

C.N.
2 1980

08.80.01

CNEA-NT 8/80

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

ENSAYO DE TOMA DE POTENCIA ENTRE EL 2%
Y EL 100% EN LA CNE.

Preparó: Ignacio MAYANS

Revisó: José Raúl LORENZETTI

GERENCIA DE INGENIERIA
DIRECCION DE CENTRALES NUCLEARES
Buenos Aires-Argentina
1980

ENSAYO DE TOMA DE POTENCIA ENTRE EL 2% y el 100%

Ing. JOSE RAUL LORENZETTI-IGNACIO B. MAYANS

RESUMEN:

Se muestra el comportamiento esperado de algunas de las variables de planta de la Central Nuclear Embalse para una evolución de potencia entre el 2% y el 100% de su valor nominal.

Se supone en toda la operación el empleo de una única bomba de alimentación de agua pesada (FEED PUMP) con un valor nominal del 100%.

Las variables analizadas son:

- 1.- Potencias térmicas en juego.
- 2.- Presiones en el presurizador, condensador degasificador y secundario del generador de vapor.
- 3.- Variación de la masa total del primario, real y estimada.
- 4.- Caudales de alimentación y drenaje de agua pesada al primario, descarga de vapor del presurizador, spray en el condensador y salida del mismo.

Los resultados fueron obtenidos empleando el programa de simulación MANUVR cedido por AECL según nota de pedido C-3024 del 9 de Febrero de 1978.

1.- SOMERA DESCRIPCION DEL PROGRAMA:

El modelo corresponde a una versión simplificada del sistema de transporte de calor, ya que solo involucra una sola bomba principal y un único generador de vapor en un sólo circuito cuyas dimensiones son equivalentes a los 4 originales.

Por esta razón, en las actuales circunstancias, el programa puede inferir lo que sucede para perturbaciones que actúan en el caso real, simultáneamente, sobre las 4 circuitos, como, por ejemplo demanda de turbina o evolución de potencia del reactor. No puede dar, en cambio, resultados para casos de fallas asimétricas como por ejemplo, falla de una bomba del primario.

En la figura 1 puede apreciarse un esquema del sistema simulado. El circuito de transporte de calor está dividido en 6 secciones (Reactor, terminaciones de canal, alimentación de canal, cañería caliente, generador de vapor y cañería fría) cada una de las cuales se divide a su vez en segmentos.

Todos los segmentos tienen el mismo volumen y el valor del mismo se entra como dato.

Como rutinas separadas se representan el presurizador, el condensador degasificador con su intercambiador de calor a la salida y los circuitos ligados con la bomba de alimentación de agua pesada y los de drenaje.

A su vez se incluyen las representaciones de las acciones de control:

Presión en el secundario del generador de vapor.

Presión del sistema primario.

Presión y nivel de líquido en el condensador degasificador.

Inventario de masas del primario.

El programa define inicialmente los valores de estado estacionario correspondiente al valor de potencia inicial entrado como dato, estableciendo, para $t = t_0$, el estado termodinámico del fluido en el presurizador, generador de vapor, condensador degasificador y en cada uno de los segmentos en que se dividió el primario.

Los estados sucesivos se calculan a partir del inicial incrementando el tiempo en Δt . El intervalo de tiempo se selecciona de forma tal que en el mismo, el fluido avance un número entero de segmentos; este número se entra también como dato al programa.

A continuación se enumeran las distintas subrutinas, programadas en lenguaje FORTRAN que intervienen en la simulación incluyendo un breve comentario de las mismas.

MANUVR: Actúa como programa principal, llamando a las otras subrutinas; realizando el lazo de iteración exterior.

READIN: Lee los parámetros del sistema.

PROPTY: Provee las propiedades físicas del refrigerante.

PRIELO: Calcula el caudal que circula y las resistencias del circuito primario en el tiempo $t = 0$ (régimen estacionario).

MANUSS: Crea la tabla de propiedades de todos los segmentos en el circuito a $t = 0$. Establece la masa inicial del refrigerante (D_{20})

FUELSS: Calcula la distribución de temperatura en las barras de elementos combustibles en el estado estacionario.

NEWVOL: Calcula el volumen específico y la masa, determinando si hay ebullición en alguna de las secciones cuando es llamado desde otro subprograma.

- PRINOU: Imprime los datos de entrada.
- SPVLCV: Calcula el caudal en el régimen transiente en el tiempo $t + n \Delta t$.
- BLRPWR: Calcula la potencia extraída del generador de vapor durante el transiente $t + n \Delta t$.
- BLRTMP: Calcula la presión en el generador de vapor durante el transiente.
- RTRPWR: Calcula la potencia neutrónica del reactor.
- FUELTR: Calcula la distribución de temperaturas en las barras de elementos combustibles en régimen transitorio.
- SHIFT: Desplaza las propiedades del refrigerante el número de segmentos requerido para un cierto Δt , incrementando o decrementando H_f , V_f .
- FDBELD: Calcula la cantidad de D_{20} que debe ser agregada o quitada del sistema primario, para mantener el nivel requerido en el presurizador.
- BLEED: Calcula los caudales en los circuitos de bleed y purificación.
- FDSPRA: Resuelve el circuito hidráulico ligado a las bombas de feed. Calcula todos los caudales en ese circuito.
- VALVE: Determina el caudal a través de las válvulas
- SRGTNK: Calcula la presión y el nivel de líquido en el presurizador.

5.-

- STMVAL: Calcula el caudal de vapor a la salida del presurizador.
- REPLAC: Cambia los valores de entalpía y presión viejos por nuevos.
- CONDEG: Determina la presión y el nivel en el condensador degasificador.
- CONVAL: Establece los caudales de salida y de entrada de spray en el condensador.
- FLV: Lee valores de curvas en dos variables.
- CDHXL: Resuelve el problema de la distribución de temperatura en el intercambiador de calor, a la salida del condensador.

Todas las subrutinas están provistas de sentencias de escrituras dependientes de un switch, los cuales permiten realizar un seguimiento de la ejecución en el caso de existir errores de programa.

El programa tiene la facilidad de poder detener su ejecución en un tiempo t fijado, almacenando los valores de todas las variables en ese instante, de forma tal de poder proseguir a partir de ese punto, además de poder hacerlo si se supera el tiempo de máquina preestablecido.

Los datos de entrada correspondientes a las características físicas de cada componente del circuito primario (resistencias en las cañerías, volumen del presurizador, potencia inicial del reactor, etc) son leídos por la subrutina READIN y sus valores numéricos son impresos conjuntamente con las tablas de salida.

2.- ENSAYOS REALIZADOS:

El programa fué ejecutado dos veces, correspondiendo cada una de ellas a los modos normal y alternativo respectivamente, entre 0 y 600 seg. y desde el 2 al 100% de potencia.

En el modo normal normal la presión de salida del generador de vapor es controlada por el reactor, respecto de su valor constante de referencia (680,8 PSI)

El retardo originado por la transferencia de calor entre el reactor y el generador de vapor produce la caída de la presión y el crecimiento escalonado de potencia en la turbina. En este ensayo se supone que la carga no tiene limitación en la toma de potencia.

En el modo alternativo la presión de salida del generador de vapor es controlada por los consumos de potencia de la central, despreciándose todo retardo en el sistema, por lo que la presión a la salida del generador de vapor se mantiene realmente constante.

El modo alternativo es generalmente usado para bajos requerimientos de potencia.

Para ambas corridas se han gráficado como funciones del tiempo las siguientes variables:

P1: Presión a las salida del generador de vapor.

PST: Presión de vapor en el presurizador

PCOND: Presión en el condensador degasificador

POWER2: Potencia térmica transferida al sistema

3.- CONCLUSIONES:

Las curvas obtenidas responden, en general, a las evoluciones esperadas de acuerdo a los ensayos que se realizaron con el mismo programa en una máquina C.D.C.

Se puede observar que, si bien el caudal de spray limita en algo los valores que puede tomar el caudal de alimentación de agua pesada (FEED), el control de inventario de masas puede realizarse en forma relativamente aceptable.

Debido a los pocos valores de medición que se disponen para estimar el error en el inventario de masas, éste, siguiendo una curva mucho más irregular, difiere del valor real, especialmente en los valores de baja potencia y en los correspondientes al transiente de ebullición del primario (evolución de la planta entre 85 y 100%); el valor estacionario no presenta mayores divergencias entre el valor calculado y el real.

ESQUEMA DEL SISTEMA
SIMULADO

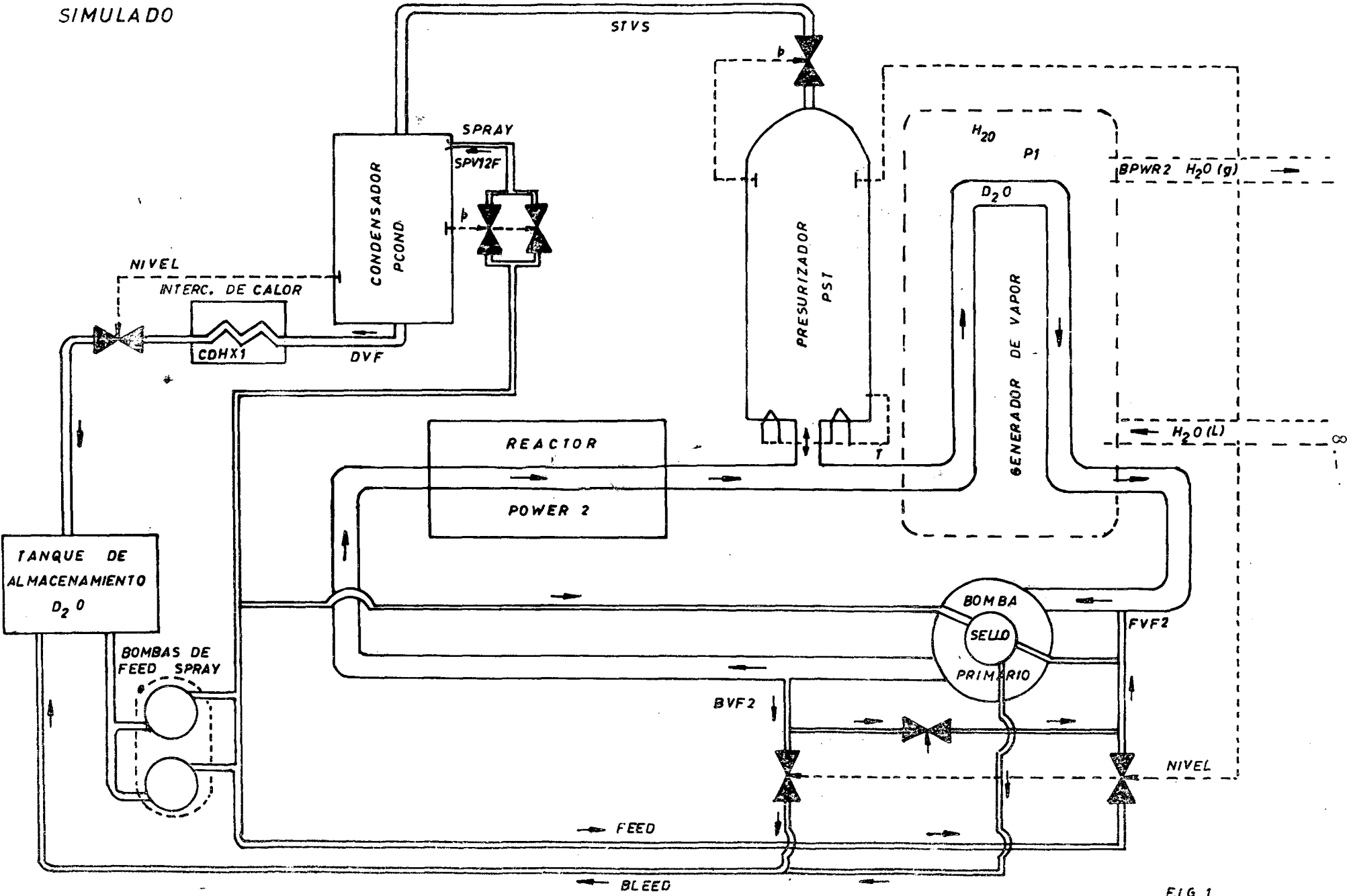


FIG. 1

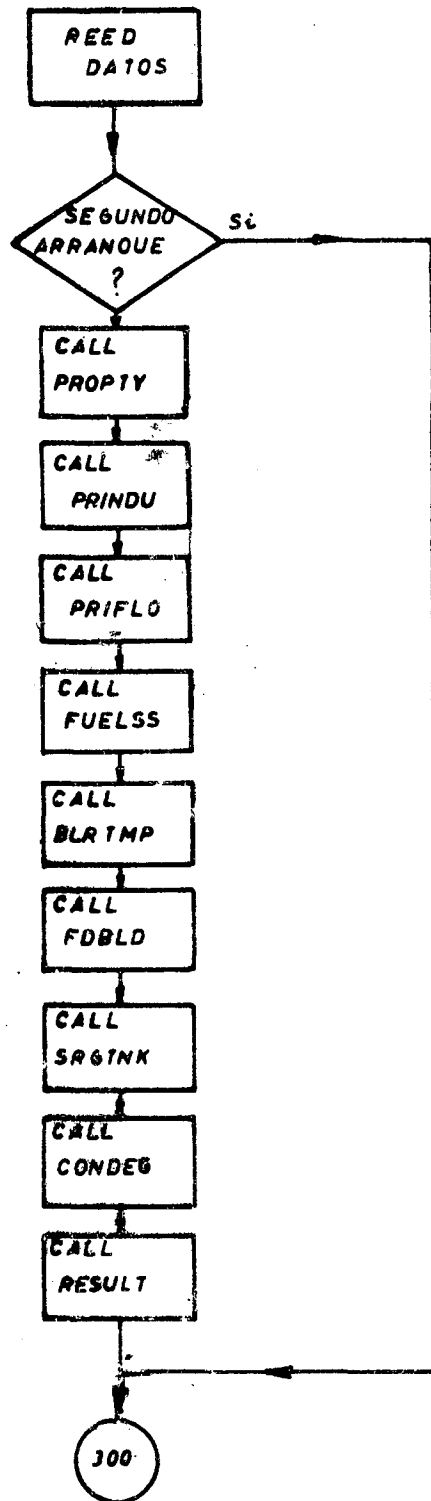


FIG. 2

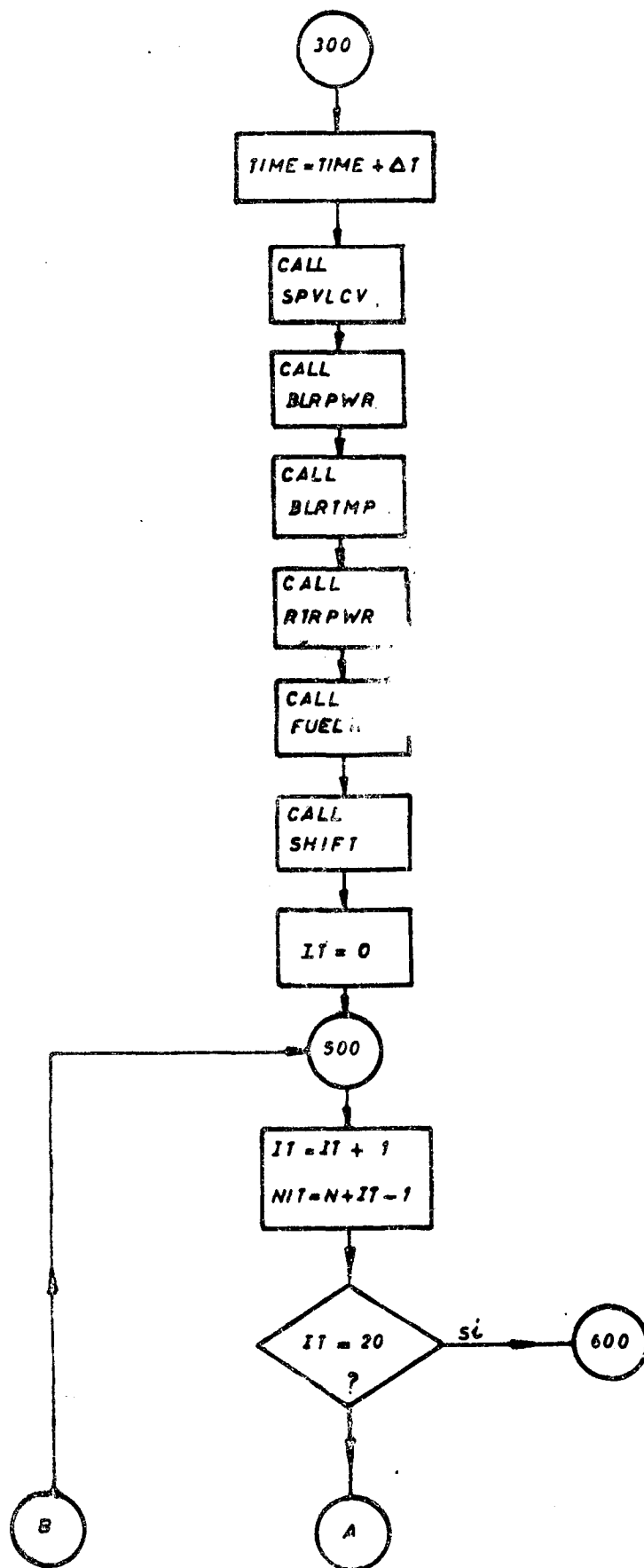


FIG. 3

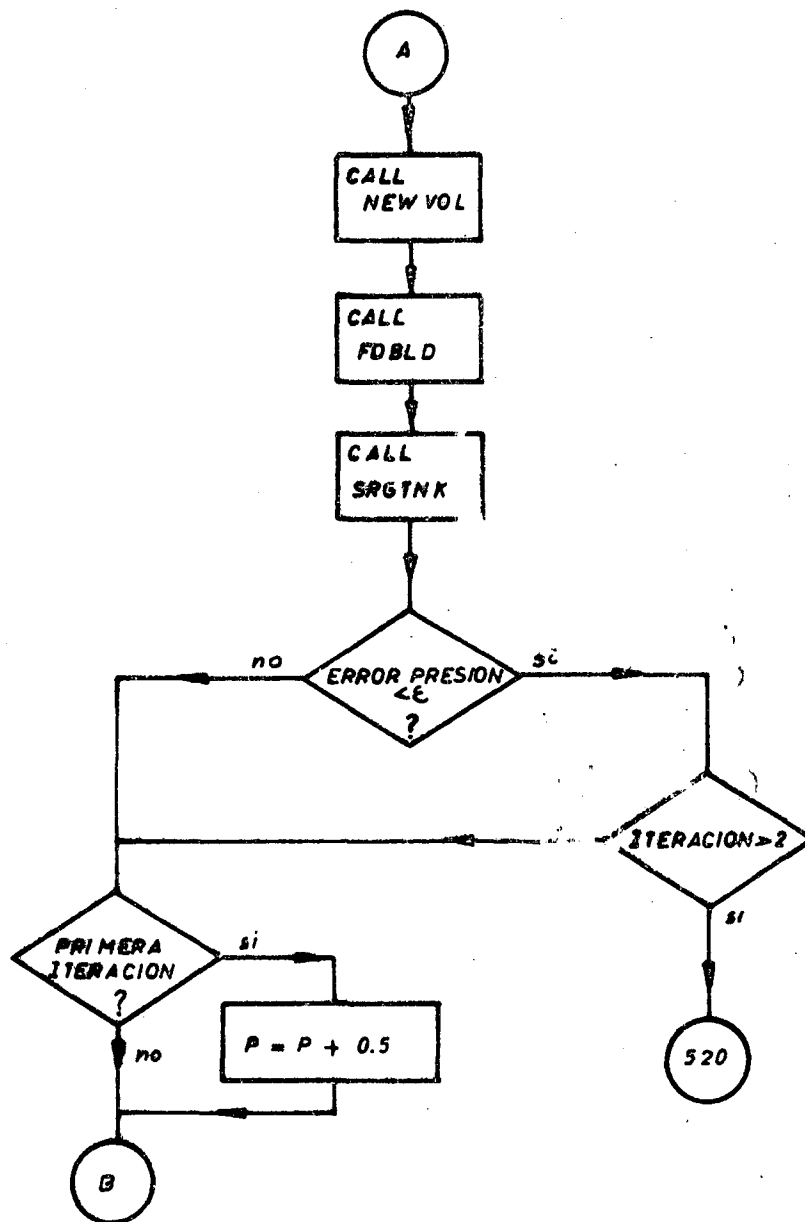


FIG. 4

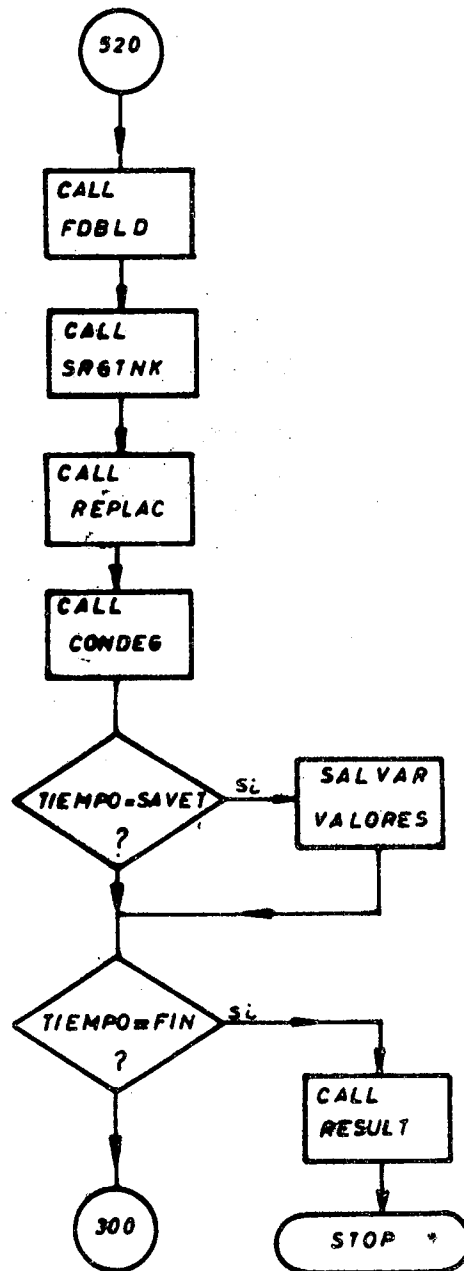


FIG. 5

MODO NORMAL - PRESIONES [psi]

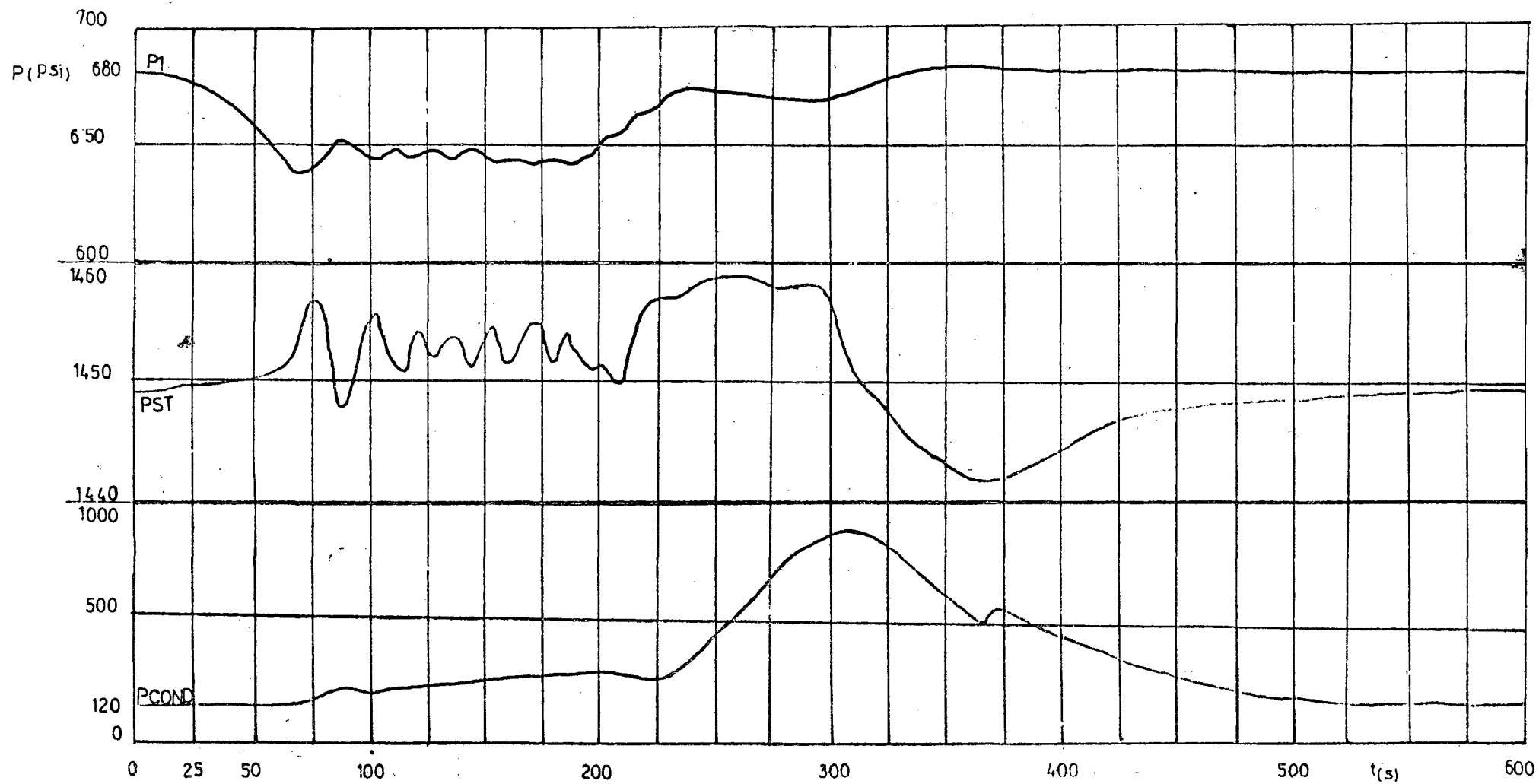


FIG. 6

MODO NORMAL - POTENCIAS [%]

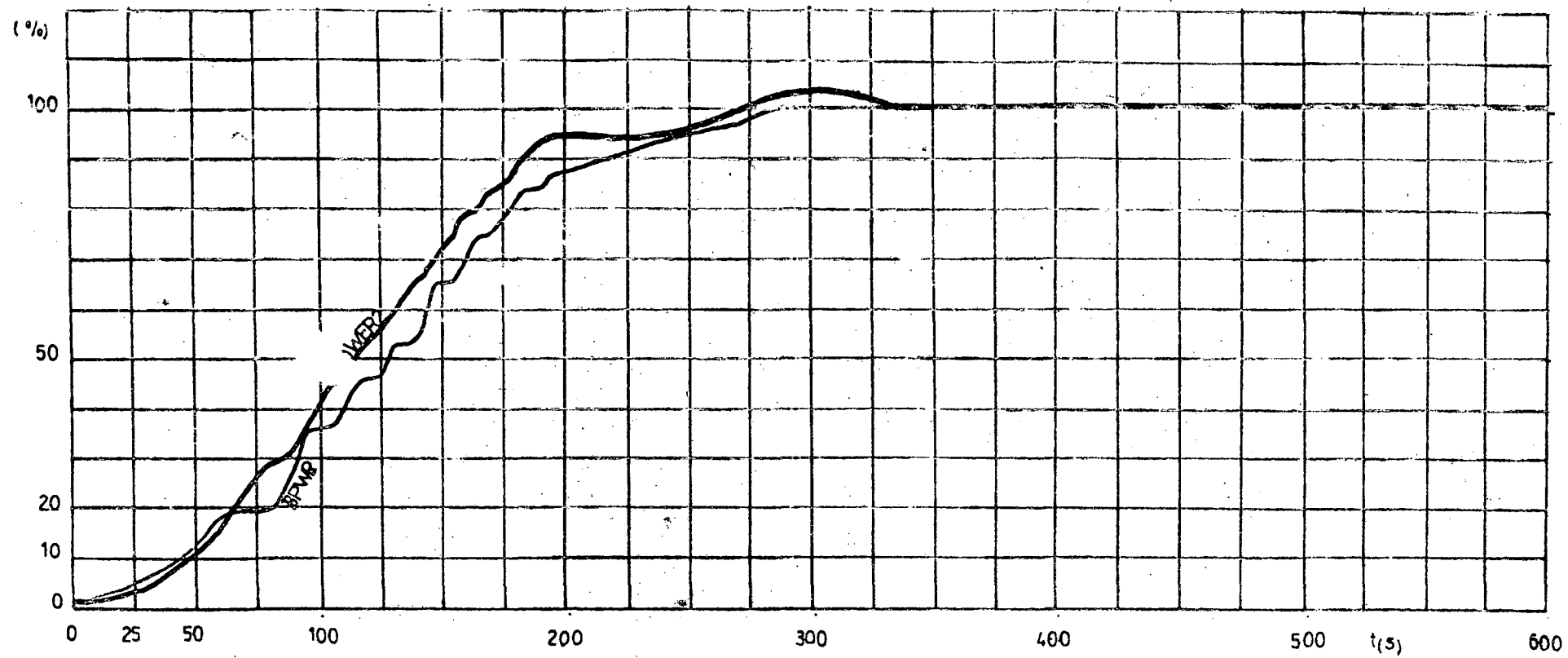


FIG. 7

MODO NORMAL - MASAS [lb]

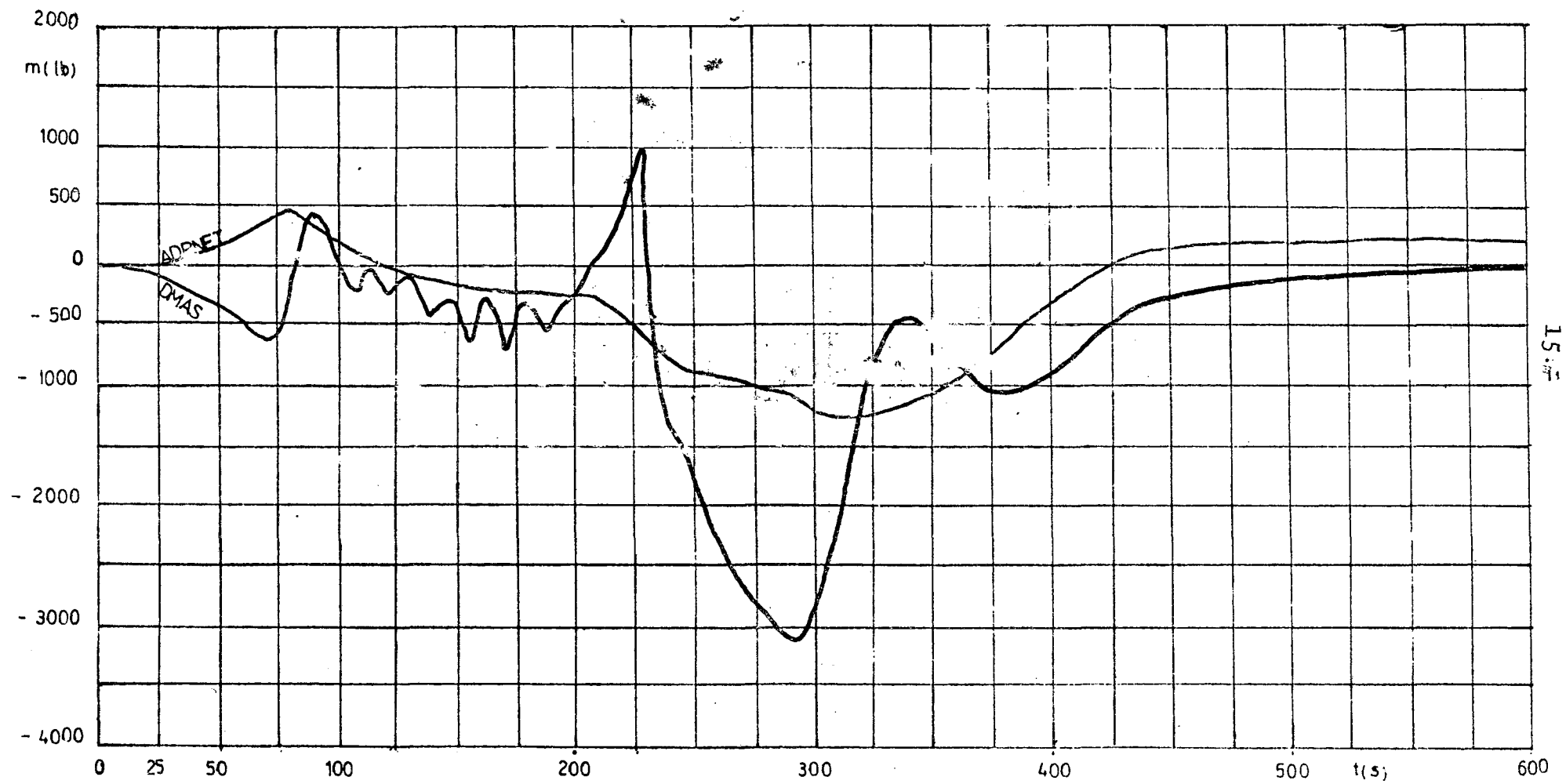


FIG 8

MODO NORMAL - CAUDALES [lb/s]

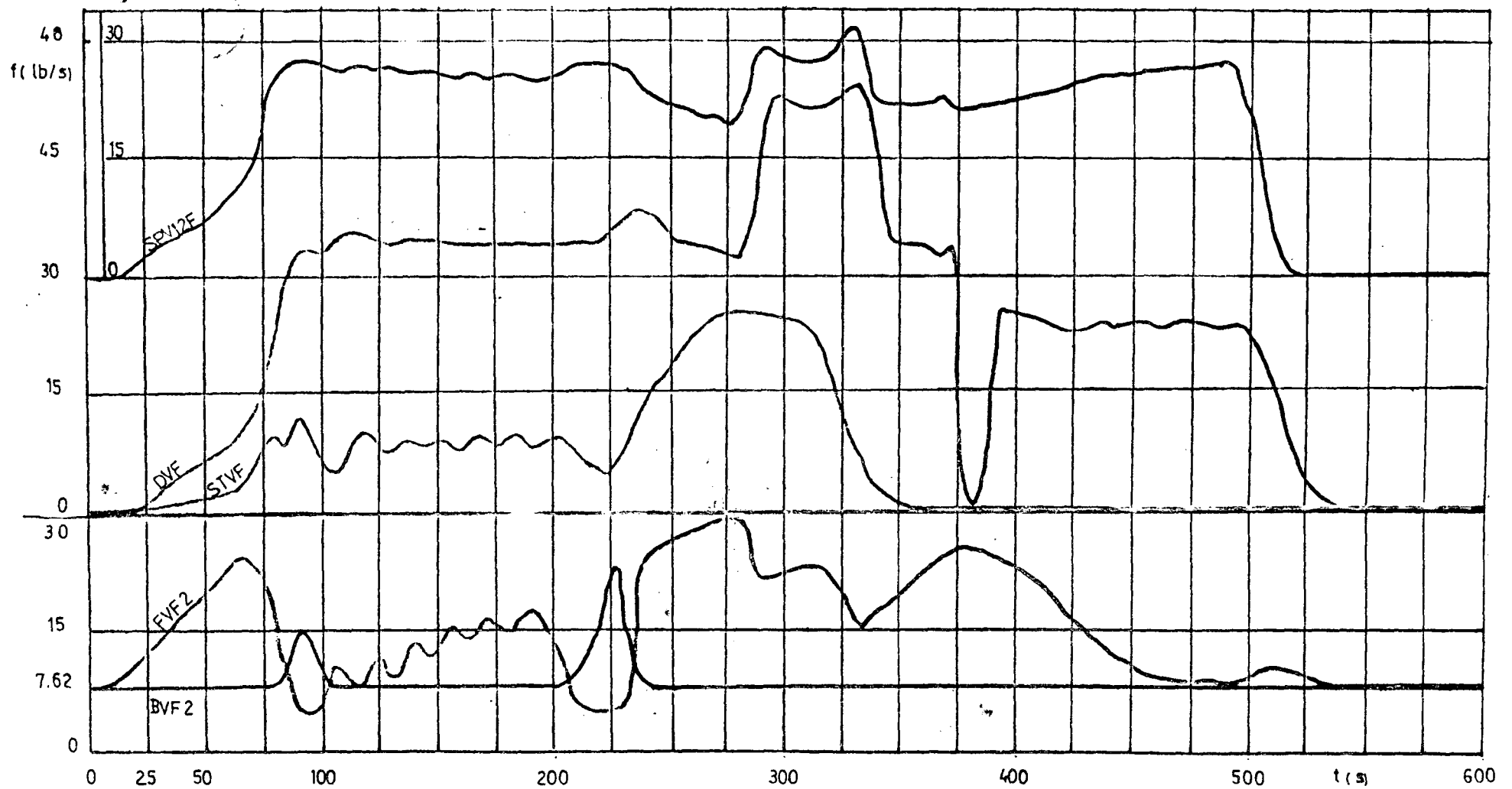
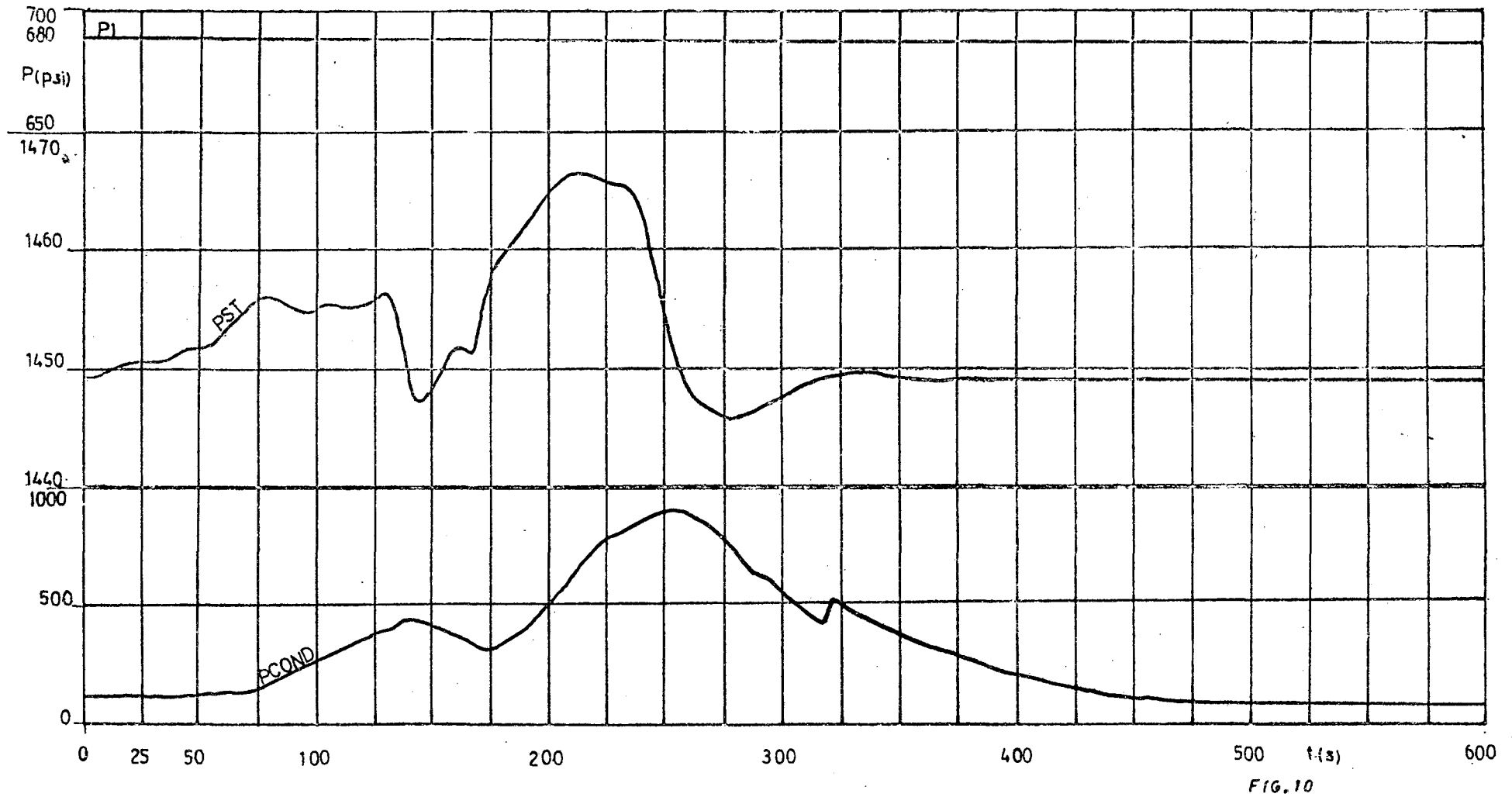


FIG. 9

MODO ALTERNATIVO - PRESIONES [psi]



MODO ALTERNATIVO -POTENCIAS [%]

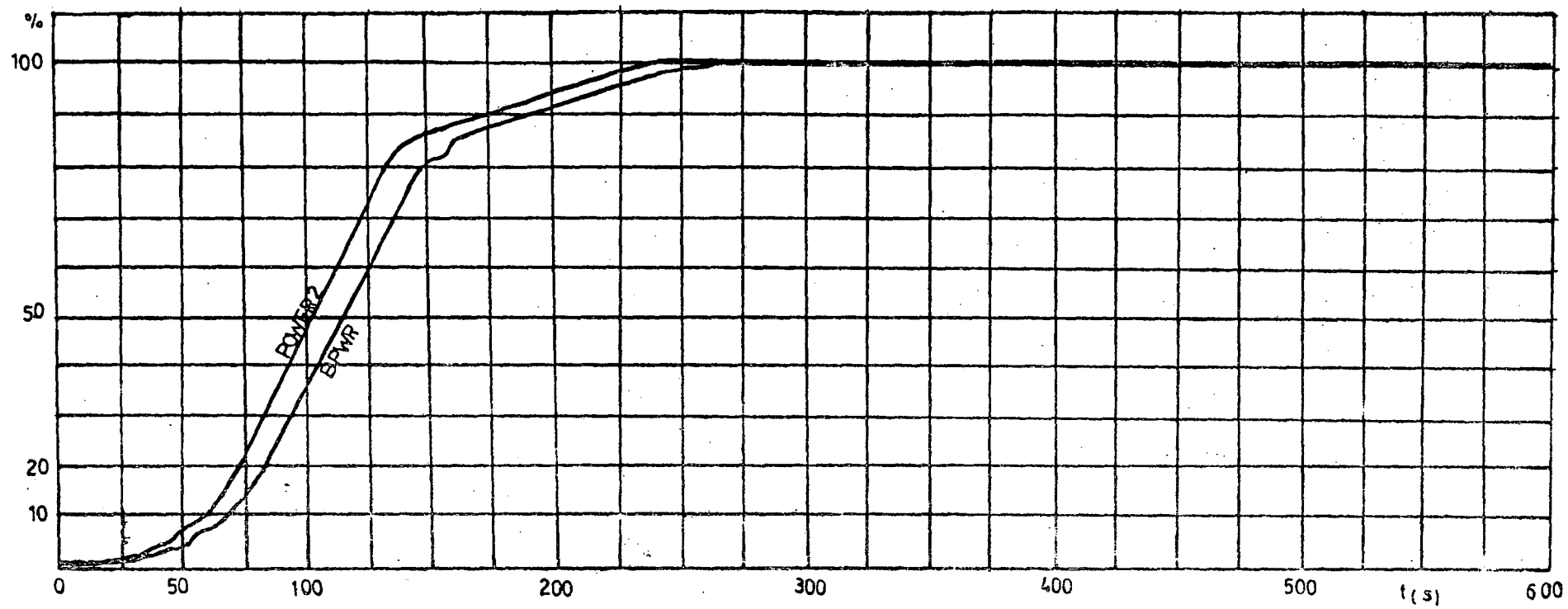


FIG. 11

MOD0 ALTERNATIVO - MASAS [lb]

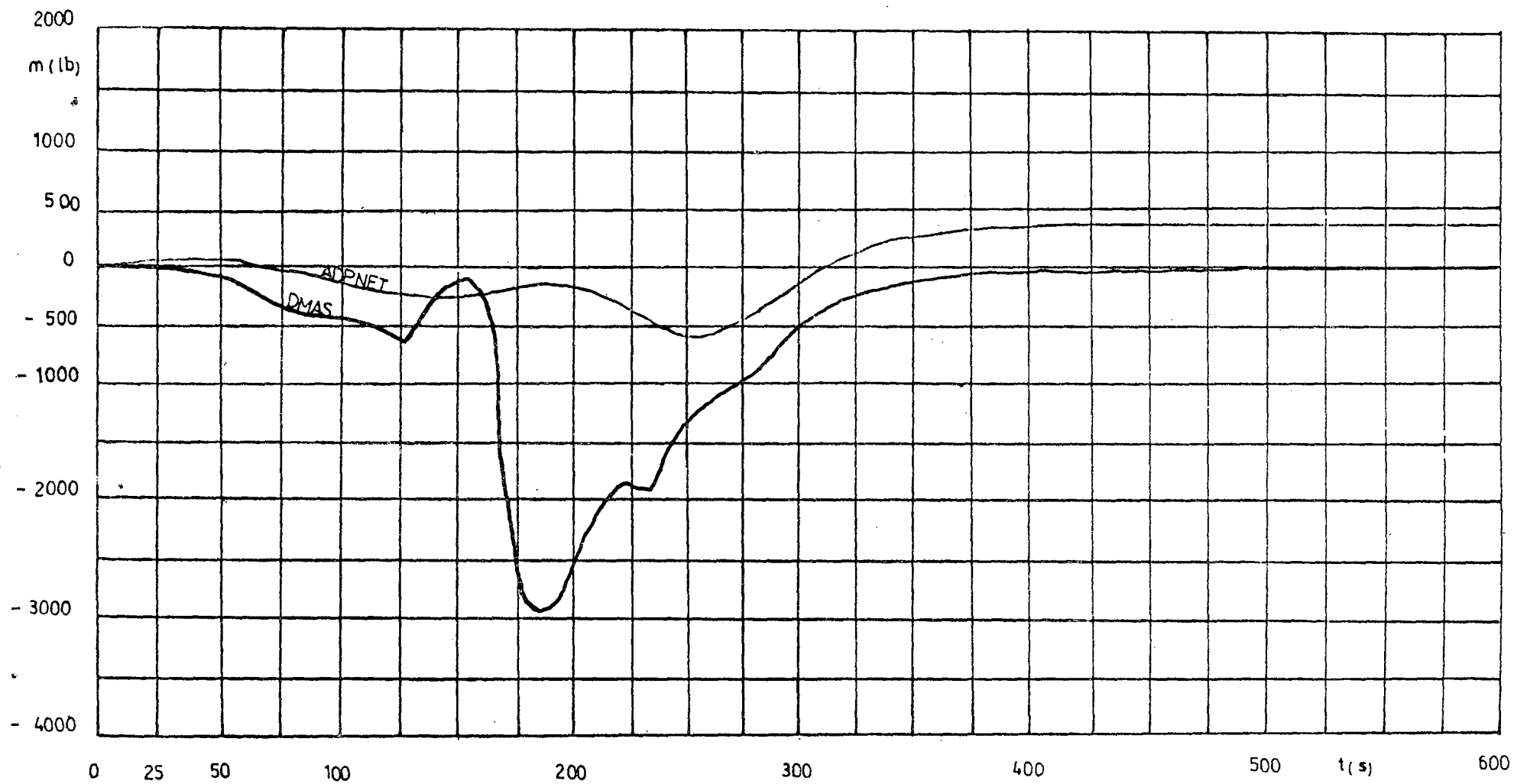
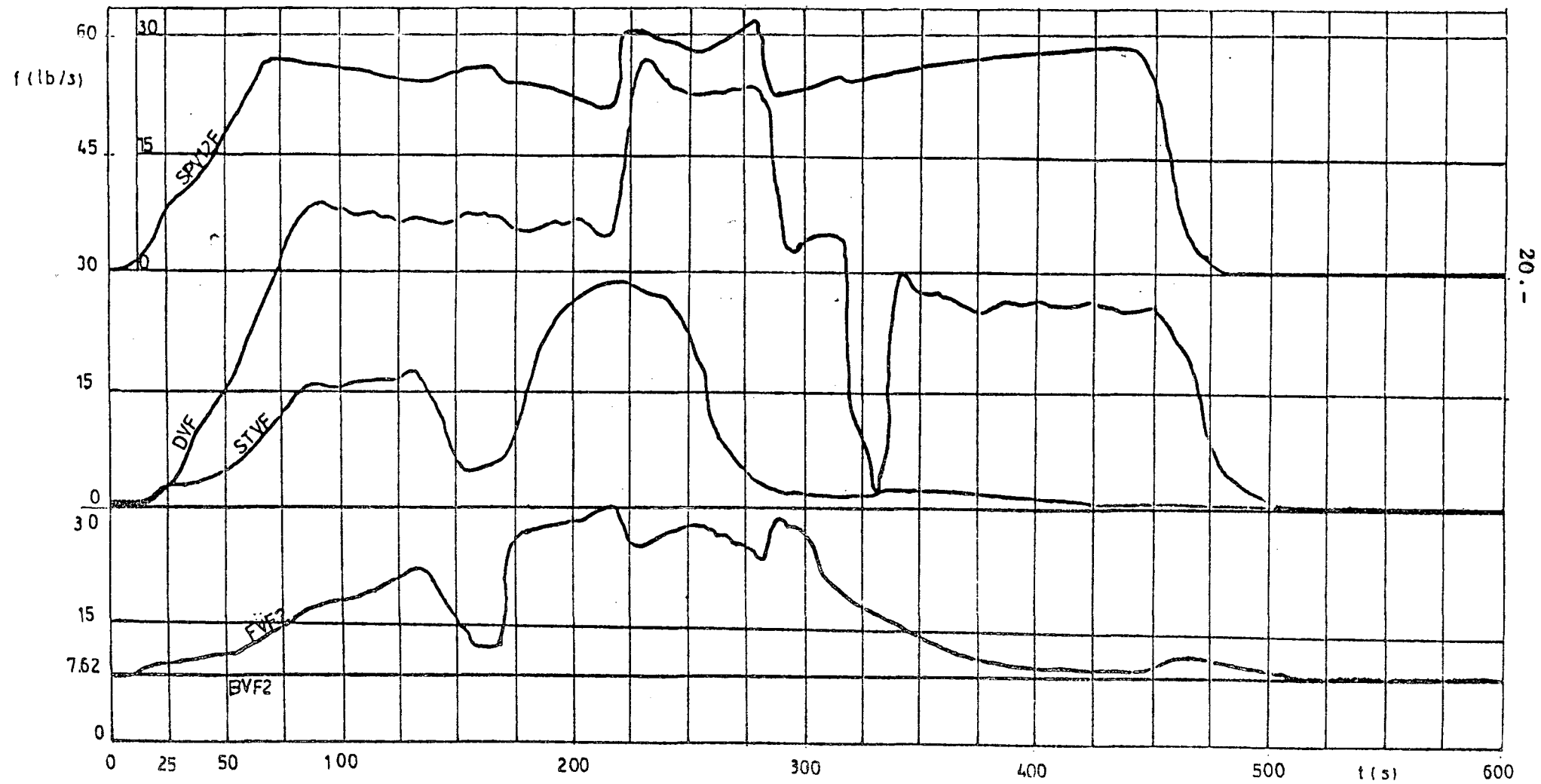


FIG. 12

MODO ALTERNATIVO-CAUDA-
LES [lb / s]



20.-

FIG. 13