971, Madrid España.
- 8.- Gibbs S.G., "Computing Gearbox Torque and Motor Loading for Bean Pumping Units with Consideration of Inercia Effects", SPE-AIME, Journal of Petroleum Technology, September, 1975.
- 9.- Zaba and Doherty W.T., "Practical Petroleum Engineers Handbook, 4a. Edition.
- 10.- Howard L. Kelly and Ray M. Willis, "Manual for Selection of Bean Pumping Equipment Petroleum Engineer, Sep., 1954.

# CAPITULO II "DESARROLLO ANALITICO PARA EL DISERO DE UN SISTEMA DE BOMBEO MECANICO EN POZOS DESVIADOS"

II.1 Tipos de trayectorias

- II.2 Desarrollo analítico de las ecuaciones que gobiernan el bombeo mecánico en pozos tipo Slant
- II.3 Desarrollo analítico de las ecuaciones que gobiernan el bombeo mécanico en pozos tipo S
- II.4 Desarrollo analítico de las ecuaciones que gobiernan el bombeo en pozos tipo S modificada

## CAPITULO II "DESARROLLO ANALITICO PARA EL DISERO DE UN SISTEMA DE BOMBEO MECANICO EN POZOS DESVIADOS"

#### II.1 Tipos de trayectorias

Se perfora un pozo desviado por diferentes causas<sup>(1)</sup>, tales como una falla mecánica (pescado), el objetivo está en un lugar inaccesible, aprovechar el mismo t<u>e</u> rreno que fué utilizado previamente en la perforación de un pozo anteriormente, para la optimización del espacio disponible, etc.

En términos generales, se tienen tres tipos de trayectorias para la perforación de un pozo desviado, ver figura 1 (consultar apéndice):

- a) Trayectoria tipo Slant
- b) Trayectoria tipo S
- c) Trayectoria tipo S modificada

Independientemente de la trayectoria, el pozo puede ser dividido en (ver figura 2):

- Longitud vertical (desde la iniciación de la perforación hasta el punto de desviación)
- Longitud arqueada
- Trayectoria de terminación

Como se puede observar, en las figuras 1 y 2 un pozo desviado (como su nombre lo



A = Tipo Slant B = Tipo S modificada C = Tipo S D = Desviación continua

Fig 1 Diferentes trayectorias de los pozos desviados



Fig 2 Partes constituyentes de un pozo del tipo Slant

•





indica) en su trayectoria tiene longitudes desviadas o direccionales, por lo que las ecuaciones utilizadas en el diseño de un aparejo de bombeo mecánico tradici<u>o</u> nal deben ser modificadas; debido a que dichas ecuaciones fueron desarrolladas para pozos completamente verticales.

El término que debe ser incluido en las ecuaciones y que actúa considerablemente, es el llamado coeficiente de fricción cinético (consultar apéndice). Dicho coeficiente actúa entre dos superficies en contacto y en la cual una de ellas se desliza con respecto a la otra.

El coeficiente de fricción cinético, se encuéntra definido por:

$$f_{K} = \mu N \tag{1}$$

donde

 $f_{K}$ ; fuerza friccional

μ; coeficiente de fricción cinético

N; fuerza normal al plano

Recordando que la fricción es una resistencia al movimiento entre dos materiales o medios en contacto.

En la parte arqueada del pozo, será el lugar donde las varillas de succión se "recargen" en la pared de la tubería de producción, y como estas (las varillas) tienen un movimiento ascendente y descendente se presentará la fricción entre las varillas de succión y la pared interna de la tubería. Es importante señalar que el fenómeno será en presencia de un líquido viscoso, gas y agua incluso.

Un parámetro importante dentro de la perforación direccional, es el ángulo de la o las partes arqueadas o desviadas.

#### II.2 Pozo tipo Slant

Para el análisis, considérese un pozo desviado de la forma denominada Slant, <u>cu</u> yo ángulo de inclinación en su trayectoria hasta el objetivo es igual al máximo ángulo de desviación, 0, medido desde la vertical; como se muestra en la figura 2. Dicho análisis partirá desde la bomba subsuperficial hasta el equipo superficial. Para simplificar los cálculos suponga despreciable el peso de la bomba, sólo en el caso de no conocer dicho dato. Este tipo de pozo, se puede represe<u>n</u> tar mediante bloques, como lo muestra la figura 3.

Analizando las fuerzas actuantes en el bloque 3 y suponiendo que éste se encuentra en movimiento ascendente constante, se tiene que la aceleración es cero y por lo tanto:

(2)

(3)

(4)

$$\Sigma F_{X} = 0$$
  
 $\Sigma F_{V} = 0$ 

para el eje X se tiene

$$T_2 - f_{r3} - W_3 \cos\theta = 0$$

o bien

$$T_2 = f_{r3} + W_3 \cos\theta$$



Fig 3 Diagrama de bloques representando el pozo en la carrera ascendente

para el eje Y se tiene

$$N_3 - W_3 \operatorname{sen}\theta = 0$$

o bien

para este bloque se cumple

 $f_r = \mu N$ 

sustituyendo 5 y 6 en 4

 $T_2 = W_3(\mu \sin\theta + \cos\theta)$ (7)

(5)

(6)

(10)

Para el cuerpo 2, de acuerdo con la figura 4, se observa que no hay aceleración tangencial, pero si la hay en el sentido normal; por lo que

 $\Sigma F_{t} = 0 \tag{8}$ 

$$\Sigma F_n = m an$$
 (9)

para las fuerzas tangenciales se tiene (ver figura 3)

$$T_1 - T_2 - W_2 \cos\theta - f_{r2} = 0$$

o bien

 $T_1 = T_2 + W_2 \cos\theta + f_{r2}$ 





para las fuerzas normales

$$N_2 - W_2 \operatorname{sen}_{\theta} = \frac{W_2}{9} \frac{V^2}{R}$$

o bien

$$N_2 = \frac{W_2}{q} \frac{V^2}{R} + W_2 \operatorname{sen}\theta$$

donde R es el radio de la sección arqueada y se calcula como

$$R = \frac{180}{\pi} \times \frac{1}{q} \times 100$$
 (12)

(11)

y V es la velocidad que lleva la varilla en dicha sección, y esta dada como

$$V = 0.0043633 \text{ S N}$$
 (12a)

Substituyendo 11 en 10 y considerando 6 se tiene

$$T_1 = T_2 + W_2(\cos\theta + u_2(\sin\theta + \frac{v^2}{g_R})$$
 (13)

La ecuación 13 representa la tensión al final de la longitud arqueada. Para definir la tensión actuante en dicha longitud, subdividiremos el arco en muchos tramos pequeños, es decir; se tendrá un diferencial de volumen como elemento de control:

$$d_{w}(\cos\theta + \mu_{2}(\sin\theta + \frac{\gamma^{2}}{gR}))$$
(14)

pero

$$d_{W} = \ell dL$$
 (15)

sustituyendo 15 en 14

$$\ell(\cos\theta + \mu_2(\sin\theta + \frac{\nu^2}{gR})) dL$$
 (16)

para determinar la tensión en la longitud arqueada, es necesario sumar todos los elementos de control en dicha longitud, es decir:

$$\sum_{n=1}^{\alpha} (2(\cos\theta + \mu_2(\sin\theta + \frac{V^2}{gR}))) dL$$
(17)

tomando el límite cuando los elementos de control tienden a cero de la ecuación 17 se presenta la definición de integral definida(2); es decir:

$$\lim_{\Delta L \to 0} \frac{\alpha}{n=1} ( \mathfrak{L}(\cos \theta + \mu_2(\sin \theta + \frac{v^2}{gR})) ) dL$$

o bien

$$\int_{a}^{b} \mathfrak{L}(\cos\theta + \mu_{2}(\sin\theta + \frac{V^{2}}{gR})) dL$$
(18)

Los límites de integración a y b son los valores de  $\theta$ , esto es, va a variar desde O grados hasta  $\theta$  y

$$dL = R \ d\theta \tag{19}$$

De la consideración del ángulo y sustituyendo 19 en 18 se tiene

$$\ell \int_{0}^{\theta} (\cos\theta + \mu_{2}(\sin\theta + \frac{V^{2}}{gR})) R d\theta$$
 (20)

integrando 20, se tiene

$$\ell R(\text{sen}\theta + \mu_2(1 - \cos\theta) + \frac{\mu_2 V^2}{gR} \theta)$$

o bien

$$W_2(sen\theta + \mu_2(1-\cos\theta) + \frac{\mu_2 V^2 \theta}{gR})$$
 (22)

(21)

(24)

sustutuyendo 22 en 13 se tiene:

$$T_1 = T_2 + W_2(sen\theta + \mu_2(1 - \cos\theta) + \frac{\mu_2 V^2 \theta}{qR})$$
 (23)

Para el cuerpo 1, se supone que no hay fuerzas de fricción actuando sobre él, que se desplaza a una velocidad constante y la dirección del movimiento es en un solo sentido, entonces:

$$\Sigma F = 0$$

o bien

$$F_a - W_1 - T_1 = 0$$

por lo tanto

$$F_a = W_1 + T_1$$

sustituyendo 7 y 23 en 24 y arreglando términos

$$F_a = W_1 + W_2(\text{sen}\theta + \mu_2(1 - \cos\theta) + \frac{\mu_2 V^2 \theta}{gR}) + W_3(\mu_3 \text{sen}\theta + \cos\theta)$$
(25)

en la ecuación 25 no es considerado el peso del fluído ni tampoco las cargas por aceleración.

Por otra parte, el peso de la columna de fluído soportada por el área neta del émbolo es llamado peso del fluído y está representado por

$$W_{f} = 0.4333 \gamma(L A_{p} - 0.294W_{p})$$
 (26)

donde L es la longitud vertical proyectada por el pozo.

Las cargas por aceleración están dadas por:

El valor de  $\alpha$  para unidades convencionales es

$$\alpha = \frac{\mathrm{SN}^2}{70500} \tag{28}$$

Entonces, para calcular el peso máximo en la varilla pulida será cuando la sarta está en la carrera ascendente:

$$W_{max} = \begin{cases} carga por \\ fluido \end{cases} + \begin{cases} peso de la \\ sarta \end{cases} + \begin{cases} carga por \\ aceleración \end{cases} + \begin{cases} fuerzas de \\ fricción \end{cases}$$
(29)

Se recuerda que las ecuaciones deducidas en el análisis anterior se involucran las fuerzas de fricción; por lo que sustituyendo 25, 26, y 27 en 29 se tiene:

(27)

Wmax = (W<sub>1</sub> + W<sub>2</sub>(sen
$$\theta$$
 +  $\mu_2$ (1 - cos $\theta$ ) +  $\frac{\mu_2 V^2 \theta}{gR}$  +

+ 
$$W_3(\mu_2 \text{ sen}\theta + \cos\theta))(1 + \alpha 0.1273\gamma) + 0.433\gamma LA_p$$
 (30)

2

pero

$$W_1 = M_1 L_1$$
 (31)  
 $W_2 = M_2 L_2$  (32)  
 $W_3 = M_2 L_2$  (33)

sustituyendo 31, 32, y 33 en 30

Wmax = 
$$(M_1L_1 + M_2L_2(\text{sen0} + \mu_2(1 - \cos\theta) + \frac{\mu_2V^2\theta}{gR})$$

+ 
$$M_{3}L_{3}(\mu_{3}sen\theta + cos\theta))(1 + \alpha - 0.1273\gamma) + 0.433\gamma LA_{p}$$
 (34)

De manera análoga, para la carrera descendente si se desprecia el peso de la varilla pulida así como las fuerzas de fricción originadas por esta (solo en el ca so de no conocer dicho dato). Efectuando un análisis de fuerzas, en la carrera descendente se tiene (ver figura 5):

$$F_{d} = W_{1} + W_{2}(sen\theta - \mu_{2}(1 - \cos\theta) - \frac{\mu_{2}V^{2}\theta}{gR}) + W_{3}(cos\theta - \mu_{2} sen\theta)$$
(35)

La carga mínima ocurrirá en la carrera descendente y está dada como:



Fig 5 Diagrama de bloques representando el pozo en la carrera descendente

$$Wmin = \left( \frac{Peso \ de \ las}{varillas} \right) - \left( \frac{Cargas \ por}{aceleración} \right) - \left( \frac{Fuerzas \ de}{flotación} \right) - \left( \frac{Fuerza \ de}{fricción} \right)$$
(36)

si las fuerzas de flotación están dadas como:

$$\left(\frac{W_{\rm r}}{490}\right) (62.4{\rm Y}) = 0.1273 \ W_{\rm r}{\rm Y}$$
(37)

Sustituyendo 27, 35 y 37 en 36 y recordando que la ecuación 35 están involucradas las fuerzas de fricción se tiene

Wmin = (W<sub>1</sub> + W<sub>2</sub>(sen
$$\theta - \mu_2(1 - \cos\theta) - \frac{\mu_2 V^2 \theta}{gR}$$
)

+ 
$$W_3(\cos\theta - \mu_2 \, \sin\theta))(1 - \alpha - 0.127\gamma)$$
 (38)

sustituyendo 31, 32 y 33 en 38

$$Mmin = (M_1L_1 + M_2L_2(sen\theta - \mu_2(1 - \cos\theta) - \frac{\mu_2 V^2 \theta}{gR})$$

+  $M_3L_3(\cos\theta - \mu_2 \, \sin\theta))(1 - \alpha - 0.127 \, \gamma)$  (39)

La elongación causada por el peso del fluído considerando un nivel dinámico en el espacio anular, D, y un solo diámetro de varilla es:

$$er = 1.7332 \times 10^{-7} \gamma DL(A_p - A_r)/A_r$$
 (40)

si se consideran diferentes diámetros de varilla, que corresponda a las tres se<u>c</u> ciones que componen el pozo, se tiene que la ecuación anterior se transforma en

$$er = 1.7332 \times 10^{-7} \gamma D(A_p - A_{r3}) \left\{ \frac{L_1}{A_{r1}} + \frac{L_2}{A_{r2}} + \frac{L_3}{A_{r3}} \right\}$$
(41)

La sobre carrera del émbolo, ep, es la resultante debido a las cargas por aceleración, que están en sentido opuesto y por las fuerzas de fricción que actúan en sentido contrario al movimiento. Para una sarta se tiene

$$ep = ed - eu$$
 (42)

donde

$$ed = \frac{6L_{t}}{EA_{r}} (M_{1}L_{1}(1+\alpha) + M_{2}L_{2}(\$en\theta + \mu_{2}(1-\cos\theta) + \frac{\mu_{2}V^{2}\theta}{gR} + \alpha) + M_{3}L_{3}((\mu_{3}sen\theta + \cos\theta) + \alpha)))$$
(43)

$$eu = \frac{6L_t}{EA_r} (M_1L_1(1-\alpha) + M_2L_2((sen0 + \mu_2(1 - cos\theta) + \frac{\mu_2V^{2\theta}}{gR}) - \alpha) + M_3L_3((M_3sen\theta + cos\theta) - \alpha)))$$
(44)

sustituyendo 43 y 44 en 42 y arreglando términos se llega

$$ep = 4 \times 10^{-7} \alpha L_t (M_1 L_1 + M_2 L_2 + M_3 L_3) / A_r$$

donde

$$L_{t} = L_{1} + L_{2} + L_{3}$$

La carrera efectiva del émbolo está dada como:

(46)

(45)
$$S_{p} = S + e_{p} - (e_{t} + e_{u})$$
 (47)

Para determinar el gasto en superficie, q, es necesario considerar una eficiencia, E<sub>v</sub>, del sistema la cual influirá en el gasto obtenido en superficie y por lo tanto

$$q = 0.1485 A_n S_n N E_v$$
 (48)

Para determinar el contrabalanceo ideal será:

$$C_4 = 0.5 (Wmax + Wmin)$$
 (49)

donde Wmax y Wmin fueron las determinadas en las ecuaciones 34 y 39 respectivamente.

Para el diseño de la unidad superficial así como la del motor principal se tomará en cuenta la ecuación 48.

Debido a que es muy difícil conocer el factor de fricción para cada una de las secciones se puede suponer el mismo para cada parte; es decir:

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

II.3 Pozo tipo S

Para el pozo tipo S se tienen dos partes arqueadas, como lo muestra la figura 6.





Este tipo de pozo al igual que el anterior también puede ser representado por bloques unidos entre si (ver figura 7) y cuyos diagramas de cuerpo libre se den<u>o</u> tan en la figura 8.

Para este tipo de pozo existe aceleración normal en los cuerpos  $W_2 ext{ y } W_4$ . Se considerará para los cuerpos  $W_1$ ,  $W_3 ext{ y } W_5$  que la velocidad es constante y por lo tanto su aceleración es igual a cero.

Efectuando un análisis de fuerzas para el cuerpo 5 y despresiando el peso de la bomba subsuperficial, se tiene únicamente movimiento en el eje X en la carrera ascendente y si la velocidad es constante la celeración es igual a cero; por lo que:

 $\Sigma F_{\chi} = 0 \tag{50}$ 

efectuando un análisis de cargas se tiene

$$T_A - W_5 = 0$$

o bien

$$T_4 = W_5 \tag{51}$$

Para el cuerpo 4, de acuerdo con la figura 8, se observa que no existe aceleración tangencial, pero si la hay en el sentido normal; por lo que:

$$EF_{+} = 0 \tag{52}$$

haciendo un análisis de fuerzas se tiene



Diagrama de bloques representando el pozo tipo S. Fig 7







W<sub>5</sub> 5

Τ4

Fig 8 Diagrama de cuerpo libre para los bloques del pozo tipo S, en la carrera ascendente.

$$T_3 - T_4 - f_{r4} - W_4 \cos\theta_3 = 0$$

o bien

$$T_3 = T_4 + W_4 \cos\theta_3 + f_{r4}$$

Para el sentido normal se presenta

efectuando un análisis de fuerzas

$$N_4 - W_4 \operatorname{sen}_3 = \frac{W_4}{g} \frac{V^2}{R_2}$$

o bien

$$N_4 = W_4 \left\{ \frac{v^2}{gR_2} + \sin\theta_3 \right\}$$

empleando la definición del coeficiente de fricción se sustituye 55 en 53 obteniéndose:

$$T_3 = T_4 + W_4(\cos\theta_3 + \mu_4(\frac{v^2}{gR_2} + \sin\theta_3))$$
 (56)

de manera análoga como para el pozo tipo Slant se llega:

$$T_3 = T_4 + W_4(sen\theta_3 + \mu_4(1 - \cos\theta_3) + \frac{\mu_4 V^2 \theta_3}{gR_2})$$
 (57)

Obsérvese que si quitamos los cuerpos  $W_4$  y  $W_5$  en la figura 8, se tiene el pozo tipo Slant; por lo que podemos utilizar las ecuaciones determinadas anteriormen-

(53)

(54)

(55)

te para el pozo antes mencionado.

Para el cuerpo 3, se tiene una velocidad constante y una aceleración igual a c<u>e</u> ro, por lo que:

(58)

(59)

(60)

(61)

por lo que

$$T_2 - f_{r3} - W_3 \cos \theta_2 - T_3 = 0$$

o bien

$$T_2 = W_3 \cos \theta_2 + f_{r3} + T_3$$

Para la dirección Y se tiene

$$\cdot \Sigma F_v = 0$$

entonces

$$N_3 - W_3 \text{sen}\theta_2 = 0$$

o bien

$$N_3 = W_3 \operatorname{sen}_2$$

empleando la deficiión de coeficiente de fricción y sustituyendo 61 en 59 se tie

ne

$$T_2 = W_3(\mu_3 \operatorname{sen}_2 + \cos\theta_2) + T_3$$
(62)

Como se menciono anteriormente, los bloques  $W_1$ ,  $W_2$  y  $W_3$  forman un pozo tipo Slant y por lo tanto se puede establecer que la fuerza,  $f_a$ , en el cuerpo 1 está dada por (empleando las ecuaciones 25, 51 y 56):

$$F_{a} = W_{1} + W_{2}(\operatorname{sen}_{1} + \mu_{2}(1 - \cos\theta_{1}) + \frac{\mu_{2}V^{2}\theta_{1}}{gR_{1}}) + W_{3}(\mu_{3} \operatorname{sen}_{2} + \cos\theta_{2}) + W_{4}(\operatorname{sen}_{3} + \mu_{4}(1 - \cos\theta_{3}) + \frac{\mu_{4}V^{2}\theta_{3}}{gR_{2}}) + W_{5}$$
(63)

De acuerdo a la ecuación 29 la carga máxima en la varilla pulida estará dada por (empleando las ecuaciones 26, 27, 28 y 63):

Wmax = 
$$(W_1 + W_2(sen\theta_1 + \mu_2(1 - cos\theta_1) + \frac{\mu_2 V^2 \theta_1}{gR_1}) + W_3(\mu_3 sen\theta_2 + cos\theta_2)$$
  
+  $W_4$  (sen $\theta_3$  +  $\mu_4(1 - cos\theta_2) + \frac{\mu_4 V^2 \theta_3}{gR_2} + W_5$ )(1+ $\alpha$ -0.1273 $\gamma$ )+0.433 $\gamma$ LA<sub>p</sub> (64)

considerando 31, 32 y 33 en 64 se tiene:

$$max = (M_{1}L_{1} + M_{2}L_{2}(sen\theta_{1} + \mu_{2}(1 - \cos\theta_{1}) + \frac{\mu_{2}V^{2}\theta_{1}}{gR_{1}})$$
  
+  $M_{3}L_{5}(\mu_{3}sen\theta_{2} + \cos\theta_{2}) + M_{4}L_{4}(sen\theta_{3} + \mu_{4}(1 - \cos\theta_{3}))$   
+  $\frac{\mu_{4}V^{2}\theta_{3}}{gR_{2}}) + M_{5}L_{5}(1 + \alpha - 0.1273\gamma) + 0.433\gamma LA_{p}$  (65)

La figura 9 muestra el diagrama de cuerpo libre para el pozo tipo S en la carrera descendente. Efectuando un análisis de fuerzas y despreciando el peso de la



Fig 9 Diagrama de cuerpo libre para el pozo tipo S , en la carrera descendente

varilla pulida así como las fuerzas de fricción originadas por ésta, se tiene en la carrera descendente que:

$$F_{d} = W_{1} + W_{2}(\operatorname{sen\theta}_{1} - \mu_{2}(1 - \cos\theta_{1}) - \frac{\mu_{2}V^{2}\theta_{1}}{gR_{1}}) + W_{3}(\cos\theta_{2} - \mu_{3} \operatorname{sen\theta}_{2}) + W_{4}(\operatorname{sen\theta}_{3} - \mu_{4}(1 - \cos\theta_{3}) - \frac{\mu_{4}V^{2}\theta_{3}}{gR_{2}}) + W_{5}$$
(66)

Como la carga minima se presenta en la carrera descendente se tomará en cuenta las ecuaciones 27, 37 y 66 en 36

Wmin = (W<sub>1</sub> + W<sub>2</sub>(senθ<sub>1</sub> - µ<sub>2</sub>(1 - cosθ<sub>1</sub>) - 
$$\frac{\mu_2 V^2 \theta_1}{gR_1}$$
) + W<sub>3</sub>(cosθ<sub>2</sub> - µ<sub>3</sub> senθ<sub>2</sub>)  
+ W<sub>4</sub>(senθ<sub>3</sub> - µ<sub>4</sub>(1 - cosθ<sub>3</sub>) -  $\frac{\mu_4 V^2 \theta_3}{gR_2}$ ) + W<sub>5</sub>)(1 - α - 0.1273γ) (67)

sustituyendo 31, 32 y 33 en 67 se tiene

$$wmin = (M_1L_1 + M_2L_2(sen\theta_1 - \mu_2(1 - \cos\theta_1) - \frac{\mu_2V^2\theta_1}{gR_1}) + M_3L_3(cos\theta_2 - \mu_3 sen\theta_2) + M_4L_4(sen\theta_3 - \mu_4(1 - \cos\theta_3) - \frac{\mu_4V^2\theta_3}{gR_2}) + M_5L_5)(1 - \alpha - 0.1273\gamma)$$
(68)

Para calcular la elongación de la varilla debido al peso del fluído será emplean de la ecuación 40 y si se trata para una sarta telescopiada deberá utilizarse la ec ación 41. Para determinar la sobrecarrera del émbolo deberá de utilizarse la ecuación 45.

Los cálculos de la carrera efectiva del émbolo y gasto en la superficie se deberán emplear las ecuaciones 47 y 48 respectivamente. Para el diseño de la unidad superficial y del motor principal deberá de utiliza<u>r</u> se las ecuaciones presentadas en este trabajo.

II.4 Pozo tipo S modificada

El pozo tipo S modificada se presenta en la figura 10. Observe que la diferencia con el pozo tipo S radica en el bloque 5, el cual cuenta con un cierto ángulo ce inclinación (ver figura 11). Debido a que en los bloques restantes son iguales, las ecuaciones deberán de tener una gran similitud.

Para la carrera ascendente se presentará la carga máxima, la cual estará dada por:

$$Wmax = (M_1L_1 + M_2L_2(sen\theta_1 + \mu_2(1 - \cos\theta_1) + \frac{\mu_2V^{2}\theta_1}{gR_1}) + M_3L_3(\mu_3sen\theta_2 + \cos\theta_2) + M_4L_4(sen\theta_3 + \mu_4(1 - \cos\theta_3) + \frac{\mu_4V^{2}\theta_3}{gR_2}) + M_5L_5(\mu_5sen\theta_4 + \cos\theta_4))(1 + \alpha - 0.127\gamma) + 0.433LA_p$$
(69)

En la carrera descendente se tiene la carga mínima, la cual se representa por:

$$fmin = (M_1L_1 + M_2L_2(sen\theta_1 - \mu_2(1 - \cos\theta_1) - \frac{\mu_2V^2\theta_1}{gR_1}) + M_3L_3(cos\theta_2 - \mu_3sen\theta_2) + M_4L_4(sen\theta_3 - \mu_4(1 - \cos\theta_3) - \frac{\mu_4V^2\theta_3}{gR_2})$$

+ 
$$M_{5}L_{5}(\cos\theta_{4} - \mu_{5} \sin\theta_{4}))(1 - \alpha - 0.1273\gamma)$$
 (70)



Fig 10 Pozo tipo S modificada



Fig 11 Diagrama de bloques del pozo tipo S modificada en la carrera ascendente



Fig 12 Diagrama del cuerpo libre de cada bloque que compone el pozo tipo S modificada en la — carrera ascendente.

Los cálculos de elongaciones, carreras, etc. deberán de ser como ya se indico en los otros dos tipos de pozos.

### REFERENCIAS DEL CAPITULO: II

- 1.- Adam T. Bourgoyne Jr.; Martin E. Chnevert; Keith K. Millheim; F.S. Young Jr., "Applied Drilling Engineering", SPE Textbook, Series Vol.2, 1984.
- 2.- Larson Roland E., y Hostetler Robert P., "Cálculo y Goemetria Analitica", McGraw-Hill, 2a. edición, 1982.

# CAPITULO III "PROGRAMA" DE COMPUTO PARA EL DISENO DE APAREJOS DE BOMBEO MECANICO"

- III.1 Programa de cómputo para el diseño de aparejos de Bombeo Mecánico para pozos verticales y direccionales
- III.2 Tipos de diseños
  - III.2.1 Diseño de un aparejo de B.M. para un pozo vertical con el método API
  - III.2.2 Diseño de un aparejo de B.M. para un pozo vertical con el método convencional
  - III.2.3 Diseño de un aparejo de B.M. para un pozo direccional del tipo Slant
  - III.2.4 Diseño de un aparejo de B.M. para un pozo direccional del tipo S
  - III.2.5 Diseño de un aparejo de B.M. para un pozo direccional del tipo S modificada
- III.3 Intervalos de validación del programa

## CAPITULO III "PROGRAMA DE COMPUTO PARA EL DISERO DE APAREJOS DE BOMBEO MECANICO"

Para la realización de un diseño de aparejo de bombeo mecánico para un pozo pr<u>o</u> ductor de aceite, se cuenta actualmente con dos métodos:

- a) Método de diseño API
- b) Método de diseño convencional

Ambos métodos requieren datos tales como:

- Profundidad de colocación de la bomba
- Diámetro del émbolo de la bomba
- Tipo de sarta que deberá de ser empleada
- Velocidad de bombeo
- Longitud o carrera de la varilla pulida
- etc.

Para obtener un buen diseño es necesario contar con datos confiables, en caso contrario se tiene como consecuencia un diseño pobre.

III.1 Programa de cómputo para el diseño de aparejos de bombeo mecánico en pozos verticales y direccionales.

El programa que se presenta es de fácil manejo y de gran versatilidad; ya que permite efectuar diseños para pozos verticales y direccionales.

Cabe hacer la mención de que al utilizar las opciones de diseño de pozos direccionales (tipos Slant, S y S modificada) el paquete diseñará con el método convencional y arrojará resultados para los tres tipos de unidades con que se cue<u>n</u> ta en la industria. El programa utiliza las ecuaciones deducidas en los capít<u>u</u> los I y II. Con la finalidad de aclarar la forma del funcionamiento del progr<u>a</u> ma de cómputo se presenta en la figura 1 el respectivo diagrama de flujo.

Básicamente el programa es una serie de opciones, de las cuales se presentan en pantalla y el usuario tiene que elegir una; para mayor claridad se recomienda consultar el punto III.3 de este trabajo para tener una clara idea de los intervalos para los cuales el programa se encuentra validado.

Al final de éste capítulo se presenta un listado del programa fuente de cada una de las opciones de diseño.

III.2 Tipos de diseño

El programa que se presenta tiene cinco pisibilidades de diseño, de las cuales dos corresponden a pozos completamente verticales y las restantes para pozos direccionales; estas son respectivamente:



Fig 🎞 1 Diagrama de flujo

- 1.- DISERO DE UN APAREJO DE BOMBEO MECANICO MEDIANTE EL METODO API
- 2.- DISERO DE UN APAREJO DE BOMBEO MECANICO MEDIANTE EL METODO CONVENCIONAL
- 3.- DISENO DE UN APAREJO DE BOMBEO MECANICO PARA UN POZO TIPO SLANT
- 4.- DISENO DE UN APAREJO DE BOMBEO MECANICO PARA UN POZO TIPO S
- 5.- DISERO DE UN APAREJO DE BOMBEO MECANICO PARA UN POZO TIPO S MODIFICADA

Los datos para el diseño de cada uno de los casos planteados anteriormente son pedidos de la siguiente forma:

III.2.1 Diseño de un aparejo de bombeo mecánico con el método API

- 1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE (AGUA = 1)
- 2.- PROFUNDIDAD DE COLOCACION DE LA BOMBA EN PIES
- 3.- CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS
- 4.- DIAMETRO DEL EMBOLO EN PULGADAS
- 5.- VELOCIDAD DE BOMBEO EN EMBOLADAS POR MINUTO
- 6.- NUMERO DE DIAMETRO(S) DE VARILLA (MAXIMO 4) PROPORCIONADOS DE FORMA CRECIENTE

III.2.2 Diseño de un aparejo de bombeo mecánico con el método tradicional

1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE (AGUA = 1)

- 2.- PROFUNDIDAD DE COLOCACION DE LA BOMBA EN PIES
- 3.- CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS
- 4.- DIAMETRO DEL EMBOLO EN PULGADAS
- 5.- VELOCIDAD DE BOMBEO EN EMBOLADAS POR MINUTO
- 6.- NIVEL DINAMICO EN T.R. EN PIES
- 7.- PRESION EN LA BOCA DEL POZO EN LIBRAS/PULGADAS^2
- 8.- NUMERO DE DIAMETRO(S) DE VARILLA (MAXIMO 4) PROPORCIONARLOS EN FORMA CRECIENTE
- III.2.3 Diseño de un aparejo de bombeo mecánico para un pozo direccional del tipo Slant
  - 1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE (AGUA = 1)
  - 2.- LONGITUD VERTICAL ANTES DE INICIAR LA DESVIACION EN PIES
  - 3.- LONGITUD DE LA ZONA DE DESVIACION EN PIES
  - 4.- GRADOS DE DESVIACION POR CADA 100 PIES EN LA ZONA ARQUEADA
  - 5.- MAXIMO ANGULO ALCANZADO EN LA PARTE ARQUEADA
  - 6.- COEFICIENTE DE FRICCION EN LA ZONA ARQUEADA
  - 7.- LONGITUD DE LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO EN PIES
  - 8.- COEFICIENTE DE FRICCION EN LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO
  - 9.- CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS
  - 10.- DIAMETRO DEL EMBOLO DE LA BOMBA EN PULGADAS
  - 11.- VELOCIDAD DE BOMBEO EN EMBOLADAS POR MINUTO
  - 12.- NIVEL DINAMICO VERTICAL EN T.R. EN PIES
  - 13.- PROFUNDIDAD VERTICAL DE COLOCACION DE LA BOMBA EN PIES

- 14.- CONTRAPRESION EN LA BOCA DEL POZO EN LIBRAS/PULGADA A2
- 15.- NUMERO DE DIAMETROS DE VARILLA (MAXIMO 3) PROPORCIONARLOS DE MANERA ASCENDENTE
- III.2.4 Diseño de un aparejo de bombeo mecánico para un pozo direccional del tipo S
  - 1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE (AGUA = 1)
  - 2.- CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS
  - 3.- DIAMETRO DEL EMBOLO DE LA BOMBA EN PULGADAS
  - 4.- VELOCIDAD DE BOMBEO EN EMBOLADAS POR MINUTO
  - 5.- NIVEL DINAMICO VERTICAL EN LA T.R. EN PIES
  - 6.- PROFUNDIDAD VERTICAL DE COLOCACION DE LA BOMBA EN PIES
  - 7.- CONTRAPRESION EN LA BOCA DEL POZO EN LIBRAS/PULGADA A2
  - 8.- LONGITUD VERTICAL ANTES DE LA DESVIACION DEL POZO EN PIES
  - 9.- LONGITUD DE LA PRIMERA PARTE DESVIADA DEL POZO EN PIES
  - 10.- GRADOS DE DESVIACION POR CADA 100 PIES DE LA PRIMERA PARTE DESVIADA
  - 11.- FACTOR DE FRICCION PARA LA PRIMERA PARTE DESVIADA
  - 12.- MAXIMO ANGULO DE DESVIACION ALCANZADO EN LA PRIMERA PARTE DESVIADA
  - 13.- LONGITUD DE LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO EN PIES
  - 14.- FACTOR DE FRICCION PARA LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO
  - 15.- LONGITUD DE LA SEGUNDA PARTE DESVIADA EN PIES
  - 16.- GRADOS DE DESVIACION POR CADA 100 PIES EN LA SEGUNDA PARTE DESVIADA

- 17.- MAXIMO ANGULO ALCANZADO EN LA SEGUNDA PARTE DESVIADA
- 18.- FACTOR DE FRICCION PARA LA SEGUNDA PARTE DESVIADA
- 19.- LONGITUD DE LA ZONA DE TERMINACION EN PIES
- 20.- NUMERO DE DIAMETROS DE VARILLA (MAXIMO 3) PROPORCIONARLOS EN FORMA CRECIENTE

III.2.5 Diseño de un aparejo de bombeo mecánico para un pozo direccional del tipo S modificada

- 1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE (AGUA = 1)
- 2.- CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS
- 3.- DIAMETRO DEL EMBOLO DE LA BOMBA EN PULGADAS
- 4.- VELOCIDAD DE BOMBEO EN EMBOLADAS POR MINUTO
- 5.- NIVEL DINAMICO VERTICAL EN LA T.R. EN PIES
- 6.- PROFUNDIDAD VERTICAL DE COLOCACION DE LA BOMBA EN PIES
- 7.- CONTRAPRESION EN LA BOCA DEL POZO EN LIBRAS/PULGADA A2
- 8.- LONGITUD VERTICAL ANTES DE LA DESVIACION DEL POZO EN PIES
- 9.- LONGITUD DE LA PRIMERA PARTE DESVIADA DEL POZO EN PIES
- 10.- GRADOS DE DESVIACION POR CADA 100 PIES DE LA PRIMERA PARTE DESVIADA
- 11.- FACTOR DE FRICCION PARA LA PRIMERA PARTE DESVIADA
- 12.- MAXIMO ANGULO DE DESVIACION ALCANZADO EN LA PRIMERA PARTE DESVIADA
- 13.- LONGITUD DE LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO EN PIES
- 14.- FACTOR DE FRICCION PARA LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO
- 15.- LONGITUD DE LA SEGUNDA PARTE DESVIADA EN PIES

- 16.- GRADOS DE DESVIACION POR CADA 100 PIES DE LA SEGUNDA PARTE DESVIADA
- 17.- MAXIMO ANGULO ALCANZADO EN LA SEGUNDA PARTE DESVIADA

18.- FACTOR DE FRICCION PARA LA SEGUNDA PARTE DESVIADA

- 19.- LONGITUD DE LA ZONA DE TERMINACION EN PIES
- 20.- FACTOR DE FRICCION PARA LA ZONA DE TERMINACION
- 21.- NUMERO DE DIAMETROS DE VARILLA (MAXIMO 3) PROPORCIONARLOS EN FORMA CRECIENTE

III.3 Intervalos de validación del programa

Estos intervalos se encuentran definidos entre valores para los cuales las condiciones de trabajo son reales. A continuación se presentan los rangos de val<u>i</u> dación de cada uno de los datos que se emplean para los diseños API y convenci<u>o</u> nal.

- Densidad relativa. Este valor es con respecto al agua (agua = 1.0).
- Profundidad de colocación de la bomba en pies. Se encuentra definido para valores mayores de 500 y menores de 20000 pies.
- 3.- Carrera de la varilla pulida. Este dato se encuentra definido para valores de cero y menores de 200 pulgadas.
- 4.- Diámetro del émbolo de la bomba. Se encuentra definido entre
   0.9 y 5.0 pulgadas.

- 5.- Velocidad de bombeo. Para este intervalo se tiene como mínimo el cero y 30 emboladas por minuto como máximo.
- 6.- Nivel dinámico en T.R. Se encuentra validado para profundidades de cero y la profundidad de colocación de la bomba como mínimo y máximo respectivamente.
- 7.- Presión en la boca del pozo. Este dato incide únicamente en la capacidad del motor y se encuentra definido entre cero y 500 psi como mínimo y máximo respectivamente.

Intervalos de validación para los pozos tipo Slant, S y S modificada.

Los datos tales como densidad relativa, carrera de la varilla pulida, diámetro del émbolo, velocidad de bombeo y presión en la boca del pozo, son los mismos que para el método API y convencional.

- Longitud vertical antes de iniciar la desviación. Este dato varia de cero hasta 8000 pies.
- Longitud de la zona desviada. Varia para valores de cero hasta
   20000 pies.
- 3.- Grados de desviación por cada 100 pies. Tiene una validación desde cero hasta 90 grados.
- 4.- Máximo ángulo alcanzado. El rango es de cero hasta 90 grados como máximo.
- 5.- Coeficiente de fricción. Se encuentra entre cero y 10 como míni

mo y máximo respectivamente.

- 6.- Longitud de la zona de ángulo sostenido. Se tiene como mínimo el cero y como máximo 20000 pies.
- 7.- Nivel dinámico vertical en T.R. Varia desde cero como mínimo y como máximo la longitud real perforada en pies.
- 8.- Profundidad vertical de colocación de la bomba. Varia desde cero como mínimo y el máximo está dado como la profundidad real de perforación más el nivel dinámico vertical en T.R.

```
type api.pas
PROGRAM APIL
USES
   CRT.D051
CONST
   TM=30000000;
  R
  NIARRAY[1...5] OF REAL
  NDV.I I INTEGER:
  DEN, PROFB, LONGVAR, DIAEMB, EPM:REAL;
                                        (* para datosi
                                                                  # 1
  L1,A1,AP,WR,EC:REAL;
                                     (* para constantes1
  R1,R2,R3,R4,A2,A3,A4,L2,L3,L41REAL; (* para constantes
                                                                  # \
  P1.P2.P3.P4:REAL:
                                        (* para constantes
                                                                 # \
  FO.EP.ALFA:REAL:
                                        (* para calculo1
                                                                 *)
  SKR.FS.NNO.FE.NN:REAL:
                                        (#
                                          para calculo2
                                                                 *)
  SP, F1, F2, T, POR: REAL;
                                        (* para adicional 1 - 5 *)
  DOT, WRF, WRSK, TA: REAL;
                                        (* para complementario
                                                                 *)
  PPRL.MPRL.CBL.PT.EVAR.MOTOR:REAL:
                                        (* para todas unidades
                                                                 #)
  OTRO: CHARI
  BANDERA BOOLEAN
 OCEDURE INICIALIZAT
VAR
  KI INTEGERI
 _GIN
   FOR K1=1 TO 5 DO
      N[K]:=0.01
   DENI=0.0; PROFBI=0.0; LONGVAR:=0.0; DIAEMB:=0.0; EPMI=0.0;
   L1:=0.0; A1:=0.0; AP:=0.0; WR:=0.0; R1:=0.0; R2:=0.0;
   R31=0.0; R41=0.0; A21=0.0; A3:=0.0; A41=0.0; P11=0.0; P21=0.0;
   P3:=0.0; P4:=0.0; FD:=0.0; EP:=0.0; ALFA:=0.0; SKR:=0.0; FS:=0.0;
   NN01=0.01 FE1=0.0; NN1=0.01 SPI=0.01 F11=0.01 F21=0.0; T1=0.01
   POR:=0.0; QDT:=0.0; WRF:=0.0; WRSK:=0.0; TA:=0.0; PPRL:=0.0;
   MPRL = 0.01 CBL = 0.01 PT = 0.01 EVAR = 0.01 MOTOR = 0.01
   L2:=0.0; L3:=0.0; L4:=0.0;
 ₽¶__
 ROCEDURE ERRE1:
  GIN
   IF DIAEMB=1.0 THEN
      BEGIN
         R1 1=0.456*PROFB:
         R21=0.344*PROFB1
         EC:=0.00114:
      END
   ELSE
      IF DIAEMB=1.25 THEN
         BEGIN
            R11=0.627+PROFE:
            R2:=0.373*PR0FB:
            EC:=0.00113:
         END
      ELSE
         IF DIAEMB=1.50 THEN
            BEGIN
                R1:=0.582*PR0F9;
               R2:=0.418#PROFB;
               EC:=0.00111;
            END
         ELSE
            1F DIAEME=1.75 THEN
```

```
type api.pas
PROGRAM API
USES
   CRT.DOS:
CONST
   TM=300000001
 R
  N:ARRAY[1..5] OF REAL:
  NDV. I . INTEGER:
  DEN, PROFB, LONGVAR, DIAEMB, EPM: REAL:
                                         (* para datos1
                                                                   # 1
  L1, A1, AP, WR, EC | REAL;
                                      (* para constantes)
  R1,R2,R3,R4,A2,A3,A4,L2,L3,L4:REAL; (* para constantes
                                                                   ۱ ست
  P1.P2.P3.P4:REAL:
                                         (#
                                            para constantes
                                                                  #1
  FO, EP, ALFA: REAL:
                                         (#
                                            para calculoi
                                                                  #)
                                            para calculo2
  SKR FS, NNO, FE, NN : REAL;
                                         (#
                                                                   • •
 SP, F1, F2, T, POR:REAL
                                         (* para adicional 1
                                                              - 5 4)
  DOT, WRF, WRSK, TA: REAL1
                                         (* para complementario
                                                                  +)
  PPRL, MPRL, CBL, PT, EVAR, MOTOR: REAL:
                                         (* para todas unidades
                                                                  #)
 OTRO CHARI
  BANDERA: BOOLEAN:
۶.
 LOCEDURE INICIALIZA:
VAR
 K: INTEGER:
GIN
   FOR K:=1 TO 5 DO
      NEK3:=0.01
   DEN:=0.0; PROFB:=0.0; LONGVAR:=0.0; DIAEMB:=0.0; EPM:=0.0;
   L1:=0.0; A1:=0.0; AP:=0.0; WR:=0.0; R1:=0.0; R2:=0.0;
   R31=0.0; R41=0.0; A21=0.0; A3:=0.0; A41=0.0; P11=0.0; P21=0.0;
   P3:=0.0: P4:=0.0: F0:=0.0: EP:=0.0: ALFA:=0.0: SKR:=0.0: F5:=0.0:
   NND:=0.0; FE:=0.0; NN:=0.0; SP:=0.0; F1:=0.0; F2:=0.0; T:=0.0;
   POR:=0.0; GDT:=0.0; WRF:=0.0; WRSK:=0.0; TA:=0.0; PPRL:=0.0;
   MPRL1=0.01 CBL1=0.01 PT1=0.01 EVAR:=0.01 MOTOR1=0.01
  L2:=0.0: L3:=0.0: L4:=0.0:
۽ هي
ROCEDURE ERRE1;
 'GIN
   IF DIAEMB=1.0 THEN
      BEGIN
         R1:=0.656*PROFB;
         R21=0.344*PR0F9:
         EC:=0.00114:
      END
  ELSE
      IF DIAEMB=1.25 THEN
         BEGIN
            R1:=0.627+PROFE:
            R2:=0.373*PROF5:
            EC:=0.00113:
         END
      ELSE
         IF DIAEMB=1.50 THEN
            BEGIN
               R1:=0.582#PROFB:
               R2:=0.418#PROFB:
               EC:=0.00111:
            END
         ELSE
            1F DIAEMB=1.75 THEN
```

BEDIN R11=0.531\*PR0F8; RE:=0.469\*PROFB: EC:#0.00107; END ELSE IF DIAEMB=2.0 THEN BEGIN R1:=0.48\*PROFB: R2:=0.52\*PR0FB; EC:=0.00107 END ELSE IF DIAEMB=2.25 THEN BEGIN R11=0.416#PROFB: RE1=0.584#PROFB; EC1=0.001051 END ELSE IF DIAEMB-2.50 THEN BEGIN R1:=0.348#PR0FB; R2:=0.652#PROFB: EC:=0.00102 END ELSE IF DIAEMB=2.75 THEN BEGIN R1:=0.275\*PROFB: R21=0.725\*PROFB: EC:=0.00099; END:

END;

PROCEDURE ERRE2: I\_GIN IF DIAEMB=1.0 THEN BEGIN R11=0.715+PR0FB1 R21=0.285\*PROFB1 EC:=0.00082: END ELSE IF DIAEMB=1.25 THEN BEGIN R1:=0.694+FR0FD1 R2:=0.306#PROFB: EC:=0.00081; END ELSE IF DIAEMB=1.5 THEN BEGIN R1 := 0.602#PROFB: R2:=0.338\*PROFB: EC:=0.000B; END ELSE IF DIAEMB=1.75 THEN BEGIN R1:=0.625+PROFB: R2:=0.375\*PROFB: EC:=0.0008; END ELSE

IF DIAEMB=2.0 THEN BEGIN R1:=0.583\*PROFB R2:=0.417\*PROF8: EC:=0.000791 END IF DIAEMB=2.25 THEN BEGIN R1:=0.535\*PROFB; R2:=0.465\*PROFB: EC:=0.00077: END ELSE IF DIAEMB=2.5 THEN BEGIN R11=0.492+PR0FB; R21=0.508+PR0FB EC1=0.00076; END ELSE IF DIAEMB=2.75 THEN BEGIN R1:=0.435\*PR0FB: R2:=0.565\*PROFB; EC1=0.000751 END ELSE IF DIALMB=3.25 THEN BEGIN R1:=0.313\*PROFB: REI=0.687\*PROFBI EC:=0.00072: END ELSE IF DIAEMB=3.75 THEN BEGIN R1:=0.177#PR0FB: R2:=0.823\*PROFB; EC:=0.000691

END:

END

PROCEDURE ERRES; BEGIN IF DIAEMB=1.5 THEN BEGIN R1:=0.723+PROFB; RE1=0.277+PROFB: EC:=0.00061; END ELSE IF DIAEMB=1.75 THEN BEGIN R1:=0.697#PROFB; R21=0.303+PROFB1 EC:=0.0006: END ELSE IF DIAEMB=2.0 THEN BEGIN R1:=0.668\*PR0FB; R2:=0.332#PROFB: EC:=0.0006: END

ELSE

IF DIAEMB=2.25 THEN BEGIN R1:=0.636\*PROFB: R2:=0.364+PROFI+: EC1=0.00059; END ELSE IF DIAEMB=2.5 THEN BEGIN R1:=0.601\*PROFB: R2:=0.399\*PROFB: EC:=0.00059; END ELSE IF DIAEMB=2.75 THEN BEGIN R1:=0.561\*PROFH; R2:=0.439+PROFIL EC:=0.000581 END ELSE IF DIAEMB=3.75 THEN BEGIN R1:=0.388\*PROFB; R2:=0.612#PROFD; EC:=0.00056; END ELSE IF DIAEMU=4.75 THEN BEGIN R1:=0.164\*PROFB; R2:=0.836\*PROFB; EC:=0.00052; END

END;

PROCEDURE ERRE4; BEGIN IF DIAEMB=1.0 THEN BEGIN R1:=0.456\*PROFB: R2:=0.274\*PROFB: R3:=0.270\*PROFB: EC:=0.001; END ELSE IF DIAEMB=1.25 THEN BEGIN R1:=0.408+PR0FB: R21=0.298\*PROF8: R3:=0.294+PROFB; EC:=0.00097; END ELSE IF DIAEMB=1.5 THEN BEGIN R1:=0.333\*PROFB; R2:=0.333\*PROFB: R3:=0.333#PR0FB: EC:=0.00094: END ELSE IF DIAEMB=1.75 THEN BEGIN

ECSET -

```
R11+0.251#PROFUL
      R21=0.370*PRDFB1
      R3:=0.378+PROF91
      EC:=0.00089;
   END
ELSE
   IF DIAEMB=2.0 THEN
      BEGIN
         R1:=0.163#PROFB:
         R2:=0.413*PROFB:
         R3:=0.424*PR0FB;
         EC:=0.00085;
      END
   ELSE
      IF DIAEMB=2.25 THEN
         BEGIN
             R1:=0.072*PROFB;
             R2:=0.458*PROFB;
             R3:=0.469#PROFB:
             EC:#0.000B:
         END:
```

#### END:

PROCEDURE ERRES: €\_GIN IF DIAEMB=1.0 THEN BEGIN R1:=0.543+PROF8: R2:=0.230\*PR0FB: R3:=0.223+PR0FB: EC:=0.000741 END ELSE IF DIAEMB=1.25 THEN BEGIN R1:=0.512\*PROFB; R2:=0.245\*PROFB; R3:=0.243\*PROFB; EC:=0.00073; END ELSE IF DIAEMB=1.5 THEN BEGIN R1:=0.463\*PROFB; R2:=0.270\*PROFB; R3:=0.247#PROF8 EC1=0.000721 END ELSE IF DIAEMB=1.75 THEN BEGIN R1:=0.406#FROFB; R2:=0.300#PROFB; R3:=0.294#PROFB; EC:=0.0007; END ELSE IF DIAEMB=2.0 THEN BEGIN R1:=0.339#PROFB: R2:=0.332\*PROFB: R3:=0.328+PROFB: EC:=0.00068; END IELSE

IF DIALMBEZ.25 THEN BEGIN R1:=0.271\*PROFB: R2:=0.360\*PROFB; R3:=0.369\*PROFB; EC:=0.00066; END ELSE IF DIAEMB=2.5 THEN BEGIN R1:=0.197\*PROFB: R2:=0.397#PROFB; R3:=0.406\*PROFB: EC:=0.00063; END ELSE IF DIAEMB=2.75 THEN BEGIN R1:=0.122+PROFB: RE1=0.433\*PROFB1 R31=0.445#PROFB: EC:=0.00061; END:

#### END;

PROCEDURE ERREG: BEGIN IF DIAEMB=1.0 THEN BEGIN R1:=0.423+PROFB: R2:=0.195\*PROFB: R3:=0.192\*PROFB; R41=0.171+PROFB1 EC:=0.00067; END ELSE IF DIAEMB=1.25 THEN BEGIN R1:=0.383+PROFB: R2:=0.207+PROFB: R31=0.205\*PROFB1 R41=0.205\*PROFB: EC:=0.00066: END ELSE IF DIAEMB=1.5 THEN BEGIN R1:=0.323#PROFB: R2:=0.228+PROFB: R3:=0.225+PROFB: R4:=0.224#PR0FB: EC:=0.00063: END ELSE IF DIAEM8+1.75 THEN HEGIN R11-0.251+1R0FB: R2:=0.251#FROFB: R3:=0.251\*FR0FB: R4:=0.248\*PROFB: EC:=00061: END ELSE IF DIAEMB=2.0 THEN BEGIN



END

K\_DCEDURE CONSTANTES1 EGIN L1:=PROFB: A11=(PI#80R(N[1]))/41 API=(PI+SOR(DIAEMB))/41 IF NC13=0.625 THEN BEGIN WR:=1.16\*PROFB: EC:=0.00127; END ELSE IF NE13=0.75 THEN BEGIN WR:=1.63#PROFB; EC:=0.00088: END ELSE IF NE13=0.875 THEN BEGIN WRI=2.16+PROFB; EC1=0.000651 END ELSE BEGIN WR1=2.88\*PROFB; EC1=0.00051 END E Diffin de un solo diametro? FOCEDURE CONSTANTES: BEGIN API=(PI#SOR(DIAEMB))/41 IF NDV=2 THEN IF (NE13=0.625) AND (NC23=0.75) THEN BEGIN ERRE1: A21=(PI+SQR(N[1]))/4: A1:=(PI+SQR(N[2]))/4: L11=R11 LEISRE PROFB:=L1+L2: P1:=L:/A1: P2:=L:'/A2: WR:=1.13#1.1+1.co3+L2; END ELSE

```
IF (NEI)=0.75) AND (NE2)=0.8/57
                                     THEN
     BEGIN
       ERRE21
       A2:=(PI+BOR(NE11))/4;
       A11=(PI+6QR(NC2))/41
       L11=R1:
       L21=R21
       PROFB:=L1+L2;
       P11=L1/A1:
       P217L2/A21
       WR1=1.63#L1+2.22#L2:
     END
   ELSE
     BEGIN
       ERRE31
       A2:=(PI+6QR(NC1]))/4:
       A11=(P1+80R(NC2))/4:
       L1:=R1:
       L2:=R2:
       PROFB:=L1+L2;
       P11=L1/A11
       PEt=LE/AE
       WR1=2.22#L1+2.90#L2;
     END
ELSE
   IF NOV=3 THEN
      IF (N[1]=0.625) AND (N[2]=0.75) AND (N[3]=0.875) THEN
         BEGIN
            ERRE4:
            A31=(PI#SOR(NE13))/4:
            A21=(PI+SOR(NE21))/4;
            A1:=(PI#SQR(NE33))/4:
            L11=R1:
            L2:=R2:
            L3: =R3:
            PROFB:=L1+L2+L3:
            P1:=L1/A1;
            P21=L2/A2;
            P31=L3/A31
            WR:=1.13#L1+1.63#L2+2.22#L3:
         END
      ELSE
        BEGIN
           ERRES:
           A31=(PI+60R(NE1]))/4:
           A2:=(PI+SQR(N[2]))/4;
           A1 = (PI#SQR(N[3]))/4;
           L1:=R1:
           L2:=R2:
           L3:=R3:
           PROFB:=L1+L2+L3;
           P1:=L1/A1:
           P2:=L2/A2:
           P31=L3/A31
           WR:=1.63#L1+2.22#L2+2.90#L3;
        EN )
  ELSE
      BEGIN
         ERRE6:
         A41=(PI+SQR(NE13))/41
         A31=(PI+50R(NE21))/41
         A21=(PI#SQR(N[3]))/41
         A11=(PI+50R(NE4]))/41
         L1:=R1:
         L2:=R2:
         L31=R3:
```
```
£4:=R4:
               PR0F8==L1+L2+L3+L4=
                P1:=L1/A1:
               P2:=L2/A2:
               P31=L3/A31
               P4:=L4/A4:
               WR:=1.63#L1+2.22#L2+2.90#L3+3.67#L4:
            END
         (fin del constantes)
   ENDI
PROCEDURE MENSAJEERROR(COL, REN; INTEGER);
VAR
  TECLA | CHAR :
BEGIN
   GOTOXY(REN,COL);
   WRITELN('
                      Error, dato fuera de rango');
   WRITELN('
                          Oprima cualquier tecla para continuar');
   TECLA: READKEY:
   GOTOXY(REN,COL);
   WRITELN( '
                                                 ') s
   WRITELN('
                                                                1)1
E D:
F OCEDURE DATOS1
BEGIN
    CLRSCR:
    HRITELN('
                   PROPORCIONA LOS SIGUIENTES DATOS ( POZO CON DISEÑO API )');
    WRITELN('
    REPEAT
        GOTOXY(05,03)
                 1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE (AGUA=1) (
                                                                          1)1
        WRITE('
        GOTOXY (WHEREX-10,03);
        READLN(DEN):
        IF (DEN(0.5) OR (DEN)2.0) THEN
           MENBAJEERROR(04,05)
    UNTIL (DEN>=0.5) (ND (DEN<=2.0))
    REPEAT
       BOTOXY(05,05);
       WRITE(' 2.- PROFUNDIDAD DE COLOCACION DE LA BOMBA EN PIES :
       GOTOXY (WHEREX-10,05);
       READ(PROFB):
       IF (PROFB(500) OR (PROFB)20000) THEN
            MENSAJEERROR(06,05);
   UNTIL (PROFB>=500) AND (PROFB<=20000);
   REPEAT
       GOTOXY(05,07);
                 3.- CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS :
       WRITE('
      GOTOXY (WHEREX-10,07);
       READ (LONGVAR) :
       IF (LONGVAR<=0) OR (LUNGVAR>200) THEN
         MENSAJEERROR(08,05);
   LINTIL (LONGVAR>0) AND (LONGVAR<=200);
   REPEAT
      GOTOXY(05.09):
      WRITE('
               4.- DIAMETRO DEL EMBOLO EN PULGADAS :
                                                                   1.2.1
      GOTOXY(WHEREX-10.09);
      READ(DIAEMB)
      IF (DIAEMB<=0.90) OR (DIAEMB>5) THEN
          MENSAJEERROR(10,05);
   UNTIL (DIAEMB>0.90) AND (DIAEMB<=5);
    EPEAT
      GOTOXY(05,11);
      WRITE('
                5.- VELOCIDAD DE BOMBED EN EMBOLADAS POR MINUTO :
      GOTOXY(WHEREX-10,11);
```

「東京なる」は「「「「「「「「「」」」」というです。

```
READ (EPHD)
       IF (EPM<=0) OR (EPM>30) THEN
          MENSAJEERROR(12,05);
    UNTIL (EPM>0) AND (EPM<=30);
    REPEAT
        GOTDXY(05,13);
        WRITE('
                  6.-
                       NUMERO DE DIAMETRO(S) DE VARILLA ( MAXIMO 4 ):
        GOTOXY(WHEREX-10,13);
        READ (NDV) :
        IF (NDV<1) OR (NDV>4) THEN
           MENSAJEERROR (14,05)
    UNTIL (NDV>=1) AND (NDV<=4);
    IF NDV=1 THEN
         BEGIN
            WRITELN
                           DIAMETRO EN PULGADAS =');
            WRITE('
            READLN(NE13):
            CONSTANTES1:
         END
       ELSE
         BEGIN
           WRITELN:
                            PROPORCIONALOS DE FORMA CRECIENTE');
           WRITELN('
           FOR It=1 TO NOV DO
             BEGIN
               WRITE('
                              DIAMETRO '.I.' EN PULGADAS = ')
               READ(NCI)
             ENDE
           CONSTANTES:
         END
    END:(fin de datos1)
PROCEDURE CALCULO11
BEGIN
    F0:=0.433*PR0F8*AP;
    ALFAI=(LONGVAR+SQR(EPM))/705001
    IF NOV=1 THEN
        BEGIN
           EP:=40.8#ALFA#SOR(PROFB)/TM1
        END
    ELSE
        EP:=46.5+ALFA+SQR(PROFB)/TM:
END; (fin de calculo1)
PROCEDURE CALCULO2:
E GIN
   SKR1=1000+LONGVAR/(EC+PROFB)1
   FS1=FO/SKR1
   NNO:=EPM+PROFB/245000:
   FE1=1.205375-0.0367432+AP1
   NN:=(NNO/FE);
E D:(fin de calculo2)
PROCEDURE ADICIONAL1;
E GIN
      (0.0<=F5) AND (FS<=0.25) AND (0.4<=NN) AND (NN<=0.6) THEN
   IF
      SP:=0.186316-0.909995*F5+2.540032*NN
   ELSE
      IF (0.04=F6) AND (F54=0.25) AND (0.04=NN) AND (NN40.4) THEN
         SP1=0.9815277778-0.9125*F8+0.3912698413*NN
      ELSE
         IF (0.25<F5) AND (F5 = 0.45) AND (0.0 = NN) AND (NN < 0.4) THEN
```

```
SP1=0.745416666/-0.875*F5+0.44/6190476*NN
          ELSE
             IF (0.45(F6) AND (F6(=0.60) AND (0.0(=NN) AND (NN(0.40) THEN
                SP:=0.9060416667-0.8875*F5+0.7011904762*NN
             ELSE
                IF (0.25<F8) AND (FS<=0.45) AND (0.4<=NN) AND (NN<=0.6) THEN
                   SP:=0.291-0.72*FS+2.27*NN
                ELSE
                   SP:=0.501-0.84*FS+1.95*NN;
 END; ( fin de adicional1)
PROCEDURE ADICIONALE
 BEGIN
    IF (0.04=FS) AND (FS4=0.15) AND (0.04=NNB) AND (NN04=0.25) THEN
       F1==-0.01606063938+F5+0.715151515+NND
    ELSE
       IF (0.15<FB) AND (F8<=0.35) AND (0.0<=NND) AND (NND<=0.25) THEN
          F1:=0.000833341+0.9833333*F5+0.66*NND
       ELSE
          IF (0.35<FS) AND (FS<=0.6) AND (0.0<=NND) AND (NND<=0.25) THEN
             F1 = 0.00B1044557+F5+0.5473272797*NND
          ELSE
             IF (0.0<=FS) AND (FS<=0.15) AND (0.25<NND) AND (NND<=0.45) THEN
                F1:=-0.1975+0.85*F8+1.36*NNO
             ELSE
                IF (0.15<FS) AND (FS<=0.35) AND (0.25<NND) AND (NND<=0.45) THEN
                   F1:=-0.135+0.95*F5+1.16*NND
                ELSE
                   IF (0.35<F5) AND (F8<=0.6) AND (0.25<NND) AND (NND<: 0.45) THE
                      F1:=~0.06624975+0.8625*F8+1.033333*NND
                   ELSE
                      IF (0.0<=F6) AND (F6<=0.15) AND (0.45<NND) AND (HNQ<=0.60)
                         F1:=-0.8466777335+0.66666667*F8+2.800022*NND
                      ELSE
                         IF (0.15<FS) AND (FS<=0.35) AND (0.45<NND) AND (NND<=0.
                            F1 =-2.581666667+0.8666666667*F5+3.9*NNO
                         ELSE
                            F11=-0.4750073335+0.4833358333*F8+2.266677667*NND1
END: ( fin de adicional2)
F OCEDURE ADICIONAL3;
BEGIN
    IF (0.04=F5) AND (FS4=0.6) AND (0.04=NND) AND (NND4=0.20) THEN
      F2: =-0.02255803996+0.04942857464*F5+0.5319806694*NND
   ELSE
       IF (0.0<-F5) AND (F8<-0.6) AND (0.20<NND) AND (NNO<=0.45) THEN
          F21=-0.05702143063+0.03721428571*F5+0.7811428629*NND
       ELSE
           F2:=-0.1748452809-0.0844047619#F5+1.107142857#NNO:
E D:{ fin de adicional3}
F OCEDURE ADICIONAL4;
BEGIN
     IF (0.0<=F$) AND (F$<=0.15) AND (0.0<=NND) AND (NND<=0.15) THEN
        T:=0.04775+0.375#F5+0.33#NND
    EL 8E
          (0.15<FB) AND (FB<=0.60) AND (0.0<=NND) AND (NNO<=0.15) THEN
        IF
           T1=0,08860869565+0,3+F8+0.5658173913+NND
        ELSE
           IF (0.0<=F5) AND (FS<=0.15) AND (0.15<NNC) AND (NNO<=0.30) "HEN
              T =-0.04325+0.575*F5+0.83*NNO
           ELSE
              IF (0.15<FS) AND (FS(=0.40) AND (0.15<NNO) AND (NNO(=0.30) THEN
                 T:=0.1171+0.14875*FS+0.666*NNO
              ELSE
```

IF (0.05 FS) AND (FSS 0.137 AND TO.30(NNUT AND TRAUS "0.807 Int T:=-0.12+0.62\*F5+NNO ELSE T:=-0.01418333335+0.198\*F5+0.9791666667\*NND: "E'D;( fin de adicional4) PROCEDURE ADICIONAL5 F GIN IF (0.04=F8) AND (FS4=0.15) AND (0.04=NN) AND (NN4=0.15) THEN POR:=0.201375-0.4373#F5-0.685\*NN ELSE IF (0.04=F8) AND (F84=0.15) AND (0.154NN) AND (NN4=0.60) THEN POR:=0.077533333-0.16\*FS-0.09383333\*NN ELSE IF (0.15<F6) AND (FS<=0.35) AND (0.0. =NN) AND (NN<=0.15) THEN POR:=0.131225-0.2575+F6-0.263+NN ELSE IF (0.15<F5) AND (FS<=0.35) AND (0.15<NN) AND (NN(=0.40) THEN POR:=0.062-0.168#F8-0.092\*NN ELSE IF (0.33</F8) AND (F5<=0.60) AND (0.25<NN) AND (NN<=0.40) THEN PDR =-0.060389755999+0.06833391667#F8+0.1000016333+NN ELSE IF (0.35<FS) AND (FB<=).60) AND (0.0<=NN) AND (NN<0.10) THE PDR =0.07822222244-0.1466666667\*F8-0.11333333357+ NN ELSE IF (0.35<FS) AND (FS<=0.40) AND (0.10<NN) AND (UN<=0.25) PDR: =-0.0677222224+0.10166666667#FB+0.07#NN ELSE POR:=-0.05762+0.05125\*F8+0.1048\*NN: END: < fin de adicional4> PROCEDURE COMPLEMENTARIO T GIN QOT := 0.1484 # AP \* EPM \* LONGVAR \* SP : WRF:=WR#(1-(0.129#DEN)); WREKI=WRF/SKRI TA:=1+(POR+(WRSK-0.3)+10); END: ( fin de complementario) PROCEDURE UCONVI F BIN PPRL:=WRF+(F1+SKR); MPRL:=WRF-(F2+SKR); CBL:=1.06+(WRF+(F0/2))1 PT:=T+SKR+(LONGVAR/2)+TA: EVAR: =PPRL/A11 MOTOR I=PROFB+00T/560001 END: (fin de unidad convencional) PROCEDURE AERBAL: BEGIN PPRL:=WRF+F0+0.85+(F1+6KR-F0); MPRL:=PPRL-(F1+F2)\*SKR: CBL1=1.06+(PPRL+MPRL)/2: PT:=T\*SKR#(LONGVAR/2)#TA\*0.96; EVAR: =PPRL/A11 MOTORI=PROFB#00T/56000: E'D:(fin de unidad aerobalanceada) FOCEDURE UMARKII; BEGIN

```
PFRL:=WRF+FU+0.75*(F1#5KR-FU);
     MPRL:=PPRL-(F1+F2)+SKR:
     CBL:=1.04+(PPRL+1.125+MPRL)/2:
     PT:=(PPRL#0.93-MPRL#1.2)*LONGVAR/41
     EVAR:=PPRL/A1:
     MOTOR:=PROFB#00T+0.0/56000;
END: ( fin de unidad mark II)
F OCEDURE CUADRO(PX, PY, LH, LV; INTEGER);
VAR
    I I INTEGER:
F
  GIN
    GOTOXY(PX,PY);
    WRITE(CHR(201)):
    FOR II=1 TO LH DO
      WRITE(CHR(205))
    WRITE(CHR(187)):
    GOTOXY(WHEREX-1,WHEREY+1);
    FOR I:=1 TO LV DO
    BEGIN
      WRITE(CHR(186));
      GOTOXY (WHEREX-1, WHEREY+1);
    END:
    WRITE(CHR(188));
    GOTOXY(PX,PY+1);
    FOR I:=1 TO LV DO
    BEGIN
       WRITE(CHR(186));
       GOTOXY(WHEREX-1,WHEREY+1);
    END
    WRITE(CHR(200)):
    FOR I =1 TO LH DO
       WRITE(CHR(205)):
END
F OCEDURE PANTALLA
BEGIN
   CLRSCRI
   GOTOXY (01,02);
   WRITELN('
               115. LONGITUDES DE VARILLAS POR DIAMETRO PROPORCIONADOL )
   WRITELNE
              ':18.'L1=',L1:5:0,' pies de varilla de ',N[1]:4:3,' Pulg das');
':18,'L2=',L2:5:0,' pies de varilla de ',N[2]:4:3,' Pulg das');
':18,'L3=',L3:5:0,' pies de varilla de ',N[3]:4:3,' Pulg das');
   WRITELN('
   WRITELN('
   WRITELN('
   WRITELN(' ':18, 'L4\Rightarrow'.L4:5:0,' pies de varilla de '.N[4]:4:3,' Pulg des');
   GOTOXY(01,10);
               '125, 'UNIDAD', ' '111, 'UNIDAD', ' '111, 'UNIDAD');
   WRITELN('
   WRITELN(' '122, 'CONVENCIONAL','
                                            AEROBALANCEADA
                                                                     MARK II'):
   GOTOXY(01,14);
                Máxima carga',' '156,'(lb)');
Mínima carga',' '156,'(lb)');
   WRITELN('
   WRITELN('
   WRITELN(
                Contrabalance0',' '154,'(15)');
                Par de Torsién',' '154,'(16-pg)')1
   WRITELN('
                Esf. en var. sup.',' ':51,'(1b/pg^2)');
   WRITEIN('
   WRITELN('
                Motor', ' '(63, '(hp)');
   WRITELNC'
                Gasto en la bomba',' ':51,'(b1/dia)');
   CUADR( (1,1,77,22):
   CUADRD (22, 12, 12, 9);
   CUADRB(39,12,12,9);
   CUADRO (56, 12, 12, 9);
END
FTOCEDURE IMPRIME (COLUMNA: INTEGER):
BEGIN
```

```
GUTUXY(CULUMNA 147:
   WRITE (PPRL 1610)
   GOTOXY(COLUMNA, 15);
   WRITE (MPRL:6:0)
   GOTOXY(COLUMNA,16);
   WRITE(C9L1610)1
   GOTOXY(COLUMNA, 17);
   WRITE(PT:6:0);
   GOTOXY(COLUMNA, 18);
   WRITE (EVAR:6:0):
   GOTOXY(COLUMNA, 17);
   WRITE(MOTOR:6:0);
   GOTOXY(COLUMNA, 20);
   WRITE(GOT:6:0);
END
  nicia el programa principal)
BEGIN
   OTR01='6'1
   WHILE UPCASE(OTRO) = S' DO
     BEGIN
        INICIALIZA:
        DAT0611
        CALCULÓ1 a
        CALCUL02
        ADICIONAL1
        ADICIONAL2
        ADICIONAL3
        ADICIONAL4
        ADICIONALSI
        COMPLEMENTÁRIO:
        PANTALLA
        UCONVI
        IMPRIME(26);
        AERBAL ;
        IMPRIME(43):
        LMARKII:
        IMPRIME(60)
        BANDERA := TRUE :
        GOTOXY(15.23):
       WRITE('Desea hader otro diseño con ste mtodo? [S/N] ');
       WHILE BANDERA DO
          BEGIN
             GOTOXY (WHI REX, WHEREY)
             OTRO:=REA KEY:
             IF (UPCASI (OTRO)='S') OR (UPCASE(OTRO)='N') IHEN
                END:
```

END

END.

(fin del programa principal)

```
type convenci.pas
 PROGRAM CONVENCI
 LITES
    CRT.DOS:
 CONST
    TM=30000000.
 VÅR
   N:ARRAY[1..5] OF REAL:
   AR, L1, A1, AP, ER, WRIREAL :
                                                                (#para constantes#)
   PROFB,R1,R2,R3,R4,A2,A3,A4,L2,L3,L4,P1,P2,P3,P4,EC:REAL;
                                                                (#para constantesi#)
   DEN, LONGVAR, DIAEMB, EPM, NIDIN, PRESB: REAL ;
                                                                (#para datos2#)
   EP, ALFA, SP, OOT, WF IREAL !
                                                                (#para calculo3#)
   WMAX, WHIN, CT. TP.LN. HH. HF. HB REAL :
                                                                (#para todas unidade
   NDV. I DINTEGERI
   OTROICHARI
   BANDER ... BOOLEAN:
E OCEDURE INICIALIZA:
VAR
   K: INTEGER:
E GIN
   FOR K:=1 TO 5 DO
      NEL JI =0.01
   PROFB:=0.01R11=0.01R21=0.01R31=0.01R41=0.01A11=0.01A21=0.01A31=0.01A41=0.01
   L1:=0.01L2:=0.01L3:=0.01L4:=0.01P1:=0.01P2:=0.01P3:=0.01P4:=0.01DEN:=0.01
   LONGVARIED.01DIAEMB1=0.01EPM1=0.01ALFA1=0.01ARI=0.01AP1=0.01ER1=0.01
   WRI=0.0;NIDIN;=0.0;NDV:=0;EP:=0.0;SP:=0.0;QDT:=0.0;WF1=0.0;WMAX:=0.0;
   WIN:=0.01CT1=0.01TP1=0.01LN:=0.01HH1=0.01HF =0.01HF =0.01HB1=0.01
END
PROCEDURE CONSTANTES1:
E GIN
   L1:=PFOFB:
   A1:=(FI#SOR(NE1]))/4:
   AP:=(FI#8GR(DIAEMB))/4:
   ER_1 = (5, 2 + DEN + SQR(PROFB) + AP)/(A1 + TM)
       IF NE13=0.625 THEN
          WR:=1.16+PROFB
       FI SE
         IF NE13=0.75 THEN
            WR1=1.63#PROFB
         EL SE
            IF N(1]=0.875 THEN
               WR:=2.16#PROFB
           FLÖF
              WRI=2.86*PROFB:
E D; (fin de un solo diametro)
PROCEDURE CONSTANTES
FIGIN
   API=(FI+SQR(DIAEMB))/4:
   TE NDV=2 THEN
      IF (N[1]=0.625)
                        AND (NE23=0.75) THEN
         BEGIN
           R1:=0.759-0.0896+AP
           A21=(PI+SOR(N[1]))/41
           R21=0.241+0.0096+AP11
           A11=(PI+SQR(N(23))/41
           L1:=PROFB#R1:
           L2:=PROF9+R2:
           PROFB:=L1+L2:
           P1:=L1/A2:
           P21=L2/A11
```

```
EKT=5.24DENAPROFBAR-ATFIFET7
       WR1=1.13*L1+1.69*L2:
       EC:=0.0010765;
     END
ELSE
  ۲F
     (NE13=0.75) AND (NE23=0.875) THEN
     BEGIN
       R11=0.786-0.0566#AP:
       A2==(PI+SQR(NE11))/4=
       RE1=0.214+0.0566#AP1
       A11=(PI+SOR(NC2]))/41
       L11=PROFB#R11
       L21=PROFB+R21
       PROFB:=L1+L2:
       P1:=L1/A2:
       P2:=L2/A1:
       ER:=5.2*DEN*PROFB*AP*(P1+P2)/TM:
       WR:=1.63#L1+2.22#L21
       EC:=0.000766:
     END
ELSE
     BEGIN
       R11=0.814-0.0375#AP1
       A2==(P1+SQR(NE13))/4=
       R21=0.186+0.0375#AP1
       A1==(PI#NE(:))/41
       L11=PROFB#R11
       LB:=PROFB#R2;
       PROFB1=L1+L21
       Pir=L1/A2:
       P2:=L2/A1:
       ER: =5.2+DEN+PROFB+AP+(P1+P2)/TM1
       WR:=2.22#L1+2.90#L2:
       EC:=0.0005731
     END
ELSE
  IF NOV-3 THEN
    IF (NE1]=0.42%) AND (NE2]=0.75) AND (NE3]=0.075) THEN
      BEGIN
       R1:=0.627-0.1393#AP:
       A31=(PI#SQL(NE11))/41
       R2:=0.199+0.0737#AP:
       A2_=(P1+50k(NE23))/41
       R3: #0.175+0.0655#AP;
       A1 = (PI#80E(NE33))/41
       L1:=PROFD#II:
       LEIFPROFBERGI
       L31=PROFB+R31
       PROFBIEL1+L2+L31
       P1:=L1/A3:
       P21=L2/A21
       P3:=L3/A1;
       ER = 5.2+DEN+PROFB+AP+(P1+P2+P3)/TM:
       WR:=1.13+L1+1.63+L2+2.22+L3;
       EC==0.000934
     END
ELSE
   BEGIN
       R1 := 0.664-(.0894+AP1
       A3:=(PI#5QF(NE13))/4:
       R2:=0.181+(.0478*AP:
       A2==(PI#SQF (NE2))/4:
       R31=0.155+(.0416+AF:
       A1 = (PI#SQF (N[3]))/4=
       L1 == PROFB#F11
       L2:=PROFB#F2:
```

```
L3 PROPERTI
           PROFB:=L1+L2+L3:
           P1:=L1/A3:
           P2:=L2/A2:
           P31=L3/A11
           ER:=5.2+DEN+PROFB+AP+(P1+P2+P3)/TM:
           WR:=1.63#L1+2.22#L2+2.90#L3:
           EC:=0.0006763333:
         END
     ELSE
       BEGIN
        (IF (N([1]=0.75) AND (N[2]=0.875) AND (N[3]=1.0) AND (N[4]=1.125) THEN:
          (BEGIN)
           R1:=0.582-0.111+AP
           A41=(PI+SQR(NE11))/41
           R21=0.150+0.0421+AP1
           A3:=(PI+8QR(N[2]))/4;
           R31=0.137+0.0364#AP1
           A2:=(PI+8QR(N[3]))/4:
           R4:=0.123+0.0325+AP;
           A1=(PI*NE41)/4:
           L1:=PROFB*R1:
           L21=PROFB#R21
           L3:=PROFB#R3:
           L4=PROFB#R4:
           PROFB:=L1+L2+L3+L4:
           P1==L1/A4:
           P2:=L2/A3:
           P31=L3/A21
           P4==L4/A1=
           ER1=5.2+DEN+PROFB+AP+(P1+P2+P.1+P4)/TM1
           WR:=1.63+L1+2.22+L2+2.90+L3+3.67+L4;
           EC1=0.00060551
         END
   END:(fin del constantes)
PROCEDURE MENSAJEERROR (COL, RENIINTEGER) ;
  R
  TECLAICHAR:
BEGIN
   GOTOXY (REN.COL) :
   WRITELN('
                      Error, dato fuera de rango');
   WRITELN('
                          Oprima cualquier tecla para continuar'):
   TECLA:=READKEY:
   GOTOXY (REN.COL) :
   WRITELN('
                                                 131
                                                                 133
   WRITELN('
END:
PROCEDURE DATOS2;
BEGIN
    CLRSCR:
                    PROPORCIONA LOS SIGUIENTES DATOS ( POZO CON DISEÃO CONVENCIO
    WRITELN('
    WRITELN('
    REPEAT
        GOTOXY(05,03);
        WRITE('
                  1.- DENBIDAD RELATIVA DEL ACEITE (AGUA=1) 1
                                                                           125
        GOTOXY(WHEREX-10.03);
        READLN(DEN):
        IF (DEN<0.5) OR (DEN>2.0) THEN
           MENSAJEERROR(04,05);
    UNTIL (DEN>=0.5) AND (DEN<=2.0):
    REPEAT
       GOTOXY(05,05);
                 2.- PROFUNDIDAD DE COLOCACION DE LA BOMBA EN PIES :
       WRITE('
```

and a second second

BUTUXYTWHEREA-IV.VU., READ(PROFB); IF (PROFB<500) OR (PROFB>20000) THEN MENSAJEERROR(06.05): UNTIL (PROFB>=500) AND (PROFB<=20000)1 REPEAT GOTOXY(05,07); WRITE(' 3.- CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS : GOTOXY(WHEREX-10.07); READ(LONGVAR) : IF (LONGVAR<=0) OR (LONGVAR>200) THEN MENSAJEERROR(08,05); UNTIL (LONGVAR>0) AND (LONGVAR<=200): REPEAT GOTOXY(05,09); • > ; 4.- DIAMETRO DEL EMBOLO EN PULGADAS : WRITE(' GOTOXY (WHEREX-10.09); READ(DIAEMB) IF (DIAEMB<=0) OR (DIAEMB>5) THEN MENSAJEERROR(10,05); UNTIL (DIAEMB>O) AND (DIAEMB<=5); REPEAT GOTOXY(05,11); 5.- VELOCIDAD DE BOMBEO EN EMBOLADAS POR MINUTO : WRITE(' GOTOXY (WHEREX-10,11); READ(EPH) : IF (EPM<=0) OR (EPM>30) THEN MENSAJEERROR(12,05); UNTIL (EPM>O) AND (EPM<=30); REPEAT GOTOXY(05,13): 121 WRITE(' 6.~ NIVEL DINAMICO EN T.R. EN PIES : GOTOXY (WHEREX-10,13); READ(NIDIN) IF (NIDIN<=0) DR (NIDIN>PROFB) THEN MENSAJEERROR(14,05); UNTIL (NIDIN>O) AND (NIDIN<=PROFB): REPEAT GOTOXY(05,15); 7.- PRESION EN LA BOCA DEL POZO EN LIBRAS/PULGADA^2 : WRITE(' GOTOXY (WHEREX-10,15); READ(PRESB) IF (PRESB <= 0) OR (PRESB>500) THEN MENSAJEERROR(16.05); UNTIL (PREGB>0) AND (PRESB(=500); REPEAT GOTOXY(05,17); B.- NUMERO DE DIAMETRO(5) DE VARILLA ( MAXIMO 4 ): WRITE(' GOTOXY(WHEREX-10,17); READ(NDV) IF (NDV<1) OR (NDV>4) THEN MENSAJEERROR(18,05) UNTIL (NDV>=1) AND (NDV<=4); IF NDV=1 THEN BEGIN WRITELNE WRITE(' DIAMETRO EN PULGADAS = '); READLN(NE13): CONSTANTES1 : END ELSE BEGIN WRITELN: WRITELN( PROPORCIONALOS DE FORMA CRECIENTE') : WRITELN;

121

2.20

```
FUR IT=I TU NUV DU
             BEGIN
                              DIAMETRO ',I,' EN PULGADAS
                                                          = '):
               WRITE('
               READ(NEI);
             END
           CONSTANTES:
         ENDt
    END:{fin de datos1}
F DCEDURE CALCULO3;
BEGIN
    ALFA:=(LONGVAR+SQR(EPM))/70500;
      IF NDV>1 THEN
          REGIN
              EP:#(46.5+ALFA+SQR(PROFB))/TM:
              SP:=LONGVAR+EP-ER;
          END
      ELSE
          BEGIN
              EP:=(40.8+ALFA+SQR(PROFB))/TM;
              SF:=LONGVAR+EP-ER;
          END
    QOT:=0.1484#AP#SP#EPM:
    WF:=0.433#DEN*(PROFB#ÅP-0.294#WR)1
E D: ( fin de CALCULO3)
 DCEDURE UCONV1;
E.
BEGIN
    WMAX:=WF+WR*(1+ALFA):
    WMIN:=WR*(1-ALFA-0.1273*DEN);
    CT:=0.5+WF+WR+(1-0.127+DEN);
    TP:=(WMAX-0.95+CT)+LONGVAR/2:
    LN:=NIDIN+(2.31*PRESB/DEN);
    HH1=7.36E-06+QOT+DEN+LN1
    HF:=6.31E-07+WR+LONGVAR+EPM;
    HB:=1.5+(HH+HF);
END: ( fin de unidad convencional)
BEGIN
    WMAX:=WF+WR*(1+0.7*ALFA);
    WMIN:=WR*(1-1.3*ALFA-0.1273*DEN);
    CT:=1,06#(WMAX+WMIN)/2;
    TP:=(WMAX-0.95+CT)+LONGVAR/2;
    LN:=NIDIN+(2.31*PRESB/DEN):
    HH1=7.36E-06+00T+DEN+LN;
    HF:=0.31E-07+WR+LONGVAR+EPH:
    HB1=1.5+(HH+HF);
END: ( fin de unidad aerobalanceada)
PROCEDURE UMARKIII;
BEGIN
    WMAX :=WF+WR*(1+0.6*ALFA):
    WMIN: #WR#(1-1.4#ALFA-0.1273#DEN):
    CT:=1.04+(WMAX+1.25+WMIN)/2;
    TP:= WMAX-0.95+CT) +LONGVAR/2;
    LN:=|IDIN+(2.31+PRESB/DEN):
    HH1=''.36E-06+00T+DEN+LN1
    HF:=:.31E-07+WR+LONGVAR+EPM1
    HB:=:.5+(HH+HF):
END: (fin de unidad markII)
PROCEDURI CUADRO(PX, PY, LH, LV: INTEGER) (
```

1

```
VAR
    I: INTEGER:
BEGIN
   GOTOXY(PX,PY);
   WRITE(CHR(201));
   FOR I #=1 TO LH DO
      WRITE(CHR(205));
   WRITE(CHR(197));
   GOTOXY(WHEREX-1,WHEREY+1);
   FOR I =1 TO LV DO
   BEGIN
      WRITE(CHR(186)):
      GOTOXY(WHEREX-1, WHEREY+1);
   END
   WRITE(CHR(188)):
   GOTOXY(PX,PY+1);
   FOR I1=1 TO LV DO
   BEGIN
       WRITE(CHR(186));
       GOTOXY (WHEREX-1, WHEREY+1);
   END:
   WRITE(CHR(200));
   FOR I:=1 TO LH DO
       WRITE(CHR(205));
END:
PROCEDURE PANTALLA;
BEGIN
   CLRSCR ;
   GOTOXY(01,02);
   WRITELN(' ':15, LONGITUDES DE VARILLAS POR DIAMETRO PROPORCIONADO:');
   WRITELN:
   WRITELN(' '118,'L1=',L1:5:0,' pies de varilla de ',N[1]:4:3,' Pulgadas');
WRITELN(' '118,'L2=',L2:5:0,' pies de varilla de ',N[2]:4:3,' Pulgadas');
   WRITELN(' '118,'L3=',L3:5:0,' pies de varilla de ',NE31:4:3,' Pulgadas');
   WRITELN(' ':18, 'L4=',L4:5:0,' pies de varilla de ',N[4]:4:3,' Pulgadas')
   GOTOXY (01,10)
   WRITELN(''125,'UNIDAD',' '111,'UNIDAD',' '111,'UNIDAD');
   WRITELN(' '122, 'CONVENCIONAL','
                                         AEROBALANCEADA
                                                                 MARK II')
   GOTOXY(01,14);
               Máxima carga',' ':56,'(1b)'):
   WRITELNC
               Minima carga',' ':56,'(1b)');
   WRITELN('
               Contrabalanceo', '154,'(1b)');
Par de Torsión', '154,'(1b-pg)');
   WRITELN('
   WRITELN('
               Esf. en var. sup.',' '151,'(15/pg^2)');
   WRITELN(
               Motor', ' '163, '(hp)');
   WRITELN('
               Gasto en la bomba',' ':51,'(bl/dia)');
   WRITELN('
   CUADRO(1,1,77,22);
   CUADRO (22,12,12,9);
   CUADRO (39,12,12,9);
   CUADRO (56,12,12,9);
END:
PROCEDURE IMPRIME (COLUMNA: INTEGER);
BEGIN
   GOTOXY (COLUMNA, 14) :
   WRITE(JMAX:6:0);
   GOTOXY (COLUMNA, 15);
   WRITE(AMIN:6:0);
   GOTOXY (COLUMNA, 16)
   WRITE(CT:6:0):
   GOTOXY (COLUMNA, 17) ;
   WRITE(TP:6:0):
   GOTOXY (COLUMNA, 18)
   WRITE(JMAX/A1:6:0);
   GOTOXY (COLUMNA, 19)
```

And the constant of the second

```
WRITE (HB: 5:0);
   GOTOXY (COLUMNA, 20) 1
   WRITE(QDT:6:0);
END
(inicia el programa principal)
F GIN
   OTROI='S':
   WHILE UPCASE(OTRO)='S' DO
     BEGIN
        INICIALIZA:
        DATOS2:
        CALCULÓ3:
        PANTALLA
        UCONV11
        IMPRIME(26);
        AERBAL1
        IMPRIME(43):
        UMARKII1:
        IMPRIME(60);
        BANDERA = TRUE :
        GOTOXY(15,23);
        WRITE('Desea haver otro diseño con ste
                                                  mtodo? [S/N]
                                                                 1):
        WHILE BANDERA DO
          BEGIN
              GOTOXY (WHEREX, WHEREY) ;
              OTRO: =READI EY
              IF (UPCASE(OTRO)='S') OR (UPCASE(OTRO)='N') THEN
                 BANDERA : = FALSE :
```

```
END
```

END;

F

(tin del programa principal)

```
PROGRAM SLANT MAS
      USES
        CR1.005:
      CONST
           TH=3000000.
      VAR
          N: ARRAY[1..5] OF REAL;
          TIPO.1.K. HOW: THIEBER:
          BEN, LONGVAR, DIAEND, EPH, NIDIH, GRADOSI,
         PROFVB, MAXANG1, LONGVER1, LONGDES2, LONGINCLI, HU2, HU3, PROFB: PEAL1
 ć.
          AP, R, V, ALFA, LT, R1, R2, R3, R4, A1, A2, A3, A4, ER, EP, SP, QOT,
          LT1, LT2, LT3, LT4, HL1, HL2, WL3, HL4, APAR, COEF,
  P
          COEF1, COEF2, ARIREAL;
                                                               (# para slapti y 2
                                                                                              1)
          TETA1, TETA2, TETA3, TETA4, WHAY, WHIN, CT, TP, LN, HH, NF, HB:REAL;
          PRESB:REAL:
         OTRO: CHAR:
          BANDERA: BOOLEAN:
      FUNCTION C(ARG:REAL):REAL:
      DEGIN
         C:=ARG#(P1/180);
      END:
      PROCEDURE INICIALIZA:
      BEGIN
         FOR K:=1 TO 5 DO
           M[K]:=0.0:
         EL... :. OI LONGVARI=0.01 DIAEMBI=0.01 EPHI=0.01 NIDIMI=0.01
         GRADOSI:=(1.0; MOF T:=0.0; MATANG::=0.0; LONGVER1:=0.0; LONGDES2:=0.0;
          LONGIWCL1:=0.0: NU2:=0: NU3:- .0: AP:=0.0: R:=0.0: V:=0.0: ALFA:=0.0:
         LT:=0.0; P1:=0.0; R2:=0.0; R3:=0.0; R4:=0.0; A1:=0.0; A2:=0.0; A3:=0.0;
          A41=0.0; ER1=0.0; EP1=0.0; SP1=0.0; Q0T1=0.0; LT11=0.0; LT21=0.0+
         LT3:=0.01 LT4:=0.01 ML1:=0.0; TETA4:=0.01
         ML2:=0.0; ML3:=0.0; ML4:=0.0; APAR:=0.0; COEF:=0.0; COEF1:=0.0;
         COEF2:=0.0; AR:=0.0; TETA1:=0.0; TETA2:=0.0; TETA3:=0.0; WHAX:=0.0;
         WM1N:=0.0: CT:=0.0: TP:=0.0: UN:=0.0: HH:=0.0: HF:=0.0: HB:=0.0:
          PRESB:=0.0:
あるがなみるのかな 教室をおりたいのではない、教室のためである
      END:
      PROCEDURE HENSAJEERROR(COL,REN:INTEGER);
      ¥, AP
        TECLA: CHAP :
      BEGIN
         GOTOXV(REN,COL);
         WRITELH(*
                             Errer, date fuera de rango"):
         URITELN(*
                                 Oprima cualquier tecla para centinuar<sup>1</sup>);
         TECLA:=RE=DKEY;
         GOTOIY(PE*,COL);
         WRETELH( !
                                                         1)1
         WRITELNES
                                                                          1)1
      END:
      PROCEMURE SLANTS:
      hFGfm
          AR:=(PI#S(R(N[1]))/4;
          AP:=(PI#SUR(DIAEND>)/4;
          R:=1801100/(PI1GRADOS1):
         VI=0.00436330LONGVAREEPH:
          ALFA:=(LUHGVARISOR(EPH))/70500;
          ER:=0.00000017332#DEWWWIDIN#(AP-AR)#((LUNGVE91/AR)+(LONGDES2/AR)+(LUNGINCL1/AR)):
          APAR:=AP-AR:
```

```
L+1=LONGVERI+LONDINCLI+LONDVES2
   IF N[1]=0.625 THEM
      BEG1N
         NL1:=1.160LONGVER1:
         HL2:=1.161L0WGDE52:
         HL3:=1.16tLONGINCL1;
      END
   ELSE
      1F N[1]=0.75 THEN
         BEGIN
            HE1:=1.63#LOWGVER1:
            #L2:=1.63#LONG@E52;
            ML3:=1.638LONGINCL1;
          END
      ELSE
         JF 4117=0.875 THEN
            SEGIN.
               HL1:=2.36#LONGVER1:
               HL2:=2.168LGHG0E52:
               ML3:=2.16#L0WG19CL1;
            ENG
         ELSE
             IF MILLS.O THEN
                DEGIN
                   HL1:=2.0801000VER1:
                   ML2:=2.881LONG#E92:
                   WE3:=2.80#LONGINCL1:
                 END:
   LT1:=LT:
   EP:=4E-070ALFAS(LONGVER1+LONGDES2+LONG1NCL1)$(HL1+HL2+HL3)/AR;
   SP:=LONGVAR+EP-ER:
   ODT:=0.14848AP85P8EPH:
   Al:=AR:
END:{ fin de slanti}
PROCEDURE SLANT2:
REGIN
  AP:=(PIISOR(DIAEND))/41
  R:=18011(#/(PI1(RABOS1))
  V:=0.0043+338LONGVAREEPH:
  ALFA:=(LUNGVARISOR(EPH))/70500;
  LT:=LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1;
  IF NDY=2 THEN
     IF (NE1]=0.625) AND (NE2]=0.75) THEN
        BEGIN
          £1:=0.759-0.089614P1
          R2:=0.241+0.08968AP1
          A2:={PI450P(N[1]))/4;
          A1:=(PI0SQP(M[2]))/4;
          LT1:=RISLT;
          172:=17-171:
          COEF: +LONGVER1/LT1:
          IF COEF=1 THEM
             DEGIN
                HL11=1.6381046VER1;
                HL2:=1.160L0W60E52:
                HL3:=1.161L00010CL1:
             FMD
          FUSE
             IF COEF'S THEN
                BEGIN
                   HE1:=1.63#172+1.168(LONGVEF1-172);
                   HI 2:=1.161100GDES2;
                   Ht 3:=1.1+1LONGINCLI;
                END
             ELSE
```

```
JEGIN
              ML1:=1.63#LOWOVERI:
              COEF1:=(LONGVER1+LONGDES2)/LT2:
IF COEF1=1 THEN
                  DEGIN
                     Ht2:=1.63HLONGDES2;
                     HL31=1.16$LONGINCL1;
                  END
              ELSE
                 IF COEFINI THEN
                    BEG]N
                      HL2:=1,63#(LT2-LONGVER1)+1.16#((LONGVER1+LONGBES2)-LT2):
                       ML3:=1.161LOWGINCL1;
                    END
                 ELSE
                    DEGIN
                       HL2:=1.63tLONGDE52;
                       HL3:=1.638(LT2-(LONGVER1+LONGDES2))+1.168((LONGVER1+LONGDES2+LONGINCLI)-LT2);
                    END:
           END;
     ER:=0.00000017332#DEN#NIBIH#(AP-A2)#((LTI/A2)+(LT2/A1));
     EP:=4E-078ALFA8(LT1+LT2)8(HL1+HL2)/A21
     APAR:=AP-A2:
     QOT+=0.1484#AP#(LONGVAR+EP-ER)#EP#;
   END
ELSE
  IF (H(1]=0.750) AND (N[2]=0.075) THEN
     BENIN
        B11=0.786-0.056688P;
        R2:=0.214+0.05668AP1
        A2:=(PI#SQR(N[1]))/4;
        A1:=(PE#SQR(H[2]))/4;
        LT1:=R1#LT;
        1721=17-1711
        COEF:=LONGVER1/LT2:
        IF COEF=1 THEN
           BEGIN
              JUL1:=2.16:LOWGVER1:
              #L2:=1.638L0#08E92:
              HL3:=1.639LONGINCL1;
           END
        ELSE
          IF COEFNI THEN
             BEGIN
                 HL11=2.16#LT2+1.63#(LONGV/R1-LT2);
                 #L2:=1.638L0000ES2:
                 HL31=1.638LONGINCL11
             EHO
          ELSE
            DEGIN
                HL1:=2.16#LOWSVER1:
                COEF1:=(LONGVER1+LONGDES2)/LT2:
                IF COEF1=1 THEN
                  BEGIN
                     #L21=2.161LONGDES21
                     HL3:01.638LT1:
                  END
               ELSE
                  IF COEF131 THEM
                    BEGIN
                        HL2:=2.168(LT2-L0HGVER1)+1.634((LONOVER1+LONGRES2)-LT2):
                       NL3:=1.63PLONGINCLI;
                    £₩D.
                 ELSE
                   DEGEN
```

```
HL2:=2.16#LONGDES2;
```

```
END:
              ENDI
          ER:=0.0000001733280ENENIDIN*(AP-A2)*((LT1/A2)*(LT2/A1));
          EP:=4E-07#ALFA#(11+LT2)#(WL1+WL2+WL3)/A2:
           APAR:=AP-A2:
          QOT1=0.1484EAPE(LONGVAR+EP-ER)SEPH1
        END
     ELSE
      DEGIN
         #1:=0.814-0.0375#AP:
         R21=0.106+0.03758AP1
         A2:=(P1#SOR(N[1]))/4:
          A1:=(?[@SOR(H[2]))/4;
         LT1:=R1#LT:
         LT21=LT-LT11
         COEF1=LONGVER1/LT2:
         IF COEF=1 THEM
            HEGIN
               HL1:=2.881L0W6VER1:
               ML21=2.168L0MG9ES21
               HL3:=2.161L00010CL1:
            END
         ELSE
           IF COEF21 THEN
              #EG1N
                 #L1:=2.88#LT2+2.16#(LONGVER1-LT2);
                 WL2:=2.16110000E52:
                 WL3:=2.16#LONGINCLI
              END
           ELSE
             95614
                ML1:=2.88#1806VER1;
                COEF1:=(LONGVER1+LONGDES2)/I.T2:
                IF COEFIEL THEN
                   BEGIN
                      NL2:=2.008L0NGHE52;
                      WL3:#2.16#L00610CL1:
                   END:
                 ELSE
                   IF COEFIDI THEN
                      BEGIN
                         NL2:=2.00*(LT2-LOW-VER1)+2.16+((LONGVER1+LOHODE52)-LT2);
                         HL31=2.161LONGINCE11
                      END
                   ELSE
                     BEGIN
                        #L2:=2.984L0860ES2;
                        HL3:=2.000(LT2-(LONGVERI+LONGDES2))+2.160((LONGVERI+LONGDES2+LONGINCL1)-LT2);
                     END:
             END:
         ER:=0.000000173328DEMENIBIRE(AP-A2)#((ET1/A2)+(ET2/A1))1
         EP:#4E-078ALFA1(LT1+LT2)8(#L1+#L2+#L3)/A2:
         APAR:=##-#2:
         00T:=0,14848AP8(LONGVAR+EP-ER)8EPH;
      EH®
E'.SE
 IF NOVER THEN
   IF (N[1]=0.625) AND (N[2]=0.75) AND (N[3]=0.875) THEN
     BEGIN
        P1:=0.627-0.13984P;
        R2:=0.199+0.0/37EMP;
        R3:=0.175+0.0+551AP:
        A3:=(P1090R(W[1]))/4;
        A2:=(P1890R(H[2]))/4;
```

```
A1:=(P1090R(N[3]))/4;
```

```
11110010111
LT2:#28LT:
LT3:=LT0R3;
COEF:=LONGVER1/LT3;
IF COEF=1 THEM.
   BFGTM
      ML1:=2.16#LT3:
     COEF1:=(LONGVER1+LONGDES2)/(LT3+LT2):
      IF COEFI=1 THEN
         BEGIN
            HL2:=1.63#LONGDES2:
            Ht3:=1.161LONGINCL1;
         END
     ELSE
        IF COEFIDI THEN
           BEGIN
             HL2:=1.630((LT3+LT2)-LONGVER1)+1.160((LONGVER1+LONOBES2)-(LT3+LT2)):
              HL3:=1.16tLONGTHCL1;
           FUS
        ELSE
          REGIM
             ML21=1.631LON60E521
             ML3:=1.63#((LT3+LT2)-(LONGVER1+LONGDES2))+1.16#(LT-(LT3+LT2));
          ENG
   END
ELSE
  IF COEFSE THEN
    DEGIN
        ML1:=2.16#LT3+1.63#(LONGVER1-LT3);
        COEF11=(LONGVER1+LONGDES2)/(LT3+LT2):
        IF COEFI=1 THEM
           AFOIN
              HL2:=1.638L000HE52;
              HL3:=1.168LONGINCL1;
           EHQ
        ELSE
          IF COEF1>1 THEN
             NEGIN
                #L2:=1,63#((LT3+LT2)-LONGVER1)+1.16#((LONGVER1+LONGDES2)-(LT3-LT2));
                #L3:=1.168L006[NCL1;
             {#b
          ELSE
            REGIN
               HL2:=1.638L0008E52;
               HL3:=1.63#((LT3+LT2)-(LONGVER1+!(NGBE52))+1.16#(LT-(LT3+LT2));
            END
    EVA
 ELSE
    DEG1N
      HL1:=2.161LONOVER11
       COEF1:=(LONGVER1+LONGDES2)/(LT3+LT2)1
       IF COEF1=1 THEN
          MATH
             #L2:=2.16#(LT3-LONGVER:)+1.63#LT2:
             ML3:=1.16#LT1:
          END
      ELSE
         IF COEFINE THEN
            NEGIN
               ML2:=2.168(1T3-1000VER1)+1.638(12+1.168((LONGVER1+LONGDES2)-(LT3+LT2)):
              #L3:=1.16110001HCL1;
            END
         ELSE
           BEGIN
              COEF21=(LONGVER1+LONGDES2)/LT3;
              IF COEF2=1 THEM
```

```
|\psi_{i,j}| = \sum_{i=1}^{n} |\psi_{i,j}| = |\psi_{
```

```
A.H.
                          W121=2.160LONGDES21
                          HL31=1.630LT2+1.160LT11
                       END
                   ELSE
                      25010
                         #L2:=2.14#LOWGDE52;
                         NL3:=2.16#(LT3-(LONGVER1+LONODES2))+1.63#1T2+1.16%LT1;
                      ENDi
                ENDI
         ENDt
     ER:=0.00000017332#BEWIWIDIM#(AP-A3)#((LT1/A3)+(LT2/A2)+(LT3/A1));
     EP:=4E-078ALFA9LT8(HL1+HL2+HL3)/A3;
     APAR:=AP-A3:
     QOT:+0.14048APS(LONGVAR+EP-ER)SEPH;
  END
ELSE
  JEGIN
     R1:=0.664-0.08948AP;
     P2:=0.191+0.04781AP;
     R3:=0.155+0.04168AP;
      A3:=(PI4SOR(N[1]))/4:
     A2:=(#1150R(N[2]))/4;
     A1:=(PI#90R(H[3]))/4;
     LTISLIT
     LT21-LT0921
     LT3:=LT-(LT1+LT2)1
     COEF:=LONOVER1/LT3;
      1F COEF=1 THEN
         REGIM
            HL1:=2.89#LT31
           COEF1:=(LONOVER1+LONGDES2)/(L13+LT2):
            IF COEFI=1 THEN
               REGIN
                  HL2:=2.161L0NGDES21
                  HL31=1.63BLONGINCL1;
               ÐÐ
           ELSE
             IF COEF1>1 THEM
                REGIN
                    ML2:=2.16#((LT3+LT2)-LONGVER1)+1.63#((LONGVER1+LONGDES2)-(LT3+LT2));
                   HL3:=1.63:LONGINCL1:
                £110
             ELSE
               BEGIN
                  HL21+2.16110000E921
                  HL3:=2.168((LT3+LT2)-((ONOVER!+LONGDES2))+1.14*(LT-(LT3-LT2));
               EN
        END
     ELSE
        IF COEF21 THEM
          BEGIN
             WL1:=2.88#LT3+2.16#(LONGVER1-LT3);
             COEF1:=(LONGVER1+LONGDES2)/(LT3+LT2);
             IF COEFI=1 THEN
                BEGIN
                    #L21+2.164L0WGHES21
                    HL31=1.631LONGINCL1:
                £NÐ
             ELSE
                IF COEF131 THEN
                  REGIN
                      ML21=2.168((LT3+LT2)+LONGVER1)+1.638((LONGVF#1+LONGDES2)-(LT3-LT2));
                      HL31=1.038L00GINCL1;
                   END
                ELSE
```

```
DUIL
                         HL21+2.168LDW09ES2;
                         ML3:=2.160((LT3+LT2)-(LONGVER1+LONGDE52))+1.63#(LT-(LT3+LT2));
               END
            ELSE
              BEG1N
                 ML1:=2.88#LOWGVER1;
                 COEF1:=(LONGVER1+LONGDES2)/(LT3+LT2);
                 1F COEF1=1 THEN
                    REG1N
                       ML2:=2.081(LT3-LONGVER1)+2.161LT2:
                       ML3:=1.630LT1:
                    END
                 ELSE
                   IF COEFIDI THEM
                      DECIN
                         #L2:=2.88#(LT3-LONGVER1)+2.16#LT2+1.63#((LONGVER1+LONGBER2)-(LT3+LT2));
                         HL3:=1.63110001HCL1;
                       END
                   ELSE
                     BEGIN
                        COEF2:=(LONGVER1+LONGDES2)/LT3;
                        IF COEF2=1 THEN
                           MEG3N
                              HL2:=2.001L0HG0E52:
                              ML3:=2.160LT2+1.630LT1:
                           END
                        ELSE
                          DEG1N
                             HL2:=2.08110HGBES2:
                             NL3:=2.888(LT3-(LONGVER1+LONGDE52))+2.16*LT2+1.638LT11
                          ENDL
                     END:
              ENDa
         # ER1#0.00000017333200EN#NIDIN#(AP-A3)#((LT1/A3)+(LT2/A2)+(LT3/A1));
          EP:=4E-078ALFA8LT8(ML1+HL2+HL3)/A3;
          APAR:=AP-A31
          QOT:=0.1484$AP$(LONGVAR+EP-ER)$EPH:
       END:
END; { fin de slant2}
PROCEDURE DATOS:
BEGEN
  CLRSCR:
  WRITELHC*
                  PROPORCIONA LOS SIGUIENTES DATOS ( POZO TIPO SLAWT V');
                                  WRETELH(*
  REPEAT
     0010XY(05,03);
     WRITE( 1 1.- DEWSIBAD RELATIVA DEL ACEITE :
                                                        171
     001014 (WERE1-10,03)
     READ(DEN):
      IF (BEN(0.5) OR (BEN)2) THEN
        HENSAJEEPROR(04,05);
  UNTIL (BEN)=0.5) AND (DEN(=2.0);
  REPEAT
     GOTOXY(05,04);
     WRITE(1 2.- LONGITUD VERTICAL ANTES DE INICIAR DESVIACION EN PIES) :
                                                                                  1)1
     GOTOXY (WHERET-10, 04);
     READ(1)MGVER1);
     IF (L(HENERI(=0) OR (LONGVEF1)R000) THEN
         MENSAJEERROR(05,05);
  UNTIL (LONGVERI)) AND (LONGVERI(=0000):
  REPEAT
     GOTOXY (05,05);
                                                                     'n
     WRITE(1 3. - LONGITUD DE LA ZONA DE DESVIACION EN PIES :
```

top ( Casterio

GUTUIT (INTEREX-10.05): READ(LOWGDES2); IF (LONGDES2(=0) OR (LONGBES2)20000) THEN HENSAJEERRON(06,05); UNTIL (LONGDES230) AND (LONGDES2(=20000); REPEAT GOTOXY(05.06); WRITE(! 4.- GRADOS DE DESV. POR CADA 100 PIES EN LA ZONA ARQUEADA : GOTOXY(WHEREX-10,06); READ(GRADOS1); IF (ORADOSI(O) OR (GRADOSI)90) THEN HENSAJEERROR(07,05); UNTIL (GRADOSID=0) AND (GRADOSI(=90); REPEAT 00TONY('5,07); 1)1 WRITE(\* 5.- MALLIO ANGULO ALCANZADO EN LA PARTE ARQUEADA : GOTOXY(WHEREX-10,07); READ(MAXANG1): -IF (MAXANGI(O) OR (MAXANGI>90) THEM HENSAJEERROR(08,05); UNTIL (MAIANGI)=0) AND (MAIANGI(=90); REPEAT GOTOXY(05,00); WRITE(\* 6,- COEFICIENTE DE FRICCION EN LA PARTE ARQUEADA 2 ŋı, GOTOXY(WHEREI-10,08); READ(HU2): IF (HU2(0) OR (HU2>10) THEN MENSAJEERROR(09,05); UNITEL (HU2>=0) AND (HU2<=10); REPEAT GOTOXY(05.09); WRITE(1 7.- LONGITUD DE LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO EN PIES : 1); GOTOXY(WHEREX-10,09); READ(LONGINCL1); IF (LONGINCLICO) OR (LONGINCLI>20000) THEN MENSAJEERROR(10.05): UNTIL (LONGINCLI>=0) AND (LONGINCLI(=20000); REPEAT GOTOXY(05,10); WRITE( .- COEFICIENTE DE FRICCION EN LA ZONA DE ANGULO SOSTENIOU : COTOXY(WHEREE-10,10); READ(MU3); 1F (#U3(=0) OR (#U3)10) THEN NEWSAJEERROR(11.05); UNITIL (NU3>0) AND (NU3<=10)1 REPEAT GOTONV(05.11): HRITE(\* 9.- CARRERA DE LA VARIELA PULIDA EN PULGADAS : '): GOTOXY(WHEREX-10,11); REAB(LONGVAR): IF (LONGVAR(O) OR (LONGVAR)200) THEN HENSAJEERROR(12.05): UNTIL (LONGVAR)=0) AND (LONGVAR(=200): REPEAT 0010XY(05,12)1 WRITE("10.- DIAMETRO DEL ENDOLO DE LA BONDA EN PULGADAS 1 1)1 GOTOIY(UNERE1-10,12); READ(DIAEND); IF (DIAEND(=0) OR (DIAEND)5) THEN HENSAJEERROR(13,05); UNTIL (BIAEND)0) AND (DIAEND(=5)1 REPEAT 60TOTY(05.13); WRITE("11.- VELOCIDAD DE BONDEO EN EMBOLADAS POR MINUTO I 1); GOTOIY(WHEREI-10,13); READ(EPH):

271

1):

```
TF (EPH(PU) UN (EPH)SU) THEN
         MENSAJEERROR(14,05);
   UNTIL (EPH)0) AND (EPH(=30);
REPEAT
      GOTOXY(05,14);
      WRITE('12.- NIVEL DINANICO VERTICAL EN T.R. EN PIES :
                                                                      1);
      GOTOXY(WHEREX-10,14);
      READ(NIDIM);
      IF (WIDIN(=0) OR (WIDIN)LONGVER1+LONGINCLI+LONGBES2) THEN
         MENSAJEERROR(15,05);
   UNTIL (NIDIN)0) AND (NIDIN(=LONGVERI+LONGINCLI+LONGDES2);
   REPEAT
      GOTOXY(05,15);
      WRITE(*13.- PROFUNDIDAD VERTICAL BE COLOCACION BE LA BONBA EN PIES :
                                                                                      1)1
      GOTOXY(WHERE1-10,15)
      READ(PROFVD):
      IF (PROFVB(=0) OR (PROFVD)LONGVER1+LONGINCL1+LONGDES2+NEDIH) THEM
         MENSAJEERROR(16,05);
   UNTIL (PROFUSIO) AND (PROFUS(=LONGVERI+LONGINCLI+LONGDES/+NIDIN):
   REPEAT
      GOTOXY(05,16);
      WRITE("14.- CONTRAPRESION EN LA BOCA DEL POZO EN PSIA :
                                                                         יור
      GOTOXY(WHEREX-10,16);
      READ(PRESB);
      IF (PRESB(0) OR (PRESB)500) THEN
         HEWSAJEERROR(17,05);
   UNTIL (PRESEND) AND (PRESE(=500);
   WRITELN:
   REPEAT
      GOTOXY(05,17);
      WRITE('NUMERO DE DIAMETROS DE VARIELA ( MAXIMO 3 ):
                                                                    1)1
      GOTOXY(WHEREX-10,17);
      READ(NOV):
      IF (NOV(1) OR (NOV)4) THEN
         HENSAJEERROR(18,05);
   UNTIL (NDV)=1) AND (NDV(=4);
   IF NOV=1 THEN
      ĐEGIN
                   DIAMETRO 1,1,1 EN PULGADAS = 1);
        WRITE(*
        READ(NE1]):
        SLAMT1:
      END
    ELSE
      BEGIN
        WRITEENCE
                     PROPORCIONALOS DE HANERA ASCENDENTE');
           FOR II=1 TO NOV DO
           BEOIN
             WRITE('
                        DIAHETRO ', I, ' EN PULGABAS = ');
             READ(W[1]);
           END:
        SLANT2:
      END:
END:{ fin de datus3}
PROCEDURE UCOWV2:
DEOIN
   TETA1:=HU2#(1-COS(C(#AXANG1)));
   TETA2:=(NU2#SQR(V)#NAXANGI)/(32.2#R);
   TETA3:=(HL1+HL2+HL3)#ALFA1
   FETAL:=(SIN(C(MAXANGE))+TETA1+TETA2);
   WMAX;=(HL1+HL24TETA6+HL34(HU315TH(C(HAXANG1))+COS(C(HAXANG1)))#(1+A1FA-0,1262028BEN)+0,4338BEN9PR0FVP&APAR2
   WNIN1=(HL1+HL2F(SIN(C(HAXANO1))-TETA1-TETA2+HL3F(COS(+(HAXANO1))-HL-IBIN(C(HAXANO1))))1(1-ALFA-0.1273#DEN)1
   CT:=0.5#(WHAX+WHIN);
   TP:=(WMAI-0.958CT)8LONGVAR/21
   LW:=H101H+(2.318PRESB/DEN): .
   HH:=7.36E-0619010DENILN:
```

WI:=1.205-001401405441

いっていたのである

1.000

2

and the second second second

```
MF3=6.JTE=078(MLT+MLTERCS)+(C(MAXANGT)))+TETA1+TETA2)+HLST(NOSUBIN(C(MAXANGT))+COS(C(MAXANGT))))TEONOVARTEPH;
HB:=1.S0(NH+HF);
END;{fin de xconv?}
```

```
PROCEDURE AEPBAL21
PEGIN
   TETA1:=NU20(1-COS(C(HAXANGL)));
   TETA2:=(MU24SQR(V)#MAIANG1)/(32.2#R):
   TETA3:=(HL1+HL2+HL3)#ALFA:
   TETA4==(SIN(C(NAXANGL))+TETA1+TETA2);
   WMAT==(HL1+HL2#TETA4+NL3#(HU3#SEN(C(MAXANGL))+COS(C(MAXANGL))))#(1+0.7#ALFA-0.126207#BEN)+0.433#DEN#PROF¥B#APAR1
   WHIN:=(H) 1+HL20(SIN(C(HATANG1))-TETA1-TETA2)+HL3*(COS(C(MATANG1))-HU '$SIN(C(HATANG1)))8(1-1.30ALFA-0.12738BEN)1
   CT:=1.06t(WHAI+WHIN)/2;
   TP:=(WMAX-0.958CT)8LONGVAR/2:
   LN:=WIDIN+(2.318PRE9B/DEN);
   HH:=7.36E-061QOTEDENALN:
   HF:=6.31E-074(NL1+HL28(SIN(C(NAXANG1))+TETA1+TETA2)+NL3:(NU3$SIN(C(N**ANG1))+COS(C(NATANG1))))#LONGVAR#EPN:
   HB:=1.58(HH+HF):
END;{ fin de aerba12}
PROCEDURE UNARTI2:
EGIN
   TETA1:=HU24(1-CUS(C(HATANG))));
   TETA21=(NU2#SOR(V)INAIANG))/(32,21R)1
   TETA31=(HL1+H12+H13)#ALFA1
   TETA4:=(SIN(C(MATANOI))+TETA1+TETA2);
   WAX:=(HL1+HL2&TETA4+HL3#(WJ3#STH(C(HAXANGI))+COS(C(HAXANGI))))#(I+(..6#ALFA-0.126207#DEN)+0.433#DEN#PROFW##APARI
   WHIN:=(ML1+HL28(SIN(C(HAXANG1))-TETA1-TETA2)+HL38(COS(((HAXANG1))-HU/#SIN(C(HAXANG1))))0(1-L.40ALFA-0.127300EN)1
   CT:=(1.048(WMA1+1.258WHIN))/2;
   TP:=(WMAI-0.951CT)1LONGVAR/2;
   LW:=WIDIN+(2.318PRESB/DEN);
   HH:=7.36E-06100TEDENELN:
   HF==6.31E=078(WL1+HL28(5IN(C(HAXAHG1))+TETA1+TETA2)+HL38(WU38SIN(C(HAXAHG1))+C@S(C(HAXAHG1))))8LONGVAR8EPH1
   HB:=1.5#(HH+HF);
END:{ fin de unar112}
PROCEDURE CUADRO(PI, PY, LH, LV: INTEGER):
VAR
   1:INTEGEP:
BEOIN
   GOTOIY(P(.PY))
   WRITE(CHR(201));
   FOR [1=1 10 LH 00
     WR1TE((HR(205));
   WRITE(CHR(187));
   GOTOXY(WHEREX-1, WHEREY+1);
   FOR Is=1 TO LY DO
   SEGIN
     WRITE((HR(196));
     GOTOIN(WHEREI-1, WHEREY+1);
   END:
   WRITE(CHF(188));
   GOTORY(PT,PY+1);
   FOR 1:=1 TO LV DO
   REGIN
      URITE(CHR(106));
      GOTOXY (WHEREI-I, WHEREY+1);
   END:
   WRITE(CH*(200));
   FOR 1:=1 10 LH 90
      WRITE(CHR(205));
```

```
PUTCEDURE PRIMILLAS
BEGIN
   CLRSCR:
   COT011(01,02);
   WRITELN(' ':15, 'LONGITUDES DE VARIELAS POR DIAMETRO PROPORCIONADO; ');
   WRITELN
   WRITELN(* ':18,'L1=',LT1:5:0,' pies de varilla de ',W[i]:4:3,' Polgadas');
   WRITELN(* 1:10, 12=1, LT2:5:0, 1 pies de varille de 1, N[2]:4:3, 1 Pulgadas1);
   HPITELN(1 1:18, 1L3=1, LT3: 5:0, 1 pies de varilla de 1, N[3]:4:3, 1 Pulgadas1);
   60T019(01,10);
   WRITELN(* +:25, 'UNIDAD', ' +:11, 'UNIDAD', ' ':11, 'UNIDAD');
   WRITELN(1 1:22, CONVENCIONAL1, 1 AEROBALANCEADA
                                                            MARK EI');
   GOTUTY(01,14)1
   #RETELH(1 Haxima carga1,1 1:56,1(16)1);
   WPITELN(* Minima carga*,* 1:55,*(16)*);
   WRITELN(' Contrabalances',' ':54,'(1b)');
   MPETELN(* Par de Tersión*,* *:54,*(16-pg)*);
   WRITELN(' Est. en var. sup.',' ':51,'(16/pg'2)');
   WRITELN(1 Mator1,1 1:63,1(kp)1);
   WRITELN(* Gasto en la bomba',* ':51;*(bl/dia)*);
   CUADPO(1,1,77,22);
   CUADPO(22,12,12,9);
   CUADRO(39,12,12,9);
   CUADRO(56,12,12,9);
END:
PROCEDURE IMPREME(COLUMMA:INTEGEP);
REGIN
   GOTOLY(COLUMNA, 14);
   WRITE(WMAI:6:0);
   GOTOLY(COLUMNA,15);
   WRITE(WHIN:6:0);
   GOTORY(COLUMNA, 16);
   WP1TE(CT:6:0);
   COTOSY(COLUMNA, 173;
   WRITE(TP:6:0)1
   SOTOXY(COLUMNA, 18);
   WRITE(WMAX/A1:6:0);
   GOTOXY(COLUMNA, 19);
   WP1TE(HB:6:0);
   GOTOLY (CULUMNA, 20);
   WFITE(001:++0);
ENO:
fi seka el trograma principali
制动物
   0190:=151:
   WHELE UPPASE(OTRO)=151 DU
     DEGIN
        INICIALIZA;
        DATUS:
        PANJALLA:
        UCUNV2;
        1HPPIAE(26);
        AEP8412;
        IMPRIME(43);
        UMARIE2:
        IMPRIME(60);
        BANDERA:=TRUE:
        60101/(15.23);
        WRITE('Desea hacer otro diseño con éste método? [5/N] ');
        WHILE BANDERA DO
          BEGIN
             GOTOXY(WHEPET,WHEREY);
             NTRO:=READXEY:
```

. . .

2

ξ,

新知道 いったののいた

TF (UPCASE(OTRO)=TST) OR (UPCASE(OTRO)=TNT) (HEN BANDERA:=FALSE; END;

END:

FND.

## the del programa principal)

## PROGRAM ST USES CRT,DOST COWST

TH=30000000;

## VAR

```
N: ARRAY[1..5] OF REAL;
   TIPO.I.K.NDV:INTEGER:
   DEN, LONGVAP, DIAENB, EPH, NIDIN,
   PROFVB.LONGVER1.LONGDES2.LONGIWCL1.NU2.PROFD:REALT
   AP, Y, ALFA, LT, R1, R2, R3, R4, A1, A2, A3, A4, ER, EP, SP, OOT, NU3,
   111, LT2, LT3, WL1, HL2, WL3, HL4, APAR, COEF,
   COEF1, COEF2, AR, COEF11, TETA4, TETA5, TETA6:REAL;
   TETAL, TETA2, TETA3, WHAX, WHIN, CT, TP, LN, HH, HF, HB:REAL:
   PRESD, GRADESV1, GRADESV2, NIANG1, NIANG2, LONGDES4, LONGDESV5, HU4: REAL;
   RRI, RR2, ML5, COEF3, COEF4, COEF5: REAL;
   OTRO: CHAR;
   BANDEPA: MOULEAN:
FUNCTION CLARGEREAL):REAL;
DEGIN
   C:=ARG#(P1/180);
END:
PROCEDURE INICIALIZA:
BEGIN
   FOR K:=1 TO 5 DO
     W[K]:=0.0:
   BEN:=0.0; LONGVAR:=0.0; DIAENB:=0.0; EPM:=0.0; NIDIN:=0.0;
   PROFVB:=0.0; LONGVER1:=0.0; LONGDES2:=0.0; TETA4:=0.0; TETA5:=0.0;
   LONGINCLI:=0.0: NU2:=0: AP:=0.0: V:=0.0: ALFA:=0.0: TETA6:=0.0:
   LT:=0.0; R1:=0.0; R2:=0.0; R3:=0.0; R4:=0.0; A1:=0.0; A2:=0.0; A3:=0.0;
   A4:=0.0: ER:=0.0: EP:=0.0: SP:=0.0: 00T:=0.0: LTI:=0.0: LT2:=0.0:
   LT3:=0.0; ML1:=0.0; COEF11:=0.0; MU3:=0.0;
   HL2:=0.0; HL3:=0.0; HL4:=0.0; APAR:=0.0; COFF:=0.0; CUFF1:=0.0;
   COEF2:=0.0; AR:=0.0; TETA1:=0.0; TETA2:=0.0; TETA3:=0.0; WHAX:=0.0;
   WIN:=0.0; CT:=0.0; TP:=0.0; LN:=0.0; Wi:=0.0; Hf:=0.0; HB:=0.0;
   PRESB:=0.0; GRADESV1:=0.0; GRADESV2:=0.0; M:ANG1:=0.0; MXANG2:=0.0; IONGDES4:=0.0; LONODESV5:=0.0;
   MU4:=0.0: RR1:=0.0: RR2:=0.0; ML5:=0.0; COEF3:=0.0: COEF4:=0.0:
```

## END:

```
PROCEDURE NEWSAJEERROR(COL,REN:INTEGER);
VAR
TECLA:CHAF;
BEGIN
GOTOXY(PEN,COL);
WRITELM(' Error, dato fuera de rango');
WRITELM(' Oprima cualquier tecla para continuor');
TECLA:=PEADKEY;
GOTOXY(REN,COL);
WRITELM(' ');
```

WRITELN(\* END:

PROCEDURE ESE1; BEGIN AP:=(P1850R(N[1]))/4; AP:=(P1850R(BIAENB))/4; APAR:=AP-AR; ALFA:=(LONGVARtSOR(EPN))/70500; V:=0.00036331(DMGVARtPN; V:=0.0036331(DMGVARtPN; V:=0.003631(DMGVARtPN; V:=

```
KELISTIOU/(FITCHADESVI);
   PR21=180$100/(P18GRADE5V2)1
   ER:=0.000000173328DENINIDIMSAPARSPROFVE/AP:
   1F HE1]=0.625 THEN
      BEGIN
         ML1:=1.161LONGVER1:
         NL2:=1.161LONGDES2:
         HL3:=1.160LOW0INCL1:
         HL4:=1.16%LONGDES4:
         HL5:=1.16tLONGDESV5:
     END
   TUSE
      IF N(1)=0.75 THEN
         BEGIN
            HLI:=1.631LOWGVER1:
            HL2:=1.631LONGDES2:
            HL3:=1.631LONGINCLI:
            ML4:=1.631L0MGDE54:
            HIS1=1.631LONGDESVS:
         END
      ELSE
         1F N[1]=0.875 THEN
            BEGIN
               WL1:=2.16#LOWGVER1;
               #12:=2.161L0WG0ES2:
               HL3:=2.16#LOWGINCL1:
               HL4:=2.160LONGBES4:
               HL5:=2.16tLDWGDESV51
            END
         ELSE
            BEGIN
               ML1:=2.89#LONGVEP1:
               HL2:=2.001LONGDES2:
               HL3:=2.881LONGINCL1:
               ML4:=2.881LONGDES4:
               H15:=2.880LONGDESV5:
            ENC:
   iT1:=LOWOVER1+LOWODES2+!...OINCLI+LOWODES4+LOWODESV5:
  EP#=4E-078ALFA8LT18(HL1+HL2+HL3::L4+HL5)/AR;
   SP:=LONGVAR+EP-ER:
   OT:=0.14948AP$SPEPH;
   A1:=AR:
END: {fin de esel }
PROCEMPE ESE2:
BEGI#
   AP:=(PI#SOP(DIAENB))/4;
   ALFA:=(LONGVARISON(EPH))/70500;
   Y:=0.00436338LDWGVAR1EPH;
   PR1:=1800100/(PIDGRADESVI);
   RR2:=180#100/(PI#GRADESV2):
   LT:=LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1+LONGDES4+LONGDESV5;
   IF NOV=2 THEN
      IF (HE11=0.625) AND (NE21=0.75) THEN
         BEGIN
            R1:=0.759-0.0896#AP:
            92:=0.241+0.08961AP
            A1:=(FIISOR(H[1]))/4;
            A2:=(P1#SQR(N[2]))/4;
           1T1:=R10LT;
           LT2:=LT-LT1;
           EDEF:=LONGVER1/LT2:
            LF COEF=1 THEN
               BEGTH
                  HL1:=1.6311.T2;
```

```
WEZ:WI . HETEUWGRES/
      HL3:=1.16#LD#GINCL1:
      NL4:=1.168LOWGDES4:
      HL5:=1.16tLDWGDESVS:
   END
ELSE
   IF COEFOL THEN
      BEG1W
         HL1:=1.634LT2+1.16#(LONGVER1-LT2);
         HL2:=1.16#LONGDES2:
         1113:=1.16#LONG1NCL1:
         HL4:=1.161LONGDES4:
         ML5:=1.16#LOWGDESV5;
      END
   ELSE
      BEGIN
         14.1:=1.631LONGVER1:
         COEF1:=(LONGVER1+LONGDES2)/LT2:
         IF COEFI=1 THEN
            REGIN
               HL2:=1.634L0HGDE52;
               HL3:=1.161L0NGINC111
               HL4:=1.160LONGDF54;
               HLSI=1.16%LONGDESV5;
            END
         ELSE
            IF COEF1>1 THEM
               BEGIN
                   ML2:=1.63#(LT2-LONGVER1)+1.16#((LONGVER1+LONGDES2)-LT2);
                   HE3:=1.161LONGINCE1:
                   HL4:=1.160LONGDES4;
                   HL5:=1.16#LOWODESV5:
                END
             ELSE
                BEGIN
                   N121+1.631L0000FS71
                   COEF21=(LONGVER1+LONGD1S2(LONGTHCL1)/11/27
                   1F COEF2=1 THEM
                      PEGIN
                         WL3;=1.631LONGINC11;
                         HL4:=1.168LONGDES41
                         HL5:=1.16#LONGDESV5;
                      END
                   ELSE
                      IF COEF231 THEN
                         DEGIN
                             W13:=1.63#(LT2-(LONGVER1+LONGDES2))+1.16#((LONGVER1+LONGDES2+LONG1NCL1)-LT2):
                             ML4:=1.16%LONGDES4;
                             MLS:=1.16#LONGDESVS;
                         END
                      ELSE
                         BEGIN
                             WI 3:=1.63#LONGLUCLI:
                             COEF3:=(LT-LONGDESV5)/412:
                             JF COEF3=1 THEN
                                HEGIN
                                HL4:=1.6381 (HGDES4:
                                ML5:=E.160LUNGDESVS;
                             END
                         ELSF
                             IF COEF331 THEN
                                DEGTH
                                   #L4:=1.63*(LT2-(LONGVEP)+LONGDES2+LONGINCL1))+1.16*((LT-LONGDESV5)-LT2);
                                   ML5:=1.16#LONGDESV5:
                                END
```

ELSE

offerences and the second starting of the

```
BIGIN
                                           ML4:=1.63#LONGDES4;
                                           H15:=1.63#(172-(LT-LONGRESV5))+1.16#LT1;
                                        END:
                            END:
                  EHD:
            FHD:
         EP1=0.00000173320018080018848P-8110111781148118782331
         EPERAE-OZEALEASLESENELENEZENESENEARNESEZEN
         APAP1=AP-AI:
         QUIT:=0.L484:APS(AP+EP-ER)SEPH:
      END
   ELSE
IF (N[1]=0.750) AND (N[2]=0.875) THEN
   PEGIN
      R1:=0.786-0.0566#AP;
      R2:=0.214+0.0566##P:
      A1:=(P1+SQR(N[1]))/4;
      A2:=(#1050R(N[2]))/4;
      LT1:=RITLT:
      112:=11-111:
      CDEF:=LOWGVER1/LT1;
      IF COEF+1 THEN
         REGIN
            HL1:=2.16#LT2;
            HL2:=1.63tLONGDES2;
            HL3:=1.63tLONGINCL1;
            HL4:=1.631LONGBES4;
            HL5:=1.63#LONGDESV5;
         END
      ELSE
         IF COEF>1 THEN
            BEGIN
               HL1:=2.164LT2+1.63#(LONGVER1-LT2):
               HL21=1.63#LONG#ES2;
               ML3:=1.63#LONGINCL1:
               #L4:=1.63#LONGDES4:
               HL5:=1.63#LOWGDESV5;
            EMD
         ELSE
            BEGIN
               ML1:=2.16#LOWGVER1:
               COEF1:=(LONGVER1+LONGDES2)/LT2;
               IF CUEFI=1 THEN
                  REGIM
                     H1 21=2.168LONGDES2:
                     ML3:=1.631E0NGENCI1:
                     HL4:=1.638L0060E54;
                     RES:=1.631LUNGDESV5;
                  END
               FUSE
                  IF COEF131 THEN
                     BEGIN
                        ML2:=2.16#(LT2-LONGVER1)+1.63#((LONGVER1+LONGDES2)-LT2):
                        HL3:=1.631LONGINCUI:
                        HE41=1.638LONGDES4;
                        ML5:=1.631LONGDESV5:
                     END
                  ELSE
                     BEG1M
                        NL2:=2.161L00000E52;
                        COEF2:=(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)/LT2:
                        IF COEF2=1 THEN
                           BEG1N
                              HL3:=2.168100GTNCL1:
                              HL4:=1.63110000ES4;
```

.. .

```
HESTEL BATE DECREPTOR
                           END
                        ELSE
IF COEF2>1 THEN
                              BEGIN
                                 #L3:=2.16#(LT2-(LONGVER1+LONGDES2))+1.63#((LONGVER1+LONGDES2+LONOINCL1)-LT2);
                                 ML4:=1.63#LON0DES4:
                                 NL5:=1.63#LONGDESV5;
                              END
                           ELSE
                              9EG14
                                 HL31=2.16#LONGINCL11
                                 COEF3:=(LT-LONGDESV5)/LT2:
                                 IF COEF3=1 THEN
                                    BEGIN
                                       HL4:=2.161LONGDES4:
                                       ML5:=1.638LONGDESV5;
                                    ENB
                                 ELSE
                                    IF COEF331 THEN
                                       BEGIN
                                          Ht 4:=2.63t(LT2-(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1))+1.63t((LT-LONGDESV5)-LT2);
                                          HL51=1.638L0WGBESV51
                                       ENID
                                    ELSE
                                        BEGIN
                                          HL4:=2.168LONGDE94;
                                          HL51=2.16#(172-(LT-LONGPESV5))+1.63#LT1;
                                       ENDE
                              END:
                     END:
            END:
     ER:=0.00000017332#DEN#N]BIN#(AP-A1)#((LT1/A1)+(LT2/A2));
     EP:=4E-078ALFAOLT8(ML1+ML2+HL3+HL4+HL5)/AL;
     APAR:=AP-A1:
     Q01:=0.14848AF$(LONGVAR+EF-ER)$EPH:
  END
ELSE
  BEGIN
     R1:=0.815-0.0375#4P1
     F2:=0.186+0.0375#AP;
     A1:=(P1050R(N[1]))/4;
     A2:=(F1450R(N[2]))/4;
     LT1:=R1#LT;
     LT2:=LT-LT1:
     COEF:=LONGVER1/LT1:
      1F COEF=1 THEM
         8E61W
            HL1:=2.0081.12:
            HL2:=2.16TLONGDES2:
            HL3:=2.160LONGINCL1:
            HL4:=2.164L0H0DE54;
            HL5:=2.16#L0HGBESV5;
         END
     ELSE
         IF COEF>1 THEM
            DEGIN
               NL1:=2.88ELONGVERI:
               COEF1:=(LONGVER1+LONGDES2)/LT2:
               IF COEFI=1 THEN
                  BEGIN
                      ML2:#2.88#LONGDE52:
                      WL3;=2.16sLOWGINCL1;
                      HE4:=2.160LONGDE54;
                      HL5:=2.26#LONGPESV5;
                   END
```

Sector and the sector of the sector as the sector of

```
ιsŧ
                      LF COEF131 THEN
                         REGIM
                            ML2:=2.88#(LT2-LOWGVER1)+2.16#((LOWOVER1+LOWGDES2)-LT2):
                            NL31=2.16010WGINCL11
                            HL4:=2.16#10HGDES4:
                            ML5:=2.16#LOWGDESV5:
                         END
                      ELSE
                         BEGIN
                            HL2:=2.881L0WGBES2:
                            COEF21=(LONGVER1+LONGDE52+LONGINCL1)/LT21
                            IF COEF2=1 THEM
                               BEGIN
                                   ML3:=2.889LONGINCL1:
                                   HL4:=2.161LONGDES4:
                                   WL5:=2.16#LONGDESU5:
                                END
                             ELSE
                                 IF COEF2>1 THEM
                                   BEGIN
                                       NL3:=2.88$(LT2-(LONGVER1+LONGDES2))+2.16$((LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)-LT2);
                                      HL4:=2.168LONG9ES4:
                                       HL5:=2.16$LOWODESV5:
                                   ENO
                                 ELSE
                                   #E61W
                                       ML3:=2.08$10WG1WCL1:
                                       COEF31=(LT-LONGDESV5)/LT21
                                          IF COEF3=1 THEN
                                             BEGIN
                                               HL41=2.888LONG#ES4;
                                               HL5:=2.16#LT1;
                                             END
                                          ELSE
                                             IF COEF3>1 THEN
                                                DEGIN
                                                   HL4:=2.88#((LONGVER:+LONGBES2+LONGINCLI)-LT2)+2.161(LT2-(LT-LONGDESV5));
                                                   HL5:=2.161L0W8DESV5:
                                                 END
                                             ELSE
                                                DEGIN
                                                     114:=7.88$LONGDE54:
                                                     M15:=2.801(112-(LT-LONGDESV5))+2,141LT1:
                                                  EMD:
                                   ENDt
                         END:
               END:
         ER:=0.000000173320DEMINEDINE(AP-A1)8((LT1/A1)+(LT2/A2))1
         EP:=4E-07#ALFX#LT#(#L1+HL2+HL3+HL4+HL5)/A11
         APAR1=AP-A31
         DOT:=0.14841APS(LONGVAR+EP-ER)SEPH;
      END
END:{ fin de ese2 }
PROCEMURE ESES:
REGIN
   IF NOV=3 THEM
      AP1=(PISOR(DIAEND))/4:
      ALFA:=(LONGVARISOR(EPH))/70500:
      V1=0.004343381086VAR8EPH;
      RR1================================
      RR2:=1808100/(PIRGRADESV2):
      IT:=LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1+LONGDES4+LONGDES45;
      TE (M(11=0.625) AND (M(21=0.75) AND (M(3)=0.875) THEN
         8F61#
```

معتقده والأربعين وإرداع والمتجا المتواري والا

```
120.627-0.0375TRF
R2:=0.199+0.0737#AP;
R3:=0.175+0.0655#AP:
A1:=(PI#SOR(#(1]))/41
A2:=(P]1SOR(N[2]))/4;
A3:=(PI8SOR(N[3]))/4;
LT1:=R14LT:
LT21=#28LT1
LT3:=LT-(LT1+LT2):
COEF:=LONGVER1/LT3:
IF COEF=1 THEN
   DEGIN
      ML1:=2.160LT3;
      COEF1:=LONGDES2/LT2:
      IF COEFI=1 THEN
        REGIN
            #L2:=1.63HLT2:
            HL3:=1.164LONGINCL11
            HL4:=1.160LONGDES4;
            HE5:=1.161LONGBESV5:
         END
      ELSE
         IF COEFIDE THEN
            REGIN
               ML2:=1.638LT2+1.168(LONGDES2-LT2):
               HL3:=1.16#LONGINCUI:
               WL4:=1.16#LOWGBES4;
               HL5:=1.16#LONGDESV5:
            END
         ELSE
            DEGIN
               ML2:=1.63#LONGDES2;
               COEF2:#(LONGDES2+LONGINCL1)/LT2:
               IF COEF2=1 THEN
                  BEGIN
                     HL31=1.638LONGINCL1:
                     HL4:=1.16#LONGDES4:
                     MLS:=1.1681 ONGDESVS;
                  ENA
               ELSE
                  IF CUEF2>1 THEM
                     NEGIN
                        HL3:=1.630(LT2-LONGDES2)+1.160((LONGDES2+LONGINCUL)-LT2);
                        #L4:=1,16$LONGDE54;
                        #L5:=1.168L0#G0ES+51
                     END
                  ELSE
                     BEGIN
                        NL3:=1.63#LONGINC11:
                        COEF3:=(LONGDES2+LONGINCL1+LONGDESJ)/LT2:
                        IF COEF3=1 THEN
                           REGIN
                              ML4:=1.63#L(HGDE54;
                              HL5:=1.16TLONDDESV5;
                           END
                        ELSE
                           IF COEF3>1 THEN
                              9EG10
                                 HL4:=1.6.s(+T/-(LONGDES2+10HG)NCL1))+1.1+1((10HGDES2+LONG1WCL1+LONGDES4)-LT2);
                                 #L5:=1.1+&L(#K+DESV5:
                              END
                           FISE
                              SI GIN
                                 ML41=1.6 -1110601541
                                  HL5:=1.6.($(L12-(LONGDES2+LONGINCL1+LONGDES4))+1.16#1 F1;
                              END:
```

. . .

```
ERD :
            END:
   END
ELSE
   IF COEF>1 THEN
      BEGIN
         HL11=2.168LT3+1.638(LONGVER1-LT3):
         COEF1:=(LONOVER1+1 ONGDE52)/(LT3+LT2);
         IF COEFI=1 THEW
            BEGIN
               NI 2:=1.638LONGDES2:
               ML3:=1.168LONGINCL1;
               HL4:=1.161LOWGDES4:
               ML5:=1.161LONGDESVS:
            END
         ELSE
            IF COEFIDE THEN
               DECIN
                  COEF11:=LONGVER1/(LT3+LT2):
                  IF COEF11=1 THEN
                     BEGIN
                        HL2:=1.161LONGDES2:
                        HL3:=1.160LONGINCLI:
                        HL4:=1.161LONGDES4;
                        HL51=1.168L04GDE5V5:
                     END
                  ELSE
                     DEG1N
                        ML2:=1.634((LT3+LT2)-LOWGVER1)+1.164((LONGVER1+LOWGDES2)-(LT3+LT2)):
                        HL3:=1.161LONGINCL1:
                        HL4:=1.168LDMODES4:
                        NL5:=1.161LONGDESV5:
                     END:
               END:
      ENO
   ELSE
      1F COEFEL THEM
         BEGIN
            ML11=2.161LONGVER1:
            COEF1:=(LONGVEP1+LONGDES2)/LT3;
            IF COEFI=1 THEN
               DEGIN
                  #L2:=2.16#L0#GDE52;
                  COEF2:=(LONGVER1+LONGDE52+LONGINCL1)/(LT3+LT2);
                  IF COLF2=1 THEN
                     9E91#
                        ML3:=1.638LONGINCL1:
                        ML4:=1.161LONGDES4:
                        ML5:=1.168L0WGBESV5:
                     END
                  ELSE
                     IF COEF 201 THEM
                        BEGIN
                           HL3:=1.638((LT3+LT2)-(LONGVER1+LONGDES2));
                           HL3:=HL3+1.16#((LONGYER1+LONO#ES2+LONGINCL1)-(L13+LT2));
                           PL4:=1.141LONGDES4:
                           HL51=1.168LONGDESV51
                        END
                     ELSE
                        REGIN
                           HL3:=1.630LONGINCL1;
                           COEF3:=(LT-LONGBESV5)/(LT3+LT2);
                           IF COEFS=1 THEN
                              BEGIN
                                 HL41=1.631LONGDES4:
                                 ML5:#1.161LONGDESV5:
```

المتحد والمحمد و

ris da

```
600
                                         ELSE
                                            IF COEF331 THEN
                                               BEGIN
                                                  ML4:=1.63#((LT3+LT2)-(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1));
                                                  ML4:=HL4+1.16*((LT-LONGDESV5)-(LT3+LT2));
                                                  NL5:=1.164LOWGDESV5:
                                               END
                                            ELSE
                                               REGIM
                                                  HI4:=1.6311HH60554;
                                                  HL5:=1.638((173+L12)~(11-LONUDESV5))+1.161LT1;
                                               END:
                                      END:
                             END
                          ELSE
                             IF COEF1>1 THEM
                                PEGIN
                                   H12:=2.16#(LT3-LOWGVER1)+1.63#((LOWGVER1+LOWGBES2)-LT3);
                                   COEF2:=(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)/(LT3+LT2);
                                   IF COEF2=1 THEN
                                      BEGEN
                                         HL3:=1.63#LONGINCL1;
                                         HL4:=1.16TLONGDES4:
                                         HL51=1.164LONGDESV5;
                                      END
                                   ELSE
                                      IF COEF231 THEM
                                         DEGIN
                                            COEF3:=(LONGVER1+LONGBES2)/(LT3+LT2);
                                            IF COEF3=1 THEN
                                               BEGIN
                                                  HL3:=1.168LONGINCL1:
                                                  ML4:=1.161LONGDES4:
                                                  ML5:=1.16#LOWGDESV5;
                                               ENO
                                            ELSE
                                               IF COEF3(1 THEM
                                                  REGIN
                                                     HE3:=1.63#((LT3+ET2)-(LONGVERL+LONGVES2));
                                                     NE3:=HL3+1.168((LOW6VFR1+LONODES2+LONGINCL1)~(LT3+LT2));
                                                     HL4:=1.160LONGHES4:
                                                     ML5:=1.168LONG#ESV5:
                                                  ENDs
                                         END
                                      ELSE
                                         BEGIN
                                            HE31=1.63#LOWGTWCL1:
                                            COEF3:=(LT-LONGDESV5)/(LT3+LT2):
                                            IF COEF3=1 THEM
                                               DEGIN
                                                  HL4:#1.6341 0N8DES4;
                                                  NLS:=1.1411UNGBESV5:
                                               END
                                              SE
                                               COEF311 THEN
                                                  NL: H
                                                     HL., 1,638((LT3+LT2)-(LONGVER1+LONGDES2+LONGTHCL1));
                                                     HL4:=HL4+1.16#((_1-LONGBESV5)-(LT3+LT2));
                                                     HE5:=1.16#LONGBESV5:
                                                  END
                                               ELSE
                                                  BEGIN
                                                     ML4:=1.63#LONGDES4:
                                                     HL5:=1.630((LT3+LT2)-(LT-LONGDESV5));
                                                  END:
```

```
EDIE -
  END
ELSE
   BEGIN
     WL2:=2.16tLONGDES2:
     COEF2:=(LONGVEP1+LONGDES2+LONGHICL1)/LE3:
      LE COFE2=1 THEN
         BEG1N
            HLS:=2.160LONGTHCL1:
            COEF3:=LUNODES4/LT2:
            IF COEF3=1 THEN
               BEGIN
                  ML4:=1.638LONGDES6:
                  ML5:=1.160LONGDESV5:
               END
            ELSE
               IF COEF3>1 THEN
                  DEGIN
                     HL4:=1.63#LT2+1.16#(LONGDES4-LT2):
                     AL5:=1.16#LONGDESV5;
                  END
              ELSE
                  REGIM
                     ME41=1.631(UNGDES4:
                     HL5:=1.63#(172-LONGDES4)+1.16#LT11
                  ENDT
  END
ELSE.
  IF COEF2>1 THEN
      BEGIN
         COEF3:=(LOWGVER1+LOWGDES2+LOWGIWCL))/(LT2+LT3);
         IF COEF3=1 THEN
            DEGIN
               ML3:=2.16#(LT3-(LONGVER1+LONGBES2))+1.6311T2:
               #141=1.168LONGDES41
               HL5:=1.168LONGDESV5
            END
          ELSE
             IF COEF3>1 THEN
                REGIN
                   ML3:=2.16#(L13-(LONGVER)+LONGDES2));
                   #L3:=#L3+1.63#LT2+1.16#((LONGVER1+LONGDES2+LONGINC(1)-(LT3+LT2));
                   ML4:=1.168L04G0ES4;
                   HLS:=1.160LOWGDESVS;
                END
            ELSE
                BEGIN
                   HL3:=2.160(LT3-(LONGVER1+LONGDES2))+1.63#((LONGVER1+LONGDES2+LONG1HCL1)-LT3);
                   COEF41=(LT-LONGDESV5)/(LT3+LT2)1
                   IF COEF4=1 THEN
                      BEGIN
                         HL4:=1.638LONGDE54:
                         ML5:=1.161LONGBESUS;
                     END
                   ELSE
                      1F COEF4>1 THEM
                         BEGIN
                            HL4:=1.63#((LT3+LT2)-(LONGVER1+LONGDES2+10HGINCL1));
                            HL4:=NL4+1.168((!T-LONGDESV5)-(LT3+LT2));
                            NE5:=1.168LONGDE54;
                         END
                     ELSE
                         REGIN
                            HL4:=1.636LONGDES4:
                            MI5:=1.638((LT3+LT2)-(LT-LOWGDESV5))+1.161LT1:
                         END:
```

```
THUE
                         END
                      ELSE
REGIM
                             HI 3:=2.16#LONGINCL1:
                             COEF3:=(LT-LONGDESV5)/L) 1:
                             IF COEF3+1 THEN
                                DECIN
                                    HL4:=2.16#LONGDE54:
                                    #L5:=1.631LT2+1.161LT1;
                                END
                             ELSE
                                IF COEF3>1 THEN
                                   BEO14
                                      COEF4:=(LT-10W6DESV5)/(113+112):
                                      IF COEF4=1 THEN
                                          REGIN
                                             #L4:=2.1+#(LT3-(10HoVER)+10WGDES7+10WGINCL1))+1.63#LT2;
                                             HLS:=1,1++LONODESUS;
                                          END
                                      FISE
                                          IF COEF4>1 THEN
                                             PEOIN
                                                HL4:=2.168(LT3-(19NGVER1+LONGDES2+LONGTHCL1));
                                                #L4;=#L4+1.63#LT2+1.16#((LT-LOWGDESV5)-(LT3+LT2));
                                                HE5:=1.16%LOWGRESV5;
                                             END
                                         ELSE
                                             DEGIN
                                                HL4:=2.160(LT3-(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1));
                                                HL4:*HL4+1.63#((LT-LONGDESV5)-LT3):
                                                HL5:=).63#((LT3+LT2)-(LT-LONGDESV5))+1.16#LT1;
                                             END:
                                    END
                                ELSE
                                   REGIM
                                      HL41=2.168LONGOES41
                                      ML5:=2.168(LT3-(LT-LOWGDESV5))+1.638LT2+1.168LT1;
                                    END:
                         END:
             ENDI
ER:=0.0000001733288EN8N101N8(AP-A1)8((LT1/A1)+(LT2/A2)+(LT3/A3));
EP==1E-078ALFA8LT8(WL1+HL2+HL3+HL4+HL5)/A1;
QOT:=0.L49414P$(LONGVAR+EP-ER)SEPH:
    P1:=0.664-0.08948AP:
    #2:=0.181+0.04781AP1
    P32=0.155+0.04168AP1
    A1:=(PI#SOR(NE13))/4:
    A2:=(P1#59R(N[2]))/4;
    A3:=(P1#50R(H[3]))/4;
    \Ti:=#1#LT:
```

IF COEFI=1 THEN

END:

END FLSE REGIN

APAP:=AP-A1:

172:=R28LT; 1\$3;=LT-(LT1+LT2); + OEF ##LONGVER1/LT3; IF COEF=1 THEN BEGEN

> HL1:=2.98#LT3: COEF11=LONGBES2/LT21

> > MI2:=7.16TLT2;

REGIN

· · · · · ·
```
103-21.659100039011:
            ML4z=1.638LONGDE54;
           #L5:=1.6301.0WGDESV5;
        END
     ELSE
        1F COEFIDS THEN
           BEGIN
              ML2:=2.16#LT2+1.63#(LONGDES2-LT2):
              HL3:=1.63#LONGINCL1:
              NI 4:=1.638LOWGDES4:
              HL5:=1.631LOWGDESV5;
           END
        ELSE
           REGIN
              ML2:=2.161L0WGDES2;
              COEF2:=(LONGDES2+LONGINCL1)/LT2:
              IF COEF2=1 THEN
                  BEGIN
                     NL3:=2.168L00G10CL1;
                    ML4:=1.638LONGDES4;
                     WL5:=1.638LOWGDESV5;
                 END
              ELSE
                 IF COEF2>1 THEN
                     DEGIN
                       ML3:=2.16*(LT2-LONGDE52)+1.63*((LONGDE52+LONG1WCL1)-172);
                       NL4:=1.63810WGDE54:
                       HL5:=1.631LDWGDESV51
                    END
                 ELSE
                     REGIN
                       HL3:=2.1601000190151
                       COEF3:=(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)/LT2:
                       IF COEF3=1 THEN
                          DEGIN
                              WL4;=2,16#LOWGDE54;
                              WL5:=1.638LONGDESV5:
                          EHD
                       ELSE
                           IF COEF 511 THEN
                              BEGIN
                                 HL4:=2.164(LT2-(LONGDES2+LONGINCL1))+1.630((LONGDES2+LONGINCL1+LONGDES4)-LT2);
                                 HL5:=1.638L0#60ESV5;
                              END
                          £1.55
                              DEGIN
                                 HL41=2.168L(mGDES4;
                                 HL5:=2.168(112-(LONGPES2+LONGINCL1+LONGPES4))+1.631LT1:
                              END:
                     Eild :
           END;
  END
ELSE
   LE COSENT THEM
     BEGIN
        HL1:=2.880LT3+2.168(LONGVER1-LT3);
        COEF1:=(LONGVER1+LONGDES2)/(1T3+LT2);
        IF COEFICE THEN
           REGIN
              #L2:=2.16#L0#GDES2;
              HL3:=1.63#LONG[NCL1;
              ML4:=1.638LONGDE54;
               HL5:=1.638LOWG9ESV5;
           END
        ELSE
           IF COEFINI THEN
```

```
REGIM
               COEF11:=10MGVER1/(LT3+LT2);
               IF COEF11=1 THEN
                  REGIN
                     ML2:=1.63#LOWGDES2;
                     HL3:=1.631L0H01HCL1;
                     ML4:=1.631LOWGDE54:
                     HL5:=1.630LONGDESV5:
                  EHÐ
               ELSF
                  REGIN
                     #L2:=2.16#((LT3+LT2)-LONGVER1)+1.63#((LONGVER1+LONGDES2)-(LT3+LT2));
                     HE3:=1.63ELONGENCEI:
                     HL4:=1.63110WGDE54:
                     HL5:=1.631LONGDESV5:
                  END:
            END;
   END
ELSE
   REGIN
      ML1:=2.88#LOwGVER1:
      COEF1:+(LOMGVER1+LONGDES2)/LT3:
      IF COEFI=1 THEM
         DEGIN
            ML2:=2.80#LOWGDE52;
            COEF2:=(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)/(LT3+LT2);
            IF COEF2=1 THEN
               BEGIN
                  HL3:=2.16#L0HGINCL1:
                  HL4:=1.631LONGDE54:
                  HL5:=1.63#LOWGDESV5;
               ENB
            ELSE
               IF COEF2>1 THEM
                  BEG1#
                     HL3:=2.16#((LT3+LT2)-(LONGVER1+LONGDES2)):
                     HL3:=HL3+1.638((L0HGVEF)+L0HGDES2+1.0HGINCL1)-(LT3+1.T2));
                     NL4:=).63#LOWGDE54;
                     NL5:=1.638LONGDESV5;
                  END
               ELSE
                  BEGIN
                     HL31=2.16#LONGINC11;
                     COFF3:=(LT-LONGOE:-V5)/(LT3+LT2);
                     IF COEFI=1 THEN
                        DEGIN
                           HL4:=2.16tLINGDES4:
                           ML5:=1.631LONGDESV5;
                        END
                     ELSE
                        IF COEF3>1 THEN
                           BEGIN
                              HL4:=2.16#((LT3+LT2)-(LOWGVER1+LONGDES2+LOWGTHCL1));
                              NL4:=NL4+1.63#((LT-LONGDESv5)-(LT3+LT2));
                              ML5:=1.63#LONGDESV5:
                           END
                        ELSE
                           fe 610
                              NL4:#2,1/01UNGBES4:
                              HE5:=2.144((115+LT2)-(LT 100GDESV5))+1.634ET11
                           ENDE
                  END:
         END
     ELSE
         IF COEF121 THEM
            BEGIN
```

-

```
WC21-24001(L15-L0001ER1)+2-164((LE0001ER1+L0001ES2)-L15))
      COEF2:=(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)/(LT3+LT2);
      1F COEF2=1 THEN
        BEGIN
            HE3:=2.16#LONGINCE1:
           HL4:=1.63#10#GDE54;
            ML5:=1.63#10H00ESV51
        END
      ELSE
         IF COEF231 THEM
            REGIN
               COEF3:#()ONOVER1+EUNGDES2)/(LT3+112);
               IF COEF3=1 THEN
                  BEGIN
                     MI3:=1.63BLONGINCLI:
                     ML4:=1.63#LUNGDES4;
                     ML5:=1.638LONGDESV5;
                  END
               ELSE
                  IF COEF3(1 THEN
                     BEGIN
                        ML31=2.168((LT3+LT2)-(LONGVERI+LONGDES2));
                        HL3;=HL3+1.63#((LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)-(LT3+LT2));
                        ML4:=1.638LONGDE54:
                        ML5:=1.638LONGBESV5
                     END:
            END
         ELSE
            BEGIN
               #L3:=2.16#L0#G1#CL1;
               COEF3:=(LT-LONGDESV5)/(LT3+LT2):
               1F COEF3=1 THEM
                  BEGEN
                     HL4:=2,164LONGDES4;
                     HL5:=1.638LONGDESV5:
                  END
               ELSE
                  IF COEF3>1 THEM
                     BEGIN
                        #Ler=2.160((LT3+LT2)-(LUNGVER1+LONGDES2+LONGINCL1));
                        HL4:=HL4+1.63#((LT-LOWGDESV5)-(LT3+LT2));
                        NL51=1.63#LONGDESV5:
                     Filth
                  ELSE
                     DEGIN
                        NE4:=2.16#LONGDES4;
                        #L51=2.16#((LT3+LT2)-(LT-LOWGDESV5));
                     END:
           END:
  END
ELSE
  86018
      COEF71=(EDMGVER1+EDMGDES2+EDMBENCE1)/EF5
      IF COFE2=1 THUE
         BEGIN
            ML3:=2.88#108GENC+1;
           COEF3:=10000ES4/EF2:
            IF COEF3=1 THEN
              BEGIN
                  NL41=2,168LONGDE54;
                  ML51=1,634LONGDESV51
               END
            ELSE
               IF COEF331 THEN
                  BEGIN
```

```
MC41+2.161172+1.631(CONGDES4-C12)1
                           HL5:=1.630LONGDESV5;
                END
                      BEG1N
                           #14:=2.16%LONGDES4;
                           HL5:=2.160(LT2-LUNGDES4)+1.630LT1;
                      END:
     END
ELSE
     IF COEF211 THEN
           BEGIN
                COEF3:=(LONGVER1+LONGDFS2+LONGI+CL1)/(LT2+LT3);
                IF COEF3=1 THEN
                      BEGIN
                           #L3:=2.88#(LT3-(LONGVER1+LONGDES2))+2.16#LT2:
                           ML41=1.638LONGDES41
                           WL5:=1.638LONGDESV5;
                     FND
                FLSE
                      JF COEF351 THEM
                           REGIN
                                #L3:=2.880(LT3-(LONGVEW1+LONGDES2))+2.160((LONGVER1+LONGDES2+LONG1HCL1)-LT3):
                                COEF4:=(LT-LtonGDESV5)/(LT3+LT2);
                                IF COEF4=1 THEN
                                     REGIN
                                           WL41=2.168LONGDES4;
                                           HL5:=1.631LOWGDESV5;
                                     END
                                FESE
                                     1F COEF4>1 THEN
                                           BEGIN
                                                 HL4:=2,16#((173+LT2)-(LONGVER1+LONGDES2+LONG1NCL1)):
                                                 HL4:=HL4+1.63*((LT-LONGBESV5)-(LT3+LT2));
                                                 #L5:=1.63#L0#6DES4:
                                           END
                                      EL SE
                                           REGIN
                                                 HL4:=2.16810HADE54;
                                                 ML5:=2.16#((113+LT2)-(LT-LOWGUESV5))+1.63#LT1;
                                            END:
                           END:
           END
     ELSE
           REGIN
                WE3:=2.880E0WG1WCL1;
                COEF3:=(LT-LONGDESV5)/LT3:
                 1F COEF3=1 THEN
                      BEGIN
                           ML4:=2.888LOWGDES4;
                           #15:=2.16#LT2+1.63#LT1;
                       ₹#D
                 ELSE
                        IF COEF331 THEN
                             DEGEN
                                  CDEF4:=((1-LONGDESV5) ((13+LT2))
                                  IF CONFEAST THEN
                                       <u>₽1</u>63₩
                                             HL4:=2.888(ET3-+100GVER1+L006DES2+L006DES1+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES2+L006DES
                                             WL5:=1.631LONGD+SV5;
                                       END
                                  ELSE
                                       TF COEF421 THEN
                                             HEG[N
                                                  NL4:=2.88#() +3-(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCLI));
                                                   HL4:=#L4+2.jetLT2+1.63#((LT-L0WGDESV5)-(LT3+LT2));
```

and the second second second second second

```
ML5:=1.638LONG0ESV5:
```

```
END
FLSE
```

```
BEOIN
   HL41=2.88#(LT3~(10WOVEP1+LOWODES2+LOWOINCL1));
   ML4:=ML4+2,161((LT-LONGDESV5)-LT3);
   ML51=2.16#((LT3+LT2)-(LT-LOWGDESV5))+1.63#LT11
END
```

```
END
ELSE
```

BEGIN

ML4:=2.88%LONGDES4;

```
HL5:=2.888(LT3-(LT-LONGDESV5))+2.168LT2+1.638LT11
```

```
ENO:
```

ENDI

END:

END:

```
END:
ER:=0.00000017332#DEWEWIDIN#(AP-A1)#((LT1/A1)+(LT2/A2)+(LT3/A3));
EP1=4E-07#ALFA0LT#(HL]+HL2+HL3+HL4+HL5)/A1;
APAR:=AP-AL;
QOT:=0.1484TAFT(LONGVAR+EP-ER)SEPN;
```

END:{ fin de ese3 }

```
PROCEDURE UCONV2:
```

```
BEGIN
```

しているというなない あちかん かいたいだい

1

```
TETAL:=HU28(1-COS(C(HTANG1)));
   TETA2:=(HU2#SOR(V)#HXANG1)/(32.2#R1);
   TETA3:=HUGB(1-COS(C(HIANG2)));
   TETA4:=(MU48SOR(V)8HTANG2)/(32.21ER2);
   TETA5:=HL1+HL2#(SIN(C(NXANGI))+TETA1+TETA2)+HL3#(HU3#SIN(C(NXANG1))+COS(C(NXANG1)))+HL4#(SIN(C(NXANG2))+TETA3+TETA4)+HL5;
   TETA52=#UL1+WL2E(SIN(C(NXANG1))-TETA1-TETA2)+HL3E(COS(C(NXANG1))-HU3ESIN(C(NXANG1)))+HL4E(SIN(C(NXANG2))-TETA3-TETA4)+HL5E
   WMAX:=0.43388EN&PROFVB8AP+TETA58(1+ALFA-0.1278BEN);
   WHIN:=TETA6#(1-ALFA-0.1273#DEH);
   CT:=0.5#(WMAX+WHIN);
   TP:=(WMAI-CT)#LONGVAR/2;
   LN:=NIBIN+(2.310PRESD/DEN);
   HH:=0.00000736100100ENELN:
   HF == 0. 0000004318TETA5ELONGVAREEPH1
   H0:=1,58(H0+HF);
EMD: { fin de ucenv2}
```

```
PROCEDURE AERBAL2:
DEGIN
   TETAL:=HU2#(1-COS(C(HIANG1)));
   TETA2:=(HU2#SOR(V)#HTANG1)/(32.2#RR1);
   TETA3:=#048(1-COS(C(#XANG2)));
   TETR4:=(MJ4#SOR(V) tHIANO2)/(32.2#RR2);
   TETA5:=HL1+HL20(SIN(C(MXANG1))+TETA1+TETA2)+NL38(COS(C(MXANG1))+HU3+SIN(C(HXANG1)))+HL4+(91N(C(HXANG2))+TETA3+TETA4)+HL5;
   TETA6:=#LI+WL2:(SIN(C(HXANG1))-TETAI-TETA2)+HL30(COS(C(HIANG1))-HU30SIN(C(HXANG1)))+HL40(SIN(C(HXANG2))-TETA3-TETA4)+HL51
   WAT1=0.4338DEN8(PROFVE: .. P-0.2948TETA5)+TETA58(1+0.78ALFA);
   WHIN:=TETA60(1-1.30ALFA-0.127300:1):
   CT:=1.06#(WMAI+WH1#)/2;
   TP2=(WHAT-CT)ELONGVAR/2;
   LN:=HIDIN+(2.314PRESB/DEN);
   HH:=0.00000736890789EHELH:
```

```
END; { fin de aerbal2}
PROCEDURE UMARII2;
REGIN
```

H9:=1.51(HH+HF);

HF := 0.000006318TETA58LONGVAR8EPH;

```
111411=NU.4(1=LUS(L(NINNOT))))
   TETA2:=(MU20SOR(V)+MXANG1)/(32.2#RP1);
   15TA3:=NU4*(1-COS(((MYANG2)));
TETA4:=(NU405GR(V):MYANG2)/(32.20RR2);
   TETAS:=HL1+HL28(SIH(C(MYANG1))+TETA1+TETA2)+HL34(EQ5(C(MYANG1))+HU385+N(C(MYANG1))+HI44(SIH(C(MYANG2))+TETA3+TETA4)+HL5;
   TETA6:=HL1+HL28(SLN(C(NXANG1))-FETA1-TETA2)+HL38(COS(C(NTANG)))-HIL585-N(C(NXANG1)))+HL4#(STN(C(NXANG2))-FETA5-TETA4)+HL5
   WMAX1=0.4338DEN#(PPOENB#AP-0.2948TETA5)+TETA5#(1+0.6#A1EA);
   WHIN:=TETA60(1-1,48ALEA-0.1273#DEN);
   CT:=1.06+(WMAX+1.258WMIN)/2;
   TP:=(WHAT-CT)#LONGVAR/2;
   LW:=NIDIN+(2.31#PRESB/DEN);
   HH:=0.00009736800TEDENSLH:
   HF1=0.000006318TETA58LONGVAR#EPH1
   H8:=1.5#(HH+HF);
END; { fin de umarkii2}
PROCEDURE DAIOS:
BEGIN
   (LASCA!
                    PROPORCIONA LOS SIGNIENTES DATOS( POZO TIPO S )*);
   WP ETELNU*
   HRITELNC*
   CEPEAT
     COTO1*(*5,03);
     WRITE(" 1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE :
     GOTOXY(WHEREX-10,03);
     READ(BEN);
     IF (DEN(0.5) OR (DEN)2.0) THEN
        RENSAJEEPPOR(04,05);
   UNTIL (DEN)=0.5) AND (DEN(=2.0);
   REPEAT
     GOT0XY(05,04);
     WRITE(* 2.- CARRERA DE LA VARIELA PULIDA EN PULGADAS :
                                                                        <u>۱</u>۲
     COTOXY(WHEREX-10,04);
     READ(EUNGVAR);
     IF (LON-VARCO) OF (LONGVAR>200) THEN
        HENSAJEERROP(05,05);
   UNTIL (LONGVAR)=0) AND (LONGVAP(=200);
   REPEAT
     GOTOIY(05,05);
     WRITE(* 3.- DIAMETRO DEL ERBOLO DE LA BONBA EN PULGADAS :
                                                                           י(י
     GOTOXY(WHEREX-10,05);
     PEAD(DIAEND):
     IF (DIACHB(=0) OR (DIAEHB)5) THEN
        MENSAJEERROR(06,05);
   UNTEL (DIAEND)0.0) AND (DIAEND(=5);
   REPEAT
     GOTOXY(95,06);
     WRITEC' 4 .- VELOCIDAD DE BOMBED EN ENROLADAS POP NUMUTO :
                                                                           91
     GOTOTY (WHERET-10,06);
     READ(F*H):
     TE (EPMC=0.0) OF (EPHS30) THEN
        HEN: 43EEPROR:07,05);
   UNIT1 (F*#20.0) AND (EPHC=30);
   PEPEAT
     COT01+ 95,07);
     HRITE( 5.- NEVEL DINANTCO VERTICAL EN LA T.R. EN PIES :
                                                                          *):
     GOTOYY'WHEREX-LO,07);
     READ(#101H);
     IF (NITING=0.0) OR (NIDIM)=70000) THEN
         NEWSAJEFRROP(08,05);
  UNITE (N-DINSOLO) AND (NIDINC/0000);
   PEPENT
     601011 05,082;
     WRITELY 6.- PROFUNDIDAD VENTICAL DE COLOCACIÓN OF LA HOMBA EN MEES 2
                                                                                      12:
```

d Leo

10.000

TOIUT TOMENT-TO, 081: PEAD(PROFVP); IF (PROFVB(=0.0) OP (PROFVB)(1000) THEM MENSAJEERROR(09,05); UNTIL (PROFVB)0.0) AND (PROFVB=20000); REPEAT GOTO1V(05,09); WRITEC 7.- CONTRAPRESION EN LA BOCA DEL POZO EN PSIA : 1)1 G01017(WHERE1-10,09); PEAD(PPESE): IF (PRESB(=0.0) OR (PRESB)500) THEM MENSAJEERROR(10,05); UNTEL (PRESEND.0) AND (PRESE(=500); REPEAT GOTOIY(05,10); MPITELS 8.- LONG.VERTICAL ANTES DE LA DESVIACION DEL POZO EN PILS : 1): GOTORY (WHERE t-10,10); READ(LONGVER1): IF (LONGVERIC=0.0) OR (LONGVERISBOOD) THEN HENSAJEERROP (11,05); UNTIL (LONGVERING.O) AND (LONGVERIC=6000); PEPEAT GOTOTY(05,11); WRITE(\* 9.- LONGITUD DE LA PRIMERA PARTE DESVIADA DEL POZO EN PIES : 1); GOTOXY(WHERE1-10,11); READ(LOWGDES2): IF (LOWODES2(=0.0) OR (LOWODES2>20000) THEM HEHSAJEERROR(12,05); UNTIL (10060ES2)0.0) AND (10060ES2(=20000); PEPEAT 601010(05,12); WPITEC' 10.- GRADOS DE DES.POR CADA 100 PIES DE LA PPINERA PAPTE DES. 1 51 COTOTY: #HEPET-10,12); PEAD(GPADESV1): IF (GRADESVICO) OR (GRADESVEDGO) THEM HENSPIEERROR(13,05); HUTEL (GPADESV1>=0) AND (GPADESV1(=90); VEPEAT G01017(05,13); WRITE(\* 1).- COEFICIENTE DE ERICCION PARA LA PRIMERA PARTE DESVIADA : 5 G01017(WHERE1-10,13); READ(HU2): 1F (HU2(=0) OR (HU2>10) THEM MENSAJEERPOR(14,05); UNTIL (NU2>0) AND (NU2<=10); REPEAT GOTOIV(05,14); WRITE(\* 12.- MAXINO ANGULO DE DESV. ALCANZADO EN LA PPIMERA PARTE UTS. 1 1): GOTOXY(WHEREX-10,14); READ(MEANG1): IF (HEANGECEO) OR (HEANGE)90) THEN MEMSAJEEPROR(15.05); UNLEL (NEAUGE)OF AND (NEAUGE/=90): PEPEAT 601014(05,15); WRITE(\* 13.- LUNGTIOD DE LA 70MA DE ANGULO SOSTENION EN PIES : 132 G0101/(WHEREX-10,15); #EAD(LOWGHECL1); TF (LONGINCEI(=0) OK (LONGINCE1)20000) THEN MENSAJEERROR(1+,05); UNITEL (LONGINCLESO) AND (LONGENCLEC=20000); REPEAT GOT011(05,16); WRITE(\* 14. - FACTOR DE FRICCION PARA LA JONA DE ANGULO SOSTENIDO : **י**): GUTOLY(WHERET-10,16); READ(MU3); and a second second

the second second second

(F (MUSCED) OF (MUSPID) THEM MENSAJEEPROR(17,05); INTEL (NU3)0) AND (NU3(=10); REPEAT GOT0XY(65,17); WRITE(' 15.- LONGITUD DE LA SEGUNDA PARTE DESVIADA EN PIES : 1): GOTOXY(WHERET-10,17); READ(LUNGBES4); IF (LONGDES4(0) OR (LONGDES4)LONGVER1+PROFV8+LONGENCL1) THEN NEWSAJEERROP(18,05); UNTIL (LONGDES4>=0) AND (LONGDES4(=LONGVER1+PROFVD+LONGIN(L1); REPEAT 60T01(95,18); WRITELY IN. - GRADOS DE DES. POP CADA 100 PIES EN LA SEGUNDA PARTI DES. : GOTORYCHHEREI-10,18); READ(GPADESV2): IF (GRADESV2(0) OR (GRADESV2>90) THEN NENSAJEERROR(19,05); UMITIL (GRADESV2>=0) AND (GRADESV2(=90); PEPEAT GOTO1Y(05,19); WPITE(\* 17.- MATINO ANGULO ALCANZADO EN LA SEGUNDA PARTE DESVIADA ; GOTOXY(WHERE1-10,19); READ(MIANG2); IF (MIANG2(0) OR (MIANG2)90) THEN HENSAJEERROR(20,05); 1WITE(MIP+62>=0) AND (MIANG2(=90); PEPEAT GOT01Y: -5,20); WRITE(' 10.- COEFICIENTE DE FRICCION PARA LA SEGUNDA PARTE DESVIADA : 60T01+(=HERE1-10,20); PEAD(MILL): 1F (MU4 0) 0P (MU4)10) THEN MENE+JEERPOR(21,05); UNITE (MUSSED) AND (MU44=10); PEPEAT G0101V(05,21); WRITE(\* 19.- LONGSTUD DE LA TONA DE TERMINACION EN PIES : **י**אני GOTOXY(WHEREX-10,21); READ(LONGBESV5); IF (LONGDESV5(0) OR (LONGDESV57) DNGVER1+LINGDES2+LONGIN(L1+LONGDISa) THEN MENSAJEERPOR(22,05); UNTIL (LONGDESV5)=0) AND (LONGOFSV5(=LONGVER1+LONGDES2+LONGINCII+LONGDES4); PEPEAT GOTDIV(05.22): WRITE(\* NUMERO DE DIAMETROS DE VARILLA ( MATINO 3 ): 1); GOT01Y(WERE1-10,22); READ(WE-J): IF (NDV 1) OR (NDV)4) THEN HENS-JEERFOR(23,05); --+FIL (ND+)=1) AND (NDV(=4); F NOV=1 THEM BEGEN WRITELN: WREFE(\* DIAMETRO EN PULGADAS = 1): READ(WE11); ESF1: FHD FI 51 PEGEN WPITELNCE PROPORCIONALOS EN FORMA CRECTENTENS FUE LEEL TO NOV DU HEGIN. DIAMETRO ', I, ' EN PULGADAS = '); WRITE(+ PEAD(NEL3); 54D ;

いたからいたちを行うるのなると、 のけのの

1):

;('

י(י

```
TE NOV=? THEN'
              REGIN
                 ESE2
              END
           £USE.
              ESE3
      END:
END;{ ton d+ datasa}
PROCEDURE CUADRO(PX, PY, LH, LV: INTEGER):
VAP
   1: INTEGER:
BEGIN
   (01011(P1,PY);
   WRITE(CHR(201));
   FOR I:=1 TO UH DO
     WR11E(CHP(205)):
   WRITE(CHR(107));
   GOTOXY(WHERE1-1, WHEREY+1)1
   FOR I:=1 TO LV DO
   BEGIN
     WRITE(()R(186));
     FOTOTYCHHEREX-1, WHEREY+1)1
   END:
   WRITE(CH> 188));
   GOTOIV(P1 PY+1);
   FOR 1:=1 10 1V DO
   REGIM
      WRITE((HR(186));
      GOTOXY(WHEREX-1,WHEREY+1);
   END:
   #ITE(CH: 200));
   FOR 1:=1 10 1H DO
      WRITE HR(205));
ENE:
PROCEDURE PANTALLA:
DEGIN
   CLRSCR:
   COTOLVL01.02);
   WRITELMC* 1:15, 1LONGITUDES DE VARILLAS POP DIAMETRO PROPORCIONADO: 1:
   WHITEEN:
   WRITELN
            -*:18,*L1=*,LT1:570,* pies de varilla de *;#[1]:413,* Pulgadas*);
   wFITELM( -*:18,*L2=*,LT2:5:0,* pies de varilla de *,NE2]:4:3,* Pulgadas*);
   #RITELNE 1:18, 12=1,173:5:0, 1 pies de varilla de 1,8[3]:0:3, 1 Pulgadas1):
   -010fy(01.10);
   WRITELN(* *:25, *UNIDAD*, * *:11, *UNIDAD*, * *:11, *UNIDAD*);
   WRITELN(1 1:22, "CONVENCIONAL", AEROBALANCEADA
   GOTO1Y(01,14);
   WRITCLN(1 Hixima carga1,1 1156,1(1)));
   WRITELN(1 Himima carga1,1 1156,1(16)1);
   WRITELN(' Contrabalances',' '154,'(10)');
   WPITELN(' Par de Torsión',' ':54,'(lb-pg)');
   WRITELN(* Est, en var. sup.*****51,*(16/pg*2)**;
   WPETELN( Heter1,1 1:63,1(hp)1);
   WRITELME Gasto en la homba", " "151,"(b]/dia;");
   CUADKO(1 1,77,22):
   (UADRU(: ,12,12,9-;
   EUAOPUCE ,12,12,911
    UADPO(5-,12,12,9);
```

HARK []');

# END:

ţ,

### PROCEDURE OFPRINE (COLUMNA: INTEGER): BEF IN

```
THE FULL MARLEY'S
   WPITE(WMAX:6:0);
  GATOLY(COLUMNA,15);
WRITE(WHIN1610);
   COTOXY(COLUMNA, 16);
   WRITE(CT2+20))
   COTO CY (CON UNHA, 17);
   WRITE(TP:::0);
   COTOTY(CHIUNNA, 18);
  WRITE(WHA*/Ali6:02:
   GOTOXY(COLUMNA, 19);
  WRITE(HD:6:0);
   GOTOXY (COLUMNA, 20);
   WRITE(001:5:0);
ENE
(inicia el programa principal)
DEGIN
   *TR0:='S':
  WHILE UPCASE(OTRO)='S' DO
     BEGIN
        INICIALIZA
        DATOS:
        PANTALLA:
        (CON:2:
        IMP6+ME(26);
        AEPHAL2:
        1000 INPRIME (43);
        UNAF 12:
        1MP4 ME(60):
        DANE PASETRUE:
        COTO Y(15,23);
        WRITE("Desem hacer otro disoño con éste métado? (5/M] *);
        WHIL' BANDERA DO
          BE VIN
              GOTOTY (WHERE' , WHERE');
             OTRO:=READKEY:
              IF (UPCASE(OTRO)=1S1) OR (UPCASE(OTRO)=1H1) THEN
                 PANDERA:=FALSE:
          END:
    END:
END.
{fin del p. gramm principal}
```

35

うちちん ちょうた かちから

TYPE SHOULF. PAS PROCOM SHIDIF: 1.555 CRT.DUS: FUNST 14=3-1-101001

## Vio

H: #PRAY[1..5] OF REAL; TIPO, I, K, NDV: INTEGER; DEN, LONGVAR, DIAENB, EPH, NIDIH, PROFVB, LONGVER1, LONGDES2, LONGINCLI, MU2, MU3, PROFB: REAL; AP, V, ALFN, LT, P1, P2, R3, P4, A1, A2, A3, A4, ER, EP, SP, OUT, LT1, LT2, LT3, NL1, ML2, NL3, NL4, APAR, COEF, TETA33, COEF1, COEF2, AR, COEF11, NUS, TETA4, TETA5, TETA6: REAL; TETAL, TETA2, TETA3, MHAX, WHEN, T. TP. I.N. HH, HF, HU:REAL; PPESB, GPADESV1, GRADESV2, MXANG1, MTANG2, LONGDES4, LONGDESV5, MI4: REAL; RR1\_PR2\_HL5\_COEF4\_COEF4\_COEF51REAL; OTEO: CHAP: BANDERA: BOOLEAN;

PROCEMURE INICIALIZA:

```
BEGIN
```

```
FOR K:=1 TO 5 DO
 N[K]:=0.0;
```

DEN:=0.0: LONGVAR:=0.0: DIAENB:=0.0: EPM:=0.0: WIDIM:=0.0: PROFYB:=0.0: LONGVER1:=0.0: LONGDES2:=0.0: TETA4:=0.0: TETA5:=0.0: LONGINCE1:=0.0; MU2:=0; MU3:=0.0; AP:=0.0; V:=0.0; ALFA:=0.0; 11:=0.0; R1:=0.0; R2:=0.0; R3:=0.0; R4:=0.0; A1:=0.0; A2:=0.0; A3:=0.0; A4:=0.0; ER:=0.0; EP:=0.0; SP:=0.0; Q0T:=0.0; LT1:=0.0; LT1:=0.0; 173:=0.0; HL1:=0.0; COEF11:=0.0; HH5:=0.0; TETA6:=0.0; IE1433:=0.0; ML2:=0.0; ML3:=0.0; ML4:=0.0; APAR:=0.0; COFF:=0.0; COFF:=0.0; COEF2:=+.0: AP:=0.0: (ETA1:=0.0: TETA2:=0.0: TETA3:=0.0: #441:=0.0: WHIN:=0 0: CT:=0.0: TP:=0.0: LN:=0.0: HH:=0.0: HF:=0.0: HE:=0.0: MU4:=0. .; PR1:=0.0; RP2:=0.0; ML5:=0.0; COEF3:=0.0; COEF4:=0.0;

```
•
```

```
FUNDFION APGOPFAUNORFAUS
6.19
  (:=4P(+ P1/180):
```

## €N 11

```
PP-ICEDINE ... HINGADEEPPOPLEUL, REN: INTEGEP 1:
48-
  FEELASCH-R;
```

```
PE-IN
```

```
(OTO TY: "EN, COL);
WRITELS
                  Error, dato fuera de rangr?);
WEITER 1
                      Oprima cwalquier tecla para continuent);
TECLA:= "EADXET:
(01011- "EN,CUL);
WRETEL
                                            1);
WRITEL
                                                           1):
```

 $\{x_i\}_{i \in I}$ 

```
PENCEPHIPE INOPIE1;
St - In
   AR:=(P: 150P(N[1]))/4:
   AP:=(P1+50R(D1AFMB))/4;
   #FAP1=EP-AP1
   ALFAST ONGYARISUR(EPH))/705-01;
```

```
VIED TOUSS STEDNOVICEPH
   FU1:=1801100/(PI0GRADESVI);
   $*2:=1808100/(PI&GPADESV2);
E9:=0.000000173328DENENIDINEAP+REPROFVE/AR;
   1F N[1]=0.625 THEN
     BEGIN
         ML1:=1.16#LONGVER1:
          .2:=1.161LOWODES2;
         MUL. 1.16#LONGINCLI;
         HL5:=1.16#LON(__3V5;
     END
   ELSE
     IF N[1]=0.75 THEN
         BEGIN
            HE1:=1.63#LONGVER1:
            #L2:=1.63#L0NGDES2:
            #13;=1.631L00010CL1;
            H14:-1.63(LONGPESA:
            HINE . LA ULONGRESUS:
         110
     ELSE
         IF W[1]=0.875 THEN
            BEGIN
               HL1:=2.16±LONGVER1;
               #12:=2.16#LOWGDE52:
               HL3:=2.16#LONGINCL1:
               ML4:=2.16%LONGDES4:
               ML5:=2.16#LONGDESV51
            END
         ELSE
            BEGIN
               HL1:=2.08#LONGVER1;
               ML2:=2.881LOW60E52;
               ML3:=2.00sLONGINCL1;
               HL4:=2.891L0WGDES4;
               #15:=2.00#LONGDESV5:
            END:
   .T1:=L040VER1+L040DES2+L0401WCL1+L040DES4+L040DESV5;
   2P:=4E-0784LF48LT18(NL1+HL2+NL3+NL4+HL5)/AR:
  SP:=LONGVAR+EP-EP:
  GOT := 0. 1484 $#P$ SP$EP#:
  A1:=AR:
END: {fin de smodif1 }
PROFEDURE SHODIF2:
82614
   AP:=(PINSOP(DIAENB))/4;
   #LFA:=(L0#GVAR#SOR(EPH))/70500;
   ":=0.004"-33$LONGVAR$EPH:
    P1:=1801100/(PIEGRADESV1):
   -R2:=1801:00/(PI4GRADESV2);
   LT:=LONG":R1+LONGDES2+LONGINCL1+LONODES4+LONGDESV5:
   SE NEV=2 THEN
      1F (+1+]=0.625) AND (N[2]=0.75) THEN
         REGIM
            F1:=0.759-0.08961AP:
            #2:=0.241+0.08961AP;
            #2:=(PI1SOP(#[1]))/4;
            At:=(P[159R(N[2]))/4;
            LT1:=PITLT;
            172:=17-171;
            FOEF:=LONGVER1/LT2;
            IV COEF=1 THEM
               BEGIN
```

```
HL1:=1.634C(7)
      WL2:=1.16#LONGDES2:
      ML3:=1.160LONGINCL1:
      HL4:=1.16#LONGDES4;
      ML5:=1.161LONGDESVS:
   END
ELSE
   15 COEFOI THEN
      RECIN
         HL1:=1.630LT2+1.160(LONGVER1-LT2);
         HL2:=1.16#LONGBES2;
         HL3:=1.16%LONGINCL1:
         #L4:=1.168LONGDE54:
         HL5:=1.16tLOWGDESV5:
      END
   ELSE
      BEGIN
         ML1:=1.63#LONGVER1:
         COEF1:=(LONGVER1+LONODES2)/LT2:
         IF COEFI=1 THEN
            BEGIN
               HL2:=1.+3#L0#@DES2:
               ML3:=1.16#LONGINCL1:
               HLA:=1.1K#LONGDES4:
               HLS:+1.1611 ONGRESVS:
            END
         FLSE
            IF COEFEST THEM
               BEGIN
                   ML2:=1.63#(LT2-LOWGVER1)+1.16#((LONGVER1+LOWGDES2)-LT2);
                   ML3:=1.16#LONGINGL1:
                   HL4:=1.16#LONGDES4:
                   HL5:=1.168LONGDESV5:
                END
             ELSE
                REGIN
                   HL2:=1.63110HGDFS2:
                   COEF2:=(LONGVEP)+LONGDES2+LONGINCL1)/LT*;
                   IF COFF2=1 THEN
                      PF61N
                          HL3:=1.63#LONGINCE1:
                          ML4:=1.16110mGDES4;
                          NL5:#1.16+LONGDESV5:
                      END
                   ELSE
                      IF COEF2>1 THEN
                          BEGIN
                             ML3:=1.63#(LT2-(L0MGVER1+L0MGDE52))+1.16#((L0WVER1+L0MGDES2+L0MGINCL1)-LT2):
                             Mt4:=1,16#LONGDES4;
                             ML5z=1,16#LONGDESV5:
                          END
                      ELSE
                          BEG IN
                             #13:=L.631(106)w(1);
                             COEF3:-411-LANGRESHED /LT?:
                             18 (05)3=1 THEN
                                REGIM
                                HL4:=1.63#LONG#FS6:
                                NL5:=1.161LONGDFSV5;
                             END
                                      .
                          ELSE
                             1F COEF3>1 THEM
                               . BEGEN
                                   #14:=1.63#(172-(LONGVER1+LONGDE52+LONGTWCL)))+1.16#((LT-LONGDESV5)-LT2);
                                   #15:=1.1681 HNGDESUS:
                                (NP
```

--.t.,

```
t15t
```

```
BEGIN
ML4:=1.638LOWGDE54:
ML5:=1.638(LT2-(LT-L(MGDE5V5))+1.168LT1;
```

END; END;

```
END:
            END:
         ER:=0.00000017332#BEN#NIDIN#(AP-A2)#((LT)/A2)+(LT2/A1));
         E9:=4E-07#ALFA#LT#(HL1+HL2+HL3+HL4+HL5)/A2;
         IPAP:=AP-A2:
         007:=0.1484#AP#(AP+EP-ER)#EPH;
     END
  ELSE
IF (N[1]=0.750) AND (N[2]=0.075) THEN
  REGIM
     R1:==+, 786-0, 056584P:
     P2:===.214+0.056644P;
     A2:=(P1:SOR(N[1]))/4;
     A1:=(P[#S0P(H[2]))/4;
     LT1:=@18LT;
     172:=17-171:
      COEF:=LONGVERE/LT1;
      FF FREF=1 THEN
         BEGIN
            #11:=2.141172;
            NL 2:=1,6311006DES7:
            #13:=1.631(04GINCL1;
            WL4:=1.631LOWGDES4;
            H15:=1.63810400ESV5;
         END
     ELSE
         TF COEF >1 THEN
            BEGIN
               ML1:=2.16#LT2+1.63#(LONGVER1-LT2);
               ML2:=1.638L0MGDE52;
               NL3:=1.638LOWGINCL1:
               NL4:=1.638LONGDES4:
               HL5:=1.630LONGDESV5;
            END
         ELSE
            DEGEN
               HLJ:=2.168LONGVER1;
               COFFI := (1 (MOVEP1+LONODES?)/L17:
               IF COEVITE THEN
                  HEGIN
                     NEZ:=2.EXALONGDES2;
                     ML3:=1.638LUNGINCE1:
                     #L4:=1.63#LONGDES4;
                     HL5:=1.63#LONGDESV5;
                  END
               ELSE
                  IF COEFIST THEN
                     66614
                        NE 21=2.168(112-1006VER1)01.638((LUNGVER1+10000ES2)-L12)1
                        NL3:=1.638L0861#CF1;
                        ML4:=1.638LOWGDES4;
                        ML5:=1.63#LUNGDESV5;
                     END
                  ELSE
                     REG1N
                        NL2:=2.16#L0NG0E52:
                        COEF2:=(LONGVER)+LONGDES2+LONGINCL1)/LT2;
                        IF COEF2=1 THEN
                           REGIN
                              ML3:=2.168LCW((INCL);
```

```
REATED. BJTEUNGDES4:
                              HLS:=1.N3tLONGDESV5:
                           END
                        ELSE
                           TF COEF231 THEM
                              REGIN
                                 ML3:=2.16#(LT2-(LONGVER1+LONGDES2))+1.63#((LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)-LT2);
                                 HL4:=1.63#LONGDE54:
                                 ML5:=1.63#10WGDESV5:
                              END
                           ELSE
                              BEGIN
                                 HL3:=2.168LDNGINCL1;
                                 COEF3:=(LT-LONGDESV5)/LT2:
                                 IF COEF3=1 THEN
                                    REGEN
                                       HL4:=2.16810WGDES4:
                                       N15:=1.53810060ESV5:
                                    F n D
                                 ELSE
                                    1F COEF301 THEN
                                       BEGIN
                                          ML4:=2.63#(LT7-(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1))+1.63#((LT-LONGDESV5)-LT2):
                                          NL5:=1.631LONG0E5V5:
                                       END
                                    FLSE
                                       BEGIN
                                          WL4:=2.161LONGDES4;
                                          WL5:=2.16*(LT2-(LT-LOWGDESV5))+1.63#LT1:
                                       END:
                              END:
                     END:
            END:
      EP:=0.000000173320DEN00101Nt(AP-A2)t((LT1/A2)+(LT2/A)))t
      EP:=4E-07#ALFAULT#(NE1+NL2+HL3+NL4+NL5)/A2;
      APAR:=AP-A2:
      QOT:=0.14841AP=(LONGVAR+EP-ER)TEPH;
   END
ELSE
   REGIN
      R1:=0.815-0.0375#AP:
      R2:=0.186+0.0375#AP:
      A2:=(P11SOR(N[1]))/4:
      A1:=(P1#SQR(#[2]))/4:
      LT1:=R1#LT:
      LT2:=LT-LT1;
      COE+:=LONGVER1/LT1:
      IF COEF=1 THEM
         BEGIN
            ML1:#2.800LT2:
            4L2:=2.161L0060E52:
            NL3:=2.161LONGINCE1:
            HL4:=2.1+1LONGDES4:
            NES:=7, INILONGOFSUS:
         THE
      FISE
         11 COLENT THEM
            REGIN
               HL1:=2.88#E0WGVER1:
               COEF1:=(LONGVEP1+LONGDES2)/LT2;
               IF COEF1=1 THEN
                  DEGEN
                      HL2:=2.88#L0WGDES2:
                      HL3:=2.16#LONGINCL1:
                      ML4:=2,16#LONGDES4:
                      ML5:=2.26$10060ESV5:
```

```
140
                   ELSE
                      IF COEFINI THEN
                         BEOLH
                            ML2:=2.80#(LT2-LONGVER1)+2.16#: (LONGVER1+LONGDES2)-LT2);
                            ML3:=2.16#LONGINCL1;
                            ML4:=2.16%LONGDE54:
                            WL5:=2.16%LONGDESV5:
                         END
                      ELSE
                         BEGIN
                            #12:=2.89$LONGDES2:
                            COEF2:=(LONGVER1+LONGDES2+LONG) NCL1)/LT2:
                            IF COEF2=1 THEN
                               BEGIN
                                   ML3:=2.080LONGINCL1:
                                   ML4:=2.16#LONGDES4;
                                    HL51=2.16110NGDE5V5:
                                ENB
                             ELSE
                                IF COEF2)1 THEM
                                    DEGIN
                                       NL3:=2. 88#(LT2-(LDNGvER1+LONGDES2))+2.16#((LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)-LT2):
                                      HL4:=2.101LONGDES4;
                                       HL5:=2.16+LOWGDESV5:
                                   EWD
                                ELSE
                                   BEGIN
                                       NE3:=2.881LONGINCL1:
                                       COEF3:=(LT-LONGDESV5) LT2:
                                         1F COFF3=1 THEN
                                             BEGIN
                                                NL4:=2.880LUNGDES4;
                                                HL5:=2.161LT1:
                                             END
                                         ELSE
                                             IF COEF321 THEN
                                                REG1N
                                                    ML4:=7.k<#((LONGVEF1+)ONGDES2+LONG1NCL1)-LT2)+2.1k#(1T2-(LT-LONGDESV5));
                                                    HLS:=2.1+#LONGDESV5:
                                                 END
                                              £1 5E
                                                 HEGIN
                                                     HI 41=2 DRAI DROBESAL
                                                     HE5:=2 0988(177-(13 100601595)3+2.160111;
                                                  END:
                                    END:
                         END;
               END:
         ER:=0.000000173328DEN8N1D1M#(AP-A2)#((LT1/A2)+(LT2/A1));
         EP:=4E-07#ALFABLT#(HL]+HL2+HL3+HL4+HL5)/A2;
         APAP:=AP-A2:
         OUT:=0.14841AP8(LONGVAR+EP-ER)8EPH:
f#P:{ fin de smadit2 }
PUBLICHE SHUDIFS:
   15 NOV=3 THEM
     AP:=(PI#SURLDIAENN)/4:
      ALFA:=(LONGVAPISPR(FPH))/70500;
      V:=0.00435331LONGVAR1EPH:
      RP1:=180#100/(PI#GPADESV1);
     RF2:=180#100/(PI#GPADESV2);
      LT:=LOWGVERI+LONGDES2+LONGINCL1+LONGDES4+LONGDESV5;
      IF (H[1]=0.625) AND (H[2]=0.75) AND (H[3]=0.875) THEM
                                                                                           د من مود برواند المراجعة الم
```

```
en ja het manne
```

END

46.14

The sta

```
FEGIN
   R1:=0.627-0.0375#AP:
   R2:=0.14940.07178AP:
  P3:=0.175+0.0550AP
   43:=(P11SQR(N(1)))/4;
   A2:=(P1#SOR(h[2]))/4;
   A1:=(P1#50R(#[3]))/4;
   LT1:=P10LT:
  112:=K2#11:
   L13:=L1-(L11+L12):
   COEF:=LONGVER1/LT3:
   1F COEF=1 THEN
      REGIN
         #L1:=2.16#LT3;
         COEF1:=LONGDES2/LT2:
         IF COEFI=1 THEN
            BEGIM
               H12:=1.638LT2;
               ALBERT. LEAL ONGLACET:
               NI desta en la UNIGUESSE.
               #15:=1.168LONGDESV5:
            END
         ELSE
            IF COEF131 THEN
               DEGLM
                  ML2:=1.63#LT2+1.16#(10WGDES2-LT/);
                  ML3:=1.161L04014CL1;
                  NL4:=1.1601000ES4:
                  HL5:=1.161L0HGDESV5;
               FeiD
            ELSE
               REGIN
                  ML2:=1.63#LOWGDE52;
                  COEF2:=(LONGDES2+LOHGIWCL1)/LT2;
                  IF COEF2=1 THEN
                      BEGIN
                         HL3:=1.63#LONGINCL1:
                        ML4:=1.1+#LONGDES4:
                        HL5:=1.164LON@DESV5:
                     END
                  ELSE
                      TF COEF2>1 THEM
                         BEGIN
                           ML3:=1.63#(172-LONGDES )+1.16#((LONGDES2+LONGINCL))-L12);
                            ML4:=1.161LUNGDES4:
                            ML5:=1.161LUNGBESV5;
                        END
                      ELSE
                        BEGIN
                            ML3:=1.638LONGINCL1:
                           COEF3:=(LONGDES2+LONGINEL1+LONGDES4)/LT2;
                            IF COEFS=1 THEN
                               REGIN
                                  ML 4;=1.6301 0000E54;
                                 HL5:=1.16#LONGOFS#5;
                               END
                            ELSE
                               1F COEF3>1 THEN
                                 REGIN
                                     MIA:=1.638(17)-(LEMGDES'+EANGINCEE)+1.14.8(LANGDES)+1.0NGINCEE+EDNODES4)+1.72);
                                     HIS:=1.161LONDOESVS:
                                 END
                              €L SE
                                 REGIN
                                     #L4:=1.638LON (DES4)
                                     ML5:=1.63#(LT '-(LONGDES2+LONGINCL1+LONGDES4))+1.16#(T);
```

فأنبأه والمستعدية

```
tout
                     END:
            ENDI
  END
ELSE
   EF COFFSE THEM
      BEGIN
         HL1:=2.16#LT3+1.63#(LONGVER1-LT3):
         COEF1:=(LONGVER1+LONGDES2)/(LT3+LT2):
         1F COFF1=1 THEN
            BEGIN
               HL2:=1.63#L0#GDES2;
               NL31=1.161LINGINCL1;
               HL41=1.1611(MODES4;
               MES:#1.14#LONGDESVS;
            END
         ELSE
            IF COEFIDE THEN
               DECIN
                  COEF11:=LONGVEP1/(LT3+LT2):
                  IF COEF11=1 THEN
                     BEGIN
                        ML2:=1.160LONGDE52:
                        ML3:=1.16#LONGINCL1;
                        ML4:=1.161LONGDES4:
                        ML5:=1.16#LOWGDESV5:
                     END
                  ELSE
                     BEGIN
                        ML2:=E.63#((LT3+LT2)+LONGVER))+1.16#((LONGVER1+LONGDES2)-(LT3+LT2));
                        ML3:=1.161LUNGINCL1;
                        ML4:=1.16TLONGDESA:
                        ML5:=1.161LONGDESV5;
                     END:
               END:
      END
   ELSE
      1F COEF(1 THEN
         REGIN
            HL1:=2.16#LONGVER1;
            COEF1:=(LONGVER1+LONGDES2)/LT3;
            IF COEF1=1 THEN
               REGIN
                  HL2:=2.168L (WGDES2:
                  COEF2:=(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)/(LT3+LT2);
                  IF COEF2=1 THEN
                     BEGIN
                        HE3:=1.63010W0ENCL1;
                        ML4:=1.16110WGDFS4;
                        HUSER L. LANDINGDESVS;
                     FIND
                  EL SE
                     TE COEF231 THEM
                        BEGIN
                           ML 3:=1.+30((LT3+LT/)-(LOWGVER1+LONGDES2));
                           RE3:=RE++E, 168((E):RGV/R1+LONGD/S2+EONGINC(1)-(ET3+ET2));
                           ML4z=1.168LONGDES4;
                           ML5:=1.161LONGDESV5;
                        END
                     ELSE
                        BEGIN
                           HL3:=1.630LONGINCL1;
                           COEF3:=(LT-LOWODESV5)/(LT3+LT2);
                           SF COEFS=5 THEN
                              REG14
                                 MI4:=1.63#L0×00ES4;
```

and the second second

ŝ

```
NE5:=1.16MCONCOLSVO;
                  END
               ELSE
                  IF COEF3>1 THEN
                     REGIN
                        HL4:=1.630((13+LT2)-(14)AGVER1+LONGDE52+LONGTHCL11);
                        HL4:=HL4+1,1+0((LT-L0H6DESV5)-(LT3+LT2));
                        ML5:=1.16FLUNGDESV5:
                     END
                  ELSE
                     BEGIN
                        HL4:=1.63#LUNGDES4;
                        HL5:=1.63#((LT3+LT2)-(LT-LONGDESV5))+1.16*LT1:
                     END:
           END:
   END
ELSE
   F COEFLAL THEM
      REGIN
         M12:=2.160(LT3-FUNGVER1)+1.630((LONGVER1+LONGDES2)-LT5);
         c0EF2:=(LUNGVER1+LONGDES2+1)mGINCL1)/(LI3+LE2);
         IF COEF2=1 THEM
           REGIN
               NL3:=1.638LONGINCL1:
               ML4:=1.16%LOWGDES4;
               ML5:=1.16#LONGDESV5;
            END
         ELSE
            IF COEF231 THEN
               DEGIN
                  COEF3:=(LOWGVER1+LOWGDES2)/(L+3+LT2);
                  15 COEF3#1 THEN
                      亡词典
                        NU TELLERI INNERNELAL
                        HI41=1.
                                   199601541
                        HEDIME, LARIONET, SYDE
                     ENB
                  FLSE
                      IF COEF3C1 THEM
                        BEG1N
                           HE3:=). ST((LT3+LT2)-(LONGVER1+LONGUES2));
                           HL3:=HL3+E,16#((LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)-(L10+LT2));
                           HL4:=1.16#LONGDES4:
                           HL5:=1.16tL0W0DESV5:
                         END:
               END
            ELSE
               BEGIN
                  ML3:=1.638LUNGIA (1:
                  COEF3:=(LT-LONOP-5V5)/(LT3+L32);
                   LE COEF3=1 THEN
                      REGIM
                         HUD:#1.631:00GDES4;
                         MLS1=1.164/0WGDESVS;
                      END
                  ELSE
                      LE COEF331 THEN
                         BEG1M
                            HL4:=1.-3#((LT3+LT2)-(LONGVER1+LONGDES2+LONG1+CL1));
                            HL4:=HLd+1.16#((LT-+9HGDESV5)-(LT3+LT2));
                            ML5:=1.16#LONGDESW5;
                         END
                      ELSE
                         BEGIN
                            ML4:=1 30LOWGDES4:
                            HE5:=1.~3#((LT3+LT2:-(LT-LONGDESV5));
```

19. Q

```
END:
   END
ELSÉ
   BEGIN
     #L2:=2.16:L0HGDES2;
      FREF?:=(LONGVER1+LONGDES2+LINGINCL1)/113:
      11 COEF2+1 19FW
         PEG1W
            ML3:#2.1606(MG1WCL1;
            COEF3:=LONGDES4/LT2:
            IF COEF3=1 THEN
               BEGIN
                  WL41=1.630LDMGDES4:
                  WL5:=1.16#LONGDESV5:
              END
            ELSE
               IF COLF321 THEN
                  REGIM
                     ML4:=1.6301 [2+1.168(LUNGDES4-LT2):
                     HL5:=1.161()NGDESVS:
                  END
              ELSE
                  BEGIN
                     ML4:=1.63$LONGDES4:
                     HL5:=1.638(172-LONGDES4)+1.168LT1:
                  ENDE
   END
EL SE
   TE COEF2>1 THEM
     PEG1N
        COEF3:=(LON-VER1+LONGDES2+LONGINEL1)/(LT2+LT3):
         IF COEF3=1 THEN
            NEGIN
               HL3:=?.16#(LT3-(LDWGVER1+L0NGDES2))+1.63#LT?;
               ML4:=1.16$LONGDES4;
               HL5:=1.160LOWGDESV5:
            END
          ELSE
             IF COEF3>1 THEN
                BEGIN
                   ML3:=2.16*(LT3-(LONGVEP1+LONGDES2));
                   #13:=#13+1.43#172+1.16#((LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)-(LT3+LT2));
                   *L4:=1.1611 (NODES4:
                   MIS:=1:1611/MGDESVS:
                FNp
            FLSE
                REGIN
                   #LA:#2.1684143-(10X6VEF14E0X66ES2))+1.638((10X6VEF14E0X6DES24L0X6EXC11) - 13);
                   + 0EF4:=(LT-0.900DESV5)/+LT++LT2):
                   IF COEF4=1 THEN
                      BEGIN
                         WEAZES 638EUNODESAZ
                         ML51=1.168LONGDE5V5;
                      END
                   FLSE
                      IF COEF4 1 THEN
                         REGEN
                            HLa*=1.63#((LT3+LT2)-(LONGVER1+LONGDES2+LONGTHCL1));
                            MLc:=ML4+1.16*((LT-LONGDESV5)-(LT3+LT2));
                            MLTH=1.160LONGDES4;
                         END
                      ELSE
                         REGIN
                            #***=1.630L08-04541
```

M\*\* ==1.63#((L+5+L12)-(L1-LONGDESV5))+1.161(11)

```
EITO:
```

```
END:
                         END
                      ELSE
                         BEGIN
                             NL3:=?.16#/ONGINCLE:
                             COEF3+=(LF-LONGDESV5) + (3:
                             TE COFES=1 THEN
                                BEGEN
                                   HLATEZ. HAILONGDI-AT
                                   ML5:=1.63#LT2+1.16#LT1;
                                END
                             ELSE
                                1E COEF331 THEM
                                   BEGIN
                                      CUEF4:=(LT-LONGDESV5)/(LT3+LT2):
                                       LE COEF4=1 THEN
                                          BEGIN
                                             HL4:=2.16#(LT3-(LUNGVER1+LONGDE52+LONGINCL1))+1.63#LT2:
                                             HL5:=1.16#LONGDES:5:
                                          END
                                      FESE
                                          IF COFFAM THEM
                                             fif G est
                                                htd:=2.16#(LT3-(EONGVEP1+EONGDES2+LONGENCEF));
                                                #14:=#14+1.631/17+1.168((LT-LOBODESV5)-(LT3+L12));
                                                MIS-=1.16REONGHERVS:
                                             END
                                          ELSE
                                             BEGin
                                                ml4:=2.16#(LT3-(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCLE)):
                                                ML4:=HL4+1.63#((LT-LONODESV5)-LT3);
                                                HIS+=1.63#((LT3+LT2)-(LT-LONGDESV5))+1.16#LT11
                                             END:
                                   END
                                ELSE
                                   BEGIN
                                      #L4:=2.16 (10%GDES4:
                                       4L5:=2.16*(L13-(LT-LONGO(SV5))+1.63*L12+1.16*LT1:
                                    ENUS
                         END:
             END:
ER: 0.000000173328DENEWIDIN#(AP-A3)#((LT)/A3)+(+T**A2)+(LT3/#1));
EP:=4E-07#ALFA#LT#(#L1+HL2+#L3+HL4+#L5+/#3;
APA+ := AP-A3;
OUT =0.1484#AP3(LONGVAR+EP-ER)#EPH;
    R1:=0.664-0.UR941AP;
    $2:=0.181+0.047814P;
    P31=0.155+0.041+14P;
    43:=(PE850P(N[1]))/4;
    A2:=(PE$500(N[23))/4;
    41:=(P1#50R(#[3]))/4:
    111:=R1#LT:
    %12:=#28UT:
    (T3:=LT-(LT1+LT2):
   COEF:=EONGVER1/L13:
    IF COEF=1 THEN
      REGIM
         mL1:=2.88#LT3:
         COEF1:=LONGDES2/LT2;
```

IF COEF1=1 THEN BEGIN

ENDE

ENF ELSE 9E TH

```
8121=2.7611121
            HL3:=1.631LONGENCE1;
            NI4:=1.63#LONGOFS4;
            MLS:=1.634LUMGDESVS;
         END
      ELSF
         1F COEF1-1 THEN
            BEGIN
               ML2:=2.164112+1.634(LONGDES2-L12);
               ML3:=1.630L04GINCL1;
               ML4:=1.638LONGBES4:
               HE5:=1.6311 CHGDESV5;
            END
         ELSE
            REGIN
               ML2:=2.16#LOWGDE52;
               COEF2:=(LONGDES2+LONGINCL1)/L12;
               IF COEF2=1 THEN
                  BEGEN
                     #13:=2.16410WG(#C11;
                     AL4:=1.6 VELLINGERSA:
                     NL5:=1.63810000ESV5;
                  END
               ELSE
                  IF COEF251 THEM
                     BEGIN
                        ML3:=2.16#(LT2-LOWGDES2)+1.63#((LOWGDES2+LOWGINCL1)-LT2);
                        HL4:=1.63#LONGDES4;
                        NL5:=1.630LONGDESV5;
                     END
                  ELSE
                     BEGIN
                        H13:=2.16110W01WCL1;
                        CUEF3:=(LINGVER1+LONGDE5:+LONGINCL1)/112:
                        JF COFF3=1 THEN
                           DEGIN
                              M14:=2.168LDWGDESa;
                              HL5:=1.638LONGBESVS;
                           END
                        ELSE
                           1F COEF351 THEN
                              BEG1≠
                                 MI4:=2.16*(172-(LOWGDES2+LOWGTWCL1))+1.634((LOWGDES2+LOWGTWCL1+LOWGDES4)-LT2);
                                 # 5:=1.638LINGDESV5:
                              END
                           EL SE
                              SEGIN
                                 ML4:=2.1681046HE54;
                                 #15:=2.168(L12-(LONGDES)+LONGINCL1+LONGDES4))+1.634(T1)
                              END:
                     END:
           END:
  END
ELSE
   LF COEFSE THEN
      BEGIN
         ML1:=2.888LT3+2.16*(LONGVER1-LT3);
         COEF1:=(LOWGVER)+LOWGDES2)/(LT3+LT2):
         IF COEFI=1 THEM
           61616
               HE7:=2.1A#ErmGDES2;
               NI3:=1.631108GIN:14:
               Ni4:=1.63810NGDIS4;
               #L5:=1.61#10NGDE5V5;
           £Nti
        ELSE
       2 . A. 194
```

ورجوا كالتجار الأراسي لأربيك التعقير كالكافاء

San and a second se

1

おいなか 日本 町内

```
...
            )FOULD) HER
               REGIN
                  COEF11:=LONGVER1/(LT3+LT2):
                 IF CHEF11=1 THEN
                     (#G1)
                        #U2:=1.6311 UNGUES2:
                        NET:=1.630E906E0CLE:
                        HL4:=1.630LUNGDES4:
                        HLS:=1.630LUNGDESVS:
                    END
                 ELSE
                    BEC IN
                        #12:=2.16#(-LT3+LT2)-LONGVER1)+1.63#+(LONGVER1+L*NGDES2)-(1+3+LT2));
                        HLS:=1.63#LOWGINCLI;
                        HL4:=1.634LUNGDES4:
                        #L5:=1.631L0NGDESV5:
                     END:
               ENO:
     END
  FLSF
     BEGIN
        ML1:=2.80$LONGVER1:
        COEF1:=(LONGVFR1+LONGDES2)/LT3;
        IF COEF1=1 THEM
           BEGIN
              HL2:=2.880L0W6DE52:
               COEF2:=(LUNGVER1+LONGDES2+LONGTHOL1)/(ET3+LT2::
               IF COEF2=1 THEN
                 REGIN
                     MI 3:=2.1601(00000001);
                     N1 4:=1.63#LON60ES4;
                     MI 5:=1.638LONG=ESV5:
                 ENĐ
              ELSE
                 IF COEF2>1 THEM
                     BEGIN
                        ML3:=2.16#((LT3+LT2)-(LONGVER1+LDNGDF52));
                        HL3:=HL3+1.63#((LONGVF#1+LONGDES2+L0+GINCL1)-(LT*+LT2));
                        HL4:=1.6381 ONGDES4:
                        HL5:=1.63# ONGDESV5:
                     END
                 ELSE
                     REGIN
                        HI 3:=2.16#10HGIWCL1;
                        COFF3:=(LT~LONODESV5)/+LT3+LT2);
                        IF (DEF3=) THEN
                           REGIN
                              MI des 2. INALUNGER 14;
                              ALSE 1.638(DRODERS)
                           END
                       ILSE
                           IF COEF 151 THEM
                              BEGIN
                                 Ht4:=2.16#((!:::+LT2)-(LUNGVER1+LONGDES2+LONGINCL:)):
                                 HI 4:=HE4+1+65+((LT-LONGDESV5)-(LT3+ET2));
                                 ML 51=1.638E0N00ESV51
                              END
                           ELSE
                              BEGIN
                                 N1 4:=2.16110400ES4:
                                 ML5:=2.16#((LT3+LT2)-(LT+10NGDESV5))+1.63#LT1;
                              END:
                     Eh0:
           END
        FLSF
```

IF COEF1>1 INFN

```
SEC IN
      ML2:=2.884(LT3-LONGVER1)+2.164(+LONGVER1+L) #GDES2)-LT3);
      COEF2:=(LONGVER:+LONGDE52+LONGINCL1)/(LT3+LT2);
IF CDEF2=1 THEN
         BEGEN
            NL3:=2.16#L0NG1NCL1;
            ML4:=1.631LONGDES4:
            ML5:=1.63#LONGDESV5:
         END
      ELSE
         TE COEF231 THEN
            BEG1N
               COEF3:=(LONGVER1+LONGDFS2)/(LT3+L32);
               IF COEF3=1 THEN
                   BEGIN
                     HL3:=1.631LONG1H(L);
                     ML41=1.63810NGDES4:
                     HL5:=1.631LONGDESVS;
                  FND
               ET SE
                   IF COEF3CL THEN
                      REGIN
                         HL3:=2.161((133+172)-(10%GVER1+L0%GRES7)):
                         ML3:=ML3+1.63=((LUNGVER1+LONGNES2+LUNGLNCL1)-(L13+L12);
                         ML4:=1.63TLNNGDES4:
                         HLS:=1.63#1 (MGDESVS;
                      END:
            £MD
         ELSE
            BEGIN
               HL3:=2.16#LONGINCL1:
               COEF3:=(LT-LONGDESV5)/(LT3+LT2);
               1F COEF3=1 THEN
                   BEGIN
                     HL4:=2.16#LONGDES41
                      ML51=1.631LONG/ESV51
                   {HD
               ELSE
                   TO COEF331 SHEN
                     REGIN
                         htds=".tkts(t13+112)+++uni6VER1+Luni6DE52+Luni61NCL13);
                         #141=#14+1 631((1E-1(MSDESVS)-(133+173));
                         HLS:=1.6311HIGDESUS;
                      END
                   EISE
                     BEGIN
                         HL4:=,'.16#LUNGDES4:
                         HL5:=2.16*((LT3+LT2)-(LT-LONGDESV5));
                      END:
            END:
   END
ELSE
   REGIN
      ML2:=2.88$LONGDE52:
      COEF2:=(LONGV+P1+LONGDE52+LONGINCL1)/LT%:
      IF CUEF2=1 THEN
         BEGIN
            ML3±=2.0841606346+1;
            COFF SEELUNGDESAVE C.S.
            HE CHEFTER THEM
               IFE GEN
                  N: 41=2.16810000054;
                  # 5:=1.6311 UNGDF 545;
               END
            ELSE
               JF COEF351 THEN
```

Sugar Sec.

```
BEOTH
               ML41=2.161172+1.631(LONGDE54-LT2);
               HL5:=1.63#LONGDESV5:
           END
        ELSE
            PEG1N
               HI 41=2, 1641 0H601 S4;
               MESTER, 164(140-E0060E94)+1,634111:
           END:
  END
ELSE
  IF COEF2>1 THEN
     BEGIN
        COEF3:=(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)/(LT2+LT3);
         1F COEF3=1 THEN
            BEG1N
               HL31=2.88#(L13-(LONGVFR1+LONGDES2))+2.16#LT2:
               WL4:=1.63#LON60ES4;
               ML51=1.631LONGDESV5:
           £#0
        FISE
            IF COLESNS THEN
               8661W
                  ML3:=2.88#+1.T3-(10MGV(K)+LONGDE52))+2.16#((LINGVER1+10NGUE52+LUNGINC(+)-143);
                  COEF4:=(11-+OWGDESV5)/(113+112):
                  IF COEF4=1 THEN
                     BEGIN
                        HL4:=7.168LONGDF54;
                        ML5:=1.63#LONGDLSV5t
                     END
                  ELSE
                     IF COEF4+1 THEN
                        REG1N
                           M141=7.168((113)(T2)-(10MGVER1+10MGDES2+10MG1HCL1));
                           #14:=#L4+1.6\1(++E-10NGDES45) (113+L12));
                           MUSERLANDONISES
                        FND
                     HISE
                        81414
                           #:42=2.16@LONDITS4:
                           M: 1:=2.168((1:1(+1/2)-(11-LUNGDESVS))+1.+38111;
                        END;
               END:
     END
  ELSE
     BEGIN
         WE3:=2.880LOWGINCE1:
        COEF3:=(LT-LONGDESV5)/LT3:
         IF COEFS=1 THEN
            BEGIN
               HL41=2.88#LUN-OFS4:
               HL51=2.168L1/11.638LT1;
             END
          FLSE
             LE EUEF324 THEN
               REGIN
                   COEF4:=(++-LONGDESV5:/(LT3+LT2);
                   IF CUEFA=! THEN
                      BEGIN
                         ML4:=2.884(LT3-(LONGVER1+LONGDF52+LONGINC(1))+2.164LT2:
                         H15:=1.631LONGDESV5;
                      END
                   ELSE
                      IF COEF421 THEN
                         RF .... N
                            "14:=2.08#(133-(10NGVER1+LONGDES2+10NG3NCL1));
```

n ing sing dar pakawan wakarawa

```
mLd;=#NL4+2_16#L (2+1.63#({{}-L0NGDESV5}-(ET3+ET2));
ML5:=1.63#LONGDESV5;
```

```
END
Else
```

```
BEGIN
```

```
NL4:=2.88#(LT3-(LONGVER:+LONGDES2+LONGTNCL:));
NL4:=NL4+2.1+#((IT-LONGDESV5)-LT3);
NL5:=2.16#((IT3+LT2)-(LT-LONGNESV5))+1.63#LT1;
```

```
ENO;
```

•

```
ENP
```

```
ELSE
BEGIN
```

ML4:=2.89+10400ES4;

```
ML51=2.881(LT3-(LT-LONGDESV5))+2.168LT2+1.638LT1;
END:
```

END:

END:

PPOCEDURE UCONV2;

いいたい おか 第二日に

Ţ,

```
BEGIN
   TETA1:=NU2*(1-COS(C(HTANG1)));
   TETA2:=(HU2#SOR(V)#MXAN01)/(32.2#RRE);
   TET43:=HUA#(1-SIN(C(MYANG2)));
   TETA33:=MU4#(1-COS(C(M1ANG2)));
   TETA4:=(#U4#SQR(V)#MXANG2)/(32.2#RR2);
   T1.451=NL1+NL2#(SIN(C(HJANG1))+TETA1+TETA2)+HL31(COS(C(HJANG1))+HU3TSIN(C(HJANG1)));
   TETA5 = "ETA5+NE4#2(SEN(C(NYANG2))+TETA33+TETA4)+NE5#(NIE+SEN(C(NYANG2))+COS(C(NYANG2)));
   TETA5:=HL1+HL20(SIN(C(HIA)(1))-TETA1-TETA2)+HL38(COS(((HIANGI))-HU31SIN(C(HIANGI)));
   TETA6:=TETA6+HL4#(SIN(C(MXANG2))-TETA1: TETA4)+HL5#(COS(C(MXANG2))-MH5#SIN(C(MXANG2)));
   WMAX:=TETA5#(1+A1FA-0.1273#DEN)+0.433#PROFV&#AP: .
   WHEN:=TET46#(1-ALFA-0.1273#DEW);
   CT:=0.5t(WHAX+WHIN);
   TP:=(WMAX-CT)#LONGVAR/2;
   LN:=NIDIN+(2.310PRESB/0EN);
   HH:=0.00000736800180FM81 N:
   HF:=0.000006310TETASULONGVARUEPH1
   HD:=1.5***H+HF3:
Ener { fin 1- uconv2}
PRIMEDURE AL-BAL2:
95938
   TETA1:=HU2#(1-COS(C(HIAN(H)));
   TETA2:=(#02#SOR(V)#M1AN01>/(32,2#RP1);
   TETA3:=WH40(1-SIN(CUNTANG2)));
   TETA33:=HU4#(1-CO5(C(MIANG2)));
   TETA4:=(NU4850R(V)8MXAN02)/(32.21RR2);
   TETA5:=HL1+HL28(SIN(C(HRANG1))+TETA1+TETA2)+HL38(COS(C(HXANG1))+HU3+SIN(C(HXANG1)));
   TETAS:=TETAS+HL48(SIN(C(NXANG2))-TETA3-TETA4)+HL58(HU5:SIN(C(NXANG2+)+COS(C(NXANG2)));
```

TETA6;=#L1+HL28(SIW(C(HXANG1))-TETA1-TETA2)+HL38(COS(C(HXANG1))-#U3+SIN(C(HXANG1))); TETA6:=TETA6+NL48(SIN(C(HXANG2))-TETA33-TETA4)+HL58(COS(C(HXANG2))-#U3+SIN(C(HXANG2));

```
H1:=0.00000736800T8DFNLN;
HF:=0.000006318TETA50LONGVARIEPH;
```

CT:=1.060(WHAX+WHIN)/2; IP:=(WHAX-CT)810WGVAP/2; 1N:=NIDIN+(2.310PRESB/DEN);

WHAX:=0.4338(PROFVB8AP-0.2948TETA5)+TETA5+0.78TETA5#ALFA;

WHIN:=TETA6-1.30TETA64ALFA-0.1273#DEN#TETA6;

```
MST=1158 (MRANET;
END: { fin de aerbal2}
PROCEDURE UMAR112;
BEG14
   TETA1:=HU2#(1-COS(C(HTANG1)));
   TETA2:=(MU2#SQR(V)*M*AWG1)/(32.2*RR1);
   TETA3:=HU4#(1-SIN(C(HTANG2)));
   TETA33:=HU4t(1-COS(C(HXANG2)));
   TETR4:=(WU4$SOR(V)BHXANG2)/(32.28R2);
   TETA5:=ML1+NL21(SIN(C(NXANG1))+TETA1+TETA2)+NI30(COS(C(MTANG1))+NU31SIN(C(NXANG1)));
   TETAS:=TETAS+HL4#(SIW(C(HTANG2))-TETA3-TETA4)+HL5#(HU5#4TH(C(HKANG2))+COS(C(HKANG2)))+
   TETAE:=NL1+NL2#(SIN(C(NXANGE))-TETA1-TETA2)+NL3B(COS(C(MXANGE))-NU3ASIR(C(NXANGE)));
   TETA5:=TETA6+ML4+(SIN(C(MXANG2))-TETA33-TETA4)+ML5#(COS+C+MXANG2))-MU5#SIN(C(MXANG2)));
   WMAJ:=0.4338(PPOFVB8AP-0.2948TETA5)+TETA5+0.68TETA5$ALF#;
   WHIN:=TETR6-1.40TETA6#ALFA-0.1273#DEWATETA6:
   CT:=1.068(SHA1+1.25#SH1H)/2:
   TP2=:WMAX-CT)#LONGVAR/2;
   1H:=W1DtH+(2.310PPESB/DEN);
   HH:=0.00000736190140FN11Ng
   HELEN, OWNOOG THETH TASSLONG VARIEPINT
   HB:=].58(HH+HF);
END;{ fin de nearbli'}
```

```
PROCEDURE DATOS:
BEGIN
   CLRSCR:
   WRITELNCE
                    PROPORCIONA LOS SIGUIENTES DATOS( POID TIPO S NODIFICADA)*);
   WPITELN(*
   REPEAT
    601017 5,0391
    WEITER 1.- DEWSIDAD RELATIVA DEL AFFITE :
                                                          • • •
    COTOES -HEPET-10,033
    449 Ber 14
    TE LOEN 1.57 UP (DEN>2.0) THEN
       HENSAJEERPOR(04,05);
  UNTIL (DEM)=0.5) AND (DEM(=2.0);
   PEPEAT
    G0101V(95,04);
    WRITE(* 2.- CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS ;
                                                                      1):
    GOTOXY/WHERET-10,04);
    READ(1+++GYAR);
    TF (LIMOVARIO) OR (LONGVAR)200) THEN
        WEN AJEERROR(05,05):
  UNTIL (I -- NGVAR)=O: AND (LONGVARC=200);
   PEPEAT
    60101+ 05,05);
    WRITE- 3.- DIAMETRO DEL ENBOLD DE LA BOMBA EN PULGADAR :
                                                                         17;
    GOT07: WHEREY-10,05);
    READ( PEND);
     IF (D EMB(=0.5) OR (DIAEMB)5) THEN
       MEN AJEERROP(06,05);
   UNTIL (D AEND>0.5) AND (DIAEND(=5);
   REPEAT
    GOTOXY 05,06);
    WRITE(" 4.- VELOCIDAD DE BONDED EN EMBOLADAS POR MINHO :
                                                                         1);
    GOTO1*+WHERE1-10,06);
    READ (F-M);
     1F (EP=C=0.0) UF (EPM>303 THEM
        NEWSAJEERPOR(02,05);
```

UNTEL (+\*HOU.ON AND (EPH+=30);

```
HST=1.57(AHAAF);
END: [ fin de aerhai2}
PROCEDURE UMARI12:
BEGIN
   TETA12=HU2#(1-COS(C(HIANG1)));
   TETA2:=(MU28SOR(V)EMXANG1)/(32.28RR1);
   TETA3:=HU48(1-51W(C(HTANG2)));
   TETA33:=NU40(1-COS(C(AXANG2)));
   TETA4:=(NU41SQR(V)INIANG2)/(32.21RR2);
  TETA5:=ML1+ML2#(SIN(C(NXANGI))+TETA1+TETA2)+NI 3#(COS(C(NTANGI))+NU3#SIN(C(NXANGI)));
  TETAS:=TETA5+HL4T(SINLC(NXANG2))-TETA3-TETA4)+HL5t(HU5t+1H(C(NXANG2))+COS(C(NXANG2)));
   TETAE:=NE1+NE2B(SIN(C(MIANGE))+TETA1-TETA2)+NE3B(COS(C(MTANOL))-NU3BS(N(C(MKANOL)));
  TETA5:=TETA6+ML4+(SIN(C(MIANO2))-TETA33-TETA4)+ML5+(COS+C+MIANO2))-HU5+SIN(C(MIANO2)));
  WMAX:=0.d338(PROFVB1AP-0.2948TETA5)+TETA5+0.68TETA58ALF#1
  WHIN:=TETA6-1.481ETA68ALFA-0.12738DEN&TETA6;
  CT:=1.06#(WMAE+1.25#WHEN)/2;
  TP:=(WHAT-CT)#LONGVAD/2:
  IN:=#1018+(2.31#PPES8/DEM):
  HH:=0.00000736800180FN11N;
  H0:=1.5#(HH+HF);
EMD;{ fin de mearbli'}
```

Ľ,

S. S. S. S.

4 10

1011

Į.

ģ

計位

÷.

ŕ,

```
PROCEDURE DATOS:
BEGIN
   CLRSCR;
   WRITELNO
                    PROPORCIONA LOS SIGUIENTES DATOS( POTO TIPO S NODIFICADA)*):
   WPITELH(*
   REPEAT
     401611 .5,034
    WP175- 1.- DEMSIDAD PERATIVA DEL AFFITE :
                                                           1.11
    601011 -HEPET-10,0331
    4149 Birth
     TE (AEM-1.5) UP (DEN>2.0) THEN
       HENSPJEEPPOR(04,05);
  UNTIL (DEN:=0.5) AND (DEN(=2.0);
  REPEAT
    601019(05,04);
    WRITES" 2. - CARPERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS :
                                                                       ٠):
    0(H01V/WHEREI-10.04);
     READ(I HNGVAR);
     1F (LUMOVAR(0) OR (LONGVAR)200) THEN
       MEN: #JEF8000(05,05);
  UNTIL (I-MGVAR>=03 AND (LONGVARC=200):
   PEPEAT
     GUIDIY 05.05):
     WRITE - J.- DIAMETRO DEL EMBOLO DE LA BOMBA EN PULGADAS :
                                                                          1):
     GOT03: WHEREX-14,05);
    READ( AEND);
     IF (D EMB(=0.5) OR (DIAEMB)S) THEM
       HER AJEERROP(06,05);
  UNTIL (D AEMB)0.5) AND (DIAEMB(=5);
   REPEAT
    GOTOXY 05,06);
    WRITE( ' 4.- VELOCIDAD DE BONBEO EN EMBOLADAS POR MINIO 1
                                                                          ٠);
    COTOX + INCEREN-10,06);
     READ(F***);
     LE (EPHCEN.U) UP (EPHISOS THEN
       RENGAJEERPORcol,05);
   UNTEL (F-MOD.03 AND (EPH(=50);
```

PEPERT GOTOXY(05,07); WHITE( 5.- MIVEL DIMABLED VEPTICAL EN LA T.R. EN PIES : GOTOTY(WHEPET-10,07); 111 PEAD(NIDIN); IF (MIDINC=0.6) OR (MIDIN>=20000+ THEN MENSAJEERROP (08,051; UNTLE (NEDLMOD, U) AND (NEDEM/2000005; PEPIAT (01611(05,08)) WRITELS N.- PROFUNDIDAD VERTICAL DE COLOCACION DE LA BOMBA EN PIES : 17: GOT017(WHERE1-10,08)1 PEAD(PROFVB); IF (PROFVBC=0.0) OR (PROFVB)20000) THEN HEN-AJEEPROP(09,05); UNTIL (PF: FVEDO.0) AND (PPOFVBC=20000): PEPERT 601019: 5,09); WRITELS T.- CONTRAPRESION EN LA BOCA DEL POZO EN PSEA -\* 11 60TULY(1-HERFT-10,04); READ(PPINE); IF (PRE-HOM, MY IN (PRESB)500) THEM HENSI IEEPROR(10,05); UNTIL (PRISE)0.0) AND (PRESEC=500); REPEAT 601019(05,10); MPITE(\* 8.- LONG.VERTICAL ANIES DE LA DESVIACIÓN DEL POZO EN PIES : •)1 GOTOLY(WHERE1-10,10); READ(LONGVER1); IF (LUN-VEPIC=0.0) OP (LONGVER1)ROOD) THEN MENS=JEERRÓW(11,05); UNTIL (LONGVERIDO.0) AND (LONGVERI(=8000); REPEAT (01011) (5,11); WRITER A.- FONGITUR DE LA PETNERA PARTE DESVIADA DEL FOZO EN PILS : **'**21 GUTIDITE -MEREI-LU, 11); READ(triagDES2): IF (LOW-DE524=0.0) OR (LONGDE52/20000) THEM HEN AJEERPOR(12,05); UNTIL (L1-160ES2)0.0) AND (LONGDES2(=20000)1 PEPEAT GOTO1Y: 5,12); WRITE( ' U.- GRADOS DE DES.PON FADA 100 PIES DE LA PRIMERA PARTE DES. ; 1): GOTOXY ( -HEREY-10,12); READ(GR =DESV1); IF (GPA ESVICU) OF (GPADESVIDEN) THEN HEMS (JEERROR(13,05); UNTIL (6+ DESV12=0) AND (GRADESV14=90); REPEAT 601015 5,13); WRITEL' 1.- FACTOR DE ERICCION HARA LA PEINERA HARTE DISVIADA 1 י): 601011 (REL-10, 135) READ(MIN) 1: TE (MH =0) UK (MH2)(U) THEN HENS JEEPPOR(14,05); UNTIL (#0100) AND (#02(=10); PEPEAT G01017( -5,14); WRITEC' 2 .- MALINO ANGULO DE DESV. ALCANIADO EN LA PRIMERA PARTE DES. : ۰): 00TOXY(4HEREX-10,14); READ(BICNG1); IF (MYAHOLCED) NP (MLANG1540) THEN MENSAJEEPROR(15,05); UNTIL (MIANGIDO) AND (MIANGIC=903; REPEAT 601011-15,151;

2111 111

「おいちんちんやたちに、ころやいちないないないとう」

GOTOXY(WHERE1-10,15); PEAD(LONGINCLI); IF (LONGINCLICED) HR (LONGINCLIP20000) THEN MENSAJEERROR(16,05); UNTIL (LONGINCLING) AND (LONGINCLI(=20000); PEPEAT GOTOX1(05,16); WRITE(114.- FACTOR DE FRICCION PARA LA TONA DE ANGULO SOSTENIDO : 1 22 6010(n(#HERE1-10,16); READ(MU3); IF (NU3C=0) OR (NU3>10) THEN HENSAJEERROR(17.05): UNTIL (MU3>0) AND (MU3(=10); PEPEAT 601014(05,17); WRITE(115.- LONGITUD DE LA SEGUNDA PARTE DESVEADA EN PIES : 1)1 COTO17(WHERE1-10,17); READ(LONGDES4); IF (LOP SDES4CO) OR (LONGUESASLONGVERT+PROFUBILONGINCLES THEN AEMS+JEERKOR(13,05); UNTIL (LONGDES4)=0) AND (LUNGDES4(=LONGVFR1+PROFVR+LONGLN/L1): PEPEAT GOTOIY(:5,19); WRITE("16.- GRADOS DE DES. POR CADA 100 PIES EN LA SEGUNDA PARTE DES. : GOTOXY(WHERE1-10,18); READ(GPADESV2): IF (GRADESV2(0) OR (GRADESV2)90) THEN HENSAJEERROR(19,05); UNTIL (GRADESV2)=0) AND (GRADESV2(=90); REPEAT 60T01Y(05,19); WRITE(\*17.- MAYINO ANGULU ALCANZADO EN LA SEGUNDA PARTE DESVIADA : 1): GOTOTY (WHEREE-10, 19); READ(MXANG2); IF (MXANG2(0) OR (MXANG2)90) THEN HEN: 4JEERROP(20,05); UNTIL(MEANG22=0) AND (MEANG2(=90); PEPEAT GOIOIV-05,20); WRITE("10.- FACTOR DE FRIECTON PARA LA SEGUNDA PARTE DESVIADA ; 1): GOTOXY (WHEREX-10,20); READ(MU4); IF (HUJA(O) OR (HUJA>10) THEM HENSAJEERROR(21,05); UNTIL (M)4>=0) AND (MU4(=10): REPEAT GOTOXY .05,21); WRITE('19.- LONGITUD DE LA ZONA DE TERMINACIÓN EN PIES : 91 GOTOXY-WHEREX-10,21); READ(1+NODESV5); IF (LON-ODESV5(0) OF (LONGDESV5)LONGVEP1+PEOEV8+LONGTHEL1+LONGDEST) THEN HEN:4JFFRRUP(22,05); UNTIL (10000ESV5)=0) AND (10000ESV5C=1000VER1+PROEVR+1000ENCL1+E0000ES4); REPEAT G0101V+05,22); WRITEL'20.- FACTOR DE FRICCION PARA LA ZUNA DE TERM-MACIÓN : 1); GOTOIX+ WHERE (-10,22); READ(P15); IF (HIF-C=0) OR (HUS>LOS THEN WEN AJEERPOR(23,05); UNTIL (\* 530) AND (MU5(=10): PEPEAT 00101 (05,23); WRITE! 'NUMERO DE DIAMETROS DE VARILLA ( MAXINO 3 ): 1):

60101> MHERE1-10,233;

WRITE(TIR. - LONGTING DE LA JONA DE ANGULO SUSTERIOD EN PTES ;

ו(י

- 73

```
PLAD (TO VIE)
     LF (NOV-13 OR CODVIA) THEN
    NENSA IEEKRIR(24,053;
NETL (NH:531) AND (NHU34);
   F NOVEL INEN
      PEGIN
         WITELN;
         WEITER
                     DIAFETPO EN PULGADAS = 1);
         PEAD(N(1));
         SHOD]F1;
      END
  ELSE
      BEGIN
                       PROPORCIONALOS EN FORMA CRECIENTE*);
         第11日4日
         FOR It=1 TO WAY DO
            BEGIN
                HRJIF(1
                           DIAMETRO: 1,1,1 EN PULGADAS = 1);
                READ(W[I]);
           END;
           IF MDV=2 THEM
               PEGIN
                  Smothf2
               END
           11.SF
               SNUMIFY
      END;
END;{ fin de dates4}
PEOCEOURE CUADRO(PI, PY, LH, LV: INTEGER);
YAP
   I:INTEGER;
REGIN
   GOTUJY(PI,PY);
   WRITE(CHR(201));
   FOR 1:=1 TO 1H DO
     WEITE(CHR(205));
   wPITE(CHR(187));
   -OTOTY(WHERET-1, WHEREY+1);
   FOR 1:=1 TO LV DO
   FEBIN.
     WRITE(CHP(196));
     GOTURYCHHERER-1, WHEREY+1);
   E49;
   WRITE(CHR(188));
   COTOTY(PT, PY+1);
   FOR Is=1 10 (V DO
   HEGIN
      WRITE([HR(186)];
      COTOTACIMENCE-1, MHI NEX+13;
   END:
   WR115((1997209));
   FOR 1:=1 TO LH DU
      WPITE(CHR(205));
END:
POSCEDURE PANTALLA;
956 IN
   CLRSCR:
   60T01Y(01,02);
   WEITELW(* 1:15, "LONGITUDES DE VARILLAS POR DIAMETRO PRO-SPCIONADO:"2:
   WPITELN:
   WPITELW(+ *:10,*11=1;1T1:5:0;* pies de varilla de *;Nill:d:3;* Pulganas*);
  WPJTELN(1 *:18, "L2=",17:5:0," pies de variita de ', N[?):4:3," Pulgadas');
   uRITEINES Self, STR. STR. STR. STR. S. D. S. de varilia de S.M. --- de S. - Pulgonasije
```

5-5-4-5-5A

ともののであり

```
CUTOIV(01, ID);
   WRITELW(1 1:25, "UNIDAD", 1 1:11, "UNIDAD", 1 1:11, "UNIDAD"):
   WRITELN(1 1122, "CONVENCIONAL", AEROBALANCEADA
                                                            MARK 11-11
   COTOXY101,14);
   WRITELN() Haxima carga1,1 1:56,1(16)1);
   WRITELN(1 Hinima carga1,1 1:56,1(1b)1);
   MPITELW(* Centrahalances',* *:54,*(1b)*);
   WRITELN(* Par de TorsiAni,* *:54,*(ik-pg)*);
   WRITEINC* Est. on var. sup.1,1 1251,1616/pg-2313;
   WPETELNES Hatnes, 1 1263, 18893122
   WEITELME! Gasto en la bombatit tiStithl/diajto;
   CUADRO(1,1,77,22);
   CUADRO(22,12,12,9);
   CUMDRO(39,12,12,9)1
   CU40R0(56,12,12,9);
END:
PROCEDURE INFRIME (COLUMNA: INTEGER);
BEGIN
   COTOXY(CO:UNNA,14);
   WRITE(WHAP:6:0);
   GOTOIY(CULUMNA, 15):
   WRITE(WHH:6:0)1
   GOTOLY (COLUMNA, 16);
   WRITE(CT:===0);
   GOTOXY(CO.UNNA,17);
   WRITE(TP:0:);
   GOTOXY(COLUNNA, 18);
   WRITE(WMAt/A1:6:0);
   GOTOXY (COLUMNA, 19);
   WRITE(H8:6:0);
   GOTOIY(COLUMNA, 20);
   WRITE(@01:6:0);
END;
(inicia el pregrama principal)
BEGIN:
   01R01=1215
   WHILE UP ASE(OTRO)="S' 00
     BEGIN
        INP: EALEZAT
        DAT: ST
        PAN'ALLA:
        UC0+V2;
        1HP> FHE(26);
        MER: 4121
        INFEINE(43);
        VMAP112:
        IMPIME(60);
        BANDERA:=TRUE:
        (OTHEV(15,23);
        MPLIE(*Deten haver otre diseño cen este netodo? [5/N] *};
        WHILL & RANDERA DO
          1+ G1N
             GOTOXYLWHEREX, WHEREY );
             OTRO:=READKEY;
             IF (UPCASE(OTPO)='S') OR (UPCASE(OTRO)='N') THEN
                BANDERA:=FALSE:
          END;
    END;
```

```
... . .
```

END.

i.

化分子的 网络古罗马盖勒 教育主义的复数形式的复数形式 化分析的 化合物合成

÷.

# CAPITULO IV "EJEMPLOS DE APLICACION"

IV.1	Ejemplos	uti	i]izando	el	método	API	

IV.2 Ejemplos utilizando el método convencional

IV.3 Ejemplos utilizando el diseño tipo Slant

IV.4 Ejemplos utilizando el diseño tipo S

IV.5 Ejemplos utilizando el diseño tipo S modificada

IV.6 Comparación entre un pozo direccional diseñado con un método vertical

69

# CAPITULO IV "EJEMPLOS DE APLICACION"

A continuación se presentan los ejemplos de cada una de las opciones con las que cuenta el paquete de cómputo así también como los resultados para cada uno de los ejemplos.

Dentro de los resultados que se presentan para cada tipo de unidad son:

- a) Carga máxima (Wmax)
- b) Carga minima (Wmin)
- c) Contrabalanceo (CT)
- d) Par de torsión (TP)
- e) Esfuerzo de la varilla superior
- f) Motor
- g) Gasto en la bomba

Los resultados son congruentes con las unidades inglesas, es decir, por ejemplo:

> Gasto en la bomba (q); barriles/dfa Motor; Hp Carga máxima (Wmax); libras

Por lo que respecta a los ejemplos, fueron tomados los datos del Distrito de Poza Rica Ver., y se trato de que fueran lo más verídico posible. Algunos ejem plos son tomados de literatura y los resultados obtenidos por el paquete son muy cercanos a los registrados.

**71** ·

# IV.1 Ejemplos utilizando el método API
PROPORCIONA LUS SIGUIENTES DATUS ( PULU CON DISTRU APE )

1.- DENSIDAD RELATIVA BEL ACEITE (AGUA=1) :0.825

2.- PROFUNDIDAD DE COLOCACIÓN DE LA DONDA EN PIES 14500

3.- CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS :64

4.- DIANETHO DEL ENDOLO EN PULGADAS :1.5

5.- VELOCIPAD OF BOMPEO EN EMBOLADAS POR HEMITO :20

6.- MUNERO DE DIAMETRO(S) NE VARILLA ( MAXINO & ):3

PROPORCIONALOS DE FURNA CRECIENTE DIAMETRO EN PULGADAS = 0.625 DIAMETRO EN PULGADAS = 0.75 DIAMETRO EN PULGADAS = 0.875



PROPORCIONA LUS SIGUIENTES DATUS ( PULU CUN DISENU API )

1.- DEWSIBAD RELATIVA DEL ACEITE (AGUA=1) 10.825

2.- PROFUNDIDAD DE COLOCACION DE LA PONDA EN PIES :4500

3.- CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS :64

4.- BIANETHO DEL ENDOLO EN MULGADAS :1.5

5.- VELOCIPAD OF DOMOFO FM EMBOLADAS POR MINITO 120

6.- MANERO DE BTANETRO(S) DE VARILLA ( HAITHO & ):3

PROPORCIONALOS DE FURNA CRECIENTE DIAMETRO EN PULGADAS = 0.625 DIAMETRO EN PULGADAS = 0.75 DIAMETRO EN PULGADAS = 0.875



PROPORCIONA 105 SIGNLENTES DATOS ( POZO CON DISENG APE )

1.- DENSIEAD RELATIVA DEL ACEITE (AGUA=1) :1.0

2.- PROFUNDIDAD DE COLOCACION DE LA BONBA EN PIES 18650

3.- CARREPA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS 2168

4.- DIAMETRO DEL EMBOLO EN PULGADAS :1.75

5.- VELOCIDAD DE BOMBEO EN ENBOLADAS POR MINUTO 17.6

6.- MUHERO DE DIAMETRO(S) DE VARILLA ( MAIINÚ 4 ):3

PROPORCIONALOS DE FORMA CRECIENTE DIAMETRO EN PULGADAS = 0.75 DIAMETRO EN PULGADAS = 0.875 DIAMETRO EN PULGADAS = 1.0



# IV.2 Ejemplos utilizando el método convencional

#### PROPORCIONA LOS SIGUIENTES DATOS ( POTO CON DISENO CONVENCIONAL )

1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE (AGUA=1) :1.0

2.- PROFUNDIDAD DE COLOCACIÓN DE LA BOMBA EN PIES (5909)

3.- CAPPERA DE LA VAPILLA PULIDA EN PULGADAS 164

4.- DIAMETRO DEL EMROLO EN PULGADAS :1.25

5.- VELOCIDAD DE BOMBEO EN EMPOLADAS POR MINUTO 216.5

6.- NIVEL DINANICO EN T.R. EN PIES 13500

7.- PRESION EN LA ROCA DEL POZO EN LIDRAS/PULGADA\*2 :40

8.- NUMERO DE DIAMETRO(S) DE VARIILA ( MAXINO 4 ):2

PROPORCIONALOS DE FORMA CRECIENTE

DIAMETRO EN PULGADES 1= 0.75 DIAMETRO EN PULGADES 2= 0.875

 LONGITUD	ES HE V	ARILLAS POF	DIAMETRO	PROPORCIONABO :
L}≖ 4	228 pie	s de varill	ia de 0.750	Pulgadas
L2≖ i	672 pie	s de varill	ia de 0.875	Pulgadas
L3∝	0 pie	s de varill	a de 0.000	Pelgadas
L4=	0 pie	s de varill	a de 0.000	Pulgadas

	UNIDAD Convencional	UNIDAD Aerobalanceada	UNIBAD Mark II	
	[]		[	1
Máxima cargo	-5010	14223	13961	(15)
Minima carge	6633	5847	5585	£ (16)
Contrabalancen	12186	10637	10890	i (15)
Par de Tersión	··0353	114756	98281	(10-20)
Est. en van. sup.	*4961	23654	23218	(151)
Hotor	19	18	10	(1)
Gasto en 3º bosba	186	166	186	(b1/dia)
				j –
Desea	hacer stro diseñ	o con este nétodo?	? (S/N)	

# EN PULGAI EN EMPOI .R. EN PIU BEL POZO I S) DE VAR: CRECIENTI 0.75 0.875 RILLAS PO de varia de varia de varia

PROPORCIONA LOS SIGUIENTES DATOS ( POZO CON DISENO CONVENCIONAL )

1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE (AGUA=1) :0.91

2.- PROPUNDIDAD DE COLOCACIÓN DE LA BOMBA EN PIES :4357

3.- CERRERA DE LA VAPILLA PULIDA EN PULGADAS :51

4.- DIAMETRO DEL EMPOLO EN PULGADAS 12

5.- VELOCIDAD DE BUMBED EN EMBOLADAS POR MINUTO :20

6.- WIVEL DINAMICO EN T.R. EN PIES :2500

7.- PPESION EN LA POCA DEL POZO EN LIBRAS/PULGADA"2 :40

8.- NUMERO DE DIAMFTRO(S) DE VARILLA ( MAXIMO 4 ):3

PROPORCIONALOS DE FORMA CRECIENTE

DIANETRO EN PULGADAS 1= 0.75 DIANETRO EN PULGADAS 2= 0.875 DIANETRO EN PULGADAS 3= 1.0



# IV.3 Ejemplos utilizando el diseño tipo Slant

#### PPOPORCIONA LOS SIGUIEN ES DATOS ( POZO TIPO SLANT )

1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE :0.75 2.- LONGITUD VERTICAL (ANTES DE INICIAR DESVIACION) EN PIES) :200 3.- LONGITUD BE LA ZONA DE DESVERCION EN PIES 11000 4.- GRADOS DE BESV. POR CADA 100 PLES EN LA ZONA ARQUEADA 16 5.- MAXINO ANGULO ALCANZADO EN LA PARTE ARQUEADA :60 6.- COEFICIENTE DE FRICCION EN LA PAPTE ARQUEADA :0.25 7.- LONGITUD DE LA ZONA DE ANGULD SOSTENIDO EN PIES :2500 8.- COEFICIENTE DE FRICCION EN LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO 10.25 9.- CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS 1168 10.- DIAMETRO DEL EMBOLO DE LA DOMBA EN PULGADAS 12.5 11.- VELOCIDAD DE BOMBED EN EMBOLADAS POR MINUTO :0 12.- NIVEL DINAMICO VERTICAL EN T.R. EN PTES :1000 13.- PROFUNDIDAD VERTICAL DE COLOCACIÓN DE LA BONDA EN PIES 13165 14.- CONTRAPRESION EN LA BOCA DEL POZO EN PSIA 150 NUMERO DE DIAMETROS DE VARILLA ( MAXIMO 3 ):3 PROPORCIONALOS DE MANERA ASCENDENTE DIAMETRO EN PULGADAS = 0.75 DIAMETRO EN PULGADAS = 0.875 DIAMETRO EN PULGADAS = 110

LONGITUDES DE VARIELAS POR DIAMETRO PROPORCIONADO:

Li= 833 pies de varilla de 0.750 Pulgadas L2= 1538 pies de varille de 0.875 Pulgadas L3= 132º pies de varille de 1.000 Pulgadas



PPOPOPCE WALLOS STUDIENTES DATUS ( POZO 1100 SEAME ) 1. - DENSIN D RELATIVE NEW ACETTE :1.0 2. - LONGITHD VERTICAL FANTES DE ENICIAR DESPLACION) EN PIESS (250 3.- LONGITUD DE LA ZUNA DE DESVIACIÓN EN PUIS :2000 4.- GRADOS DE DESV. POR CADA 100 PIES EN LA JONA ARQUEADA :3 5.- NAXINO ANGULO ALCANZADO EN LA PARTE ARQUEADA 160 6.- COEFICIENTE DE FRIGCIÓN EN LA PARTE ARQUEADA 10.25 7.- LONGITUD DE LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO EN PIES 13500 8.- COEFICIENTE DE FRICCION EN LA JONA DE ANGULO SOSTENIOO :0.25 9.- CARPERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS :64

10.- DIAMETRO DEL EMBOLO DE LA BOMBA EN PULGADAS :2 11.- VELOCIDAD DE BOMBEO EN ENBOLADAS POR MINUTO 210 12.- NEVEL DIMANICO VERTICAL EN T.R. EN PIES 12000 13. - PROFUNDIDAD VERTICAL DE COLOCACIÓN DE LA ROMRA EN PIES :4900 14. - CONTRAPRESION EN LA BOCA DEL PUZH EN PSIA 140 NUMERO DE DIAMETROS DE VARILLA ( MATINO 3 ):2 PROPORCIONALOS DE MANERA ASCENDENTE DIANETRO EN PULGADAS = 0.75 DIAMETRO EN PULGADAS = 0.875

LONGITUDES DE VARILLAS POP DIAMETRO PROPORCIONADO: Li= 3497 pies de varilla de 0.750 Pelgadas 12= 2253 pies de varilla de 0.875 Pulgadas 13= 0 pies de varilla de 0.000 Pulgadas UNIDAD UNIDAD UNIDAD MARK 11 CONVENCIONAL **AEROBALANCEADA** -----15456 15213 15132 (15)

Maxima canga Ménima carna 4184 4038 3990 (1)) tontrabalances 9455 10203 10462 (15) 192016 Par de Torsion 160318 109447 (10-04) Esf. en var. sep. 25703 25300 25165 (**J**5i) Motor 12 12 12 (1) Saste en la benba 271 271 271 (51/dia) ----Desea hacer stro diseño con este método? (S/M) 

さん、「おおお、おおお茶がない」 部門 部門を改良すたたち

### IV. 4 Ejemplos utilizando el diseño tipo S

#### PROPORCIONA LOS SIGUIENTES DATOS( POZO TIPO 5 )

DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE 10.95 1.-CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS 164 2.-DIAMETRO DEL EMBOLO DE LA BOMBA EN PULGADAS 12 3.-4.- VELOCIDAD DE BOMBEO EN EMBOLADAS POR MINUTO :10 3.- NIVEL DINAMICO VERTICAL EN LA T.R. EN PIES 13500 5.- PROFUNDIDAD VERTICAL DE COLOCACION DE LA BOMBA EN PIES (5650) 7.- CONTRAPRESION EN LA BOCA DEL POZO EN PSIA 140 8.- LONG.VERTICAL (ANTEB DE LA DESVIACION) DEL POZO EN PIES 1500 7.- LONGITUD DE LA PRIMERA PARTE DESVIADA DEL POZO EN PIES 11000 10.- GRADOS DE DES.POR CADA 100 PIES DE LA PRIMERA PARTE DES. 13 11 -- FACTOR DE FRICCION PARA LA PRIMERA PARTE DESVIADA 10.4 12 .- MAXIMO ANGULO DE DEBV. ALCANZADO EN LA PRIMERA PARTE DES. 131 13 .- LONGITUD DE LA ZONA DE ANGULO SOBTENIDO EN PIES 11000 14.- FACTOR DE FRICCION PARA LA ZONA DE ANGULO SOBTENIDO 10.4 15 .- LONGITUD DE LA SEGUNDA PARTE DESVIADA EN PIES 12500 16 .- GRADUS DE DES. POR CADA 100 PIES EN LA SEGUNDA PARTE DES. 13 17.- MAXIMO ANGULO ALCANZADO EN LA SEGUNDA PARTE DESVIADA : 35 18.- FACTOR DE FRICCION PARA LA SEGUNDA PARTE DEBV(ADA 10.4 19 .- LONGITUD DE LA ZONA DE TERMINACION EN PIES 12500 NUMERO DE DIAMETROS DE VARILLA ( MAXIMO 3 ) 12 PROPORCIONALOS EN FORMA CRECIENTE DIAMETRO EN PULGADAS = 0.75 DIAMETRO EN PULGADAS = 0.875



### IV.5 Ejemplos utilizando el diseño tipo S modificada

PROPORCIONA LOS SIGUIENTES DATOS( POZO TIPO S MODIFICADA)

1.-DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE :0.9 CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS :64 2.з.-DIAMETRO DEL EMBOLO DE LA BOMBA EN PULGADAS :2 4.-VELOCIDAD DE BOMBEO EN EMPOLADAS POR MINUTO :10 5.-NIVEL DINAMICO VERTICAL EN LA T.R. EN PIES :2500 PROFUNDIDAD VERTICAL DE CULOCACION DE LA BOMBA EN PIES :5400 6.-7.-CONTRAPRESION EN LA BOCA DEL POZO EN PSIA :70 8.-LONG. VERTICAL (ANTES DE LA DESVIACION) DEL POZO EN PIES :400 9.-LONGITUD DE LA PRIMERA PARTE DESVIADA DEL POZO EN PIES :1100 GRADOS DE DES.POR CADA 100 PIES DE LA PRIMERA PARTE DES. 13 10.-11.-FACTOR DE FRICCION PARA LA PRIMERA PARTE DESVIADA :0.4 12.-MAXIMO ANGULO DE DESV. ALCANZADO EN LA PRIMERA PARTE DES. :25 13.- LONGITUD DE LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO EN PIES :2500 14.- FACTOR DE FRICCION PARA LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO :0.4 15.- LONGITUD DE LA SEGUNDA PARTE DESVIADA EN PIES :1000 16.- GRADOS DE DES. POR CADA 100 PIES EN LA SEGUNDA PARTE DES. :3 17.- MAXIMO ANGULO ALCANZADO EN LA SEGUNDA PAFTE DESVIADA :10 18.-FACTOR DE FRICCION FARA LA SEGUNDA PARTE DESVIADA 10.4 19.-LONGITUD DE LA ZONA DE TERMINACION EN PIES :2500 20.- FACTOR DE FRICCION PARA LA ZONA DE TERMINACIÓN :0.4 NUMERO DE DIAMETROS DE VARILLA ( MAXIMO 3 ):1

DIAMETRO EN PULGADAS = 1.0

LUNGITUDES DE VARILLAS POR DIAMETRO PROPORCIONADO:

L1= 7500 pies de varilla de 1.000 Pulgadas L2= 0 pies de varilla de 0.000 Pulgadas L3= 0 pies de varilla de 0.000 Pulgadas

	UNIDAD CONVENCIONAL	UNIDAD AEROBALANCEAL'A	UNIDAD MARK II		
Máxima carga Mínima carga Contrabolanceo Par de orsión Esf. en var. sup. Motor Gasto en la bomba	23733 10137 21115 70200 30473 19 303	23996 13425 19833 139214 30553 19 303	23837 13266 21422 77271 30350 19 303	(1b) (1b) (1b) (1b-pg) (psi) (hp) (bl/dia)	
Desea hacer otro diseño con este método? ES/N3					

IV.6 Comparación entre un pozo direccional diseñado con un método vertical.

Para ejemplificar este punto se tomarán los siguientes datos de un pozo:

- Densidad relativa del aceite: 0.91

- Longitud vertical antes de iniciar la desviación en pies: 175
- Longitud de la zona de desviación en pies: 1580
- Grados de desviación por cada 100 pies en la zona arqueada: 3 1/2°
- Máximo ángulo alcanzado en la zona arqueada: 36º
- Coeficiente de fricción en la parte arqueada: 0.25
- Longitud de la zona de ángulo sostenido en pies: 4411
- Coeficiente de fricción para la zona de ángulo sostenido: 0.25
- Carrera de la varilla pulida en pulgadas: 64
- Diámetro del émbolo de la bomba en pulgadas: 1.75
- Velocidad de bombeo en emboladas por minuto: 14.5
- Nivel dinámico vertical en T.R. en pies: 3900
- Profundidad vertical de colocación de la bomba de pies: 3987
- Contrapresión en la boca del pozo en psia: 40
- Longitud real de perforación en pies: 6166 pies
- Número de diámetros de varilla: 1 (3/4 pg)

A continuación se presentan los resultados obtenidos para un diseño de un apar<u>e</u> jo en un pozo tipo Slant comparándolos con un pozo vertical. La unidad de dis<u>e</u> ño es la convencional.

	Tipo	Tipo Vertical		
	Slant	ΑΡΙ	Convencional	
Máxima carga	11936	18085	16648	
Minima carga	3228	5951	6968	
Contrabalanceo	7582	12816	11229	
Par de torsión	151465	177514	191394	
Esf. en la varilla superior	27018	40936	37684	
Motor ·	19	24	17	
Gasto en la bomba	299	216	213	

Como se puede observar, los diseños de un pozo direccional realizados con un método vertical se encuentran excedidos en sus cálculos y por lo tanto se tendrá una unidad sobrada en sus capacidades.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el desarrollo de este trabajo se pudo observar lo siguiente:

- 1.- Si es utilizado un método de diseño vertical en un pozo direccional o desviado se tendrá una unidad sobrada en su capacidad.
- 2.- La fricción que se presenta entre las varillas de succión y la pared interna de la tubería se ve incrementada cuando la tubería de producción está vacía o hay presencia de gas.
- 3.- Los elementos que más se desgastan en el bombeo mecánico en pozos direccionales, son los llamados coples.
- 4.- Si la contrapresión en la boca del pozo es aumentada de 40 a 200 lb/pg<sup>2</sup>, la única variable que se afecta en los resultados es la llamada potencia del motor. Para el ejemplo se incrementa en 1 Hp.
- 5.- Por lo que respecta al programa de cómputo, se encuentra implementado para su uso en PC, el cual recibe el nombre de "menú".
- 6.- Antes de introducir algún dato al programa, es necesario consultar el intervalo de validación de éste; para lo cual es necesario ver el punto III.3 de este trabajo.
- 7.- Es conveniente tener a la mano los datos superficiales de operación de la unidad y el estado mecánico del pozo, ya que el programa no realiza estos cálculos.

- 8.- El programa está enfocado básicamente al diseño de aparejos subsuperficiales para los tres tipos de unidades con las que se cuenta en el mercado.
- 9.- El usuario del programa tendrá la obligación de verificar el llamado bom beo sincrónico y no sincrónico, así como los esfuerzos máximos permisibles en las varillas, debido a que el paquete no cuenta con estas herramientas.
- 10.- Es conveniente utilizar un separador de gas mecánico o natural dentro del pozo, a fin de evitar al máximo los candados de gas en la bomba subsuperficial.
- 11.- Cuando se presente un desgaste severo en los coples debido a la fricción es conveniente desanclar la tubería de producción; sin embargo con esta medida se disminuye el gasto en la bomba.

#### APENDICE A

#### Tipos de fricción

Fricción<sup>(1,2,3,4)</sup>. Es la resistencia siempre presente al movimiento entre dos materiales o medios en contacto.

Las fuerzas friccionales, que siempre son de resistencia al movimiento, se presentan entre todos los tipos de medios: sólidos, líquidos y gaseosos.

Todas las superficies sólidas son microscópicamente rugosas, no importa que tan lisas puedan parecer o sentirse.

Cuando dos superficies son presionadas una contra otra, en las asperezas que <u>es</u> tán en contacto se forman puntos de alta presión, lo cual provoca fusión o coh<u>e</u> sión local entre las superficies; siendo la cohesión de hasta el 80%. Otro fa<u>c</u> tor que contribuye a la fricción es el llamado efecto de "arado", en el cual las asperezas de un material duro excavan en un material más suave cuando existe un movimiento relativo.

Existen diferentes tipos de fricción:

- Fricción estática
- Fricción cinética o de deslizamiento
- Fricción de rodamiento
- Fricción de fluídos

La fricción estática; es la fuerza que evita el movimiento entre superficies secas (no lubricadas) y limpias de sólidos en contacto. Para poder iniciarse el movimiento relativo entre las superficies debe vencerse la fricción estática.

La fricción cinética o de deslizamiento; es la fuerza resistiva entre superficies sólidas secas y limpias que se deslizan una sobre otra. En general, la fricción estática es siempre mayor que la fricción de deslizamiento.

La fricción de rodamiento; es la fuerza que se resiste al movimiento relativo entre dos objetos sólidos cuando uno o ambos ruedan por la superficie del otro.

La fricción de fluídos; es la fuerza que se opone al flujo de líquidos y/o gas.

En términos generales, la fricción depende de las propiedades físicas y materi<u>a</u> les de las superficies en contacto y de la contaminación o suciedad que pudiera haber en estas últimas. Dado su caracter de fuerza que se opone al movimie<u>n</u> to, la fricción es medible.

Los primeros investigadores formularon las llamadas leyes clásicas de la fricción, que en términos generales describen la fuerza friccional entre objetos sólidos. Estas leyes empíricas establecen que la fuerza friccional:

- Actúa siempre en un sentido opuesto al movimiento o a una fuerza que intente producir movimiento.
- b) Es directamente proporcional a la carga.
- c) Es independiente del área superficial.

d) Es independiente de la rapidez de deslizamiento.

La primera ley es válida para todas las situaciones de fricción. La segunda ley es válida en un amplio intervalo de condiciones. La carga, es la fuerza aplicada perpendicular a las superficies de contacto que las mantiene juntas. la carga de un objeto que se encuentra en una superficie horizontal es igual al reso del objeto. Sin embargo, la carga se expresa comunmente en términos de la ragnitud de la fuerza de reacción normal N, dado que tanto la fricción como la fuerza normal actúan sobre el objeto. La segunda ley se puede expresar como:

donde f es la fuerza friccional. Como puede verse en la figura A.1. La carga en algunas veces es igual a una componente del peso del objeto, como es el caso en el que el objeto se encuentra sobre un plano inclinado. Esta ley no es vál<u>i</u> da para cargas extremadamente grandes.

 $L_1$  tercera ley generalmente válida para superficies metal-metal y no se cumple para superficies plásticas.

Pira superficies metálicas en contacto, la tercera ley es consistente con la tioría del soldado de las asperezas si el área real de contacto se considera co mi el área de contacto de las asperezas. El soldado de las asperezas depende di la presión. Supondremos un bloque metálico con gran área superficial laterel, A, que ejerce una presión

> P = (F/A) = W A

(A2)

### Plano horizontal



### Plano inclinado



# Fig A.1 Carga y fuerza normal

sobre una superficie horizontal, donde W es la carga del peso del bloque. Si el área superficial del lado adyacente es A/2, entonces cuando el objeto repose sobre esta superficie la presión será:

$$P = W A/2$$

$$2 P = W A$$
(A3)

Suponiendo que las asperezas se distribuyen igualmente en cada superficie, la superficie menor tendrá la mitad de la superficie de contacto (de asperezas) real. Pero siendo la presión el doble, habrá un efecto de soldado del doble <u>pa</u> ra la mitad de las asperezas que cuando está en contacto la superficie mayor. Por lo tanto, el bloque tiene el mismo efecto de soldado o la misma fricción de cualquier superficie, lo cual indica que la fricción es independiente del área superficial; ver figura A.2.

La cuarta ley es sumamente restrigida; es válida para superficies metálicas en movimiento relativo lento.

Coeficientes de fricción. Dado que las fuerzas de fricción es en términos gen<u>e</u> rales proporcional a la carga, o lo que es equivalente, a la magnitud de la fue<u>r</u> za normal, faN, podemos escribir en forma de ecuación:

donde  $\mu$  es una constante adimensional denominada coeficiente de fricción; siendo una propiedad de las superficies en contacto.

### Sobre un lado



### Sobre un borde



# Fig A.2 Fricción y area superficial

1.) Coeficiente de fricción estático. Si se aplica una fuerza F a un objeto que está en reposo sobre una superficie y el objeto no se mueve, según las Leyes de Newton debe haber una fuerza opuesta que evita dicho movimiento, a saber la fuerza de fricción estática. La fuerza de fricción estática  $f_s$  debe ser igual y opuesta a la fuerza aplicada (si  $f_s$  fuera mayor que F, el objeto se moverá en sentido opuesto al de la fuerza aplicada).

Si la fuerza aplicada se incrementa y el objeto continua sin moverse, la fuerza de fricción estática también debe incrementarse. El objeto no se moverá sino hasta que la fuerza aplicada supere ligeramente la fuerza máxima de fricción es tática, la cual se expresa como:

$$f_{\rm s} = \mu_{\rm s} \, N \tag{A5}$$

donde  $\mu_s$  es el coeficiente de fricción estático. Por lo tanto, midiendo la fuerza aplicada para apenas mover el objeto (F = f<sub>s</sub>) es posible determinar experimentalmente el coeficiente de fricción estático cuando se conoce la magnitud de la carga o de la fuerza normal.

$$\mu_{\rm S} = f_{\rm S}/N$$

$$= F/N$$
(A6)

En la tabla A.1 se indican los coeficientes de fricción estática de diversas s<u>u</u> perficies en contacto.

2.) Coeficiente de fricción cinético (de deslizamiento). Cuando la fuerza aplicada en un objeto excede la fuerza estática máxima de fricción, el objeto

se mueve, y a este movimiento se opone la fuerza de deslizamiento o fricción c<u>i</u> nótica f<sub>k</sub>. Esta fuerza de fricción es también proporcional a la carga

$$f_k = \mu_k N$$
 (A7)

donde  $\mu_k$  es el coeficiente de fricción cinético o de deslizamiento. Generalme<u>n</u> te  $\mu_k$  es menor que  $\mu_s$ . Así, en la mayoría de los casos, se requiere más fuerza aplicada para poner un objeto en movimiento que para mantenerlo en el.

Para un movimiento relativamente lento, la fuerza de fricción cinética (y el co<u>e</u> ficiente de fricción cinético) es por lo general independiente de la rapidez. Sin embargo, conforme la rapidez aumenta la fuerza friccional entre las superficies de contacto disminuye.

El coeficiente de fricción cinético puede determinarse experimentalmente ajustando una superficie inclinada de modo que un objeto se deslice por ella con una rapidez uniformemente pequeña. En el caso en que no hay aceleración, la componente de la fuerza de peso del objeto que actúa por el plano hacia abajo es igual a la magnitud de la fuerza friccional que actúa hacia arriba del plano; es decir

W sen  $\theta = \mu_k W \cos \theta$ 

despejando el término µk se tiene

= tng 0

(A8)

(A9)

El coeficiente de fricción cinética es entonces igual a la tangente del ángulo del plano inclinado cuando el objeto se desliza por él con una velocidad unifo<u>r</u> mc.

a a transmission and a second

3.) Coeficiente de fricción de rodamiento. La fricción de rodamiento es mucho menor que la de deslizamiento. La principal fuente de fricción de rodamie<u>n</u> to para el caso de una esfera o un cilindro es la deformación de los materiales. En ausencia de cualquier deformación, una esfera o un cilindro tiene un punto o una línea de contacto respectivamente, ver figura A.3.

De acuerdo a la figura, para el caso ideal con un objeto redondo, como una esf<u>e</u> ra o cilindro, solo tiene un punto o línea de contacto en tal caso la fricción no existiría, ya que un punto o una línea no tiene área.

En realidad, el objeto, la superficie o ambas se aplanan, lo cual provoca la fricción de rodamiento. Como resultado, la fricción se opone al movimiento de rodamiento toda vez que el miembro rodante y la superficie son constantemente de formados. El material desplazado por la depresión superficial se acumula ha<u>s</u> to formar elevaciones en el sentido del movimiento y en menor grado, atrás del objeto rodante. Podemos expresar la fuerza de fricción de rodamiento en la fo<u>r</u> ma general como:

$$f_{r} = \mu_{r} N \tag{A10}$$

donde  $\mu_r$  es el coeficiente de fricción de rodamiento y algunos valores se muestran en la tabla A.11.



.

Este tipo de fricción se presenta en los cojinetes, siendo dispositivos que se emplean para reducir la fricción entre superficies que se encuentran en movimie<u>n</u> to relativo.

### TABLA A.I Coeficientes de fricción

<u> </u>	Fricción	estática s	Fricción	de deslizamiento	k
Materiales	en seco	con lubricación	en Seco	con Tubricación	
Acaro sobre acoro	0.76	0.01 - 0.23	0.42	0.03 - 0.11	—_
Acero sobre babbit	0.42-0.70	0.08 - 0.17	0.35	0.08 - 0.14	
Acero sobre hierro	0.40	0.18	0.23	0.13	
Alum. sobre alum.	1.05	0.30	1.4		
Vidrio sobre vidrio	1.94	0.35	0.40	0.09	
Madera sobre madera	0.58		0.40	0.07 - 0.16	
Madera sobre acero	0.50		0.30		
Teflón sobre teflón	0.04		0.04		
Teflón sobre acero	0.04		0.04		

### Tabla A.II Coeficientes de fricción por rodamiento

Material	μ.,
	· r
Madera dura sobre madera dura	0.02
Neumático sobre concreto	0.02
Bala de acero sobre acero	0.0025
Cojinete de rodillos de acero sobre acero	0.0035
Acero sobre acero con lubricación	0.001
Ruedas de acero sobre riel de acero	0.0045

#### APENDICE B

Planeación de la trayectoria de un pozo direccional (5)

El primer paso en la planeación de algún pozo direccional es diseñar el patrón del pozo o trayectoria, para llegar a un objetivo establecido. El diseño inicial puede contemplar varios tipos de patrones que pueden ser económicamente fa<u>c</u> tibles. El segundo, es más refinado y suele incluir los efectos de la geología y otros factores que también pueden influir la trayectoria final del pozo.

El perfil general de un pozo consiste en tres partes: una sección vertical la cual llega a profundidades no mayor de 200 pies, una sección arco la cual tiene una desviación constante de 2 a 6 grados por cada 100 pies, y la sección de ter minación, la cual se extiende desde el punto más bajo del arco tangente hasta el objetivo.

La-figura-B-1 describe las trayectorias posibles que pueden ser perforadas para llegar al objetivo. El arreglo A es una trayectoria conocida como "Slant"; el pozo penetra el objetivo a un ángulo igual a el máximo alcanzado al final del arco. El arreglo B es una "S modificada" y C es una trayectoria "S". Con la trayectoria de forma S el pozo penetra el objetivo verticalmente, y con la trayectoria S modificada el pozo penetra el objetivo con el mismo ángulo de inclinación menor que el ángulo máximo de inclinación en la zona desviada. Para el arreglo D, es una trayectoria continua y la inclinación guarda un incremento constante.





#### Trayectoria Slant

La figura B.2 describe la trayectoria de un pozo Slant intersectando un objetivo a una profundidad vertical  $D_3$  con un desplazamiento horizontal  $X_3$ . El punto de inicio de la desviación (TVD) es una profundidad  $D_1$ , donde el ritmo del ángulo de inclinación es "q" en grados por unidad de longitud.

El radio de curvatura,  $\Gamma_1$ , está dado como:

$$\Gamma_1 = (180/\pi) (1/q)$$
 (B1)

Para determinar el máximo ángulo de inclinación,  $\theta$ , considerando la figura B.2 es

 $90 = \theta + (90 - \Omega) + \pi$ 

o bien

El ingulo o puede ser determinado considerando el triángulo DAB, donde

tng
$$\sigma$$
 = BA/OA  
= (1 - X<sub>3</sub>)/(D<sub>3</sub>-D<sub>1</sub>) (B3)

(B2)

(B3.a)

despejando  $\sigma$  se tiene

= ang tng 
$$(\frac{r_1 - x_3}{D_3 - D_1})$$



# Fig B.2 Trayectoria de pozo tipo Slant

El ángulo  $\Omega$  puede ser determinado utilizando el triángulo OBC, donde

$$sen\Omega = \Gamma_1 \&OB \tag{B4}$$

У

$$L_{OB} = \sqrt{(r_1 - X_3)^2 + (D_3 - D_1)^2}$$
(B4.a)

sustituyendo B4.a en B4

$$\operatorname{sen}\Omega = \Gamma_1 / \sqrt{(\Gamma_1 - X_3)^2 + (D_3 - D_1)^2}$$
(B5)

El máximo ángulo de inclinación,  $\theta$ , para el caso en que  $X_3 < r_1$ 

$$\theta = \arg \operatorname{sen}(r_1/\sqrt{(r_1-X_3)^2+(D_3-D_1)^2}) - \arg \operatorname{tng}(\frac{r_1-X_3}{D_3-D_1})$$
(B6)

La longitud del arco, sección DC, es

$$L_{DC} = \frac{\pi}{180} \times \Gamma_1 \times \Theta$$

o bien

$$L_{\rm DC} = \theta/q \tag{B7}$$

La longitud de la trayectoria, CB, con una pendiente constante puede ser determinado del triángulo BCO como:
tng 
$$\Omega = CO/L_{CB}$$
  
=  $r_1/L_{CB}$ 

por lo tanto

La profundidad total, DM, es

$$DM = D_1 + (\theta/q) + (r_1/tng\Omega)$$

La desviación horizontal EC, hasta el final del arco puede ser determinada del triángulo D'OC, donde

(88)

(89)

(810)

(B11)

$$x_2 = r_1 - r_1 \cos \theta$$

o bi<mark>en</mark>

$$X_2 = r_1(1 - \cos\theta)$$

Para el caso en que  $X_3 > r_1$ , el máximo ángulo,  $\theta$ , puede ser calculado por

$$\theta = 180 - \arg \operatorname{tng}\left(\frac{D_3 - D_1}{X_3 - r_1}\right) - \arg \cos\left\{\left(\frac{r_1}{D_3 - D_1}\right) \times \operatorname{sen}\left(\operatorname{ang tng}\left(\frac{D_3 - D_1}{X_3 - r_1}\right)\right)\right\}$$

95

## Trayectoria S

El segundo tipo de trayectoria es el conocido como S, el cual se describe en la figura B.3 para el caso de que  $r_1 < X_3$  y  $r_1 + r_2 < X_4$  y en la figura B.4 se tiene el caso de  $r_1 < X_3$  y  $r_1 + r_2 < X_4$ . En ambos casos la inclinación es reducida a cero para D<sub>4</sub>, la cual es obtenida en la misma manera que para  $r_1$ . Las ecuaciones siguientes son usadas para determinar los ángulos de inclinación máxima:

para 
$$r_1 + r_2 > X_4$$
  
 $\theta = \arg \operatorname{tng} \left( \frac{D_4 - D_1}{r_1 + r_2 - X_4} \right) - \arg \operatorname{cos} \left\{ \left( \frac{r_1 + r_2}{D_4 - D_1} \right) \times \operatorname{sen} \left( \arg \operatorname{tng} \left( \frac{D_4 - D_1}{r_1 + r_2 - X_4} \right) \right) \right\}$ 
(B12)

 $para r_1 + r_2 < X_4$ 

$$\theta = 180 - \arg \operatorname{tng}\left(\frac{D_4 - D_1}{X_4 - (r_1 - r_2)}\right) - \arg \cos\left(\left(\frac{r_1 + r_2}{D_4 - D_1}\right) \times \operatorname{sen} \operatorname{ang tng}\left(\frac{D_4 - D_1}{X_4 - (r_1 - r_2)}\right)\right)$$
(B13)

Trayectoria S modificada

La figura B.5 muestra la trayectoria S modificada. Considere la longitud de arco

Para el triángulo rectángulo CO'B, se puede determinar la relación siguiente











B.5 Trayectoria de pozo tipo S modificada, donde  $r_1 < x_3$  y  $r_1 + r_2 < x_4$ Fig

$$-_{CB} = r_2 \cos\theta^2$$

У

$$S_{BA} = r_2 - r_2 \cos\theta'$$

o bien

$$S_{BA} = r_2(1 - \cos\theta') \tag{B16}$$

(815)

Las ecuaciones B12 y B13 pueden ser reescritas para sustituir  $D_5 + r_2 \sin\theta'$  por  $D_4$  y  $X_5 + r_2(1 - \cos\theta')$  por  $X_4$ 

Para algunas curvas del tipo S, la medida de la profundidad y la desviación hor<u>i</u> zontal puede ser calculada de la misma manera que para la trayectoria de tipo Slant derivando aproximadamente las relaciones para las diferentes geometrías.

97

## REFERENCIAS

- 1.- J.D. Wilson, "Física con Aplicaciones", Editorial Interamericana, 1985.
- 2.- John L. Synge y Byron A. Griffith, "Principios de Mecánica", Editorial McGraw-Hill Book Company, Inc., 1965.
- 3.- Lane K. Branson, "Mecánica para estudiantes", Editorial Fondo Educativo Interamericano, 1973.
- Francis W. Sears y Mark W. Zemansky, "Fisica General", Editorial Aguilar, 1971.
- 5.- Keith K. Millhein, Adam T. Bourgoyne Jr. and F.S. Young Jr. "Applied Drilling Engineering", SPE Texbook, Volumen 2, 1984.