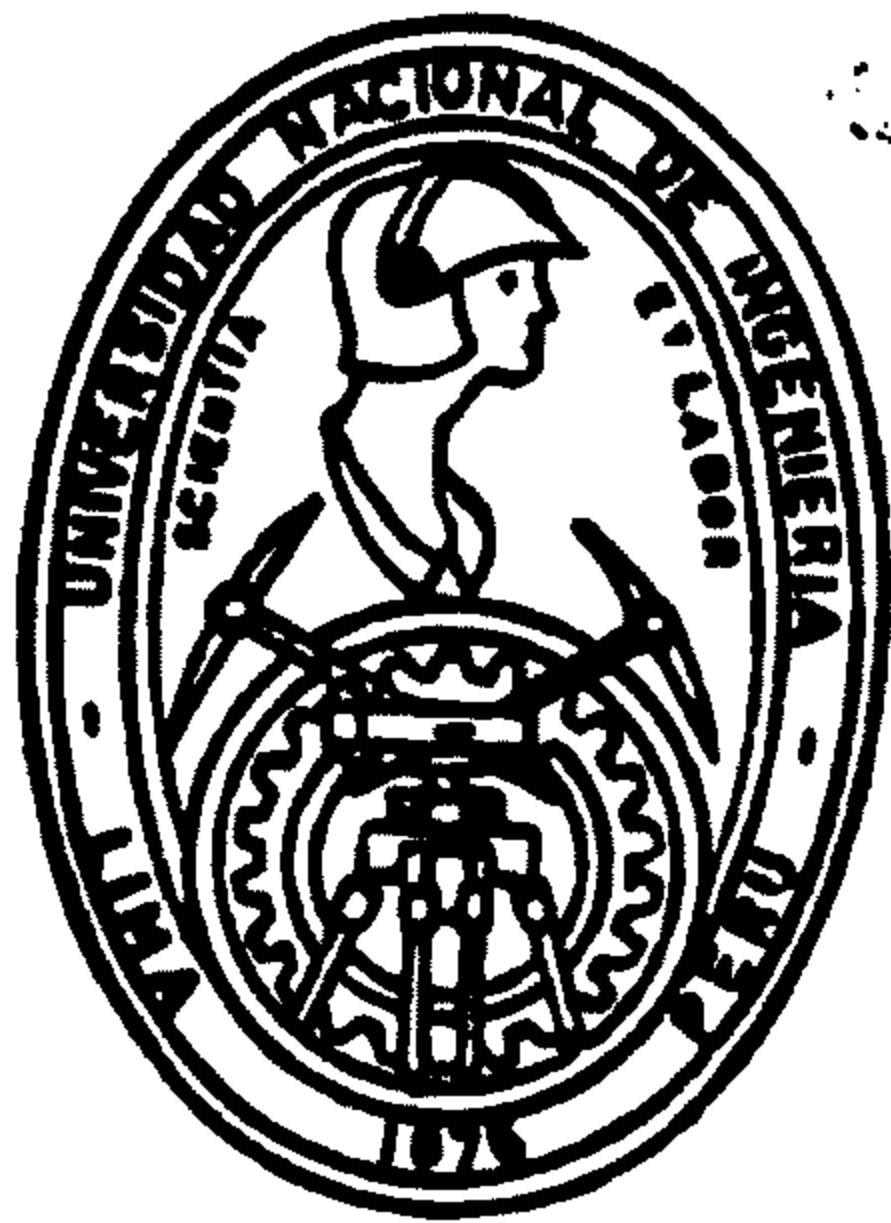


**Universidad Nacional de Ingeniería**  
**Facultad de Ingeniería Mecánica**



**OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE VOLTEO DE CUCHARA  
DE UN CARGADOR FRONTAL MINERO**

**TESIS**

**Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Mecánico Electricista**

**VICTOR LEONARDO QUISPE PADILLA**

**PROMOCION 1979 - 2**

**Lima - Perú**

**1987**

## I N D I C E

### Introducción

1. Antecedentes y objetivos .....	9
2. Definición de algunos términos .....	10
3. Características técnicas y funcionamiento del modelo Jarvis Clark JS-100E .....	11
4. Características técnicas y funcionamiento del modelo Wagner EHST-1A .....	14
5. Alcances y forma del presente Estudio.....	17

### CAPITULO I

1.0 Estudio de las fuerzas actuantes en el Sistema de Volteo de cuchara sin carga .....	27
1.1 Modelo Jarvis Clark .....	27
1.1.1 Localización del centro de gravedad .....	28
1.1.1.1 Centro de gravedad de las caras laterales ..	29
1.1.1.2 Centro de gravedad de la envolvente .....	33
1.1.1.3 Centro de gravedad de la cuchara sin carga .	38
1.1.2 Análisis de las fuerzas actuantes y ángulos crí- ticos de volteo. ....	40

1.1.2.1 Cálculos analíticos del sistema de Volteo .	41
1.1.2.2 Cálculo sobre las relaciones analíticas del sistema de Volteo .....	57
1.1.2.2.1 Cálculos a partir del gráfico N° 1.1.5..	57
1.1.2.2.2 Cálculos a partir del gráfico N° 1.1.6..	62
1.2 Modelo Wagner .....	108
1.2.1 Localización del centro de gravedad .....	109
1.2.1.1 Centro de gravedad de las caras laterales ..	109
1.2.1.2 Centro de gravedad de la envolvente .....	113
1.2.1.3 Centro de gravedad de la cuchara sin carga .	120
1.2.2 Análisis de las fuerzas actuantes y ángulos críticos de volteo .....	122
1.2.2.1 Cálculos analíticos del sistema de volteo ..	122
1.2.2.2 Cálculo sobre las relaciones analíticas del sistema de volteo .....	147
1.2.2.2.1 Cálculos a partir del gráfico N° 1.2.5 .	147
1.2.2.2.2 Cálculos a partir del gráfico N° 1.2.6 .	151

**CAPITULO II**

2.0 Estudio de las fuerzas actuantes en el sistema de volteo de cuchara con carga .....	238
2.1 Modelo <u>Jarvis Clark</u> .....	238
2.1.1 Localización del centro de gravedad para distintos ángulos de volteo .....	239
2.1.1.1 Centro de gravedad del área lateral del mineral <u>durante</u> el volteo. ....	239

2.1.1.2 Centro de Gravedad del mineral residual pa-- ra cada ángulo .....	244
2.1.1.3 Centro de Gravedad de la cuchara con carga .	247
2.1.2 Obtención del gráfico carga versus ángulo de vol- teo .....	253
2.1.3 Análisis del gráfico carga versus ángulo de vol- teo .....	253
2.1.3.1 Cálculo de las fuerzas actuantes en el siste- ma de volteo sobre la cuchara con carga ....	261
2.1.4 Análisis de las fuerzas y ángulos críticos de - volteo .....	308
2.1.4.1 Evaluación de la reacción en el tren poste- rior para la cuchara con carga. ....	308
2.1.4.2 Evaluación de la reacción del tren posterior para DE mínimo y la cuchara cargando un peso útil $W_u$ . ....	313
2.2 Modelo Wagner .....	320
2.2.1 Localización del centro de gravedad para distin- tos ángulos de volteo .....	321
2.2.1.1 Centro de gravedad del área lateral del mine- ral durante el volteo .....	322
2.2.1.2 Centro de gravedad del mineral residual para cada ángulo .....	326
2.2.1.3 Centro de gravedad de la cuchara con carga.	329
2.2.2 Obtención del gráfico carga versus ángulo de vol- teo .....	335

2.2.3 Análisis del gráfico carga versus ángulo de volteo .....	335
2.2.3.1 Cálculo de las fuerzas actuantes en el sistema de volteo sobre la cuchara con carga ....	343
2.2.4 Análisis de las fuerzas y ángulos críticos de volteo .....	383
2.2.4.1 Evaluación de la reacción en el tren posterior para la cuchara con carga .....	383
2.2.4.2 Evaluación de la reacción del tren posterior para DE mínimo y la cuchara cargando un peso útil máximo $W_u$ .....	390

### CAPITULO III

3.0 Análisis de las fuerzas y ángulos críticos del sistema propuesto .....	409
3.1 Algoritmo generalizado para cálculos de sistemas de volteo .....	409
3.2 Algoritmo generalizado para cálculo de las fuerzas máximas del sistema .....	441
3.3 Análisis de la estabilidad de la máquina .....	451
3.3.1. Evaluación de la reacción del tren posterior para la cuchara con carga .....	451
3.3.2 Evaluación de la reacción del tren posterior para DE mínimo y la cuchara cargando un peso útil máximo $W_u$ .....	461

CAPITULO IV

4.0 Modificaciones finales del sistema de volteo de un prototipo para las condiciones requeridas .....	471
4.1 Optimización del sistema Jarvis Clark a partir del programa generalizado .....	471
4.1.1 Análisis del pistón de volteo .....	472
4.1.2 Análisis de la articulación del pistón de volteo con la cuchara .....	475
4.1.3 Obtención de los programas generalizados para optimización .....	477
4.1.4 Obtención del programa generalizado para cálculo de fuerzas máximas .....	481
4.1.5 Evaluación del sistema de volteo variando diferentes parámetros .....	485
4.1.6 Evaluación de algunos parámetros del prototipo - óptimo .....	503
4.1.6.1 Cálculos de fuerzas máximas y m mínimo ....	503
4.1.6.2 Evaluación de la reacción del tren posterior para la cuchara con carga del prototipo ....	504
4.1.6.3 Evaluación de la reacción del tren posterior para DE mínimo y la cuchara cargando un peso útil máximo $W_u$ . .....	508
4.1.6.4 Resumen de las modificaciones finales.....	508
4.2 Evaluación Económica .....	511
4.2.1 Ahorros en el rubro de Mantenimiento .....	511

4.2.2 Ahorro por mejora de la eficiencia de carguío ..	516
CONCLUSIONES .....	527
APENDICE .....	529
BIBLIOGRAFIA .....	536

## I N T R O D U C C I O N

En la División Yauricocha, Unidad de Producción Nº 7 de Centromin Perú S. A, dentro de su maquinaria, para la extracción de Mina Subsuelo, cuenta con ocho Scooptrams dentro de los cuales cuatro modelo Jarvis Clark JS100E y cuatro Wagner EHST-1A, ambos de una yarda cúbica de capacidad, contribuyen aproximadamente con el 70% de su producción diaria que es de 1500 Tns. de mineral, conteniendo éste, cobre, plomo, zinc y plata y el 30% restante de la producción es aportado por los equipos de arrastre tradicionales.

Estos equipos están diseñados para trabajos de mina subsuelo, en lo que concierne a estructura y forma principalmente dadas las condiciones difíciles del terreno en cuanto a explotación y exigencias rudas de trabajo.

Ambos modelos, en su distribución de potencia siguen con muy ligeras variantes la descripción siguiente: motor eléctrico el cual entrega su potencia a una caja de transmisión mediante un coupling a 1760 RPM. La caja de transmisión comparte la potencia recibida hacia una bomba hidrostática y una bomba hidráulica que elevan la presión del aceite a 5000 PSI la primera y 2000 y 400 PSI la segunda en tandem, la bomba hidrostática que es



una bomba de émbolos axiales con disco inclinado alimenta a un motor hidrostático (que tiene el mismo principio de funcionamiento) el cual convierte la potencia hidrostática en potencia mecánica. Mediante una caja de reducción a la cual está acoplado el motor hidrostático se reparte la potencia mecánica a través de ejes y cardanes a las transmisiones delantera y trasera y de ahí a las ruedas mediante planetarios.

La bomba hidráulica tiene dos salidas de aceite a presión. Esta bomba es a piñones.

La salida de 2000 PSI alimenta una válvula de control la cual gobierna el pistón de dirección, para viraje de la máquina y los pistones de izaje y volteo que corresponden al sistema de cuchara. La salida de 400 PSI alimenta el sistema de control de la máquina y el sistema de la tambora del cable eléctrico con ayuda de un divisor de flujo.

Al respecto ver esquemas Nº 1 y 2.

### 1.- Antecedentes y Objetivo

Teniendo en cuenta que los modelos de estos equipos tienen ligeras variantes en su diseño para cumplir mas o menos el mismo objetivo ya que ambos Scooptrams son de 1 yarda cúbica, a la vez que sobre todo con el modelo Jarvis Clark se presentan algunas dificultades de operación por una frecuencia regular de fallas en los anillos del pistón de volteo nos vemos en la necesidad de hacer un análisis de las fuerzas actuantes del sistema para optar por una solución que nos evite la frecuencia de fallas aludida.

Con este fin se hizo un análisis preliminar de cómo interactúan los elementos (pistones bastidor, cuchara) del sistema de volteo con una secuencia de cálculos un tanto laboriosa con calculadora normal, que con la ayuda de una minicomputadora y las secuencias de cálculo en Basic podemos facilitar y agilizar nuestros cálculos. Este conjunto de análisis podrán ser aplicados también a otros sistemas con ligeros cambios.

## 2.- Definición de Algunos Términos

Para el presente estudio definiremos algunos términos a utilizarse, tales como:

**CUCHARA.-** Elemento que sirve para recoger el material y transportarlo.

**SISTEMA DE VOLTEO DE CUCHARA.-** Conjunto de mecanismos y pistones para dar el movimiento adecuado a la cuchara para su operación.

**LABIO DE CUCHARA.-** Es la parte que al levantar el material entra primero en contacto con éste.

**ANGULO DE VOLTEO.-** Es el ángulo formado por el labio de la cuchara con el plano horizontal.

**ANGULO DE VIRAJE.-** Es el ángulo agudo formado por las líneas centro de simetría longitudinal que se intersectan en el eje del Sistema de Acoplamiento; da la dirección de la máquina en su desplazamiento.

**SISTEMA DE ACOPLAMIENTO.-** Es el mecanismo formado por estructuras que giran al rededor de un solo eje y permiten el viraje de la máquina en la dirección deseada.

**PISTON DE DIRECCION.-** Es un pistón de doble accionamiento que comanda el viraje de la máquina.

**PISTON DE VOLTEO.-** Es un pistón de doble accionamiento que permite el volteo de la cuchara o su recogimiento.

**BASTIDOR.-** Estructura que acciona por el pistón de izaje, permite elevar la cuchara con respecto al piso.

**PISTON DE IZAJE.-** Es un pistón de doble accionamiento que impulsa al bastidor para la elevación vertical de la cuchara.

**ANGULO DE MATERIAL.-** Es el ángulo formado por la prolongación del labio con un plano que el material forma en la cuchara cuando ésta descarga dicho material.

**SISTEMA HIDRAULICO.-** Es el conjunto de elementos por donde circula el aceite a presión que sale de la bomba hidráulica, dicha presión es aproximadamente 2000 PSI.

**SISTEMA HIDROSTATICO.-** Es el conjunto de elementos por donde circula el aceite a presión que sale de la bomba hidrostática, dicha presión es aproximadamente 4500 PSI.

**PISTON DE AVANCE.-** Pistón de doble accionamiento que comanda la bomba hidrostática mediante un mecanismo palanca-resorte (comanda finalmente la marcha de la máquina).

### 3.- Características Técnicas y Funcionamiento del modelo Jarvis Clark JS-100E.

Del modelo Jarvis Clark JS-100E, sus características de

estructura podemos apreciar en los gráficos N<sup>o</sup> 3 y N<sup>o</sup> 4.

Posee como medio de alimentación de energía un cable eléctrico # 6/4C, 600 voltios de una longitud de 76 mts. aproximadamente, el cual se aloja en un carrete accionado por un motor hidráulico. El cable se une al motor mediante un colector de anillos rozante que se aloja en el cubo de la tambora. El motor es un motor trifásico, asíncrono de 4 polos, 1800 RPM, 440 voltios, 60 Hertz y 50 HP. de potencia. Este motor tiene elementos de protección térmica de sobrecarga incorporados en cada fase del mismo.

Dicho motor mediante un acoplamiento a cadenas Renold entrega su potencia a la caja de transmisión la cual recibe dicha potencia en un engranaje el cual la comparte a otros dos engranajes a los cuales está acoplado radialmente.

Estos engranajes se acoplan axialmente mediante Sleeve adapter (bocina ranurada exterior e interiormente) por la parte superior con la bomba hidrostática y por la inferior con la bomba hidráulica o tandem.

El sistema hidrostático e hidráulico tienen un tanque común de suministro de aceite. Este aceite es el aceite Petrolube transmisión automática.

Bomba hidrostática convierte la potencia mecánica en hidrostática y envía el fluido a una presión de alrededor de 4500 PSI al motor hidrostático. La bomba hidrostática posee una bomba de carga (tipo engranajes) y una válvula de control además de una válvula contra sobrepresión. La pri-

mera mantiene aceite a presión de 200 PSI en los cilindros de los émbolos axiales y la segunda permite regular el flujo de aceite en la bomba y con ello el flujo que va hacia el motor, a su vez que esto permite regular la marcha de la máquina.

La marcha se comanda por el pistón de avance mediante un dispositivo mecánico (palanca-resorte). El pistón de avance que es un pistón de doble accionamiento se controla con los pedales que accionan una válvula la cual recibe aceite a presión de la bomba de carga incorporada en la bomba hidrostática.

El circuito hidrostático posee en su retorno un intercambiador de calor para enfriar el aceite que retorna al tanque, además de filtros de succión y retorno.

El motor hidrostático recibe el aceite a presión de la bomba hidrostática y convierte la potencia hidrostática (del aceite) en potencia mecánica, la cual entrega a la caja de reducción a la cual está acoplado, para luego la caja de reducción repartir la potencia a las transmisiones delantera y posterior.

Las transmisiones reciben la potencia mediante el piñón de ataque, y dan tracción a las llantas mediante la corona y diferenciales con una reducción total de piñón de ataque a llantas de 24.6 a 1. La bomba hidráulica tiene dos salidas de aceite a presión, a 2000 y 400 PSI nominales y trabaja en tandem. El aceite que sale a 2000 PSI va una

válvula de control de tres cuerpos (tres válvulas distribuidoras 4/3) para comandar los pistones de doble accionamiento de izaje, volteo y dirección, dicha válvula tiene una línea de retorno del aceite hacia el tanque.

El aceite a presión de 400 PSI va a un regulador de flujo el cual deriva el caudal necesario al manatrol y el resto retorna al tanque. El manatrol se comanda con el aceite de la bomba de carga de la bomba hidrostática en forma sincronizada con el pistón de avance. El manatrol alimenta y regula el aceite que va al motor hidráulico de la tambora además de controlar este motor para dar al cable la tensión necesaria para ser recogidos cuando la máquina retrocede o soltado cuando la máquina se desplaza hacia adelante. El manatrol cuenta para ello con un sistema de válvulas regulables manualmente por medio de perillas.

En el gráfico N° 4, podemos apreciar sus características de viraje de la máquina accionado por el pistón de dirección, y en el gráfico N° 5 la curva de performance de la máquina.

Como freno posee el freno de marcha del sistema hidrostático y un freno de mano que actúa sobre una faja y ésta sobre una volante fijada en un eje hacia la transmisión delantera.

#### 4.- Características Técnicas y Funcionamiento del Modelo Wagner EHST-1A.

Del modelo Wagner EHST-1A, sus características de estruc-

tura podemos apreciar en los gráficos Nº 6 y Nº 7.

Posee como medio de alimentación de energía un cable eléctrico trifásico # 6/4C, 600 voltios, de una longitud de 70 mts, aproximadamente, alojado en un carrete el cual es accionado por un motor hidráulico.

El cable se une al motor mediante un colector de anillos rozantes que se aloja en el cubo de la tambora. El motor es un motor trifásico asíncrono de 4 polos, 1760 RPM, 460 voltios, 60 Hz y 50 HP de potencia. Dicho motor mediante un acoplamiento a crucetas Renold entrega su potencia directamente a la bomba hidrostática a su vez que mediante una polea y fajas en V, transmite potencia a la bomba hidráulica. De esta forma alimenta simultáneamente al sistema hidrostático e hidráulico.

El sistema hidrostático tiene su tanque independiente de aceite, usa el tipo Móvil Delvac 1320 y posee intercambiador de calor más filtros de succión y retorno.

El sistema hidrostático tiene el funcionamiento parecido al del modelo Jarvis Clark JS-100E, en lo que respecta a la bomba hidrostática, con la diferencia que el dispositivo mecánico de control de la marcha no es accionado por un pistón de avance sino por un conjunto de articulaciones y palancas desde los pedales.

El motor hidrostático es un tipo de motor plato variable (varía el ángulo del disco inclinado) parecido en esto a la bomba hidrostática, a diferencia que en lugar de bomba de carga posee un manifold igual al del motor del Jarvis Clark

pero además de ello posee una válvula by pass de rotación que permite by-pasear el flujo que va al motor hacia el retorno (o sea a la bomba hidrostática). Como complemento de esto al ser el motor parecido a la bomba hidrostática también posee una válvula de control que permite regular manualmente la velocidad y fuerza de la máquina aparte del control de los pedales influyendo en la velocidad de desplazamiento en marcha. Este motor hidrostático está acoplado a una caja de reducción y ésta a las transmisiones anterior y posterior en forma similar al Jarvis Clark.

Posee además del freno de marcha del sistema hidrostático, bloqueo mecánico de los pedales, freno hidrostático sobre la volante que posee en transmisión delantero y se alimenta de la línea de retorno del motor hidrostático. También posee sistema de freno hidráulico, con un pedal y actúa sobre las cuatro tamboras de las llantas a través de zapatas de asbesto.

El sistema hidráulico cuenta en este caso con un tanque independiente con aceite Móbil Delvac 1310, intercambiador de calor más filtros de succión y retorno. La bomba hidráulica posee dos entradas de aceite del tanque más tres salidas de aceite a presión, tiene tres sistemas de piñón por tanto.

La primera de éstas alimenta una válvula de control de dos cuerpos (dos válvulas distribuidoras  $4/3$ ) para comandar los pistores de doble accionamiento de izaje y volteo, su presión normal es de 1800 PSI, posee su retorno directo al tanque.



La segunda salida de aceite también a presión de 1800 PSI nominales, alimenta el circuito de comando del pistón de doble accionamiento, de dirección, posee también su retorno independiente al tanque.

La tercera salida de aceite, a presión nominal de 1400 PSI, alimenta el circuito de comando del motor hidráulico que acciona la tabora de cable, esta vez se sincroniza con la marcha a través de un switch que es accionado por una leva del sistema de palancas de los pedales. Este switch gobierna una electroválvula la cual distribuye el aceite a presión (de 850 PSI) al motor hidráulico, dentro de éste circuito. Este posee su retorno al tanque a través de un intercambiador de calor.

Como complemento podemos apreciar la curva de performance del modelo Wagner EHST-1A en el gráfico N<sup>o</sup> 8.

##### 5.- Alcances y Forma del Presente Estudio

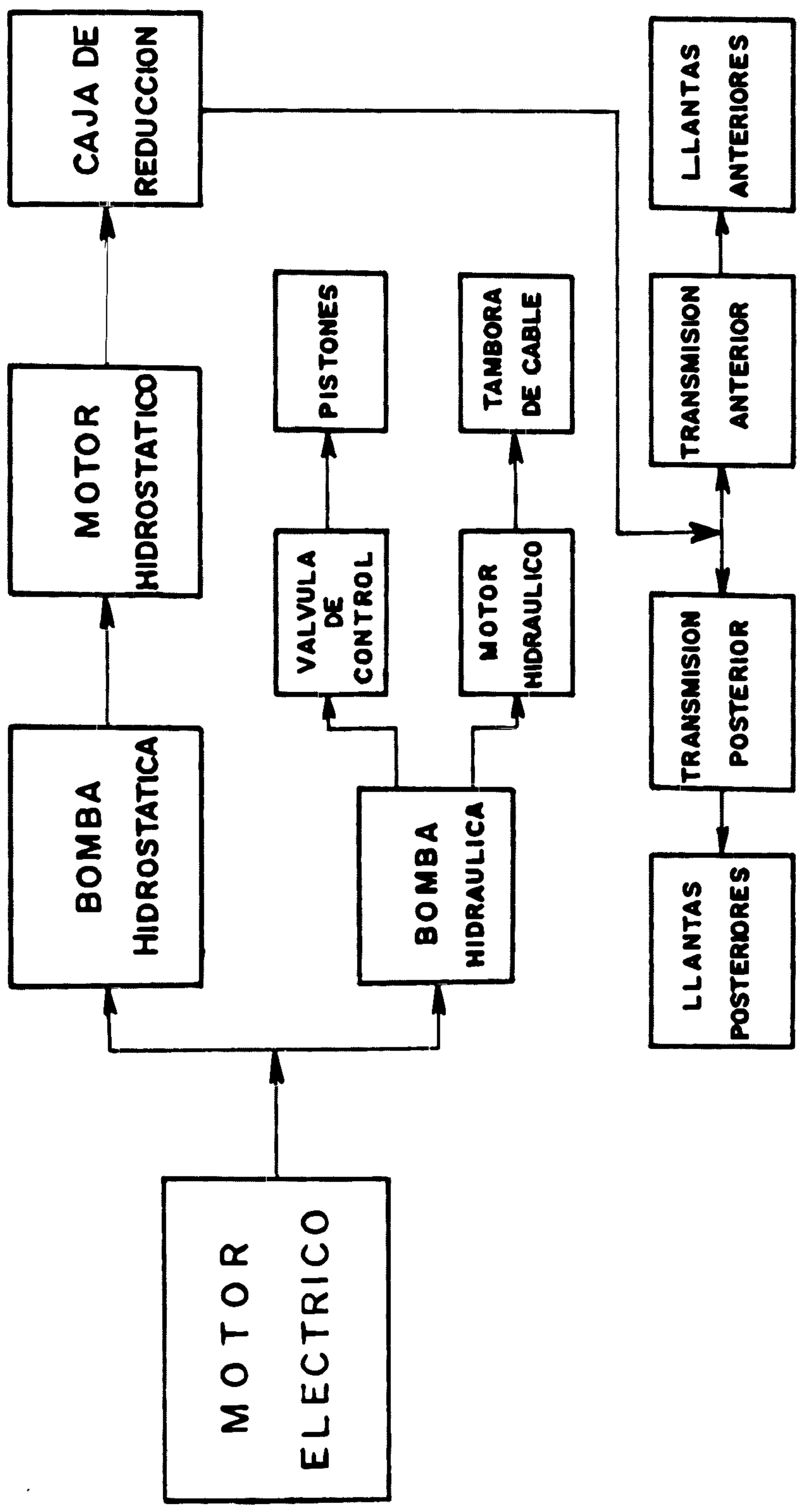
Si bien tenemos dos modelos de sistema de volteo de cucharas si bien diferentes pero ambas con 1 yarda cúbica de capacidad nos será muy útil analizar cada una de los sistemas por separado ya sea sin carga y también con carga solo del mecanismo valiéndonos de pequeños programas escritos en lenguaje BASIC.

Para estos análisis tendremos como condiciones iniciales los actuales de cada uno de los modelos y para optimizar el sistema que nos llevará a algunas modificaciones a sugerir nos valdremos de la variación ordenada de las condiciones factibles a modificar para mejorar las condiciones de ope-

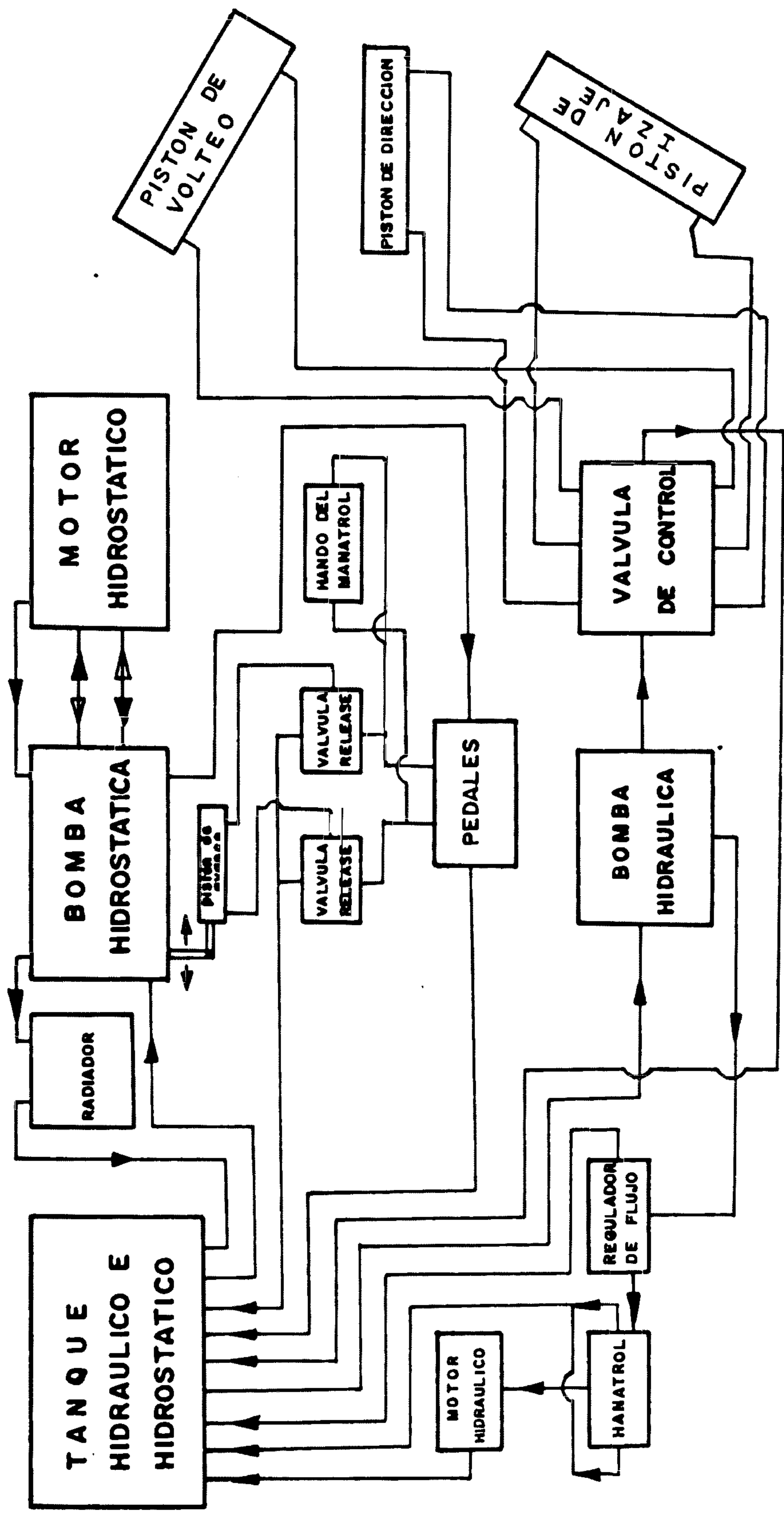
ración del sistema de volteo además que el modelo de análisis nos será útil para poder efectuar estudios similares para mecanismos con una configuración parecida con la ayuda de los diagramas de flujo y programas que serán ensayados en microcomputadora para obtener nuestros resultados.

Para tal efecto haremos un diagrama de flujo de la secuencia de cálculos ayudado por los componentes con los elementos del sistema de volteo luego paralelamente al desarrollo algebraico de los cálculos mencionados concluiremos diagramas de flujo con los que elaboraremos los algoritmos en BASIC.

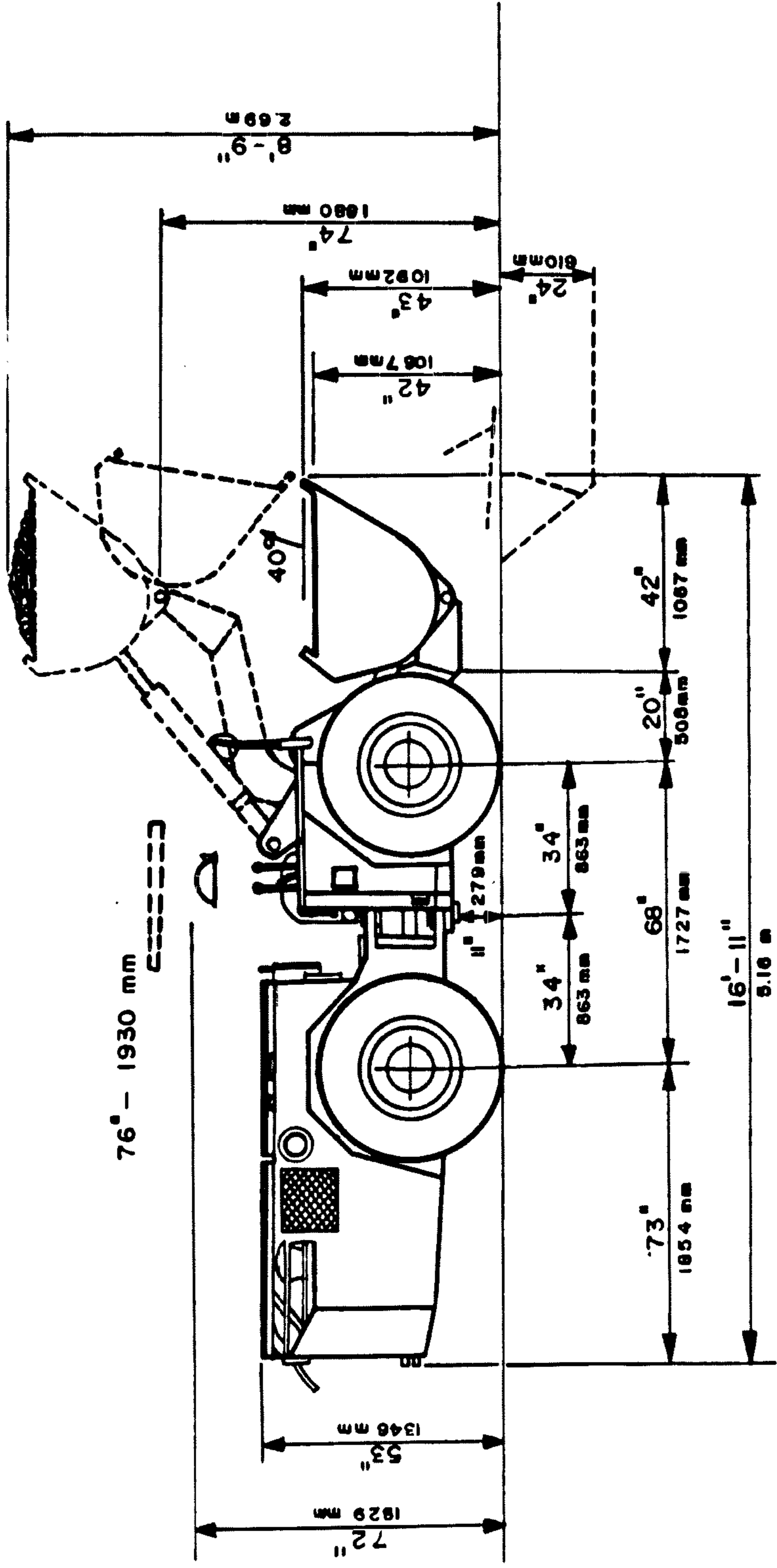
Los cálculos se harán a partir de los gráficos adjuntos teniendo en cuenta las escalas según los modelos y su influencia que será detallada en la secuencia que sea necesario tomarse en cuenta.



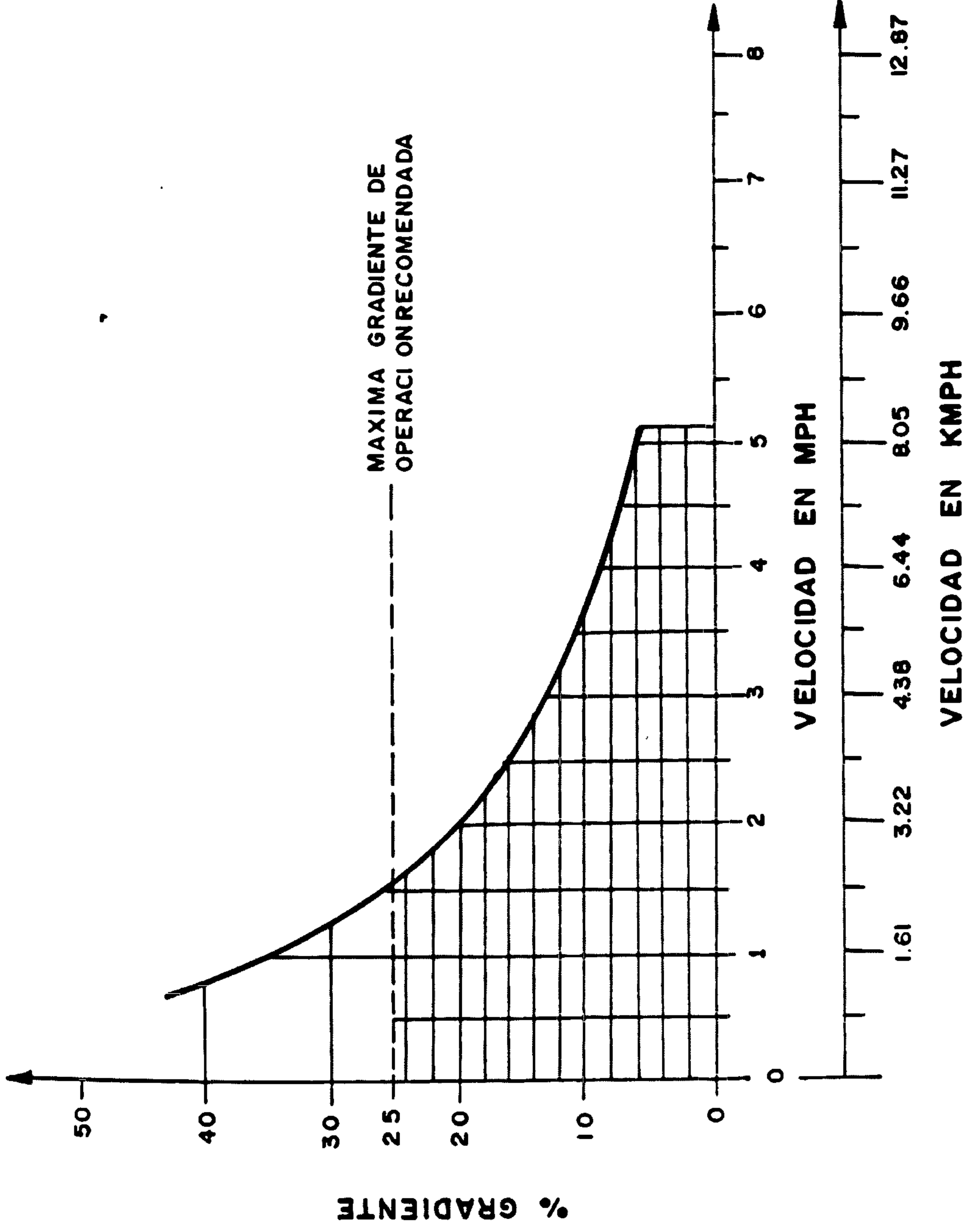
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
PROYECTO DE GRADO	
DIBUJADO POR: V. QUISPE P.	DISTRIBUCION DE LA POTENCIA SCOOPTRAM JS-100E
FECHA: JUNIO 1985	ESCALA: GRAFICO N° 1



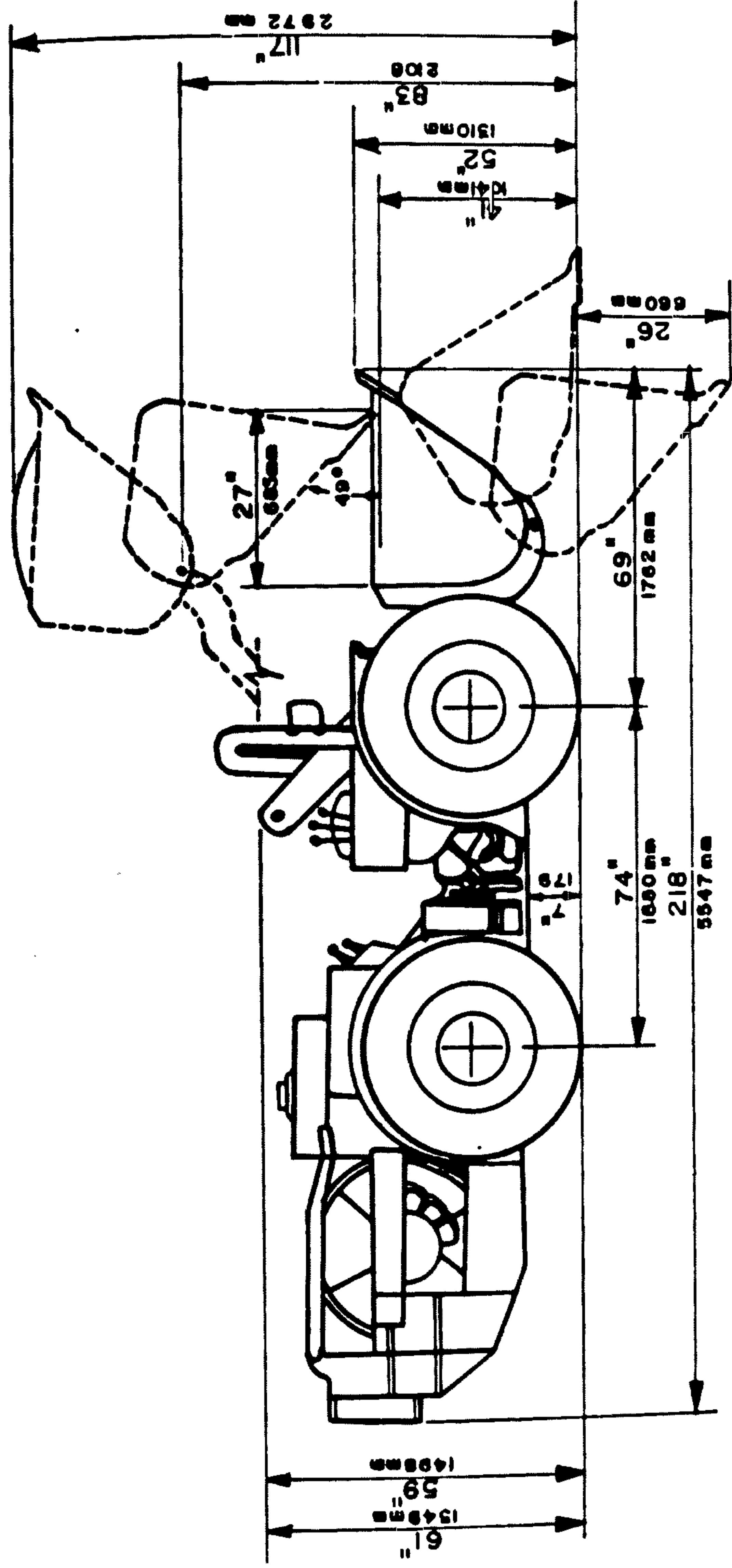
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
PROYECTO DE GRADO	
DIBUJADO POR: V. QUISPE P.	GRAFICO HIDRAULICO é HIDROSTATICO SCOOPTRAM JS-100 E
FECHA: JUNIO 1985	ESCALA: GRAFICO Nº 2



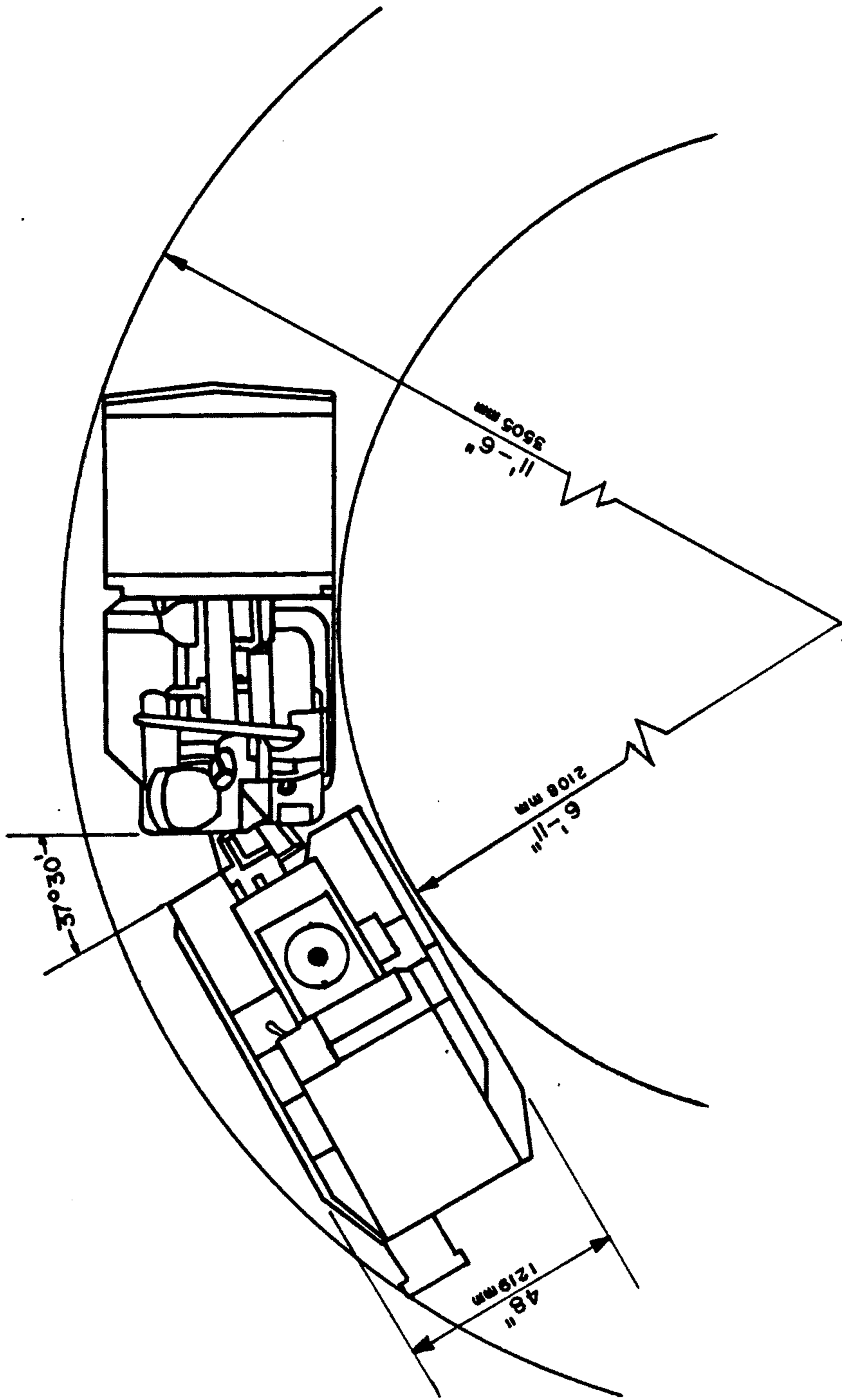
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
PROYECTO DE GRADO	
DIBUJADO POR: V. QUISPE P.	CARACTERISTICAS Y VISTA LATERAL SCOOPTRAM JS-100E
FECHA: JUNIO 1985	ESCALA: 1:44 GRAFICO N° 3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
PROYECTO DE GRADO	
DIBUJADO POR: V. QUISPE P.	SCOOPTRAM JS-100 E CURVA DE PERFORMANCE
FECHA: JUNIO 1985	ESCALA: GRAFICO N° 5

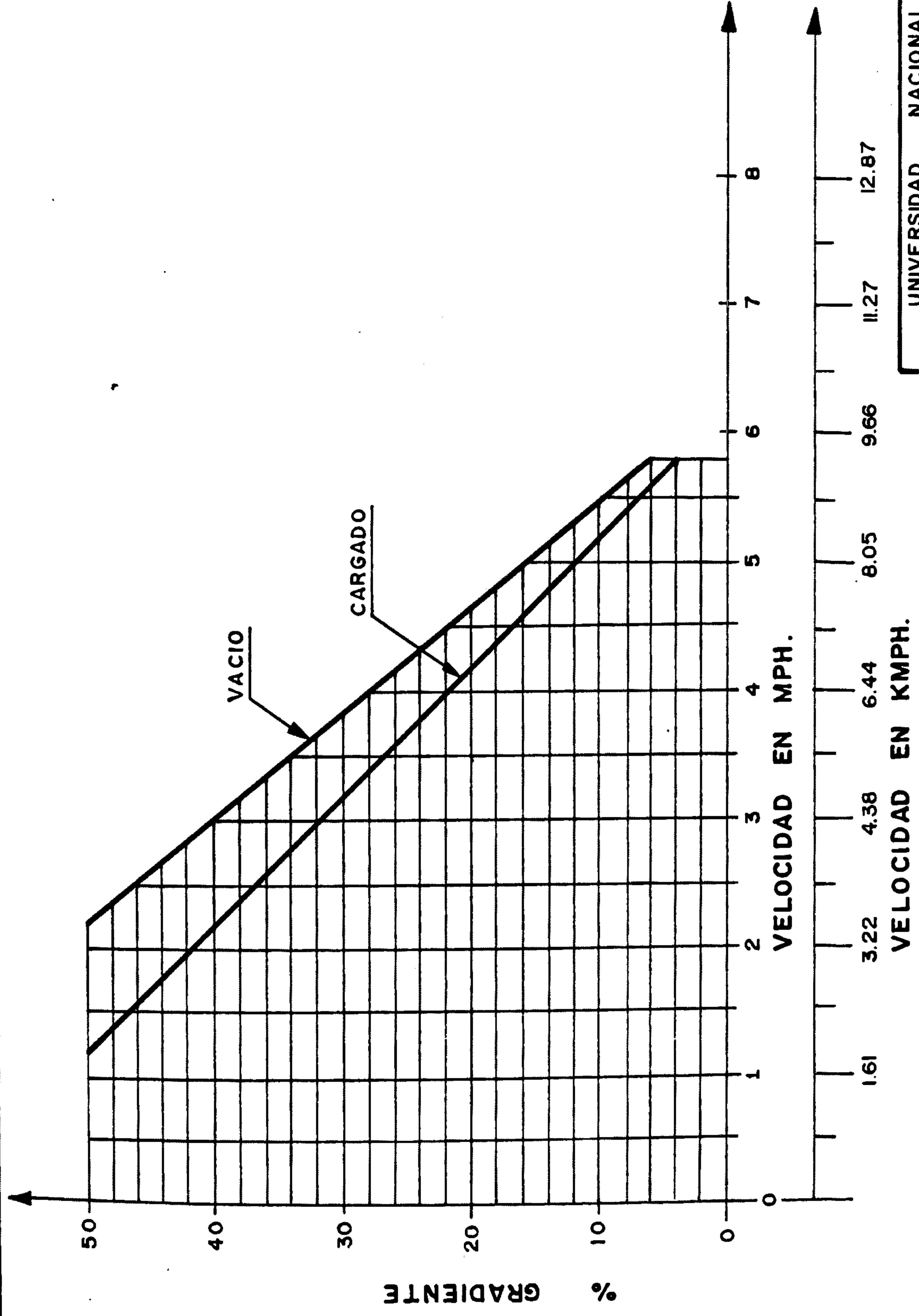


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
PROYECTO DE GRADO	
DIBUJADO POR: V.QUISPE P.	CARACTERISTICAS Y VISTA LATERAL EHST - 1A
FECHA: JUNIO 1985	ESCALA: 1 = 43   GRAFICO Nº 6



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
PROYECTO DE GRADO
DIBUJADO POR: V. QUISPE P.
CARACTERISTICAS Y VISTA EN PLANTA EHST-1A
FECHA: JUNIO 1985
ESCALA: 1 = 40
GRAFICO N° 7





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
PROYECTO DE GRADO	
DIBUJADO POR: V. QUISPE P.	SCOOPTRAM EHST - 1A CURVA DE PERFORMANCE
FECHA: JUNIO 1985	ESCALA: GRAFICO N° 8

## C A P I T U L O 1

### 1.- ESTUDIO DE LAS FUERZAS ACTUANTES EN EL SISTEMA DE VOLTEO DE CUCHARA SIN CARGA

Nos centraremos entonces en el estudio netamente del sistema de volteo de ambos modelos, teniendo en cuenta que el material de cuchara es plancha tipo T-1, cuyo peso específico hallado experimentalmente es  $\gamma = 7.861 \text{ Kgr/dm}^3$  y peso de pistones consideramos despreciables, para efecto de nuestros cálculos.

Primeramente debemos encontrar el centro de gravedad de la cuchara. Para esto dividiremos en dos partes conformadas por las planchas laterales una y la otra por la envolvente de éstas, comprendiendo inclusive el labio de cuchara.

En ambos modelos podemos hacer esta distribución de las partes de cuchara, cada una de éstas subdivididas en figuras geométricas conocidas para facilitar los cálculos.

#### 1.1 Modelo Jarvis Clark

En el modelo Jarvis Clark la cuchara conjuntamente con el sistema de volteo y el chasis delantero como so-

porte, según el gráfico N<sup>o</sup> 1.1.1 consta de: Un pistón de volteo  $\overline{GA}$ , un bastidor representado por el triángulo rígido FDB, un pistón de izaje  $\overline{ED}$  y la cuchara propiamente dicha, según podemos apreciar en el mismo gráfico. Los puntos G, F y E son fijos al chasis.

Las características de los pistones son:

- Pistón de Volteo.- Se encarga de dar el giro a la cuchara para el vaciado y recojo del material.
- Diámetro interior.- 5" (127 mm.)
- Diámetro del vástago.- 2"
- Carrera.- 18 1/16 (458.79 mm)
- Longitud mínima.- 53 5/16" (1354.45 mm.)
- Longitud máxima.- 71 3/8 (1812.93 mm.).
- Pistón de izaje.- Se encarga de bajar y subir la cuchara a través del bastidor ya sea para el recojo o vaciado del material respectivamente.
- Diámetro interior.- 6" (152 mm.)
- Diámetro del vástago.- 2 1/2"
- Carrera.- 11 3/8" (288 mm.)
- Longitud mínima.- 28 3/8 (721.70 mm.)
- Longitud máxima.- 39 3/4 (1009.70 mm.).

La cuchara es simétrica respecto a un plano paralelo situado entre las dos caras laterales por lo que podemos hacer todos los cálculos en dos dimensiones solamente. Cabe notar también que el triángulo FDB del gráfico 1.1.1 no es el bastidor real sino su representación.

1.1.1 Localización del centro de gravedad.- A partir del

gráfico N<sup>o</sup> 1.1.2 y teniendo en cuenta que la cuchara tiene un ancho de 47" (11.938 dm.), podremos hacer los cálculos respectivos refiriéndonos al plano cartesiano del gráfico.

1.1.1.1 Centro de gravedad de las caras laterales.- Estas caras se han subdividido en seis (6) áreas (figuras geométricas) para facilitar los cálculos respectivos, luego aplicaremos el método de las sumaciones para los centros de gravedad.

Obtendremos el cuadro N<sup>o</sup> 1.1.1, haciendo los cálculos a partir del gráfico N<sup>o</sup> 1.1.2, cuyo escala es 1:8. Figura i=1, sector 125° MON.  $e=3/4'' = 0.191$  dm.

Ale (Area de la figura

$$\begin{aligned} \text{N}^{\circ} 1 \text{ a escala)} &= \pi \times (49.5)^2 \times (125^{\circ}/360^{\circ}) \\ &= 2672.81 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Alr (Area de la figura

$$\begin{aligned} \text{N}^{\circ} 1, \text{ real)} &= \text{Ale} \times 8 \times 8 \times (1/10,000) \\ &\text{dm}^2 \\ &= 17.106 \text{ dm}^2. \end{aligned}$$

$$V_1 (\text{Volumen}) = 17.106 \times 0.191 = 3.259 \text{ dm}^3$$

$$\begin{aligned} W_1 (\text{Peso de figura N}^{\circ} 1) &= 3.259 \text{ dm}^3 \times 7.861 \text{ Kgr/dm}^3 \\ &= 25.619 \text{ Kgr.} \end{aligned}$$

Hallemos ahora  $X_1$ : En este caso  $X_1$  es la abscisa al centro de gravedad del sector MON. (A1).

Este centro de gravedad estará situado en la bisectriz del ángulo MON,  $\overline{OK}$  y a una distancia del centro O sobre la bisectriz tal como  $d = (2/3) (R \text{ Sen } \alpha) (1/\alpha)$ , siendo  $\alpha = 625^{\circ} = 1.091$  rad

$$y R = 49.5 \text{ mm.}$$

$$\begin{aligned} \text{Entonces } d &= (2/3) (49.5 \times \text{Sen } 1.091) (1/1.091) \\ &= 26.83 \text{ mm.} \end{aligned}$$

En consecuencia en el gráfico N<sup>o</sup> 1.1.2  $\overline{C}_1 = (X_1, Y_1)$ , obtenemos  $X_1 = 67 \text{ mm}$ . Así como  $Y_1 = 36 \text{ mm}$ .

$$W_1 X_1 = 25.619 \times 67 \text{ mm} = 1716.473 \text{ Kgr.mm.}$$

$$W_1 Y_1 = 25.619 \times 36 \text{ mm} = 922.284 \text{ Kgr. mm.}$$

Figura i = 2, triángulo POM,  $e = 3/4 = 0.191 \text{ dm}$ .

$$A_2 e = (62 \times 37)/(2) = 1147 \text{ mm}^2$$

$$A_2 r = 1147 \times 8 \times 8 / (10000) = 7.341 \text{ dm}^2$$

$$V_2 = 7.341 \times 0.191 = 1.398 \text{ dm}^3.$$

$$W_2 = 1.398 \text{ dm}^3 \times 7.861 \text{ Kgr/dm}^3 = 10.993 \text{ Kgrs.}$$

Hallamos  $X_2, Y_2$ , trazando en el triángulo POM las medianas para obtener el baricentro y por tanto el centro de gravedad  $\overline{C}_2$

$$\text{Por tanto } X_2 = 36.2 \text{ mm } \acute{e} \text{ } Y_2 = 65.7 \text{ mm.}$$

$$W_2 X_2 = 10.993 \times 36.2 \text{ mm} = 397.957 \text{ Kgr mm.}$$

$$W_2 Y_2 = 10.993 \times 65.7 \text{ mm} = 722.260 \text{ Kgr. mm.}$$

Figura i = 3, triángulo SON,  $e = 3/4'' = 0.191 \text{ dm}$ .

$$A_3 e = (82) \times (41.5)/(2) = 1701.5 \text{ mm}^2$$

$$A_3 r = 1701.5 \times 8 \times 8 / (10000) = 10.890 \text{ dm}^2$$

$$V_3 = 10.890 \times 0.191 = 2.080 \text{ dm}^3$$

$$W_3 = 2.080 \text{ dm}^3 \times 7.861 \text{ Kgr/dm}^3 = 16.351 \text{ Kgrs.}$$

Hallamos  $\overline{C}_3 = (X_3, Y_3)$ , con el baricentro del triángulo SON, donde:  $X_3 = 108.4 \text{ mm}$ .  $Y_3 = 63.7 \text{ mm}$ .

$$W_3 X_3 = 16.351 \times 108.4 \text{ mm} = 1772.427 \text{ Kgr. mm.}$$

$$W_3 Y_3 = 16.351 \times 63.7 \text{ mm.} = 1041.546 \text{ Kgr. mm.}$$

Figura i = 4, triángulo QOR,  $e = 3/4'' = 0.191 \text{ dm.}$

$$A_4 e = 114 \times 38/2 = 2166 \text{ mm}^2$$

$$A_4 r = 2166 \times 8 \times 8/10000 = 13.862 \text{ dm}^2$$

$$A_4 = 13.862 \times 0.191 = 2.648 \text{ dm}^3$$

$$W_4 = 2.648 \text{ dm}^3 \times 7.861 \text{ Kgr/dm}^3 = 20.813 \text{ Kgr.}$$

Hallamos  $\bar{C}_4 = (X_4, Y_4)$ , con el baricentro del triángulo QOR, donde  $X_4 = 77.5 \text{ mm.}$   $Y_4 = 87.7 \text{ mm.}$

$$W_4 X_4 = 20.813 \times 77.5 = 1613.016 \text{ Kgr. mm.}$$

$$W_4 Y_4 = 20.813 \times 87.7 = 1825.310 \text{ Kgr. mm.}$$

Figura i = 5, triángulo ROS,  $e = 3/4'' = 0.191 \text{ dm.}$

$$A_5 e = 81.5 \times 7/2 = 285.25 \text{ mm}^2$$

$$A_5 r = 285.25 \times 8 \times 8/10000 = 1.824 \text{ dm}^2$$

$$V_5 = 1.824 \times 0.191 = 0.348 \text{ dm}^3$$

$$W_5 = 0.348 \text{ dm}^3 \times 7.861 \text{ Kgr/dm}^3 = 2.736 \text{ Kgr.}$$

Hallamos  $\bar{C}_5 = (X_5, Y_5)$ , con el baricentro del triángulo ROS, donde  $X_5 = 119.2 \text{ mm.}$   $Y_5 = 86.6 \text{ mm.}$

$$W_5 X_5 = 2.736 \times 119.2 = 326.087 \text{ Kgr. mm.}$$

$$W_5 Y_5 = 2.736 \times 86.6 = 236.938 \text{ Kgr. mm.}$$

Figura i = 6, triángulo POQ,  $e = 3/4'' = 0.191 \text{ dm.}$

$$A_6 e = 62 \times 12.5 : 2 = 387.50 \text{ mm.}$$

$$A_6 r = 387.50 \times 8 \times 8 : 10000 = 2.480 \text{ dm}^2$$

$$V_6 = 2.480 \times 0.191 = 0.474 \text{ dm}^3$$

$$W_6 = 0.474 \text{ dm}^3 \times 7.861 \text{ Kgr/dm}^3 = 3.724 \text{ Kgr.}$$

Hallamos  $\bar{C}_6 = (X_6, Y_6)$ , con el baricentro del triángulo POQ, donde  $X_6 = 31.8 \text{ mm.}$   $Y_6 = 84.5 \text{ mm.}$

$$W_6 X_6 = 3.724 \times 31.8 = 118.410 \text{ Kgr. mm.}$$

$$W_6 Y_6 = 3.724 \times 84.5 = 314.644 \text{ Kgr. mm.}$$

CUADRO Nº 1.1.1

Fig	A <sub>ie</sub>	A <sub>ir</sub>	V <sub>i</sub>	W <sub>i</sub>	W <sub>i</sub> X <sub>i</sub>	W <sub>i</sub> Y <sub>i</sub>
i	mm <sup>2</sup>	dm <sup>2</sup>	dm <sup>2</sup>	Kgr.	Kgr. mm.	Kgr. mm.
1	2672.81	17.106	3.259	25.619	1716.473	922.284
2	1147.0	7.341	1.398	10.993	397.957	722.260
3	1701.5	10.890	2.080	16.351	1772.427	1041.546
4	2166	13.862	2.648	20.813	1613.016	1825.310
5	285.25	1.824	0.348	2.736	326.087	236.938
6	387.50	2.480	0.474	3.724	118.410	314.644

Hallamos ahora:  $\sum_{i=1}^6 W_i = 80.304 \text{ Kgrs.}$

$$\sum_{i=1}^6 W_i X_i = 5944.370 \text{ Kgrs. mm. y } \sum_{i=1}^6 W_i Y_i = 5062.982 \text{ Kgrs. mm.}$$

Obtenemos a escala en el gráfico Nº 1.3, el centro de gravedad  $\bar{C}_1$  y  $\bar{C}_2$  para cada una de las caras (válido para las dos en el plano cartesiano), dados por:

$X_e$  ó  $Y_e$ .

$$X_e = \frac{\sum_{i=1}^6 W_i X_i}{\sum_{i=1}^6 W_i} = \frac{5944.37}{80.304} = 74.023 \text{ mm.}$$

$$Y_e = \frac{\sum_{i=1}^6 W_i Y_i}{\sum_{i=1}^6 W_i} = \frac{5062.982}{80.304} = 63.048 \text{ mm.}$$

Los valores reales del centro de gravedad obtendremos.

$$\text{Así: } \bar{X} = 74.023 \times 8 = 592.184 \text{ mm.}$$

$$\bar{Y} = 63.048 \times 8 = 504.382 \text{ mm.}$$

Valores que necesitaremos para operaciones posteriores.

1.1.1.2 Centro de gravedad de la envolvente.- En la envolvente se encuentran los soportes que sirven para manipular la cuchara, que para los cálculos consideramos despreciables.

Con ayuda del gráfico N° 1.1.2, podemos identificar la envolvente conformada por las áreas (vistas de costado) del siete (7) al catorce (14), obtendremos el cuadro N° 1.1.2.

Figura  $i = 7$ , formado por un trapecio, cuya base mayor está en vista de punta en Q y la base menor en Z, el  $e = 1/2'' = 0.127 \text{ dm}$ , altura  $\bar{QZ} = 12 \text{ mm}$ . base mayor = 11.5 dm. base menor = 9.75 dm.

$$A_{7r} = (11.5 + 9.75) : 2 \times (12 \times 8 : 100) = 10.200 \text{ dm}^2$$

$$V_7 = 10.200 \times 0.127 = 1.295 \text{ dm}^3$$

$$W_7 = 1.295 \times 7.861 = 10.183 \text{ Kgr.}$$

Consideramos este trapecio como un rectángulo para efectos del centro de gravedad  $\bar{C}_7 = (X_7, Y_7)$

En el gráfico  $X_7 = 26.2 \text{ mm}$ .  $Y_7 = 106.3 \text{ mm}$ .

$$W_7 X_7 = 10.183 \times 26.2 = 266.798 \text{ Kgr. mm.}$$

$$W_7 Y_7 = 10.183 \times 106.3 = 1082.45 \text{ Kgr. mm.}$$



Figura i = 8, área formada por parte de la base del labio de cuchara, aproximamos a un rectángulo para abreviar cálculos ya que no va a tener mayor incidencia en los resultados. Entonces largo (ancho de la cuchara) = 11.938 dm. = 47".

Ancho (en el gráfico) = 6 mm., e = 1" = 0.254 dm.

$$A_{8r} = 11.938 \times 6 \times 8 : 100 = 5.730 \text{ dm}^2$$

$$V_8 = 5.730 \times 0.254 = 1.455 \text{ dm}^3$$

$$W_8 = 1.455 \times 7.861 = 11.441 \text{ Kgr.}$$

En el gráfico hallamos  $\bar{C}_8 = (X_8, Y_8)$

Entonces  $X_8 = 145.8 \text{ mm.}$   $Y_8 = 99 \text{ mm.}$

$$W_8 Y_8 = 11.441 \times 145.8 = 1668.106 \text{ Kgr. mm.}$$

$$W_8 X_8 = 11.441 \times 99 = 1132.665 \text{ Kgr. mm.}$$

Figura  $\dot{i}$  = 9, área formada por la base del biselado del labio de cuchara. Este es un triángulo isósceles y su centro de gravedad queda en el plano de simetría, y a un tercio de la base, conforme el gráfico.

Base (ancho de la cuchara) = 11.938 dm. = 47"

Altura (del gráfico) = 9 mm., e = 1/2 = 0.127 dm.

$$A_{9r} = 11.938 \times (9 \times 8 : 100) = 8.595 \text{ dm}^2$$

$$V_9 = 8.595 \times 0.127 = 1.092 \text{ dm}^3$$

$$W_9 = 1.092 \times 7.861 = 8.581 \text{ Kgr.}$$

El centro de gravedad  $\bar{C}_9 = (X_9, Y_9)$  será entonces según el gráfico:  $X_9 = 149.2 \text{ mm.}$   $Y_9 = 103 \text{ mm.}$

$$W_9 X_9 = 8.581 \times 149.2 = 1280.308 \text{ Kgr. mm.}$$

$$W_9 Y_9 = 8.581 \times 103 = 883.859 \text{ Kgr. mm.}$$

Figura i = 10, área formada por todo el perfil biselado (visto de costado) el cual es un triángulo similar al área 9 por lo que seguiremos la misma secuencia de ésta.

$$\text{Base (ancho de la cuchara)} = 11.938 \text{ dm.} = 47''$$

$$\text{Altura (del gráfico)} = 9\text{mm.}, e = 3/4'' = 0.191 \text{ dm.}$$

$$A_{10}^r = 11.938 \times (9 \times 8 : 100) = 8.595 \text{ dm}^2$$

$$V_{10} = 8.595 \times 0.191 = 1.642 \text{ dm}^3$$

$$W_{10} = 1.642 \times 7.861 = 12.906 \text{ Kgr.}$$

$$\text{Del gráfico obtenemos } \bar{C}_{10} = (X_{10}, Y_{10})$$

$$\text{Entonces: } X_{10} = 147.8 \text{ mm. } Y_{10} = 104.2 \text{ mm.}$$

$$W_{10} X_{10} = 12.906 \times 147.8 = 1907.435 \text{ Kgr. mm.}$$

$$W_{10} Y_{10} = 12.906 \times 104.2 = 1344.754 \text{ Kgr. mm.}$$

Figura i = 11, área formada por la plancha  $\overline{NS}$ , vista de perfil en el gráfico, la cual es un rectángulo.

$$\text{Largo (ancho de la cuchara)} = 11.938 \text{ dm.} = 47''$$

$$\text{Ancho } (\overline{NS} \text{ en el gráfico}) = 70 \text{ mm, } e = 3/4'' = 0.191 \text{ dm.}$$

$$A_{11}^r = 11.938 \times (70 \times 8 : 100) = 66.853 \text{ dm}^2$$

$$V_{11} = 66.853 \times 0.191 = 12.769 \text{ dm}^3$$

$$W_{11} = 12.769 \times 7.861 = 100.376 \text{ Kgr.}$$

El centro de gravedad  $\bar{C}_{11}$  estará en el punto centro de  $\overline{NS}$  y en el plano de simetría de la cuchara.

$$\text{Del gráfico } X_{11} = 127.8 \text{ mm. } Y_{11} = 64.9 \text{ mm.}$$

$$W_{11} X_{11} = 100.376 \times 127.8 = 12828.079 \text{ Kgr. mm.}$$

$$W_{11} Y_{11} = 100.376 \times 64.9 = 6514.416 \text{ Kgr. mm.}$$

Figura i = 12, parte inferior de la envolvente de cuchara conformada por el arco MKN.  $e = 1/2'' = 0.127$  dm.

$$\text{Longitud MKN} = 2 (49.5) \times 125 : 360 = 108 \text{ mm.}$$

$$\text{Ancho (ancho de la cuchara)} = 11.938 \text{ dm.} = 47''$$

$$A_{12r} = (108 \times 8 : 100) \times 11.938 = 103.144 \text{ dm}^2$$

$$V_{12} = 103.144 \times 0.127 = 13.099 \text{ dm}^3$$

$$W_{12} = 13.099 \times 7.861 = 102.974 \text{ Kgr.}$$

El centro de gravedad  $\overline{C}_{12}$ , encontraremos teniendo en cuenta que está en la bisectriz  $\overline{OK}$  con  $\alpha = 62.5^\circ$

= 1.091 rad. a una distancia  $d$  del centro  $O$ , don

$$\text{de } d = (R \text{ Sen } \alpha) : \alpha = (49.5 \text{ Sen } 62.5^\circ) : 1.091$$

$d = 40.3$  mm, lo que trasladamos al gráfico sobre  $\overline{OK}$ ,

y obtenemos  $\overline{C}_{12} = (X_{12}, Y_{12})$

$$X_{12} = 65.4 \text{ mm. } Y_{12} = 22.7 \text{ mm.}$$

$$W_{12} Y_{12} = 102.974 \times 65.4 = 6734.488 \text{ Kgr. mm.}$$

$$W_{12} X_{12} = 102.974 \times 22.7 = 2337.506 \text{ Kgr. mm.}$$

Figura i = 13, área formada por la plancha  $\overline{MP}$  vista de perfil en el gráfico, lo cual es un rectángulo, cuyo espesor  $e = 1/2'' = 0.127$  dm.

$$\text{Largo (ancho de la cuchara)} = 11.938 \text{ dm.} = 47''$$

$$\text{Ancho } (\overline{MP} \text{ del gráfico}) = 47 \text{ mm.}$$

$$A_{13} r = 11.938 \times (47 \times 8 : 100) = 44.887 \text{ dm}^2$$

$$V_{13} = 44.887 \times 0.127 = 5.701 \text{ dm}^3$$

$$W_{13} = 5.701 \times 7.861 = 44.813 \text{ Kgr.}$$

El centro de gravedad  $\bar{C}_{13}$  estará en el punto centro de  $\bar{MP}$  y en el plano de simetría de la cuchara. Del gráfico obtenemos  $X_{13} = 19.5\text{mm}$ .  $Y_{13} = 67.9\text{ mm}$ .  
 $W_{13} X_{13} = 44.813 \times 19.5 = 873.847\text{ Kgr. mm}$ .  
 $W_{13} Y_{13} = 44.813 \times 67.9 = 3042.781\text{ Kgr. mm}$ .

Figura  $i = 14$ , área formada por la plancha  $\bar{PQ}$ , vista de perfil en el gráfico, la cual es un rectángulo, cuyo espesor  $e = 3/4'' = 0.191\text{ dm}$ .

Largo (ancho de la cuchara) =  $11.938\text{ dm} = 47''$   
 Ancho ( $\bar{PQ}$  del gráfico) =  $13\text{ mm}$ .  
 $A_{14r} = 11.938 \times (13 \times 8 : 100) = 12.416\text{ dm}^2$   
 $V_{14} = 12.416 \times 0.19 = 2.371\text{ dm}^3$   
 $W_{14} = 2.371 \times 7.861 = 18.641\text{ Kgr}$ .

El centro de gravedad  $\bar{C}_{14}$  estará en el punto centro de  $\bar{PQ}$  y en el plano de simetría de la cuchara. Del gráfico obtenemos  $X_{14} = 19.5\text{mm}$ .  $Y_{14} = 95.5\text{ mm}$ .  
 $W_{14} X_{14} = 18.641 \times 19.5 = 363.505\text{ Kgr. mm}$ .  
 $W_{14} Y_{14} = 18.641 \times 95.5 = 1780.244\text{ Kgrs. mm}$ .

CUADRO Nº 1.1.2

Fig	Air dm <sup>2</sup>	V <sub>i</sub> dm <sup>2</sup>	W <sub>i</sub> Kgr	W <sub>i</sub> X <sub>i</sub> Kgr. mm.	W <sub>i</sub> Y <sub>i</sub> Kgr. mm.
7	10.200	1.295	10.183	266.798	1082.45
8	5.730	1.455	11.441	1668.106	1132.665
9	8.595	1.092	8.581	1280.308	883.859
10	8.595	1.642	12.906	1907.435	1344.754
11	66.853	12.769	100.376	12828.079	6514.416
12	103.144	13.099	102.974	6734.488	2337.506
13	44.887	5.701	44.813	873.847	3042.781
14	12.416	2.371	18.641	363.505	1780.244

Hallamos ahora: 
$$\sum_{i=7}^{14} W_i = 309.915 \text{ Kgrs.}$$

$$\sum_{i=7}^{14} W_i X_i = 25922.566 \text{ Kgr. mm. y}$$

$$\sum_{i=7}^{14} W_i Y_i = 18118.675 \text{ Kgr. mm.}$$

Obtenemos a escala en el gráfico N<sup>o</sup> 1.1.3, el centro de gravedad  $\bar{C}_3$  de la envolvente.

$$X_o = \frac{\sum_{i=7}^{14} W_i X_i}{\sum_{i=7}^{14} W_i} = \frac{25922.566}{309.915} = 83.644 \text{ mm.}$$

$$Y_o = \frac{\sum_{i=7}^{14} W_i Y_i}{\sum_{i=7}^{14} W_i} = \frac{18118.675}{309.915} = 58.608 \text{ mm.}$$

Los valores del centro de gravedad reales obtendremos:

$$X = 83.644 \times 8 = 669.153 \text{ mm.}$$

$$Y = 85.608 \times 8 = 468.864 \text{ mm.}$$

Valores que necesitaremos para operaciones posteriores.

**1.1.1.3 Centro de gravedad de la cuchara sin carga.**- Lo obtendremos a partir de los cálculos efectuados en 1.1.1.1 y 1.1.1.2, teniendo en cuenta que la cuchara consta de dos caras laterales (iguales) y una en-

volvente. Los valores serán a escala.

Para las sumaciones tenemos  $i = 1, 2$  y  $3$  donde  $i = 1$  y  $2$  para las caras  $e$ ,  $i = 3$  para la envoltente.

Lograremos el cuadro N<sup>o</sup> 1.1.3

CUADRO N<sup>o</sup> 1.1.3

Fig.	$W_i$	$X_i$	$Y_i$	$W_i X_i$	$W_i Y_i$
$i$	Kgr.	mm.	mm.	Kgr. mm.	Kgr. mm.
1	80.304	74.023	63.048	5944.34	5063.007
2	80.304	74.023	63.048	5944.34	5063.007
3	309.915	83.644	58.608	25922.530	18163.498

El centro de gravedad total  $\bar{C}_0$  lo obtendremos:

$$\sum_{i=1}^3 W_i = 470.523 \text{ Kgrs.}$$

$$\sum_{i=1}^3 W_i X_i = 37811.210 \text{ Kgr. mm. y}$$

$$\sum_{i=1}^3 W_i Y_i = 28289.512 \text{ Kgr. mm.}$$

A escala en el gráfico N<sup>o</sup> 1.1.3, el centro de gravedad  $\bar{C}_0$  será:

$$x_{\bar{C}_0} = \frac{\sum_{i=1}^3 W_i X_i}{\sum_{i=1}^3 W_i} = \frac{37811.210}{470.523} = 80.360 \text{ mm.}$$

$$Y_o = \frac{\sum_{i=1}^3 W_i Y_i}{\sum_{i=1}^3 W_i} = \frac{28289.512}{470.523} = 60.124 \text{ mm.}$$

Estos valores representan el centro de gravedad de toda la cuchara sin carga, a escala y referida al sistema XY del gráfico N° 1.1.2.

Este centro de gravedad podemos ubicarlo como la intersección de las circunferencias con centros en P y S con radios  $\overline{PC}_o = 72 \text{ mm.}$  y  $\overline{SC}_o = 73.5 \text{ mm.}$

En el gráfico N°1.1.3 debemos graficar el centro de gravedad  $\overline{C}_o$  (C) y los puntos de apoyo que sacamos de la cuchara real son localizados mediante radios.

Apoyo A, con la intersección de los radios  $\overline{ZA} = 5.96 \text{ dm.}$  y  $\overline{SA} = 9.74 \text{ dm.}$  trasladando a escala para el gráfico  $\overline{ZA} = 596 : 8 = 74.5 \text{ mm.}$

$$\overline{SA} = 974 : 8 = 121.7 \text{ mm.}$$

Apoyo B con la intersección de los radios  $\overline{ZB} = 9.0 \text{ dm.}$  y  $\overline{SB} = 9.28 \text{ dm.}$  trasladando a escala para el gráfico  $\overline{ZB} = 900 : 8 = 112.5 \text{ mm.}$

$$\overline{SB} = 928 : 8 = 116 \text{ mm.}$$

**1.1.2 Análisis de las fuerzas actuantes y ángulos críticos de volteo.**- Teniendo en el gráfico N°1.1.3, los puntos de apoyo y giro de la cuchara, más su centro de gravedad, podemos representar todo el conjunto en el gráfico N°

1.1.4 donde C es  $\bar{C}_0$  punto de aplicación de todo el peso de la cuchara W y A, B los puntos de apoyo y giro, además de estar representando conjuntamente con el sistema de volteo. La cuchara está representada por el triángulo ABC.

Debemos tener en cuenta que el punto B nos da la altura de ubicación de la cuchara con referencia al plano horizontal del terreno en función del pistón de izaje  $\bar{DE}$ ; además de que para cada altura le corresponde distintos ángulos de volteo que están en función del pistón de volteo  $\bar{GA}$ .

1.1.2.1 Cálculos analíticos del sistema de volteo.- A partir del gráfico N01.1.4 podemos obtener el gráfico N01.1.5 en donde podemos establecer las relaciones siguientes:

$$\varphi_4 = 134^\circ \text{ dato y constante}$$

$$\beta_2 = 132^\circ \text{ dato y constante}$$

$\bar{FD}$ ,  $\bar{FE}$ ,  $\bar{GF}$  y  $\bar{FB}$  dato y constante

$\bar{DE}$  dato variable,  $\bar{DE} \in [721.70 \text{ mm}, 1009.7 \text{ mm}]$

$$\bar{DE}^2 = \bar{FD}^2 + \bar{FG}^2 - 2\bar{FD} \times \bar{FE} \cos \varphi_1$$

$$\varphi_1 = \text{Arccos} \frac{\bar{FD}^2 + \bar{FG}^2 - \bar{DE}^2}{2\bar{FD} \times \bar{FE}}$$

$$\varphi_2 = \varphi_1 - \angle DFB$$

$$\lambda_2 = 180 - \varphi_4 - \varphi_2$$

$$\lambda_1 = 90 - \lambda_2$$

$$\beta_3 = 360 - (\beta_2 + \lambda_1)$$



$$\beta_3 = 228 - \lambda_1$$

$$\text{Entonces: } \overline{GB}^2 = \overline{GF}^2 + \overline{FB}^2 - 2 \overline{GF} \times \overline{FB} \times \text{Cos } \beta_3$$

$$\overline{GB} = \sqrt{\overline{GF}^2 + \overline{FB}^2 - 2 \overline{GF} \times \overline{FB} \text{ Cos } \beta_3}$$

$$\overline{GF}^2 = \overline{GB}^2 + \overline{FB}^2 - 2 \overline{GB} \times \overline{FB} \text{ Cos } \phi_5$$

$$\phi_5 = \arccos \frac{\overline{GB}^2 + \overline{FB}^2 - \overline{GF}^2}{2 \overline{GB} \times \overline{FB}}$$

$$\phi_7 = -\phi_5 - \lambda_2$$

La secuencia de cálculo precedente podemos trasladarla a un diagrama de flujo para luego obtener el algoritmo en lenguaje Basic para obtener un cálculo rápido por medio de minicomputadora.

Cabe notar que en Basic solo contamos con la función ATN (x) arcotangente por lo que es necesario hacer un artificio para calcular el Arccos (x), aprovechando las relaciones Trigonómicas:

$$\text{Sec}^2 X = 1 + \text{Tg}^2 X$$

$$\text{Tg}^2 X = \frac{1 - \text{Cos}^2 X}{\text{Cos}^2 X}$$

$$\text{Si } Y = \text{Cos} X \quad X = \arccos (Y)$$

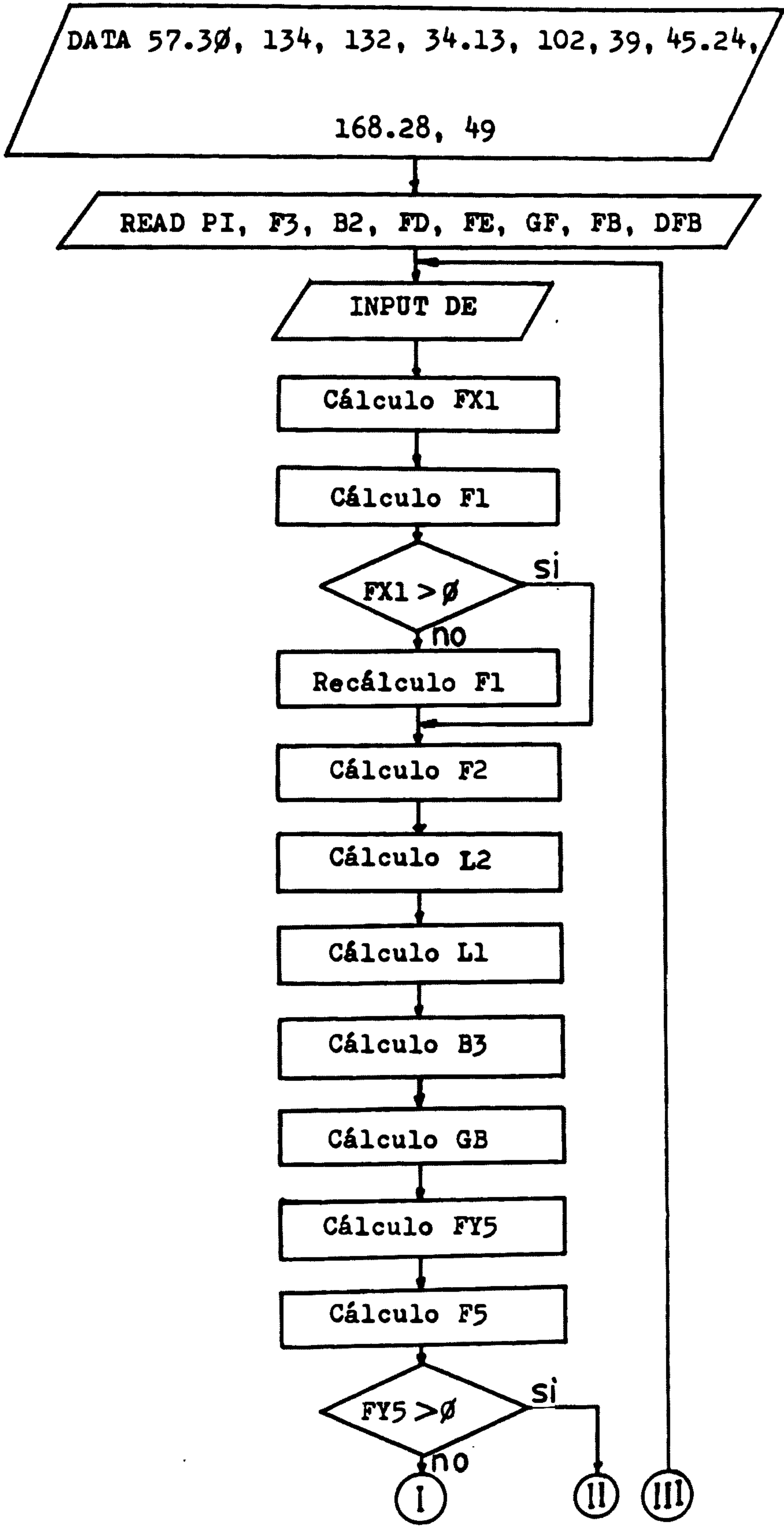
$$\text{Tg}^2 X = \frac{1 - Y^2}{Y^2}$$

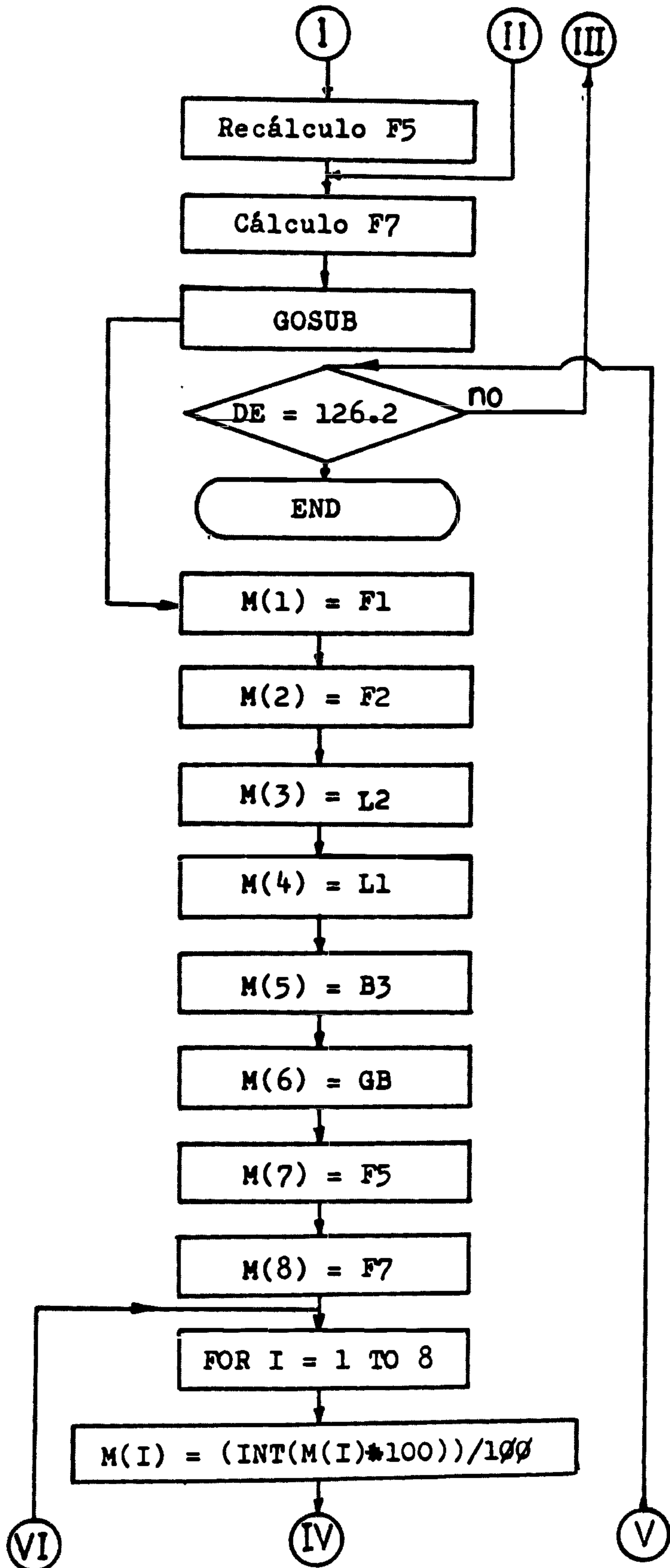
$$X = \text{arctg} \left( \frac{1 - Y^2}{Y^2} \right)^{1/2}$$

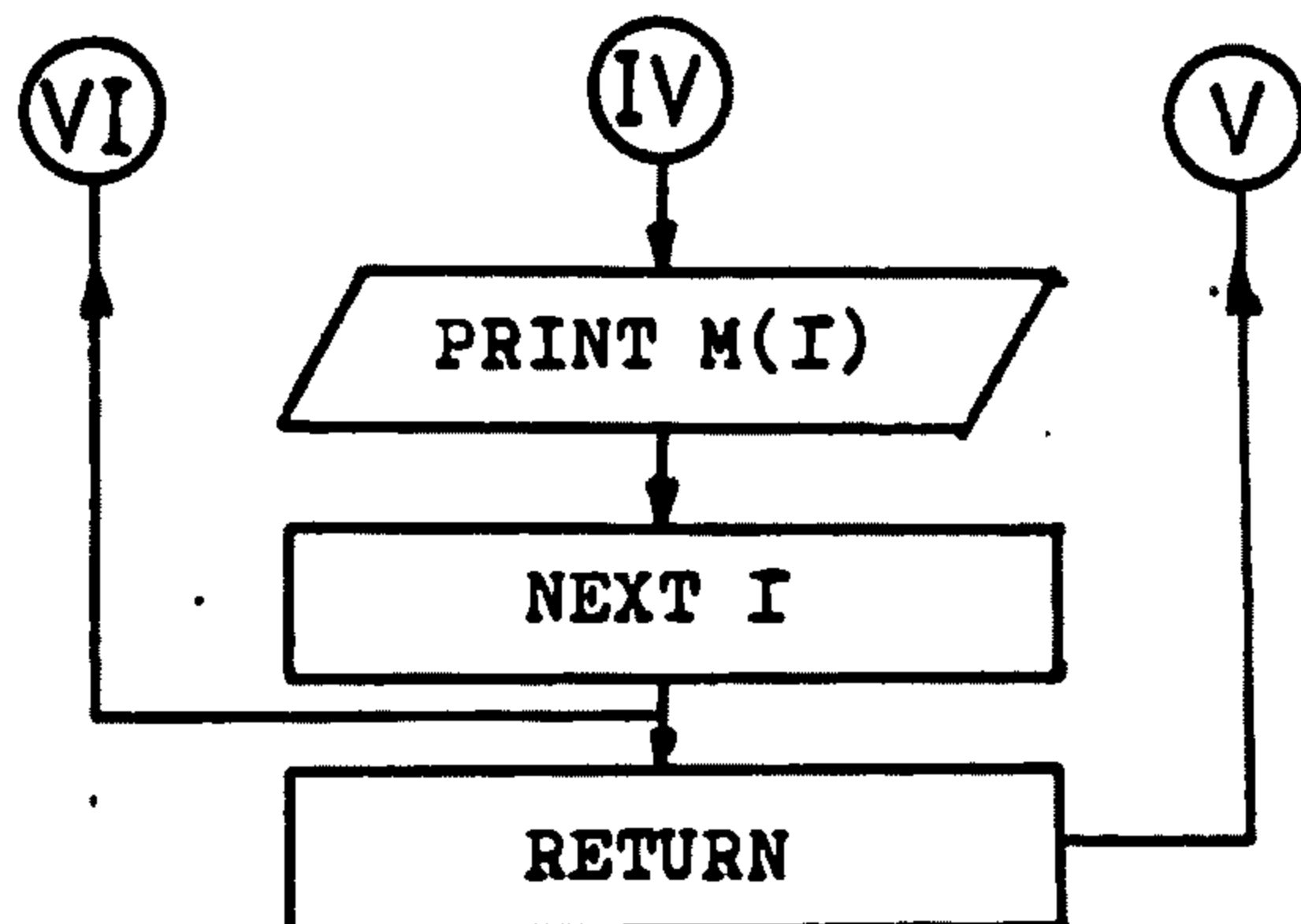
Debemos tener presente solo el valor  $Y = \text{Cos} X$  puede ser positivo o negativo y en el caso que sea negativo el nuevo valor  $X' = -(X - 180)$ .

De manera similar podemos calcular el valor del

DIAGRAMA PARA CALCULO DEL CUADRO Nº 1.1.2.1







arcsen (X) que nos permitirá mediante el ATN (X) del Basic calcular los valores de estas funciones.

La subrutina del diagrama tiene por objeto mediante la variable suscrita M obtener un listado ordenado y sólo con dos cifras decimales para facilitar su lectura en la pantalla y trasladar los valores a los cuadros respectivos.

El nombre del programa (entre comillas) es el dado para poder almacenarlo y sea accesible en el diskette.

PROGRAMA PARA EL CALCULO DEL CUADRO N° 1.1.2.1

NOMBRE "PRG FOR CN1121"

10 DATA 57.30, 134, 132, 34.13, 102.39, 45.24, 168.28, 49

15 READ PI, F4, B2, FD, FE, GF, FB, DFB

20 INPUT "DE"; DE

30 LET FX1 = (FD<sup>2</sup> + FE<sup>2</sup> - DE<sup>2</sup>) / (2 \* FD \* FE)

40 LET F1 = (ATN (SQR ((1 - FX1<sup>2</sup>) / FX1<sup>2</sup>))) \* PI

50 IF FX1 > 0 THEN 70

60 LET F1 = - (F1 - 180)

70 LET F2 = F1 - DFB

80 LET L2 = 180 - F4 - F2

90 LET L1 = 90 - L2

100 LET B3 = 360 - (B2 + L1)

110 LET GB = SQR (GF<sup>2</sup> + FB<sup>2</sup> - 2 \* GF \* FB \* Cos (B3/PI))

120 LET FY5 = (GB<sup>2</sup> + FB<sup>2</sup> - GF<sup>2</sup>) / (2 \* GB \* FB)

130 LET F5 = (ATN(SQR((1 - FY5<sup>2</sup>) / FY5<sup>2</sup>))) \* PI

140 IF FY5 > 0 THEN 160

150 LET F5 = - (F5 - 180)

160 LET F7 = -F5 - L2

170 GOSUB 310

180 IF DE = 126.2 THEN 200

190 GO TO 20

200 END

310 M(1) = F1

320 M(2) = F2

330 M(3) = L2

340 M(4) = L1

350 M(5) = B3

360 M(6) = GB

370 M(7) = F5

A partir del gráfico N° 1.1.4 podemos obtener el gráfico N° 1.1.6 de donde obtenemos las siguientes relaciones:

$\bar{GA}$  dato variable,  $\bar{GA} \in [1345.5 \text{ mm.}, 1812.9 \text{ mm.}]$

$\bar{GB}$  dato variable calculado función de la altura de cucha ra.

$\bar{AB}$  dato y constante

C' Es un centro de gravedad ficticio para facilitar cálculos.

$$\bar{AB}^2 = \bar{GA}^2 + \bar{GB}^2 - 2(\bar{GA})(\bar{GB}) \cos \phi_6$$

$$\phi_6 = \arccos \frac{\bar{GA}^2 + \bar{GB}^2 - \bar{AB}^2}{2(\bar{GA})(\bar{GB})}$$

$$-\phi_7 = -\theta_1 + \phi_6$$

$$\theta_1 = \phi_7 + \phi_6$$

$$\alpha_3 = 90 + \theta_1 \quad (\theta_1 \text{ ángulo con la horizontal y } \alpha_3 \text{ ángulo con la vertical})$$

$$\bar{GB}^2 = \bar{GA}^2 + \bar{AB}^2 - 2(\bar{GA})(\bar{AB}) \cos \alpha_0$$

$$\alpha_0 = \arccos \frac{\bar{GA}^2 + \bar{AB}^2 - \bar{GB}^2}{2(\bar{GA})(\bar{AB})}$$

$$\alpha_2 = 180 - \alpha_0$$

$$\alpha_3 = \alpha_2 + \alpha_1 + \angle ABC \quad (\text{Por geometría})$$

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - \angle ABC$$

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - 58^\circ$$

Hallamos las reacciones  $\bar{R}_A$  y  $\bar{R}_B$ :

$$\sum \bar{M}_B = 0$$

$$-\bar{R}_A (\bar{AB} \text{ Sen } \alpha_2) - W (\bar{BC} \text{ Sen } \alpha_1) = 0$$

$$R_A = \frac{\bar{BC} \text{ Sen } \alpha_1}{\bar{AB} \text{ Sen } \alpha_2} W \quad \theta_8 = 180 + \theta_1$$

$\alpha_1 > 0$  Si W está dentro del triángulo ABC

$\alpha_1 < 0$  Si W está fuera del triángulo ABC

$$\bar{R}_B = ? \quad \bar{R}_A + \bar{R}_B + \bar{W} = 0$$

$$\bar{R}_B = -(\bar{W} + \bar{R}_A), \quad R_B = \sqrt{\bar{R}_A^2 + \bar{W}^2 + 2\bar{R}_A \bar{W} \text{ Cos } (180 - \alpha_3)}$$

$$R_B = \sqrt{\bar{R}_A^2 + \bar{W}^2 - 2\bar{R}_A \bar{W} \text{ Cos } \alpha_3}$$

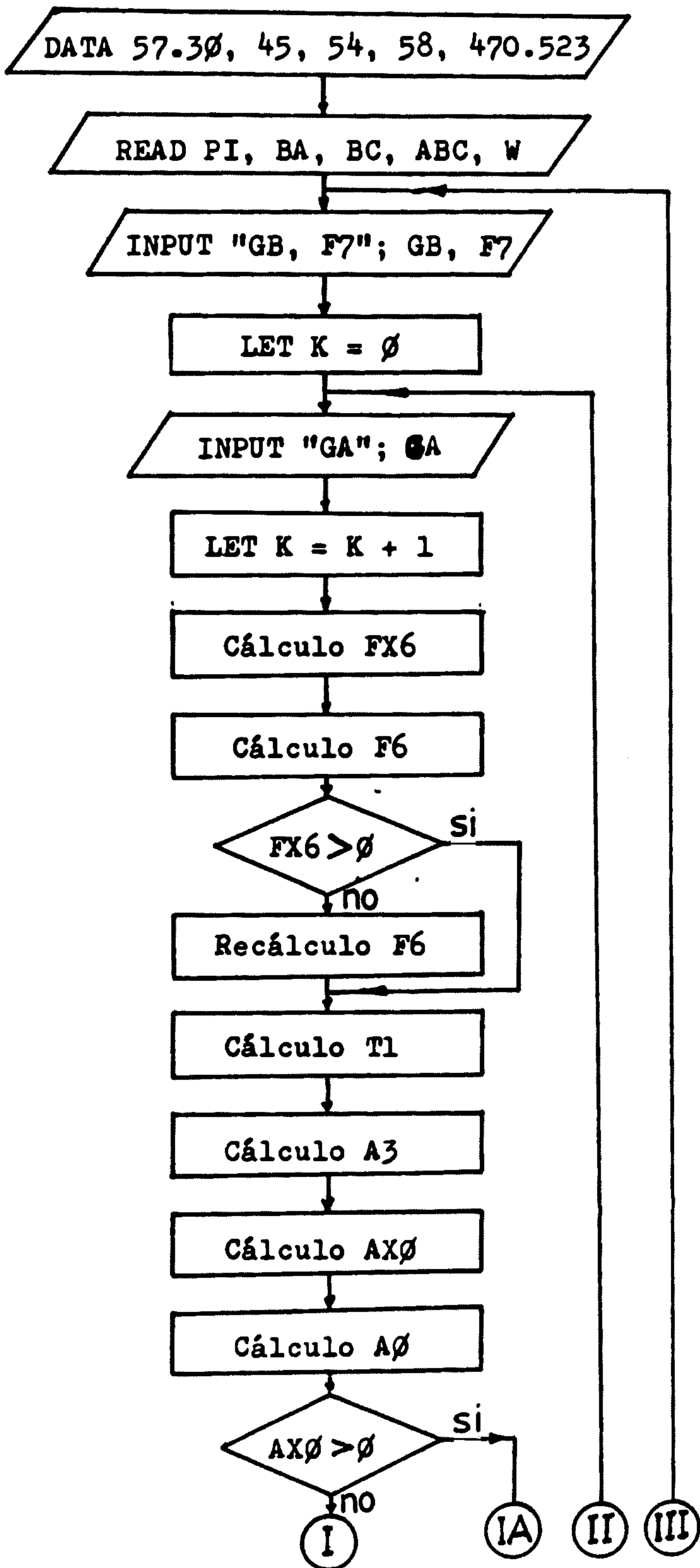
$$\alpha'_4 = \text{arc Tg } \frac{R_A \text{ Sen } \alpha_3}{W - R_A \text{ Cos } \alpha_3}$$

$$\alpha_4 = -(\alpha'_4 + 90)$$

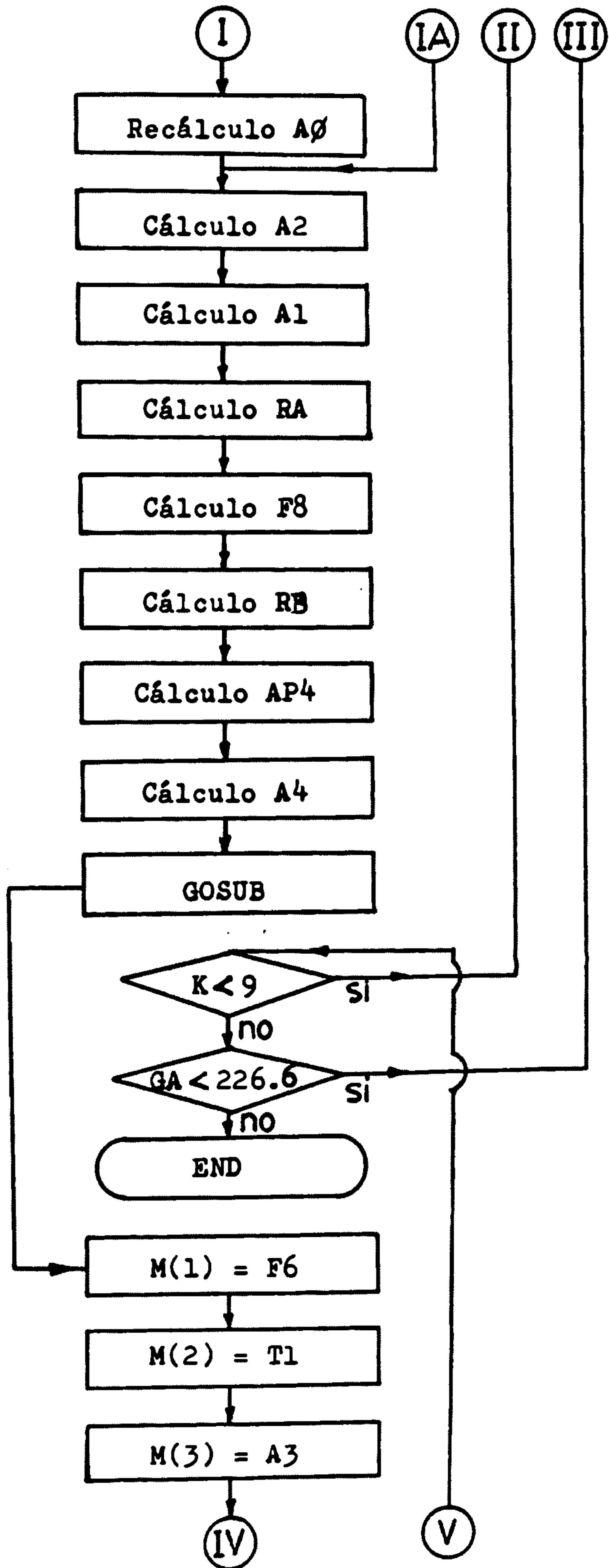
$$\alpha'_4 = -(90 + \alpha_4)$$

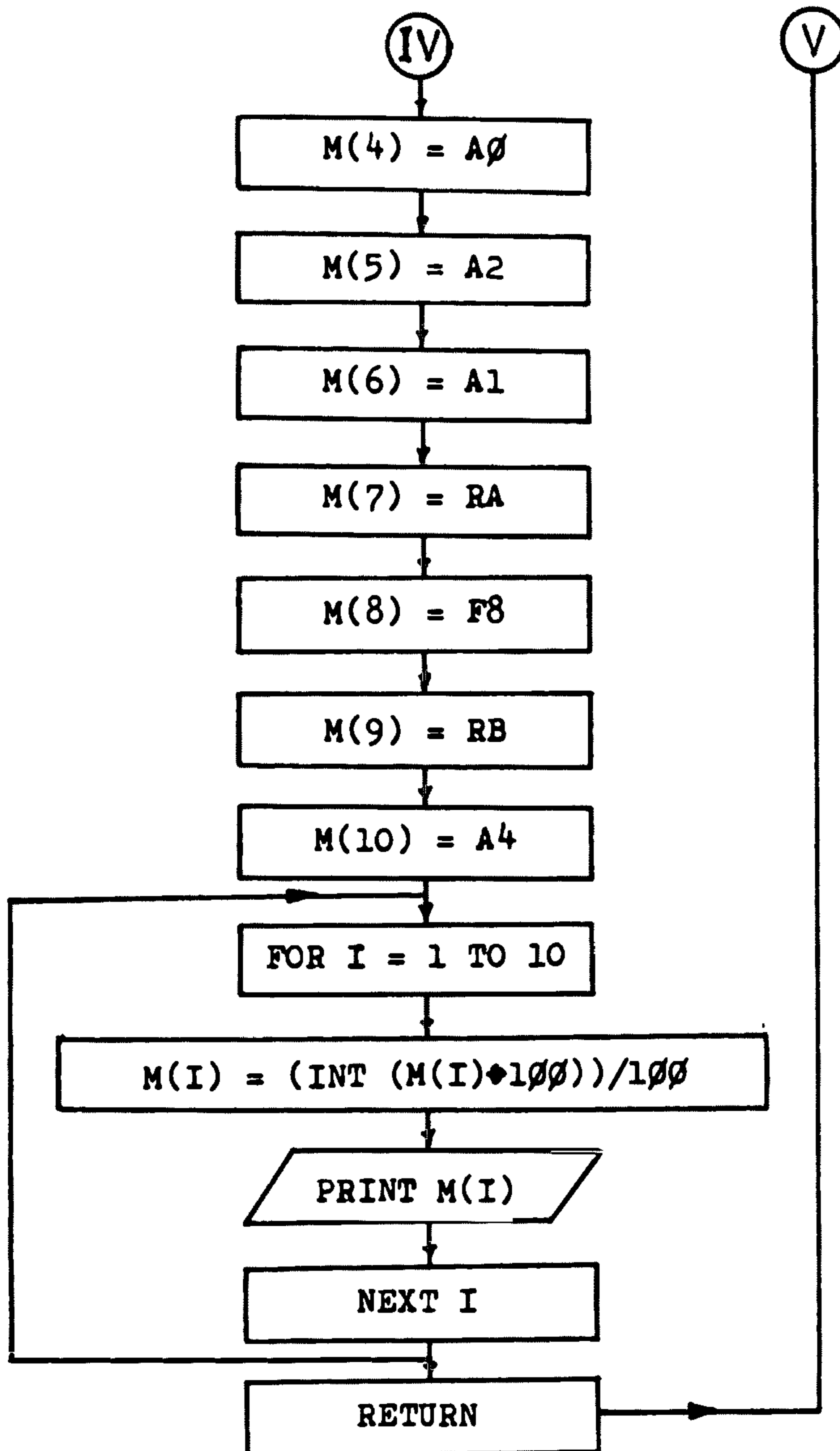
Con la secuencia de cálculo precedente podemos calcular en forma genérica todas las variables de los cuadros, cuyos números finales son pares del 1.1.2.2 al 1.1.2.18 inclusive. El diagrama de flujo y el programa respectivo adjunto tienen el objeto de calcular estas variables a partir de los datos del cuadro Nº 1.1.2.1 y el valor de  $\bar{GA}$ .

DIAGRAMA PARA EL CALCULO DE LOS CUADROS PARES DEL 1.1.2.2 AL 1.1.2.18









PROGRAMA PARA EL CALCULO DE LOS CUADROS PARES DEL 1.1.2.2  
AL 1.1.2.18.

NOMBRE: "PRG FOR CN 1122"

```

5  DATA 57.30, 45, 54, 58, 470.523
10  READ PI, BA, BC, ABC, W
14  INPUT "GB, F7"; GB, F7
18  LET K = 0
20  INPUT "GA"; GA
25  LET K = K + 1
30  LET FX6 = (GA^2 + GB^2 - BA^2)/(2*GA*GB)
40  LET F6 = (ATN (SQR ((1-FX6^2)/FX6^2)))* PI
50  IF FX6 > 0 THEN 70
60  LET F6 = - (F6 - 180)
70  LET T1 = F7 + F6
80  LET A3 = 90 + T1
90  LET AX0 = (GA^2 + BA^2 - GB^2)/(2*GA*BA)
100  LET A0 = (ATN(SQR((1 - AX0^2)/AX0^2)))* PI
110  IF AX0 > 0 THEN 130
120  LET A0 = - (A0 - 180)
130  LET A2 = 180 - A0
140  LET A1 = A3 - A2 - ABC
150  LET RA = ((-BC*SIN (A1/PI))/(BA*SIN (A2/PI)))*W
155  LET F8 = 180 + T1
160  LET RB = SQR (RA^2 + W^2 - 2*RA*W * COS (A3/PI))
170  LET AP4 = (ATN((RA*SIN(A3/PI))/(W-RA*COS (A3/PI))))*PI
175  LET A4 = - (AP4 - 90)
180  GOSUB 300
190  IF K < 9 THEN 20

```

```
200 IF GA < 226.6 THEN 14
210 END
300 M(1) = F6
310 M(2) = T1
320 M(3) = A3
330 M(4) = A0
340 M(5) = A2
350 M(6) = A1
560 M(7) = RA
370 M(8) = F8
380 M(9) = RB
385 M(10) = A4
390 FOR I = 1 TO 10
400 M(I) = (INT (M(I) * 100))/100
410 PRINT M(I)
420 NEXT I
430 RETURN
```

De los gráficos N<sup>o</sup> 1.1.5, 1.1.6 y las relaciones anteriores obtenemos el gráfico N<sup>o</sup> 1.1.7 donde podemos establecer que:

$\lambda_0$  dato y constante

$\overline{FE}$ ,  $\overline{FD}$  datos y constantes

$\overline{DE}$  dato variable

$\lambda_1$  dato variable

$\alpha_4$  dato calculado, función de la reacción  $\overline{R}_B$

$$\lambda_2 = 90 - \lambda_1$$

$$\lambda_3 = -(\alpha_4 + \lambda_2) + 180$$

$$\overline{FD}^2 = \overline{FE}^2 + \overline{DE}^2 - 2\overline{FE} \times \overline{DE} \times \cos \lambda_4$$

$$\lambda_4 = \arccos \frac{\overline{FE}^2 + \overline{DE}^2 - \overline{FD}^2}{2 \overline{FE} \times \overline{DE}}$$

Hallamos las reacciones  $\overline{R}_F$  y  $\overline{R}_D$

$$\sum M_F = 0$$

$$R_D (\overline{FE} \text{ Sen } \lambda_4) - R_B (\overline{FB} \text{ Sen } \lambda_3) = 0$$

$$R_D = \frac{\overline{FB} \text{ Sen } \lambda_3}{\overline{FE} \text{ Sen } \lambda_4} R_B$$

$$\varnothing_9 = 180 - (180 - \varnothing_4) + \lambda_4 = \varnothing_4 - \lambda_4$$

$$\overline{R}_F = ? \quad -\overline{R}_B + \overline{R}_F + \overline{R}_D = 0$$

$$\overline{R}_F = \overline{R}_B - \overline{R}_D$$

$$\lambda_5 + (\lambda_0 - \lambda_4) + 90 + (-\alpha_4) = 180$$

$$\lambda_5 = 90 + \alpha_4 + \lambda_4 - \lambda_0$$

$$R_F = \sqrt{\overline{R}_B^2 + \overline{R}_D^2 + 2\overline{R}_B\overline{R}_D \cos \lambda_5}$$

$$\lambda_6 = 90 - \lambda_0 + \lambda_4$$

$$\beta'_1 = \arctg \frac{(-R_B) \text{ Sen } \alpha'_4 - R_D \cos \lambda_6}{R_D \text{ Sen } \lambda_6 + (-R_B) \cos \alpha'_4}$$

$$= \operatorname{arctg} \frac{(-R_B) \operatorname{Sen} [ (90 - \alpha_4) ] - R_D \operatorname{Cos} \lambda_6}{R_D \operatorname{Sen} \lambda_6 + (-R_B) \operatorname{Cos} [ (90 - \alpha_4) ]} =$$

$$\operatorname{arctg} \frac{-R_B \operatorname{Sen} [ (90 - \alpha_4) ] - R_D \operatorname{Cos} \lambda_6}{R_D \operatorname{Sen} \lambda_6 - R_B \operatorname{Cos} (90 - \alpha_4)}$$

$$\beta'_1 = \operatorname{arctg} \frac{-R_B (\operatorname{Cos} \alpha_4) - R_D \operatorname{Cos} \lambda_6}{R_D \operatorname{Sen} \lambda_6 - R_B (\operatorname{Sen} \alpha_4)}$$

$$\beta'_1 = \operatorname{Arctg} \frac{-R_B \operatorname{Cos} \alpha_4 - R_D \operatorname{Cos} \lambda_6}{R_D \operatorname{Sen} \lambda_6 - R_B \operatorname{Sen} \alpha_4}$$

$$\beta_1 = - (\beta'_1 + 90)$$

La secuencia de cálculo precedente está representada por el diagrama de flujo y el programa adjunto que a continuación se presentan.

Este programa requiere el ingreso de muchos datos lo que hace un poco laborioso suministrar los datos y correrlo en la microcomputadora es por eso que se ha hecho otro algoritmo que permite calcular las variables de los cuadros pares e impares del 1.1.2.2 al 1.1.2.19 con un solo grupo de datos.

PROGRAMA PARA EL CALCULO DE LOS CUADROS IMPARES DEL 1.1.2.3 AL  
1.1.2.19.

```

15  INPUT PI, L1, FE, DE, FD, L0, FB, F2, F4
20  INPUT "GA, RB, A4"; GA, RB, A4
30  LET L2 = 90 - L1
40  LET L3 = L1 - A4 + 90
50  LET LX4 = (FE ↑ 2 + DE ↑ 2 - FD ↑ 2)/(2*FE*DE)
60  LET L4 = (ATN (SQR((1 - LX4 ↑ 2)/LX4 ↑ 2)))*PI
70  IF LX4 > 0 THEN 90
80  LET L4 = - (L4 - 180)
90  LET RD = ((FB*SIN(L3/PI))/FE*SIN(L4/PI))*RB
95  LET F9 = F4 - L4
100 LET L5 = 90 + A4 + L4 - L0
110 LET RF = SQR (RB↑2 + RD↑2 + 2* RB*RD*COS(L5/PI))
120 LET L6 = 90 - L0 + L4
130 LET C = -RB*COS(A4/PI) - RD*COS(L6/PI)
140 LET D = RD*SIN(L6/PI) - RB*SIN(A4/PI)
150 LET BP1 = (ATN(C/D))*PI
155 LET B1 = - (BP1 + 90)
160 PRINT GA, L3, RD, F9, L5, RF, B1
170 IF GA = 226.6 THEN 190
180 GO TO 20
190 END.

```

### 1.1.2.2 CALCULOS SOBRE LAS RELACIONES ANALITICAS DEL SISTEMA DE VOLTEO.

Vamos a tabular los datos reales a partir de los gráficos N<sup>o</sup> 1.1.4, 1.1.5 y 1.1.6

$$\begin{array}{ll} \overline{DE}_{\text{MIN}} = 721.70 \text{ mm.} & \overline{DE}_{\text{MAX}} = 1009.7 \text{ mm.} \\ \overline{GA}_{\text{MIN}} = 1354.5 \text{ mm.} & \overline{GA}_{\text{MAX}} = 1812.9 \text{ mm.} \\ \overline{FD} = 273.05 \text{ mm.} & \overline{DB} = 1193.80 \text{ mm.} \\ \overline{FB} = 1364.20 \text{ mm.} & \overline{GF} = 361.95 \text{ mm.} \\ \overline{FE} = 819.15 \text{ mm.} & \overline{AB} = 360 \text{ mm.} \\ \overline{BC} = 432 \text{ mm.} & \overline{AC} = 384 \text{ mm.} \end{array}$$

Estos datos a escala 1:8 para los cálculos siguientes tendremos:

$$\begin{array}{ll} \overline{DE}_{\text{MIN}} = 90.21 \text{ mm.} & \overline{DE}_{\text{MAX}} = 126.2 \text{ mm.} \\ \overline{GA}_{\text{MIN}} = 169.3 \text{ mm.} & \overline{GA}_{\text{MAX}} = 226.6 \text{ mm.} \\ \overline{FD} = 34.13 \text{ mm.} & \overline{DB} = 149.23 \text{ mm.} \\ \overline{FB} = 168.28 \text{ mm.} & \overline{GF} = 45.24 \text{ mm.} \\ \overline{FE} = 102.39 \text{ mm.} & \overline{AB} = 45 \text{ mm.} \\ \overline{BC} = 54 \text{ mm.} & \overline{AC} = 48 \text{ mm.} \end{array}$$

#### 1.1.2.2.1 Cálculos a partir del gráfico N<sup>o</sup> 1.1.5.

Los cálculos a efectuarse se harán desplazando a lo largo de toda su carrera  $\overline{GA}$  (pistón de volteo) para cada valor que toma  $\overline{DE}$  (pistón de levante).

Completando los datos enumerados a escala de todos los elementos del sistema, para efecto de los cálculos tendre-



mos además:

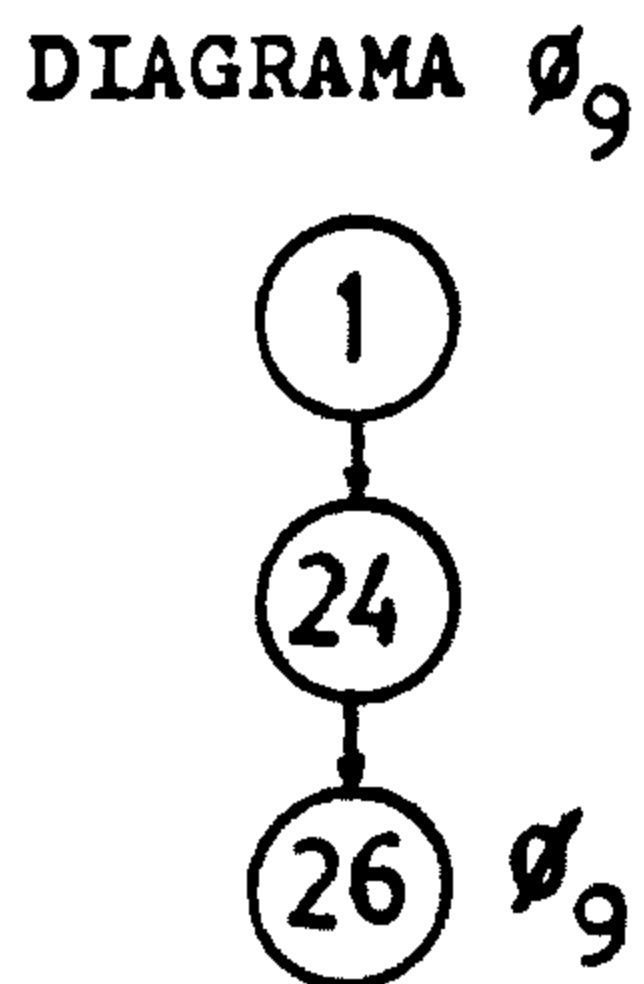
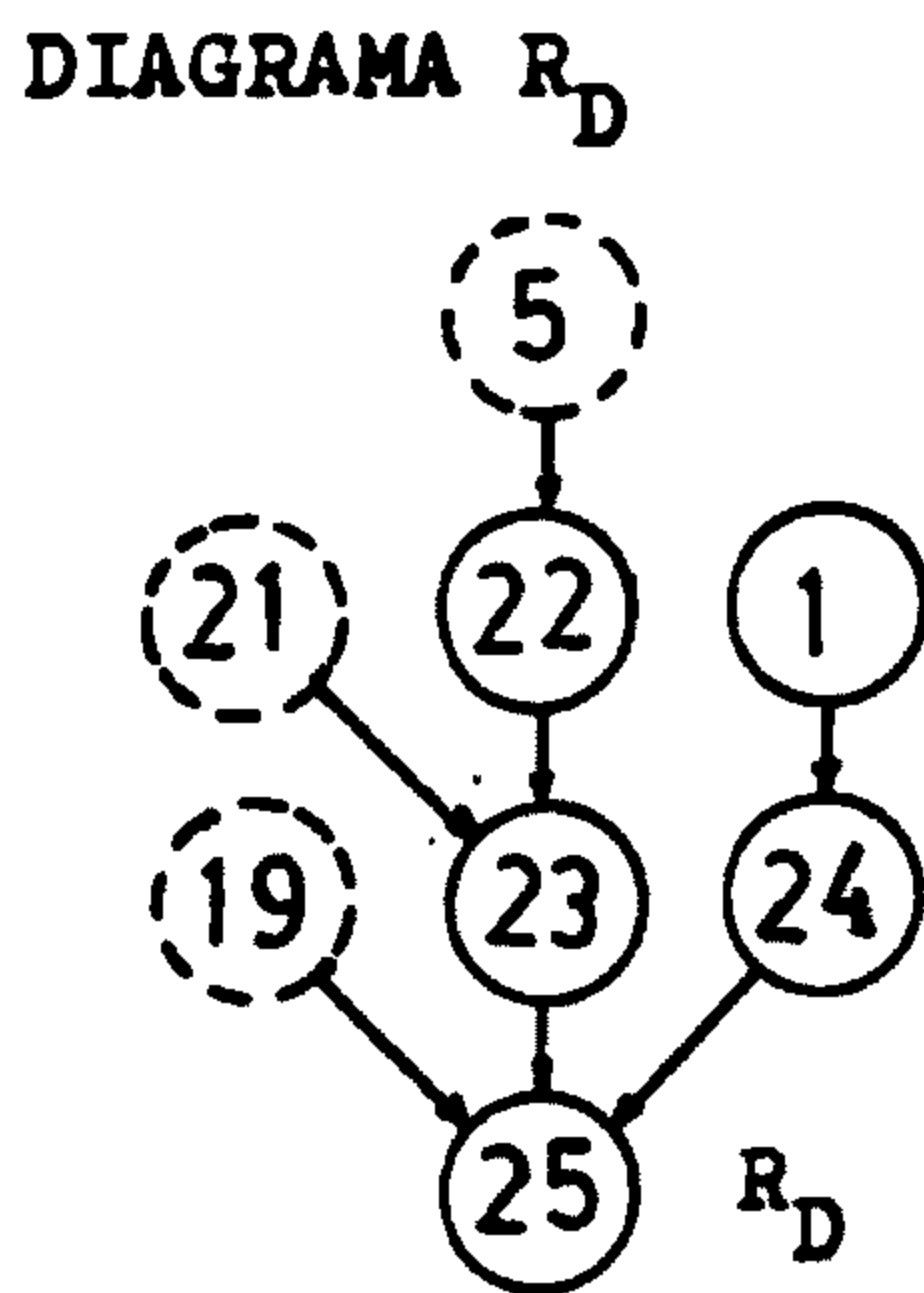
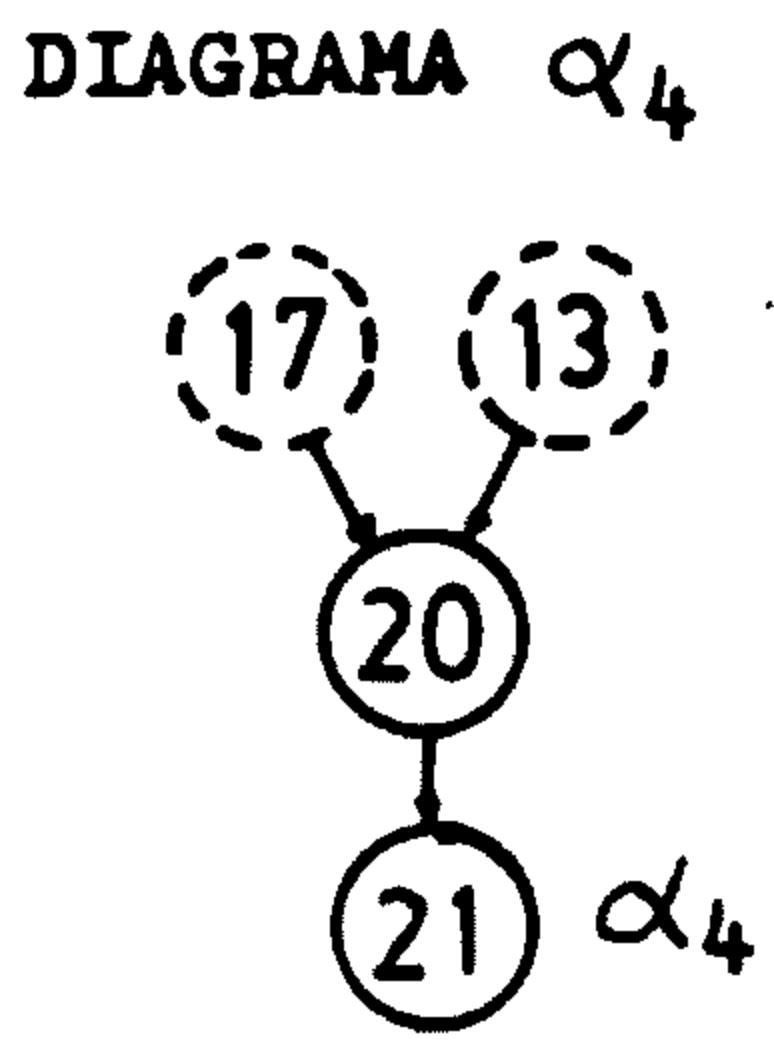
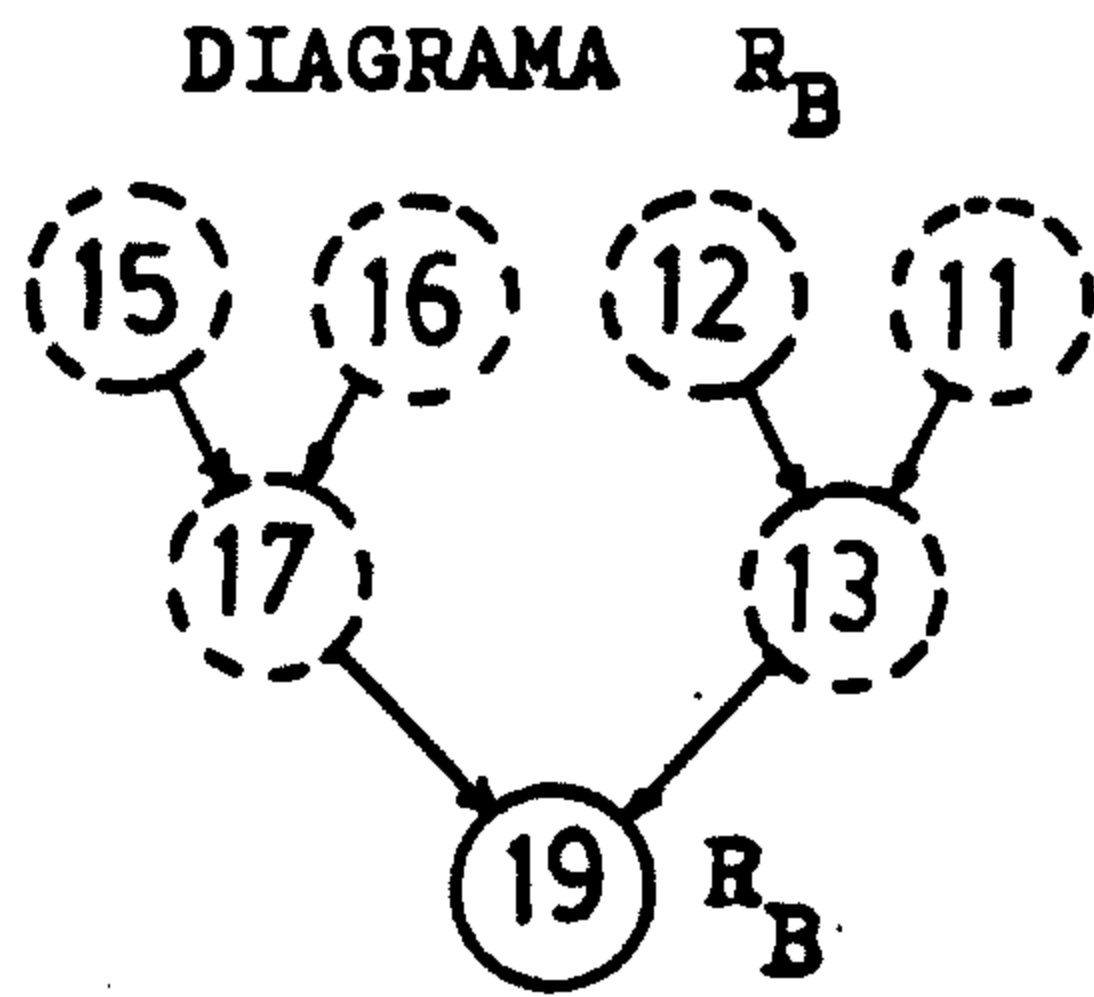
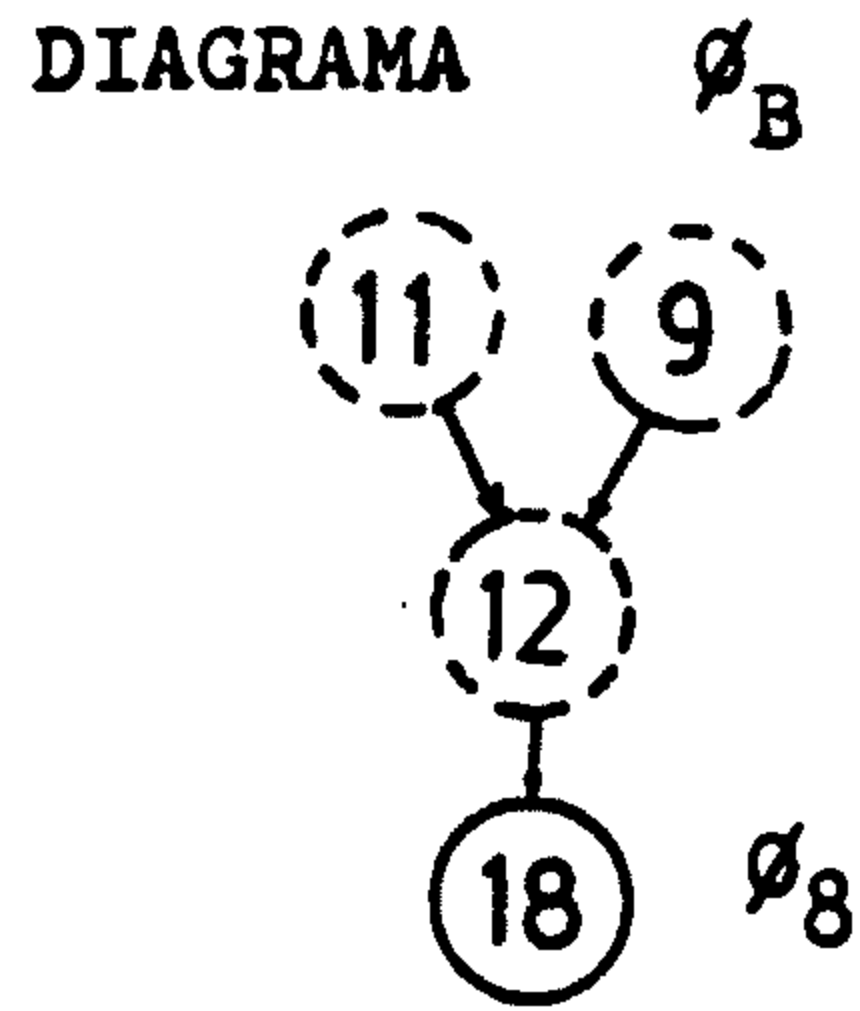
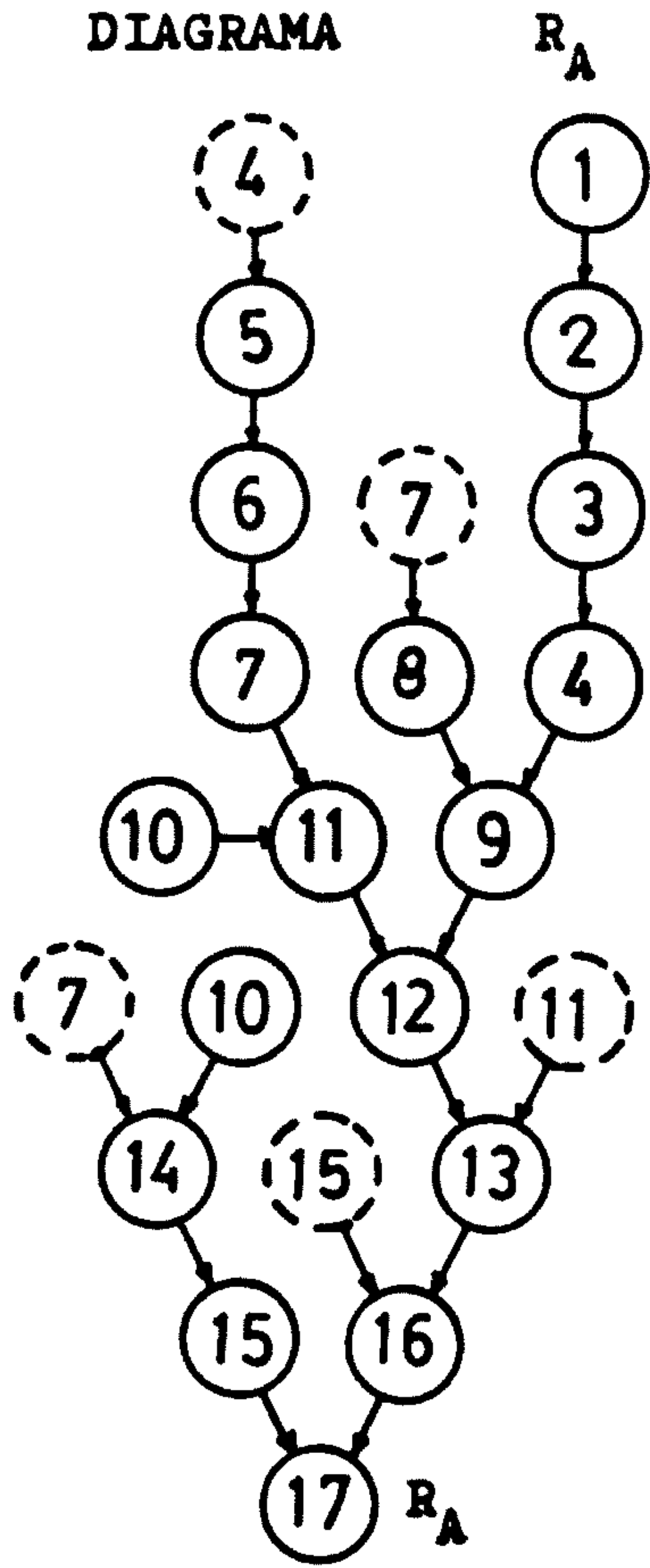
$$\begin{aligned} \vartheta_4 &= 134^\circ & \beta_2 &= 132^\circ & \angle DFB &= 49^\circ \\ \angle ABC &= 58^\circ & W &= 470.523 \text{ KGR} & \lambda_0 &= 43^\circ \end{aligned}$$

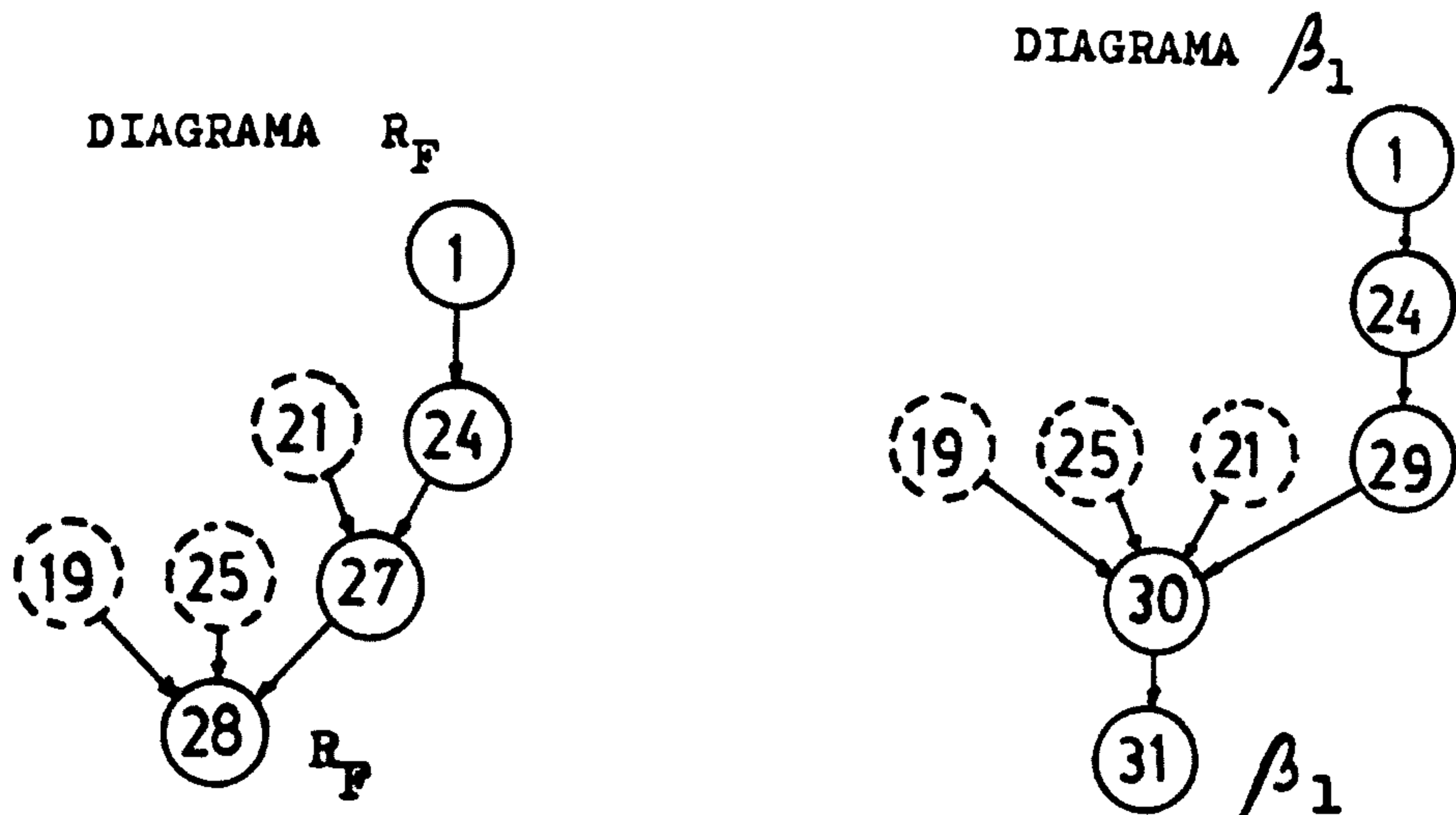
El orden para efectuarse los cálculos se fundamenta en el diagrama siguiente:

#### DIAGRAMA PARA SECUENCIA DE CALCULOS

$\overline{DE}$	Variable	—————	1		
$\vartheta_1 = f(\overline{FD}, \overline{FE}, \overline{DE})$		—————	2	$R_A = f(\overline{BC}, AC, \alpha_1, \alpha_2, W)$	————— 17
$\vartheta_2 = f(\vartheta_1, DFB)$		—————	3	$\vartheta_8 = f(\vartheta_1)$	————— 18
$\lambda_2 = f(\vartheta_4, \vartheta_2)$		—————	4	$R_B = f(R_A, W, \alpha_3)$	————— 19
$\lambda_1 = f(\lambda_2)$		—————	5	$\alpha'_4 = f(R_A, W, \alpha_3)$	————— 20
$\beta_3 = f(\beta_2, \lambda_1)$		—————	6	$\alpha_4 = f(\alpha'_4)$	————— 21
$\overline{GB} = f(\overline{FG}, \overline{FB}, \beta_3)$		—————	7	$\lambda_2 = f(\lambda_1)$	————— 22
$\vartheta_5 = f(\overline{GB}, \overline{FB}, \overline{GF})$		—————	8	$\lambda_3 = f(\alpha_4, \lambda_2)$	————— 23
$\vartheta_7 = f(\vartheta_5, \lambda_2)$		—————	9	$\lambda_4 = f(\overline{FE}, \overline{DE}, \overline{FD})$	————— 24
GA	Variable	—————	10	$R_D = f(\overline{FE}, \overline{FB}, \lambda_4, \lambda_3, R_B)$	————— 25
$\vartheta_6 = f(\overline{GA}, \overline{GB}, \overline{AB})$		—————	11	$\vartheta_9 = f(\vartheta_4, \lambda_4)$	————— 26
$\theta_1 = f(\vartheta_7, \vartheta_6)$		—————	12	$\lambda_5 = f(\alpha_4, \lambda_0, \lambda_4)$	————— 27
$\alpha_3 = f(\theta_1)$		—————	13	$R_F = f(R_B, R_D, \lambda_5)$	————— 28
$\alpha_0 = f(\overline{GA}, \overline{GB}, \overline{AB})$		—————	14	$\lambda_6 = f(\lambda_0, \lambda_4)$	————— 29
$\alpha_2 = f(\alpha_0)$		—————	15	$\beta'_1 = f(R_B, R_D, \alpha_4, \lambda_6)$	————— 30
$\alpha_1 = f(\alpha_3, \alpha_2, ABC)$		—————	16	$\beta_1 = f(\beta'_1)$	————— 31

La secuencia de cálculos mostrada tiene justificación en los resultados que queremos conocer para lograr el objetivo de nuestro análisis, las fuerzas actuantes y sus ángulos respectivos en el sistema de volteo.





Esta secuencia de cálculos estarán en función de la variación de  $\overline{DE}$  que representa el pistón de izaje; utilizando todos los datos a escala.

$$\phi_4 = 134^\circ$$

$$\beta_2 = 132^\circ \quad \angle DFB = 49^\circ$$

$$\overline{DE} \in [90.21 \text{ mm}, 126.20 \text{ mm.}]$$

$$\phi_1 = \arccos \frac{\overline{FD}^2 + \overline{FE}^2 - \overline{DE}^2}{2\overline{FD}\overline{FE}}$$

$$= \arccos \frac{(34.13)^2 + (102.39)^2 - (\overline{DE})^2}{2(34.13)(102.39)}$$

$$\phi_1 = \arccos \frac{11648.57 - \overline{DE}^2}{6989.14}$$

$$\phi_2 = \phi_1 - 49^\circ$$

$$\lambda_2 = 180 - 134 - \varnothing_2$$

$$\lambda_2 = 46^\circ - \varnothing_2$$

$$\lambda_1 = 90 - \varnothing_4 \quad \beta_3 = 360 - (\beta_2 + \lambda_1)$$

$$\beta_3 = 360 - (132 + \lambda_1)$$

$$\beta_3 = 228 - \lambda_1$$

$$\begin{aligned} \overline{GB} &= \sqrt{\overline{GF}^2 + \overline{FB}^2 - 2(\overline{GF}) \times (\overline{FB}) \cos \beta_3} \\ &= \sqrt{(45.24)^2 + (168.28)^2 - 2(45.24)(168.28) \cos \beta_3} \end{aligned}$$

$$\overline{GB} = \sqrt{30364.82 - 15225.97 \cos \beta_3}$$

$$\varnothing_5 = \arccos \frac{\overline{GB}^2 + \overline{FB}^2 - \overline{GF}^2}{2 \overline{GB} \times \overline{FB}} =$$

$$\arccos \frac{\overline{GB}^2 + (168.28)^2 - (45.24)^2}{2 (\overline{GB}) (168.28)}$$

$$\varnothing_5 = \arccos \frac{\overline{GB}^2 + 26271.50}{336.56(\overline{GB})}$$

$$\varnothing_7 = -\varnothing_5 - \lambda_2$$

De las relaciones anteriores podemos obtener el cuadro  
Nº 1.1.2.1.

CUADRO Nº 1.1.2.1

$\overline{DE}$ mm.	$\varnothing_1$ °	$\varnothing_2$ °	$\lambda_2$ °	$\lambda_1$ °	$\beta_3$ °	$\overline{GB}$ mm.	$\varnothing_5$ °	$\varnothing_7$ °
90.21	59.85	10.85	35.14	54.85	173.14	213.26	1.45	-36.61
95	67.95	18.95	27.04	62.95	165.04	212.30	3.15	-30.20
100	76.36	27.36	18.63	71.36	156.63	210.57	4.88	-23.53
105	84.88	35.88	10.11	79.88	148.11	208.06	6.59	-16.72
110	93.69	44.69	1.30	88.69	139.30	204.71	8.28	-9.60
115	103.02	54.02	-8.03	98.02	129.97	200.35	9.96	-1.94
120	113.17	64.17	-18.18	108.17	119.82	194.76	11.62	6.55
125	124.67	75.67	-29.68	119.67	108.32	187.48	13.24	16.42
126.2	127.73	78.73	-32.74	122.73	105.26	185.39	13.61	19.11

Los valores calculados son consecuencia de la variación del valor  $\overline{DE}$  (pistón de izaje) sin mover el pistón de volteo.

Necesitamos saber como varían las fuerzas en los pistones a lo largo del movimiento de la cuchara ya sea en ángulo o en altura. Para ello debemos variar el pistón de volteo ( $\overline{GA}$ ) a lo largo de toda su carrera para cada posición del pistón de izaje ( $\overline{DE}$ ).

#### 1.1.2.2.2 Cálculos a partir del gráfico N° 11.6.

En ésta secuencia unificaremos los dos diagramas de flujo con sus programas respectivos para con un solo diagrama de flujo y su correspondiente programa obtengamos las variables de los cuadros 1.1.2.2 al 1.1.2.19 en su totalidad.

Dentro de estos cuadros resaltaremos que el objetivo es encontrar las reacciones  $\overline{R}_A$ ,  $\overline{R}_B$ ,  $\overline{R}_D$  y  $\overline{R}_P$  con sus ángulos de inclinación respectivamente variando  $\overline{GA}$  (pistón de volteo) para cada valor de  $\overline{DE}$  (pistón de levante) y el conjunto de variables del cuadro 1.1.2.1 debido a que para cada valor de  $\overline{DE}$  variamos el pistón de volteo a lo largo de su carrera.

Al igual que en los programas anteriores la variable suscrita M sirve para obtener una impresión de resultados ordenada y con dos cifras.

El programa trabaja con variables y cálculos genéricos a diferencia de las secuencias de cálculos que preceden a los cuadros de resultados que han sido reducidos algebraicamente con sus valores constantes para facilitar el cálculo manual.

Continuaremos trabajando con los valores a escala 1:8. A partir del cuadro N° 1.1.2.1, tendremos los valores constantes,  $\overline{DE} = 90.21$  mm.  
 $\overline{GB} = 213.26$  mm.  $\varnothing 7 = -36.61^\circ$

Peso de la cuchara  $W = 470.523$  Kgr.

Para estos valores debemos obtener el cuadro N° 1.1.2.2, variando  $\overline{GA}$  (el pistón de volteo), siguiendo la secuencia de cálculos que continúa:  
 $\overline{GA} \in [169.3 \text{ mm}, 226.6 \text{ mm.}]$

$$\varnothing 6 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + \overline{GB}^2 - \overline{AB}^2}{2(\overline{GA})(\overline{GB})} = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + (213.26)^2 - (45)^2}{2(\overline{GA})(213.26)}$$

$$\varnothing 6 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + 43484.69}{426.66(\overline{GA})}$$

$$-\varnothing 7 = -\theta_1 + \varnothing 6$$

$$\theta_1 = \varnothing 7 + \varnothing 6$$

$$\theta_1 = -36.61 + \varnothing 6$$

$$\alpha_3 = 90 + \theta_1$$

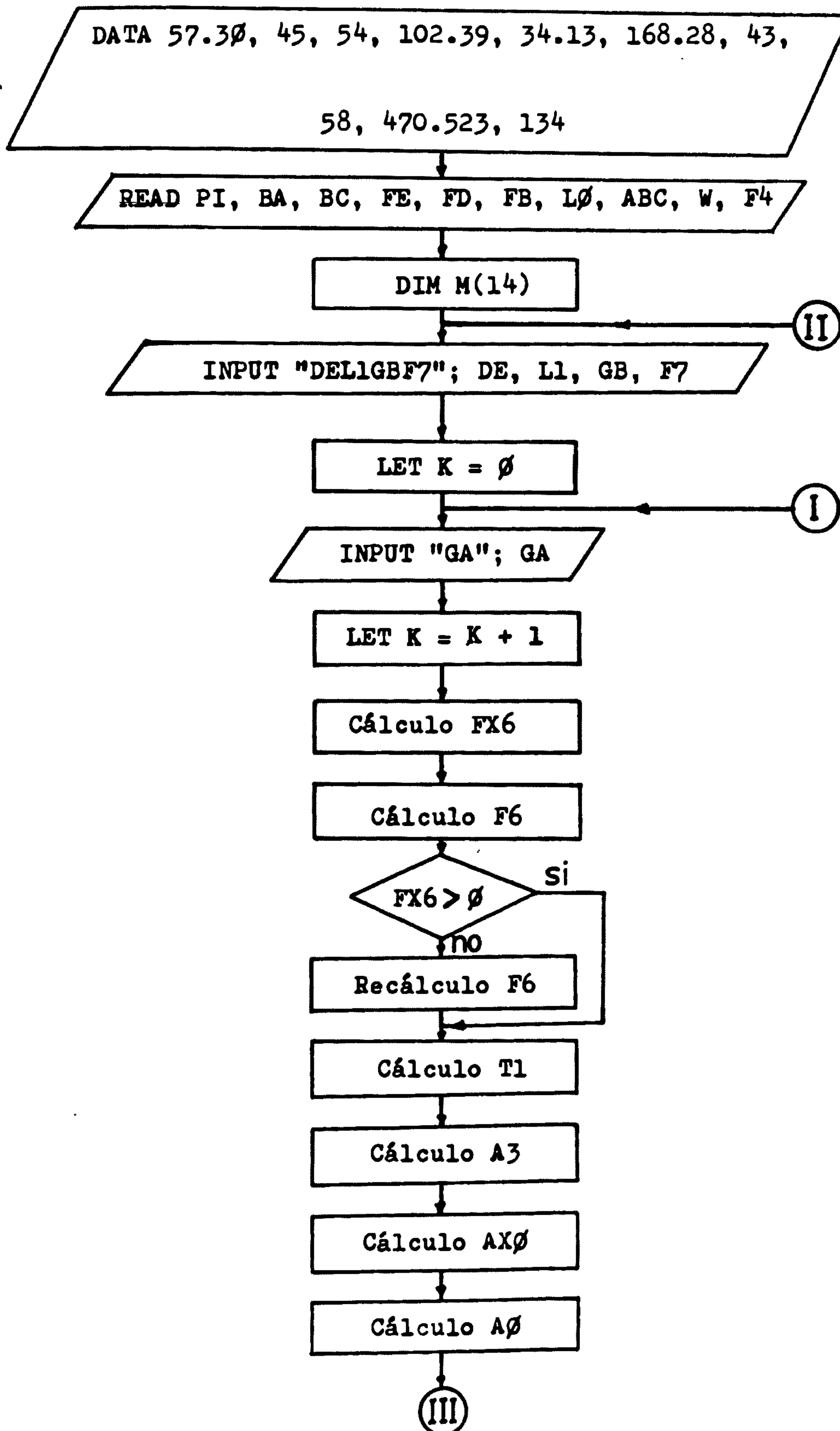
$$\alpha_0 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + \overline{AB}^2 - \overline{GB}^2}{2(\overline{GA})(\overline{AB})} = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + 45^2 - (213.33)^2}{2(45)\overline{GA}}$$

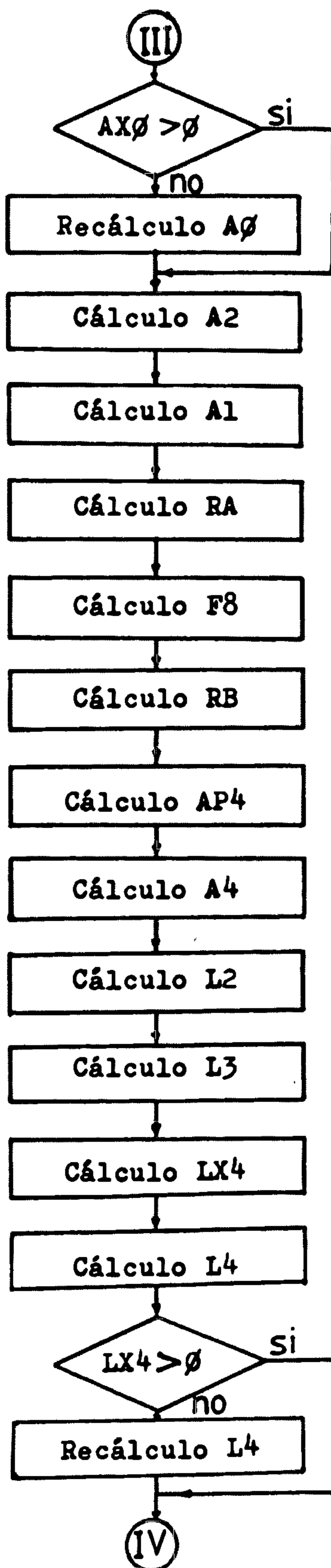
$$\alpha_0 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 - 43484.69}{90(\overline{GA})}$$

$$\alpha_2 = 180 - \alpha_0$$

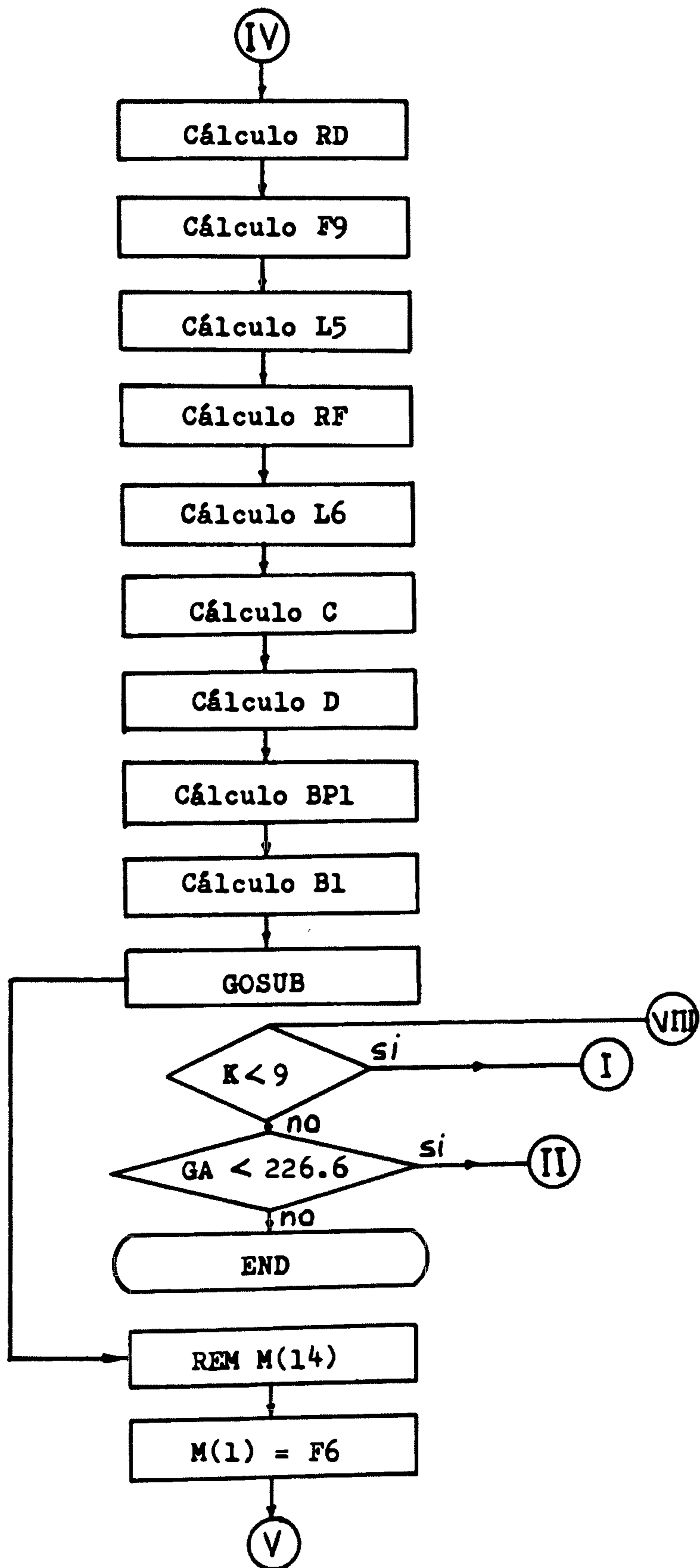
$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - 58^\circ$$

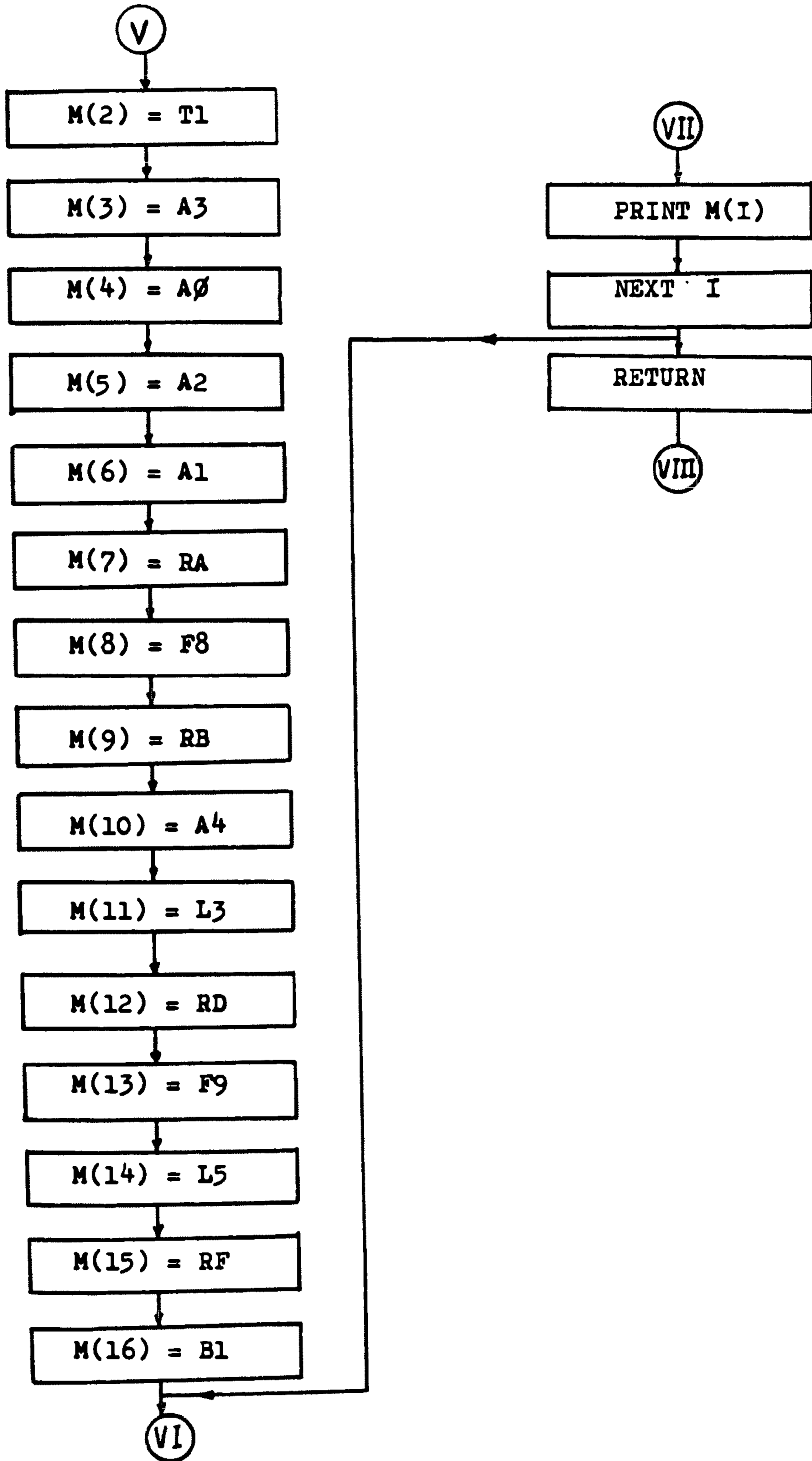
DIAGRAMA PARA EL CALCULO DE LOS CUADROS DEL 1.1.2.2 AL 1.1.2.19

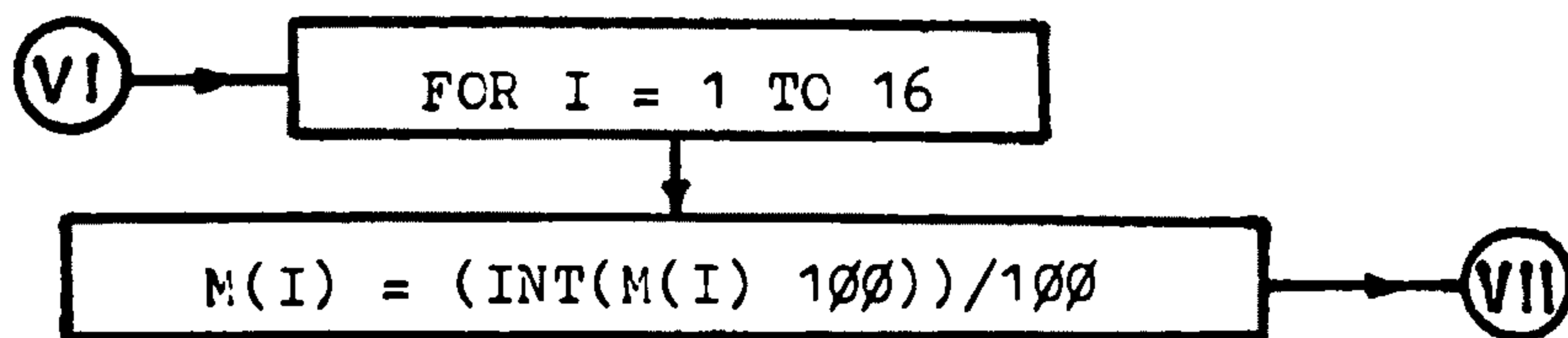












En ésta secuencia unificaremos los dos diagramas de flujo con sus programas respectivos para con uno solo y su correspondiente programa obtengamos las variables de los cuadros 1.1.2.2 al 1.1.2.19 en su totalidad.

Dentro de estos cuadros resaltaremos que el objetivo es encontrar las reacciones  $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_D$  y  $R_P$  con sus ángulos de inclinación variando  $GA$  (PISTON DE VOLTEO) para cada valor de  $DE$  (PISTON DE LEVANTE) y el conjunto de variables del cuadro 1.1.2.1 debido a que para cada valor de  $\overline{DE}$  variamos el pistón de volteo a lo largo de su carrera.

Al igual que en los programas anteriores la variable suscrita  $M$  sirve para obtener una impresión de resultados ordenada y con dos cifras.

El programa trabaja con variables y cálculos genéricos a diferencia de las secuencias de cálculos que preceden a los cuadros de resultados que han sido reducidos algebraicamente con sus valores constantes para facilitar el cálculo manual.

PROGRAMA PARA EL CALCULO DE LOS CUADROS DEL 1.1.2.2 AL 1.1.2.19

NOMBRE: "PRG FOR CN112I"

5 DATA 57.30, 45, 54, 102.39, 34.13, 168.28, 43, 58, 470.523,

134

10 READ PI, BA, BC, FE, FD, FB, L0, ABC, W, F4

12 DIM M(16)

14 INPUT "DEL1GBF7"; DE, L1, GB, F7

18 LET K = 0

20 INPUT "GA"; GA

25 LET K = K + 1

30 LET FX6 = (GA<sup>2</sup> + GB<sup>2</sup> - BA<sup>2</sup>)/(2\*GA\*GB)

40 LET F6 = (ATN(SQR((1 - FX6<sup>2</sup>)/FX6<sup>2</sup>))) \* PI

50 IF FX6 > 0 THEN 70

60 LET F6 = - (F6 - 180)

70 LET T1 = F7 + F6

80 LET A3 = 90 + T1

90 LET AX0 = (GA<sup>2</sup> + BA<sup>2</sup> - GB<sup>2</sup>)/(2\*GA\*BA)

100 LET A0 = (ATN(SQR((1 - AX0<sup>2</sup>)/AX0<sup>2</sup>))) \* PI

110 IF AX0 > 0 THEN 130

120 LET A0 = - (A0 - 180)

130 LET A2 = 180 - A0

140 LET A1 = A3 - A2 - ABC

150 LET RA = (( - BC \* SIN(A1/PI))/(BA \* SIN(A2/PI))) \* W

155 LET F8 = 180 + T1

160 LET RB = SQR(RA<sup>2</sup> + W<sup>2</sup> - 2\*RA\*W \* COS(A3/PI))

170 LET AP4 = (ATN((RA \* SIN(A3/PI))/(W - RA \* COS(A3/PI)))) \* PI

175 LET A4 = - (AP4 - 90)

```

180 LET L2 = 90 - L1
190 LET L3 = - (A4 + L2) + 180
200 LET LX4 = (FE↑2 + DE↑2 - FD↑2)/(2*FE*DE)
210 LET L4 = (ATN(SQR((1-LX4↑2)/LX4↑2)))*PI
220 IF LX4 > 0 THEN 240
230 LET L4 = - (L4 - 180)
240 LET RD = ((FB*SIN(L3/PI))/(FE*SIN(L4/PI)))*RB
245 LET F9 = F4 - L4
250 LET L5 = 90 + A4 + L4 - L0
260 LET RF = SQR (RB↑2 + RD↑2 + 2*RB*RD*COS(L5/PI))
270 LET L6 = 90 - L0 + L4
280 LET C = -RB*COS(A4/PI) - RD*COS(L6/PI)
290 LET D = RD*SIN(L6/PI) - RB*SIN(A4/PI)
300 LET BP1 = (ATN(C/D))*PI
305 LET B1 = - (BP1 + 90)
310 GOSUB 350
320 IF K < 9 THEN 20
330 IF GA < 226.6 THEN 14
340 END
350 REM M(14)
360 M(1) = F6
370 M(2) = T1
380 M(3) = A3
390 M(4) = A0
400 M(5) = A2
410 M(6) = A1
420 M(7) = RA
425 M(8) = FB

```

```

430 M(9) = RB
440 M(10) = A4
450 M(11) = L3
460 M(12) = RD
465 M(13) = F9
470 M(14) = L5
480 M(15) = RF
490 M(16) = B1
495 FOR I = 1 TO 16
500 M(I) = (INT (M(I)*100))/100
510 PRINT M(I)
520 NEXT I
530 RETURN

```

Hallamos las reacciones:

$$R_A = \frac{-\overline{BC}}{\overline{AB}} \times \frac{\text{Sen } \alpha_1}{\text{Sen } \alpha_2} \times W = \frac{-54}{45} \times \frac{\text{Sen } \alpha_1}{\text{Sen } \alpha_2} \times 470.523$$

$$R_A = \frac{-564.28}{\text{Sen } \alpha_2} \quad \varphi = 180 - \theta_1$$

$$R_B = \sqrt{\overline{R_A}^2 + (470.523)^2 - 2(R_A)(470.523) \text{Cos } \alpha_3}$$

$$R_B = \sqrt{\overline{R_A}^2 + 221116.25 - 940.46 R_A \text{Cos } \alpha_3}$$

$$\alpha'_4 = \text{arctg} \frac{R_A \text{Sen } \alpha_3}{470.523 - R_A \text{Cos } \alpha_3}$$

$$\alpha_4 = -(\alpha'_4 - 90)$$

De las relaciones anteriores podemos obtener el cuadro N<sup>o</sup>

1.1.2.2.

Cuadro 1.1.2.2

$\bar{GA}$	$\phi_6$	$\theta_1$	$\alpha_3$	$\alpha_0$	$\alpha_2$	$\alpha_1$	$R_A$	$\phi_8$	$R_B$	$\alpha_4$
mm	o	o	o	o	o	o	Kgr	o	Kgr	o
169.3	2.90	-33.71	56.29	166.12	13.87	- 15.59	632.54	146.29	539.55	12.78
170	3.72	-32.89	57.11	162.04	17.95	- 18.84	591.31	147.11	518.57	16.74
175	7.03	-29.58	60.42	144.54	35.45	- 33.04	530.63	150.42	506.39	24.31
185	10.11	-26.50	63.50	123.66	56.33	- 50.84	525.94	153.50	526.47	26.60
195	11.57	-25.04	64.96	108.01	71.98	- 65.02	538.18	154.96	544.68	26.46
205	12.14	-24.47	65.53	94.43	85.56	- 78.03	553.99	155.53	558.89	25.54
215	12.05	-24.56	65.44	81.77	98.22	- 90.78	570.43	155.44	568.91	24.21
225	11.38	-25.23	64.77	69.26	110.73	-103.96	585.87	154.77	574.11	22.60
226.6	11.22	-25.39	64.61	67.23	112.76	-106.16	588.13	154.61	574.40	22.33

Del gráfico N<sup>o</sup> 1.7 podemos también hacer la secuencia de cálculos respectivos a partir de las relaciones analíticas obtenidas, teniendo en cuenta que para  $\overline{DE} = 90.21\text{mm}$ ,  $\lambda_1 = 54.85^\circ$ ,  $\lambda_0 = 43^\circ$ , tendremos las relaciones siguientes:

$$\lambda_2 = 90 + \lambda_1$$

$$\lambda_3 = -(\alpha_4 + \lambda_2) + 180$$

$$\lambda_4 = \arccos \frac{\overline{FE}^2 + \overline{DE}^2 - \overline{FD}^2}{2(\overline{FE} \times \overline{DE})}$$

$$= \arccos \frac{(102.39)^2 + (90.21)^2 - (34.13)^2}{2(102.39)(90.21)}$$

$$\lambda_4 = 19.10^\circ$$

$$R_D = \frac{\overline{FB} \text{ Sen } \lambda_3}{\overline{FB} \text{ Sen } \lambda_4} \quad R_B = \frac{168.28 \text{ Sen } \lambda_3}{102.39 \text{ Sen } 19.10} \quad R_B$$

$$R_D = \frac{\text{Sen } \lambda_3 R_B}{0.199} \quad \phi_9 = \phi_4 - \lambda_4$$

$$\lambda_5 = 90 + \alpha_4 + \lambda_4 - \lambda_0 = 90 + 19.10 - 43 + \alpha_4$$

$$\lambda_5 = 66.10 + \alpha_4$$

$$R_F = \sqrt{\overline{R}_B^2 + \overline{R}_D^2 + 2 R_B R_D \text{ Cos } \lambda_5}$$

$$\lambda_6 = 90 - \lambda_0 + \lambda_4 = 90 - 43 + 19.10$$

$$\lambda_6 = 66.10^\circ$$

$$\beta'_1 = \arctg \frac{-R_B \text{ Cos } \alpha_4 - R_D \text{ Cos } \lambda_6}{R_D \text{ Sen } \lambda_6 - R_B \text{ Sen } \alpha_4}$$

$$= \arctg \frac{-R_B \text{ Cos } \alpha_4 - R_D \text{ Cos } 66.10}{R_D \text{ Sen } 66.10 - R_B \text{ Sen } \alpha_4}$$

$$= \arctg \frac{-R_B \text{ Cos } \alpha_4 - 0.405 R_D}{0.914 R_D - R_B \text{ Sen } \alpha_4} \quad \beta_1 = -(\beta'_1 + 90)$$

Con las relaciones anteriores podemos obtener el cuadro N<sup>o</sup>

1.1.2.3 como continuación del cuadro N<sup>o</sup> 1.1.2.3.



Cuadro 1.1.2.3

$\overline{GA}$	mm	169.3	170	175	185	195	205	215	225	226.6	74
$\lambda_3$	o	132.06	128.10	120.53	118.24	118.38	119.30	120.63	122.24	122.51	
$R_D$	Kgr	2012.98	2050.33	2191.44	2330.29	2407.54	2448.68	2459.55	2439.81	2433.53	
$\rho_9$	o	114.90	114.90	114.90	114.90	114.90	114.90	114.90	114.90	114.90	
$\lambda_5$	o	78.88	82.84	90.41	92.70	92.55	91.64	90.31	88.70	88.42	
$R_F$	Kgr	2181.89	2176.68	2245.69	2364.71	2444.62	2496.05	2521.50	2519.10	2515.75	
$\beta_1$	o	-52.05	-52.42	-53.06	-53.24	-53.23	-53.16	-53.05	-52.92	-52.90	

De la misma manera para los valores  $\overline{DE} = 95$  mm. con  $\overline{GB} = 212.30$  mm. y  $\varnothing7 = -30.20^\circ$  debemos obtener el cuadro N<sup>o</sup> 1.2.4, con el mismo rango de variación de  $\overline{GA}$

$$\varnothing6 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + \overline{GB}^2 - \overline{AB}^2}{2(\overline{GA})(\overline{GB})} = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + (212.30)^2 - (45)^2}{2(\overline{GA})(212.30)}$$

$$\varnothing6 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + 43050.69}{424.62(\overline{GA})}$$

$$\theta_1 = -30.20 + \varnothing6$$

$$\alpha_3 = 90 + \theta_1$$

$$\alpha_0 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + \overline{AB}^2 - \overline{GB}^2}{2(\overline{GA})(\overline{AB})} = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + (45)^2 - (212.31)^2}{2(45)\overline{GA}}$$

$$\alpha_0 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 - 43050.54}{90(\overline{GA})}$$

$$\alpha_2 = 180 - \alpha_0$$

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - 58^\circ$$

Para las reacciones:

$$R_A = -564.28 \frac{\text{Sen } \alpha_1}{\text{Sen } \alpha_2} \quad \varnothing8 = 180 + \theta_1$$

$$R_B = \sqrt{R_A^2 + 221116.25 - 940.46 R_A \text{Cos } \alpha_3}$$

$$\alpha'_4 = \arctg \frac{R_A \text{Sen } \alpha_3}{470.523 - R_A \text{Cos } \alpha_3}$$

$$\alpha_4 = -(\alpha'_4 - 90)$$

De las relaciones anteriores podemos obtener el cuadro N<sup>o</sup>

1.1.2.4

Cuadro 1.1.2.4

$\bar{GA}$	$\theta_6$	$\theta_1$	$\alpha_3$	$\alpha_0$	$\alpha_2$	$\alpha_1$	$R_A$	$\theta_8$	$R_B$	$\alpha_4$
mm	o	o	o	o	o	o	Kgr	o	Kgr	o
169.3	4.01	-26.19	63.81	160.73	19.26	- 13.46	398.18	153.81	463.18	39.51
170	4.63	-25.57	64.43	157.60	22.39	- 15.97	404.57	154.43	471.11	38.70
175	7.48	-22.72	67.28	142.05	37.94	- 28.66	440.33	157.28	505.23	36.48
185	10.35	-19.85	70.15	121.98	58.01	- 45.86	477.69	160.15	544.93	34.45
195	11.71	-18.49	71.51	106.62	73.37	- 59.87	509.57	161.51	573.59	32.58
205	12.21	-17.99	72.01	93.16	86.83	- 72.82	540.22	162.01	596.87	30.58
215	12.06	-18.14	71.86	80.55	99.44	- 85.58	570.67	161.86	616.36	28.36
225	11.33	-18.87	71.13	68.02	111.97	- 98.84	601.60	161.13	632.64	25.85
226.6	11.16	-19.04	70.96	65.98	114.01	-101.06	606.64	160.96	634.95	25.42

De la misma manera teniendo en cuenta el gráfico N<sup>o</sup> 1.7 y sus relaciones analíticas y que para  $\overline{DE} = 95$  mm. le corresponde  $\lambda_1 = 62.95^\circ$   $\lambda_0 = 43^\circ$  tendremos las relaciones siguientes:

$$\lambda_2 = 90 - \lambda_1$$

$$\lambda_3 = -(\alpha_4 + \lambda_2) - 180$$

$$\lambda_4 = \arccos \frac{\overline{FE}^2 + \overline{DE}^2 - \overline{FD}^2}{2\overline{FE} \times \overline{DE}}$$

$$= \arccos \frac{(102.39)^2 + (95)^2 - (34.13)^2}{2(102.39)(95)}$$

$$\lambda_4 = 19.45^\circ$$

$$R_D = \frac{\overline{FB} \text{ Sen } \lambda_3}{\overline{FE} \text{ Sen } \lambda_4} R_B = \frac{168.28 \text{ Sen } \lambda_3}{102.39 \text{ Sen } \lambda_4} R_B$$

$$R_D = \frac{\text{Sen } \lambda_3 R_B}{0.203} \quad \phi_9 = \phi_4 - \lambda_4$$

$$\lambda_5 = 90 + \alpha_4 + \lambda_4 - \lambda_0 = 90 + \alpha_4 + 19.45 - 43$$

$$\lambda_5 = 66.45 + \alpha_4$$

$$R_F = \sqrt{R_B^2 + R_D^2 + 2 R_B R_D \text{ Cos } \lambda_5}$$

$$\lambda_6 = 90 - \lambda_0 + \lambda_4 = 90 - 43 + 19.45$$

$$\lambda_6 = 66.45^\circ$$

$$\beta_1' = \arctg \frac{-R_B \text{ Cos } \alpha_4 - R_D \text{ Cos } \lambda_6}{R_D \text{ Sen } \lambda_6 - R_B \text{ Sen } \alpha_4} =$$

$$= \arctg \frac{-R_B \text{ Cos } \alpha_4 - R_D \text{ Cos } 66.45^\circ}{R_D \text{ Sen } 66.45^\circ - R_B \text{ Sen } \alpha_4}$$

$$= \arctg \frac{-R_B \text{ Cos } \alpha_4 - 0.400 R_D}{0.917 R_D - R_B \text{ Sen } \alpha_4}$$

$$\beta_1 = -(\beta_1' + 90)$$

Con las relaciones anteriores podemos obtener el cuadro N<sup>o</sup> 1.1.2.5, como continuación del cuadro N<sup>o</sup> 1.1.2.4.

Cuadro 1.1.2.5

		169.3	170	175	185	195	205	215	225	226.6	78
$\bar{G}_A$	mm	169.3	170	175	185	195	205	215	225	226.6	
$\lambda_3$	o	113.43	114.24	116.46	118.49	120.36	122.36	124.58	127.09	127.52	
$R_D$	Kgr	2097.71	2120.22	2232.61	2363.97	2442.93	2488.47	2504.88	2490.99	2485.62	
$\phi_9$	o	114.54	114.54	114.54	114.54	114.54	114.54	114.54	114.54	114.54	
$\lambda_5$	o	105.96	105.15	102.94	100.90	99.03	97.03	94.81	92.30	91.87	
$R_F$	Kgr	2020.03	2048.25	2175.97	2323.39	2420.14	2487.03	2528.89	2545.32	2545.33	
$\beta_1$	o	-53.71	-53.62	-53.37	-53.13	-52.91	-52.67	-52.39	-52.07	-52.01	

Continuando los cálculos ahora para  $\overline{DE} = 100$  mm.  
con  $\overline{GB} = 210.57$  mm. y  $\varphi_7 = -23.53^\circ$  podemos obtener el  
cuadro N<sup>o</sup> 1.2.6, con el mismo rango de variación de  
 $\overline{GA}$ .

$$\varphi_6 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + \overline{GB}^2 - \overline{AB}^2}{2(\overline{GA})(\overline{GB})} = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + (210.57)^2 - (45)^2}{2(\overline{GA})(210.57)}$$

$$\varphi_6 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + 42314.72}{421.14(\overline{GA})}$$

$$\theta_1 = -23.53 + \varphi_6$$

$$\alpha_3 = 90 + \theta_1$$

$$\alpha_0 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + \overline{AB}^2 - \overline{GB}^2}{2(\overline{GA})(\overline{AB})} = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + (45)^2 - (210.57)^2}{2(\overline{GA})(45)}$$

$$\alpha_0 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 - 42314.72}{90(\overline{GA})}$$

$$\alpha_2 = 180 - \alpha_0$$

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - 58^\circ$$

Para las reacciones

$$R_A = \frac{-564.28 \operatorname{Sen} \alpha_1}{\operatorname{Sen} \alpha_2}$$

$$\varphi = 180 + \theta_1$$

$$R_B = \sqrt{R_A^2 + 221116.25 - 940.46 R_A \operatorname{Cos} \alpha_3}$$

$$\alpha'_4 = \operatorname{arctg} \frac{R_A \operatorname{Sen} \alpha_3}{470.523 - R_A \operatorname{Cos} \alpha_3}$$

$$\alpha_4 = -(\alpha'_4 - 90)$$

De las relaciones anteriores podemos obtener el cuadro

N<sup>o</sup> 1.1.2.6

Cuadro 1.1.2.6

$\bar{GA}$	$\phi_6$	$\theta_1$	$\alpha_3$	$\alpha_0$	$\alpha_2$	$\alpha_1$	$R_A$	$\phi_8$	$R_B$	$\alpha_4$
mm	•	•	•	•	•	•	Kgr	•	Kgr	•
169.3	5.44	-18.09	71.91	153.63	26.36	-12.45	274.09	161.91	465.22	55.93
170	5.89	-17.64	72.36	151.25	28.74	-14.38	291.50	162.36	472.50	53.98
175	8.23	-15.30	74.70	137.91	42.08	-25.38	361.07	164.70	511.95	47.13
185	10.76	-12.77	77.23	119.06	60.93	-41.70	429.70	167.23	562.72	41.86
195	11.96	-11.57	78.43	104.14	75.85	-55.43	479.43	168.43	600.60	38.54
205	12.33	-11.20	78.80	90.89	89.10	-68.30	524.65	168.80	633.07	35.60
215	12.08	-11.45	78.55	78.34	101.65	-81.11	569.54	168.55	662.82	32.62
225	11.23	-12.30	77.70	65.77	114.22	-94.52	617.18	167.70	691.81	29.34
226.6	11.04	-12.49	77.51	63.71	116.28	-96.77	625.31	167.51	696.53	28.77

Teniendo en cuenta el gráfico N<sup>o</sup> 1.7 y sus relaciones analíticas, además de que para  $\overline{DE} = 100$  mm., corresponde  $\lambda_1 = 71.36^\circ$  y  $\lambda_0 = 43^\circ$  tendremos las relaciones siguientes:

$$\lambda_2 = 90 - \lambda_1$$

$$\lambda_3 = -(\alpha_4 + \lambda_2) + 180$$

$$\lambda_4 = \arccos \frac{\overline{FE}^2 + \overline{DE}^2 - \overline{FD}^2}{2 \overline{FE} \times \overline{DE}} = \arccos \frac{(102.39)^2 + (100)^2 - (34.13)^2}{2 (102.39) (100)}$$

$$\lambda_4 = 19.37^\circ$$

$$R_D = \frac{\overline{FB} \text{ Sen } \lambda_3}{\overline{FB} \text{ Sen } \lambda_4} \quad R_B = \frac{168.28 \text{ Sen } \lambda_3}{102.39 \text{ Sen } \lambda_4} \quad R_B$$

$$R_D = \frac{\text{Sen } \lambda_3 R_B}{0.202} \quad \varphi_9 = \varphi_4 - \lambda_4$$

$$\lambda_5 = 90 + \alpha_4 + \lambda_4 - \lambda_0 = 90 + \alpha_4 + 19.37 - 43$$

$$\lambda_5 = 66.37 + \alpha_4$$

$$R_F = \sqrt{R_B^2 + R_D^2 + 2 R_B R_D \text{ Cos } \lambda_5}$$

$$\lambda_6 = 90 - \lambda_0 + \lambda_4 = 90 - 43 + 19.37$$

$$\lambda_6 = 66.37^\circ$$

$$\beta'_1 = \arctg \frac{-R_B \text{ Cos } \alpha_4 - R_D \text{ Cos } \lambda_6}{R_D \text{ Sen } \lambda_6 - R_B \text{ Sen } \alpha_4}$$

$$\beta'_1 = \arctg \frac{-R_B \text{ Cos } \alpha_4 - R_D \text{ Cos } 66.37^\circ}{R_D \text{ Sen } 66.37^\circ - R_B \text{ Sen } \alpha_4}$$

$$\beta'_1 = \arctg \frac{-R_B \text{ Cos } \alpha_4 - 0.401 R_D}{0.916 R_D - R_B \text{ Sen } \alpha_4}$$

$$\beta_1 = -(\beta'_1 + 90)$$

Con las relaciones anteriores podemos obtener el cuadro

N<sup>o</sup> 1.1.2.7, como continuación del cuadro N<sup>o</sup> 1.1.2.6.



Cuadro 1.1.2.7

		169.3	170	175	185	195	205	215	225	226.6	82
$\bar{G}_A$	mm	169.3	170	175	185	195	205	215	225	226.6	82
$\lambda_3$	o	105.42	107.37	114.22	119.49	122.81	125.75	128.73	132.01	132.58	
$K_D$	Kgr	2222.38	2234.64	2313.59	2427.18	2501.62	2546.23	2562.51	2547.36	2541.52	
$\phi_9$	o	114.62	114.62	114.62	114.62	114.62	114.62	114.62	114.62	114.62	
$\lambda_5$	o	122.31	120.35	113.50	108.23	104.92	101.98	98.99	95.71	95.14	
$R_F$	Kgr	2012.57	2037.13	2161.11	2313.78	2417.74	2493.04	2544.58	2572.37	2574.40	
$\beta_1$	o	-55.10	-54.82	-53.82	-53.01	-52.48	-51.99	-51.46	-50.85	-50.74	

DE la misma manera para los valores de  $\overline{DE} = 105$  mm. con  $\overline{GB} = 208.06$  mm. y  $\varnothing 7 = -16.72^\circ$  podemos obtener el cuadro N<sup>o</sup> 1.1.2.8, con el mismo rango de variación de  $\overline{GA}$ .

$$\varnothing 6 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + \overline{GB}^2 - \overline{AB}^2}{2(\overline{GA})(\overline{GB})} = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + (208.06)^2 - (45)^2}{2(\overline{GA})(208.06)}$$

$$\varnothing 6 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + 41268.12}{416.14(\overline{GA})}$$

$$\theta_1 = -16.72 + \varnothing 6$$

$$\alpha_3 = 90 + \theta_1$$

$$\alpha_0 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + \overline{AB}^2 - \overline{GB}^2}{2(\overline{GA})(\overline{AB})} = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + (45)^2 - (208.07)^2}{2(\overline{GA})(45)}$$

$$\alpha_0 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 - 41268.12}{90(\overline{GA})}$$

$$\alpha_2 = 180 - \alpha_0$$

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - 58^\circ$$

Para las reacciones tendremos:

$$R_A = -564.28 \frac{\text{Sen } \alpha_1}{\text{Sen } \alpha_2} \quad \varnothing 8 = 180 + \theta_1$$

$$R_B = \sqrt{\overline{R_A}^2 + 221116.25 - 940.46 R_A \text{ Cos } \alpha_3}$$

$$\alpha'_4 = \arctg \frac{R_A \text{ Sen } \alpha_3}{470.523 - R_A \text{ Cos } \alpha_3}$$

$$\alpha_4 = -(\alpha'_4 - 90)$$

De las relaciones anteriores podemos obtener el cuadro N<sup>o</sup> 1.1.2.8.

Cuadro 1.1.2.8

$\bar{GA}$	$\phi_6$	$\theta_1$	$\alpha_3$	$\alpha_0$	$\alpha_2$	$\alpha_1$	$R_A$	$\phi_8$	$R_B$	$\alpha_4$
	•	•	•	•	•	•	KGR	•	KGR	•
169.3	6.98	-9.74	80.26	145.79	34.20	-11.95	207.84	170.26	481.13	64.80
170	7.31	-9.41	80.59	143.90	36.09	-13.50	223.62	170.59	486.83	63.05
175	9.17	-7.55	82.45	132.48	47.51	-23.06	299.83	172.45	523.66	55.41
185	11.30	-5.42	84.58	115.00	64.99	-38.42	387.07	174.58	580.34	48.39
195	12.27	-4.45	85.55	100.62	79.37	-51.82	451.55	175.55	626.34	44.04
205	12.48	-4.24	85.76	87.64	92.35	-64.60	510.44	175.76	668.12	40.36
215	12.06	-4.66	85.34	75.14	104.85	-77.51	570.26	175.34	709.23	36.73
225	11.05	-5.67	84.33	62.47	117.52	-91.20	636.53	174.33	753.26	32.75
226.6	10.83	-5.89	84.11	60.37	119.62	-93.52	648.28	174.11	760.96	32.06

Teniendo en cuenta el gráfico N° 1.7 y sus relaciones analíticas además de que para  $\overline{DE} = 105 \text{ mm.}$  le corresponde  $\lambda_1 = 79.88^\circ$  y  $\lambda_0 = 43^\circ$  tendremos las relaciones siguientes:

$$\lambda_2 = 90 - \lambda_1$$

$$\lambda_3 = -(\alpha_4 + \lambda_2) + 180$$

$$\lambda_4 = \arccos \frac{FE^2 + DE^2 - FD^2}{2FE \times DE} = \arccos \frac{(102.39)^2 + (105)^2 - (34.13)^2}{2(102.39)(105)}$$

$$\lambda_4 = 18.89^\circ$$

$$R_D = \frac{\overline{FB} \text{ Sen } \lambda_3}{\overline{FB} \text{ Sen } \lambda_4} \quad R_B = \frac{168.28 \text{ Sen } \lambda_3}{102.39 \text{ Sen } \lambda_4} \quad R_B$$

$$R_D = \frac{\text{Sen } \lambda_3 R_B}{0.197} \quad \phi_3 = \phi_4 - \lambda_4$$

$$\lambda_5 = 90 + \alpha_4 + \lambda_0 = 90 + \alpha_4 + 18.89 - 43$$

$$\lambda_5 = 65.89 + \alpha_4$$

$$R_F = \sqrt{\overline{R}_B^2 + \overline{R}_D^2 + 2\overline{R}_B \overline{R}_D \text{ Cos } \lambda_5}$$

$$\lambda_6 = 90 - \lambda_0 + \lambda_4 = 90 - 43 + 18.89$$

$$\lambda_6 = 65.89^\circ$$

$$\beta'_1 = \arctg \frac{-R_B \text{ Cos } \alpha_4 - R_D \text{ Cos } \lambda_6}{R_D \text{ Sen } \lambda_6 - R_B \text{ Sen } \alpha_4} = \arctg \frac{-R_B \text{ Cos } \alpha_4 - R_D \text{ Cos } 65.89^\circ}{R_D \text{ Sen } 65.89 - R_B \text{ Sen } \alpha_4}$$

$$\beta'_1 = \arctg \frac{-R_B \text{ Cos } \alpha_4 - 0.408 R_D}{0.913 R_D - R_B \text{ Sen } \alpha_4} \quad \beta_1 = -(\beta'_1 + 90)$$

Con las relaciones anteriores podemos obtener el cuadro N° 1.1.2.9 como continuación del cuadro N° 1.1.2.8.

Cuadro 1.1.2.9

		169.3	170	175	185	195	205	215	225	226.6	226.6
$\bar{G}_A$	mm	169.3	170	175	185	195	205	215	225	226.6	226.6
$\lambda_3$	o	105.07	106.82	114.46	121.48	125.83	129.51	133.14	137.12	137.81	137.81
$R_D$	Kgr	2358.47	2365.66	2419.84	2512.54	2578.01	2616.88	2627.22	2602.54	2594.51	2594.51
$\phi_9$	o	115.10	115.10	115.10	115.10	115.10	115.10	115.10	115.10	115.10	115.10
$\lambda_5$	o	130.69	128.94	121.30	114.28	109.93	106.25	112.62	98.65	97.95	97.95
$R_F$	Kgr	2077.13	2094.25	2193.93	2334.68	2436.75	2513.18	2567.37	2598.33	2600.89	2600.89
$\beta_1$	o	-55.77	-55.47	-54.12	-52.79	-51.90	-51.10	-50.25	-49.23	-49.04	-49.04

De la misma manera podemos realizar los cálculos para  $\overline{DE} = 110$  mm. con  $\overline{GB} = 204.71$  mm. y  $\theta_7 = -9.60^\circ$  podremos obtener el cuadro N<sup>o</sup> 1.1.2.10, con el mismo rango de variación de  $\overline{GA}$ .

$$\theta_6 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + \overline{GB}^2 - \overline{AB}^2}{2(\overline{GA})(\overline{GB})} = \arccos \frac{(\overline{GA})^2 + (204.71)^2 - (45)^2}{2(\overline{GA})(204.71)}$$

$$\theta_6 = \arccos \frac{(\overline{GA})^2 + 39881.18}{409.42(\overline{GA})}$$

$$\theta_1 = -9.60 + \theta_6$$

$$\alpha_3 = 90 + \theta_1$$

$$\alpha_0 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + \overline{AB}^2 - \overline{GB}^2}{2(\overline{GA})(\overline{AB})} = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + (45)^2 - (204.71)^2}{2(\overline{GA})(45)}$$

$$\alpha_0 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 - 39881.18}{90(\overline{GA})}$$

$$\alpha_2 = 180 - \alpha_0$$

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - 58^\circ$$

Para las reacciones tendremos:

$$R_A = \frac{-564.28 \text{ Sen } \alpha_1}{\text{Sen } \alpha_2}$$

$$\theta_8 = 180 + \theta_1$$

$$R_B = \sqrt{\overline{R_A}^2 + 221116.25 - 940.46 R_A \text{ Cos } \alpha_3}$$

$$\alpha'_4 = \arctg \frac{R_A \text{ Sen } \alpha_3}{470.523 - R_A \text{ Cos } \alpha_3}$$

$$\alpha_4 = -(\alpha'_4 - 90)$$

De las relaciones anteriores podemos obtener el cuadro N<sup>o</sup> 1.1.2.10.

Cuadro 1.1.2.10

$\bar{G}_A$	$\phi_6$	$\theta_1$	$\alpha_3$	$\alpha_0$	$\alpha_2$	$\alpha_1$	$R_A$	$\phi_8$	$R_B$	$\alpha_4$
mm	•	•	•	•	•	•	Kgr	•	Kgr	•
169.3	8.55	-1.05	88.95	137.41	42.58	-11.64	168.23	178.95	496.77	70.20
170	8.80	-0.80	89.20	135.86	44.13	-12.94	181.43	179.20	501.92	68.80
175	10.24	0.64	90.64	125.98	54.01	-21.37	254.21	180.64	537.29	61.76
185	11.93	2.33	92.33	109.85	70.14	-35.82	351.25	182.33	598.48	54.09
195	12.62	3.02	93.02	96.06	83.93	-48.91	427.90	183.02	652.46	49.08
205	12.61	3.01	93.01	83.33	96.66	-61.66	500.28	183.01	704.52	44.83
215	11.98	2.38	92.38	70.86	109.13	-74.75	576.54	182.38	759.16	40.63
225	10.73	1.13	91.13	57.96	122.03	-88.90	665.89	181.13	822.91	35.99
226.6	10.47	0.87	90.87	55.79	124.20	-91.34	682.47	180.87	834.80	35.16

Teniendo en cuenta el gráfico N° 1.7 y sus relaciones analíticas además que para  $\overline{DE} = 110$  mm. le corresponde  $\lambda_1 = 88.69^\circ$  y  $\lambda_0 = 43^\circ$  tendremos las relaciones siguientes:

$$\lambda_2 = 90 - \lambda_1$$

$$\lambda_3 = -(\alpha_4 + \lambda_2) + 180$$

$$\lambda_4 = \arccos \frac{\overline{FE}^2 + \overline{DE}^2 - \overline{FD}^2}{2\overline{FE} \times \overline{DE}} = \arccos \frac{(102.39)^2 + (110)^2 - (34.13)^2}{2(102.39)(110)}$$

$$\lambda_4 = 18.04$$

$$R_D = \frac{\overline{FB} \text{ Sen } \lambda_3}{\overline{FE} \text{ Sen } \lambda_4} R_B = \frac{168.28 \text{ Sen } \lambda_3}{102.39 \text{ Sen } \lambda_4}$$

$$R_D = \frac{\text{Sen } \lambda_3 R_B}{0.188}$$

$$\phi_9 = \phi_4 - \lambda_4$$

$$\lambda_5 = 90 + \alpha_4 + \lambda_4 - \lambda_0 = 90 + \alpha_4 + 18.04 - 43$$

$$\lambda_5 = 65.94 + \alpha_4$$

$$R_F = \sqrt{\overline{R}_B^2 + \overline{R}_D^2 + 2 R_B R_D \text{ Cos } \lambda_5}$$

$$\lambda_6 = 90 - \lambda_0 + \lambda_4 = 90 - 43^\circ + 18.04$$

$$\lambda_6 = 65.04^\circ$$

$$\beta'_1 = \arctg \frac{-R_B \text{ Cos } \alpha_4 - R_D \text{ Cos } \lambda_6}{R_D \text{ Sen } \lambda_6 - R_B \text{ Sen } \alpha_4} = \arctg \frac{-R_B \text{ Cos } \alpha_4 - R_D \text{ Cos } 65.04}{R_D \text{ Sen } 65.04 - R_B \text{ Sen } \alpha_4}$$

$$\beta'_1 = \arctg \frac{-R_B \text{ Cos } \alpha_4 - 0.422 R_D}{0.907 R_D - R_B \text{ Sen } \alpha_4}$$

$$\beta_1 = -(\beta'_1 + 90)$$





Igualmente realizamos los cálculos para  $\overline{DE} = 115$  mm. con  $\overline{GB} = 200.35$  mm. y  $\varnothing 7 = -1.94^\circ$  podemos obtener el cuadro N<sup>o</sup> 1.1.2.12 con el mismo rango de variación de  $\overline{GA}$ .

$$\varnothing 6 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + \overline{GB}^2 - \overline{AB}^2}{2(\overline{GA})(\overline{GB})} = \arccos \frac{(\overline{GA})^2 + (200.35)^2 - (45)^2}{2(\overline{GA})(200.35)}$$

$$\varnothing 6 = \arccos \frac{(\overline{GA})^2 + 38119.13}{400.72(\overline{GA})}$$

$$\theta_1 = -1.94 + \varnothing 6$$

$$\alpha_3 = 90 + \theta_1$$

$$\alpha_0 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + \overline{AB}^2 - \overline{GB}^2}{2(\overline{GA})(\overline{AB})} = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + (45)^2 - (200.36)^2}{2(\overline{GA})(45)}$$

$$\alpha_0 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 - 38119.13}{90(\overline{GA})}$$

$$\alpha_2 = 180 - \alpha_0$$

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - 58^\circ$$

Para las reacciones tendremos:

$$R_A = \frac{-564.28 \operatorname{Sen} \alpha_1}{\operatorname{Sen} \alpha_2} \quad \varnothing 8 = 180 + \theta_1$$

$$R_B = \sqrt{\overline{R}_A^2 + 221116.25 - 940.46 R_A \operatorname{Cos} \alpha_3}$$

$$\alpha'_4 = \operatorname{arctg} \frac{R_A \operatorname{Sen} \alpha_3}{470.523 - R_A \operatorname{Cos} \alpha_3}$$

$$\alpha_4 = -(\alpha'_4 - 90)$$

De las relaciones anteriores podemos obtener el cuadro N<sup>o</sup> 1.1.2.12.

Cuadro 1.1.2.12

$\bar{G}_A$	$\phi_6$	$\theta_1$	$\alpha_3$	$\alpha_0$	$\alpha_2$	$\alpha_1$	$R_A$	$\phi_8$	$R_B$	$\alpha_4$
mm	°	°	°	°	°	°	Kgr	°	Kgr	°
169.3	10.14	8.20	98.20	128.33	51.66	-11.46	142.94	188.20	510.89	73.92
170	10.32	8.38	98.38	127.03	52.96	-12.58	154.04	188.38	515.99	72.82
175	11.39	9.45	99.45	118.39	61.60	-20.16	221.11	189.45	551.76	66.71
185	12.61	10.67	100.67	103.50	76.49	-33.82	323.17	190.67	618.16	59.08
195	12.98	11.04	101.04	90.28	89.71	-46.68	410.71	191.04	681.20	53.71
205	12.68	10.74	100.74	77.77	102.22	-59.49	497.69	190.74	745.87	49.03
215	11.76	9.82	99.82	65.22	114.77	-72.95	594.45	189.82	818.64	44.31
225	10.17	8.23	98.23	51.85	128.14	-87.92	717.42	188.23	912.51	38.90
226.6	9.84	7.90	97.90	49.54	130.45	-90.55	741.84	187.90	931.45	37.91

Teniendo en cuenta el gráfico N<sup>o</sup> 1.7 y sus relaciones analíticas además que para  $\overline{DE} = 115$  mm. le corresponde un valor de  $\lambda_1 = 98.02$  y  $\lambda_0 = 43^\circ$  tendremos las relaciones siguientes:

$$\lambda_2 = 90 - \lambda_1$$

$$\lambda_3 = -(\alpha_4 + \lambda_2) + 180$$

$$\lambda_4 = \arccos \frac{\overline{FE}^2 + \overline{DE}^2 - \overline{FD}^2}{2 \overline{FE} \times \overline{DE}} = \arccos \frac{(102.39)^2 + (115)^2 - (34.13)^2}{2 (102.39) (115)}$$

$$\lambda_4 = 16.81^\circ$$

$$R_D = \frac{\overline{FB} \text{ Sen } \lambda_3}{\overline{FB} \text{ Sen } \lambda_4} R_B = \frac{168.28 \text{ Sen } \lambda_3}{102.39 \text{ Sen } \lambda_4} R_B$$

$$R_D = \frac{\text{Sen } \lambda_3}{0.176} R_B$$

$$\phi_9 = \phi_4 - \lambda_4$$

$$\lambda_5 = 90 + \alpha_4 + \lambda_4 - \lambda_0 = 90 + \alpha_4 + 16.81 - 43$$

$$\lambda_5 = 63.81 + \alpha_4$$

$$R_F = \sqrt{\overline{R}_B^2 + \overline{R}_D^2 + 2 \overline{R}_B \overline{R}_D \text{ Cos } \lambda_5}$$

$$\lambda_6 = 90 - \lambda_0 + \lambda_4 = 90 - 43 + 16.81$$

$$\lambda_6 = 63.81^\circ$$

$$\beta'_1 = \arctg \frac{-R_B \text{ Cos } \alpha_4 - R_D \text{ Cos } \lambda_6}{R_D \text{ Sen } \lambda_6 - R_B \text{ Sen } \alpha_4}$$

$$= \arctg \frac{-R_B \text{ Cos } \alpha_4 - R_D \text{ Cos } 63.81}{R_D \text{ Sen } 63.81 - R_B \text{ Sen } \alpha_4}$$

$$\beta'_1 = \arctg \frac{-R_B \text{ Cos } \alpha_4 - 0.441 R_D}{0.897 R_D - R_B \text{ Sen } \alpha_4}$$

$$\beta_1 = -(\beta'_1 + 90)$$

Con las relaciones anteriores podemos obtener el cuadro N<sup>o</sup>

1.1.2.13 como continuación del cuadro N<sup>o</sup> 1.1.2.12.

Cuadro 1.1.2.13

	$\bar{G}_A$	mm	169.3	170	175	185	195	205	215	225	226.6	94
$\lambda_3$	o		114.09	115.19	121.30	128.93	134.30	138.98	143.70	149.11	150.10	
$R_D$	Kgr		2651.11	2654.11	2679.97	2733.57	2771.47	2782.75	2755.04	2663.68	2639.74	
$\phi_9$	o		117.19	117.19	117.19	117.19	117.19	117.19	117.19	117.19	117.19	
$\lambda_5$	o		137.72	136.62	130.52	122.89	117.52	112.83	108.11	102.71	101.72	
$R_F$	Kgr		2298.97	2306.48	2359.14	2453.51	2529.99	2586.37	2618.81	2618.86	2614.84	
$\beta_1$	o		-55.22	-54.97	-53.56	-51.59	-49.99	-48.39	-46.52	-43.93	-43.39	

Igualmente realizamos los cálculos para  $\overline{DE} = 120$  mm con  $\overline{GB} = 194.76$  mm y  $\theta_7 = 6.55^\circ$  podremos obtener el cuadro N<sup>o</sup> 1.1.2.14 a partir de las relaciones siguientes:

$$\begin{aligned}\theta_6 &= \arccos \frac{\overline{GA}^2 + \overline{GB}^2 - \overline{AB}^2}{2(\overline{GA})(\overline{GB})} \\ &= \arccos \frac{(\overline{GA})^2 + (194.76)^2 - (45)^2}{2(\overline{GA})(194.76)}\end{aligned}$$

$$\theta_6 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + 35910.35}{389.54(\overline{GA})}$$

$$\theta_1 = 6.55 + \theta_6$$

$$\alpha_3 = 90 + \theta_1$$

$$\alpha_0 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + \overline{AB}^2 - \overline{GB}^2}{2(\overline{GA})(\overline{AB})} = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + (45)^2 - (194.77)^2}{2(\overline{GA})(45)}$$

$$\alpha_0 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 - 35910.35}{90(\overline{GA})}$$

$$\alpha_2 = 180 - \alpha_0$$

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - 58$$

Para las reacciones tendremos:

$$R_A = -564.28 \frac{\text{Sen } \alpha_1}{\text{Sen } \alpha_2} \quad \theta_8 = 180 + \theta_1$$

$$R_B = \sqrt{\overline{R}_A^2 + 221116.25 - 940.46 R_A \text{ Cos } \alpha_3}$$

$$\alpha'_4 = \arctg \frac{R_A \text{ Sen } \alpha_3}{470.523 - R_A \text{ Cos } \alpha_3}$$

$$\alpha_4 = -(\alpha'_4 - 90)$$

Con las relaciones anteriores obtendremos el cuadro

N<sup>o</sup> 1.1.2.14.

Cuadro 1.1.2.14

$\bar{G}_A$	$\theta_6$	$\theta_1$	$\alpha_3$	$\alpha_0$	$\alpha_2$	$\alpha_1$	$R_A$	$\theta_8$	$K_B$	$\alpha_4$
mm	o	o	o	o	o	o	Kgr	o	Kgr	o
169.3	11.72	18.27	108.27	118.38	61.61	-11.34	126.17	198.27	593.96	76.78
170	11.85	18.40	108.40	117.24	62.75	-12.35	135.79	198.40	529.30	75.90
175	12.57	19.12	109.12	109.58	70.41	-19.29	197.96	199.12	567.08	70.73
185	13.29	19.84	109.84	95.78	84.21	-32.37	303.82	199.84	640.85	63.51
195	13.26	19.81	109.81	83.07	96.92	-45.12	402.97	199.81	715.71	58.00
205	12.59	19.14	109.14	70.63	109.36	-58.23	508.70	199.14	798.17	52.97
215	11.27	17.82	107.82	57.77	122.22	-72.40	636.08	197.82	899.51	47.67
225	9.13	15.68	105.68	43.38	136.61	-88.94	821.76	195.68	1051.47	41.19
226.6	8.68	15.23	105.23	40.79	139.20	-91.98	863.58	195.23	1086.54	39.91

Teniendo en cuenta el gráfico N° 1.7 y sus relaciones analíticas además que para  $\overline{DE} = 120\text{mm}$  le corresponde  $\lambda_1 = 108.32^\circ$  y  $\lambda_0 = 43^\circ$  tendremos las relaciones:

$$\lambda_2 = 90 - \lambda_1$$

$$\lambda_3 = -(\alpha_4 + \lambda_2) + 180$$

$$\lambda_4 = \arccos \frac{\overline{FE}^2 + \overline{DE}^2 - \overline{FD}^2}{2\overline{FE} \times \overline{DE}} = \arccos \frac{(102.39)^2 + (120)^2 - (34.13)^2}{2(102.39)(120)}$$

$$\lambda_4 = 15.16^\circ$$

$$R_D = \frac{\overline{FB} \text{ Sen } \lambda_3}{\overline{FE} \text{ Sen } \lambda_4} \quad R_B = \frac{168.28 \text{ Sen } \lambda_3}{102.39 \text{ Sen } \lambda_4} R_B$$

$$R_D = \frac{\text{Sen } \lambda_3}{0.159} R_B \quad \phi_9 = \phi_4 - \lambda_4$$

$$\lambda_5 = 90 + \alpha_4 + \lambda_4 - \lambda_0 = 90 + \alpha_4 + 15.16 - 43$$

$$\lambda_5 = 62.16 + \lambda_4$$

$$R_F = \sqrt{\overline{R}_B^2 + \overline{R}_D^2 + R_B R_D \text{ Cos } \lambda_5}$$

$$\lambda_6 = 90 - \lambda_0 + \lambda_4 = 90 - 43 + 15.16$$

$$\lambda_6 = 62.16^\circ$$

$$\beta'_1 = \arctg \frac{-R_B \text{ Cos } \alpha_4 - R_D \text{ Cos } \lambda_6}{R_D \text{ Sen } \lambda_6 - R_B \text{ Sen } \alpha_4} = \arctg \frac{-R_B \text{ Cos } \alpha_4 - R_D \text{ Cos } 62.16}{R_D \text{ Sen } 62.16 - R_B \text{ Sen } \alpha_4}$$

$$\beta'_1 = \arctg \frac{-R_B \text{ Cos } \alpha_4 - 0.467 R_D}{0.884 R_D - R_B \text{ Sen } \alpha_4}$$

$$\beta_1 = -(\beta'_1 + 90)$$

Con las relaciones anteriores podemos obtener el cuadro

N° 1.1.2.15 como continuación del cuadro N° 1.1.2.14.



Ahora realizamos cálculos para  $\overline{DE} = 125\text{mm}$  con  $\overline{GB} = 187.48\text{ mm}$  y  $\varphi_7 = 16.42^\circ$  y podremos obtener el cuadro N<sup>o</sup> 1.2.16 a partir de las relaciones siguientes:

$$\varphi_6 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + \overline{GB}^2 - \overline{AB}^2}{2(\overline{GA})(\overline{GB})} = \arccos \frac{(\overline{GA})^2 + (187.48)^2 - (45)^2}{2(\overline{GA})(187.48)}$$

$$\varphi_6 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + 33127.50}{374.98(\overline{GA})}$$

$$\theta_1 = 16.42 + \varphi_6$$

$$\alpha_3 = 90 + \theta_1$$

$$\alpha_0 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + \overline{AB}^2 - \overline{GB}^2}{2(\overline{GA})(\overline{AB})} = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + (45)^2 - (187.48)^2}{2(\overline{GA})(45)}$$

$$\alpha_0 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 - 33127.50}{90(\overline{GA})}$$

$$\alpha_2 = 180 - \alpha_0$$

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - 58^\circ$$

Para las reacciones tendremos:

$$R_A = -564.28 \frac{\text{Sen } \alpha_1}{\text{Sen } \alpha_2} \quad \varphi_8 = 180 + \theta_1$$

$$R_B = \sqrt{\overline{R}_A^2 + 221116.25 - 940.46 R_A \text{ Cos } \alpha_3}$$

$$\alpha'_4 = \arctg \frac{R_A \text{ Sen } \alpha_3}{470.523 - R_A \text{ Cos } \alpha_3}$$

$$\alpha_4 = -(\alpha'_4 - 90)$$

Con las relaciones anteriores obtendremos el cuadro

N<sup>o</sup> 1.1.2.16.

Cuadro 1.1.2.16

$\bar{G}_A$	$\phi_6$	$\theta_1$	$\alpha_3$	$\alpha_0$	$\alpha_2$	$\alpha_1$	$R_A$	$\phi_8$	$R_B$	$\alpha_4$
mm	o	o	o	o	o	o	Kgr	o	Kgr	o
169.3	13.29	29.68	119.68	107.01	72.98	-11.30	115.61	209.68	537.24	79.22
170	13.33	29.75	119.75	106.01	73.98	-12.23	124.34	209.75	543.06	78.53
175	13.70	30.12	120.12	99.12	80.87	-18.75	183.78	210.12	584.75	74.22
185	13.85	30.27	120.27	86.21	93.78	-31.51	295.70	210.27	670.15	67.59
195	13.32	29.74	119.74	73.78	106.21	-44.47	411.84	209.74	763.70	62.07
205	12.13	28.55	118.55	61.15	118.84	-58.29	548.24	208.55	876.66	56.67
215	10.17	26.59	116.59	47.38	132.61	-74.02	737.40	206.59	1037.16	50.51
225	6.93	23.35	113.35	30.20	149.79	-94.45	1118.61	203.35	1374.72	41.65
226.6	6.18	22.60	112.60	26.67	153.32	-98.72	1242.74	202.60	1488.34	39.56

Teniendo en cuenta el gráfico N<sup>o</sup> 1.7 y sus relaciones analíticas además que para  $\overline{DE} = 125 \text{ mm}$  le corresponde  $\lambda_1 = 119.67^\circ$  y  $\lambda_0 = 43^\circ$  tendremos las relaciones:

$$\lambda_2 = 90 - \lambda_1$$

$$\lambda_3 = -(\alpha_4 + \lambda_2) + 180$$

$$\lambda_4 = \arccos \frac{\overline{FE}^2 + \overline{DE}^2 - \overline{FD}^2}{2\overline{FE} \times \overline{DE}} = \arccos \frac{(102.39)^2 + (125)^2 - (34.13)^2}{2(102.39)(125)}$$

$$\lambda_4 = 12.98$$

$$R_D = \frac{\text{Sen } \lambda_3}{0.159} R_B \quad \phi_9 = \phi_4 - \lambda_4$$

$$\lambda_5 = 90 + \alpha_4 + \lambda_4 - \lambda_0 = 90 + \alpha_4 + 12.98 - 43$$

$$\lambda_5 = 59.98 + \alpha_4$$

$$R_F = \sqrt{\overline{R}_B^2 + \overline{R}_D^2 + 2\overline{R}_B \overline{R}_D \text{Cos } \lambda_5}$$

$$\lambda_6 = 90 - \lambda_0 + \lambda_4 = 90 - 43 + 12.98$$

$$\lambda_6 = 59.98$$

$$\beta'_1 = \arctg \frac{-R_B \text{Cos } \alpha_4 - R_D \text{Cos } \lambda_6}{R_D \text{Sen } \lambda_6 - R_B \text{Sen } \alpha_4} = \arctg \frac{-R_B \text{Cos } \alpha_4 - R_D \text{Cos } 59.98}{R_D \text{Sen } 59.98 - R_B \text{Sen } \alpha_4}$$

$$\beta'_1 = \arctg \frac{-R_B \text{Cos } \alpha_4 - 0.500 R_D}{0.866 R_D - R_B \text{Sen } \alpha_4}$$

$$\beta_1 = -(\beta'_1 + 90)$$

Con las relaciones anteriores podemos obtener el cuadro N<sup>o</sup> 1.1.2.17 como continuación del cuadro N<sup>o</sup> 1.1.2.16.

Cuadro 1.1.2.17

		169.3	170	175	185	195	205	215	225	226.6	102
$\bar{GA}$	mm	169.3	170	175	185	195	205	215	225	226.6	
$\lambda_3$	o	130.44	131.13	135.44	142.07	147.59	152.99	159.15	168.01	170.10	
$R_D$	Kgr	2992.97	2994.11	3003.48	3015.66	2996.69	2914.78	2703.16	2092.24	1874.11	
$\rho_9$	o	121.02	121.02	121.02	121.02	121.02	121.02	121.02	121.02	121.02	
$\lambda_5$	o	139.20	138.50	134.20	127.57	122.05	116.65	110.49	101.63	99.54	
$R_F$	Kgr	2610.06	2612.28	2629.50	2660.67	2671.11	2640.59	2533.84	2260.06	2191.70	
$\beta_1$	o	-52.24	-52.06	-50.80	-48.46	-45.95	-42.71	-37.43	-23.04	-17.93	

Ahora realizamos los cálculos para  $\overline{DE} = 126.2$  mm. con  $\overline{GB} = 185.39$  mm y  $\theta_7 = 19.11^\circ$  y podremos obtener el cuadro N<sup>o</sup> 1.1.2.18 a partir de las relaciones siguientes:

$$\theta_6 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + \overline{GB}^2 - \overline{AB}^2}{2(\overline{GA})(\overline{GB})} = \arccos \frac{(\overline{GA})^2 + (185.39)^2 - (45)^2}{2(\overline{GA})(185.39)}$$

$$\theta_6 = \arccos \frac{(\overline{GA})^2 + 32348.16}{370.80(\overline{GA})}$$

$$\theta_1 = 19.11 + \theta_6$$

$$\alpha_3 = 90 + \theta_1$$

$$\alpha_0 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 + \overline{AB}^2 - \overline{GB}^2}{2(\overline{GA})(\overline{AB})} = \arccos \frac{(\overline{GA})^2 + (45)^2 - (185.40)^2}{2(\overline{GA})(45)}$$

$$\alpha_0 = \arccos \frac{\overline{GA}^2 - 32348.16}{90(\overline{GA})}$$

$$\alpha_2 = 180 - \alpha_0$$

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - 58^\circ$$

Para las reacciones tendremos:

$$R_A = -564.28 \frac{\text{Sen } \alpha_1}{\text{Sen } \alpha_2} \quad \theta_8 = 180 + \theta_1$$

$$R_B = \sqrt{\overline{R}_A^2 + 221116.25 - 940.46 R_A \text{ Cos } \alpha_3}$$

$$\alpha'_4 = \arctg \frac{R_A \text{ Sen } \alpha_3}{470.523 - R_A \text{ Cos } \alpha_3}$$

$$\alpha_4 = -(\alpha'_4 - 90)$$

Con las relaciones anteriores obtendremos el cuadro

N<sup>o</sup> 1.1.2.18.

Cuadro 1.1.2.18

$\bar{G}_A$	$\phi_6$	$\theta_1$	$\alpha_3$	$\alpha_0$	$\alpha_2$	$\alpha_1$	$R_A$	$\phi_8$	$R_B$	$\alpha_4$
mm	o	o	o	o	o	o	Kgr	o	Kgr	o
169.3	13.62	32.73	122.73	103.97	76.02	- 11.29	113.88	212.73	540.64	79.79
170	13.68	32.79	122.79	103.00	76.99	- 12.21	122.49	212.79	546.63	79.13
175	13.96	33.07	123.07	96.26	83.73	- 18.67	181.77	213.07	589.71	75.02
185	13.95	33.06	123.06	83.52	96.47	- 31.42	296.14	213.06	679.05	68.55
195	13.27	32.38	122.38	71.11	108.88	- 44.50	418.15	212.38	779.08	63.04
205	11.92	31.03	121.03	58.35	121.64	- 58.61	566.06	211.03	903.54	57.52
215	9.73	28.84	118.84	44.16	135.83	- 74.99	782.52	208.84	1090.38	51.04
225	5.99	25.10	115.10	25.48	154.51	- 97.42	1300.95	205.10	1559.84	40.94
226.6	5.05	24.16	114.16	21.28	158.71	-102.56	1517.52	204.16	1763.14	38.24

Teniendo en cuenta el gráfico N<sup>o</sup> 1.7 y sus relaciones analíticas además que para  $\overline{DE} = 126.2$  mm le corresponde  $\lambda_1 = 122.73^\circ$  y  $\lambda_0 = 43^\circ$  tendremos las relaciones:

$$\lambda_2 = 90 - \lambda_1$$

$$\lambda_3 = -(\alpha_4 + \lambda_2) - 180$$

$$\lambda_4 = \arccos \frac{\overline{FE}^2 + \overline{DE}^2 - \overline{FD}^2}{2\overline{FE} \times \overline{DE}} = \arccos \frac{(102.39)^2 + (126.2)^2 - (34.13)^2}{2(102.39)(126.2)}$$

$$\lambda_4 = 12.35^\circ$$

$$R_D = \frac{\text{Sen } 3}{0.159} R_B$$

$$\phi_9 = \phi_4 - \lambda_4$$

$$\lambda_5 = 90 + \alpha_4 + \lambda_4 - \lambda_0 = 90 + \alpha_4 + 12.35 - 43$$

$$\lambda_5 = 59.35$$

$$R_F = \sqrt{\overline{R}_B^2 + \overline{R}_D^2 + 2\overline{R}_B \overline{R}_D \cos \lambda_5}$$

$$\lambda_6 = 90 - \lambda_0 + \lambda_4 = 90 - 43 + 12.35^\circ$$

$$\lambda_6 = 59.35^\circ$$

$$\beta'_1 = \arctg \frac{-R_B \cos \alpha_4 - R_D \cos \lambda_6}{R_D \text{ Sen } \lambda_6 - R_B \text{ Sen } \alpha_4} = \arctg \frac{-R_B \cos \alpha_4 - R_D \cos 59.35^\circ}{R_D \text{ Sen } 59.35 - R_B \text{ Sen } \alpha_4}$$

$$\beta'_1 = \arctg \frac{-R_B \cos \alpha_4 - 0.510 R_D}{0.860 R_D - R_B \text{ Sen } \alpha_4}$$

$$\beta_1 = -(\beta'_1 + 90)$$

Con las relaciones anteriores podemos obtener el cuadro N<sup>o</sup> 1.1.2.19 como continuación del cuadro N<sup>o</sup> 1.1.2.18.

CUADRO 1.1.2.12

	GA	mm	169.3	170	175	185	195	205	215	225	226.6
$\lambda_3$	o		132.93	133.59	137.70	144.17	149.68	155.20	161.68	171.78	174.48
$R_D$	Kgr		3042.13	3043.07	3050.43	3055.46	3022.61	2913.49	2634.88	1715.45	1305.38
$\phi_9$	o		121.65	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65
$\lambda_5$	o		139.14	138.48	134.37	127.90	122.39	116.87	110.39	100.29	97.59
$R_F$	Kgr		2656.94	2658.60	2671.54	2692.19	2687.40	2631.60	2475.84	2102.40	2050.56
$\beta_1$	o		-51.70	-51.51	-50.27	-47.87	-45.18	-41.51	-34.96	-12.46	-0.88



De esta manera finalizamos el análisis de las fuerzas del modelo Jarvis Clark sin carga, podemos apreciar en los cuadros 1.1.2.18 y 1.1.2.19 los valores máximos de las fuerzas  $R_A = 1517.52 \text{ Kgr.}$  con  $\theta_8$  (ángulo de inclinación) de  $204.16^\circ$ ,  $R_B = 1763.14 \text{ Kgr.}$  con  $\alpha_4 = 38.24$ ,  $R_D = 3055.46 \text{ Kgr.}$  con  $\theta_9 = 121.65^\circ$  y  $R_F = 2692.19 \text{ Kgr.}$  con  $\beta_1 = -47.87^\circ$ .

Esta secuencia de cálculos sin carga nos será sumamente útil para los cálculos del sistema con carga para el modelo Jarvis Clark, donde encontraremos los valores críticos de las fuerzas sobre los pistones del sistema ( $R_A$ ,  $R_D$ ).

## 1.2 Modelo Wagner

En el modelo Wagner la cuchara conjuntamente con el sistema de volteo y el chasis delantero como soporte según el gráfico N° 1.2.1 consta de: Un pistón de volteo  $\overline{GP}$ , un estabilizador  $\overline{PA}$ , un bastidor representado por el triángulo rígido FBD, un pistón de izaje  $\overline{ED}$  y la cuchara propiamente dicha según podemos apreciar en el mismo gráfico. Los puntos G, F y E son fijos al chasis.

Las características de los pistones son:

- Pistón de Volteo.- Se encarga de dar el giro a la cuchara para el vaciado y recojo del material.
- Diámetro interior.- 5" ó 127 mm.
- Diámetro del vástago.- 2"
- Carrera.- 20 3/8" ó 517.53 mm.
- Longitud mínima.- 41 5/8" ó 1057.28 mm.
- Longitud máxima.- 62" ó 1574 mm.
- Pistón de izaje.- Se encarga de subir y bajar la cuchara a través del bastidor ya sea para el vaciado o recojo del material respectivamente.
- Diámetro interior.- 6" ó 152 mm.
- Diámetro del vástago.- 2 1/2"
- Carrera.- 14 7/16, 341.31 mm.
- Longitud mínima.- 30 3/4" ó 781.05 mm.
- Longitud máxima.- 44 3/16 ó 1122.36 mm.

La cuchara es simétrica respecto a un plano paralelo situado entre las dos caras laterales por lo que podemos hacer todos los cálculos en dos dimensiones solamente.

1.2.1 Localización del centro de gravedad.- A partir del gráfico N<sup>o</sup> 1.2.2 y teniendo en cuenta que la cuchara tiene un ancho de 48" (12.192 dm.), podemos hacer los cálculos refiriendonos al plano cartesiano del gráfico.

1.2.1.1 Centro de gravedad de las caras laterales.

Estas caras se han subdividido en cuatro (4) áreas (figuras geométricas) para facilitar los cálculos respectivos luego aplicaremos el método de las sumaciones para los centros de gravedad.

Obtenemos el cuadro N<sup>o</sup> 1.2.1, haciendo los cálculos a partir del gráfico N<sup>o</sup> 1.2.2 cuya escala es 1:10. Figura i = 1, sector MON,  $e = 1/2" = 0.127$  dm.

$$\begin{aligned} A_{1e} \text{ (Area de la figura N}^{\circ} 1 \text{ a escala)} \\ &= \pi \times (32.7)^2 \times (131^{\circ}/360^{\circ}) \\ &= 1222.40 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{1r} \text{ (Area de la figura N}^{\circ} 1, \text{ real)} \\ &= A_{1e} \times 10 \times 10 \times (1/10000) \text{ dm}^2. \\ &= 12.22 \text{ dm}^2. \end{aligned}$$

$$V_1 \text{ (Volumen)} = 12.22 \times 0.127 = 1.55 \text{ dm}^3.$$

$$\begin{aligned} W_1 \text{ (Peso de la figura N}^{\circ} 1) \\ &= 1.55 \times 7.861 \text{ Kgr/dm}^3. \\ &= 12.20 \text{ Kgr.} \end{aligned}$$

Hallemos ahora  $X_1$ : En este caso  $X_1$  es la

abscisa al centro de gravedad del sector MON (A1).

Este centro de gravedad estará situado en la bisectriz del ángulo MON,  $\overline{OK}$  y a una distancia del centro O sobre la bisectriz tal como  $d = (2/3) (R \text{ Sen } \alpha) (1/\alpha)$  siendo  $\alpha = 65.5^\circ = 1.143 \text{ rad}$  y  $R = 32.7 \text{ mm}$ .

Entonces  $d = (2/3) (32.7 \times \text{Sen } 1.143) (1/1.143) = 17.36 \text{ mm}$ .

En consecuencia en el gráfico N01.2.2  $\overline{C}_1 = (X_1, Y_1)$  obtenemos  $X_1 = 60.8 \text{ mm}$ . Así como  $Y_1 = 34.4 \text{ mm}$ .

$$W_1 X_1 = 12.20 \times 60.8 = 741.76 \text{ Kgr. mm.}$$

$$W_1 Y_1 = 12.20 \times 34.4 = 419.68 \text{ Kgr. mm.}$$

Figura i = 2, triángulo QOM,  $e = 1/2'' = 0.127 \text{ dm}$ .

$$A_2 e = (54 \times 32)/(2) = 864 \text{ mm}^2.$$

$$A_2 r = 864 \times 10 \times 10/(10000) = 8.64 \text{ dm}^2.$$

$$V_2 = 8.64 \times 0.127 = 1.097 \text{ dm}^3.$$

$$W_2 = 1.097 \times 7.861 \text{ Kgr/dm}^3 = 8.63 \text{ Kgr.}$$

Hallamos  $X_2, Y_2$  trazando en el triángulo QOM las medianas para obtener el baricentro y por tanto el centro de gravedad  $\overline{C}_2$ .

Por tanto  $X_2 = 43.4 \text{ mm}$ . é  $Y_2 = 65.7 \text{ mm}$

$$W_2 X_2 = 8.63 \times 43.4 = 374.54 \text{ Kgr. mm.}$$

$$W_2 Y_2 = 8.63 \times 65.7 = 567.0 \text{ Kgr. mm.}$$

Figura i = 3, triángulo SON, e = 1/2"  
= 0.127 dm.

$$A_3 e = 80.5 \times 32.0 / (2) = 1288.0 \text{ mm}^2.$$

$$A_3 r = 1288.0 \times 10 \times 10 / (10000) = 12.88 \text{ dm}^2$$

$$V_3 = 12.88 \times 0.127 = 1.64 \text{ dm}^3.$$

$$W_3 = 1.64 \times 7.861 \text{ Kgr/dm}^3 = 12.86 \text{ Kgrs.}$$

Hallamos  $\bar{C}_3 = (X_3, Y_3)$  con el bari -  
centro del triángulo SON donde:  $X_3 = 95.3$   
mm.  $Y_3 = 60.7$  mm.

$$W_3 X_3 = 12.86 \times 95.3 = 1225.56 \text{ Kgr. mm.}$$

$$W_3 Y_3 = 12.86 \times 60.7 = 780.60 \text{ Kgr. mm.}$$

Figura i = 4, triángulo SOQ, e = 1/2"  
= 0.127 dm.

$$A_4 e = 98.7 \times 43.9 / 2 = 2166.47 \text{ mm}^2.$$

$$A_4 r = 2166.47 \times 10 \times 10 / (10000) = 21.66$$
  
dm<sup>2</sup>.

$$V_4 = 21.66 \times 0.127 = 2.75 \text{ dm}^3.$$

$$W_4 = 2.75 \times 7.861 \text{ Kgr/dm}^3 = 21.63 \text{ Kgr.}$$

Hallamos  $\bar{C}_4 = (X_4, Y_4)$  con el baricen -  
tro del triángulo SOQ donde:  $X_4 = 75.8$  mm  
 $Y_4 = 83.7$  mm.

$$W_4 X_4 = 21.63 \times 75.8 = 1639.47 \text{ Kgr. mm.}$$

$$W_4 Y_4 = 21.63 \times 83.7 = 1810.33 \text{ Kgr. mm.}$$

Fig	Aie	Air	Vi	Wi	WiXi	WiYi
i	mm <sup>2</sup>	dm <sup>2</sup>	dm <sup>3</sup>	Kgr	Kgr. mm.	Kgr. mm.
1	1222.40	12.22	1.55	12.20	741.76	419.68
2	864.0	8.64	1.097	8.63	374.54	567.0
3	1288.0	12.88	1.64	12.86	1225.56	780.60
4	2166.47	21.66	2.75	21.63	1639.47	1810.33

Hallamos ahora:  $\sum_{i=1}^4 W_i = 55.32$  Kgrs.

$$\sum_{i=1}^4 W_i X_i = 3981.33 \text{ Kgr. mm. y } \sum_{i=1}^4 W_i Y_i = 3577.61 \text{ Kgr. mm.}$$

Obtenemos a escala en el gráfico N<sup>o</sup> 1.2.3 el centro de gravedad  $\bar{C}_1$  y  $\bar{C}_2$  para cada una de las caras (válido para las dos en el plano cartesiano), dado por  $X_e$  é  $Y_e$ .

$$X_e = \frac{\sum_{i=1}^4 W_i X_i}{\sum_{i=1}^4 W_i} = \frac{3981.33}{55.32} = 71.97 \text{ mm.}$$

$$Y_e = \frac{\sum_{i=1}^4 W_i Y_i}{\sum_{i=1}^4 W_i} = \frac{3577.61}{55.32} = 64.67 \text{ mm.}$$

Los valores reales del centro de gravedad obtendremos así:

$$\bar{X} = 71.97 \times 10 = 719.7 \text{ mm.}$$

$$\bar{Y} = 64.67 \times 10 = 646.7 \text{ mm.}$$

Valores que necesitaremos para operacio -

nes posteriores.

1.2.1.2. Centro de gravedad de la envolvente.- Adicionalmente a la envolvente se encuentran los soportes que sirven para manipular la cuchara que en este caso son despreciables.

Con ayuda del gráfico N<sup>o</sup> 1.2.2 podemos identificar la envolvente conformada por las áreas (vistas de costado) del cinco (5) al trece (13) obtendremos el cuadro N<sup>o</sup> 1.2.2.

Figura i = 5, formado por la base del labio de cuchara el cual aproximamos a un rectángulo para abreviar cálculos ya que no va a tener mayor incidencia en los resultados.

Entonces largo (ancho de la cuchara) = 48" = 12.192 dm.

Ancho (en el gráfico) = 8 mm.  $e = 3/4" = 0.191$  dm.

$$A_5^r = 12.192 \times 8 \times 10 : 100 = 9.745 \text{ dm}^2.$$

$$V_5 = 9.754 \times 0.191 = 1.863 \text{ dm}^3.$$

$$W_5 = 1.863 \times 7.861 \text{ Kgr/dm}^3 = 14.645 \text{ Kgr.}$$

En el gráfico hallamos  $\bar{C}_5 = (X_5, Y_5)$ .

$$\text{Entonces } X_5 = 129.7 \text{ mm. } Y_5 = 103.7 \text{ mm.}$$

$$W_5 X_5 = 14.645 \times 129.7 = 1899.46 \text{ Kgr. mm.}$$

$$W_5 Y_5 = 14.645 \times 103.7 = 1518.69 \text{ Kgr. mm.}$$

Figura i = 6, área formado por la base del biselado del labio de cuchara. Este es un triángulo isósceles y su centro de gravedad queda en el plano de simetría y a un tercio de la base conforme el gráfico.

Base (ancho de cuchara) = 12.192 dm = 48"

Altura (del gráfico) = 11 mm.  $e = 1/2'' =$

0.127 dm.

$$A_{6r} = 12.192 \times (11 \times 10 : 100) = 13.41 \text{ dm}^2$$

$$V_6 = 13.41 \times 0.127 = 1.70 \text{ dm}^3.$$

$$W_6 = 1.70 \times 7.861 \text{ Kgr/dm}^3 = 13.39 \text{ Kgr.}$$

El centro de gravedad  $\bar{C}_6 = (X_6, Y_6)$  será entonces de acuerdo al gráfico:

$$X_6 = 134.1 \text{ mm. } Y_6 = 108.2 \text{ mm.}$$

$$W_6 X_6 = 13.39 \times 134.1 = 1795.60 \text{ Kgr. mm.}$$

$$W_6 Y_6 = 13.39 \times 108.2 = 1448.80 \text{ Kgr. mm.}$$

Figura i = 7, área formada por todo el perfil biselado (visto de costado) el cual es un triángulo similar al área 6 por lo que seguiremos la misma secuencia de ésta

Base (ancho de cuchara) = 12.192 dm. = 48"

Altura (del gráfico) = 11 mm.  $e = 3/4'' =$

0.191 dm.

$$A_{7r} = 12.192 \times (11 \times 10 : 100) = 13.41 \text{ dm}^2$$

$$V_7 = 13.41 \times 0.191 = 2.56 \text{ dm}^3.$$

$$W_7 = 2.56 \times 7.861 \text{ Kgr/dm}^3 = 20.14 \text{ Kgrs.}$$



Del gráfico obtenemos  $\bar{C}_7 = (X_7, Y_7)$ .

Entonces  $X_7 = 132.2$  mm.  $Y_7 = 108.2$  mm.

$$W_7 X_7 = 20.14 \times 132.2 = 2662.51 \text{ Kgr-mm.}$$

$$W_7 Y_7 = 20.14 \times 108.2 = 2179.15 \text{ Kgr-mm.}$$

Figura i = 8 formada por la plancha  $\overline{NS}$  vista de perfil en el gráfico, la cual es un rectángulo.

Largo (ancho de la cuchara) = 12.192 dm = 48".

Ancho ( $\overline{NS}$  en el gráfico) = 80.5 mm.  $e = 3/4"$   
= 0.191 dm.

$$A_8 = 12.192 \times (80.5 \times 10 : 100) = 98.5 \text{ dm}^2$$

$$V_8 = 98.5 \times 0.191 = 18.81 \text{ dm}^3.$$

$$W_8 = 18.81 \times 7.861 \text{ Kgr/dm}^3 = 147.89 \text{ Kgr.}$$

El centro de gravedad  $\bar{C}_8$  estará en el punto centro del  $\overline{NS}$  y en el plano de simetría de la cuchara. Del gráfico  $X_8 = 110$  mm.  $Y_8 = 65.2$  mm.

$$W_8 X_8 = 147.89 \times 110 = 16,267.90 \text{ Kgr-mm.}$$

$$W_8 Y_8 = 147.89 \times 65.2 = 9,642.42 \text{ Kgr-mm.}$$

Figura i = 9, parte inferior de la cuchara conformada por el arco MKN  $e = 1/2"$   
= 0.127 dm.

Longitud MKN =  $2\pi (32.7) \times 131 : 360 =$   
74.76 mm.

Ancho (ancho de la cuchara) = 12.192 dm =

48".

$$A_{9R} = (74.76 \times 10 : 100) \times 12.192 = 91.15 \text{ dm}^2.$$

$$V_9 = 91.15 \times 0.127 = 11.58 \text{ dm}^3.$$

$$W_9 = 11.58 \times 7.861 \text{ Kgr/dm}^3 = 91.00 \text{ Kgr}.$$

El centro de gravedad  $\overline{C}_9$  encontraremos teniendo en cuenta que está en la bisectriz  $\overline{OK}$  con  $\alpha = 65.5 = 1.143 \text{ rad}$  a una distancia  $d$  del centro  $O$  donde:

$$d = (R \text{ sen } \alpha) / \alpha = (32.7 \text{ sen } 1.143) : 1.143 = 26.03 \text{ mm}.$$

$d = 26.03 \text{ mm}$ . valor que trasladamos al gráfico sobre  $\overline{OK}$  y obtenemos:  $\overline{C}_9 = (X_9, Y_9)$

$$X_9 = 58.1 \text{ mm}. \quad Y_9 = 25.7 \text{ mm}.$$

$$W_9 X_9 = 91.00 \times 58.1 = 5287.10 \text{ Kgr-mm}.$$

$$W_9 Y_9 = 91.00 \times 25.7 = 2338.70 \text{ Kgr-mm}.$$

Figura i = 10, área formada por la plancha  $\overline{MQ}$  vista de perfil en el gráfico la cual es un rectángulo cuyo espesor  $e = 1/2" = 0.127 \text{ dm}$ .

Largo (ancho de la cuchara) = 12.192 dm = 48".

Ancho ( $\overline{MQ}$  del gráfico) = 54 mm.

$$A_{10R} = 12.192 \times (54 \times 10 : 100) = 65.84 \text{ dm}^2.$$

$$V_{10} = 65.84 \times 0.127 = 8.36 \text{ dm}^3.$$

$$W_{10} = 9.36 \times 7.861 \text{ Kgr/dm}^3 = 65.73 \text{ Kgr.}$$

El centro de gravedad  $\bar{C}_{10}$  estará en el punto centro de  $\bar{M}\bar{Q}$  y en el plano de simetría de la cuchara. Del gráfico obtenemos:  $X_{10} = 32.1 \text{ mm}$   $Y_{10} = 73.2 \text{ mm}$ .

$$W_{10} Y_{10} = 65.73 \times 32.1 = 2109.93 \text{ Kgr-mm.}$$

$$W_{10} X_{10} = 65.73 \times 73.2 = 4811.44 \text{ Kgr-mm.}$$

Figura i = 11, 12 y 13 son iguales y están simétricas respecto a un plano para lelo a las caras de la cuchara.

Los cálculos para área 11 serán iguales para área 12 y 13.

Aproximadamente para facilitar de cálculos dichas áreas a un rectángulo cuyo ancho será según el gráfico NQ1.2.2 igual a 12 mm y el largo aproximado de 60 mm, con espesor  $e = 1'' = 0.254 \text{ dm}$ .

$$A_{11} = (12 \times 10 : 100) \times (60 \times 10 : 100) = 7.2 \text{ dm}^2.$$

$$V_{11} = 7.2 \times 0.254 = 1.829 \text{ dm}^3$$

$$W_{11} = 1.829 \times 7.861 \text{ Kgr/dm}^3 = 14.376 \text{ Kgr.}$$

El centro de gravedad  $C_{11} = (X_{11}, Y_{11})$

con ayuda del gráfico tendremos que:  $X_{11} = 26.1 \text{ mm}$ .  $Y_{11} = 69.8 \text{ mm}$ .

$$W_{11} X_{11} = 14.376 \times 26.1 = 375.21 \text{ Kgr-mm.}$$

$$W_{11} Y_{11} = 14.376 \times 69.8 = 1003.44 \text{ Kgr-mm.}$$

Igualmente para Area 12 y 13.

Figura  $i = 14, 15$  que en este caso es más próximo a un rectángulo con las características siguientes:

Ancho = 12 mm. Largo = 56 mm e = 1" = 0.254 dm.

$$A_{14} = (12 \times 10 : 100) \times (56 \times 10 : 100) = 6.72 \text{ dm}^2.$$

$$V_{14} = 6.72 \times 0.254 = 1.71 \text{ dm}^3$$

$$W_{14} = 1.71 \times 7.861 \text{ Kgr/dm}^3 = 13.42 \text{ Kgr.}$$

El centro de gravedad  $\bar{C}_{14} = (X_{14}, Y_{14})$  con ayuda del gráfico tendremos que:  $X_{14} = 45$  mm  $Y_{14} = 20$  mm.

$$W_{14} X_{14} = 13.42 \times 45 = 603.90 \text{ Kgr-mm.}$$

$$W_{14} Y_{14} = 13.42 \times 20 = 268.40 \text{ Kgr-mm.}$$

$$\text{Hallamos ahora: } \sum_{i=5}^{13} W_i = 422.78 \text{ Kgrs.}$$

$$\sum_{i=5}^{13} W_i X_i = 32355.93 \text{ Kgr-mm.}$$

$$\sum_{i=5}^{13} W_i Y_i = 25486.33 \text{ Kgr-mm.}$$

Obtenemos a escala en el gráfico N<sup>o</sup> 1. 2.3, el centro de gravedad  $\bar{C}_3$  de la envolvente .

$$X_e = \frac{\sum_{i=5}^{13} W_i X_i}{\sum_{i=5}^{13} W_i} = \frac{32355.93}{422.78} = 76.53 \text{ mm.}$$

$$Y_e = \frac{\sum_{i=5}^{13} W_i Y_i}{\sum_{i=5}^{13} W_i} = \frac{25486.33}{422.78} = 60.28 \text{ mm.}$$

CUADRO N° 1.2.2

Fig i	$A_i$ dm <sup>2</sup>	$V_i$ dm <sup>3</sup>	$W_i$ Kgr	$W_i X_i$ Kgr-mm.	$W_i Y_i$ Kgr-mm.
5	9.742	1.863	14.645	1899.46	1518.69
6	13.41	1.70	13.39	1795.60	1448.80
7	13.41	2.56	20.14	2662.51	2179.15
8	98.5	18.81	147.89	16267.90	9642.43
9	91.15	11.58	91.00	5287.10	2338.70
10	65.84	8.36	65.73	2109.93	4811.44
11	7.2	1.83	14.38	375.21	1003.44
12	7.2	1.83	14.38	375.21	1003.44
13	7.2	1.83	14.38	375.21	1003.44
14	6.72	1.71	13.42	603.90	268.40
15	6.72	1.71	13.42	603.90	268.40

Los valores del centro de gravedad reales obtendremos:

$$X = 76.53 \times 10 = 765.3 \text{ mm.}$$

$$Y = 60.28 \times 10 = 602.8 \text{ mm.}$$

Valores que necesitaremos para opera-

ciones posteriores.

### 1.2.1.3 Centro de gravedad de la cuchara sin carga

Lo obtendremos a partir de los cálculos efectuados en 1.1.1.1 y 1.1.1.2 teniendo en cuenta que la cuchara consta de dos caras (iguales) y una envolvente. Los valores serán a escala.

Para las sumaciones tenemos  $i = 1, 2$  y  $3$ ;  $i = 1$  y  $2$  para las caras é  $i = 3$  para la envolvente.

Lograremos así el cuadro N<sup>o</sup> 1.2.3

CUADRO N<sup>o</sup> 1.2.3

Fig	$W_i$	$X_i$	$Y_i$	$W_i X_i$	$W_i Y_i$
$i$	Kgr.	mm.	mm.	Kgr-mm.	Kgr-mm.
1	55.32	71.97	64.67	3981.38	3577.54
2	55.32	71.97	64.67	3981.38	3577.54
3	422.78	76.53	60.28	32355.35	25485.18

El centro de gravedad total  $C_0$  lo obtendremos:

$$\sum_{i=1}^3 W_i = 533.42 \text{ Kgr.}$$

$$\sum_{i=1}^3 W_i X_i = 40318.11 \text{ Kgr-mm.}$$

$$\sum_{i=1}^3 W_i Y_i = 32640.26 \text{ Kgr-mm.}$$

A escala en el gráfico N<sup>o</sup> 1.2.3, el centro de gravedad  $\bar{C}_o$  será:

$$X_e = \frac{\sum_{i=1}^3 W_i X_i}{\sum_{i=1}^3 W_i} = \frac{40318.11}{533.42} = 75.58 \text{ mm.}$$

$$Y_e = \frac{\sum_{i=1}^3 W_i Y_i}{\sum_{i=1}^3 W_i} = \frac{32640.26}{533.42} = 61.19 \text{ mm.}$$

Estos valores representan el centro de gravedad sin carga a escala y referida al sistema XY del gráfico N<sup>o</sup> 1.2.2

Este centro de gravedad podemos ubicar lo como la intersección de las circunferencias con centro en Q y S con radios  $\bar{QC}_o = 59 \text{ mm.}$  y  $\bar{SC}_o = 67 \text{ mm.}$

En el gráfico N<sup>o</sup> 1.2.3 debemos graficar el centro de gravedad  $\bar{C}_o$  (C) y los puntos de apoyo que sacamos de la cuchara real son localizados mediante radios.

Apoyo A con la intersección de los radios  $\bar{QA} = 5.40 \text{ dm.}$  y  $\bar{SA} = 11.65 \text{ dm.}$  trasladando a escala para el gráfico:

$$\bar{QA} = 540 : 10 = 54 \text{ mm.}$$

$$\bar{SA} = 1165 : 10 = 116.5 \text{ mm.}$$

Apoyo B con la intersección de los ra-

dios  $\overline{QB} = 8.80$  dm. y  $\overline{SB} = 11.65$  dm. trasladando a escala para el gráfico:

$$\overline{QB} = 880 : 10 = 88 \text{ mm.}$$

$$\overline{SB} = 1165 : 10 = 116.5 \text{ mm.}$$

1.2.2 Análisis de las fuerzas actuantes y ángulos críticos de volteo. - Teniendo en el gráfico N<sup>o</sup> 1.2.3, los puntos de apoyo y giro de la cuchara, más su centro de gravedad podemos representar todo el conjunto en el gráfico N<sup>o</sup> 1.2.4 donde C es  $\overline{C}_0$  punto de aplicación de todo el peso de la cuchara W y A, B los puntos de apoyo y giro, además de estar representado conjuntamente con el sistema de volteo. La cuchara está representada por el triángulo ABC.

Debemos tener en cuenta que el punto B nos da la altura de ubicación de la cuchara con referencia al plano horizontal del terreno, en función del pistón de izaje  $\overline{DE}$  además de que para cada altura le corresponde distintos ángulos de volteo que están en función del pistón de volteo  $\overline{GP}$ .

#### 1.2.2.1 Cálculos analíticos del sistema de volteo

A partir del gráfico N<sup>o</sup> 1.2.4 podemos obtener el gráfico N<sup>o</sup> 1.2.5 en donde podemos establecer las relaciones siguientes:

$$\theta_4 = 55^\circ \text{ dato y constante}$$

$$\beta_2 = 162 \text{ dato y constante}$$

$$\overline{FD}, \overline{FE}, \overline{GF} \text{ y } \overline{FB} \text{ dato y constante}$$



$\overline{DE}$  dato variable,

$$\overline{DE} \in [78.1 \text{ mm}, 112.24 \text{ mm.}]$$

$$\overline{DE}^2 = \overline{FD}^2 + \overline{FE}^2 - 2\overline{FD} \times \overline{FE} \text{ Cos } \phi_1$$

$$\phi_1 = \text{ArcCos} \frac{\overline{FD}^2 + \overline{FE}^2 - \overline{DE}^2}{2\overline{FD} \times \overline{FE}}$$

$$\phi_2 = \phi_1 + \cancel{\lambda} \text{ DFB}$$

$$\lambda_2 = 180 - \phi_4 - \phi_2$$

$$\lambda_1 = 90 - \lambda_2$$

$$\beta_3 = 360 - (\beta_2 + \lambda_1)$$

$$\beta_3 = 198 - \lambda_1$$

Entonces:

$$\overline{GB}^2 = \overline{GF}^2 + \overline{FB}^2 - 2 \overline{GF} \times \overline{FB} \text{ Cos } \beta_3$$

$$\overline{GB} = \sqrt{\overline{GF}^2 + \overline{FB}^2 - 2 \overline{GF} \times \overline{FB} \text{ Cos } \beta_3}$$

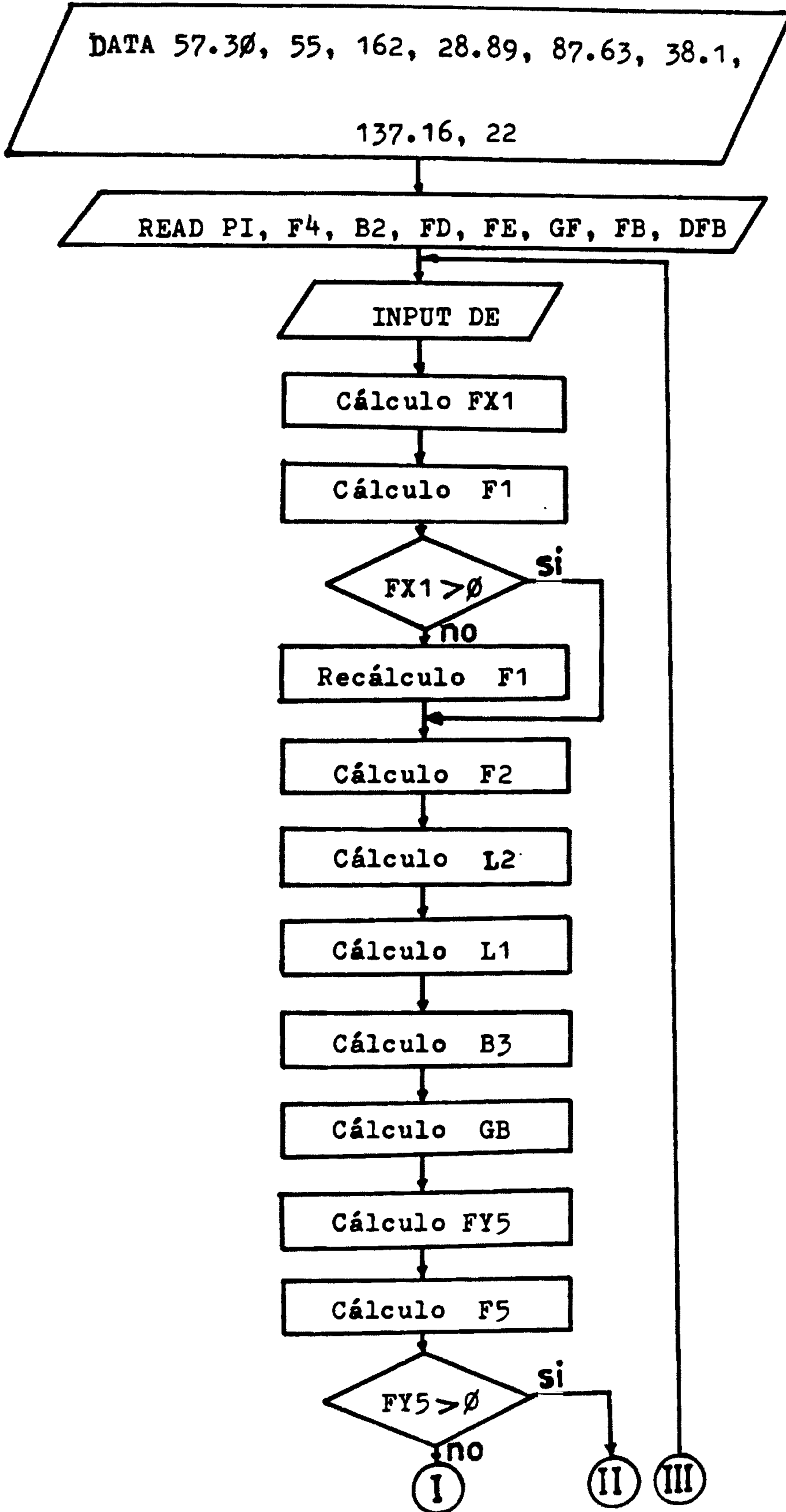
$$\overline{GF}^2 = \overline{GB}^2 + \overline{FB}^2 - 2 \overline{GB} \times \overline{FB} \text{ Cos } \phi_5$$

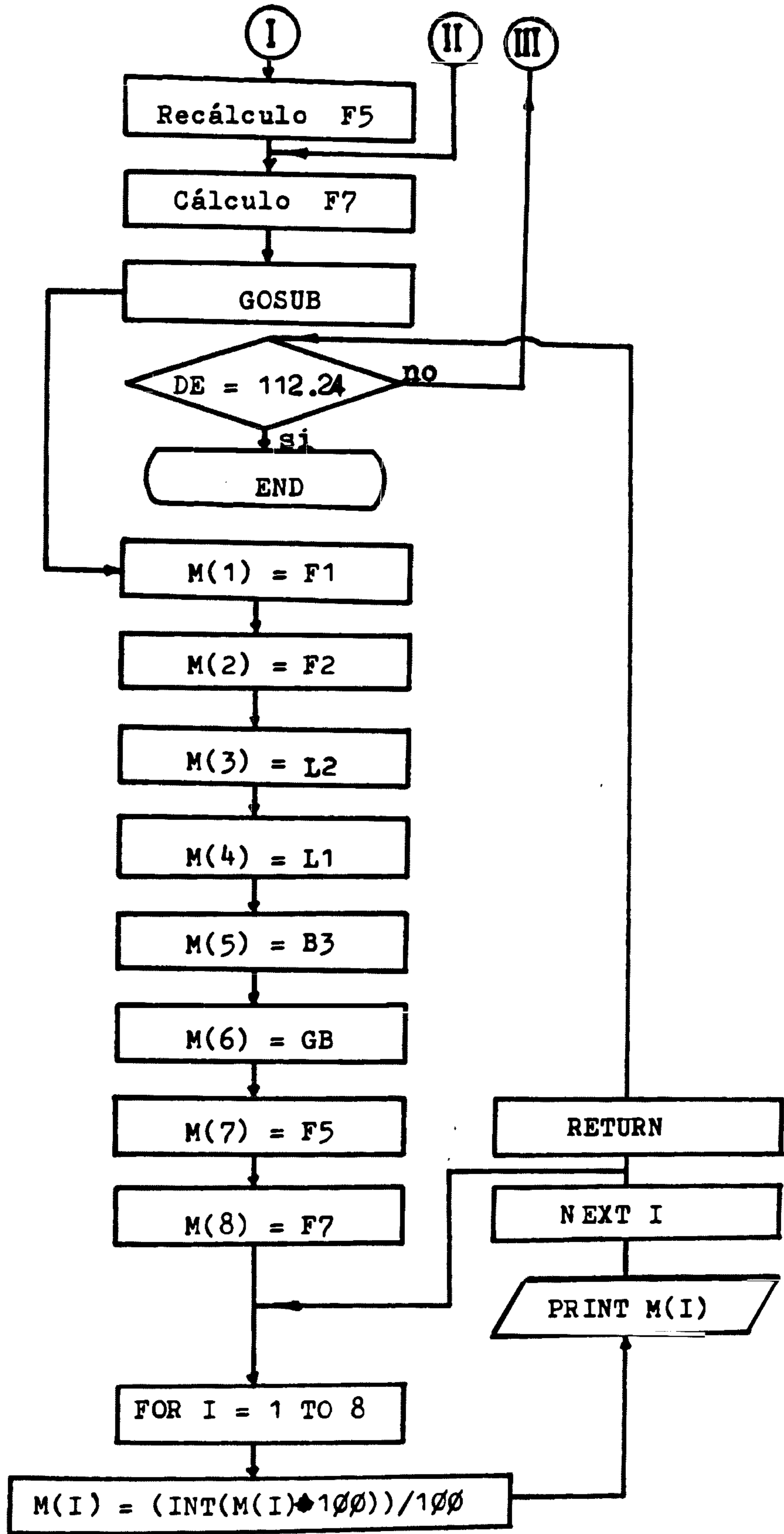
$$\phi_5 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GB}^2 + \overline{FB}^2 - \overline{GF}^2}{2 \overline{GB} \times \overline{FB}}$$

$$\phi_7 = -\phi_5 - \lambda_2$$

La secuencia de cálculo precedente será trasladar la a un diagrama de flujo para luego obtener el algoritmo en lenguaje Basic para cálculo en mini-computadora, al igual que los cálculos para el modelo Jarvis Clark.

## DIAGRAMA PARA CALCULO DEL CUADRO Nº 1.2.2.1





PROGRAMA PARA EL CALCULO DEL CUADRO N° 1.2.2.1

NOMBRE: "PRG FOR CN 1221"

5 DATA 57.30, 55, 162, 28.89, 87.63, 38.1, 137.16, 22

10 READ PI, F4, B2, FD, FE, GF, FB, DFB

20 INPUT "DE"; DE

30 LET FX1 = (FD<sup>2</sup> + FE<sup>2</sup> - DE<sup>2</sup>)/(2 \* FD \* FE)

40 LET F1 = (ATN (SQR ((1 - FX1<sup>2</sup>)/FX1<sup>2</sup>))) \* PI

50 IF FX1 > 0 THEN 70

60 LET F1 = - (F1 - 180)

70 LET F2 = F1 + DFB

80 LET L2 = 180 - F4 - F2

90 LET L1 = 90 - L2

100 LET B3 = 360 - (B2 + L1)

110 LET GB = SQR (GF<sup>2</sup> + FB<sup>2</sup> - 2 \* GF \* FB \* Cos (B3/PI))

120 LET FY5 = (GB<sup>2</sup> + FB<sup>2</sup> - GF<sup>2</sup>)/(2 \* GB \* FB)

130 LET F5 = (ATN (SQR ((1 - FY5<sup>2</sup>)/FY5<sup>2</sup>))) \* PI

140 IF FY5 > 0 THEN 160

150 LET F5 = - (F5 - 180)

160 LET F7 = -F5 - L2

170 GOSUB 210

180 IF DE = 112.24 THEN 200

190 GO TO 20

200 END

210 M(1) = F1

220 M(2) = F2

230 M(3) = L2

240 M(4) = L1

```

250 M(5) = B3
260 M(6) = GB
270 M(7) = F5
280 M(8) = F7
290 FOR I = 1 TO 8
300 M(I) = (INT (M(I) * 100))/100
310 PRINT M(I)
320 NEXT I
330 RETURN

```

A partir del gráfico N<sup>o</sup> 1.2.4 podemos obtener los gráficos N<sup>o</sup> 1.2.6 y 1.2.7 de donde establecemos las siguientes relaciones:

$\overline{GP}$  dato variable,  $\overline{GP} \in [105.73 \text{ mm}, 157.48 \text{ mm}]$

$\overline{GB}$  dato variable calculado función de la altura de cuchara.

$\overline{AB}$  dato y constante

$\overline{C}$  Es un centro de gravedad ficticio para facilitar cálculos.

Debemos tener en cuenta el ángulo  $\angle GPA = \theta_3$  puede ser  $\theta_3 \leq 180$  debido a que conforme el ángulo de volteo de la cuchara va llegando a su máximo valor el estabilizador  $\overline{PA}$  empieza a dejar de estar en una misma recta con  $\overline{GP}$  ( pistón de volteo) por la articulación que posee.

Por otra parte el ángulo  $\angle GBP = \beta_4$  inicialmente será indefinido hasta que el estabilizador  $\overline{PA}$  se vaya acercando al soporte  $\overline{TA}$  de la cuchara.

En ese momento  $\theta'_3$  será un ángulo ficticio que representará  $\theta_3$  que sigue siendo  $180^\circ$ . Una vez que  $\theta'_3 = 180^\circ$ . A partir de este cálculo en los siguientes  $\theta'_3 = \theta_3 \leq 180^\circ$ .

En consecuencia en el gráfico 1.2.7 :

$$\sphericalangle BAP = 68^\circ \text{ dato y constante}$$

$$\overline{PB} = \sqrt{\overline{PA}^2 + \overline{AB}^2 - 2(\overline{PA})(\overline{AB}) \cos BAP}$$

$$\overline{PB} = \sqrt{(25.4)^2 + (40.64)^2 - 2(25.4)(40.64)\cos 68^\circ}$$

$$\overline{PB} = 39.03 \text{ mm.}$$

$$\sphericalangle PBA = \text{ArcCos} \frac{\overline{PB}^2 + \overline{AB}^2 - \overline{PA}^2}{2(\overline{PB})(\overline{AB})}$$

$$\sphericalangle PBA = \text{ArcCos} \frac{(39.03)^2 + (40.64)^2 - (25.4)^2}{2(39.03)(40.64)}$$

$$\sphericalangle PBA = 37.11$$

$$\beta_4 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GB}^2 + \overline{BP}^2 - \overline{GP}^2}{2(\overline{GB})(\overline{BP})}$$

$$\text{Si } \beta_4 \text{ es definido : } \beta_5 = \beta_4 + \sphericalangle PBA$$

$$\beta_5 = \beta_4 + 37.11^\circ$$

$$\overline{GA}' = \sqrt{\overline{GB}^2 + \overline{AB}^2 - 2(\overline{GB})(\overline{AB}) \cos \beta_5}$$

$$\overline{GA}'^2 = \overline{GP}^2 + \overline{PA}^2 - 2\overline{GP} \times \overline{PA} \cos \theta'_3$$

$$\overline{GA}', \theta'_3 \text{ valores supuestos}$$

$$\theta'_3 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GP}^2 + \overline{PA}^2 - (\overline{GA}')^2}{2 \overline{GP} \times \overline{PA}}$$

Si  $\beta_4$  es indefinido ó  $\theta'_3 < 180$  y no llegó aún a  $180^\circ$  entonces  $\theta_3 = 180$  y  $\overline{GA} = \overline{GP} + 25.4$

Si  $\theta'_3 = 180$  ó después de pasar por 180,

$\theta_3 < 180$  entonces  $\theta'_3 = \theta_3$  y  $\overline{GA} = \overline{GA}'$

Ahora tendremos en el gráfico 1.2.6 :

$$\theta_6 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GA}^2 + \overline{GB}^2 - \overline{AB}^2}{2(\overline{GA})(\overline{GB})}$$

$$-\theta_7 = -\theta_1 + \theta_6 \quad \text{y} \quad \theta_1 = \theta_7 + \theta_6$$

$$\alpha_3 = 90 + \theta_1$$

Ahora: Si  $\theta_3 = 180$  y  $\theta'_3$  que no llegó a 180,

$\theta_2 = 0$  y  $\theta_4, \theta_5$  indefinidos entonces:

$$\alpha_0 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GA}^2 + \overline{AB}^2 - \overline{GB}^2}{2(\overline{GA})(\overline{AB})}$$

$$\alpha_2 = 180 - \alpha_0$$

Si  $\alpha_1$  está dentro del triángulo  $ABC'$ ,  $\alpha_1 > 0$

$$\alpha_3 = \alpha_2 + \alpha_1 + \sphericalangle ABC$$

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - \sphericalangle ABC$$

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - 64^\circ$$

Si  $\theta_3$  llegó a 180, tendríamos  $\theta'_3 = \theta_3$  y

$\theta_2 > 0$  entonces en el gráfico 1.2.7 :

$$\theta_2 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GA}^2 + \overline{GP}^2 - \overline{PA}^2}{2(\overline{GA})(\overline{GP})}$$

$$\text{Continuando: } \alpha_3 = 90 + \theta_1 + \theta_2$$

$$\theta_4 = 360 - (\beta_5 + \sphericalangle ABC + 90 - \theta_7)$$

$$\theta_4 = 270 - (\beta_5 + 64 + 90 - \theta_7)$$

$$\theta_4 = 206 - (\beta_5 - \theta_7)$$

$$\theta_5 = -90 + \theta_4$$

$\alpha_1 = - (90 - \theta_5)$  cuando  $\theta_3$  pasó  $180^\circ$  según el gráfico 1.2.7

Hallamos ahora las reacciones  $\bar{R}_G$  y  $\bar{R}_B$ .

Si  $\theta_3 = 180^\circ$  y  $\theta_3' \neq 180$

$\bar{M}_B = 0$ , entonces en el gráfico 1.2.6:

$$\bar{R}_G (\text{Sen } \alpha_2 \bar{AB}) + W (\bar{BC} \text{ Sen } \alpha_1) = 0$$

$$\bar{R}_G = - \frac{\bar{BC} \text{ Sen } \alpha_1}{\bar{AB} \text{ Sen } \alpha_2} W$$

$$\phi_8 = \theta_1 + 180$$

$$\bar{R}_B = ? \quad \bar{R}_G + \bar{R}_B + \bar{W} = 0$$

$$\bar{R}_B = - (\bar{W} + \bar{R}_G)$$

$$\bar{R}_B = \sqrt{\bar{R}_G^2 + W^2 - 2 \bar{R}_G W \text{ Cos } \alpha_3}$$

Si  $\theta_3 = \theta_3 \leq 180^\circ$

$\bar{M}_B = 0$ , entonces:

$$\bar{GB} \text{ Sen } (\theta_2 + \phi_6) \bar{R}_G - W (\bar{BC} \text{ Cos } \theta_5) = 0$$

$$\bar{R}_G = \frac{\bar{BC} \text{ Cos } \theta_5}{\bar{GB} \text{ Sen } (\theta_2 + \phi_6)} W$$

ya que  $\alpha_2$  se desliza de  $\bar{R}_G$ .

$\bar{R}_B$  igualmente estará definida por:

$$\bar{R}_B = \sqrt{\bar{R}_G^2 + W^2 - 2 \bar{R}_G W \text{ Cos } \alpha_3}$$



Así como también :

$$\phi_8 = \theta_1 + 180^\circ + \theta_2$$

De la misma forma definimos  $\alpha_4$  :

$$\alpha y_4 = \frac{R_G \text{ Sen } \alpha_3}{W - R_G \text{ Cos } \alpha_3}$$

$$\alpha'_4 = \text{arc Tg } (\alpha y_4)$$

$$\text{Si } \alpha y_4 > 0 \quad \text{entonces } \alpha_4 = 90 - \alpha'_4$$

$$\text{Si } \alpha y_4 < 0 \quad \text{entonces } \alpha_4 = -(90 + \alpha'_4)$$

Para los cálculos en la Microcomputadora debemos tener presente las siguientes relaciones:

$$\text{Si } \alpha y_4 < 0 \quad \alpha'_4 = -(\alpha'_4 - 180)$$

En consecuencia teniendo en cuenta la última relación :

$$\alpha_4 = -(90 - (\alpha'_4 - 180))$$

$$\alpha_4 = -(90 - \alpha'_4 + 180)$$

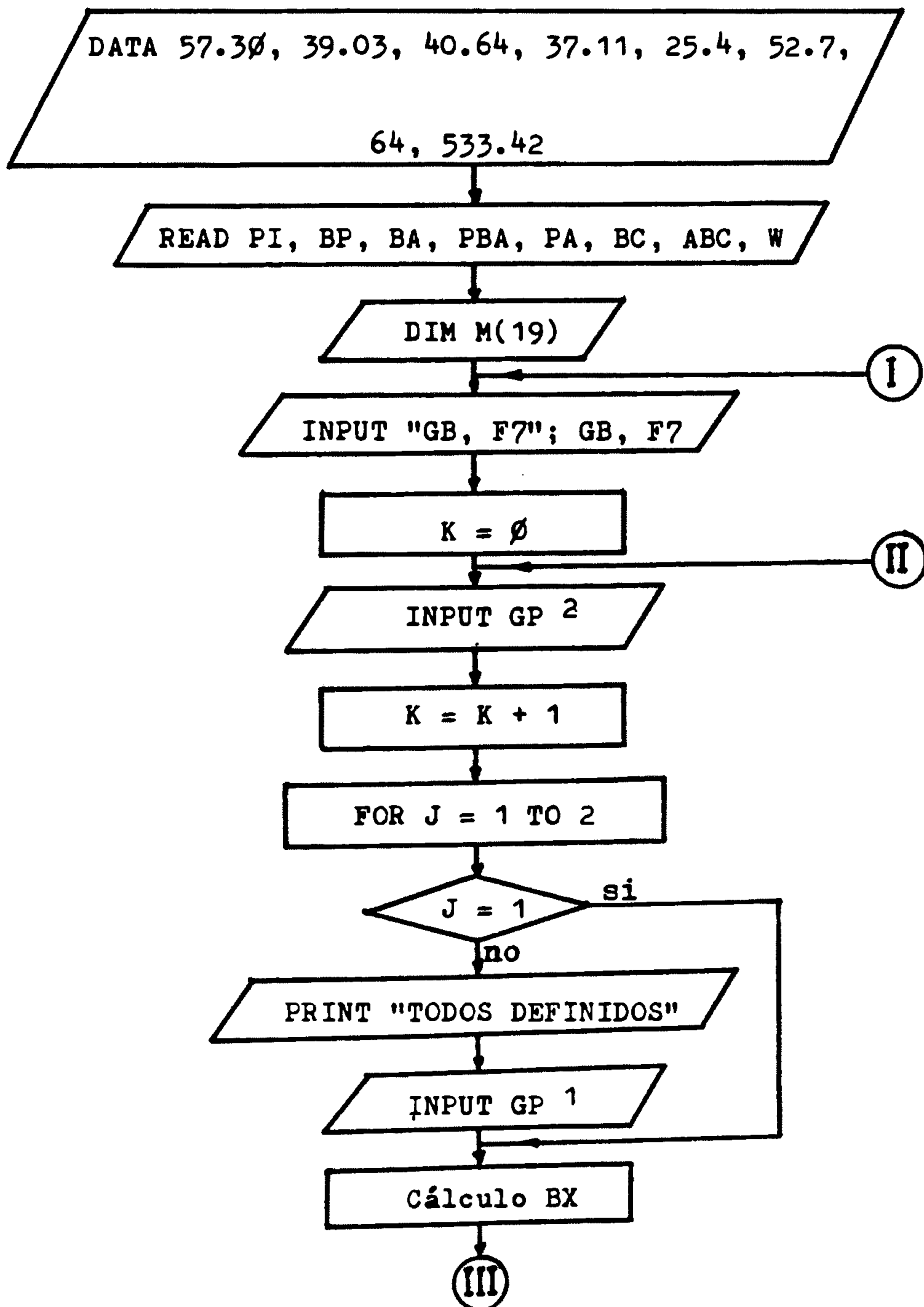
$$\alpha_4 = \alpha'_4 - 270$$

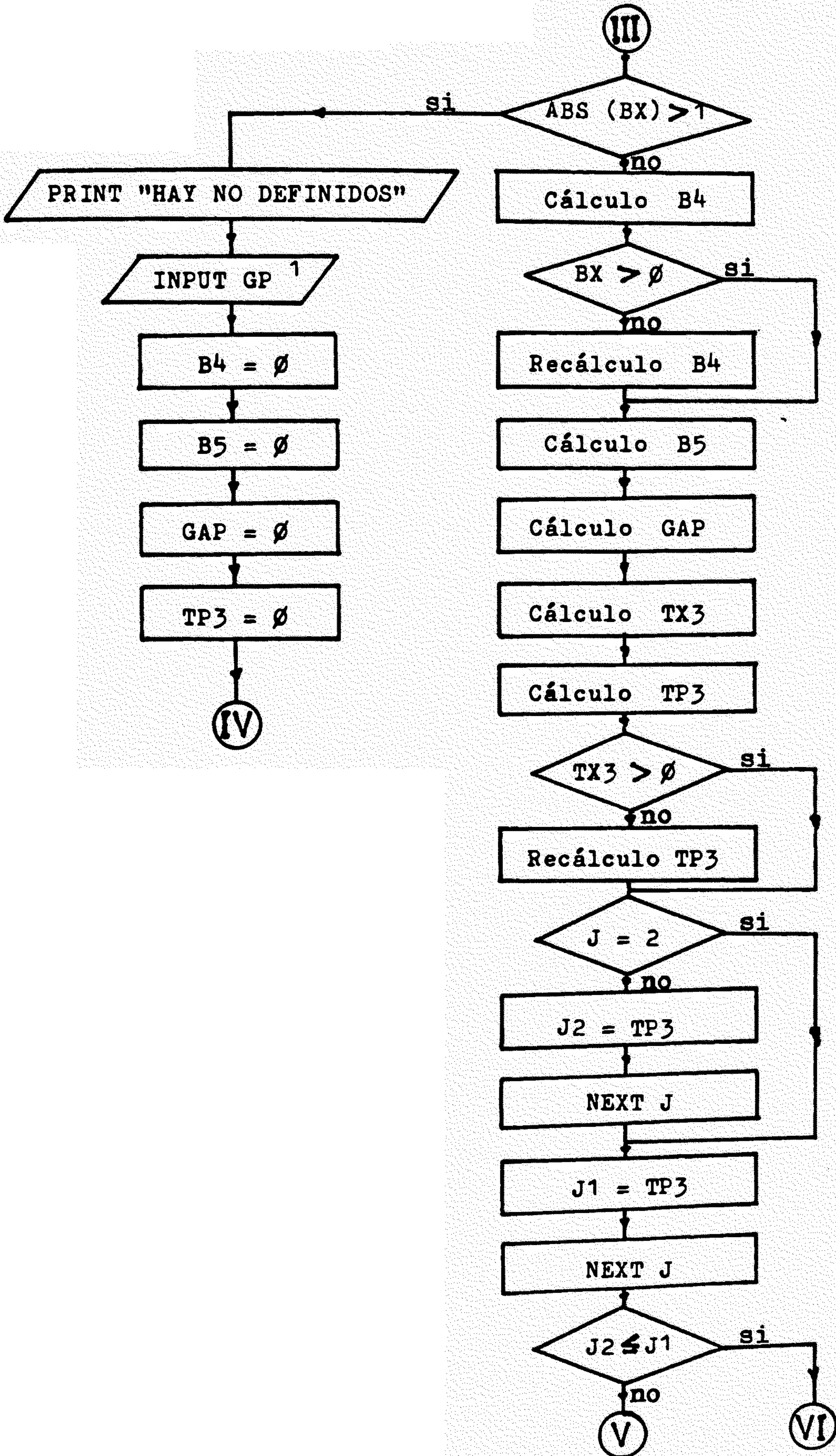
Con la secuencia de cálculos precedente podemos encontrar en forma genérica todas las variables de los cuadros pares del 1.2.2.2 al 1.2.2.14 inclusive. El diagrama de flujo y el programa respectivo adjundo

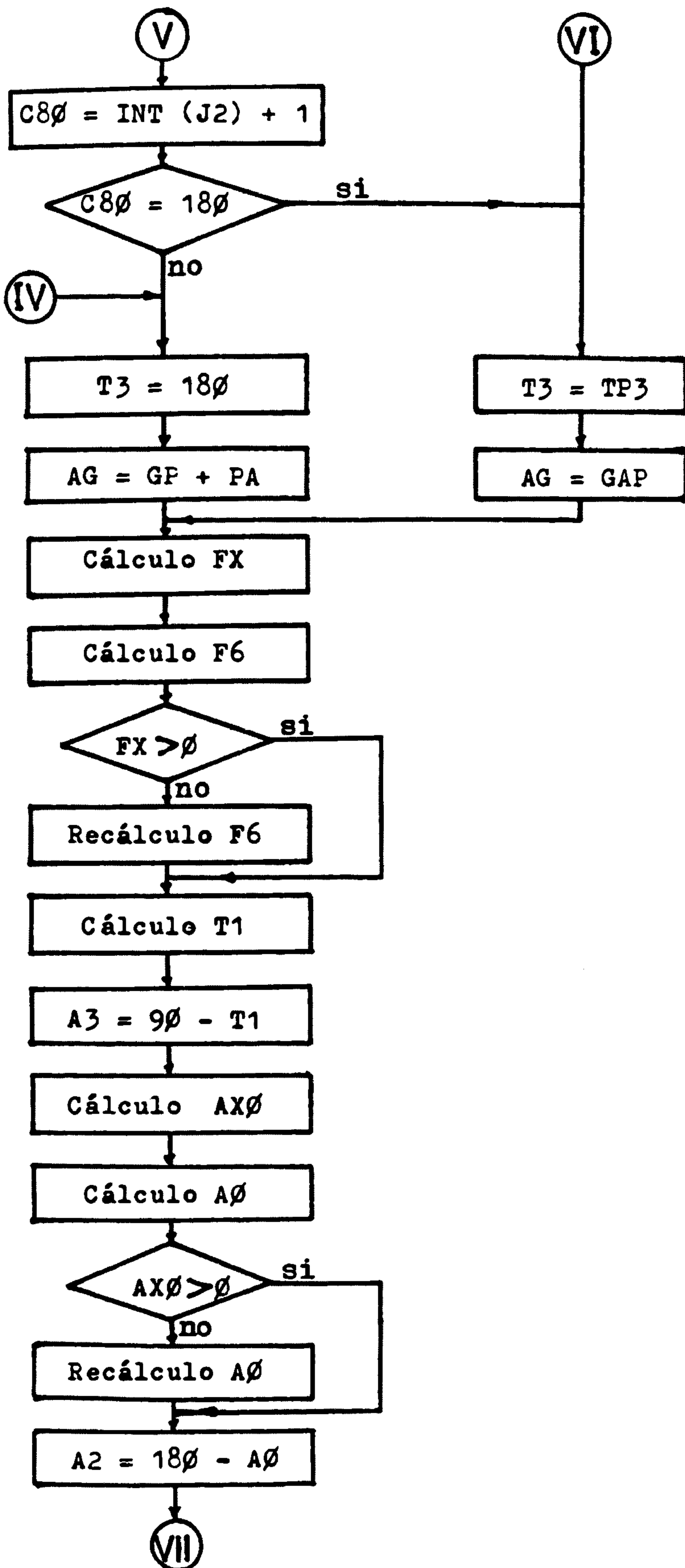
to tienen el objeto de calcular todas estas variables a partir de los datos del cuadro N<sup>o</sup> 1.2.2.1 y el valor de  $\bar{GP}$ .

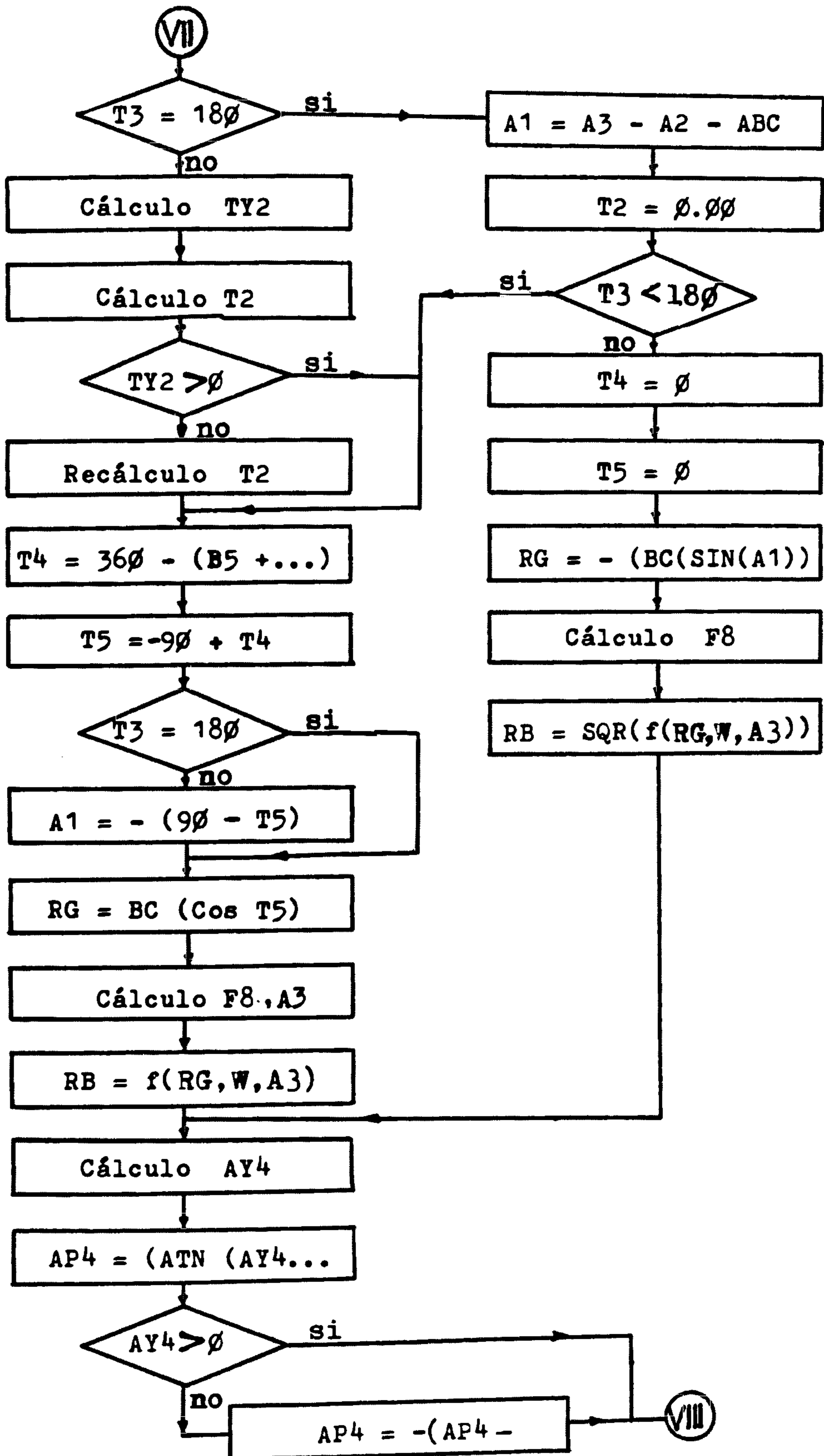
DIAGRAMA PARA EL CALCULO DE LOS CUADROS PARES DEL 1.2.2.2 AL

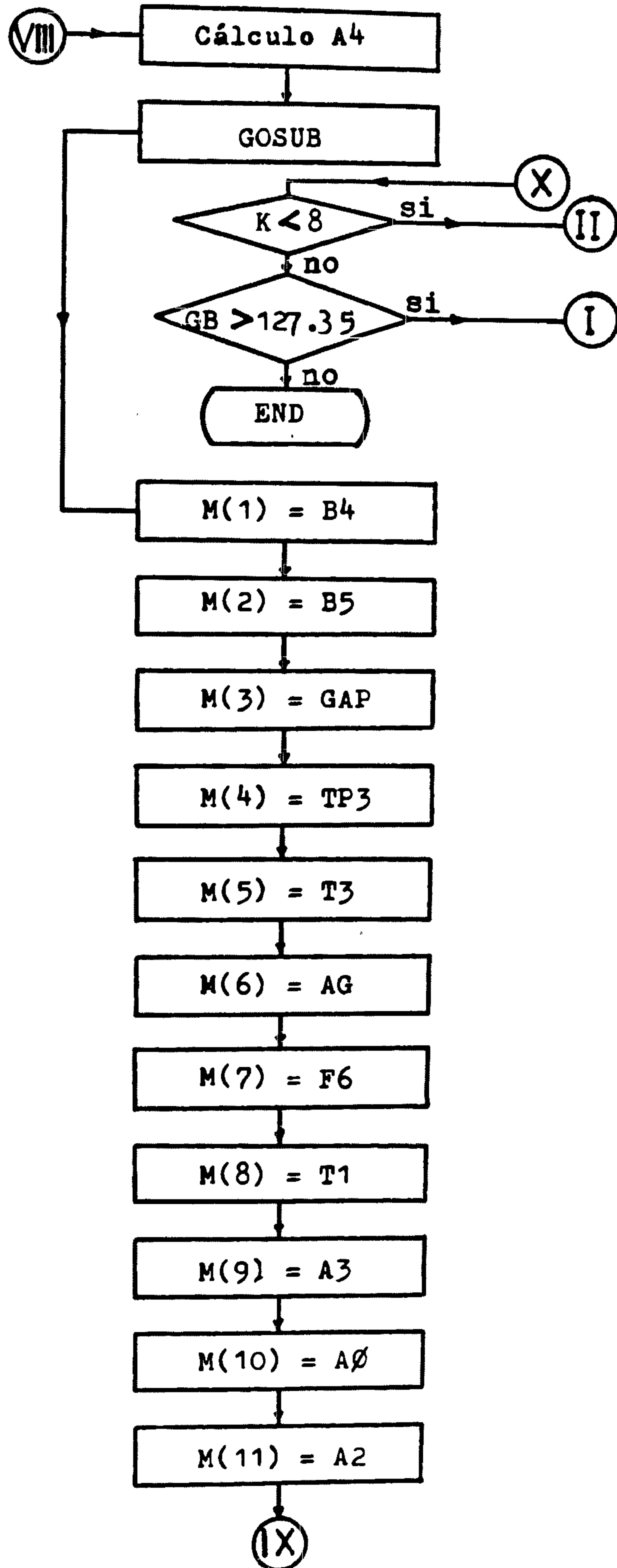
1.2.2.14

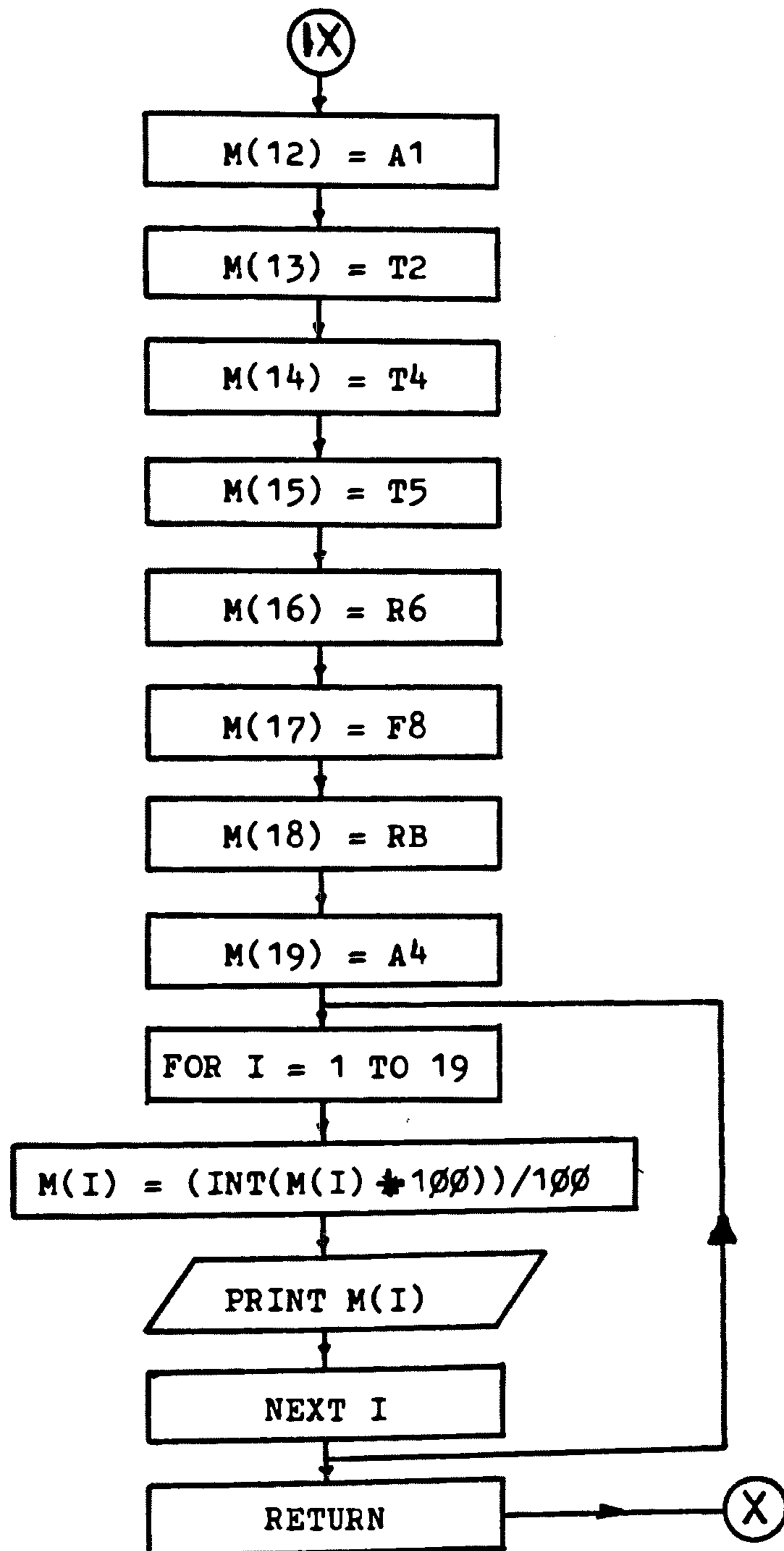












Nota: Al acercarse  $\theta_3(TP^3)$  a  $180^\circ$  hay que afinar el incremento de  $\overline{GP}$  para detectar el pase de  $\theta_3$  por  $180^\circ$  cuando estemos en:

$$\theta_3(TP^3) = \theta_3(T^3) = 180^\circ$$

PROGRAMA PARA EL CALCULO DE LOS CUADROS PARES DEL 1.2.2.2 AL

1.2.2.14

NOMBRE: "PRG FOR CN 1222"

```

5  DATA 57.30, 39.03, 40.64, 37.11, 25.4, 52.7, 64, 533.42
10 READ PI, BP, BA, PBA, PA, BC, ABC, W
12 DIM M(19)
14 INPUT "GB, F7"; GB, F7
18 LET K = 0
20 INPUT "GP' 2"; GP
25 LET K = K + 1
30 FOR J = 1 TO 2
40 IF J = 1 THEN 70
50 PRINT "TODOS DEFINIDOS"
60 INPUT "GP' 1"; GP
70 LET BX = (GB^2 + BP^2 - GP^2)/(2 * GB * BP)
80 IF ABS (BX) > 1 THEN 270
90 LET B4 = (ATN (SQR((1 - BX^2)/BX^2))) * PI
100 IF BX > 0 THEN 120
110 LET B4 = - (B4 - 180)
120 LET B5 = B4 + PBA
130 LET GAP = SQR(GB^2 + BA^2 - 2 * GB * BA * COS(B5/PI))

```



```

14Ø LET TX3 = (GP↑2 + PA↑2 - GAP↑2)/(2* GP * PA)
15Ø LET TP3 = (ATN (SQR((1 - TX3↑2)/TX3↑2)))* PI
16Ø IF TX3 > Ø THEN 18Ø
17Ø LET TP3 = - (TP3 - 18Ø)
18Ø IF J = 2 THEN 21Ø
19Ø LET J2 = TP3
20Ø NEXT J
21Ø LET J1 = TP3
22Ø NEXT J
23Ø IF J2 < J1 OR J2 = J1 THEN 36Ø
24Ø LET C8Ø = INT(J2) + 1
25Ø IF C8Ø = 18Ø THEN 36Ø
26Ø GO TO 33Ø
27Ø PRINT "HAY NO DEFINIDOS"
28Ø INPUT "GP' 1"; GP
29Ø LET B4 = Ø
30Ø LET B5 = Ø
31Ø LET GAP = Ø
32Ø LET TP3 = Ø
33Ø LET T3 = 18Ø
34Ø LET AG = GP + PA
35Ø GO TO 38Ø
36Ø LET T3 = TP3
37Ø LET AG = GAP
38Ø LET FX = (AG↑2 + GB↑2 - BA↑2)/(2* AG * GB)
39Ø LET F6 = (ATN (SQR((1 - FX↑2)/FX↑2)))* PI
40Ø IF FX > Ø THEN 42Ø

```

```

41Ø LET F6 = - (F6 - 18Ø)
42Ø LET T1 = F7 + F6
43Ø LET A3 = 9Ø + T1
44Ø LET AXØ = (AG↑2 + BA↑2 - GB↑2)/(2 * AG * BA)
45Ø LET AØ = (ATN (SQR((1 - AXØ↑2)/AXØ↑2))) * PI
46Ø IF AXØ >Ø THEN 48Ø
47Ø LET AØ = - (AØ - 18Ø)
48Ø LET A2 = 18Ø - AØ
49Ø IF T3 = 18Ø THEN 55Ø
50Ø LET TY2 = (AG↑2 + GP↑2 - PA↑2)/(2 * AG * GP)
51Ø LET T2 = (ATN (SQR((1 - TY2↑2)/TY2↑2))) * PI
52Ø IF TY2 >Ø THEN 54Ø
53Ø LET T2 = - (T2 - 18Ø)
54Ø GO TO 63Ø
55Ø LET A1 = A3 - A2 - ABC
56Ø LET T2 = Ø.ØØ
57Ø IF T3 <18Ø THEN 63Ø
58Ø LET T4 = Ø
59Ø LET T5 = Ø
60Ø LET RG = ((- BC * SIN(A1/PI))/(BA * SIN(A2/PI))) * W
605 LET F8 = T1 + 18Ø
61Ø LET RB = SQR(RG↑2 + W↑2 - 2 * RB * W * COS(A3/PI))
62Ø GO TO 69Ø
63Ø LET T4 = 36Ø - (B5 + ABC + 9Ø - F7)
64Ø LET T5 = -9Ø + T4
65Ø IF T3 = 18Ø THEN 67Ø
66Ø LET A1 = -(9Ø - T5)

```

```

670 LET RG = ((BC * COS(T5/PI))/(GB * SIN((T2 + F6)/PI))) * W
675 LET F8 = T1 + 180 + T2 : LET A3=90+T1+T2
680 LET RB = SQR(RG^2 + W^2 - 2 * RG * W * COS(A3/PI))
690 LET AY4 = (RG * SIN(A3/PI))/(W - RG * COS(A3/PI))
700 LET AP4 = (ATN (SQR(AY4))) * PI
705 LET A4 = -AP4 + 90
710 IF AY4 > 0 THEN 730
720 LET AP4 = -(AP4 - 180)
725 LET A4 = AP4 - 270
730 GOSUB 770
740 IF K < 8 THEN 20
750 IF GB > 127.35 THEN 14
760 END

770 M(1) = B4
780 M(2) = B5
790 M(3) = GAP
800 M(4) = TP3
810 M(5) = T3
820 M(6) = AG
830 M(7) = F6
840 M(8) = T1
850 M(9) = A3
860 M(10) = A0
870 M(11) = A2
880 M(12) = A1
890 M(13) = T2
900 M(14) = T4

```

```

91Ø M(15) = T5
92Ø M(16) = RG
925 M(17) = F8
93Ø M(18) = RB
94Ø M(19) = A4
95Ø FOR I = 1 TO 19
96Ø M(I) = (INT (M(I)* 1ØØ))/1ØØ
97Ø PRINT M(I)
98Ø NEXT I
99Ø RETURN

```

La secuencia precedente calcula las variables de los cuadros pares y la secuencia siguiente nos permitirá calcular el valor de las variables de los cuadros impares del 1.2.2.2 al 1.2.2.15 variando el valor de  $\bar{G}P$

De los gráficos 1.2.5, 1.2.6 y 1.2.7 y las relaciones anteriores obtenemos el gráfico 1.2.8 donde podemos establecer que:

$\lambda_0$  dato y constante

$\bar{F}E$ ,  $\bar{F}D$  datos y constantes

$\bar{D}E$  dato variable

$\lambda_1$  dato variable

$\alpha_4$  dato calculado, función de la reacción  $\bar{R}_B$

$$\lambda_2 = 90 - \lambda_1$$

$$\lambda_3 = \alpha_1 + \lambda_2$$

$$\overline{FD}^2 = \overline{FE}^2 + \overline{DE}^2 - 2\overline{FE} \times \overline{DE} \cos \lambda_4$$

$$\lambda_4 = \text{Arc Cos } \frac{\overline{FE}^2 + \overline{DE}^2 - \overline{FD}^2}{2\overline{FE} \times \overline{DE}}$$

Hallamos las reacciones  $\overline{R}_F$  y  $\overline{R}_D$

$$\sum \overline{M}_F = 0$$

$$R_D (\overline{FE} \text{ Sen } \lambda_4) - R_B (\overline{FB} \text{ Sen } \lambda_3) = 0$$

$$R_D = \frac{\overline{FB} \text{ Sen } \lambda_3}{\overline{FE} \text{ Sen } \lambda_4} R_B$$

$$\theta_9 = 180 - (\alpha_5 + \lambda_4)$$

$$\overline{R}_F = ? \quad \overline{R}_B + \overline{R}_F + \overline{R}_D = 0$$

$$\overline{R}_F = -(\overline{R}_B + \overline{R}_D)$$

$$\lambda_6 = \alpha_5 + \lambda_4$$

$\alpha_5$  ángulo constante gráfico 1.2.8.

$$\lambda_5 = \alpha_4 + \lambda_6$$

$$R_F^2 = R_B^2 + R_D^2 - 2(-R_B) R_D \cos \lambda_5$$

$$R_F = \sqrt{\overline{R}_B^2 + \overline{R}_D^2 + 2\overline{R}_B \overline{R}_D \cos \lambda_5}$$

$$\beta'_1 = \text{Arc Tg } \frac{(-R_B) \cos \alpha_4 + R_D \cos (180 - \lambda_6)}{(R_D \text{ Sen } \lambda_6 + (-R_B) \text{ Sen } \alpha_4)}$$

$$\beta_1' = \text{Arc Tg} \frac{-R_B (\text{Cos } \alpha_4) + R_D (\text{Cos } \lambda_6)}{R_D \text{ Sen } \lambda_6 + (-R_B) (\text{Sen } \alpha_4)}$$

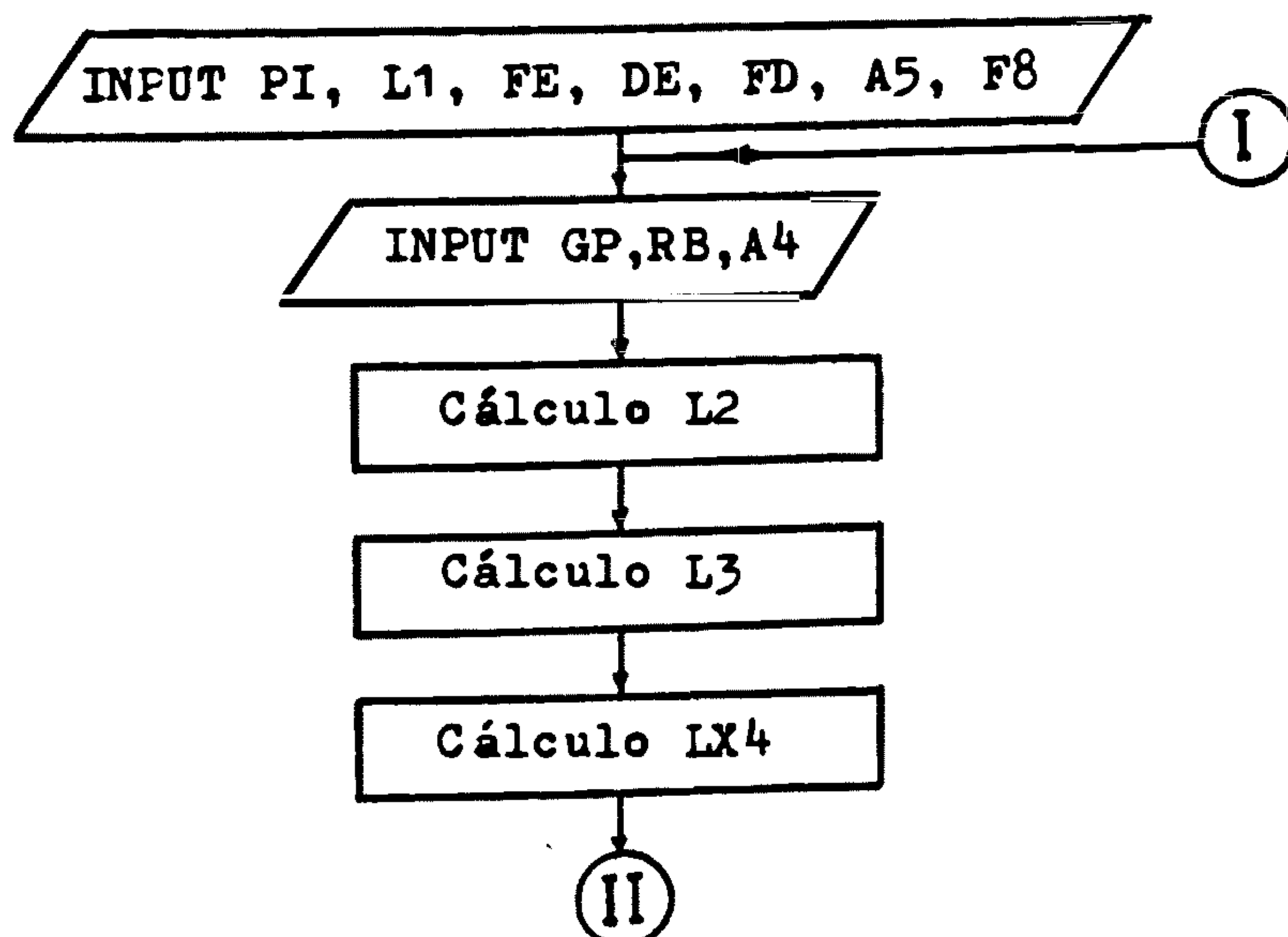
$$\beta_1' = \text{Arc Tg} \frac{-R_B \text{ Cos } \alpha_4 - R_D \text{ Cos } \lambda_6}{R_D \text{ Sen } \lambda_6 - R_B \text{ Sen } \alpha_4}$$

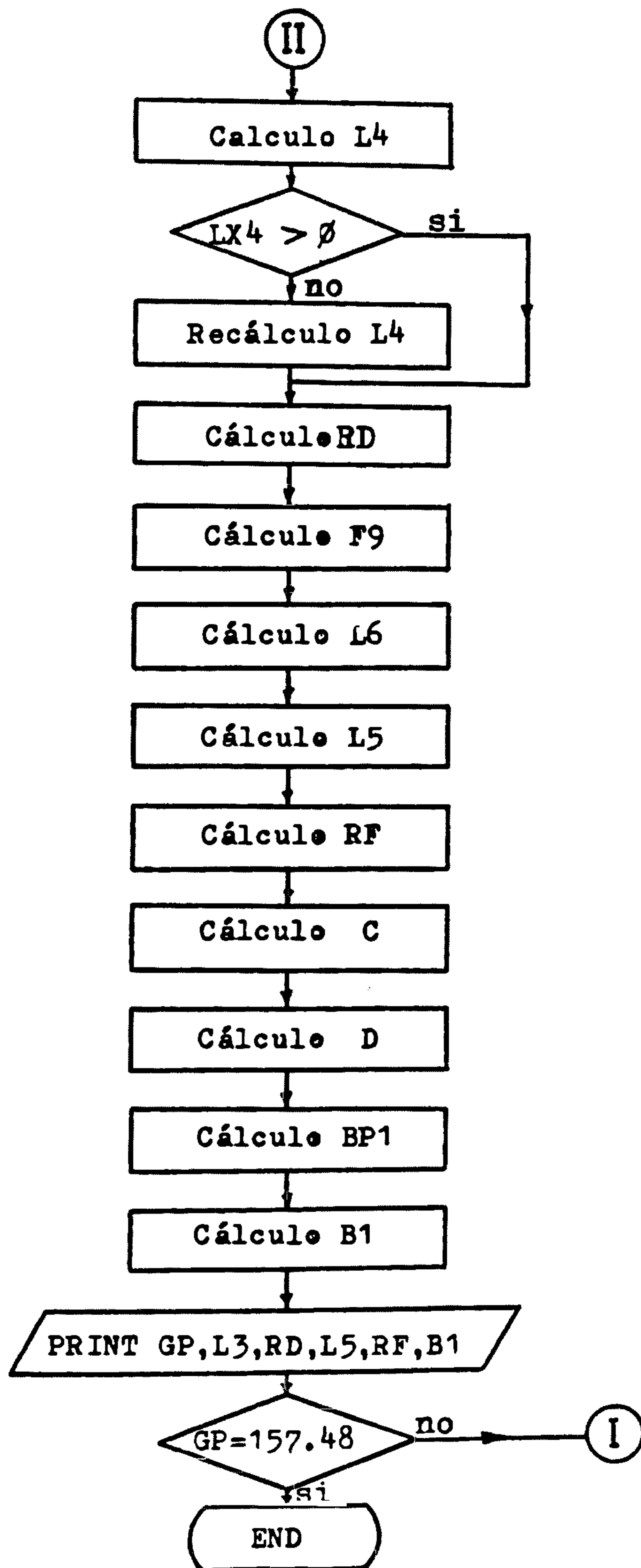
$$\beta_1 = - (\beta_1' + 90)$$

La secuencia de cálculo precedente está representada por el diagrama de flujo y el programa que a continuación se presentan.

Al necesitar este último programa el ingreso de muchos datos para cada iteración hemos centralizado en un sólo algoritmo los cálculos para todos los cuadros pares é impares del 1.2.2.2 al 1.2.2.15

DIAGRAMA PARA EL CALCULO DE LOS CUADROS IMPARES DEL  
1.2.2.3 AL 1.2.2.15





```

10 INPUT PI,L1,FE,DE,FD,A5,FB
20 INPUT GP,RB,A4
30 LET L2=90-L1
40 LET L3= A4+L2
50 LET LX4=(FE↑2+DE↑2-FD↑2)/(2*FE*DE)
60 LET L4=(ATN(SQR((1-LX4↑2)/LX4↑2)))*PI
70 IF LX4 > 0 THEN 90
80 LET L4=-(L4-180)
90 LET RD=((FB*SIN(L3/PI))/(FE*SIN (L4/PI)))* RB
95 LET F9=180-(A5+L4)
100 LET L6=A5+L4
110 LET L5= (A4 + L6)
120 LET RF=SQR(RB↑2+RD↑2+2*RB*RD*COS (L5/PI))
130 LET C=-RB*COS(A4/PI)-RD*COS(L6/PI)
140 LET D=RD*SIN(L6/PI)-RB*SIN(A4/PI)
150 LET BP1=(ATN(C/D))*PI
155 LET B1= -(BP1+90)
160 PRINT GP,L3,RD,L5,RF,B1
170 IF GP=157.48 THEN 190
180 GO TO 20
190 END

```



1.2.2.2.-Cálculos sobre las Relaciones Analíticas del Sistema de Volteo

Vamos a tabular los datos reales a partir de los gráficos 1.2.4, 1.2.5 y 1.2.6.

$$\begin{array}{ll} \overline{DE}_{\text{Min}} = 781.05 \text{ mm} & \overline{DE}_{\text{Max}} = 1122.36 \text{ mm} \\ \overline{GP}_{\text{Min}} = 1057.28 \text{ mm} & \overline{GP}_{\text{Max}} = 1574.80 \text{ mm} \\ \overline{FD} = 288.93 \text{ mm} & \overline{DB} = 1104.90 \text{ mm} \\ \overline{FB} = 1371.60 \text{ mm} & \overline{GF} = 381 \text{ mm} \\ \overline{FE} = 876.30 \text{ mm} & \overline{AB} = 406.40 \text{ mm} \\ \overline{BC} = 527 \text{ mm} & \overline{AC} = 512 \text{ mm} \end{array}$$

$$\overline{PA} = 254 \text{ mm.}$$

$$\alpha_5 = 125^\circ$$

Estos datos a escala 1:10, para los cálculos siguientes tendremos:

$$\begin{array}{ll} \overline{DE}_{\text{Min}} = 78.1 \text{ mm.} & \overline{DE}_{\text{Max}} = 112.24 \text{ mm.} \\ \overline{GP}_{\text{Min}} = 105.73 \text{ mm.} & \overline{GP}_{\text{Max}} = 157.48 \text{ mm.} \\ \overline{FD} = 28.89 \text{ mm.} & \overline{DB} = 110.49 \text{ mm.} \\ \overline{FB} = 137.16 \text{ mm.} & \overline{GF} = 38.1 \text{ mm.} \\ \overline{FE} = 87.63 \text{ mm.} & \overline{AB} = 40.64 \text{ mm.} \\ \overline{BC} = 52.7 \text{ mm.} & \overline{AC} = 51.2 \text{ mm.} \\ \overline{PA} = 25.4 \text{ mm.} & \overline{BP} = 39.03 \text{ mm.} \end{array}$$

1.2.2.2.1.-Cálculos a partir del gráfico 1.2.5

Los cálculos a efectuar-

se se harán desplazando a lo largo de toda su carrera  $\overline{GP}$  (pistón de volteo) para cada valor que toma  $\overline{DE}$  (pistón de levante).

Completando los datos enumerados a escala de todos los elementos del sistema, para efecto de cálculos tendremos además:

$$\begin{aligned} \phi_4 &= 55^\circ & \beta_2 &= 132^\circ \\ \angle DFB &= 22^\circ & \angle ABC &= 64^\circ \\ W &= 533.42 \text{ Kgr.} & \lambda_0 &= 35^\circ \end{aligned}$$

El orden para efectuarse los cálculos se fundamenta en el diagrama de flujo de los programas respectivos para los cálculos del modelo Wagner sin carga, siendo este último más complejo que la secuencia detallada para los cálculos del modelo Jarvis Clark.

Esta secuencia de cálculos estará en función de la variación de  $\overline{DE}$  que representa el pistón de izaje, utilizan

do todos los datos a escala.

$$\overline{DE} \in [78.1 \text{ mm}, 112.24 \text{ mm.}]$$

$$\begin{aligned} \phi_1 &= \text{ArcCos} \frac{\overline{FD}^2 + \overline{FE}^2 - \overline{DE}^2}{2\overline{FD} \times \overline{FE}} \\ &= \text{ArcCos} \frac{(28.89)^2 + (87.63)^2 - \overline{DE}^2}{2(28.89)(87.63)} \end{aligned}$$

$$\phi_1 = \text{ArcCos} \frac{8513.65 - \overline{DE}^2}{5063.26}$$

$$\phi_2 = \phi_1 + 22$$

$$\lambda_2 = 180 - 55 - \phi_2$$

$$\lambda_2 = 125 - \phi_2$$

$$\lambda_1 = 90 - \lambda_2$$

$$\beta_3 = 360 - (162 + \lambda_1)$$

$$\beta_3 = 198 - \lambda_1$$

Entonces:

$$\overline{GB} = \sqrt{(38.1)^2 + (137.16)^2 - 2(38.1)(137.16) \cos \beta_3}$$

$$\overline{GB} = \sqrt{20264.48 - 10451.59 \cos \beta_3}$$

$$\phi_5 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GB}^2 + \overline{FB}^2 - \overline{GF}^2}{2(\overline{GB})(\overline{FB})}$$

$$= \text{ArcCos} \frac{\overline{GB}^2 + (137.16)^2 - (38.1)^2}{2(\overline{GB})(137.16)}$$

$$\phi_5 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GB}^2 + 17361.26}{274.32(\overline{GB})}$$

$$\phi_7 = -(\phi_5 + \lambda_2)$$

De las relaciones anteriores podemos obtener el cuadro 1.2.2.1.

CUADRO 1.2.2.1

$\overline{DE}$	$\phi_1$	$\phi_2$	$\lambda_2$	$\lambda_1$	$\beta_3$	$\overline{GB}$	$\phi_5$	$\phi_7$
mm	o	o	o	o	o	mm	o	o
78.1	61.52	83.52	41.47	48.52	149.47	171.07	6.49	-47.97
85	75.26	97.26	27.73	62.26	135.73	166.57	9.18	-36.93
90	85.32	107.32	17.67	72.32	125.67	162.35	10.97	-28.68
95	95.79	117.79	7.20	82.79	115.20	157.20	12.66	-19.88
100	107.06	129.06	-4.07	94.06	103.93	150.93	14.18	-10.12
105	119.73	141.73	-16.74	106.73	91.26	143.15	15.43	1.99
112.24	143.76	165.76	-40.77	130.76	67.23	127.35	16.01	24.75

Los valores calculados son consecuencia de la variación del valor  $\overline{DE}$  (pistón de izaje) sin mover el pistón de volteo.

Necesitamos saber como varían las fuerzas en los pistones a lo largo del movimiento de la cuchara ya sea en ángulo ó en altura. Para ello debemos variar el pistón de volteo  $\overline{GP}$  a lo largo de toda su carrera para cada posición del pistón de izaje ( $\overline{DE}$ ).

#### 1.2.2.2.2.-Cálculos a partir del gráfico 1.2.6.

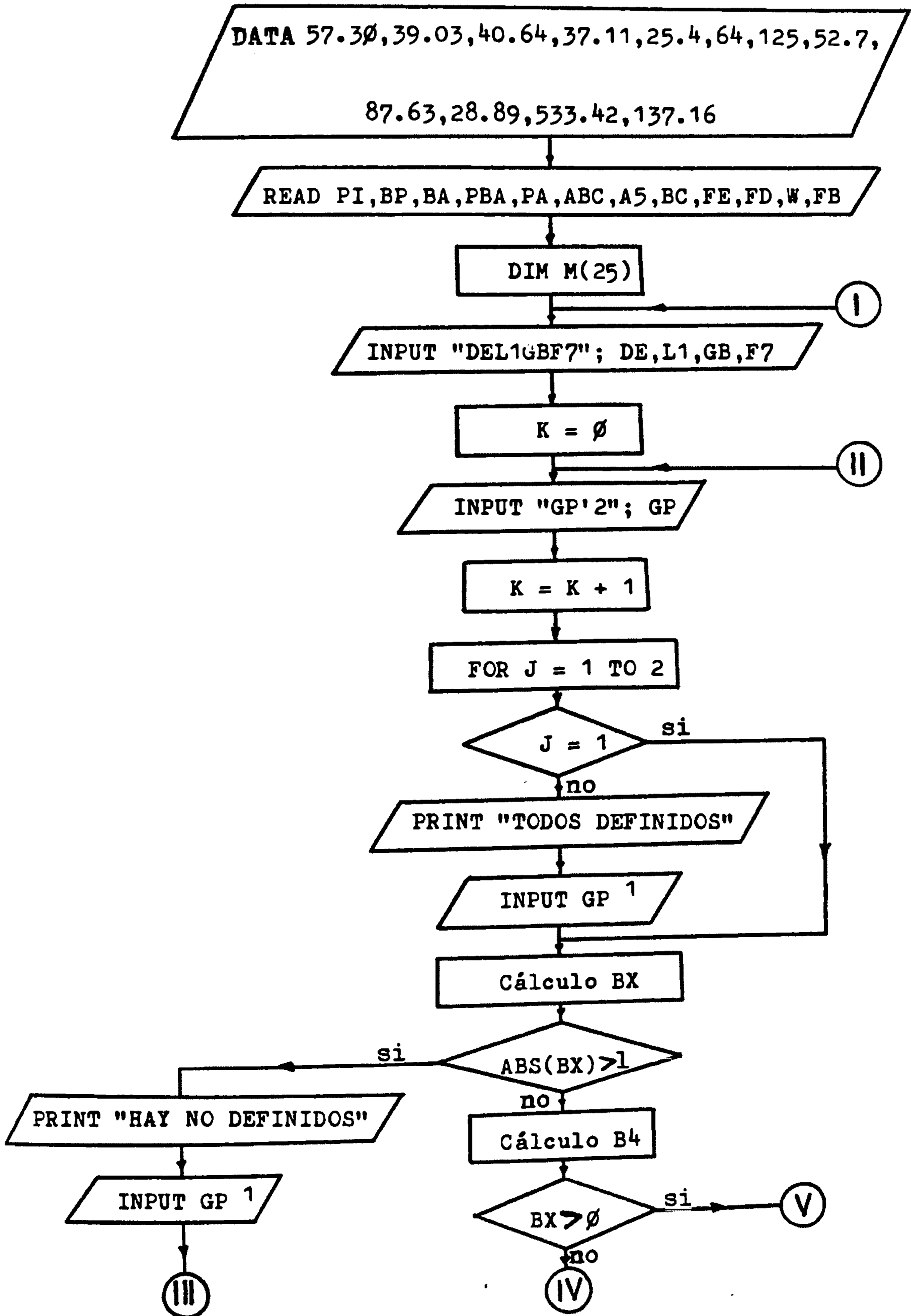
En ésta secuencia unificaremos los dos diagramas de flujo con sus programas respectivos para con un solo diagrama de flujo y su correspondiente programa obtengamos las variables de los cuadros 1.2.2.2 al 1.2.2.15 en su totalidad. Dentro de estos cuadros resaltaremos que

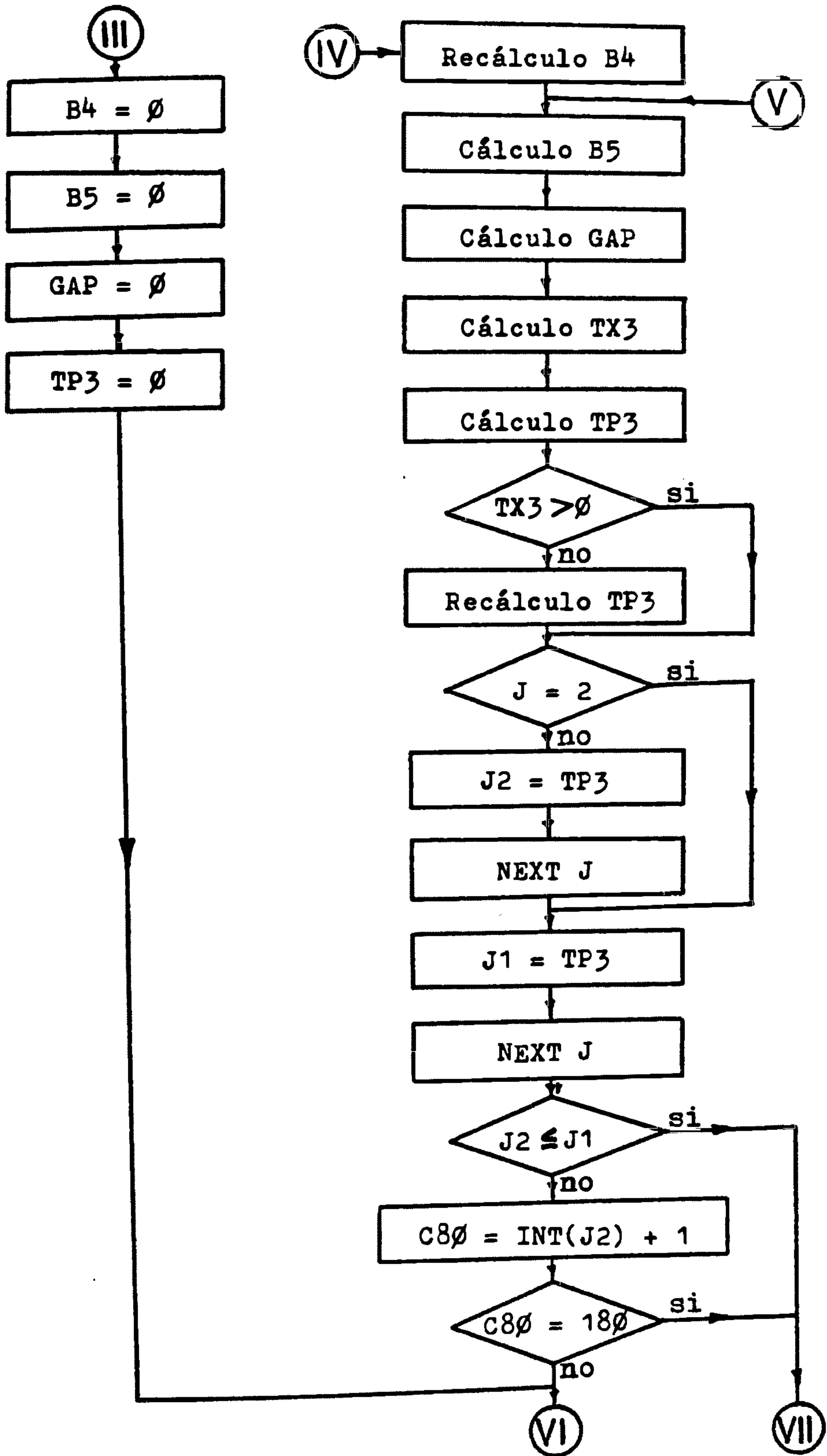
el objetivo es encontrar las reacciones  $\bar{R}_G, \bar{R}_B, \bar{R}_D$  y  $\bar{R}_F$  con sus ángulos respectivos de inclinación respectivamente variando  $\bar{GP}$  (pistón de volteo) para cada valor de  $\bar{DE}$  (pistón de levante) y el conjunto de variables del cuadro 1.2.2.1 debido a que para cada valor de  $\bar{DE}$  variamos al pistón de volteo a lo largo de su carrera.

Al igual que los programas precedentes la variable suscrita M sirve para obtener una impresión de resultados ordenada y con dos cifras

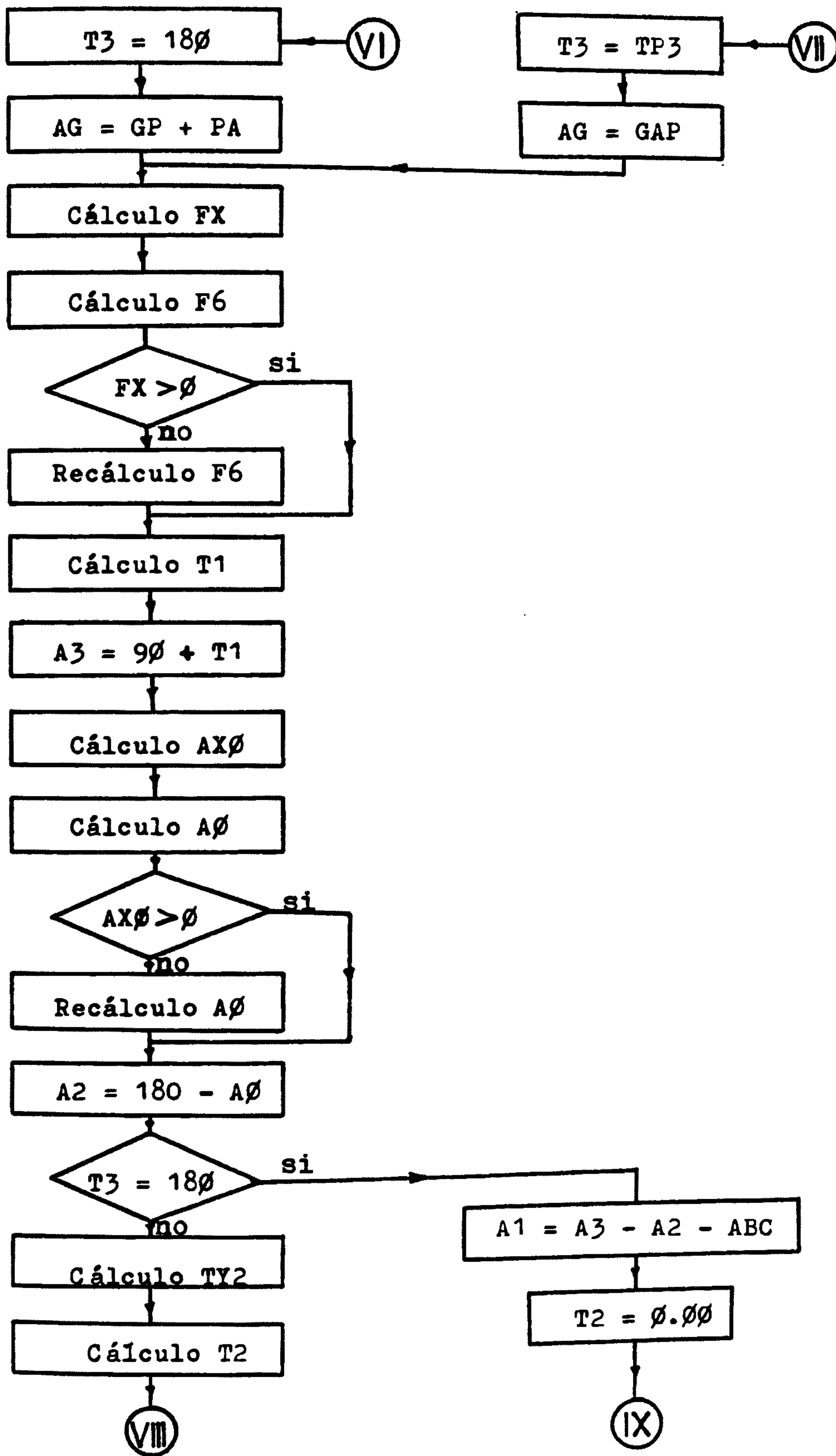
El programa trabaja con variables y cálculos genéricos a diferencia de las secuencias de cálculo que preceden a los cuadros de resultados que han sido reducidos algebraicamente con sus valores constantes para facilitar el cálculo manual.

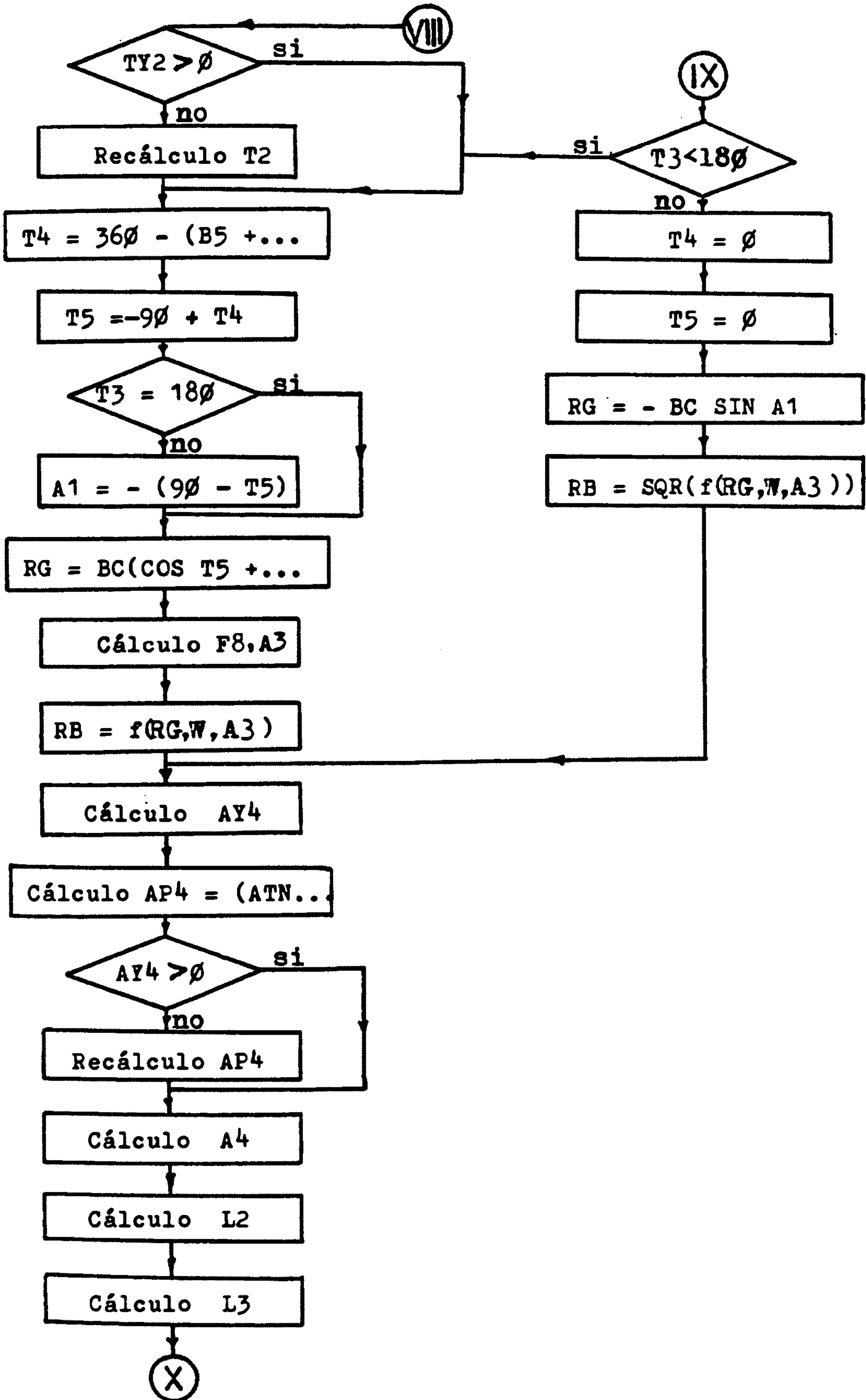
DIAGRAMA PARA EL CALCULO DE LOS CUADROS DEL 1.2.2.2 AL 1.2.2.15.

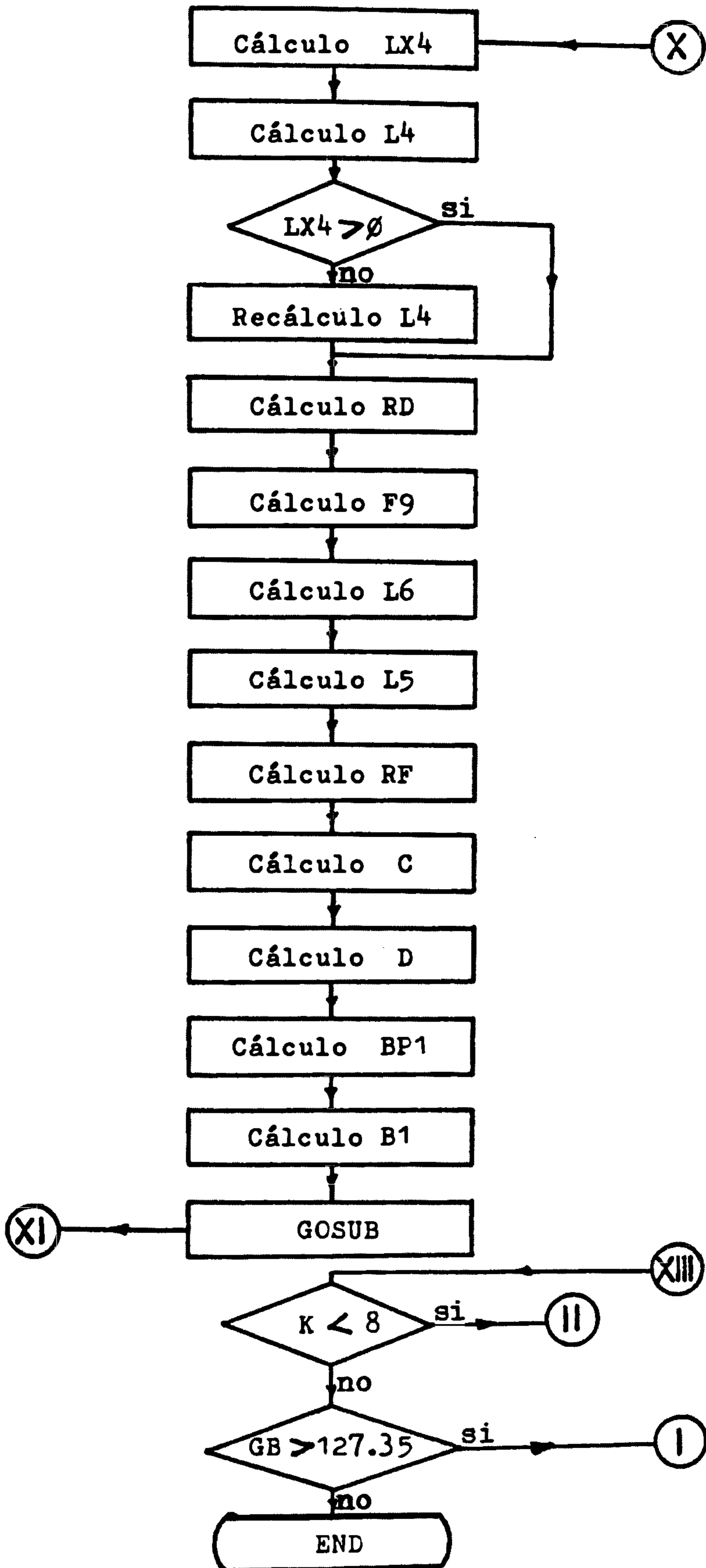


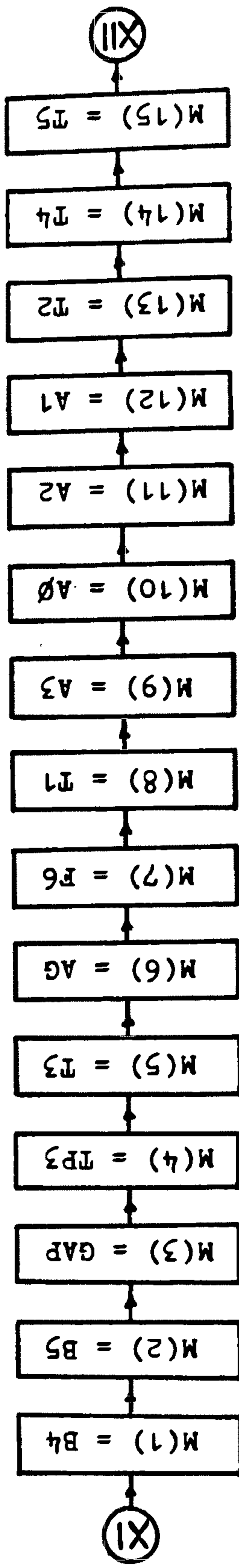


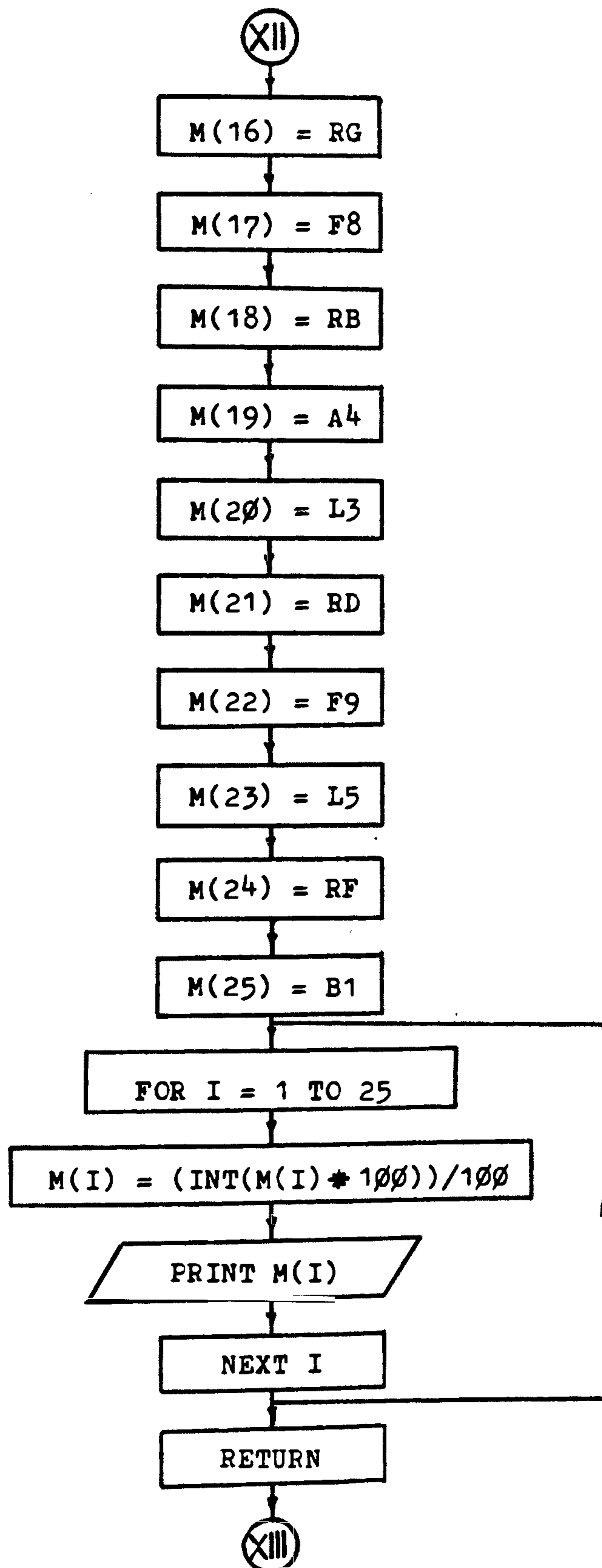












PROGRAMA PARA EL CALCULO DE LOS CUADROS DEL 1.2.2.2. AL 1.2.2.15

NOMBRE: "PRG FOR CN122I"

5 DATA 57.30,39.03,40.64,37.11,25.4,64,125,52.7,87.63,28.89,  
533.42, 137.16

10 READ PI,BP,BA,PBA,PA,ABC,A5,BC,FE,FD,W,FB

12 DIM M(25)

14 INPUT "DEL1GBF7"; DE,L1,GB,F7

18 LET K = 0

20 INPUT "GP'2"; GP

25 LET K = K + 1

30 FOR J = 1 TO 2

40 IF J = 1 THEN 70

50 PRINT "TODOS DEFINIDOS"

60 INPUT "GP'1 "; GP

70 LET BX = (GB<sup>2</sup> + BP<sup>2</sup> - GP<sup>2</sup>)/(2\*GB\*BP)

80 IF ABS(BX) > 1 THEN 270

90 LET B4 = (ATN(SQR((1 - BX<sup>2</sup>)/BX<sup>2</sup>))) \* PI

100 IF BX > 0 THEN 120

110 LET B4 = - (B4 - 180)

120 LET B5 = B4 + PBA

130 LET GAP = SQR(GB<sup>2</sup> + BA<sup>2</sup> - 2\*GB\*BA\*COS(B5/PI))

140 LET TX3 = (GP<sup>2</sup> + PA<sup>2</sup> - GAP<sup>2</sup>)/(2\*GP\*PA)

150 LET TP3 = (ATN(SQR((1 - TX3<sup>2</sup>)/TX3<sup>2</sup>))) \* PI

160 IF TX3 > 0 THEN 180

170 LET TP3 = - (TP3 - 180)

180 IF J = 2 THEN 210

190 LET J2 = TP3

```

200 NEXT J
210 LET J1 = TP3
220 NEXT J
230 IF J2 < J1 OR J2 = J1 THEN 360
240 LET C80 = INT (J2) + 1
250 IF C80 = 180 THEN 360
260 GO TO 330
270 PRINT "HAY NO DEFINIDOS"
280 INPUT "GP'1"; GP
290 LET B4 = 0
300 LET B5 = 0
310 LET GAP = 0
320 LET TP3 = 0
330 LET T3 = 180
340 LET AG = GP + PA
350 GO TO 380
360 LET T3 = TP3
370 LET AG = GAP
380 LET FX = (AG↑2 + GB↑2 - BA↑2)/(2 * AG * GB)
390 LET F6 = (ATN(SQR((1 - FX↑2)/FX↑2))) * PI
400 IF FX > 0 THEN 420
410 LET F6 = - (F6 - 180)
420 LET T1 = F7 + F6
430 LET A3 = 90 + T1
440 LET AX0 = (AG↑2 + BA↑2 - GB↑2)/(2 * AG * BA)
450 LET A0 = (ATN(SQR((1 - AX0↑2)/AX0↑2))) * PI
460 IF AX0 > 0 THEN 480

```

```

470 LET A0 = - (A0 - 180)
480 LET A2 = 180 - A0
490 IF T3 = 180 THEN 550
500 LET TY2 = (AG↑2 + GP↑2 - PA↑2)/(2 * AG * GP)
510 LET T2 = (ATN(SQR((1 - TY2↑2)/TY2↑2))) * PI
520 IF TY2 > 0 THEN 540
530 LET T2 = - (T2 - 180)
540 GO TO 630
550 LET A1 = A3 - A2 - ABC
560 LET T2 = 0.00
570 IF T3 < 180 THEN 630
580 LET T4 = 0
590 LET T5 = 0
600 LET RG = ((-BC * SIN(A1/PI))/(BA * SIN(A2/PI))) * W
605 LET F8 = T1 + 180
610 LET RB = SQR(RG↑2 + W↑2 - 2 * RB * W * COS(A3/PI))
620 GO TO 690
630 LET T4 = 360 - (B5 + ABC + 90 - F7)
640 LET T5 = -90 + T4
650 IF T3 = 180 THEN 670
660 LET A1 = - (90 - T5)
670 LET RG = ((BC * COS(T5/PI))/(GB * SIN((T2 + F6)/PI))) * W
675 LET F8 = T1 + 180 + T2 : LET A3 = 90 + T1 + T2
680 LET RB = SQR(RG↑2 + W↑2 - 2 * RG * W * COS(A3/PI))
690 LET AY4 = (RG * SIN(A3/PI))/(W - RG * COS(A3/PI))
700 LET AP4 = (ATN(SQR(AY4))) * PI
705 LET A4 = -AP4 + 90

```



```

710 IF AY4 > 0 THEN 730
720 LET AP4 = -(AP4 - 180)
725 LET A4 = AP4 - 270
730 LET L2 = 90 - L1
740 LET L3 = A4 + L2
750 LET LX4 = (FE↑2 + DE↑2 - FD↑2)/(2 * FE * DE)
760 LET L4 = (ATN(SQR((1 - LX4↑2)/LX4↑2))) * PI
770 IF LX4 > 0 THEN 790
780 LET L4 = - (L4 - 180)
790 LET RD = ((FB * SIN(L3/PI))/(FE * SIN(L4/PI))) * RB
795 LET F9 = 180 - (A5 + L4)
800 LET L6 = A5 + L4
810 LET L5 = A4 + L6
820 LET RF = SQR(RB↑2 + RD↑2 + 2 * RB * RD * COS(L5/PI))
830 LET C = -RB * COS(A4/PI) - RD * COS(L6/PI)
840 LET D = RD * SIN(L6/PI) - RB * SIN(A4/PI)
850 LET BR1 = (ATN(C/D)) * PI
855 LET B1 = - (BR1 + 90)
860 GOSUB 900
870 IF K < 8 THEN 20
880 IF GB > 127.35 THEN 14
890 END
900 M(1) = B4
910 M(2) = B5
920 M(3) = GAP
930 M(4) = TP3
940 M(5) = T3

```

```
95Ø M(6) = AG
96Ø M(7) = F6
97Ø M(8) = T1
98Ø M(9) = A3
99Ø M(10) = AØ
1ØØØ M(11) = A2
1Ø1Ø M(12) = A1
1Ø2Ø M(13) = T2
1Ø3Ø M(14) = T4
1Ø4Ø M(15) = T5
1Ø5Ø M(16) = RG
1Ø55 M(17) = F8
1Ø6Ø M(18) = RB
1Ø7Ø M(19) = A4
1Ø8Ø M(20) = L3
1Ø9Ø M(21) = RD
1Ø95 M(22) = F9
11ØØ M(23) = L5
111Ø M(24) = RF
112Ø M(25) = B1
113Ø FOR I = 1 TO 25
114Ø M(I) = (INT(M(I)*1ØØ))/1ØØ
115Ø PRINT M(I)
116Ø NEXT I
117Ø RETURN
```

Continuaremos trabajando con los valores a escala 1:10 a partir del cuadro 1.2.2.1, tendremos los valores constantes:  $\overline{DE} = 78.1 \text{ mm.}$   $\overline{GB} = 171.07 \text{ mm.}$   $\theta_7 = -47.97^\circ$

Peso de la cuchara

$$W = 533.42 \text{ Kgr.}$$

Para estos valores debemos obtener el cuadro 1.2.2.2, variando  $\overline{GP}$  (el pistón de volteo) siguiendo la secuencia de cálculos que continúa:

$\beta_4$  es:

$$\beta_4 = \text{ArcCos} \frac{(171.07)^2 + (39.03)^2 - (\overline{GP})^2}{2(171.07)(39.03)}$$

$$\beta_4 = \text{ArcCos} \frac{30788.29 - \overline{GP}^2}{13353.72}$$

Si  $\beta_4$  es definido entonces:

$$\beta_5 = \beta_4 + 37.11$$

$$\overline{GA}' = \sqrt{(171.07)^2 + (40.64)^2 - 2(171.07)(40.64) \cos \beta_5}$$

$$\overline{GA}' = \sqrt{29264.94 - 13904.57 \cos \beta_5}$$

$$\theta_3' = \text{ArcCos} \frac{\overline{GP}^2 + (25.4)^2 - (\overline{GA}')^2}{50.80 (\overline{GP})}$$

Si  $\beta_4$  indefinido ó  $\theta_3' < 180^\circ$  y  $\theta_3'$  no llegó aún a  $180^\circ$ .

$$\theta_3 = 180 \text{ y } \overline{GA} = \overline{GP} + 25.4$$

Si  $\theta'_3 = 180$  ó después de que

$$\theta'_3 \text{ llegó a } 180, \theta'_3 = 180$$

entonces:  $\theta'_3 = \theta_3$  y

$$\overline{GA} = \overline{GA}'.$$

seguidamente:

$$\phi_6 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GA}^2 + (171.07)^2 - (40.64)^2}{2(\overline{GA})(171.07)}$$

$$\phi_6 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GA}^2 + 27613.34}{342.14(\overline{GA})}$$

$$\theta_1 = -47.97 + \phi_6, \text{ además}$$

$$\alpha_3 = 90 + \theta_1$$

Continuando:

Si  $\theta_3 = 180$  y  $\theta'_3$  aún no llegó a  $180^\circ$   $\theta_2 = 0$   $\theta_4$  y

$\theta_5$  serán definidos siempre

que  $\beta_4$  lo sea:

$$\alpha_0 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GA}^2 + (40.64)^2 - (171.07)^2}{2(\overline{GA})(40.64)}$$

$$\alpha_0 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GA}^2 - 27613.34}{81.28(\overline{GA})}$$

$$\alpha_2 = 180 - \alpha_0$$

Ya conocemos  $\alpha_3$  entonces:

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - 64^\circ$$

Si  $\theta'_3$  llegó a  $180^\circ$  tendríamos

mos  $\theta'_3 = \theta_3$  y:

$$\theta_2 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GA}^2 + \overline{GP}^2 - (25.4)^2}{2(\overline{GA})(\overline{GP})}$$

$$\theta_4 = 158.03 - \beta_5$$

$$\theta_5 = -90 + \theta_4, \text{ también:}$$

$$\alpha_1 = -(90 - \theta_5) \text{ según gráfico 1.2.7}$$

Hallamos las reacciones  $\overline{R}_G$  y  $\overline{R}_B$

$$\text{Si } \theta_3 \leq 180 \neq \theta_3$$

$$R_G = - \frac{52.7 \text{ Sen } \alpha_1}{40.64 \text{ Sen } \alpha_2} \times 533.42$$

$$R_G = - 691.71 \frac{\text{Sen } \alpha_1}{\text{Sen } \alpha_2}$$

$$\phi_8 = \theta_1 + 180$$

$$\text{Si } \theta_3 = \theta'_3 \leq 180^\circ$$

$$R_G = \frac{52.7 \text{ Cos } \theta_5}{171.07 \text{ Sen}(\theta_2 + \phi_6)} \times 533.42$$

$$R_G = 164.33 \frac{\text{Cos } \theta_5}{\text{Sen}(\theta_2 + \phi_6)}$$

$$\phi_8 = \theta_1 + 180 + \theta_2$$

$$\text{Ahora: } \alpha_3 = 90 + \theta_1 + \theta_2$$

$$R_B = \sqrt{\overline{R}_G^2 + (533.42)^2 - 2(R_G)(533.42) \text{Cos } \alpha_3}$$

$$R_B = \sqrt{\overline{R}_G^2 + (533.42)^2 - 1066.84 R_G \text{Cos } \alpha_3}$$

Seguidamente:

$$\alpha'_4 = \text{Arctg} \frac{R_G \text{ Sen } \alpha_3}{W - R_G \text{ Cos } \alpha_3}$$

$$\alpha_4 = -(\alpha'_4 - 90)$$

CUADRO 1.2.2.2

	mm	105.73	110	118	126	134	142	150	157.48
$\bar{GP}$	0	-	-	-	-	16.06	37.29	51.63	63.36
$\beta_4$	0	-	-	-	-	53.17	74.40	88.74	100.47
$\beta_5$	0	-	-	-	-	150.27	164.85	174.96	182.87
$\overline{GA}$	mm	-	-	-	-	125.78	151.95	168.46	178.35
$\theta'_3$	0	-	-	-	-	180	180	180	178.35
$\theta_3$	0	180	180	180	180	159.39	167.39	175.39	182.87
$\overline{GA}$	mm	131.12	135.39	143.39	151.39	159.39	167.39	175.39	182.87
$\varphi_6$	0	2.87	7.33	10.90	12.68	13.53	13.73	13.39	12.62
$\theta_1$	0	-45.10	-40.64	-37.07	-35.29	-34.44	-34.24	-34.58	-35.35
$\alpha_3$	0	44.90	49.36	52.93	54.71	55.56	55.76	55.42	54.88
$\alpha_0$	0	167.81	147.48	127.21	112.40	99.79	88.28	77.23	66.91
$\alpha_2$	0	12.18	32.51	52.78	67.59	80.20	91.71	102.76	113.08
$\alpha_1$	0	-31.28	-47.16	-63.86	-76.88	-88.64	-99.96	-111.34	-122.45
$\theta_2$	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22

CUADRO 1.2.2.2 ( Continuación )

	mm	105.73	110	118	126	134	142	150	157.48
$\theta_4$	o	-	-	-	-	-	-	-	57.55
$\theta_5$	o	-	-	-	-	-	-	-	-32.45
$R_G$	Kgr	1701.87	943.38	779.67	728.66	701.75	681.82	660.63	623.50
$\phi_8$	o	134.90	139.36	142.93	144.71	145.56	145.76	145.42	144.88
$R_B$	Kgr	1376.53	720.46	625.34	605.33	594.68	583.11	566.57	539.08
$\alpha_4$	o	-29.23	-6.45	5.81	10.70	13.27	14.89	16.24	18.90

De los gráficos 1.2.7 y 1.2.8 podemos también hacer la secuencia de cálculos respectivos a partir de las relaciones analíticas obtenidas teniendo en cuenta que para  $\overline{DE} = 78.1 \text{ mm}$ ,  $\lambda_1 = 48.52^\circ$   $\lambda_0 = 35^\circ$ , tendremos las relaciones siguientes:

$$\lambda_2 = 90 - 48.52 = 41.48^\circ$$

$$\lambda_3 = \alpha_4 + \lambda_2$$

$$\lambda_3 = \alpha_4 + 41.48$$

$$\lambda_4 = \text{ArcCos} \frac{(87.63)^2 + (78.1)^2 - (28.89)^2}{2(87.63)(78.1)}$$

$$\lambda_4 = 18.98^\circ$$

$$R_D = \frac{\overline{FB} \text{ Sen } \lambda_3}{\overline{FB} \text{ Sen } \lambda_4} \quad R_B = \frac{137.16 \text{ Sen } \lambda_4}{87.63 \text{ Sen } 18.98} \quad R_B$$

$$R_D = \text{Sen } \lambda_3 \frac{R_B}{0.208} \quad \phi_9 = 180 - (\alpha_5 + \lambda_4)$$

$$\lambda_6 = \alpha_5 + \lambda_4 = 125 + 18.98 \quad \lambda_6 = 143.98$$

$$\lambda_5 = \lambda_6 - \alpha_4 = 143.98 + \alpha_4$$

$$R_F = \sqrt{\overline{R}_B^2 + \overline{R}_D^2 + 2\overline{R}_B\overline{R}_D \text{ Cos } \lambda_5}$$

$$\beta'_1 = \text{ArcTg} \frac{-R_B \text{ Cos } \alpha_4 - R_D \text{ Cos } \lambda_6}{R_D \text{ Sen } \lambda_6 - R_B (\text{ Sen } \alpha_4)} = \text{ArcTg} \frac{-R_B \text{ Cos } \alpha_4 + 0.809 R_D}{0.588 R_D - R_B \text{ Sen } \alpha_4}$$

$$\beta_1 = -(\beta'_1 + 90)$$

Con las relaciones anteriores podemos obtener el cuadro 1.2.2.3 como continuación del cuadro 1.2.2.2



CUADRO 1.2.2.3

$\bar{G}_P$	mm	105.73	110	118	126	134	142	150	157.48
$\lambda_3$	o	12.25	35.03	47.29	52.18	54.75	56.37	57.72	60.38
$R_D$	kgf	1406.88	1990.72	2212.06	2301.82	2337.74	2337.13	2305.67	2255.88
$\varphi_9$	o	36.02	36.02	36.02	36.02	36.02	36.02	36.02	36.02
$\lambda_5$	o	114.75	137.52	149.79	154.68	157.25	158.87	160.21	162.88
$R_F$	kgf	1500.91	1538.34	1701.05	1773.69	1804.09	1805.55	1782.93	1747.94
$\beta_1$	o	-87.57	-125.54	-133.31	-135.58	-136.65	-137.29	-137.80	-138.76

De la misma manera para los valores  $\overline{DE} = 85$  mm,  $\overline{GB} = 166.57$  mm y  $\theta_7 = 36.93^\circ$  debemos obtener el cuadro 1.2.2.4 con el mismo rango de variación de  $\overline{GP}$ .

$$\beta_4 = \text{ArcCos} \frac{(166.57)^2 + (39.03)^2 - (\overline{GP})^2}{2(166.57)(39.03)}$$

$$\beta_4 = \text{ArcCos} \frac{29222.22 - (\overline{GP})^2}{13002.45}$$

Si  $\beta_4$  es definido entonces:

$$\beta_5 = \beta_4 + 37.11$$

$$\overline{GA}' = \sqrt{(166.57)^2 + (40.64)^2 - 2(166.57)(40.64) \cos \beta_5}$$

$$\overline{GA}' = \sqrt{29397.17 - 13538.81 \cos \beta_5}$$

$$\theta_3 = \text{ArcCos} \frac{(\overline{GP})^2 + (25.4)^2 - (\overline{GA}')^2}{50.80 (\overline{GP})}$$

Si  $\beta_4$  indefinido ó  $\theta_3' < 180$  y  $\theta_3'$  no llegó aún a  $180^\circ$

$$\theta_3 = 180 \text{ y } \overline{GA} = \overline{GP} + 25.4$$

Si  $\theta_3' = 180$  ó después de que

$$\theta_3 \text{ llegó a } 180, \theta_3 < 180$$

entonces:

$$\theta_3' = \theta_3 \text{ y } \overline{GA} = \overline{GA}'$$

seguidamente:

$$\theta_6 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GA}^2 + (166.57)^2 - (40.64)^2}{2(\overline{GA})(166.57)}$$

$$\theta_6 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GA}^2 + 26093.96}{333.14 (\overline{GA})}$$

$$\theta_1 = -36.93 + \theta_6$$

Además:

$$\alpha_3 = 90 + \theta_1$$

Continuando:

Si  $\theta_3 = 180$  y  $\theta'_3$  aún no llegó a 180  $\theta_2 = 0$ ,  $\theta_4$  y  $\theta_5$

son indefinidos hasta que  $\beta_4$  definido:

$$\alpha_0 = \text{ArcCos} \frac{(\overline{GA})^2 + (40.64)^2 - (166.57)^2}{2(\overline{GA})(40.64)}$$

$$\alpha_0 = \text{ArcCos} \frac{(\overline{GA})^2 - 26093.96}{81.28 (\overline{GA})}$$

$$\alpha_2 = 180 - \alpha_0$$

Ya conocemos  $\alpha_3$  entonces:

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - 64^\circ$$

Si  $\theta_3$  llegó a  $180^\circ$  tendríamos  $\theta'_3 = \theta_3$  y:

$$\theta_2 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GA}^2 + \overline{GP}^2 - (25.4)^2}{2(\overline{GA})(\overline{GP})}$$

$$\theta_4 = 169.07 - \beta_5$$

$$\theta_5 = -90 + \theta_4$$

$$\alpha_1 = - (90 - \theta_5)$$

según gráfico 1.2.7

Hallamos las reacciones

$$\bar{R}_G \text{ y } \bar{R}_B:$$

$$\text{Si } \theta_3 \leq 180 \neq \theta'_3$$

entonces

$$R_G = - 691.71 (\text{Sen } \alpha_1) / (\text{Sen } \alpha_2)$$

$$\phi_8 = \theta_1 + 180$$

$$\text{Si } \theta_3 = \theta'_3 \leq 180$$

entonces:

$$R_G = \frac{52.7 \text{ Cos } \theta_5}{166.57 \text{ Cos } (\theta_2 + \phi_6)} \times 533.42$$

$$R_G = 168.77 \frac{\text{Cos } \theta_5}{\text{Sen}(\theta_2 + \phi_6)}$$

$$\phi_8 = \theta_1 + 180 + \theta_2$$

$$\text{Ahora: } \alpha_3 = 90 + \theta_1 + \theta_2$$

$$R_B = \sqrt{\bar{R}_G^2 + (533.42)^2 - 2(R_G)(533.42)\text{Cos } \alpha_3}$$

$$R_B = \sqrt{\bar{R}_G^2 + (533.42)^2 - 1066.84 R_G \text{ Cos } \alpha_3}$$

Seguidamente:

$$\alpha'_4 = \text{ArcTg } \frac{R_G \text{ Sen } \alpha_3}{W - R_G \text{ Cos } \alpha_3}$$

$$\alpha_4 = -(\alpha'_4 - 90)$$

CUADRO 1.2.2.4

	mm	105.73	110	118	126	134	142	150	157.48
$\overline{GP}$	mm	105.73	110	118	126	134	142	150	157.48
$\beta_4$	o	-	-	-	-	29.53	45.55	58.63	69.90
$\beta_5$	o	-	-	-	-	66.64	82.66	95.74	107.01
$\overline{GA'}$	mm	-	-	-	-	155.01	166.33	175.35	182.63
$\theta_3'$	o	-	-	-	-	142.88	161.94	176.41	171.46
$\theta_3$	o	180	180	180	180	180	180	180	171.46
$\overline{GA}$	mm	131.12	135.39	143.39	151.39	159.39	167.39	175.39	182.63
$\rho_6$	o	7.71	9.96	12.40	13.63	14.10	13.97	13.32	12.28
$\theta_1$	o	-29.22	-26.97	-24.53	-23.30	-22.83	-22.96	-23.61	-24.65
$\alpha_3$	o	60.78	63.03	65.47	66.47	67.17	67.04	66.39	66.53
$\alpha_0$	o	146.60	134.84	118.32	104.93	93.02	81.85	70.87	60.71
$\alpha_2$	o	33.39	45.15	61.67	75.06	86.97	98.14	109.12	119.28
$\alpha_1$	o	-36.61	-46.13	-60.21	-72.37	-83.81	-95.10	-106.73	-117.95
$\theta_2$	o	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.18

CUADRO 1.2.2.4 ( Continuación )

$\bar{G}_P$	mm	105.73	110	118	126	134	142	150	157.48
$\theta_4$	o	-	-	-	-	-	-	-	62.05
$\theta_5$	o	-	-	-	-	-	-	-	-27.95
$R_G$	Kgr	749.43	703.23	681.90	682.23	688.62	695.99	701.13	640.16
$\phi_8$	o	150.78	153.03	155.47	156.70	157.17	157.04	156.39	156.53
$R_B$	Kgr	675.21	662.41	668.93	679.77	688.23	692.33	690.35	649.91
$\alpha_{14}$	o	14.36	18.88	21.96	22.80	22.75	22.22	21.46	25.36

De los gráficos 1.2.7 y 1.2.8 podemos también hacer la secuencia de cálculos respectivos a partir de las relaciones analíticas obtenidas, teniendo en cuenta que para

$$\overline{DE} = 85 \text{ mm.}$$

$$\lambda_1 = 62.26 \text{ y}$$

$$\lambda_0 = 35^\circ$$

tendremos las relaciones siguientes:

$$\begin{aligned} \lambda_2 &= 90 - 62.26 \\ &= 27.74^\circ \end{aligned}$$

$$\lambda_3 = \alpha_4 + \lambda_2$$

$$\lambda_3 = \alpha_4 + 27.74$$

$$\lambda_4 = \text{ArcCos} \frac{(87.63)^2 + (85)^2 - (28.89)^2}{2(87.63)(85)}$$

$$\lambda_4 = 19.19^\circ$$

$$R_D = \frac{137.16 \text{ Sen } \lambda_3}{87.63 \text{ Sen } 19.19} R_B$$

$$R_D = \text{Sen } \lambda_3 \frac{R_B}{0.210}$$

$$\vartheta_9 = 180 - (\alpha_5 + \lambda_4)$$

$$\lambda_6 = \alpha_5 + \lambda_4$$

$$= 125 + 19.19$$

$$\lambda_6 = 144.19$$

$$\lambda_5 = (\lambda_6 + \alpha_4)$$

$$= \lambda_6 + \alpha_4$$

$$\lambda_5 = 144.19 + \alpha_4$$

$$R_F = \sqrt{\bar{R}_B^2 + \bar{R}_D^2 + 2\bar{R}_B\bar{R}_D \cos \lambda_5}$$

$$\beta'_1 = \text{ArcTg} \frac{-R_B \cos \alpha_4 - R_D \cos \lambda_6}{R_D \sin \lambda_6 - R_B (\sin \alpha_4)}$$

$$= \text{ArcTg} \frac{-R_B \cos \alpha_4 + 0.811 R_D}{0.585 R_D - R_B \sin \alpha_4}$$

$$\beta_1 = - (\beta'_1 + 90)$$

Con las relaciones anteriores podemos obtener el cuadro 1.2.2.5 como continuación del cuadro 1.2.2.4.



CUADRO 1.2.2.2

	mm	105.73	110	118	126	134	142	150	157.48
$\lambda_3$	o	42.10	46.62	49.70	50.54	50.49	49.96	49.20	53.10
$R_D$	Kgr	2155.84	2292.73	2429.60	2499.45	2528.41	2524.18	2488.52	2475.09
$\phi_9$	o	35.80	35.80	35.80	35.80	35.80	35.80	35.80	35.80
$\lambda_5$	o	158.55	163.07	166.15	166.99	166.94	166.41	165.65	169.55
$R_F$	Kgr	1547.24	1670.23	1787.31	1843.49	1864.51	1858.38	1827.77	1839.74
$\beta_1$	o	-135.00	-137.55	-139.05	-139.43	-139.40	-139.17	-138.81	-140.51

De la misma manera para los valores:

$$\overline{DE} = 90 \text{ mm,}$$

$$\overline{GB} = 162.36 \text{ mm y}$$

$$\theta_7 = -28.68^\circ$$

debemos obtener el cuadro 1.2.2.6 con el mismo rango de variación de  $\overline{GP}$ .

$$\beta_4 = \text{ArcCos} \frac{(162.35)^2 + (39.03)^2 - (\overline{GP})^2}{2(162.35)(39.03)}$$

$$\beta_4 = \text{ArcCos} \frac{27880.86 - (\overline{GP})^2}{12673.04}$$

Si  $\beta_4$  es definido entonces

$$\beta_5 = \beta_4 + 37.11$$

$$\overline{GA'} = \sqrt{(162.35)^2 + (40.64)^2 - 2(162.35)(40.64) \cos \beta_5}$$

$$\overline{GA'} = \sqrt{28009.13 - 13195.81 \cos \beta_5}$$

$$\theta'_3 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GP}^2 + (25.4)^2 - (\overline{GA'})^2}{50.80 (\overline{GP})}$$

Si  $\beta_4$  es definido  $\theta'_3 < 180$

y  $\theta'_3$  no llegó aún a  $180^\circ$

$$\theta_3 = 180 \text{ y } \overline{GA} = \overline{GP} + 25.4$$

Si  $\theta'_3 = 180$  ó después de que  $\theta'_3$  llegó a  $180^\circ$ ,  $\theta'_3 < 180$  entonces:

$$\theta'_3 = \theta_3 \quad \text{y} \quad \overline{GA} = \overline{GA}'$$

Seguidamente:

$$\phi_6 = \text{ArcCos} \frac{(\overline{GA})^2 + (162.35)^2 - (40.64)^2}{2(\overline{GA})(162.35)}$$

$$\phi_6 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GA}^2 + 24705.91}{324.70 (\overline{GA})}$$

$$\theta_1 = -28.68 + \phi_6$$

Si  $\theta_3 \leq 180 \neq \theta'_3$  entonces:

$$\alpha_3 = 90 + \theta_1$$

Continuando:

Si  $\theta_3 = 180$  y  $\theta'_3$  aún no llegó a  $180$ ,  $\theta_2 = 0$ ,  $\theta_4$  y  $\theta_5$  son indefinidos hasta que  $\beta_4$  definido:

$$\alpha_0 = \text{ArcCos} \frac{(\overline{GA})^2 + (40.64)^2 - (162.35)^2}{2(\overline{GA})(40.64)}$$

$$\alpha_0 = \text{ArcCos} \frac{(\overline{GA})^2 - 24705.91}{81.28 (\overline{GA})}$$

$$\alpha_2 = 180 - \alpha_0 ;$$

ya conocemos  $\alpha_3$ , entonces:

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - 64$$

Si  $\theta'_3$  llegó a 180 tendre -  
mos  $\theta'_3 = \theta_3$  y:

$$\theta_2 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GA}^2 + \overline{GP}^2 - (25.4)^2}{2(\overline{GA})(\overline{GP})}$$

$$\theta_4 = 206 - (\beta_5 + \phi_7) = 206 - (\beta_5 + 28.68)$$

$$\theta_4 = 177.32 - \beta_5$$

$$\theta_5 = 90 + \theta_4 \text{ y } \alpha_1 = -(90 - \theta_5)$$

según gráfico 1.2.7

Hallamos las reacciones

$\overline{R}_G$  y  $\overline{R}_B$ :

Si  $\theta_3 \leq 180 \neq \theta'_3$ , entonces

$$R_G = -691.71 (\text{Sen } \alpha_1) / (\text{Sen } \alpha_2)$$

$$\phi_8 = \theta_1 + 180$$

Si  $\theta_3 = \theta'_3 \leq 180$  entonces:

$$R_G = \frac{52.7 \text{ Cos } \theta_5}{162.35 \text{ Sen } (\theta_2 + \phi_6)} \times 533.42$$

$$R_G = 173.15 \frac{\text{Cos } \theta_5}{\text{Sen } (\theta_2 + \phi_6)} ; \phi_8 = \theta_2 + \theta_1 + 180$$

Ahora:  $\alpha_3 = 90 + \theta_1 + \theta_2$

$$R_B = \sqrt{\overline{R}_G^2 + (533.42)^2 - 2(\overline{R}_G)(533.42)\text{Cos } \alpha_3}$$

$$R_B = \sqrt{\overline{R}_G^2 + (533.42)^2 - 1066.84 \overline{R}_G \text{ Cos } \alpha_3}$$

Seguidamente:  $\alpha'_4 = \text{Arc Tg} \frac{R_G \text{ Sen } \alpha_3}{-R_G \text{ Cos } \alpha_3}$

$$\alpha_4 = -(\alpha'_4 - 90)$$

CUADRO 1.2.2.6

	mm	105.73	110	118	126	134	142	150	157.48
$\bar{GP}$	mm	105.73	110	118	126	134	142	150	157.48
$\beta_4$	o	-	-	-	18.68	38.45	52.49	64.87	75.93
$\beta_5$	o	-	-	-	55.79	75.56	89.60	101.98	113.04
$\overline{GA'}$	mm	-	-	-	143.49	157.21	167.08	175.35	182.13
$\theta'_3$	o	-	-	-	129.47	153.97	170.13	176.23	165.01
$\theta_3$	o	180	180	180	180	180	180	176.23	165.01
$\overline{GA}$	mm	131.12	135.39	143.39	151.39	159.39	167.39	175.35	182.13
$\phi_6$	o	10.23	11.77	13.53	14.34	14.47	14.05	13.10	11.85
$\theta_1$	o	-18.45	-16.91	-15.15	-14.34	-14.21	-14.63	-15.58	-16.83
$\alpha_3$	o	71.55	73.09	74.85	75.66	75.79	75.37	74.96	75.23
$\alpha_0$	o	134.80	125.38	110.81	98.32	86.89	75.89	64.91	55.11
$\alpha_2$	o	45.19	54.61	69.18	81.67	93.10	104.10	115.08	124.88
$\alpha_1$	o	-37.65	-45.53	-58.34	-70.01	-81.31	-92.74	-104.67	-115.73
$\theta_2$	o	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	2.06

CUADRO 1.2.2.6 ( Continuación )

		110	118	126	134	142	150	157.48
$\overline{GP}$	mm	105.73	118	126	134	142	150	157.48
$\theta_4$	o	-	-	-	-	-	75.33	64.27
$\theta_5$	o	-	-	-	-	-	-14.67	-25.73
$R_G$	Kgr	595.44	629.82	656.95	684.75	712.38	709.91	648.63
$\rho_9$	o	161.55	164.85	165.66	165.79	165.37	164.96	165.73
$R_B$	Kgr	661.81	711.04	736.53	757.69	774.60	769.43	727.22
$\alpha_4$	o	31.40	31.23	30.21	28.82	27.14	26.98	30.40

De los gráficos 1.2.7 y 1.2.8 podemos también hacer la secuencia de cálculos respectivos a partir de las relaciones analíticas obtenidas, teniendo en cuenta que para

$$\overline{DE} = 90 \text{ mm.},$$

$$\lambda_1 = 72.31^\circ \text{ y}$$

$$\lambda_0 = 35^\circ$$

tendremos las relaciones siguientes:

$$\lambda_2 = 90 - 72.31$$

$$= 17.69^\circ$$

$$\lambda_3 = \alpha_4 + \lambda_2$$

$$\lambda_3 = \alpha_4 + 17.69$$

$$\lambda_4 = \text{ArcCos} \frac{(87.63) + (90)^2 - (28.89)^2}{2(87.63)(90)}$$

$$\lambda_4 = 18.66^\circ$$

$$R_D = \frac{137.16 \text{ Sen } \lambda_3}{87.63 \text{ Sen } 18.66} R_B$$

$$R_D = \text{Sen } \lambda_3 \frac{R_B}{0.204}$$

$$\vartheta_9 = 180 - (\alpha_5 + \lambda_4)$$

$$\lambda_6 = \alpha_5 + \lambda_4$$

$$= 125 + 18.66$$

$$\lambda_6 = 143.66$$

$$\lambda_5 = (\lambda_6 + \alpha_4)$$

$$= \lambda_6 + \alpha_4$$

$$\lambda_5 = 143.66 + \alpha_4$$

$$R_F = \sqrt{\bar{R}_B^2 + \bar{R}_D^2 + 2\bar{R}_B\bar{R}_D \cos \lambda_5}$$

$$\beta'_1 = \text{ArcTg} \frac{-R_B \cos \alpha_4 - R_D \cos \lambda_6}{R_D \sin \lambda_6 - R_B \sin \alpha_4}$$

$$\beta'_1 = \text{ArcTg} \frac{-R_B \cos \alpha_4 + 0.806 R_D}{0.593 R_D - R_B \sin \alpha_4}$$

$$\beta_1 = -(\beta'_1 + 90)$$

Con las relaciones anteriores podemos obtener el cuadro 1.2.2.7 como continuación del cuadro 1.2.2.6.



CUADRO 1.2.2.2

$\bar{GP}$	mm	105.73	110	118	126	134	142	150	157.48
$\lambda_3$	o	49.08	49.35	48.91	47.89	46.50	44.82	44.66	48.08
$R_D$	Kgr	2446.79	2526.02	2621.99	2673.13	2688.88	2671.25	2646.26	2647.29
$\phi_9$	o	36.34	36.34	36.34	36.34	36.34	36.34	36.34	36.34
$\lambda_5$	o	175.06	175.33	174.89	173.87	172.48	170.80	170.64	174.06
$R_F$	Kgr	1788.35	1848.57	1914.83	1942.42	1940.26	1910.66	1891.23	1925.46
$\beta_1$	o	-141.83	-141.94	-141.76	-141.33	-140.72	-139.94	-139.86	-141.41

De la misma manera para los valores:

$$\overline{DE} = 95 \text{ mm,}$$

$$\overline{GB} = 157.21 \text{ mm y}$$

$$\theta_7 = -19.88^\circ$$

debemos obtener el cuadro 1.2.2.8 con el mismo rango de variación de  $\overline{GP}$ .

$$\beta_4 = \text{ArcCos} \frac{(157.20)^2 + (39.03)^2 - (\overline{GP})^2}{2(157.20)(39.03)}$$

$$\beta_4 = \text{ArcCos} \frac{26235.18 - \overline{GP}^2}{12.270.03}$$

Si  $\beta_4$  es definido entonces

$$\beta_5 = \beta_4 + 37.11$$

$$\overline{GA}' = \sqrt{(157.20)^2 + (40.64)^2 - 2(157.20)(40.64) \cos \beta_5}$$

$$\overline{GA}' = \sqrt{26363.45 - 12777.22 \cos \beta_5}$$

$$\theta_3 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GP}^2 + (25.4)^2 - (\overline{GA}')^2}{50.80 (\overline{GP})}$$

Si  $\beta_4$  es definido  $\theta_3 < 180$

y  $\theta_3$  no llegó aún a  $180^\circ$

$$\theta_3 = 180 \text{ y } \overline{GA} = \overline{GP} + 25.4$$

Si  $\theta'_3 = 180$  ó después de que  $\theta'_3$  llegó a 180,  $\theta'_3 < 180^\circ$  entonces:

$$\theta'_3 = \theta_3 \text{ y } \overline{GA} = \overline{GA}'$$

Seguidamente:

$$\phi_6 = \text{ArcCos} \frac{(\overline{GA})^2 + (157.20)^2 - (40.64)^2}{2(\overline{GA})(157.20)}$$

$$\phi_6 = \text{ArcCos} \frac{(\overline{GA})^2 + 23060.23}{314.40 (\overline{GA})}$$

$$\theta_1 = -19.88 + \phi_6$$

Además:

$$\alpha_3 = 90 + \theta_1$$

Continuando:

Si  $\theta_3 = 180$  y  $\theta'_3$  aún no llegó a 180,  $\theta_2 = 0$ ,  $\theta_4$  y

$\theta_5$  son indefinidos hasta que  $\beta_4$  definido:

$$\alpha_0 = \text{ArcCos} \frac{(\overline{GA})^2 + (40.64)^2 - (157.20)^2}{2(\overline{GA})(40.64)}$$

$$\alpha_0 = \text{ArcCos} \frac{(\overline{GA})^2 - 23060.23}{81.28 (\overline{GA})}$$

$$\alpha_2 = 180 - \alpha_0 ;$$

ya conocemos  $\alpha_3$  entonces:

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - 64^\circ$$

Si  $\theta'_3$  llegó a 180 tendremos

$$\theta'_3 = \theta_3 \text{ y:}$$

$$\theta_2 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GA}^2 + \overline{GP}^2 - (25.4)^2}{2(\overline{GA})(\overline{GP})}$$

$$\theta_4 = 206 - (\beta_5 + \phi_7) = 206 - (\beta_5 + 19.87)$$

$$\theta_4 = 186.13 - \beta_5$$

$$\theta_5 = -90 + \theta_4 \text{ y } \alpha_1 = -(90 - \theta_5)$$

según gráfico 1.2.7

Hallamos las reacciones

$$\overline{R}_G \text{ y } \overline{R}_B$$

$$\text{Si } \theta_3 \leq 180 \neq \theta'_3$$

$$R_G = -691.71 (\text{Sen } \alpha_1) / (\text{Sen } \alpha_2) \quad \phi_8 = \theta_1 + 180$$

Si  $\theta_3 = \theta'_3 \leq 180$  entonces:

$$R_G = \frac{52.7 \text{ Cos } \theta_5}{157.20 \text{ Sen } (\theta_2 + \phi_6)} \times 533.42$$

$$R_G = 178.82 \frac{\text{Cos } \theta_5}{\text{Sen } (\theta_2 + \phi_6)} ; \phi_8 = \theta_2 + \theta_1 + 180$$

$$\text{Ahora: } \alpha_3 = 90 + \theta_1 + \theta_2$$

$$R_B = \sqrt{\overline{R}_G^2 + (533.42)^2 - 2(\overline{R}_G)(533.42)\text{Cos } \alpha_3}$$

$$R_B = \sqrt{\overline{R}_G^2 + (533.42)^2 - 1066.84 \overline{R}_G \text{Cos } \alpha_3}$$

Seguidamente:

$$\alpha'_4 = \text{ArcTg} \frac{R_G \text{ Sen } \alpha_3}{-R_G \text{ Cos } \alpha_3}$$

$$\alpha_4 = -(\alpha'_4 - 90)$$

CUADRO 1.2.2.8

$\overline{GP}$	mm	105.73	110	118	126	134	142	150	157.48
$\beta_4$	o	-	-	-	32.41	47.57	60.35	72.28	82.38
$\beta_5$	o	-	-	-	69.52	84.68	97.46	109.39	120.39
$\overline{GA}$	mm	-	-	-	147.96	158.67	167.39	174.94	181.18
$\theta_3$	o	-	-	-	147.06	165.05	178.71	168.21	157.33
$\theta_3$	o	180	180	180	180	180	178.71	168.21	157.33
$\overline{GA}$	mm	131.12	135.39	143.39	151.39	159.39	167.39	174.94	181.18
$\rho_6$	o	12.46	13.50	14.62	14.98	14.72	13.93	12.65	11.15
$\theta_1$	o	-7.42	-6.38	-5.26	-4.90	-5.16	-5.95	-7.23	-8.73
$\alpha_3$	o	82.58	83.62	84.74	85.10	84.84	84.24	84.47	84.37
$\alpha_0$	o	123.38	115.43	102.36	90.63	79.56	68.62	57.96	48.45
$\alpha_2$	o	56.61	64.56	77.63	89.36	100.43	111.37	122.03	131.54
$\alpha_1$	o	-38.04	-44.95	-56.89	-68.27	-79.59	-91.35	-103.28	-114.28
$\theta_2$	o	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	1.69	3.09

CUADRO 1.2.2.8 ( Continuación )

	mm	105.73	110	118	126	134	142	150	157.48
$\theta_4$	o	-	-	-	-	-	88.65	76.72	65.72
$\theta_5$	o	-	-	-	-	-	-1.35	-13.28	-24.28
$R_G$	Kgr	510.34	541.07	593.12	642.53	691.73	732.57	701.88	662.10
$\theta_8$	o	172.58	173.62	174.74	175.10	174.84	174.24	174.47	174.37
$R_B$	Kgr	688.97	716.31	160.49	799.24	834.68	861.83	839.67	808.45
$\alpha_4$	o	42.72	41.34	39.04	36.77	34.36	32.24	33.68	35.40

De los gráficos 1.2.7 y 1.2.8 podemos también hacer la secuencia de cálculos respectivos a partir de las relaciones analíticas obtenidas, teniendo en cuenta que para

$$\overline{DE} = 95 \text{ mm.},$$

$$\lambda_1 = 82.79^\circ \text{ y}$$

$$\lambda_0 = 35^\circ$$

tendremos las relaciones siguientes:

$$\begin{aligned} \lambda_2 &= 90 - 82.79 \\ &= 7.21^\circ \end{aligned}$$

$$\lambda_3 = \alpha_4 + \lambda_2$$

$$\lambda_3 = \alpha_4 + 7.21$$

$$\lambda_4 = \text{ArcCos} \frac{(87.63)^2 + (95)^2 - (28.89)^2}{2(87.63)(95)}$$

$$\lambda_4 = 17.61^\circ$$

$$R_D = \frac{137.16 \text{ Sen } \lambda_3}{87.63 \text{ Sen } 17.61} R_B$$

$$R_D = \text{Sen } \lambda_3 \frac{R_B}{0.193}$$

$$\theta_9 = 180 - (\alpha_5 + \lambda_4)$$

$$\lambda_6 = \alpha_5 + \lambda_4$$

$$= 125 + 17.61$$

$$\lambda_6 = 142.61^\circ$$

$$\lambda_5 = (\lambda_6 + \alpha_4)$$

$$= \lambda_6 + \alpha_4$$

$$\lambda_5 = 142.61 + \alpha_4$$

$$R_F = \sqrt{\bar{R}_B^2 + \bar{R}_D^2 + 2\bar{R}_B\bar{R}_D \cos \lambda_5}$$

$$\beta'_1 = \text{ArcTg} \frac{-R_B \cos \alpha_4 - R_D \cos \lambda_6}{R_D \sin \lambda_6 - R_B \sin \alpha_4}$$

$$\beta'_1 = \text{ArcTg} \frac{-R_B \cos \alpha_4 + 0.795 R_D}{0.607 R_D - R_B \sin \alpha_4}$$

$$\beta_1 = -(\beta'_1 + 90)$$

Con las relaciones anteriores podemos obtener el cuadro 1.2.2.9 como continuación del cuadro 1.2.2.8.



CUADRO 1.2.2.2.9

$\bar{G}_P$	mm	105.73	110	118	126	134	142	150	157.48
$\lambda_3$	o	49.93	48.55	46.25	43.98	41.57	39.45	40.89	42.61
$R_D$	Kgr	2727.85	2777.81	2841.94	2871.17	2865.61	2833.24	2843.97	2831.69
$\phi_9$	o	37.38	37.38	37.38	37.38	37.38	37.38	37.38	37.38
$\lambda_5$	o	185.34	183.96	181.65	179.38	176.98	174.85	176.30	178.01
$R_F$	Kgr	2042.86	2063.78	2081.87	2072.00	2032.56	1976.40	2006.79	2023.92
$\beta_1$	o	-144.41	-143.98	-143.21	-142.37	-141.37	-140.37	-141.06	-141.81

De la misma manera para los valores:

$$\overline{DE} = 100 \text{ mm,}$$

$$\overline{GB} = 150.93 \text{ mm y}$$

$$\theta_7 = -10.12^\circ$$

debemos obtener el cuadro 1.2.2.10 con el mismo rango de variación de  $\overline{GP}$ .

$$\beta_4 = \text{ArcCos} \frac{(150.93)^2 + (39.03)^2 - \overline{GP}^2}{2(150.93)(39.03)}$$

$$\beta_4 = \text{ArcCos} \frac{24303.21 - \overline{GP}^2}{11781.60}$$

Si  $\beta_4$  es definido entonces:

$$\beta_5 = \beta_4 + 37.11$$

$$\overline{GA'} = \sqrt{(150.93)^2 + (40.64)^2 - 2(150.93)(40.64) \cos \beta_5}$$

$$\overline{GA'} = \sqrt{24431.47 - 12267.59 \cos \beta_5}$$

$$\theta_3' = \text{ArcCos} \frac{\overline{GP}^2 + (25.4)^2 - (\overline{GA'})^2}{50.80 (\overline{GP})}$$

Si  $\beta_4$  es definido  $\theta_3' < 180$

y  $\theta_3'$  no llegó aún a  $180^\circ$

$$\theta_3 = 180^\circ \text{ y } \overline{GA} = \overline{GP} + 25.4$$

Si  $\theta'_3 = 180$  ó después de que  $\theta'_3$  llegó a  $180^\circ$ ,  $\theta'_3 < 180$  entonces:

$$\theta'_3 = \theta_3 \text{ y } \overline{GA} = \overline{GA}'$$

Seguidamente:

$$\phi_6 = \text{ArcCos} \frac{(\overline{GA})^2 + (150.93)^2 - (40.64)^2}{2(\overline{GA})(150.93)}$$

$$\phi_6 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GA}^2 + 21128.26}{301.86 (\overline{GA})}$$

$$\theta_1 = -10.12 + \phi_6$$

Además:

$$\alpha_3 = 90 + \theta_1$$

Continuando:

Si  $\theta_3 = 180$  y  $\theta'_3$  aún no llegó a  $180^\circ$ ,  $\theta_2 = 0$ ,  $\theta_4$  y  $\theta_5$  son indefinidos hasta que  $\beta_4$  definido:

$$\alpha_0 = \text{ArcCos} \frac{(\overline{GA})^2 + (40.64)^2 - (150.93)^2}{2(\overline{GA})(40.64)}$$

$$\alpha_0 = \text{ArcCos} \frac{(\overline{GA})^2 - 21128.26}{81.28 (\overline{GA})}$$

$$\alpha_2 = 180 - \alpha_0$$

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - 64$$

Si  $\theta'_3$  llegó a 180 tendremos

$$\theta'_3 = \theta_3 \text{ y:}$$

$$\theta_2 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GA}^2 + \overline{GP}^2 - (25.4)^2}{2(\overline{GA})(\overline{GP})}$$

$$\theta_4 = 206 - (\beta_5 + \phi_7) = 206 - (\beta_5 + 10.11)$$

$$\theta_4 = 195.89 - \beta_5$$

$$\theta_5 = -90 + \theta_4 \text{ y } \alpha_1 = -(90 - \theta_5)$$

según gráfico 1.2.7

Hallamos las reacciones

$$\overline{R}_G \text{ y } \overline{R}_B$$

Si  $\theta_3 \leq 180 \neq \theta'_3$  entonces:

$$R_G = -691.71 (\text{Sen } \alpha_1) / (\text{Sen } \alpha_2)$$

$$\phi_8 = \theta_1 + 180$$

Si  $\theta_3 = \theta'_3 \leq 180$  entonces:

$$R_G = \frac{53.7 \text{ Cos } \theta_5}{150.93 \text{ Sen}(\theta_2 + \phi_6)} \times 533.42$$

$$R_G = 189.79 \frac{\text{Cos } \theta_5}{\text{Sen}(\theta_2 + \phi_6)} ; \phi_8 = \theta_2 + \theta_1 + 180$$

$$\text{Ahora: } \alpha_3 = 90 + \theta_1 + \theta_2$$

$$R_B = \sqrt{\overline{R}_G^2 + (533.42)^2 - 2(R_G)(533.42)\text{Cos } \alpha_3}$$

$$R_B = \sqrt{\overline{R}_G^2 + (533.42)^2 - 1066.84 R_G \text{Cos } \alpha_3}$$

$$\text{Seguidamente: } \alpha'_4 = \text{ArcTg} \frac{R_G \text{ Sen } \alpha_3}{W - R_G \text{Cos } \alpha_3}$$

$$\alpha_4 = -(\alpha'_4 - 90)$$

CUADRO 1.2.2.10

$\overline{GP}$	mm	105.73	110	118	126	134	142	150	157.48
$\beta_4$	o	-	-	28.24	44.33	57.40	69.43	81.20	92.41
$\beta_5$	o	-	-	65.35	81.44	94.51	106.54	118.31	129.52
$\overline{GA}$	mm	-	-	138.97	150.35	159.36	167.10	173.91	179.54
$\theta_3$	o	-	-	142.33	161.91	178.54	170.48	158.76	148.09
$\theta_5$	o	180	180	180	180	180	170.48	158.76	148.09
$\overline{GA}$	mm	131.12	185.39	143.39	151.39	159.39	167.10	173.91	179.54
$\phi_6$	o	14.49	15.09	15.60	15.45	14.72	13.48	11.87	10.05
$\theta_1$	o	4.37	4.97	5.48	5.33	4.60	3.36	1.75	-0.07
$\alpha_3$	o	94.37	94.97	95.48	95.33	94.60	94.80	94.78	94.22
$\alpha_0$	o	111.65	104.70	92.77	81.62	70.71	59.98	49.82	40.43
$\alpha_2$	o	68.34	75.29	87.22	98.37	109.28	120.01	130.17	139.56
$\alpha_1$	o	-37.98	-44.32	-55.75	-67.05	-78.69	-90.67	-102.44	-113.65
$\theta_2$	o	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.43	3.03	4.28

CUADRO 1.2.2.10 ( Continuación )

$\bar{GP}$	mm	105.73	110	118	126	134	142	150	157.48
$\theta_4$	o	-	-	-	-	-	89.33	77.56	66.35
$\theta_5$	o	-	-	-	-	-	-0.67	-12.44	-23.65
$R_G$	Kgr	457.92	499.59	572.38	643.76	718.53	723.29	707.17	688.65
$\phi_8$	o	184.37	184.97	185.48	185.33	184.60	184.80	184.78	184.22
$R_B$	Kgr	728.99	761.77	818.79	873.32	928.58	933.91	920.58	901.57
$\alpha_4$	o	51.21	49.20	45.90	42.77	39.52	39.48	40.04	40.37

De los gráficos 1.2.7 y 1.2.8 podemos también hacer la secuencia de cálculos respectivos a partir de las relaciones analíticas obtenidas teniendo en cuenta que para

$$\overline{DE} = 100 \text{ mm.},$$

$$\lambda_1 = 94.06 \text{ y}$$

$$\lambda_0 = 35^\circ$$

tendremos las relaciones siguientes:

$$\begin{aligned} \lambda_2 &= 90 - 94.06 \\ &= -4.06 \end{aligned}$$

$$\lambda_3 = \alpha_4 + \lambda_2$$

$$\lambda_3 = \alpha_4 - 4.06$$

$$\lambda_4 = \text{ArcCos} \frac{(87.63) + (100)^2 - (28.89)^2}{2(87.63)(100)}$$

$$\lambda_4 = 16.03^\circ$$

$$R_D = \frac{137.16 \text{ Sen } \lambda_3}{87.63 \text{ Sen } 16.03} R_B$$

$$R_D = \text{Sen } \lambda_3 \frac{R_B}{0.173}$$

$$\varphi_9 = 180 - (\alpha_5 + \lambda_4)$$

$$\lambda_6 = \alpha_5 + \lambda_4$$

$$= 125 + 16.03$$

$$\lambda_6 = 141.03$$

$$\lambda_5 = (\lambda_6 + \alpha_4)$$

$$= \lambda_6 + \alpha_4$$

$$\lambda_5 = 141.03 + \alpha_4$$

$$R_F = \sqrt{R_B^2 + R_D^2 + 2R_B R_D \cos \lambda_5}$$

$$\beta_1 = \text{ArcTg} \frac{-R_B \cos \alpha_4 - R_D \cos \lambda_6}{R_D \sin \lambda_6 - R_B \sin \alpha_4}$$

$$\beta_1 = \text{ArcTg} \frac{-R_B \cos \alpha_4 + 0.777 R_D}{0.629 R_D - R_B \sin \alpha_4}$$

$$\beta_1 = - (\beta_1 + 90)$$

Con las relaciones anteriores podemos obtener el cuadro 1.2.2.11 como continuación del cuadro 1.2.2.10.



CUADRO 1.2.2.11

		110	118	126	134	142	150	157.48
$\bar{G}_P$	mm	105.73						
$\lambda_3$	o	47.15	41.84	38.71	35.46	35.42	35.98	36.31
$R_D$	Kgr	3029.19	3060.23	3095.63	3053.30	3067.43	3065.36	3026.00
$\phi_9$	o	38.96	38.96	38.96	38.96	38.96	38.96	38.96
$\lambda_5$	o	192.24	190.23	183.80	180.55	180.51	181.07	181.40
$R_F$	Kgr	2321.90	2314.49	2224.97	2124.78	2133.87	2145.00	2124.80
$\beta_1$	o	-144.85	-144.38	-142.52	-141.27	-141.25	-141.49	-141.62

De la misma manera para los valores:

$$\overline{DE} = 105 \text{ mm,}$$

$$\overline{GB} = 143.16 \text{ mm y}$$

$$\theta_7 = 1.29$$

debemos obtener el cuadro 1.2.2.12 con el mismo rango de variación de  $\overline{GP}$ .

$$\beta_4 = \text{ArcCos} \frac{(143.15)^2 + (39.03) - \overline{GP}^2}{2(143.15)(39.03)}$$

$$\beta_4 = \text{ArcCos} \frac{22015.26 - \overline{GP}^2}{11174.29}$$

Si  $\beta_4$  es definido entonces:

$$\beta_5 = \beta_4 + 37.11$$

$$\overline{GA}' = \sqrt{(143.15)^2 + (40.64)^2 - 2(143.15)(40.64) \cos \beta_5}$$

$$\overline{GA}' = \sqrt{22143.53 - 11635.23 \cos \beta_5}$$

$$\theta_3' = \text{ArcCos} \frac{\overline{GP}^2 + (25.4)^2 - (\overline{GA}')^2}{50.80 (\overline{GP})}$$

Si  $\beta_4$  es definido  $\theta_3' < 180$  y

$\theta_3'$  no llegó a  $180^\circ$   $\theta_3 = 180$   
y  $\overline{GA} = \overline{GP} + 25.4$

Si  $\theta_3' = 180$  ó después de que

$\theta_3'$  llegó a  $180^\circ$ ,  $\theta_3 < 180$

entonces :

$$\theta'_3 = \theta_3 \text{ y } \overline{GA} = \overline{GA}'$$

Seguidamente:

$$\phi_6 = \text{ArcCos} \frac{(\overline{GA})^2 + (143.15)^2 - (40.64)^2}{2(\overline{GA})(143.15)}$$

$$\phi_6 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GA}^2 + 18840.31}{286.30 (\overline{GA})}$$

$$\theta_1 = 1.29 + \phi_6 \text{ y}$$

$$\alpha_3 = 90 + \theta_1$$

Continuando:

Si  $\theta_3 = 180$  y  $\theta_3$  aún no llegó a  $180^\circ$ ,  $\theta_2 = 0$ ,  $\theta_4$  y  $\theta_5$  son indefinidos hasta que  $\beta_4$

definido:

Continuando:

$$\alpha_0 = \text{ArcCos} \frac{(\overline{GA})^2 + (40.64)^2 - (143.15)^2}{2(\overline{GA})(40.64)}$$

$$\alpha_0 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GA}^2 - 18840.31}{81.28 (\overline{GA})}$$

$$\alpha_2 = 180 - \alpha_0$$

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - 64$$

Si  $\theta'_3$  llegó a  $180^\circ$  tendremos

mos  $\theta'_3 = \theta_3$  y:

$$\theta_2 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GA}^2 + \overline{GP}^2 - (25.4)^2}{2(\overline{GA})(\overline{GP})}$$

$$\theta_4 = 206 - (\beta_5 + \phi_7) = 206 - (\beta_5 - 1.31)$$

$$\theta_4 = 207.31 - \beta_5$$

$$\theta_5 = -90 + \theta_4 \quad \text{y} \quad \alpha_1 = -(90 - \theta_5)$$

según gráfico 1.2.7

Hallamos las reacciones

$$\overline{R}_G \quad \text{y} \quad \overline{R}_B$$

Si  $\theta_3 \neq 180 \neq \theta'_3$  entonces:

$$R_G = -691.71 (\text{Sen } \alpha_1) / (\text{Sen } \alpha_2)$$

$$\phi_8 = \theta_1 + 180$$

Si  $\theta_3 = \theta'_3 \neq 180$  entonces:

$$R_G = \frac{52.7 \text{ Cos } \theta_5}{143.15 \text{ Sen } (\theta_2 + \phi_6)} \times 533.42$$

$$R_G = 196.38 \frac{\text{Cos } \theta_5}{\text{Sen } (\theta_2 + \phi_6)}$$

$$\phi_8 = \theta_1 + 180 + \theta_2$$

$$\text{Ahora: } \alpha_3 = 90 + \theta_1 + \theta_2$$

$$R_B = \sqrt{\overline{R}_G^2 + (533.42)^2 - 2R_G (533.42) \text{Cos } \alpha_3}$$

$$R_B = \sqrt{\overline{R}_G^2 + (533.42)^2 - 1066.84 R_G \text{Cos } \alpha_3}$$

Seguidamente:

$$\alpha'_4 = \text{ArcTg} \frac{R_G \text{Sen } \alpha_3}{W - R_G \text{Cos } \alpha_3}$$

$$\alpha_4 = -(\alpha'_4 - 90)$$

CUADRO 1.2.2.12

$\overline{GP}$	mm	105.73	110	118	126	134	142	150	157.48
$\beta_4$	o	14.12	27.46	43.60	56.67	68.70	80.46	92.47	104.42
$\beta_5$	o	51.23	64.57	80.71	93.78	105.81	117.57	129.58	141.53
$\overline{GA}$	mm	121.89	130.94	142.35	151.36	159.09	165.91	171.92	176.78
$\theta_3'$	o	124.38	141.96	161.86	176.60	170.38	158.67	149.29	136.54
$\theta_3$	o	180	180	180	180	170.38	158.67	149.29	136.54
$\overline{GA}$	mm	131.12	135.39	143.39	151.39	159.09	165.91	171.92	176.78
$\theta_6$	o	16.29	16.47	16.30	15.53	14.22	12.54	10.49	8.22
$\theta_1$	o	17.58	17.76	17.59	16.82	15.51	13.83	11.78	9.51
$\alpha_3$	o	107.58	107.76	107.59	106.82	107.04	107.02	106.36	105.18
$\alpha_0$	o	98.87	92.63	81.50	70.63	59.97	49.89	39.92	30.25
$\alpha_2$	o	81.12	87.36	98.49	109.36	120.02	130.10	140.07	149.74
$\alpha_1$	o	-37.55	-43.60	-54.90	-66.54	-78.53	-90.29	-102.30	-114.25
$\theta_2$	o	0.00	0.00	0.00	0.00	1.52	3.19	4.57	5.67

CUADRO 1.2.2.12 ( Continuación )

	mm	105.73	110	118	126	134	142	150	157.48
$\bar{e}_4$	o	-	-	-	-	101.47	89.71	77.70	65.75
$\bar{e}_5$	o	-	-	-	-	11.47	-0.29	-12.30	-24.25
$R_G$	Kgr	426.60	477.48	572.15	672.53	708.76	724.27	737.66	745.66
$\bar{\rho}_8$	o	197.58	197.76	197.59	196.82	197.04	197.02	196.36	195.18
$R_B$	Kgr	777.15	817.25	892.39	971.81	1004.53	1017.45	1024.86	1024.11
$\alpha_4$	o	58.44	56.18	52.32	48.51	47.55	47.09	46.31	45.35

De los gráficos 1.2.7 y 1.2.8 podemos también hacer la secuencia de cálculos respectivos a partir de las relaciones analíticas obtenidas teniendo en cuenta que para

$$\overline{DE} = 105 \text{ mm.},$$

$$\lambda_1 = 106.73 \text{ y}$$

$$\lambda_0 = 35^\circ$$

tendremos las relaciones siguientes:

$$\lambda_2 = 90 - 106.73$$

$$= - 16.73$$

$$\lambda_3 = \alpha_4 + \lambda_2$$

$$\lambda_3 = \alpha_4 - 16.73$$

$$\lambda_4 = \text{ArcCos} \frac{(87.63)^2 + (105)^2 - (28.89)^2}{2(87.63)(105)}$$

$$\lambda_4 = 13.82^\circ$$

$$R_D = \frac{137.16 \text{ Sen } \lambda_3}{87.63 \text{ Sen } 13.82} R_B$$

$$R_D = \text{Sen } \lambda_3 \frac{R_B}{0.153}$$

$$\varphi_9 = 180 - (\alpha_5 + \lambda_4)$$

$$\lambda_6 = \alpha_5 + \lambda_4$$

$$= 125 + 13.82$$

$$\lambda_6 = 138.82$$

$$\lambda_5 = (\lambda_6 + \alpha_4)$$

$$= \lambda_6 + \alpha_4$$

$$\lambda_5 = 138.82 + \alpha_4$$

$$R_F = \sqrt{\overline{R}_B^2 + \overline{R}_D^2 + 2\overline{R}_B\overline{R}_D \cos \lambda_5}$$

$$\beta_1 = \text{ArcTg} \frac{-R_B \cos \alpha_4 - R_D \cos \lambda_6}{R_D \sin \lambda_6 - R_B \sin \alpha_4}$$

$$\beta'_1 = \text{ArcTg} \frac{-R_B \sin \alpha_4 + 0.753 R_D}{0.658 R_D - R_B \cos \alpha_4}$$

$$\beta_1 = -(\beta'_1 + 90)$$

Con las relaciones anteriores podemos obtener el cuadro 1.2.2.13 como continuación del cuadro 1.2.2.12.



CUADRO 1.2.2.13

	mm	105.73	110	118	126	134	142	150	157.48
$\lambda_3$	o	41.71	39.45	35.59	31.78	30.82	30.36	29.58	28.62
$R_D$	Kgr	3387.48	3402.47	3402.53	3353.00	3371.20	3369.76	3314.92	3213.83
$\phi_9$	o	41.17	41.17	41.17	41.17	41.17	41.17	41.17	41.17
$\lambda_5$	o	197.26	195.01	191.14	187.33	186.38	185.92	185.14	184.17
$R_F$	Kgr	2655.32	2621.60	2532.80	2392.31	2375.80	2360.04	2295.98	2193.67
$\beta_1$	o	-143.80	-143.45	-142.72	-141.79	-141.51	-141.37	-141.11	-140.76

De igual manera para los valores:

$$\overline{DE} = 112.24 \text{ mm,}$$

$$\overline{GB} = 127.35 \text{ mm y}$$

$$\theta_7 = 24.75^\circ$$

debemos obtener el cuadro 1.2.2.14 con el mismo rango de variación de  $\overline{GP}$ .

$$\beta_4 = \text{ArcCos} \frac{(122.94)^2 + (39.03)^2 - \overline{GP}^2}{2(122.94)(39.03)}$$

$$\beta_4 = \text{ArcCos} \frac{16637.58 - \overline{GP}^2}{9596.70}$$

Si  $\beta_4$  es definido entonces:

$$\beta_5 = \beta_4 + 37.11$$

$$\overline{GA}' = \sqrt{(122.94)^2 + (40.64)^2 - 2(122.94)(40.64) \cos \beta_5}$$

$$\overline{GA}' = \sqrt{16765.85 - 9992.56 \cos \beta_5}$$

$$\theta'_3 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GP}^2 + (25.4)^2 - (\overline{GA}')^2}{50.80 (\overline{GP})}$$

Si  $\beta_4$  es definido  $\theta'_3 < 180$

y  $\theta'_3$  no llegó a  $180^\circ$

$$\theta_3 = 180 \text{ y } \overline{GA} = \overline{GP} + 25.4$$

Si  $\theta'_3 = 180$  ó después de que

$\theta'_3$  llegó a  $180$ ,  $\theta'_3 < 180$

entonces:

$$\theta'_3 = \theta_3 \text{ y } \overline{GA} = \overline{GA}'$$

Seguidamente:

$$\phi_6 = \text{ArcCos} \frac{(\overline{GA})^2 + (122.94)^2 - (40.64)^2}{2(\overline{GA})(122.94)}$$

$$\phi_6 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GA}^2 + 13462.63}{245.88 (\overline{GA})}$$

$$\theta_1 = 24.75 + \phi_6,$$

$$\alpha_3 = 90 + \theta_1$$

Continuando:

Si  $\theta_3 = 180$  y  $\theta'_3$  aún no llegó a  $180^\circ$ ,  $\theta_2 = 0$ ,  $\theta_4$  y  $\theta_5$

son indefinidos hasta que  $\beta_4$  definido:

$$\alpha_0 = \text{ArcCos} \frac{(\overline{GA})^2 + (40.64)^2 - (122.94)^2}{2(\overline{GA})(40.64)}$$

$$\alpha_0 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GA}^2 - 13462.63}{81.28 (\overline{GA})}$$

$$\alpha_2 = 180 - \alpha_0$$

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - 64$$

Si  $\theta'_3$  llegó a  $180$  tendremos

$$\theta_3 = \theta'_3 \text{ y:}$$

$$\theta_2 = \text{ArcCos} \frac{\overline{GA}^2 + \overline{GP}^2 - (25.4)^2}{2(\overline{GA})(\overline{GP})}$$

$$\theta_4 = 206 - (\beta_5 + \phi_7)$$

$$= 206 - (\beta_5 - 31.86)$$

$$\theta_4 = 237.86 - \beta_5$$

$$\theta_5 = -90 + \theta_4 \text{ y al ser } \theta_2 > 0$$

tendremos:

$$\alpha_1 = - (90 - \theta_5)$$

según gráfico 1.2.7

Hallamos las reacciones

$$\bar{R}_G \text{ y } \bar{R}_B$$

Si  $\theta_3 \neq 180 \neq \theta'_3$  entonces:

$$R_G = - 691.71 (\text{Sen } \alpha_1) / (\text{Sen } \alpha_2)$$

$$\phi_8 = \theta_1 + 180$$

Si  $\theta_3 = \theta'_3 \leq 180$  entonces:

$$R_G = \frac{52.7 \text{ Cos } \theta_5}{122.94 \text{ Sen } (\theta_2 + \phi_6)} \times 533.42$$

$$R_G = 228.66 \frac{\text{Cos } \theta_5}{\text{Sen } (\theta_2 + \phi_6)}$$

$$\phi_8 = \theta_1 + 180 + \theta_2$$

$$\text{Ahora: } \alpha_3 = 90 + \theta_1 + \theta_2$$

$$R_B = \sqrt{\bar{R}_G^2 + (533.42)^2 - 2R_G (533.42) \text{ Cos } \alpha_3}$$

$$R_B = \sqrt{\bar{R}_G^2 + (533.42)^2 - 1066.84 R_G \text{ Cos } \alpha_3}$$

Seguidamente:

$$\alpha'_4 = \text{ArcTg} \frac{R_G \text{ Sen } \alpha_3}{W - R_G \text{ Cos } \alpha_3}$$

$$\alpha_4 = -(\alpha'_4 - 90)$$

CUADRO 1.2.2.14

$\overline{GP}$	mm	105.73	110	118	126	134	142	150	157.48
$\beta_4$	o	48.69	55.42	67.42	79.19	91.23	104.09	118.59	135.23
$\beta_5$	o	85.80	92.53	104.53	116.30	128.34	141.20	155.70	172.34
$\overline{GA}$	mm	130.80	135.37	143.05	149.84	155.85	161.04	165.23	167.71
$\theta'_3$	o	169.83	177.29	169.63	157.96	146.67	135.29	123.06	109.59
$\theta_3$	o	180	180	169.63	157.96	146.67	135.29	123.06	109.59
$\overline{GA}$	mm	131.12	135.39	143.05	149.84	155.85	161.04	165.23	167.71
$\phi_6$	o	18.01	17.44	15.96	14.07	11.80	9.09	5.81	1.85
$\theta_1$	o	42.76	42.19	40.71	38.82	36.55	33.84	30.56	26.60
$\alpha_3$	o	132.76	132.19	132.54	132.46	131.69	130.21	127.96	124.80
$\alpha_0$	o	75.72	69.99	59.51	49.63	39.86	29.70	18.49	5.81
$\alpha_2$	o	104.27	110.00	120.48	130.36	140.13	150.29	161.50	174.18
$\alpha_1$	o	-35.51	-41.82	-53.79	-65.56	-77.60	-90.46	-104.96	-121.60
$\theta_2$	o	0.00	0.00	1.83	3.64	5.13	6.36	7.40	8.20

CUADRO 1.2.2.14 ( Continuación )

		110	118	126	134	142	150	157.48
$\bar{G}_P$	mm	105.73						
$\theta_4$	o	-	126.21	114.44	102.40	89.54	75.04	58.40
$\theta_5$	o	-	36.21	24.44	12.40	-0.46	-14.96	-31.60
$R_G$	Kgr	490.71	582.83	660.28	739.91	827.66	933.12	1076.88
$\varphi_8$	o	222.76	222.54	222.46	221.69	220.21	217.96	214.80
$R_B$	Kgr	869.79	1022.04	1093.64	1164.87	1240.81	1329.47	1449.08
$\alpha_4$	o	69.51	67.15	63.54	61.67	59.37	56.39	52.38

De los gráficos 1.2.7 y 1.2.8 podemos también hacer la secuencia de cálculos respectivos a partir de las relaciones analíticas obtenidas teniendo en cuenta que para

$$\overline{DE} = 112.24 \text{ mm.},$$

$$\lambda_1 = 130.76 \text{ y}$$

$$\lambda_0 = 35^\circ$$

tendremos las relaciones siguientes:

$$\begin{aligned} \lambda_2 &= 90 - 137.50 \\ &= -47.50^\circ \end{aligned}$$

$$\lambda_3 = \alpha_4 + \lambda_2$$

$$\lambda_3 = \alpha_4 - 47.50$$

$$\lambda_4 = \text{ArcCos} \frac{(87.63)^2 + (113.67)^2 - (28.89)^2}{2(87.63)(113.67)}$$

$$\lambda_4 = 7.19$$

$$R_D = \frac{137.16 \text{ Sen } \lambda_3}{87.63 \text{ Sen } 7.19} R_B$$

$$R_D = \text{Sen } \lambda_3 \frac{R_B}{0.080}$$

$$\theta_9 = 180 - (\alpha_5 + \lambda_5)$$

$$\lambda_6 = \alpha_5 + \lambda_4$$

$$= 125 + 7.19$$

$$\lambda_6 = 132.19$$

$$\lambda_5 = (\lambda_6 + \alpha_4)$$

$$= \lambda_6 + \alpha_4$$

$$\lambda_5 = 132.19 + \alpha_4$$

$$R_F = \sqrt{R_B^2 + R_D^2 + 2R_B R_D \cos \lambda_5}$$

$$\beta'_1 = \text{ArcTg} \frac{-R_B \cos \alpha_4 - R_D \cos \lambda_6}{R_D \sin \lambda_6 - R_B \sin \alpha_4}$$

$$\beta'_1 = \text{ArcTg} \frac{-R_B \cos \alpha_4 + 0.672 R_D}{0.741 R_D - R_B \sin \alpha_4}$$

$$\beta_1 = -(\beta'_1 + 90)$$

Con las relaciones anteriores podemos obtener el cuadro 1.2.2.15 como continuación del cuadro 1.2.2.14.



CUADRO 1.2.2.15

$\bar{G}_P$	mm	105.73	110	118	126	134	142	150	157.48
$\lambda_3$	o	28.75	26.39	24.39	22.78	20.91	18.61	15.63	11.62
$R_D$	Kgr	4304.94	4282.31	4341.90	4357.71	4278.54	4074.23	3685.92	3004.95
$\phi_9$	o	46.24	46.24	46.24	46.24	46.24	46.24	46.24	46.24
$\lambda_5$	o	203.26	200.90	198.90	197.29	195.42	193.12	190.14	186.14
$R_F$	Kgr	3522.57	2423.74	3391.07	3329.35	3170.73	2879.55	2388.65	1571.77
$\beta_1$	o	-139.34	-139.35	-139.35	-139.35	-139.35	-139.36	-139.37	-139.40

De esta forma finalizamos el análisis de las fuerzas del modelo Wagner sin carga podemos apreciar en los cuadros precedentes, los valores máximos de las fuerzas

$$R_G = 1701.87 \text{ Kgr. con}$$

$$\varnothing_8 = 134.90^\circ \text{ en 1.2.2.2 y}$$

$$R_B = 1449.08 \text{ Kgr. con}$$

$$\alpha_4 = 52.38^\circ \text{ en el cuadro 1.2.2.14 así como los valores máximos de}$$

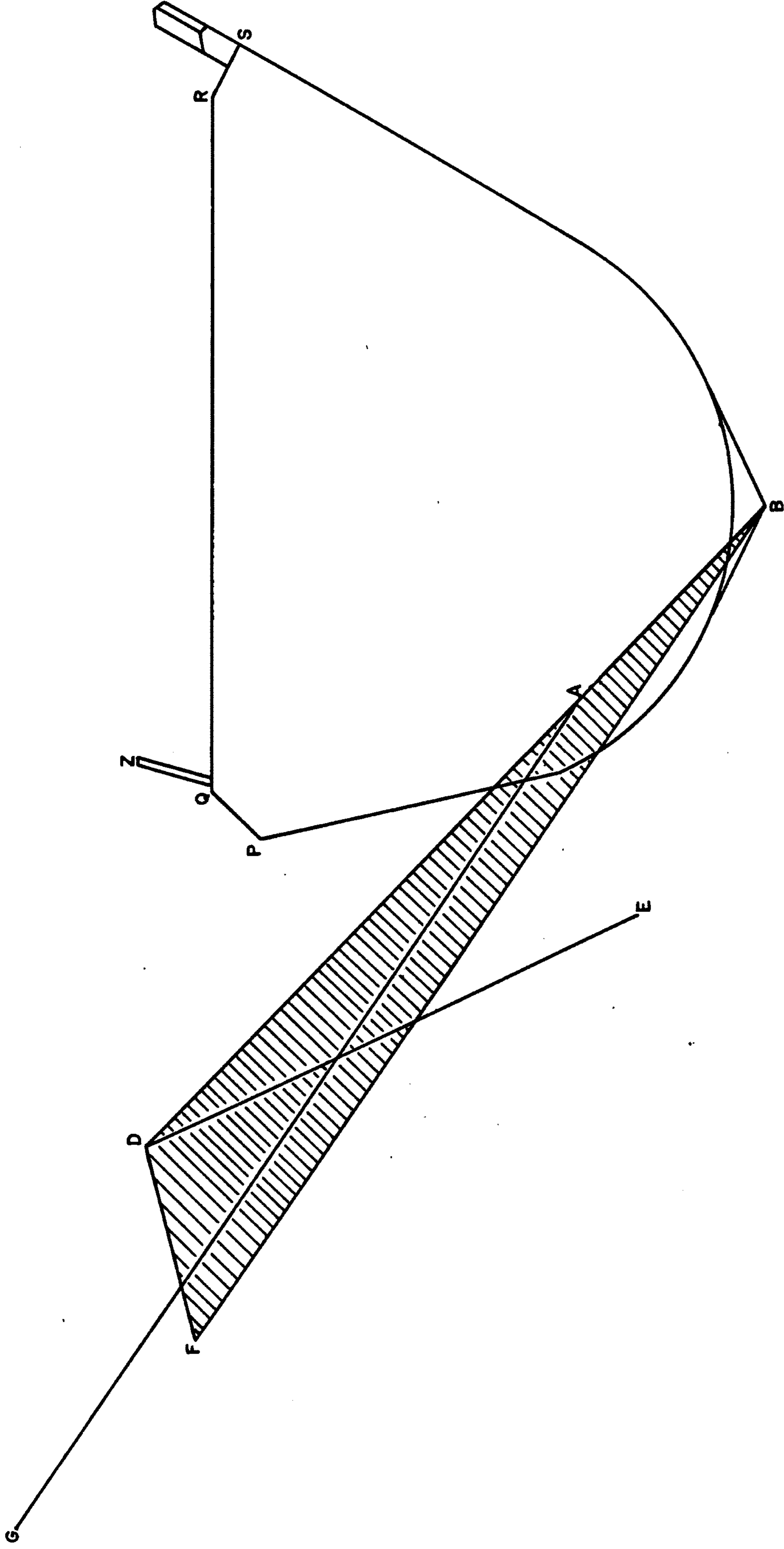
$$R_D = 4304.94 \text{ Kgr. con}$$

$$\varnothing_9 = 46.24^\circ \text{ en el cuadro 1.2.2.15 y}$$

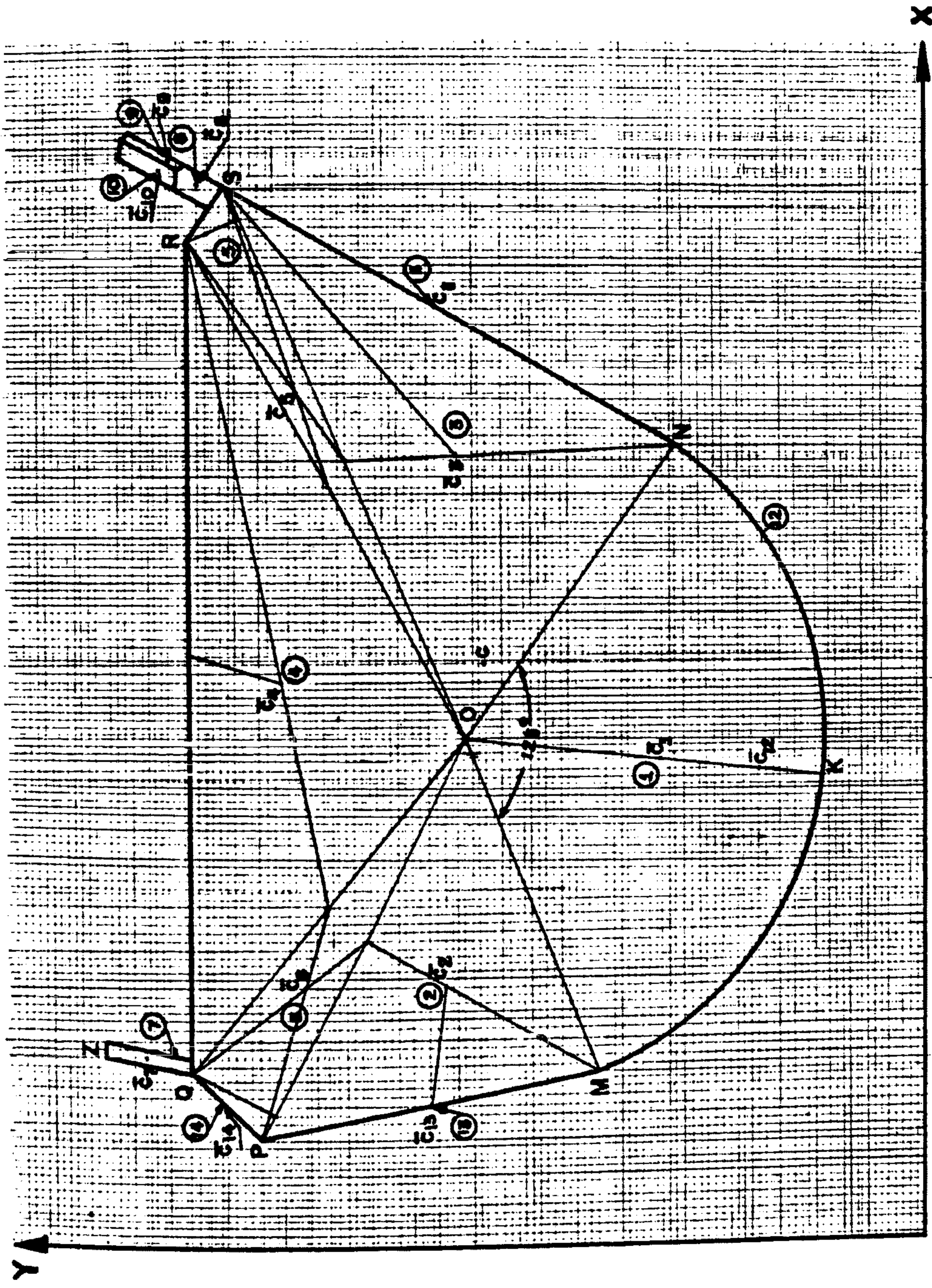
$$R_F = 3522.57 \text{ Kgr. con}$$

$$\beta_1 = -139.34^\circ \text{ en el cuadro 1.2.2.15, también.}$$

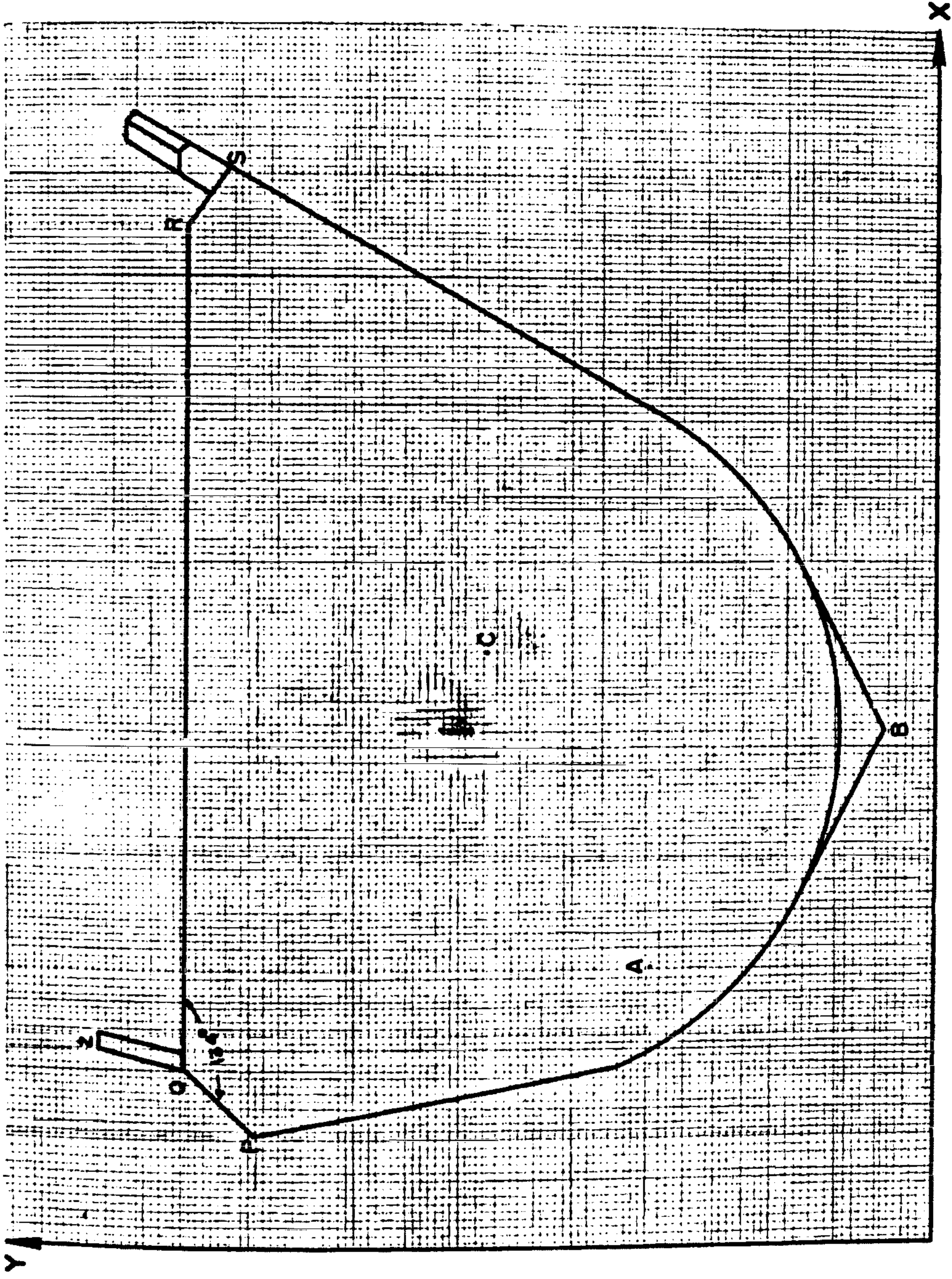
Esta secuencia de cálculos sin carga nos será sumamente útil para los cálculos del sistema con carga para el modelo Wagner, donde encontraremos los valores críticos de las fuerzas sobre los pistones ( $\bar{R}_G, \bar{R}_D$ ).



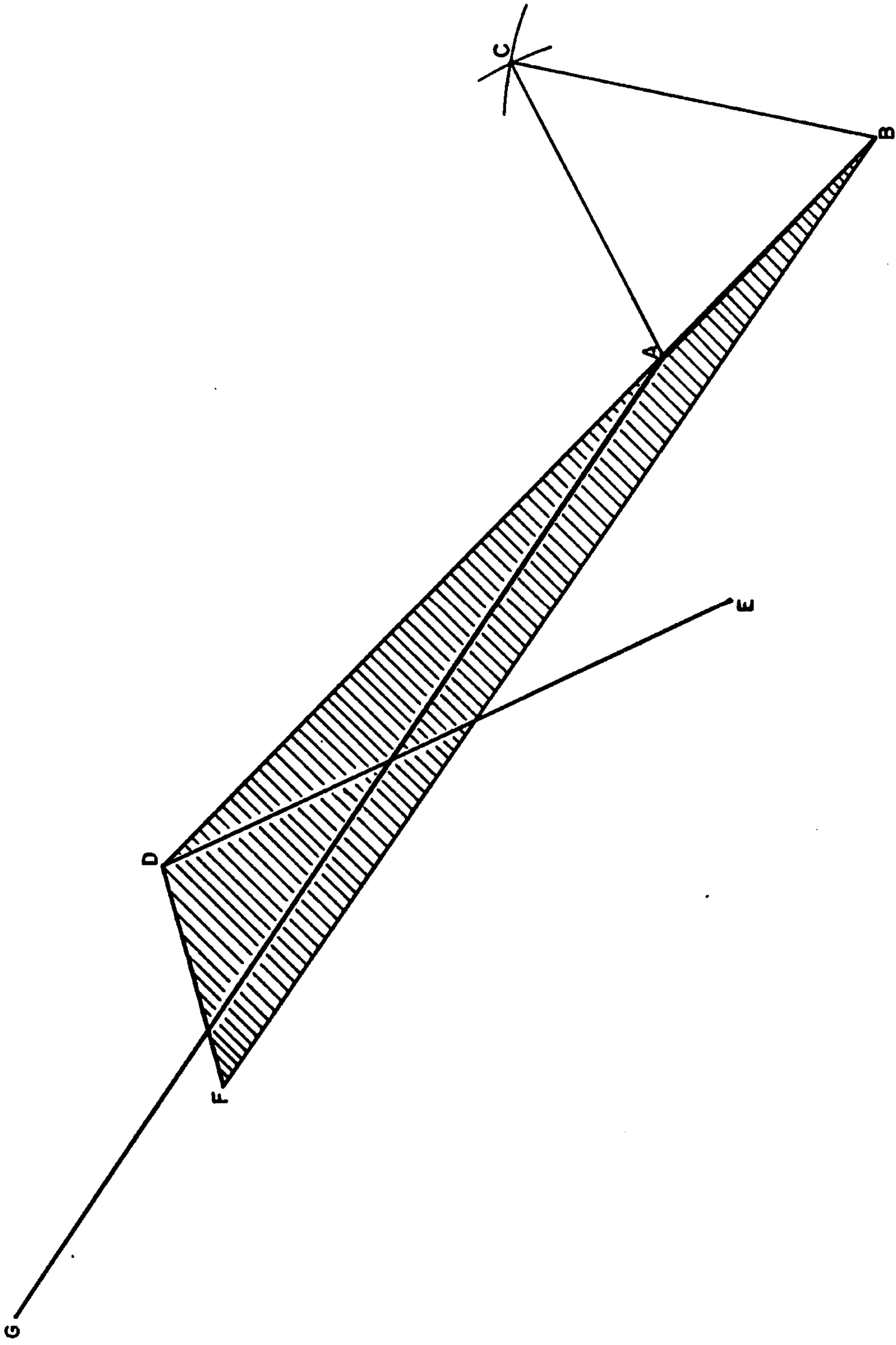
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
PROYECTO DE GRADO	
DIBUJADO POR: V. QUISPE R.	ELEMENTOS DEL MECANISMO DE VOLTEO
FECHA: JUNIO 1985	ESCALA: 1:8
GRAFICO: N°1.1.1	



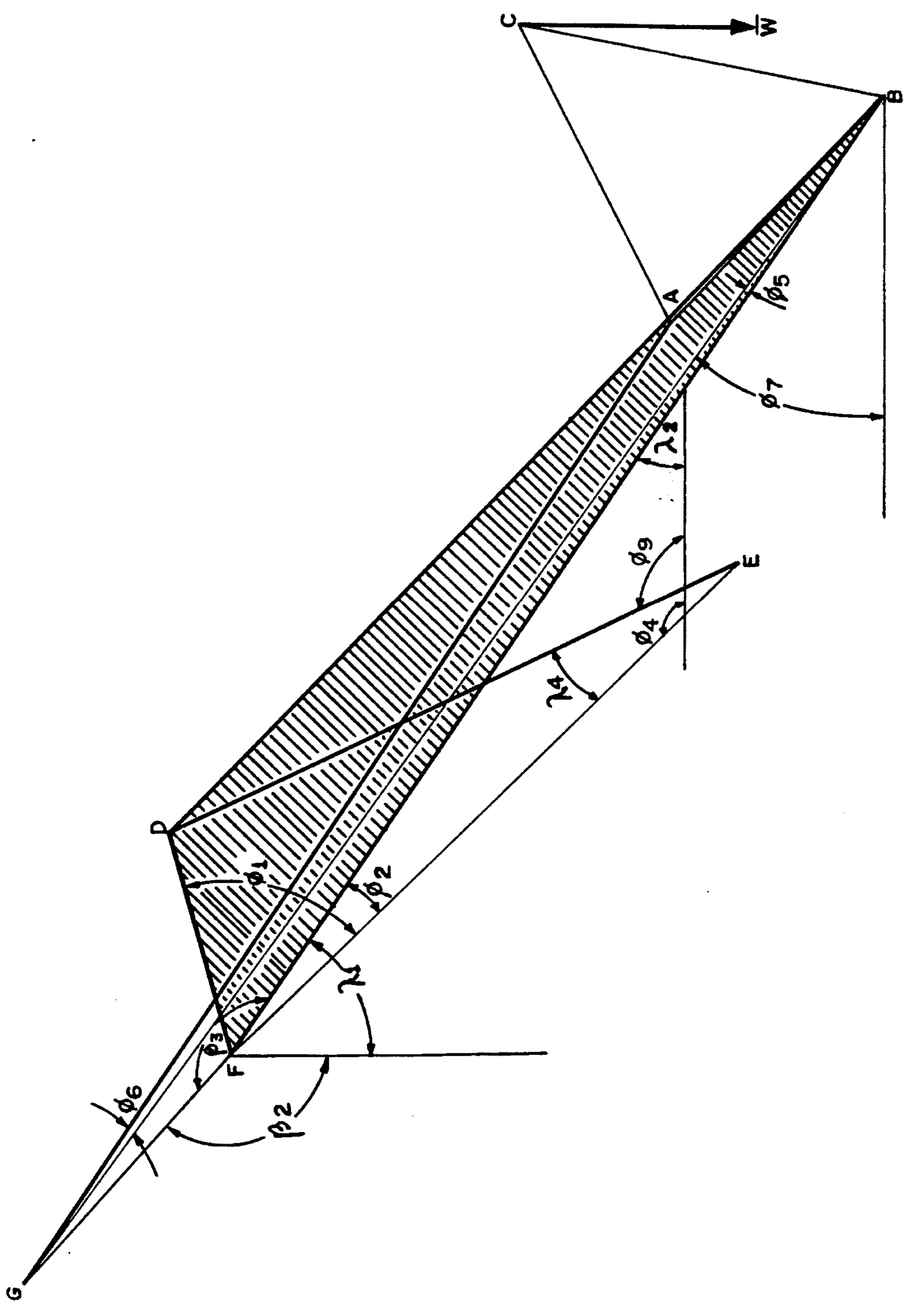
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
PROYECTO DE GRADO	
DIBUJADO POR: V. QUISPE P.	DISTRIBUCION DE AREAS DE LA CUCHARA
FECHA: JUNIO 1985	ESCALA: 1:8
	GRAFICO N° 1.1.2



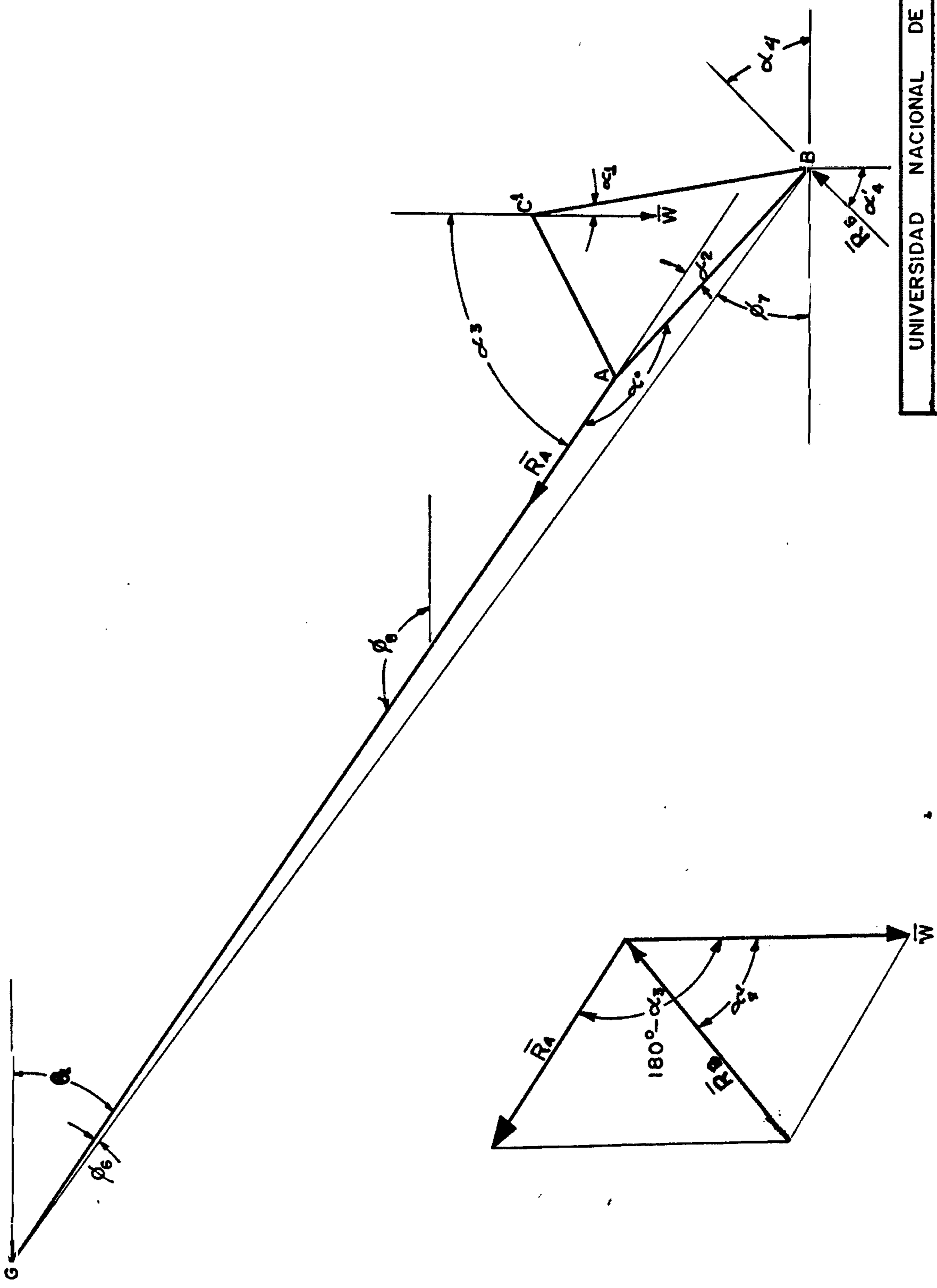
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
PROYECTO DE GRADO	
DIBUJADO POR: V. QUISPE P	PUNTOS DE APLICACION DE FUERZAS EN LA CUCHARA
FECHA: JUNIO 1985	ESCALA: 1:8
	GRAFICO: N° 1.1.3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
PROYECTO DE GRADO	
DIBUJADO POR: V QUISPE P.	ESQUEMA DEL MECANISMO DE VOLTEO
FECHA: JUNIO 1983	ESCALA: 1:8
GRAFICO: Nº 1.1.4	

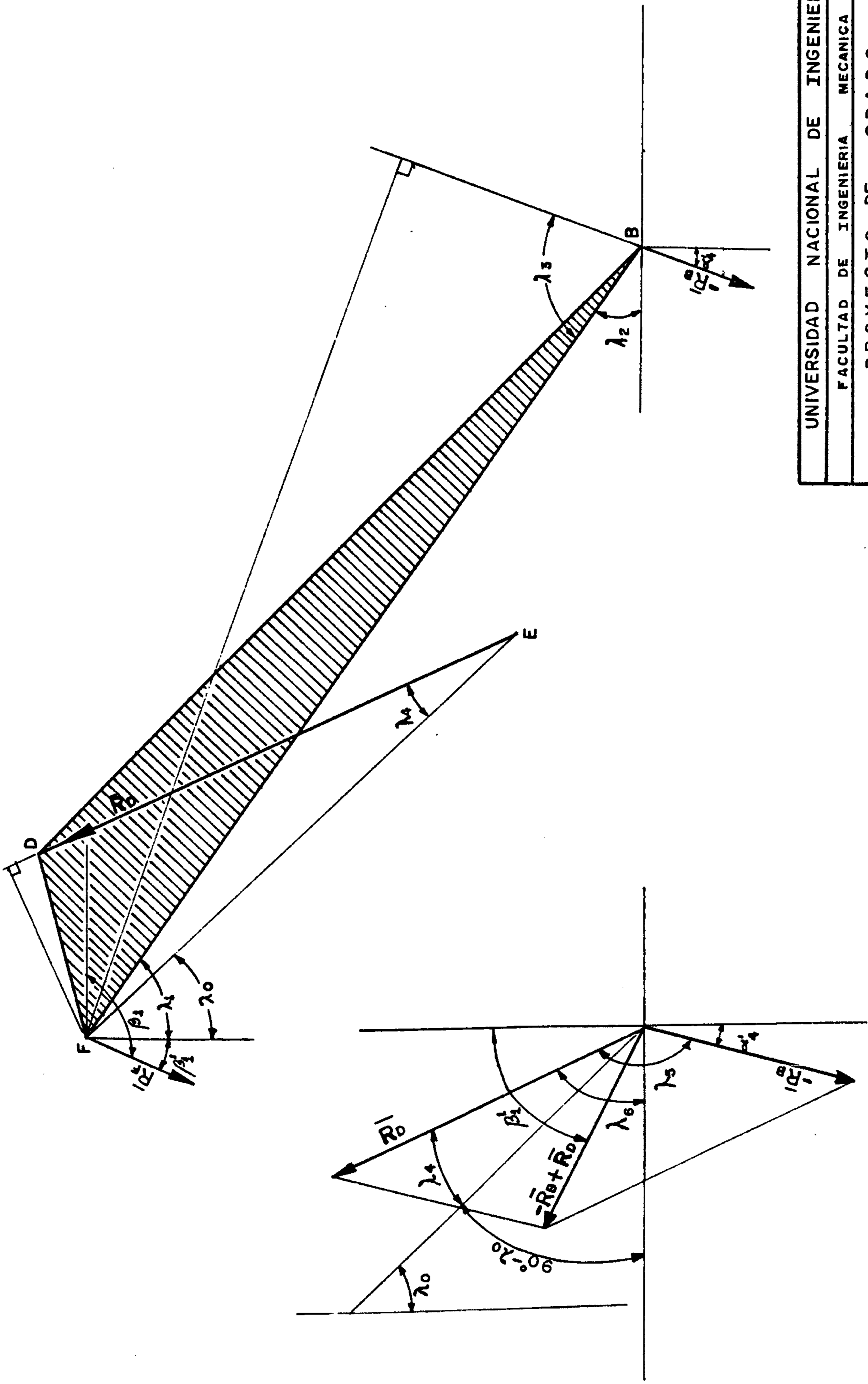


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
PROYECTO DE GRADO	
DIBUJADO POR: V. QUISPE P.	ESQUEMA DEL MECANISMO DE VOLTEO DETALLADO
FECHA: JUNIO 1985	ESCALA: 1:8
	GRAFICO N° 1.1.5

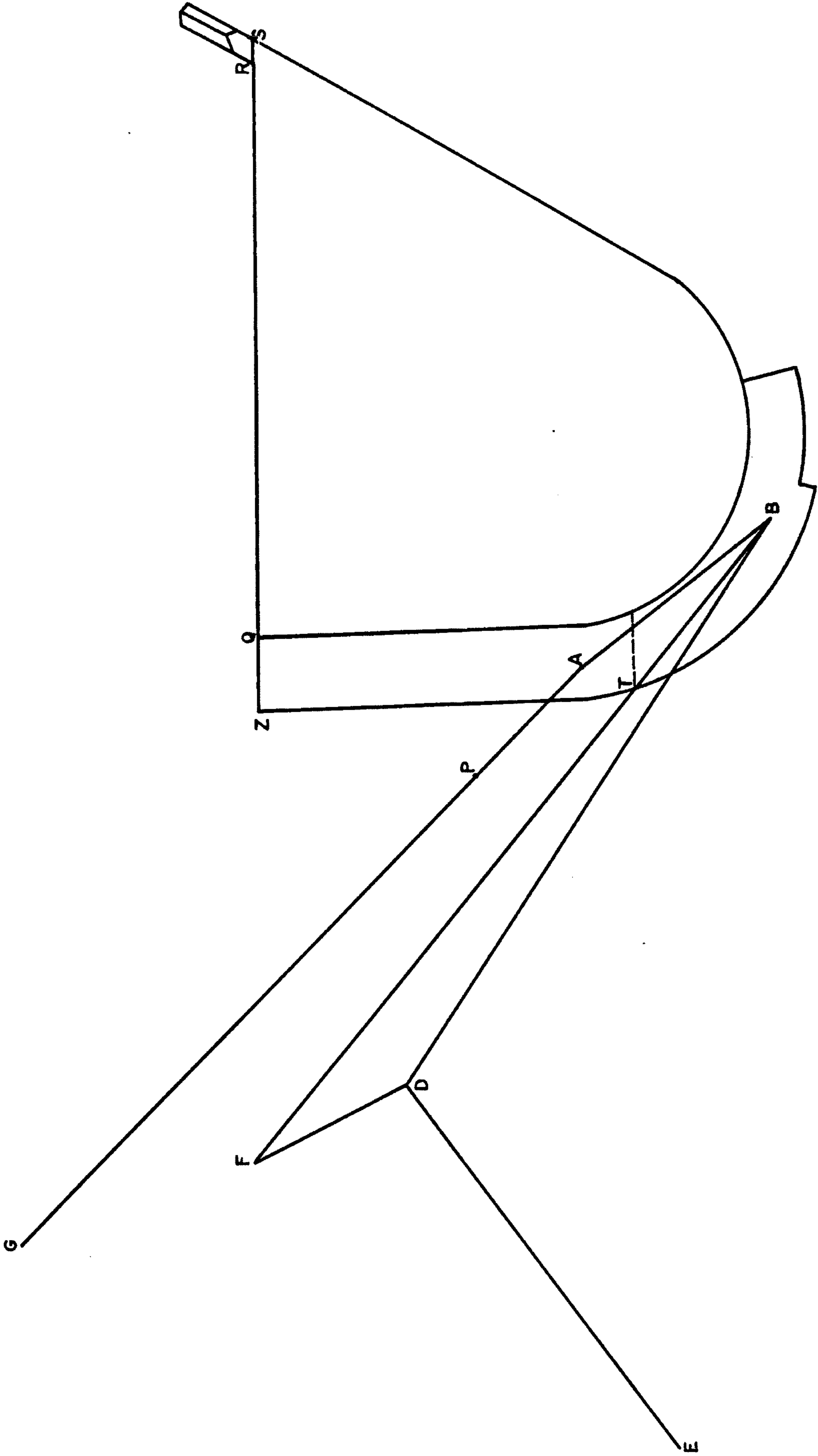


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
PROYECTO DE GRADO	
DIBUJADO POR: V. QUISPE P.	DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE LA CUCHARA
FECHA: JUNIO 1985	ESCALA: 1:0
	GRAFICO N° 2.1.9

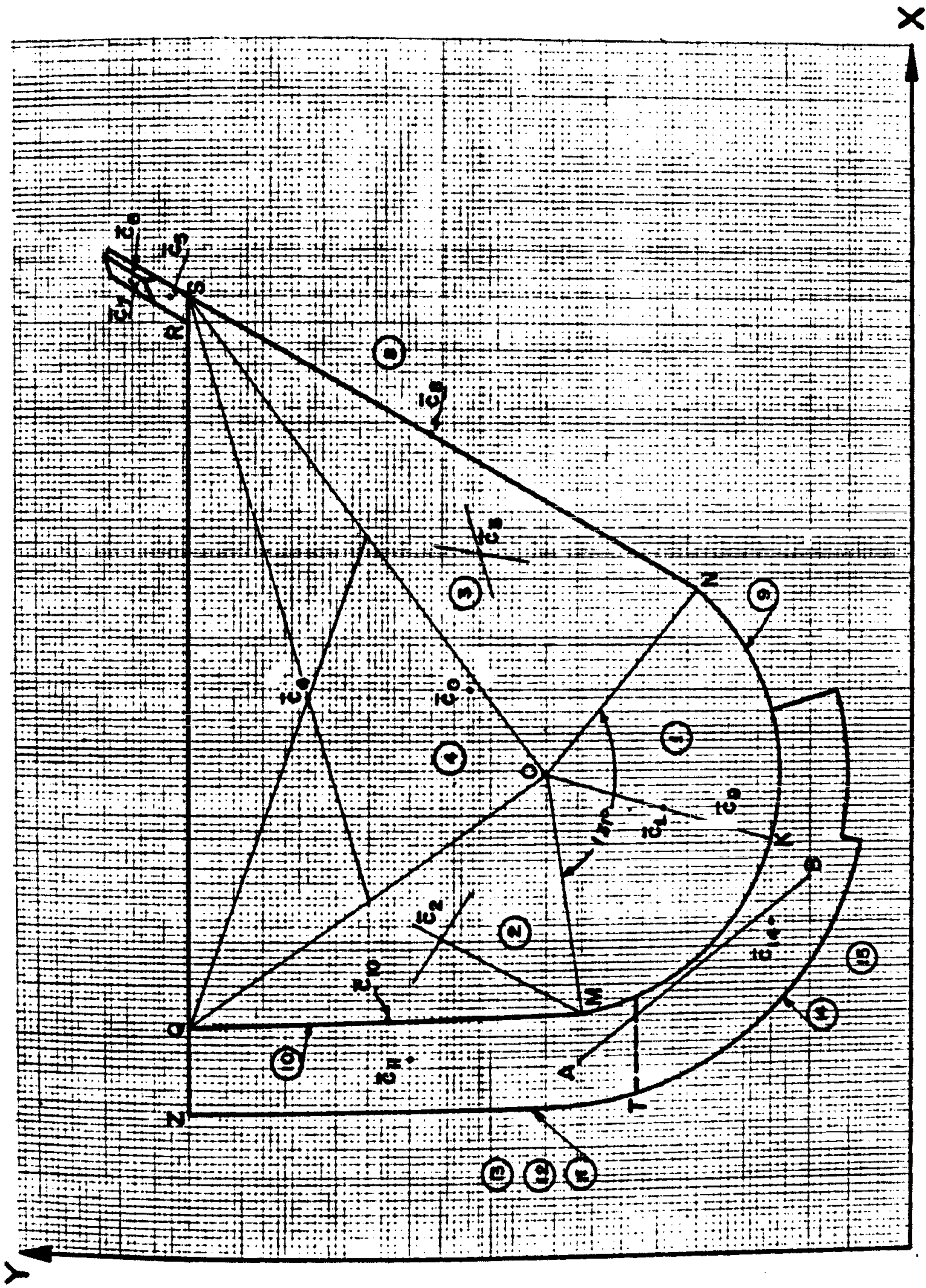




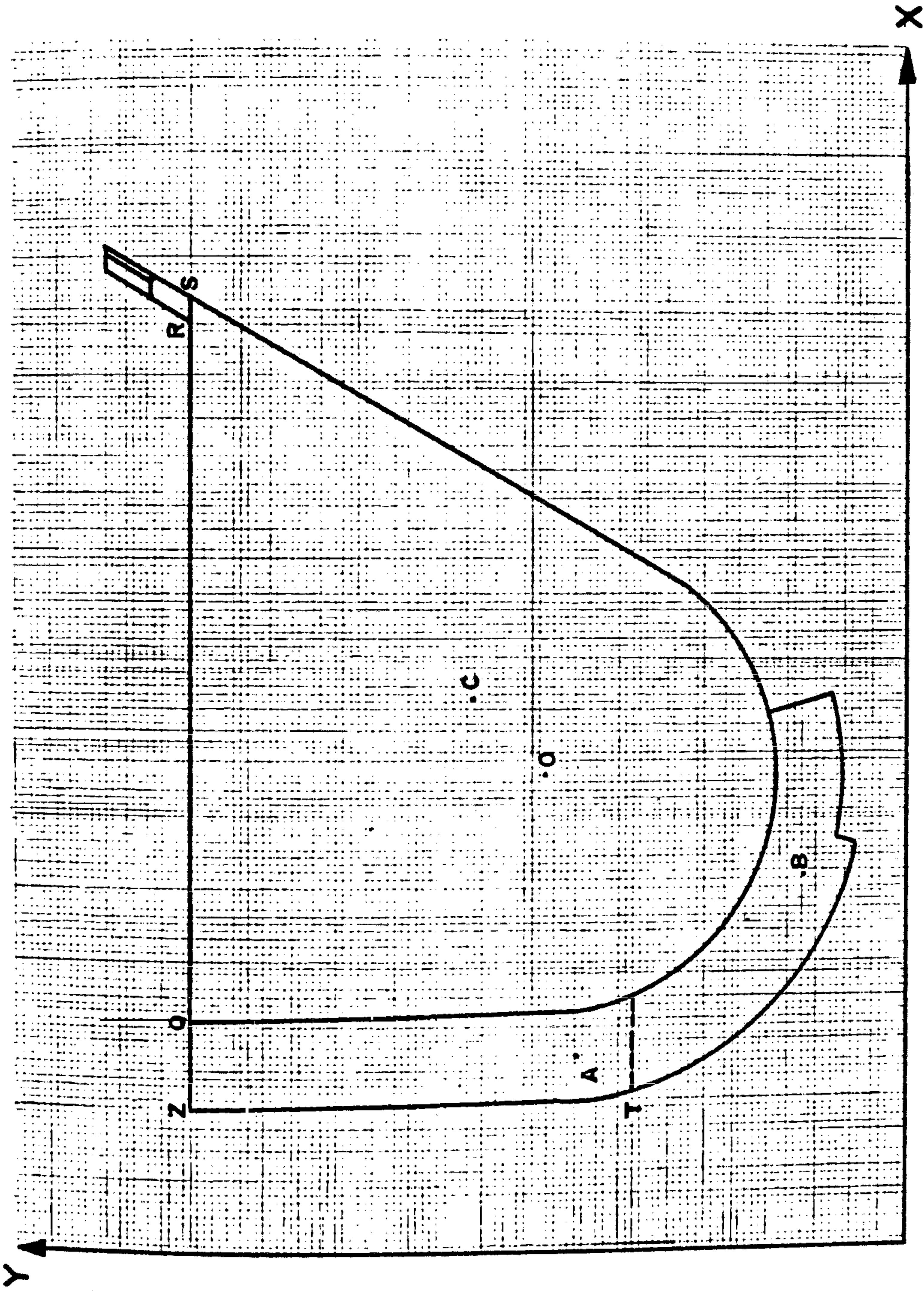
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
PROYECTO DE GRADO	
DIBUJADO POR: Y. QUISPE P.	DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL BASTIDOR
FECHA: JUNIO 1985	ESCALA: 1:8
	GRAFICO N° 1.1.7



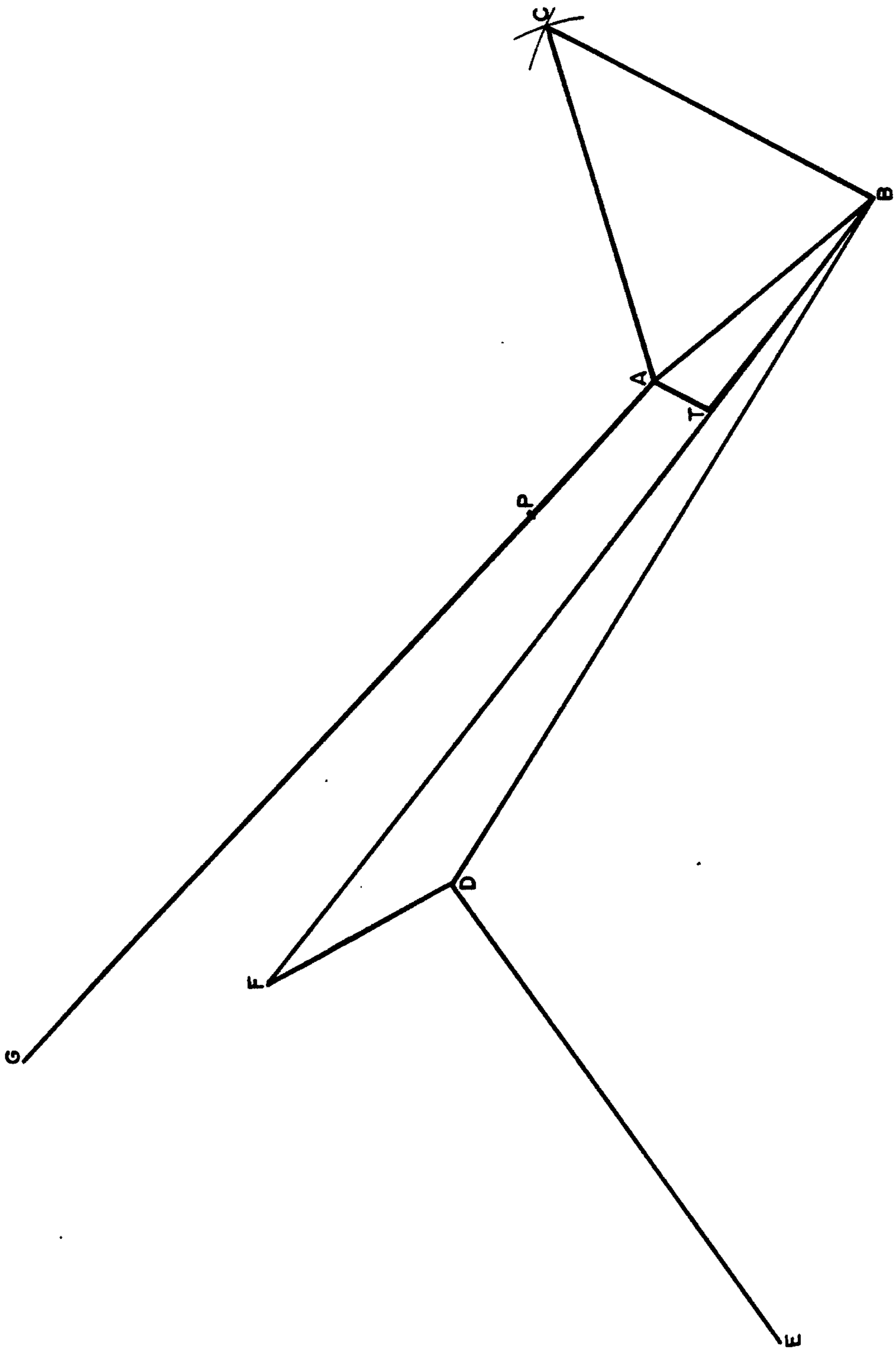
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
PROYECTO DE GRADO	
DIBUJADO POR: V. QUISPE P.	ELEMENTOS DEL MECANISMO DE VOLTEO
FECHA: JUNIO 1985	ESCALA: 1 = 10
	GRAFICO Nº 1.2.1



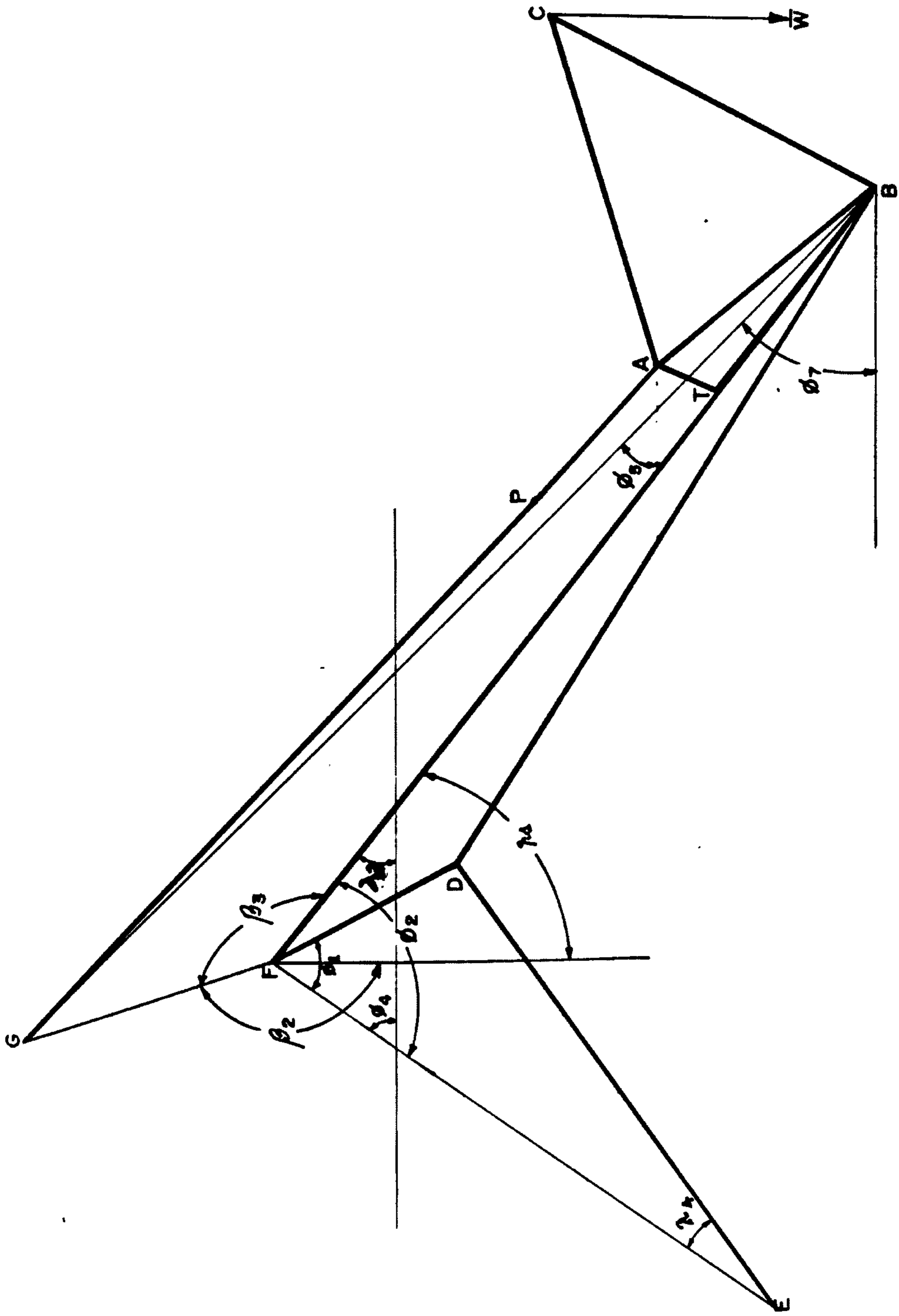
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
P. PROYECTO DE GRADO	
DIBUJADO POR: V. QUISPE P.	DISTRIBUCION DE AREAS DE LA CUCHARA
FECHA: JUNIO 1985	ESCALA: 1=10
	GRAFICO N° 1.2.2



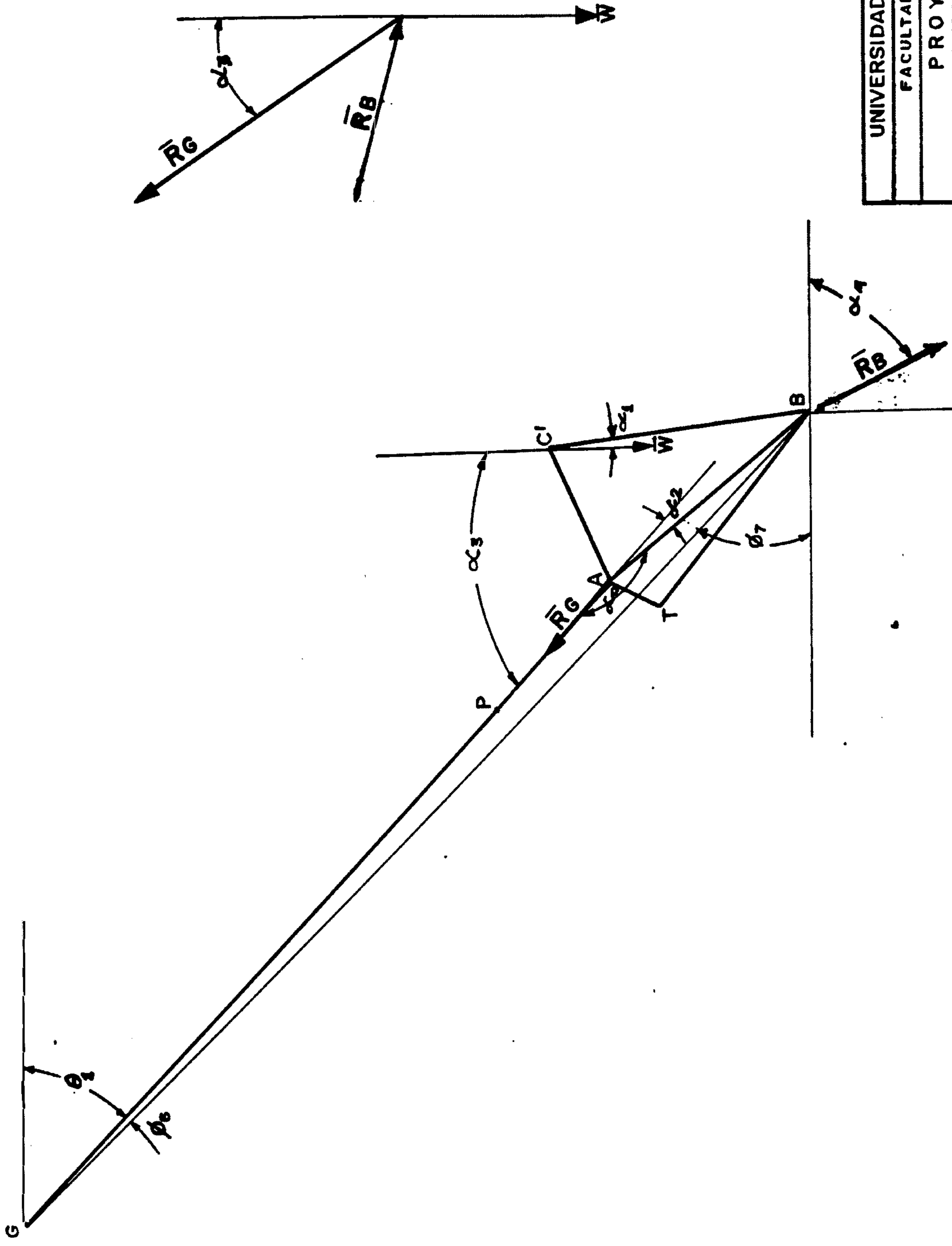
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
PROYECTO DE GRADO	
DIBUJADO POR: V.QUISPE P.	PUNTOS DE APLICACION DE FUERZAS EN LA CUCHARA
FECHA: JUNIO 1965	ESCALA: 1=10
	GRAFICO: 1.2.3



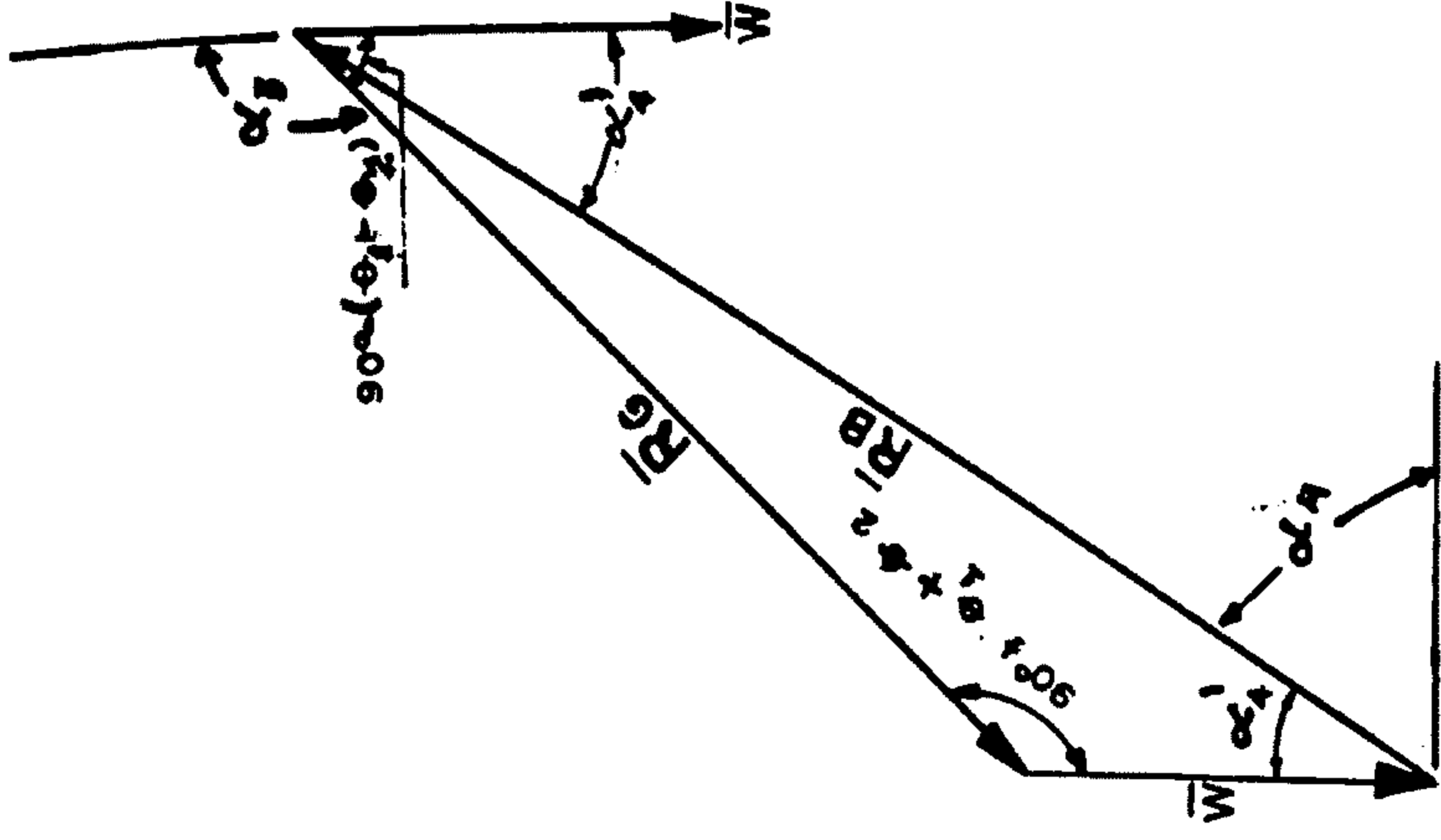
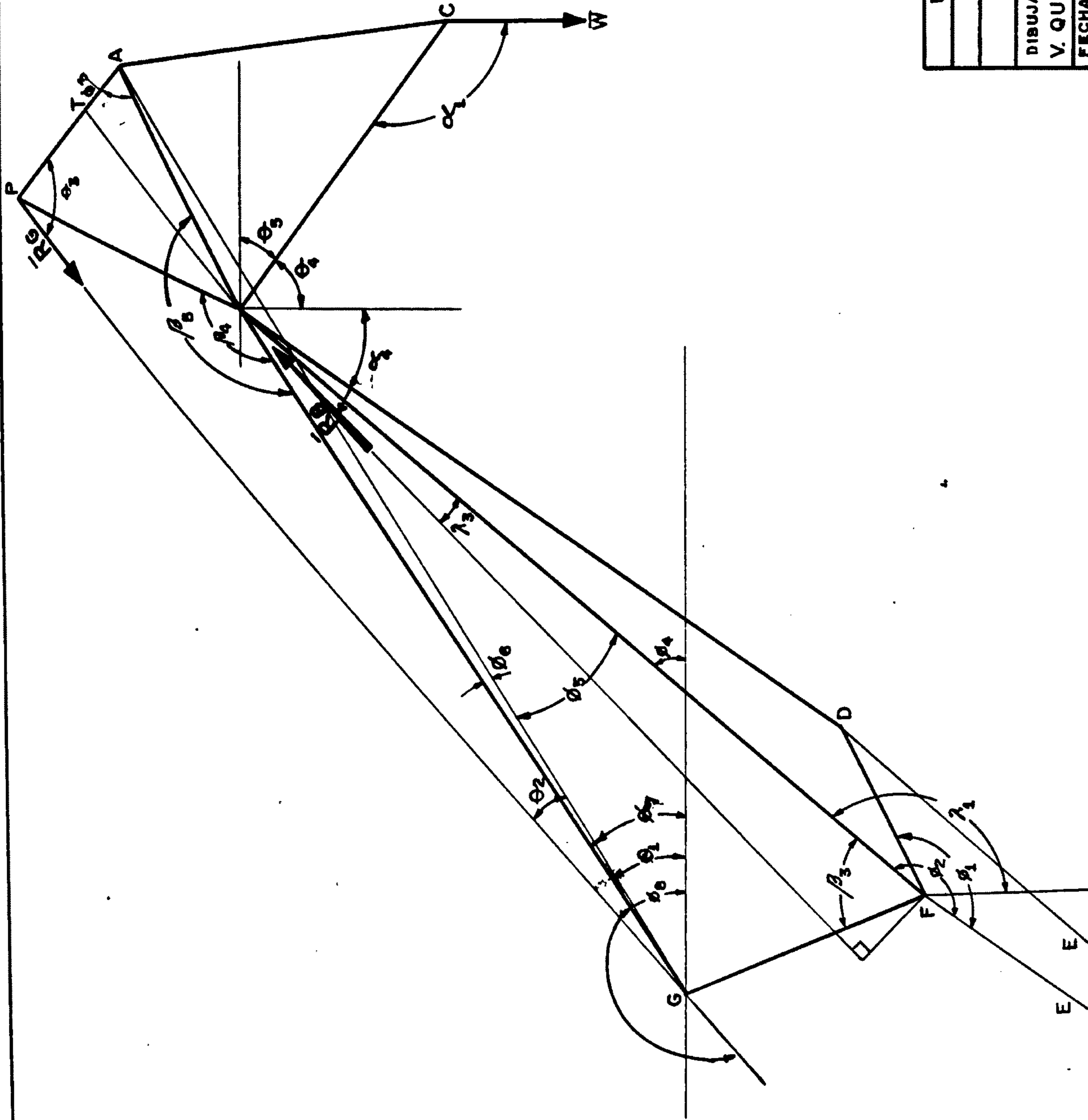
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
PROYECTO DE GRADO	
DIBUJADO POR: V. QUISPE P.	ESQUEMA DEL MECANISMO DE VOLTEO
FECHA: JUNIO 1985	ESCALA: 1=10
GRAFICO: Nº 1.2.4.	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
PROYECTO DE GRADO	
DIBUJADO POR: V. QUISPE P.	ESQUEMA DEL MECANISMO DE VOLTEO DETALLADO
FECHA: JUNIO 1985	ESCALA: 1=10
	GRAFICO N° I.2.5.

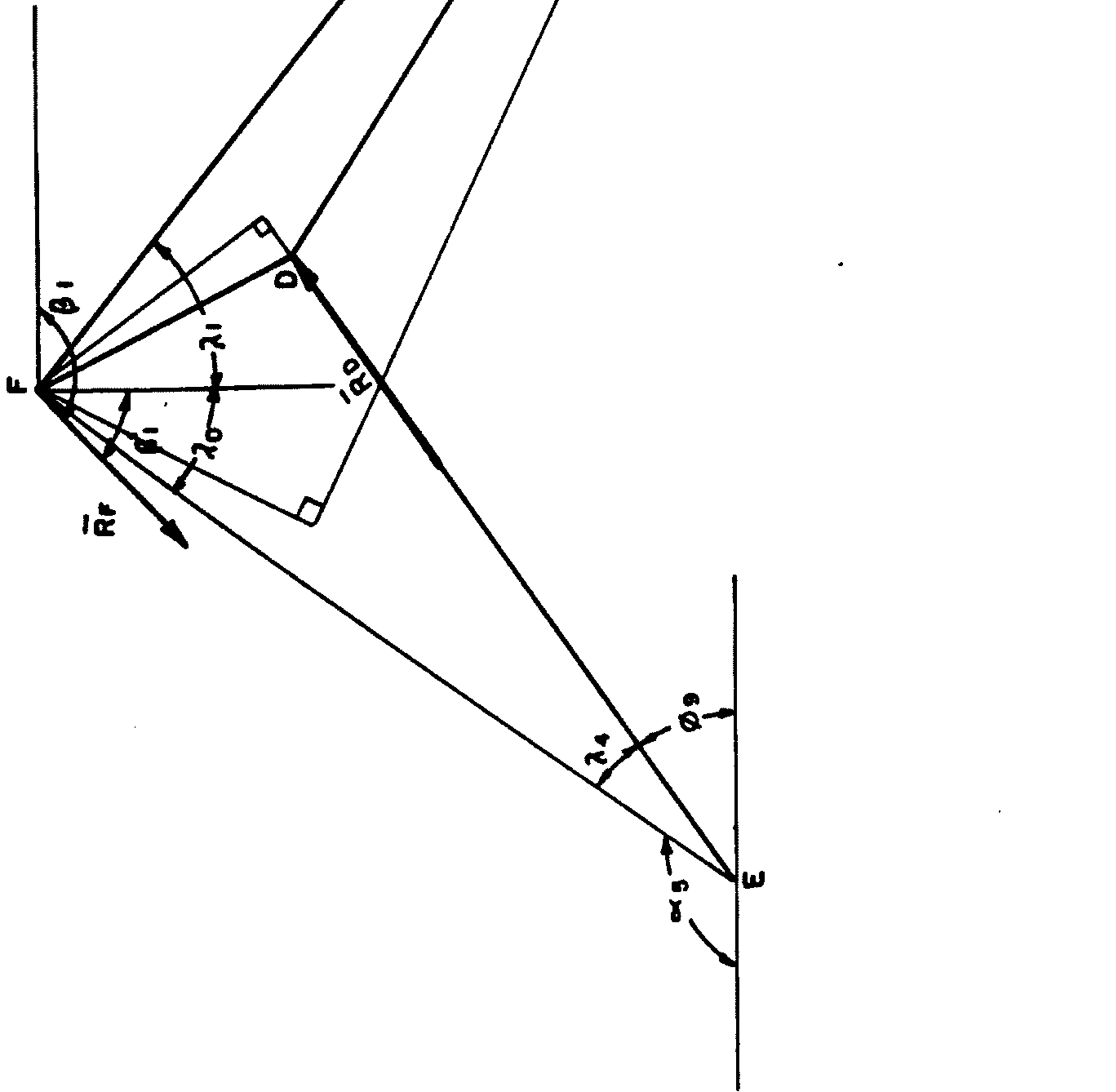
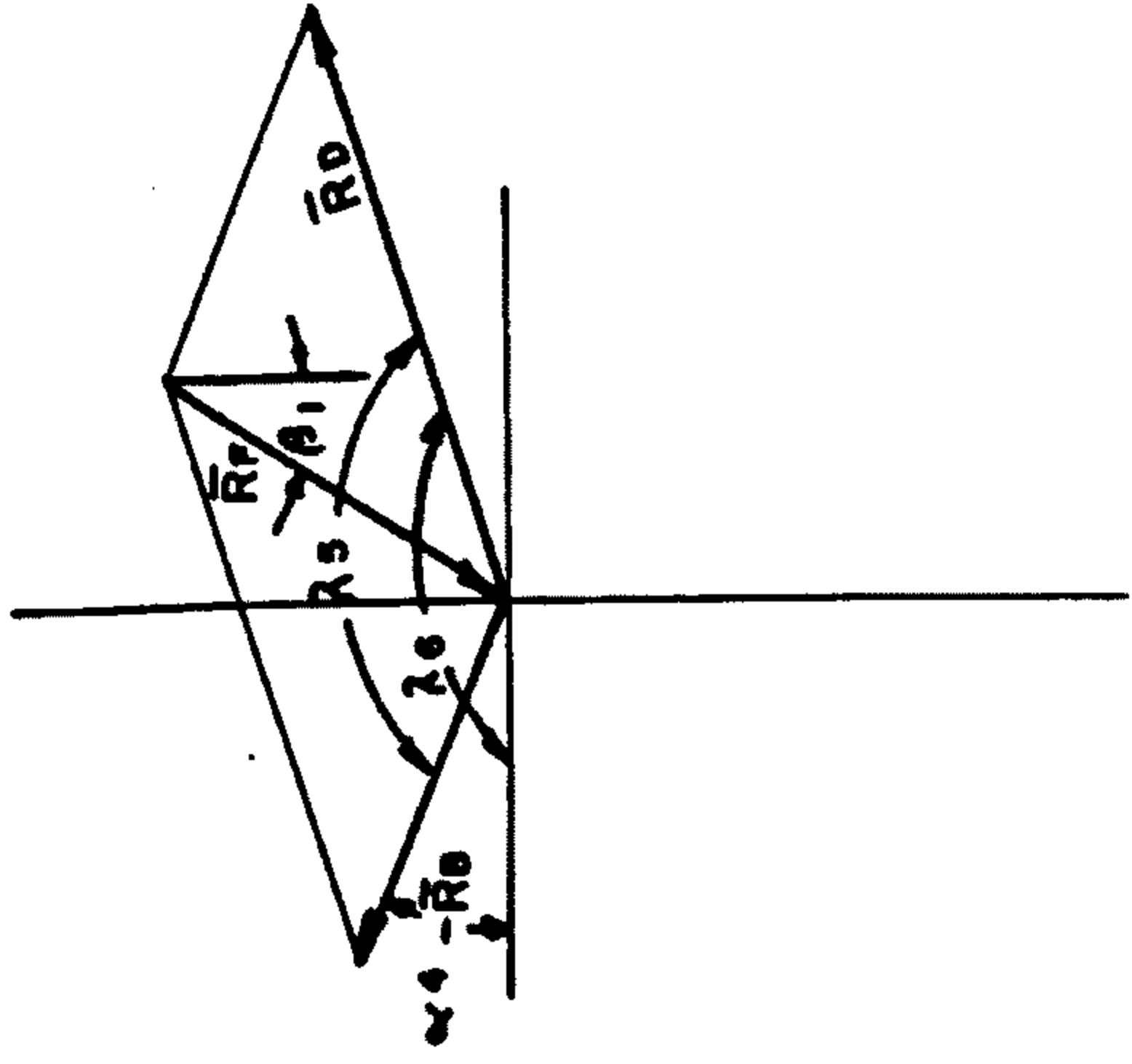


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA		
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA		
PROYECTO DE GRADO		
DIBUJADO POR: V. QUISPE P.		
DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE LA CUCHARA (I)		
FECHA: JUNIO 1985	ESCALA: 1=10	GRAFICO N° 1.2.6.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
PROYECTO DE GRADO	
DIBUJADO POR:	DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE LA CUCHARA (II)
V. QUISPE P.	
FECHA: JUNIO 1985	ESCALA: 1 = 10
	GRAFICO N° 1.2.7.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

PROYECTO DE GRADO

DIBUJADO POR: **DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL  
V. QUISPE P. BASTIDOR**

FECHA: OCTUBRE-1985 ESCALA: 1:10

GRAFICO: N° 1.2.8

## C A P I T U L O   I I

### 2.- ESTUDIO DE LAS FUERZAS ACTUANTES EN EL SISTEMA DE VOLTEO DE CUCHARA CON CARGA

Hasta esta parte ya contamos con el centro de gravedad para la cuchara sin carga y los procesos de cálculo para estimar las fuerzas actuantes para un centro de gravedad fijo. Pero al tener la cuchara con carga conforme voltee (vale de ceir vaciando el mineral) la carga va ha variar y con ello el centro de gravedad. Debemos tener presente para ambos casos un ángulo de reposo del mineral de  $37^{\circ}$  aproximadamente.

#### 2.1. Modelo Jarvis Clark

Teniendo en cuenta que ya contamos con el centro de gravedad de la cuchara debemos obtener el valor en posición XY del gráfico 1.1.3 para cada valor de ángulo de inclinación de la cuchara con carga.

Para efecto de cálculos asumiremos que una vez la cuchara cargada el mineral se llena a nivel del segmento  $\overline{QR}$  (gráfico 1.1.3).

Tambien tendremos en cuenta que el ángulo de inclina

la cuchara. Lo que perseguiremos es saber  $\overline{AC}$  y  $\overline{BC}$  para cada posición de la cuchara con carga en el volteo.

2.1.1 Localización del centro de gravedad para distintos ángulos de volteo.- Para esto debemos tener presente que el mineral siempre caerá por la punta del labio R' del gráfico 2.1.1; además la posición de la cuchara en el plano XY es el mismo que el gráfico 1.1.2.

Tenemos que el ángulo QR'S es aproximadamente  $60^\circ$  y a partir de  $\overline{R'S}$  hemos dividido el ángulo QR'S en sectores de  $2^\circ$  cada uno para facilitar el cálculo de el área residual seccional de mineral que va quedando en la cuchara conforme voltea, hasta quedar totalmente vacía, este proceso no toma en cuenta la altura de la cuchara en este caso. Estos sectores se pueden aproximar a una serie de triángulos isósceles.

Debemos tener presente además como en los cálculos en la cuchara sin carga que el centro de gravedad en cualquier posición del volteo estará en el plano central paralelo en la cuchara y entre ambas caras de la misma.

Para efecto de cálculo despreciamos el pequeño triángulo RR'S.

2.1.1.1 Centro de gravedad del área lateral del mineral durante el volteo.- Teniendo en cuen

ta que necesitamos relacionar el ángulo que forma el mineral en reposo dentro de la cuchara con el ángulo de volteo de ésta nos valdremos del gráfico 2.1.2 para relacionar dichos ángulos, definiendo como  $\alpha_m$  el ángulo del mineral en la cuchara.

$$37^\circ + (60 - \alpha_m) = - \alpha_6$$

$$\alpha_m = 97 + \alpha_6 \text{ de donde } \alpha_m \in [2.13^\circ, 97^\circ]$$

entonces  $\alpha_m \in [0, 97^\circ]$

Debemos tener en cuenta que el valor máximo de  $\alpha_m$  será  $60^\circ$  cuando llena la cuchara y  $\alpha_m$  cero cuando está vacia para  $\alpha_6$  mínimo y máximo respectivamente en valor absoluto. Fuera de este rango la cuchara estará sin carga. En el gráfico 2.1.1 hemos dividido en 30 áreas el área lateral de la cuchara a lo largo del ángulo de mineral  $\alpha_m$ , de donde obtendremos el cuadro 2.1.1 con el resumen de cálculos de áreas y centros de gravedad.

En el mismo gráfico aproximamos las áreas divididas a triángulos para mayor facilidad de cálculos.

Tendremos 30 áreas (triángulos) de  $i = 1$  hasta 30.

Las áreas son aproximadamente triángu

los isósceles altura  $r_i$  definida como la distancia de  $R'$  al punto medio del lado opuesto a  $R'$ . La base será el segmento opuesto a  $R'$  y calculado aproximando como

arco, así:  $b_i = r_i \theta$ , en este caso es  $\theta = 2^\circ = 0.035 \text{ rad} = \text{sen } 0.035$

$$b_i = 0.035 r_i$$

También en el gráfico 2.1.1 con  $C'_i = (2/3) r_i$  a partir de  $R'$  encontraremos el centro de gravedad  $X'_i, Y'_i$  de cada pequeña área  $A'_{ie}$  (a escala), en el gráfico 2.1.1  $A'_{ie} = 1/2 b_i \times r_i = 0.035 r_i^2 \times \frac{1}{2} = 0.0175 r_i^2 \text{ mm}^2$ .

Teniendo en cuenta la escala 1:8 tendremos área real:

$$A'_{ir} = 0.0175 r_i^2 (8 \times 8) / 10,000 \text{ dm}^2$$

$$A'_{ir} = 0.0064 A'_{ie} \text{ dm}^2$$

Además sabiendo el ancho de la cuchara =  $47'' = 11.938 \text{ dm}$  con lo que calculamos el volumen  $V'_i$ .

$$V'_i = A'_{ir} \times 11.938 \text{ dm}^3$$

Ahora podemos calcular el peso  $W'_i$  de cada área con la densidad promedio de  $3.44 \text{ Kgr/dm}^3$ , entonces  $W'_i = 3.44 \times V'_i \text{ Kgr}$ .

Con estos datos podemos obtener el cuadro N<sup>o</sup> 2.1.1.

Además que  $C'_i = (X'_i, Y'_i)$ .

CUADRO 2.1.1.

Fig	Ri	C'i	A'ie	A'ir	V'i	W'i	X'i	Y'i	W'i X'i	W'i Y'i
i	mm	mm	mm <sup>2</sup>	dm <sup>2</sup>	dm <sup>3</sup>	Kgr	mm	mm	Kgr mm	Kgr mm
1	78	52	106.47	0.681	8.135	27.98	122.9	57.4	3439.1	1606.2
2	92	61.33	148.12	0.948	11.317	38.93	116	50	4515.9	1946.5
3	100	66.67	175	1.120	13.371	46.00	111.3	47.5	5119.2	2184.75
4	106	70.76	196.63	1.258	15.023	51.68	107	45	5529.7	2325.6
5	111	74	215.62	1.380	16.474	56.67	103	44.2	5837.0	2504.8
6	115	76.67	231.44	1.481	17.683	60.83	99.2	43.7	6034.1	2658.2
7	119.5	79.67	249.90	1.599	19.093	65.68	95.2	43	6252.9	2824.3
8	123	82	264.76	1.694	20.228	69.58	91.4	43.3	6360.1	3013.0
9	126	84	277.83	1.778	21.227	73.02	87.8	44.1	6411.3	3220.2
10	128	85.33	286.72	1.835	21.906	75.36	84.8	45.2	6390.3	3406.2
11	130.5	87	298.03	1.907	22.770	78.33	81.5	47	6383.9	3681.5
12	132	88	304.92	1.951	23.297	80.14	78.8	48.5	6315.1	3886.8
13	133.5	89	311.89	1.996	23.829	81.97	76.3	50.3	6254.5	4123.2

14	135	90	318.94	2.041	24.368	83.82	74.1	54.2	6211.5	4543.3
15	136	90.67	323.68	2.071	24.730	85.07	71.8	54.2	6108.2	4610.9
16	136.5	91	326.06	2.087	24.912	85.70	69.8	56.8	5981.8	4867.7
17	137	91.33	328.46	2.102	25.095	86.33	68.1	59.4	5870.3	5127.8
18	137	91.33	328.46	2.102	25.095	86.33	66.6	62	5749.4	5352.3
19	136.5	91	326.06	2.087	24.912	85.70	65.4	65.4	5604.7	5604.7
20	136	90.67	323.68	2.071	24.730	85.07	64.8	68.2	5512.6	5801.9
21	135	90	318.94	2.041	24.368	83.82	64.5	71.8	5406.7	6018.7
22	134	89.33	314.23	2.011	24.008	82.59	64.5	75	5326.4	6194.1
23	133	88.67	309.56	1.981	23.651	81.36	64.5	78.2	5247.7	6362.4
24	132.5	88.33	307.23	1.966	23.474	80.75	64	80.9	5168.0	6532.6
25	132.5	88.33	307.23	1.966	23.474	80.75	63.3	84.1	5111.4	6791.0
26	133	88.67	309.56	1.981	23.651	81.36	62.2	87.7	5061.0	7135.3
27	133	88.67	309.56	1.981	23.651	81.36	61.8	90.7	5028.0	7379.4
28	134	89.33	314.23	2.011	24.008	82.59	60.8	93.5	5021.4	7722.0
29	131.5	87.67	302.61	1.937	23.121	79.54	61.8	96.6	4915.3	7683.1
30	128	85.33	286.72	1.835	21.906	75.36	64.2	100	4838.0	7535.8

2.1.1.2 Centro de gravedad del mineral residual para cada ángulo.- En esta secuencia debemos calcular el centro de gravedad del mineral que habrá en la cuchara desde que está llena hasta vacía, pero a la inversa para aprovechar los cálculos resumidos en el cuadro 2.1.1, ya que tenemos datos de cada uno de los triángulos de aproximación. Será en el sentido de  $\overline{R'S}$  hacia  $\overline{R'Q}$ . Para diferenciar el cuadro 2.1.2 del 2.1.1 por ser así algo como cálculo de valores acumulados desde  $2^\circ$  a  $30^\circ$  ( $\overline{R'S}$  a  $\overline{R'Q}$ ) nombraremos cada área acumulada de  $n = 1$  a  $30$ .

$$\text{Así también } w_n = \sum_{i=1}^n w'_i$$

$$\text{El parámetro definido } w_n x_n = \sum_{i=1}^n w'_i x'_i$$

$$\text{El parámetro definido } w_n y_n = \sum_{i=1}^n w'_i y'_i$$

Con estos valores tendremos:

$$x_n = \frac{w_n x_n}{w_n} \qquad y_n = \frac{w_n y_n}{w_n}$$

Para cada valor de  $\alpha_m = 2 (n)$



CUADRO 2.1.2

Fig n	$w_n$ Kgr	$w_n x_n$ Kgr-mm	$w_n y_n$ Kgr-mm	$x_n$ mm	$y_n$ mm	$\alpha_n$ °
1	27.98	3439.1	1606.2	122.90	57.40	2
2	66.91	7955.0	3552.73	118.88	53.09	4
3	112.91	13074.2	5737.5	115.79	50.81	6
4	164.59	18603.9	8063.1	113.03	48.99	8
5	221.26	24441.0	10567.9	110.46	47.76	10
6	282.09	30475.1	13226.1	108.03	46.89	12
7	347.77	36728.0	16050.4	105.61	46.15	14
8	417.35	43088.1	19063.4	103.24	45.68	16
9	490.37	49499.4	22283.7	100.94	45.44	18
10	565.73	55889.7	25689.8	98.79	45.41	20
11	644.10	62273.6	29371.3	96.69	45.60	22
12	724.20	68588.7	33258.2	94.71	45.92	24
13	806.18	74843.3	37381.4	92.84	46.37	26

14	890.007	81054.7	41924.8	91.07	47.11	28
15	975.07	87162.9	46535.7	89.39	47.72	30
16	1060.77	93144.6	51403.35	87.81	48.46	32
17	1147.10	99014.9	56531.20	86.32	49.28	34
18	1233.43	104764.3	61883.51	84.94	50.17	36
19	1319.12	110369.0	67488.19	83.67	51.16	38
20	1404.20	115881.7	73290.09	82.52	52.20	40
21	1488.02	121288.4	79308.75	81.51	53.30	42
22	1570.61	126615.3	85502.90	80.61	54.44	44
23	1651.97	131863.1	91865.22	79.82	55.61	46
24	1732.72	137031.0	98397.85	79.08	56.79	48
25	1813.47	142142.5	105188.88	78.38	58.00	50
26	1894.83	147203.1	112324.16	77.69	59.28	52
27	1976.19	152231.1	119703.52	77.03	60.57	54
28	2058.78	157252.5	127425.51	76.38	61.89	56
29	2138.31	162167.8	135108.62	75.84	63.18	58
30	2213.67	167005.7	142644.39	75.44	64.44	60

### 2.1. 1.3 Centro de gravedad de la cuchara con carga

Al tener los valores del cálculo del centro de gravedad de la cuchara sin carga y teniendo también el cálculo del centro de gravedad del mineral para cada ángulo de volteo en la cuchara podremos calcular el valor del centro de gravedad  $C$  que variará para cada ángulo  $\alpha_m$  que solo en el rango  $\alpha_m \in [0, 60^\circ]$  hace variar el centro de gravedad. Este rango se ve reducido debido al ángulo de reposo del material.

Obtendremos el cuadro de cálculos 2.1.3 en donde totalizamos el centro de gravedad de la cuchara con carga para cada ángulo  $\alpha_m \in [0, 60^\circ]$ , debiendo tener en cuenta que  $\alpha_m$  fuera de éste intervalo el centro de gravedad será el de cuchara sin carga, cuyos valores ya conocemos y resumimos en el gráfico 2.1.3.

Para el cuadro 2.1.3 partimos del cuadro 2.1.2 de la forma siguiente:

n de 1 a 30

$\alpha_m$  a partir de  $2^\circ$  a  $60^\circ$

Teniendo en cuenta que en la pág. 39 tenemos el peso de 470.523 Kgr. de la cuchara sin carga y el centro de gravedad  $\bar{C}_0$  (80.360, 60.124) mm ya que el mismo siste-

ma de referencia XY es el del gráfico

2.1.1. Nos será útil también en este mismo sistema de referencia los puntos

A (38, 38.2) y B (70.7, 7.4) a escala 1:8 conforme el gráfico 1.1.3 y en mm.

$$W_n = 470.523 + w_n \quad \text{Peso total con carga}$$

$$W_n X_n = 470.523 \times 80.360 + w_n x_n$$

$$W_n X_n = 37811.23 + w_n x_n$$

$$W_n Y_n = 470.523 \times 60.124 + w_n y_n$$

$$W_n Y_n = 28289.72 + w_n y_n$$

$$X_n = \frac{W_n X_n}{W_n} \quad Y_n = \frac{W_n Y_n}{W_n}$$

Con estos parámetros podemos obtener el cuadro 2.1.3 que nos resume los valores de los centros de gravedad total de la cuchara con carga.

CUADRO 2.1.3

n	$\alpha$	Wn	Wn Xn	Wn Yn	Xn	Yn
-	o	Kgr	Kgr-mm	Kgr-mm	mm	mm
1	2	498.50	41250.36	29895.96	82.75	59.97
2	4	537.44	45766.23	31842.46	85.16	59.25
3	6	583.43	50885.45	34027.21	87.22	58.32
4	8	635.11	56415.17	36352.79	88.83	57.24
5	10	691.78	62252.19	38857.51	89.99	56.17
6	12	752.61	68286.33	41515.79	90.73	55.16
7	14	818.29	74539.22	44340.10	91.09	54.19
8	16	887.88	80899.33	47353.15	91.12	53.33
9	18	960.90	87310.60	50573.39	90.86	52.63
10	20	1036.25	93700.93	53979.56	90.42	52.09
11	22	1114.58	100084.84	57661.08	89.80	51.73
12	24	1194.73	106399.97	61547.93	89.06	51.52
13	26	1276.70	112654.51	65671.17	88.24	51.44

14	28	1360.52	118865.97	70214.50	87.37	51.61
15	30	1445.60	124974.13	74825.40	86.45	51.76
16	32	1531.29	130955.88	79693.07	85.52	52.04
17	34	1617.62	136826.15	84820.93	84.58	52.43
18	36	1703.95	142575.56	90173.23	83.67	52.92
19	38	1789.65	148180.25	95777.91	82.80	53.52
20	40	1874.72	153692.90	101579.81	81.98	54.18
21	42	1958.54	159099.64	107598.47	81.23	54.94
22	44	2041.13	164426.58	113792.59	80.56	55.75
23	46	2122.49	169674.30	120154.94	79.94	56.61
24	48	2203.24	174842.27	126687.58	79.36	57.50
25	50	2283.99	179953.71	133478.61	78.79	58.44
26	52	2365.35	185014.31	140613.89	78.22	59.45
27	54	2446.71	190042.36	147993.25	77.67	60.49
28	56	2529.30	195063.72	155715.24	77.12	61.56
29	58	2608.84	199978.99	163398.34	76.65	62.63
30	60	2684.19	204816.96	170934.12	76.30	63.68

Observando en el gráfico 1.1.4 el triángulo  $ACB$  tendremos que para efecto de cálculos solo nos interesa los valores  $\overline{AC}$  y  $\overline{BC}$  para cada ángulo de mineral residual en la cuchara con carga, vale decir el centro de gravedad total para cada ángulo de mineral obtenido en el cuadro 2.1.3.

El gráfico 2.1.3 representará la variación de  $\overline{AC}$  y  $\overline{BC}$  versus el rango total de  $\alpha_m \in [0, 97.00^\circ]$ , en función del ángulo de volteo  $\alpha_6$ .

Para los valores  $\alpha_m = 0$ , son válidos los valores para la cuchara sin carga vale decir  $\overline{AC} = 48$  mm y  $\overline{BC} = 54$  mm, valores a escala 1:8 y de la pág. 28 para  $\alpha_m \geq 60$  serán válidos los valores de  $\alpha_m = 60$ . Igual criterio se tendrá para tener el peso  $W$  representado en el centro de gravedad  $C$ , vale decir que para  $\alpha_m > 60$  se tendrá el peso de la cuchara con carga, con lo que haremos el gráfico 2.1.4.

Teniendo en cuenta que  $A(38, 38.2)$  y  $B(70.7, 7.4)$  además de  $C$  para cada valor de  $\alpha_m$  en el cuadro 2.1.3 obtendremos el cuadro 2.1.4 con los valores de  $\alpha_m$  además de:

$$\overline{AC}_n = ((X_n - 38)^2 + (Y_n - 38.2)^2)^{1/2}$$

$$\overline{BC}_n = ((X_n - 70.7)^2 + (Y_n - 7.4)^2)^{1/2}$$

CUADRO 2.1.4

n	$\alpha_m$	$\overline{ACn}$	$\overline{BCn}$	n	$\alpha_m$	$\overline{ACn}$	$\overline{BCn}$
-	o	mm	mm	-	o	mm	mm
1	2	49.76	53.93	16	32	49.49	47.04
2	4	51.64	53.83	17	34	48.71	47.13
3	6	53.17	53.53	18	36	47.99	47.33
4	8	54.28	53.04	19	38	47.34	47.68
5	10	55.01	52.45	20	40	46.80	48.12
6	12	55.39	51.79	21	42	46.36	48.69
7	14	55.45	51.04	22	44	46.03	49.34
8	16	55.23	50.27	23	46	45.80	50.07
9	18	54.80	49.52	24	48	45.64	50.84
10	20	54.23	48.85	25	50	45.53	51.68
11	22	53.53	48.27	26	52	45.49	52.59
12	24	52.77	47.78	27	54	45.50	53.54
13	26	51.95	47.40	28	56	45.57	54.54
14	28	51.16	47.25	29	58	45.73	55.55
15	30	50.31	47.07	30	60	46.01	56.56



Con todos estos datos obtenidos podremos obtener el gráfico 2.1.3 con los valores de  $\overline{AC}$  y  $\overline{BC}$  versus  $\alpha_m$ .

2.1.2 Obtención del gráfico carga versus ángulo de volteo.- Teniendo en cuenta que en el cuadro 2.1.3, contamos con el valor del peso de la cuchara con carga mientras tiene mineral en el interior y adicionamos los datos de que para  $\alpha_m = 0$ , el peso es el de la cuchara sin carga y que cuando  $\alpha_m > 60^\circ$  ésta está llena y el peso es el mismo que  $\alpha_m = 60^\circ$ . Por esto obtenemos el gráfico 2.1.4 de carga versus  $\alpha_m$  a lo largo de  $\alpha_m \in [0, 97.00^\circ]$  ya que  $\alpha_6$  y  $\alpha_1$  están ligados a  $\alpha_m$ .

Para el gráfico 2.1.4 podemos concluir que para  $\alpha_m = 0$  tenemos solo el peso de la cuchara  $W = 470.523$  Kgr y para  $\alpha_m = 60$  ó  $\alpha_m > 60^\circ$  tendremos la cuchara totalmente cargada con  $W = 2684.19$  Kgr

Nos quedará por calcular ahora los valores de las fuerzas sobre los apoyos de la cuchara hacia la estructura de la máquina para poder analizar las fuerzas críticas.

2.1.3 Análisis del gráfico carga versus ángulo de volteo.- En esta secuencia necesitamos además calcular las fuerzas  $\overline{R_A}$ ,  $\overline{R_B}$ ,  $\overline{R_D}$  y  $\overline{R_F}$  para la cuchara con carga para analizar con énfasis en  $\overline{R_A}$  que es la fuerza en el pistón de volteo.

Para tal efecto podemos analizar la secuencia de cálculos de dichas fuerzas para la cuchara sin carga y ver todos los cálculos de los cuales podemos prescindir y cuyos resultados aprovechar.

La secuencia de planteamientos de la página 41 hasta el parámetro  $\phi_7 = -\phi_5 - \lambda_2$ , su similar de la página 60 y 61 y el cuadro 1.1.2.1 respectivamente son datos enteramente válidos para la cuchara con carga.

Si observamos ahora en la página 47 la secuencia de cálculos general y su secuencia similar de la página 62 y 71 notaremos que entran en juego el ángulo ABC y el valor del segmento  $\overline{BC}$ . Estos valores si dependen del centro de gravedad C vale decir de la carga W que también variará.

Para este fin a partir de los gráficos 1.1.3, 1.1.6 y 2.1.2 podemos obtener el gráfico 2.1.5 teniendo en cuenta que  $\overline{GA}$  y  $\overline{DE}$  están en cualquier posición y definiremos el ángulo  $\phi_{10}$  según el gráfico 2.1.5.

De los cálculos para cuchara sin carga  $\phi_7$ ,  $\phi_6$  que es también dato así como  $\alpha_0$ ,  $\phi_{10}$  será:

$$\phi_{10} = -\phi_7 + (180 - (\phi_6 + \alpha_0))$$

Teniendo en cuenta también el mismo gráfico 2.1.5 el segmento  $\overline{QR}$  con  $\overline{AB}$  forman un ángulo fijo de  $45^\circ$  (medido en el gráfico 2.1.5) tendremos la otra relación de  $\phi_{10}$ .

$$\phi_{10} = 45^\circ - \alpha_6$$

Con estas dos relaciones ligaremos  $\alpha_6$  con valores conocidos; y al tener  $\alpha_6$  relacionado con  $m$  mediante  $\alpha_m = 97 + \alpha_6$  (según el gráfico 2.1.2) con lo que podremos conocer el ángulo ABC el segmento  $\overline{BC}$  a partir de parámetros conocidos y relaciones adicionales para poder calcular las fuerzas incógnitas en la cuchara con carga durante el volteo.

Para tal efecto establecemos las siguientes relaciones.

$$\phi_{10} = 45 - (\alpha_m - 97) = -\phi_7 + (180 - (\phi_6 + \alpha_0))$$

$$142 - \alpha_m = -\phi_7 + 180 - \phi_6 - \alpha_0$$

$$142 - \alpha_m = -(\phi_7 + \phi_6) + (180 - \alpha_0)$$

$$142 - \alpha_m = -\theta_1 + \alpha_2$$

$$\alpha_m = 142 - (-\theta_1 + \alpha_2)$$

Mediante el gráfico 2.1.3 conocemos  $\overline{BC}$  para cada valor de  $\alpha_m$ , ahora obtendremos el valor del ángulo ABC, con ayuda también del cuadro 2.1.4 y conociendo el valor del segmento  $\overline{AB} = 45$  mm (a escala en la pág.57 ).

Remitiéndonos al gráfico 1.1.5 podemos establecer en el triángulo ABC la siguiente relación:

$$\overline{AC}^2 = \overline{AB}^2 + \overline{BC}^2 - 2 \overline{AB} \times \overline{BC} \cos \angle ABC$$

$$\begin{aligned} \angle ABC &= \arccos \frac{\overline{AB}^2 + \overline{BC}^2 - \overline{AC}^2}{2 \overline{AB} \times \overline{BC}} = \\ &= \arccos \frac{(45)^2 + \overline{BC}^2 - \overline{AC}^2}{2 (45) \times \overline{BC}} \\ \angle ABC_n &= \arccos \frac{2025 + \overline{BC}_n^2 - \overline{AC}_n^2}{90 \overline{BC}_n} \end{aligned}$$

Con ésta última relación y los datos del cuadro 2.1.4 obtendremos el cuadro 2.1.5.

Con los valores del cuadro 2.1.5 y el gráfico 2.1.3 podremos obtener el gráfico 2.1.6 presentando la variación del ángulo ABC versus el ángulo  $\alpha_m$ .

Para el gráfico 2.1.6 debemos tener presente que para  $\alpha_m = 0$  el ángulo ABC =  $58^\circ$  (para la cuchara sin carga pág.47) y para  $\alpha_m > 60^\circ$ , será el valor de  $\angle ABC = 52.38^\circ$  para la cuchara cargada con  $\alpha_m = 60^\circ$

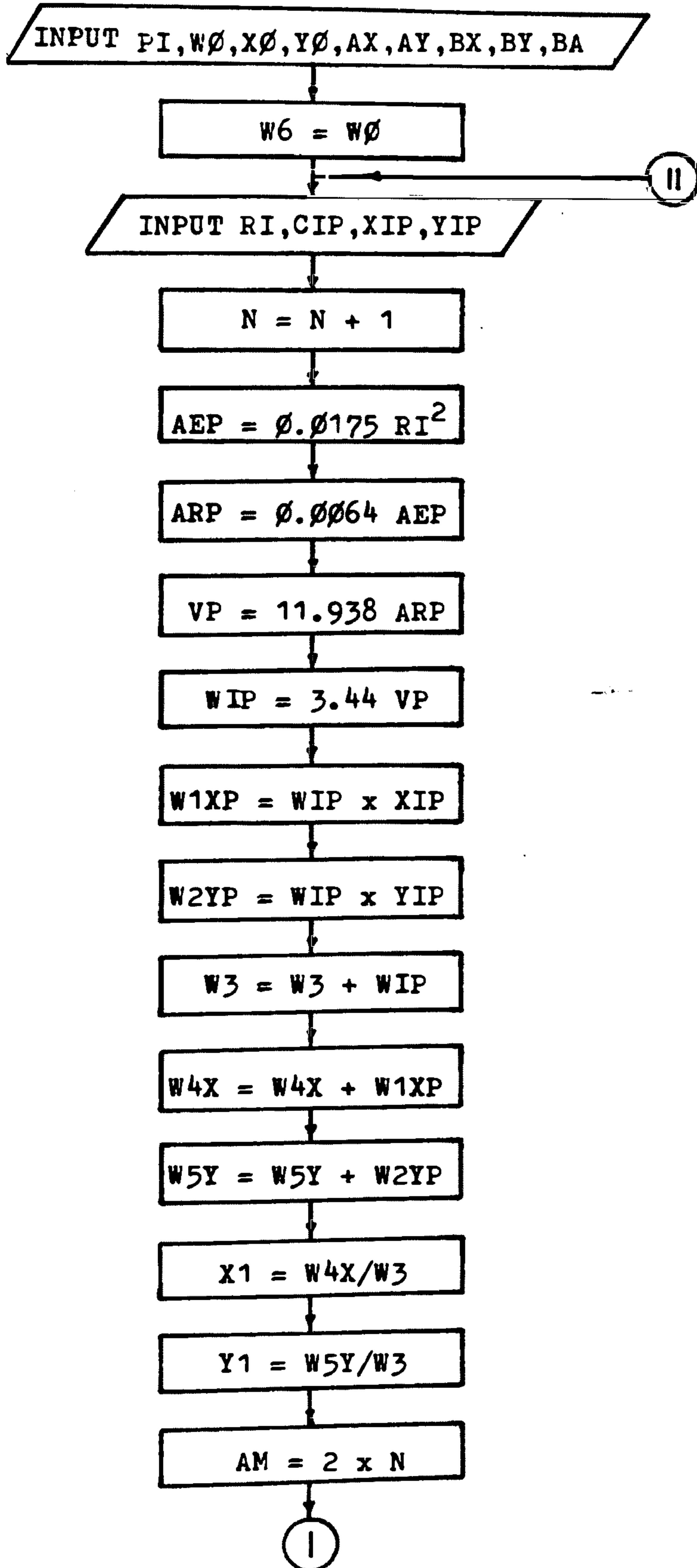
Las secuencias de cálculos precedentes que nos permitieron calcular los valores que figuran en los cuadros del 2.1.1 al 2.1.5 pueden resumirse en el diagrama de flujo y el algoritmo respectivo que a continuación presentamos y nos permitirá aprovechar la facilidad de la microcomputadora.

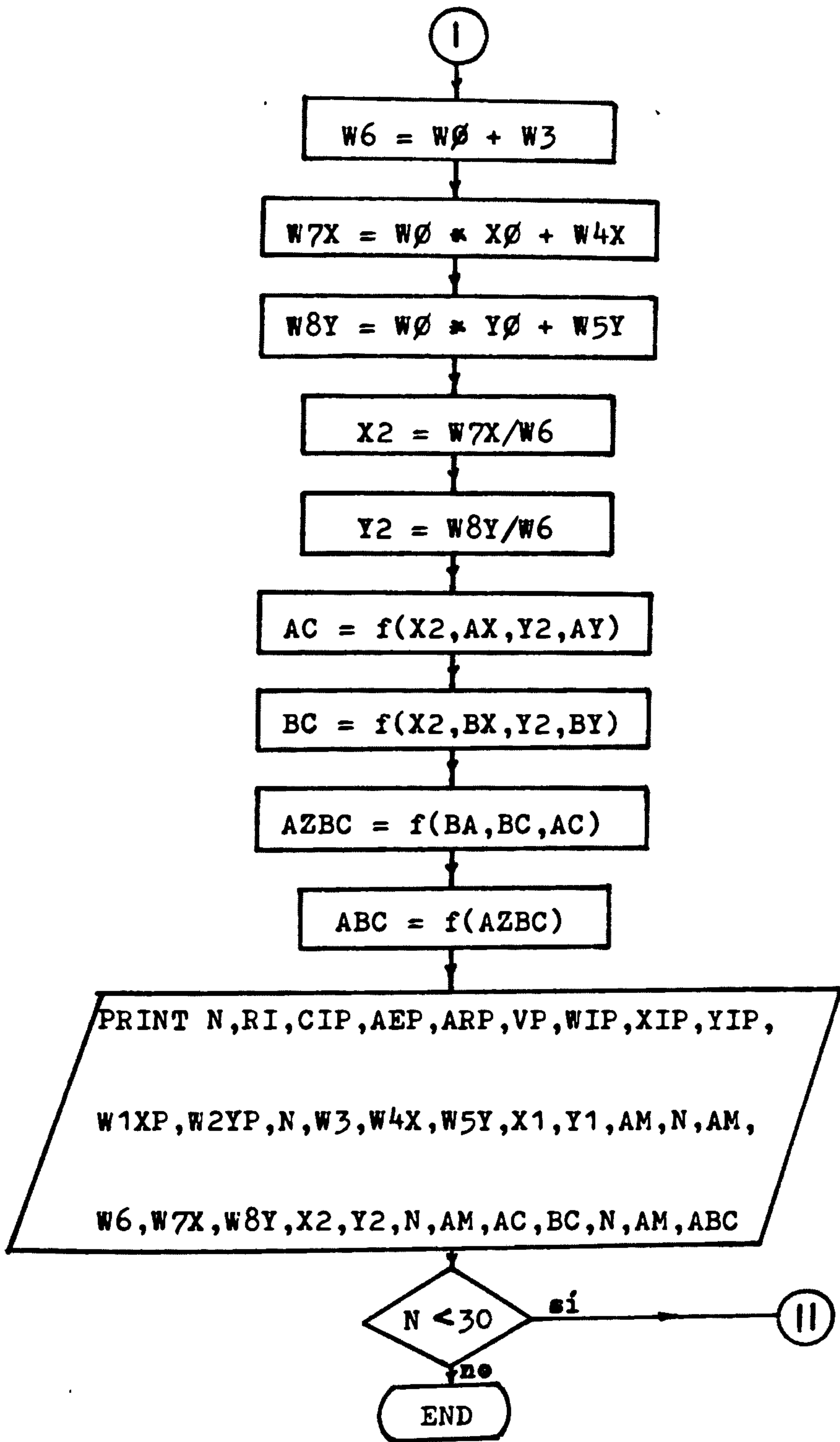
La salida de los resultados están ordenados de tal manera que podamos llenar fácilmente cada uno de los cuadros mencionados.

CUADRO 2.1.5

n	$\alpha_m$	$\bar{X}_{ABC}$	n	$\alpha_m$	$\bar{X}_{ABC}$	n	$\alpha_m$	$\bar{X}_{ABC}$
-	0	0	-	0	0	-	0	0
1	2	59.59	11	22	69.96	21	42	59.16
2	4	62.26	12	24	69.25	22	44	58.19
3	6	64.64	13	26	68.37	23	46	57.31
4	8	66.66	14	28	67.31	24	48	56.48
5	10	68.24	15	30	66.21	25	50	55.69
6	12	69.42	16	32	65.02	26	52	54.90
7	14	70.21	17	34	63.80	27	54	54.17
8	16	70.62	18	36	62.57	28	56	53.45
9	18	70.68	19	38	61.36	29	58	52.84
10	20	70.47	20	40	60.23	30	60	52.38

DIAGRAMA PARA EL CALCULO DE LOS CUADROS DEL 2.1.1 AL 2.1.5





## "PRG FOR CN 211/5"

```

10 DATA 57.30, 470.523, 80.36, 60.124, 38, 38.2, 70.7,
    7.4, 45
15 READ PI, W0, X0, Y0, AX, AY, BX, BY, BA
20 LET W6 = W0
50 INPUT RI, CIP, XIP, YIP
60 LET N = N + 1
70 LET AEP = 0.0175*RI^2
80 LET ARP = 0.0064*AEP
90 LET VP = 11.938*ARP
100 LET WIP = 3.44*VP
110 LET W1XP = WIP*XIP
120 LET W2YP = WIP*YIP
130 LET W3 = W3 + WIP
140 LET W4X = W4X + W1XP
150 LET W5Y = W5Y + W2YP
160 LET X1 = W4X/W3
170 LET Y1 = W5Y/W3
180 LET AM = 2*N
190 LET W6 = W0 + W3
200 LET W7X = W0*X0 + W4X
210 LET W8Y = W0*Y0 + W5Y
220 LET X2 = W7X/W6
230 LET Y2 = W8Y/W6
240 LET AC = SQR((X2 - AX)^2 + (Y2 - AY)^2)
250 LET BC = SQR((X2 - BX)^2 + (Y2 - BY)^2)

```



```

26Ø LET AZBC = (BA↑2 + BC↑2 - AC↑2)/(2*BA*BC)
27Ø LET ABC = (ATN(SQR((1 - AZBC↑2)/AZBC↑2)))*PI
28Ø PRINT N, RI, CIP, AEP, ARP, VP, WIP, XIP, YIP, W1XP,
      W2YP, N, W3, W4X, W5Y, X1, Y1, AM
29Ø PRINT N, AM, W6, W7X, W8Y, X2, Y2, N, AM, AC, BC, N,
      AM, ABC
30Ø IF N < 3Ø THEN 5Ø
31Ø END

```

### 2.1.3.1 Cálculo de las fuerzas actuantes en el sistema de volteo sobre la cuchara con carga.

Con ayuda de las secuencias de cálculo de las fuerzas de la cuchara sin carga y los cálculos precedentes para la cuchara con carga podremos obtener secuencia de cálculos de las fuerzas en el sistema con carga además de sus cuadros y gráficos correspondientes.

Debemos tener presente que los valores de las fuerzas a calcularse corresponderán correlativamente a cada uno de los desplazamientos del pistón  $\bar{G}A$  y para cada desplazamiento del pistón de levante  $\bar{D}E$  también en forma correlativa.

Para estos cálculos del sistema con carga los valores del cuadro 1.1.2.1 nos es

valido íntegramente. (pág. 61)

Obtendremos el cuadro 2.1.6 como semejante al cuadro 1.1.2.2 sirviéndonos de éste parcialmente además de los cálculos siguientes:  $\overline{DE} = 90.21 \text{ mm}$   $\alpha_2$  y  $\alpha_3$  obtenemos directamente (pág. 72)  $\alpha_m$  con ayuda de los valores  $\theta_1$  del cuadro 1.1.2.2 y la relación:  $\alpha_m = 142 - (\theta_1 + \alpha_2)$ .

Con los valores de  $\alpha_m$  y el gráfico 2.1.6 obtenemos el valor de  $\angle ABC$ .

Con los valores de  $\angle ABC$  obtenemos los valores de  $\alpha_1$  con la relación:

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - \angle ABC$$

Los valores de  $\overline{BC}$  y  $W$  obtendremos con  $\alpha_m$  y los gráficos 2.1.3 y 2.1.4 respectivamente.

Obtenemos  $\overline{R}_A$  con la relación:

$$R_A = \frac{-\overline{BC} \operatorname{sen} \alpha_1}{\overline{AB} \operatorname{sen} \alpha_2} W \quad \text{y con } \overline{AB} = 45 \text{ mm}$$

$$R_A = \frac{-\overline{BC} \operatorname{sen} \alpha_1}{45 \operatorname{sen} \alpha_2} W \quad \theta_8 = 180 + \theta_1$$

Así mismo  $\overline{R}_B$  con:

$$R_B = \sqrt{\overline{R}_A^2 + \overline{W}^2 - 2(R_A)(W) \cos \alpha_3}$$

También  $\alpha'_4$  con la relación:

$$\alpha'_4 = \operatorname{arctg} \frac{R_A \operatorname{sen} \alpha_3}{W - R_A \cos \alpha_3}$$

$$\alpha_4 = -(\alpha'_4 - 90)$$

Cuadro 2.1.6

$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_m$	$\nabla_{ABC}$	$\alpha_1$	$\overline{BC}$	W	R <sub>A</sub>	$\phi_8$	R <sub>B</sub>	$\alpha_4$
o	o	o	o	o	mm	Kgr	Kgr	o	Kgr	o
13.87	56.29	94.42	52.37	- 9.96	56.55	2684.19	2434.18	146.29	2424.24	33.35
17.95	57.11	91.16	52.37	- 13.23	56.55	2684.19	2503.97	147.11	2484.62	32.21
35.45	60.42	76.97	52.37	- 27.41	56.55	2684.19	2677.18	150.42	2697.82	30.32
56.33	63.50	59.17	52.42	- 45.26	56.14	2652.91	2824.35	153.50	2885.71	28.84
71.98	64.96	44.98	57.75	- 64.78	49.69	2080.99	2186.37	154.95	2293.17	30.25
85.56	65.53	31.97	65.03	- 85.07	47.04	1530.00	1598.25	155.53	1693.85	30.81
98.22	65.44	19.22	70.55	-103.34	49.11	1006.86	1080.35	155.43	1129.83	29.57
110.73	64.77	6.04	64.68	-110.65	53.52	584.46	695.53	154.76	691.91	24.58
112.76	64.61	3.85	62.05	-110.21	53.83	534.51	650.79	154.62	640.99	23.47

Podemos apreciar en el cuadro 2.1.6 que  $\alpha_1$  tiene valores que salen del rango (pág.238) del sistema sin carga, pero esto es explicable por que  $\alpha_1$  está ligado al centro de gravedad el cual varia en el sistema con carga.

Nos falta ahora conocer los valores de  $\bar{R}_D$  y  $\bar{R}_F$  para cada valor de  $\alpha_m$  para  $\bar{DE} = 90.21$  mm y sus valores correspondientes de  $\lambda_1 = 54.85$ ,  $\lambda_0 = 43^\circ$  del cuadro 1.1.2.1 más la secuencia de cálculos de la pág.

73 nos llevarán a obtener el cuadro 2.1.7 parecido y correlativo al cuadro 1.1.2.3.

$\alpha_m$  lo tenemos del cuadro 2.1.6

$$\lambda_3 = 144.85 - \alpha_4 \quad \lambda_4 = 19.10$$

$$R_D = \frac{\text{Sen } \lambda_3 R_B}{0.199} \quad \lambda_5 = 66.10 + \alpha_4$$

$$R_F = \sqrt{\bar{R}_B^2 + \bar{R}_D^2 + 2 R_B R_D \cos \lambda_5}$$

$$\lambda_6 = 66.10 \quad \phi_9 = \phi_4 - \lambda_4$$

$$\beta_1' = \text{arctg} \frac{-R_B \text{ sen } \alpha_4 - 0.405 R_D}{0.914 R_D - R_B \text{ cos } \alpha_4}$$

$$\beta_1 = -(\beta_1' + 90)$$

Las relaciones precedentes son casi similares al sistema sin carga (pág.73) por lo que se ha simplificado en parte. Con estas relaciones obtendremos el cuadro 2.1.7

Cuadro 2.1.7

$\alpha_m$	o	94.42	91.16	76.97	59.17	44.98	31.97	19.22	6.04	3.85	265
$\lambda_3$	o	111.49	112.63	114.52	116.00	114.59	114.03	115.27	120.26	121.37	
$R_D$	Kgr	11332.64	11521.27	12331.00	13030.75	10475.68	7772.43	5133.09	3002.61	2749.75	
$\rho_9$	o	114.90	114.90	114.90	114.90	114.90	114.90	114.90	114.90	114.90	
$\lambda_5$	o	99.45	98.30	96.41	94.94	96.34	96.91	95.67	90.68	89.57	
$R_F$	Kgr	11193.22	11430.10	12324.91	13101.72	10473.39	7753.30	5145.87	3073.32	2828.16	
$\beta_1$	o	-53.76	-53.67	-53.53	-53.42	-53.53	-53.57	-53.47	-53.08	-52.99	

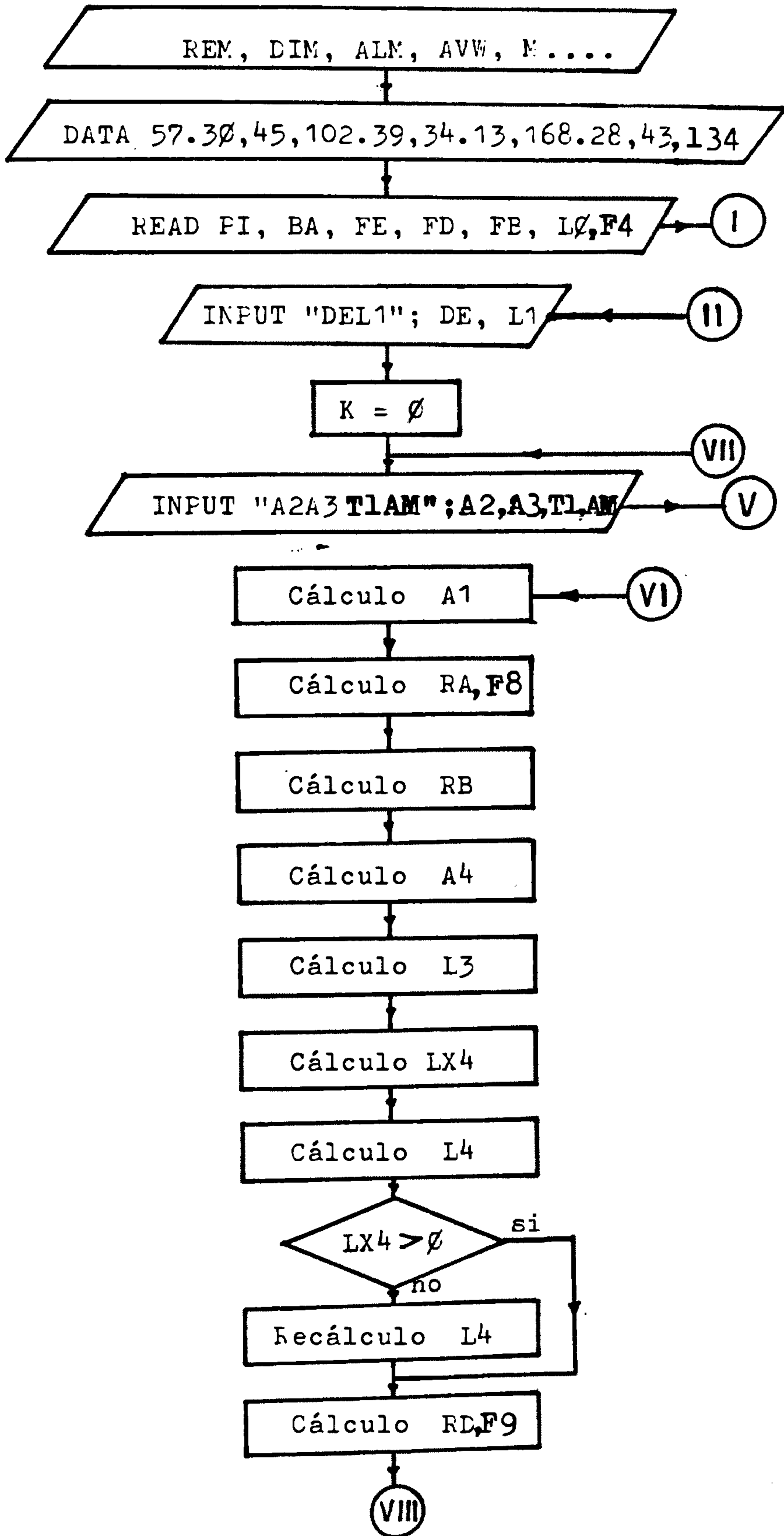
La secuencia de cálculos para obtener los valores de los cuadros 2.1.6 y 2.1.7 se repiten con muy pocas variantes para los cuadros de 2.1.6 al 2.1.23 por lo que para facilitar los cálculos procedemos a obtener un diagrama de flujo y el algoritmo respectivo que a continuación detallaremos. Cabe notar que en siendo un tanto complejo el diagrama de flujo aclaramos ciertos detalles.

Ingresamos algunos valores que son constantes en toda la secuencia de cálculos tales como  $\overline{PI}$ ,  $\overline{BA}$ ,  $\overline{FE}$ , etc. para luego ingresar a la subrutina 500 para obtener los valores del  $\chi_{ABC}$ ,  $\overline{BC}$  y el peso de la cuchara  $W$  junto con  $\alpha_m$  con las variables identificadas con:  $\alpha_m = \text{ALM}(I)$ ,  $\chi_{ABC} = V1(I)$ ,  $\overline{BC} = V2(I)$  y  $W = V3(I)$  donde los valores DATA se toman para  $\alpha_m$  y  $\chi_{ABC}$  del cuadro 2.1.5, para  $\overline{BC}$  del cuadro 2.1.4 y para  $W$  del cuadro 2.1.3, como conclusión de la subrutina 500 es que llevamos los valores de estos cuadros a una forma manejable por la microcomputadora.

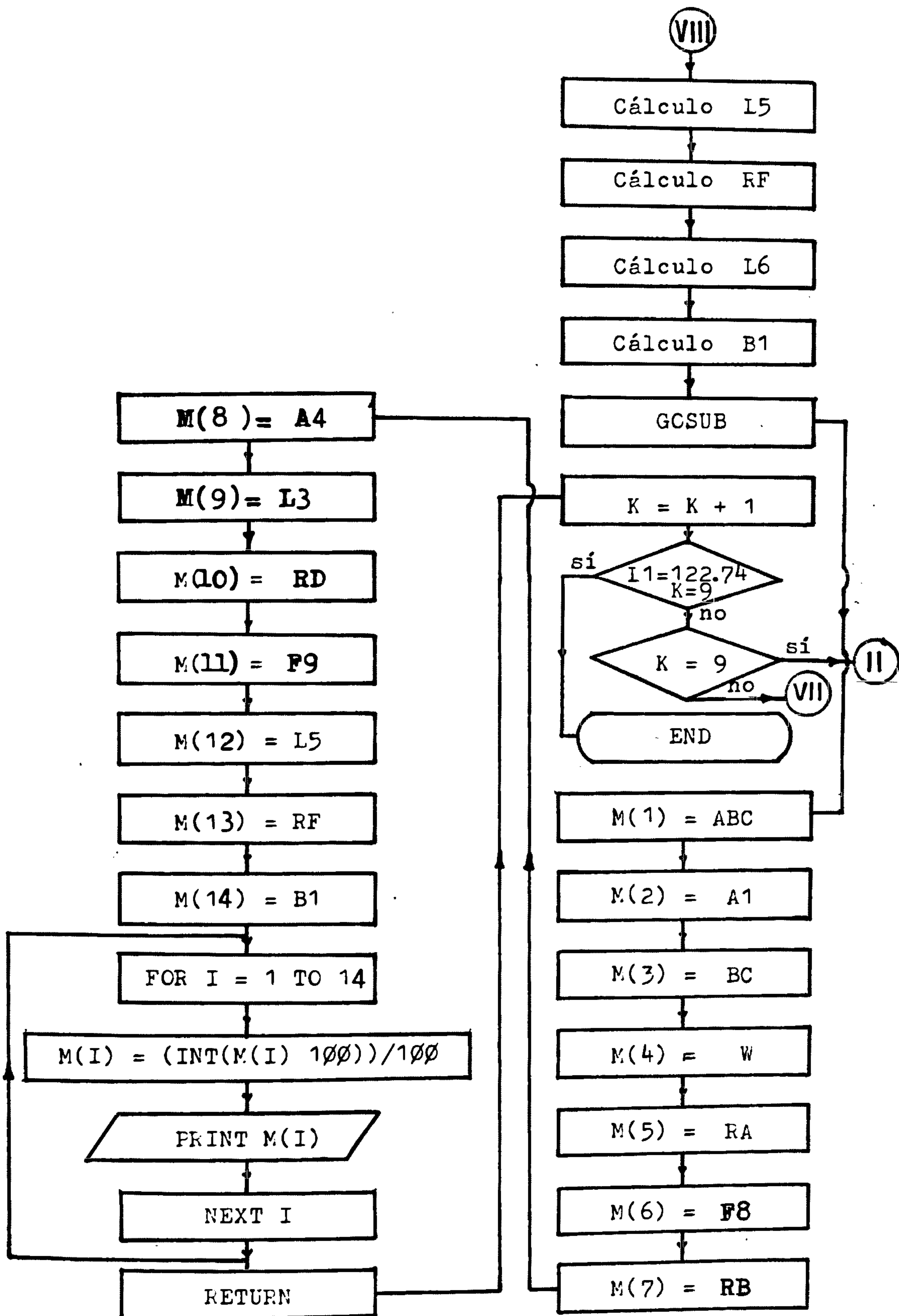
Una vez procesados los valores por la subrutina 500 necesitamos reemplazar la

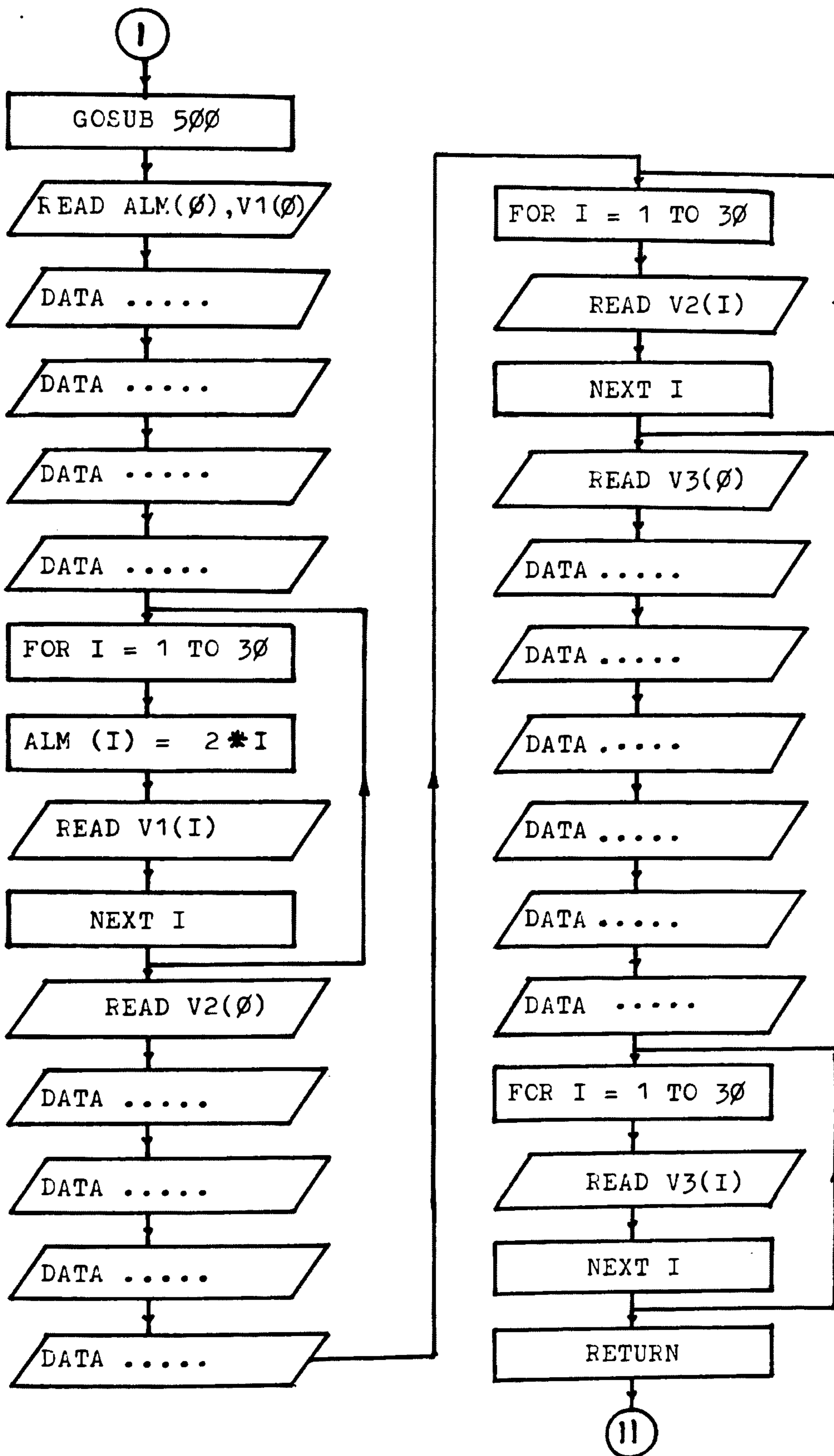
utilidad de los gráficos 2.1.3, 2.1.4 y 2.1.6 lo que obtenemos vía interpolación mediante la subrutina 800, la cual se ve un poco nutrida de sentencias por lo que hay que encaminar los valores para la interpolación debido a que los rangos de variación tienen diferentes rangos además de que ésta subrutina de interpolación es genérica.

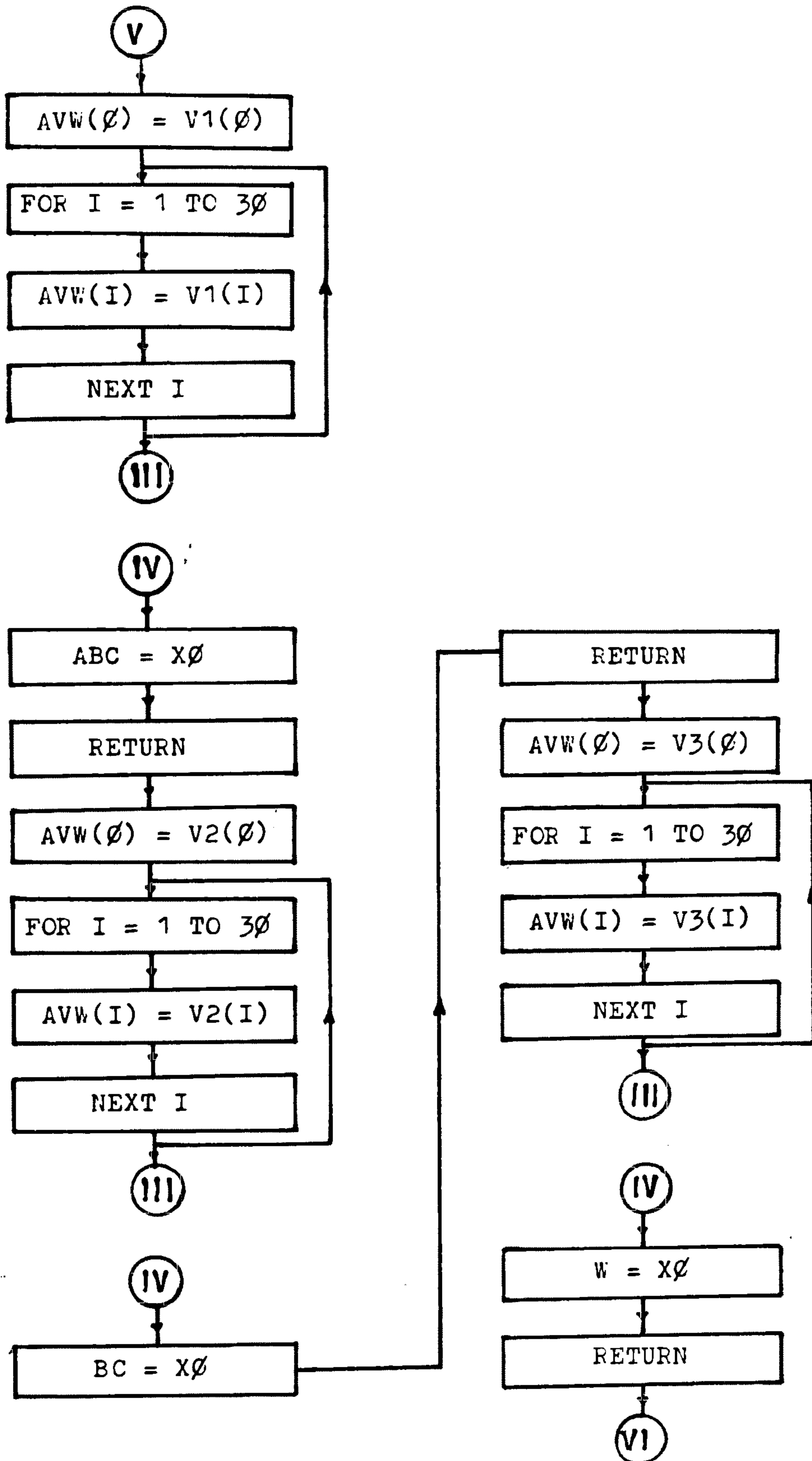
La subrutina 1000 identifica los valores del  $\chi$ ABC para poder procesarlos en la interpolación de la subrutina 800 de igual forma la subrutina 1100 liga los valores de  $\overline{BC}$  hacia la subrutina 800 y finalmente mediante la subrutina 1200 hace lo propio con los valores de W.

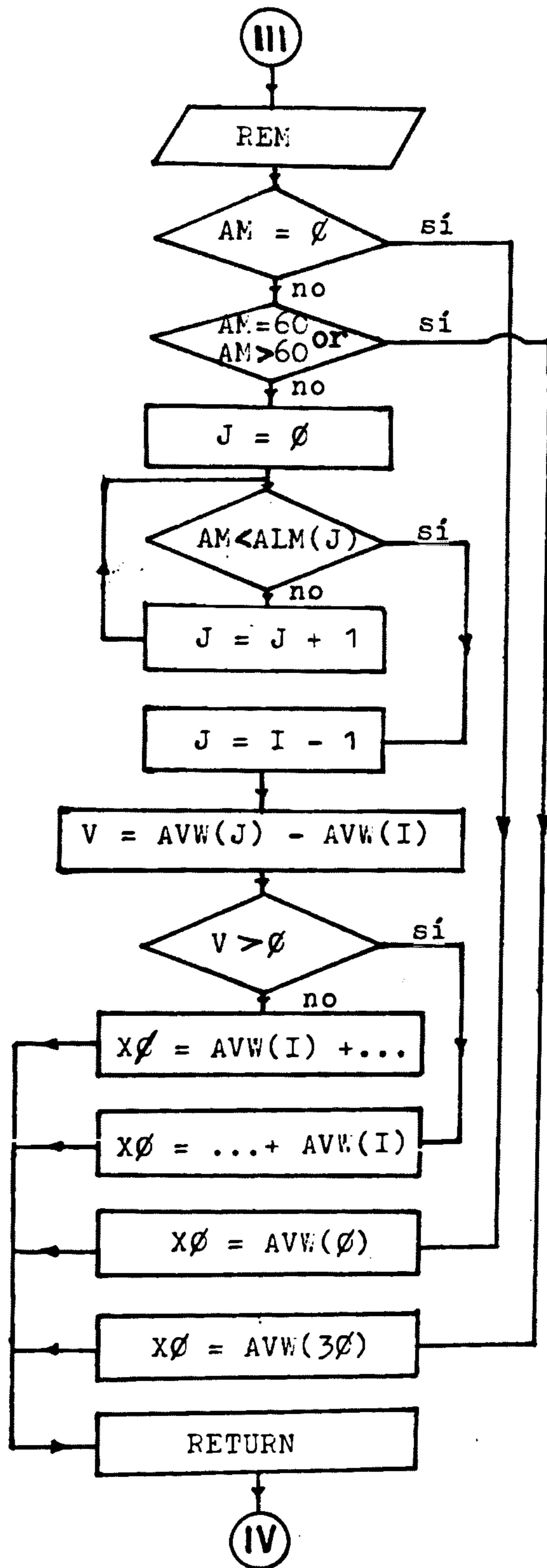












```

2  REM PRG FOR CN 216/ 23
4  DIM ALM(30), AVW(30), V1(30), V2(30), V3(30), M(14)
5  DATA 57.30, 45, 102.39, 34.13, 168.28, 43,134
10 READ PI, BA, FE, FD, FB, L0, F4
12 GOSUB 500
20 INPUT "DEL1"; DE, L1
30 LET K = 0
40 INPUT "A2A3T1A3"; A2, A3, T1, AM
42 GOSUB 1000
44 GOSUB 1100
46 GOSUB 1200
50 LET A1 = A3 - A2 - ABC : LET F8 = 180 + T1
60 LET RA = ((-BC*SIN (A1/PI))/(BA*SIN (A2/PI)))*W
70 LET RB = SQR (RA^2 + W^2 - 2*RA*W*COS (A3/PI))
80 LET AP4= (ATN ((RA*SIN (A3/PI))/(W - RA*COS (A3/PI)))*PI
90 LET A4 = -(AP4-90) : LET L3= 90-(A4- L1)
100 LET LX4 = (FE^2 + DE^2 - FD^2)/(2*FE*DE)
110 LET L4 = (ATN (SQR ((1 - LX4^2)/LX4^2)))*PI
120 IF LX4 > 0 THEN 140
130 LET L4 = -(L4 - 180)
140 LET RD = ((FB*SIN (L3/PI))/(FB*SIN (L4/PI)))*RB
150 LET L5 = 90 + A4+L4-L0 : LET F9 = F4 - L4
160 LET RF = SQR (RB^2 + RD^2 + 2*RB*RD*COS (L5/PI))
170 LET L6 = 90 - L0 + L4
180 LET C = -RB*SIN (A4/PI) - RD*COS (L6/PI)
190 LET D = RD*SIN (L6/PI) - RB*SIN (A4/PI)
200 LET BP1= (ATN (C/D))*PI : LET B1 = -( BP1-90)

```

```
210 GOSUB 300
220 LET K = K + 1
230 IF L1 = 122.73 AND K = 9 THEN 260
240 IF K = 9 THEN 20
250 GO TO 40
260 END

300 M(1) = ABC
305 M(2) = A1
310 M(3) = BC
315 M(4) = W
320 M(5) = RA :M(6) = F8
325 M(7) = RB
330 M(8) = A4
335 M(9) = L3
340 M(10) = RD :M(11) = F9
345 M(12) = L5
350 M(13) = RF
355 M(14) = B1
360 FOR I = 1 TO 14
365 M(I) = (INT (M(I)*100))/100
370 PRINT M(I)
375 NEXT I
380 RETURN

500 REM SUBROUTINA ABC
520 READ ALM(0), V1 (0)
530 DATA 0, 58
540 DATA 59.59, 62.26, 64.64, 66.66, 68.24, 69.42, 70.21,
```

```
70.62, 70.68, 70.47
55Ø DATA 69.96, 69.25, 68.37, 67.31, 66.21, 65.02, 63.80,
62.57, 61.36, 60.23
56Ø DATA 59.16, 58.19, 57.31, 56.48, 55.69, 54.90, 54.17,
53.45, 52.48, 52.38
57Ø FOR I = 1 TO 3Ø
58Ø LET ALM(I) = 2*I
59Ø READ V1 (I)
6ØØ NEXT I
61Ø READ V2 (Ø)
62Ø DATA 54
63Ø DATA 53.93, 53.83, 53.53, 53.04, 52.45, 51.79, 51.04,
50.27, 49.52, 48.85
64Ø DATA 48.27, 47.78, 47.40, 47.25, 47.07, 47.04, 47.13,
47.33, 47.68, 48.12
65Ø DATA 48.69, 49.34, 50.07, 50.84, 51.68, 52.59, 53.54,
54.54, 55.55, 56.56
66Ø FOR I = 1 TO 3Ø
67Ø READ V2 (I)
68Ø NEXT I
7ØØ READ V3 (Ø)
72Ø DATA 470.523
74Ø DATA 498.5Ø, 537.44, 583.43, 635.11, 691.78, 752.61,
818.29, 887.88, 960.90, 1036.25
745 DATA 1114.58, 1194.73, 1276.70, 1360.52, 1445.60
75Ø DATA 1531.29, 1617.62, 1703.95, 1789.65, 1874.72
755 DATA 1958.54, 2041.13, 2122.49, 2203.24, 2283.99
```

```

760 DATA 2365.35, 2446.71, 2529.30, 2608.84, 2684.19
770 FOR I = 1 TO 30
780 READ V3 (I)
790 NEXT I
795 RETURN

800 REM SUBROUTINA INTERPOLACION

825 IF AM = 0 THEN 878
830 IF AM = 60 OR AM > 60 THEN 885
835 LET J = 0
840 IF AM < ALM(J) THEN 855
845 LET J = J + 1
850 GO TO 840
855 LET I = J - 1
860 LET V = AVW(J) - AVW(I)
865 IF V > 0 THEN 874
870 LET X0 = AVW(I) + ((AM - ALM(I))*V)/(ALM(J) - ALM(I))
872 GO TO 890
874 LET X0 = (V*(AM - ALM(I)))/(ALM(J) - ALM(I)) + AVW(I)
876 GO TO 890
878 LET X0 = AVW(0)
880 GO TO 890
885 LET X0 = AVW(30)
890 RETURN

1000 LET AVW (0) = V1(0)
1002 FOR I = 1 TO 30
1004 LET AVW (I) = V1(I)
1006 NEXT I

```



```

1010 GOSUB 800
1020 LET ABC = X0
1030 RETURN
1100 LET AVW (0) = V2(0)
1102 FOR I = 1 TO 30
1104 LET AVW (I) = V2(I)
1106 NEXT I
1110 GOSUB 800
1120 LET BC = X0
1130 RETURN
1200 LET AVW (0) = V3(0)
1202 FOR I = 1 TO 30
1204 LET AVW (I) = V3(I)
1206 NEXT I
1210 GOSUB 800
1220 LET W = X0
1230 RETURN

```

Estos valores del cuadro precedente 2.1.7 corresponden correlativamente a los valores del piston de volteo  $\overline{GA}$ .

De la misma manera que para el sistema sin carga y abreviando las relaciones que son similares para el sistema con carga a partir de las relaciones de la pág. 73

Conseguiremos entonces el cuadro 2.1.8 paralelo al cuadro 1.1.2.4 para  $\overline{DE} = 95\text{mm}$

$\alpha_2$  y  $\alpha_3$  obtenemos del cuadro 1.1.2.4 (pág.76 )

$$\alpha_m = 142 - (-\theta_1 + \alpha_2)$$

Con los valores de  $\alpha_m$  y el gráfico 2.1.6 obtenemos el  $\angle$  ABC.

Con  $\angle$  ABC obtenemos

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - \angle ABC$$

Con  $\alpha_m$  mas los gráficos 2.1.3 y 2.1.4 tendremos  $\overline{BC}$  y  $W$  respectivamente.

Ahora también

$$R_A = \frac{-\overline{BC} \operatorname{sen} \alpha_1}{45 \operatorname{sen} \alpha_2} W \quad \phi_8 = 180 + \theta_1$$

Igualmente  $\overline{R}_B$  :

$$R_B = \sqrt{\overline{R}_A^2 + W^2 - 2(\overline{R}_A)(W) \cos \alpha_3}$$

El valor de  $\alpha_4$  obtendremos con la siguiente relación:  $\alpha_4 = -(\alpha_4' - 90)$ , siendo

$$\alpha_4' = \operatorname{arctg} \frac{R_A \operatorname{sen} \alpha_3}{W - R_A \cos \alpha_3}$$

Encontraremos  $\overline{R}_D$  y  $\overline{R}_F$  para cada valor de  $\alpha_m$  para los valores de  $\overline{DE} = 95$  mm  $\lambda_1 = 62.95^\circ$  y  $\lambda_0 = 43^\circ$  del cuadro 1.1.2.1 más la secuencia de cálculos de la página 77 obtendremos el cuadro 2.1.9 parecido y correlativo al cuadro 1.1.2.5.

Cuadro 2.1.8

$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_m$	$\angle ABC$	$\alpha_1$	$\overline{BC}$	W	$R_A$	$\phi_8$	$R_B$	$\alpha_4$
o	o	o	o	o	mm	Kgr	Kgr	o	Kgr	o
19.26	63.81	96.55	52.37	- 7.84	56.55	2684.19	1393.38	153.81	2417.53	58.85
22.39	64.43	94.04	52.37	- 10.34	56.55	2684.19	1589.73	154.43	2459.26	54.32
37.94	67.28	81.34	52.37	- 23.04	56.55	2684.19	2147.53	157.28	2713.50	43.11
58.01	70.15	64.14	52.37	- 40.24	56.55	2684.19	2569.58	160.14	3020.33	36.84
73.37	71.51	50.14	55.63	- 57.50	51.74	2289.68	2317.24	161.50	2691.84	35.27
86.83	72.01	37.18	61.85	- 78.68	47.53	1754.51	1806.25	162.00	2093.50	34.85
99.44	71.86	24.42	69.06	- 96.65	47.70	1211.94	1293.54	161.86	1471.60	33.34
111.97	71.13	11.16	68.92	-109.94	52.06	727.06	852.76	161.12	922.59	29.10
114.01	70.96	8.95	67.41	-110.47	52.75	662.02	796.09	160.95	853.28	28.12

$\alpha_m$  del cuadro 2.1.8

$$\lambda_3 = 152.95 - \alpha_4$$

$$\lambda_4 = 19.45$$

$$R_D = \frac{\text{Sen } \lambda_3 R_B}{0.203} \quad \phi_9 = \phi_4 - \lambda_4$$

$$\lambda_5 = 66.45 + \alpha_4$$

$$R_F = \sqrt{\bar{R}_B^2 + \bar{R}_D^2 + 2R_B R_D \cos \lambda_5}$$

$$\lambda_6 = 66.45 \quad \text{y} \quad \beta_1 = -(\beta_1' + 90) \quad \text{con}$$

$$\beta_1' = \text{arctg} \frac{-R_B \text{ sen } \alpha_4 - 0.400 R_D}{0.917 R_D - R_B \cos \alpha_4}$$

Con las relaciones precedentes (simplificadas) podemos obtener el cuadro 2.1.9.

Ahora obtendremos el cuadro 2.1.10 paralelo al cuadro 1.1.2.6 para  $\overline{DE} = 100$  mm y simplificando la secuencia de cálculos de la pág. 79.

$\alpha_2$  y  $\alpha_3$  obtenemos del cuadro 1.1.2.6 (pág. 80).

$$\alpha_m = 142 - (-\theta_1 + \alpha_2)$$

Con los valores de  $\alpha_m$  y el gráfico 2.1.6 obtenemos el  $\triangle ABC$ .

Con  $\triangle ABC$  obtenemos

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - \triangle ABC$$

Cuadro 2.1.9

$\alpha_m$	o	96.55	94.04	81.34	64.14	50.14	37.18	24.42	11.16	8.95	281
$\lambda_3$	o	94.09	98.62	109.83	116.10	117.67	118.09	119.60	123.84	124.82	
$R_D$	Kgr	11901.67	12001.10	12598.66	13387.88	11766.62	9115.76	6315.91	3782.28	3457.45	
$\rho_9$	o	114.54	114.54	114.54	114.54	114.54	114.54	114.54	114.54	114.54	
$\lambda_5$	o	125.30	120.78	109.56	103.30	101.72	101.30	99.80	95.55	94.57	
$R_F$	Kgr	10688.47	10948.72	11966.79	13029.34	11525.42	8944.43	6236.52	3805.54	3494.60	
$\beta_1$	o	-55.81	-55.32	-54.11	-53.41	-53.23	-53.18	-53.00	-52.94	-52.36	

Con  $\alpha_m$  mas los gráficos 2.1.3 y 2.1.4  
tendremos  $\overline{BC}$  y  $W$  respectivamente.

Ahora también:

$$R_A = \frac{-\overline{BC} \operatorname{sen} \alpha_1}{45 \operatorname{sen} \alpha_2} W \quad \phi_8 = 180 + \theta_1$$

Igualmente  $\overline{R}_B$ :

$$R_B = \sqrt{\overline{R}_A^2 + \overline{W}^2 - 2(R_A)(W) \cos \alpha_3}$$

El valor de  $\alpha_4 = -(\alpha_4' - 90)$ , con:

$$\alpha_4' = \operatorname{arctg} \frac{R_A \operatorname{sen} \alpha_3}{W - R_A \cos \alpha_3}$$

Encontramos  $\overline{R}_D$  y  $\overline{R}_F$  para cada valor de  
 $m$  para los valores de  $\overline{DE} = 100 \text{ mm}$ ,  $\lambda_1$   
 $= 71.36^\circ$  y  $\lambda_0 = 43^\circ$  del cuadro 1.1.2.1  
( $\lambda_0$  ángulo constante gráfico 1.1.7), mas  
la secuencia de cálculos de la pág. 81.  
obtendremos el cuadro 2.1.11 parecido y  
correlativo al cuadro 1.1.2.7

$\alpha_m$  del cuadro 2.1.10

$$\lambda_3 = 161.36 - \alpha_4$$

$$\lambda_4 = 19.37$$

$$R_D = \frac{\operatorname{Sen} \lambda_3 R_B}{0.202} \quad \phi_9 = \phi_4 - \lambda_4$$

$$\lambda_5 = 66.37 + \alpha_4$$

Cuadro 2.1.10

$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_m$	$\angle ABC$	$\alpha_1$	$\overline{BC}$	$W$	$R_A$	$\phi_8$	$R_B$	$\alpha_4$
o	o	o	o	o	mm	Kgr	Kgr	o	Kgr	o
26.36	71.91	97.55	52.37	- 6.83	56.55	2684.19	903.61	161.91	2552.39	70.33
28.74	72.36	95.62	52.37	- 8.77	56.55	2684.19	1068.56	162.36	2570.57	66.66
42.08	74.70	84.62	52.37	- 19.77	56.55	2684.19	1701.93	164.69	2773.03	53.69
60.93	77.23	68.30	52.37	- 36.08	56.55	2684.19	2273.15	167.23	3110.23	44.53
75.85	78.43	54.58	53.96	- 51.39	53.83	2470.66	2381.33	168.43	3068.17	40.50
89.10	78.80	41.70	59.32	- 69.63	48.60	1945.96	1970.45	168.80	2485.79	38.95
101.65	78.55	28.90	66.81	- 89.92	47.16	1398.80	1497.02	168.55	1834.65	38.69
114.22	77.70	15.48	70.51	-107.04	50.47	869.78	1022.72	167.69	1193.03	33.11
116.28	77.51	13.23	69.90	-108.68	51.32	793.00	955.65	167.50	1101.90	32.13

$$R_F = \sqrt{\overline{R}_B^2 + \overline{R}_D^2 + 2 \overline{R}_B \overline{R}_D \cos \lambda_5}$$

$$\lambda_6 = 66.37 \text{ y } \beta_1 = -(\beta_1' + 90), \text{ con:}$$

$$\beta_1' = \operatorname{arctg} \frac{-R_B \operatorname{sen} \alpha_4 - 0.401 R_D}{0.916 R_D - R_B \cos \alpha_4}$$

Con estas relaciones obtenemos el cuadro 2.1.11

Ahora obtendremos el cuadro 2.1.12 paralelo al cuadro 1.1.2.8 para  $\overline{DE} = 105 \text{ mm}$  y simplificando la secuencia de cálculos de la pág.83.

$\alpha_2$  y  $\alpha_3$  obtenemos del cuadro 1.1.2.8. (pág.84)

$$\alpha_m = 142 - (\theta_1 + \alpha_2)$$

Con los valores de  $\alpha_m$  y el gráfico 2.1.6 obtenemos el ángulo  $\sphericalangle ABC$

Con  $\sphericalangle ABC$  obtenemos

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - \sphericalangle ABC$$

Con  $\alpha_m$  más los gráficos 2.1.3 y 2.1.4 tendremos  $\overline{BC}$  y  $W$  respectivamente.

Ahora también:

$$R_A = \frac{-\overline{BC} \operatorname{sen} \alpha_1}{45 \operatorname{sen} \alpha_2} W \quad \theta_8 = 180 + \theta_1$$

Igualmente  $\overline{R}_B$ :

$$R_B = \sqrt{\overline{R}_A^2 + \overline{W}^2 - 2(\overline{R}_A)(\overline{W}) \cos \alpha_3}$$



Cuadro 2.1.11

$\alpha_m$	o	97.55	95.62	84.62	68.30	54.58	41.70	28.90	15.48	13.23	285
$\lambda_3$	o	91.02	94.69	107.66	116.82	120.85	122.40	124.46	128.24	129.22	
$R_D$	Kgr	12645.84	12695.26	13094.17	13754.77	13052.58	10400.99	7496.09	4643.43	4230.61	
$\phi_9$	o	114.62	114.62	114.62	114.62	114.62	114.62	114.62	114.62	114.62	
$\lambda_5$	o	136.70	133.03	120.07	110.90	106.87	105.32	103.26	99.48	98.50	
$R_F$	Kgr	10929.54	11101.58	11984.54	12974.79	12511.86	10034.78	7297.25	4600.05	4211.16	
$\beta_1$	o	-57.15	-56.62	-54.78	-53.43	-52.80	-52.55	-52.20	-51.55	-51.37	

El valor de  $\alpha_4 = -(\alpha'_4 - 90)$ , con:

$$\alpha'_4 = \operatorname{arctg} \frac{R_A \operatorname{sen} \alpha_3}{W - R_A \operatorname{cos} \alpha_3}$$

Con estas relaciones tendremos el cuadro 2.1.12.

Encontramos  $\overline{R}_D$  y  $\overline{R}_F$  para cada valor de  $\alpha_m$  para los valores de  $\overline{DE} = 105$  mm le corresponde  $\lambda_1 = 79.88^\circ$  y  $\lambda_0 = 43^\circ$  ( $\neq$  constante gráfico 1.1.7) del cuadro 1.1.2.1, más la secuencia de cálculos de la pág. 85 obtendremos el cuadro 2.1.13 paralelo y correlativo al cuadro 1.1.2.9  $\alpha_m$  del cuadro 2.1.12.

$$\lambda_3 = 169.88 - \alpha_4$$

$$\lambda_4 = 18.89$$

$$R_D = \frac{\operatorname{Sen} \lambda_3 R_B}{0.197} \quad \phi_9 = \phi_4 - \lambda_4$$

$$\lambda_5 = 65.89 + \alpha_4$$

$$R_F = \sqrt{\overline{R}_B^2 + \overline{R}_D^2 + 2 \overline{R}_B \overline{R}_D \operatorname{cos} \lambda_5}$$

$$\lambda_6 = 65.89$$

$$\beta'_1 = \operatorname{arctg} \frac{-R_B \operatorname{sen} \alpha_4 - 0.408 R_D}{0.913 R_D - R_B \operatorname{cos} \alpha_4}$$

$$\beta_1 = -(\beta'_1 + 90)$$

Cuadro 2.1.12

$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_{III}$	$\angle ABC$	$\alpha_1$	$\overline{BC}$	W	$R_A$	$\phi_8$	$R_B$	$\alpha_4$
o	o	o	o	o	mm	Kgr	Kgr	o	Kgr	o
34.20	80.26	98.06	52.37	- 6.33	56.55	2684.19	660.72	170.25	2653.48	75.79
36.09	80.59	96.50	52.37	- 7.88	56.55	2684.19	785.20	170.58	2670.54	73.13
47.51	82.45	86.94	52.37	- 17.45	56.55	2684.19	1371.19	172.44	2849.05	61.50
64.99	84.58	71.59	52.37	- 32.80	56.55	2684.19	2016.07	174.57	3200.92	51.16
79.37	85.55	58.18	52.47	- 46.30	55.64	2615.62	2378.54	175.55	3395.90	45.70
92.35	85.76	45.41	57.56	- 64.16	49.85	2098.48	2094.08	175.75	2852.73	42.93
104.85	85.34	32.49	64.72	- 84.24	47.06	1552.44	1671.09	175.33	2186.44	40.37
117.52	84.33	18.81	70.59	-103.79	49.24	991.41	1188.16	174.32	1470.24	36.46
119.62	84.11	16.49	70.63	-106.15	50.08	905.76	1113.90	174.11	1361.58	35.53

Cuadro 2.1.13

$\alpha_{III}$	o	98.06	96.50	86.94	71.59	58.18	45.41	32.49	18.81	16.49
$\lambda_3$	o	94.08	96.74	108.37	118.71	124.17	126.94	129.50	133.41	134.34
$R_D$	Kgr	13436.25	13463.40	13726.11	14252.55	14264.22	11575.99	8565.32	5422.48	4943.57
$\rho_9$	o	115.10	115.10	115.10	115.10	115.10	115.10	115.10	115.10	115.10
$\lambda_5$	o	141.68	139.02	127.39	117.05	111.59	108.82	106.26	102.35	101.42
$R_F$	Kgr	11473.23	11580.57	12208.05	13110.59	13392.28	10992.44	8225.45	5306.11	4860.92
$\beta_1$	o	-57.64	-57.19	-55.20	-53.33	-52.25	-51.67	-51.10	-50.18	-49.95

Ahora obtendremos el cuadro 2.1.14 paralelo al cuadro 1.1.2.10 para  $\overline{DE} = 110$  mm y simplificando la secuencia de cálculos de la pág. 87.

$\alpha_2$  y  $\alpha_3$  obtenemos del cuadro 1.1.2.10 (pág. 88)

$$\alpha_m = 142 - (-\theta_1 + \alpha_2)$$

Con los valores de  $\alpha_m$  y el gráfico 2.1.6 obtenemos el  $\angle ABC$

Con  $\angle ABC$  obtenemos

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - \angle ABC$$

Con  $\alpha_m$  más los gráficos 2.1.3 y 2.1.4 tendremos  $\overline{BC}$  y  $W$  respectivamente.

Ahora también:

$$R_A = \frac{-\overline{BC} \operatorname{sen} \alpha_1}{45 \operatorname{sen} \alpha_2} W \quad \theta_8 = 180 + \theta_1$$

Igualmente  $\overline{R}_B$ :

$$R_B = \sqrt{\overline{R}_A^2 + W^2 - 2(\overline{R}_A)(W) \cos \alpha_3}$$

El valor de  $\alpha_4 = -(\alpha'_4 - 90)$ , con:

$$\alpha'_4 = \operatorname{arctg} \frac{R_A \operatorname{sen} \alpha_3}{W - R_A \cos \alpha_3}$$

Encontramos  $\overline{R}_D$  y  $\overline{R}_F$  para cada valor de  $\alpha_m$  para los valores de  $\overline{DE} = 110$  mm le corresponde  $\lambda_1 = 88.69$  y  $\lambda_0 = 43^\circ$  del

Cuadro 2.1.14

$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_m$	$\angle ABC$	$\alpha_1$	$\overline{BC}$	W	$R_A$	$\phi_8$	$R_B$	$\alpha_4$
o	o	o	o	o	mm	Kgr	Kgr	o	Kgr	o
42.58	88.91	98.37	52.37	- 6.05	56.55	2684.19	525.51	178.94	2725.26	78.88
44.13	89.20	97.07	52.37	- 7.32	56.55	2684.19	616.49	179.19	2745.60	77.02
54.01	90.64	88.63	52.37	- 15.75	56.55	2684.19	1131.78	180.63	2924.54	67.23
70.14	92.33	74.19	52.37	- 30.20	56.55	2684.19	1803.76	182.32	3294.08	56.82
83.93	93.02	61.09	52.37	- 43.29	56.55	2684.19	2326.26	183.01	3643.19	50.38
96.66	93.01	48.35	56.34	- 60.00	50.98	2217.36	2190.25	183.00	3197.31	46.83
109.13	92.38	35.25	63.03	- 79.79	47.25	1671.57	1828.34	182.37	2527.86	43.72
122.03	91.13	21.10	70.18	-101.35	48.53	1076.33	1346.09	181.12	1738.01	39.24
124.20	90.87	18.67	70.60	-103.94	49.29	986.14	1267.57	180.87	1617.67	38.41

cuadro 1.1.2.1 más la secuencia de cálculos de la pág. 89 y obtendremos el cuadro 2.1.15 paralelo y correlativo al cuadro 1.1.2.11.

$\alpha_m$  del cuadro 2.1.14

$$\lambda_3 = 178.69 - \alpha_4$$

$$\lambda_4 = 18.04$$

$$R_D = \frac{\text{Sen } \lambda_3 R_B}{0.188} \quad \phi_9 = \phi_4 - \lambda_4$$

$$\lambda_5 = 65.04 + \alpha_4$$

$$R_F = \sqrt{\bar{R}_B^2 + \bar{R}_D^2 + 2 R_B R_D \cos \lambda_5}$$

$$\lambda_6 = 65.04 \text{ y } \beta_1 = -(\beta_1' + 90)$$

$$\beta_1' = \text{arctg} \frac{-R_B \text{ sen } \alpha_4 - 0.422 R_D}{0.907 R_D - R_B \cos \alpha_4}$$

Ahora obtenemos el cuadro 2.1.16 paralelo al cuadro 1.1.2.12 para  $\overline{DE} = 115 \text{ mm}$  y simplificando la secuencia de cálculos de la pág. 91.

$\alpha_2$  y  $\alpha_3$  obtenemos del cuadro 1.1.2.12 (pág. 92)

$$\alpha_m = 142 - (-\theta_1 + \alpha_2)$$

Con los valores de  $\alpha_m$  y el gráfico 2.1.6 obtenemos el  $\triangle ABC$

Con  $\triangle ABC$  obtenemos

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - \angle_{ABC}$$

Con  $\alpha_m$  más los gráficos 2.1.3 y 2.1.4 tendremos  $\overline{BC}$  y  $W$  respectivamente.

Ahora también:

$$R_A = \frac{-\overline{BC} \operatorname{sen} \alpha_1}{45 \operatorname{sen} \alpha_2} W \quad \phi_8 = 180 + e_1$$

Igualmente  $\overline{R}_B$ :

$$R_B = \sqrt{\overline{R}_A^2 + W^2 - 2(R_A)(W) \cos \alpha_3}$$

Así como:  $\alpha_4 = -(\alpha_4' - 90)$ , con:

$$\alpha_4' = \operatorname{arctg} \frac{R_A \operatorname{sen} \alpha_3}{W - R_A \cos \alpha_3}$$

Encontramos  $\overline{R}_D$  y  $\overline{R}_F$  para cada valor de  $\alpha_m$  para los valores de  $\overline{DE} = 115$  mm le corresponde  $\lambda_1 = 98.02^\circ$  y  $\lambda_0 = 43^\circ$  del cuadro 1.1.2.1 más la secuencia de cálculos de la pág. 93 y obtendremos el cuadro 2.1.17 paralelo y correlativo al cuadro 1.1.2.13.

$\alpha_m$  del cuadro 2.1.16

$$\lambda_3 = 188.02 - \alpha_4$$

$$\lambda_4 = 16.81$$

$$R_D = \frac{\operatorname{Sen} \lambda_3 R_B}{0.176} \quad \phi_9 = \phi_4 - \lambda_4$$



Cuadro 2.1.16

$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_m$	$\neq ABC$	$\alpha_1$	$\overline{BC}$	W	$R_A$	$\phi_8$	$R_B$	$\alpha_4$
o	o	o	o	o	mm	Kgr	Kgr	o	Kgr	o
51.66	98.20	98.54	52.37	- 5.85	56.55	2684.19	437.65	188.19	2780.50	81.03
52.96	98.38	97.42	52.37	- 6.96	56.55	2684.19	512.15	188.37	2804.91	79.59
61.60	99.45	89.85	52.37	- 14.54	56.55	2684.19	962.20	189.44	2996.35	71.53
76.49	100.67	76.18	52.37	- 28.20	56.55	2684.19	1639.55	190.67	3394.34	61.65
89.71	101.04	63.33	52.37	- 41.05	56.55	2684.19	2215.48	191.04	3793.31	55.01
102.22	100.74	50.52	55.48	- 56.97	51.91	2305.14	2281.02	190.74	3532.01	50.61
114.77	99.82	37.05	61.93	- 76.89	47.51	1748.94	1980.52	189.81	2856.90	46.91
128.14	98.23	22.09	69.92	- 99.84	48.24	1118.18	1501.75	188.23	1996.48	41.88
130.45	97.90	19.45	70.52	-103.08	49.03	1015.52	1416.29	187.89	1852.60	40.77

$$\lambda_5 = 63.81 + \alpha_4$$

$$R_F = \sqrt{\overline{R}_B^2 + \overline{R}_D^2 + 2 \overline{R}_B \overline{R}_D \cos \lambda_5}$$

$$\lambda_6 = 63.81^\circ \text{ y } \beta_1 = -(\beta'_1 + 90), \text{ con:}$$

$$\beta'_1 = \text{arctg} \frac{-\overline{R}_B \text{ sen } \alpha_4 - 0.441 \overline{R}_D}{0.897 \overline{R}_D - \overline{R}_B \text{ cos } \alpha_4}$$

Con las relaciones anteriores obtendremos el cuadro 2.1.17.

Seguidamente obtendremos el cuadro 2.1.18 paralelo al cuadro 1.1.2.14 para  $\overline{DE} = 120 \text{ mm}$  y simplificando la secuencia de cálculos de la pág. 95.

$\alpha_2$  y  $\alpha_3$  obtenemos del cuadro 1.1.2.14 (pág. 96)

$$\alpha_m = 142 - (-\alpha_1 + \alpha_2)$$

Con los valores de  $\alpha_m$  y el gráfico 2.1.6 obtenemos el  $\sphericalangle ABC$

Con  $\sphericalangle ABC$  obtenemos

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - \sphericalangle ABC$$

Con  $\alpha_m$  más los gráficos 2.1.3 y 2.1.4 tendremos  $\overline{BC}$  y  $W$  respectivamente.

Ahora también:

$$R_A = \frac{-\overline{BC} \text{ sen } \alpha_1}{45 \text{ sen } \alpha_2} W \quad \phi_8 = 180 + e_1$$

Igualmente  $\overline{R}_B$ :

Cuadro 2.1.17

$\alpha_m$	o	98.54	97.42	89.85	76.18	63.33	50.52	37.05	22.09	19.45	296
$\lambda_3$	o	106.98	108.42	116.48	126.36	133.00	137.40	141.10	146.13	147.24	
$R_D$	Kgr	15116.51	15126.99	15245.18	15539.56	15772.13	13590.39	10197.99	6325.30	5699.32	
$\phi_9$	o	117.19	117.19	117.19	117.19	117.19	117.19	117.19	117.19	117.19	
$\lambda_5$	o	144.84	143.39	135.33	125.46	118.82	114.42	110.71	105.69	104.58	
$R_F$	Kgr	12942.96	12983.7	13282.45	13849.31	14334.22	12549.75	9568.42	6096.58	5531.76	
$\beta_1$	o	-56.70	-56.40	-54.68	-52.29	-50.40	-48.96	-47.59	-45.43	-44.89	

$$R_B = \sqrt{\bar{R}_A^2 + \bar{W}^2 - 2 R_A \bar{W} \cos \alpha_3}$$

Así como:  $\alpha_4 = -(\alpha_4' - 90)$ , con:

$$\alpha_4' = \operatorname{arctg} \frac{R_A \operatorname{sen} \alpha_3}{\bar{W} - R_A \cos \alpha_3}$$

Encontramos  $\bar{R}_D$  y  $\bar{R}_F$  para cada valor de  $\alpha_m$  para los valores de  $\overline{DE} = 120$  mm le corresponde  $\lambda_1 = 108.17$  y  $\lambda_0 = 43$  del cuadro 1.1.2.1 mas la secuencia de cálculos de la pág. 97 obtendremos el cuadro 2.1.19 paralelo y correlativo al cuadro 1.1.2.15.

$\alpha_m$  del cuadro 2.1.18

$$\lambda_3 = 198.17 - \alpha_4$$

$$\lambda_4 = 15.16$$

$$R_D = \frac{\operatorname{Sen} \lambda_3 R_B}{0.159} \quad \phi_9 = \phi_4 - \lambda_4$$

$$\lambda_5 = 62.16 + \alpha_4$$

$$R_F = \sqrt{\bar{R}_B^2 + \bar{R}_D^2 + 2 R_B \bar{R}_D \cos \lambda_5}$$

$$\lambda_6 = 62.16$$

$$\beta_1' = \operatorname{arctg} \frac{-R_B \operatorname{sen} \alpha_4 - 0.467 R_D}{0.884 R_D - R_B \cos \alpha_4}$$

$$\beta_1 = -(\beta_1' + 90)$$

Cuadro 2.1.18

$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_m$	$\angle ABC$	$\alpha_1$	$\overline{BC}$	W	$R_A$	$\phi_8$	$R_B$	$\alpha_4$
o	o	o	o	o	mm	Kgr	Kgr	o	Kgr	o
61.61	108.27	98.66	52.37	- 5.72	56.55	2684.19	382.20	198.26	2827.35	82.62
62.75	108.40	97.65	52.37	- 6.73	56.55	2684.19	444.71	198.39	2855.85	81.50
70.41	109.12	90.71	52.37	- 13.68	56.55	2684.19	846.26	199.12	3067.32	74.88
84.21	109.84	77.63	52.37	- 26.75	56.55	2684.19	1526.20	199.83	3509.11	65.84
96.92	109.81	64.89	52.37	- 39.56	56.55	2684.19	2161.07	199.81	3975.59	59.23
109.36	109.14	51.78	54.98	- 55.21	52.48	2356.40	2392.25	199.13	3869.18	54.25
122.22	107.82	37.60	61.60	- 76.01	47.60	1772.50	2150.57	197.81	3177.87	49.88
136.61	105.68	21.07	70.19	-101.13	48.53	1078.15	1660.82	195.68	2210.92	43.67
139.20	105.23	18.03	70.67	-104.65	49.50	962.03	1566.94	195.23	2042.64	42.24

Cuadro 2.1.19

$\alpha_m$	o	98.66	97.65	90.71	77.63	64.89	51.78	37.60	21.07	18.03
$\lambda_3$	o	115.54	116.66	123.28	132.32	138.93	143.91	148.28	154.49	155.92
$R_D$	Kgr	16036.81	16043.84	16120.81	16312.19	16421.38	14329.29	10504.59	5986.26	5241.01
$\phi_9$	o	118.84	118.84	118.84	118.84	118.84	118.84	118.84	118.84	118.84
$\lambda_5$	o	144.78	143.65	137.04	128.00	121.39	116.41	112.04	105.82	104.40
$R_F$	Kgr	13823.84	13847.59	14032.82	14419.63	14746.74	13076.25	9767.24	5788.49	5129.98
$\beta_1$	o	-55.38	-55.13	-53.59	-51.10	-48.85	-46.79	-44.60	-40.59	-39.47

Seguidamente obtendremos el cuadro 2.1.20 paralelo al cuadro 1.1.2.16 para  $\overline{DE} = 125$  mm y simplificando la secuencia de cálculos de la pág. 99.

$\alpha_2$  y  $\alpha_3$  obtenemos del cuadro 1.1.2.16 (pág. 100)

$$\alpha_m = 142 - (-\theta_1 + \alpha_2)$$

Con los valores de  $\alpha_m$  y el gráfico 2.1.6 obtenemos  $\sphericalangle ABC$

Con  $\sphericalangle ABC$  obtenemos

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - \sphericalangle ABC$$

Con  $\alpha_m$  más los gráficos 2.1.3 y 2.1.4 tendremos  $\overline{BC}$  y  $W$  respectivamente.

Ahora también:

$$R_A = \frac{\overline{BC} \operatorname{sen} \alpha_1}{45 \operatorname{sen} \alpha_2} W \quad \theta_8 = 180 + \theta_1$$

Igualmente  $\overline{R}_B$ :

$$R_B = \sqrt{\overline{R}_A^2 + \overline{W}^2 - 2 R_A W \cos \alpha_3}$$

Así como:  $\alpha_4 = -(\alpha'_4 - 90)$ , con:

$$\alpha'_4 = \operatorname{arctg} \frac{R_A \operatorname{sen} \alpha_3}{W - R_A \cos \alpha_3}$$

Con las relaciones anteriores procedemos a obtener el cuadro 2.1.20.

Cuadro 2.1.1.20

$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_m$	$\neq ABC$	$\alpha_1$	$\overline{BC}$	W	$R_A$	$\phi_8$	$R_B$	$\alpha_4$
o	o	o	o	o	mm	Kgr	Kgr	o	Kgr	o
72.98	119.68	98.70	52.37	- 5.68	56.55	2684.19	349.18	209.68	2873.10	83.93
73.98	119.75	97.77	52.37	- 6.61	56.55	2684.19	404.02	209.75	2905.87	83.06
80.87	120.12	91.25	52.37	- 13.14	56.55	2684.19	776.17	210.12	3146.06	77.67
93.78	120.27	78.49	52.37	- 25.90	56.55	2684.19	1476.21	210.26	3657.56	69.59
106.21	119.74	65.53	52.37	- 38.85	56.55	2684.19	2203.67	209.74	4234.14	63.12
118.84	118.55	51.71	55.01	- 55.31	52.45	2353.55	2574.82	208.55	4237.89	57.73
132.61	116.59	35.98	62.58	- 78.61	47.32	1703.08	2385.33	206.58	2496.56	52.40
149.79	113.35	15.56	70.52	-106.97	50.43	872.57	1858.58	203.35	2345.38	43.31
153.32	112.60	11.28	68.99	-109.72	52.02	730.71	1770.64	202.60	2159.44	40.79



Encontramos  $\overline{R}_D$  y  $\overline{R}_F$  para cada valor de  $m$  para los valores de  $\overline{DE} = 125$  mm le corresponde  $\lambda_1 = 119.82^\circ$  y  $\lambda_0 = 43^\circ$  del cuadro 1.1.2.1 más la secuencia de cálculos de la pág. 101 obtendremos el cuadro 2.1.21 paralelo y correlativo al cuadro 1.1.2.17.

$\alpha_m$  del cuadro 2.1.20

$$\lambda_3 = 209.82 - \alpha_4$$

$$\lambda_4 = 12.98$$

$$R_D = \frac{\text{Sen } \lambda_3}{0.137} R_B \quad \phi_9 = \phi_4 - \lambda_4$$

$$\lambda_5 = 59.98 + \alpha_4$$

$$R_F = \sqrt{\overline{R}_B^2 + \overline{R}_D^2 + 2 R_B R_D \cos \lambda_5}$$

$$\lambda_6 = 59.98 \text{ y } \beta_1 = -(\beta_1' + 90), \text{ con:}$$

$$\beta_1' = \text{arctg} \frac{-R_B \text{ sen } \alpha_4 - 0.500 R_D}{0.866 R_D - R_B \cos \alpha_4}$$

Seguidamente obtenemos el cuadro 2.1.22 paralelo al cuadro 1.1.2.18 para  $\overline{DE} = 126.2$  mm y simplificando la secuencia de cálculos de la pág. 103.

$\alpha_2$  y  $\alpha_3$  obtenemos del cuadro 1.1.2.18 (pág. 104)

Cuadro 2.1.21

$\alpha_{III}$	o	98.70	97.77	91.25	78.49	65.53	51.71	35.98	15.56	11.28
$\lambda_3$	o	125.73	126.60	131.99	140.07	146.54	151.93	157.26	166.35	168.87
$R_D$	Kgr	17072.85	17076.53	17117.02	17185.54	17092.10	14601.08	9894.21	4052.43	3052.54
$\rho_9$	o	121.02	121.02	121.02	121.02	121.02	121.02	121.02	121.02	121.02
$\lambda_5$	o	143.91	143.04	137.65	129.57	123.10	117.71	112.37	103.28	100.76
$R_F$	Kgr	14848.08	14857.94	14943.29	15121.14	15199.67	13176.11	9153.57	4190.00	3394.02
$\beta_1$	o	-53.43	-53.22	-51.82	-49.23	-46.48	-43.43	-39.29	-26.96	-21.29

$$\alpha_m = 142 - (-\theta_1 + \alpha_2)$$

Con los valores de  $\alpha_m$  y el gráfico 2.1.16 obtenemos  $\sphericalangle ABC$

Con  $\sphericalangle ABC$  obtenemos

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - \sphericalangle ABC$$

Con  $\alpha_m$  más los gráficos 2.1.3 y 2.1.4 tendremos  $\overline{BC}$  y  $W$  respectivamente.

Ahora también:

$$R_A = \frac{\overline{BC} \operatorname{sen} \alpha_1}{45 \operatorname{sen} \alpha_2} W \quad \theta_8 = 180 + \theta_1$$

Igualmente  $\overline{R}_B$ :

$$R_B = \sqrt{\overline{R}_A^2 + W^2 - 2 \overline{R}_A W \cos \alpha_3}$$

Así como:  $\alpha_4 = -(\alpha_4' - 90)$ , con:

$$\alpha_4' = \operatorname{arctg} \frac{R_A \operatorname{sen} \alpha_3}{W - R_A \cos \alpha_3}$$

Encontramos  $\overline{R}_D$  y  $\overline{R}_F$  para cada valor de  $\alpha_m$  para los valores de  $\overline{DE} = 126.2$  mm le corresponde  $\lambda_1 = 122.73$  y  $\lambda_0 = 43^\circ$  del cuadro 1.1.2.1 más la secuencia de cálculos de la pág. 105 obtendremos el cuadro 2.1.23 paralelo y correlativo al cuadro 1.1.2.19.

$\alpha_m$  del cuadro 2.1.22

Cuadro 2.1.22

$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_m$	$\angle ABC$	$\alpha_1$	$\overline{BC}$	W	$R_A$	$\phi_8$	$R_B$	$\alpha_4$
o	o	o	o	o	mm	Kgr	Kgr	o	Kgr	o
76.02	122.73	98.71	52.37	- 5.67	56.55	2684.19	343.47	212.73	2884.36	84.24
76.99	122.79	97.80	52.37	- 6.58	56.55	2684.19	396.76	212.79	2918.13	83.43
83.73	123.07	91.34	52.37	- 13.04	56.55	2684.19	765.75	213.06	3167.62	78.30
96.47	123.06	78.59	52.37	- 25.79	56.55	2684.19	1477.10	213.06	3702.89	70.46
108.88	122.38	65.50	52.37	- 38.88	56.55	2684.19	2237.82	212.37	4317.95	64.03
121.64	121.03	51.39	55.14	- 55.76	52.31	2340.53	2641.34	211.02	4338.99	58.55
135.83	118.84	35.01	63.17	- 80.17	47.23	1661.21	2465.06	208.83	3575.70	52.84
154.51	115.10	12.59	69.65	-109.07	51.56	771.98	1942.24	205.10	2374.85	42.20
158.71	114.16	7.45	66.10	-110.66	53.17	620.89	1889.92	204.16	2217.55	38.95

$$\lambda_3 = 212.73 - \alpha_4$$

$$\lambda_4 = 12.35^\circ$$

$$R_D = \frac{\text{Sen } \lambda_3}{0.130} R_B \quad \phi_3 = \phi_4 - \lambda_4$$

$$\lambda_5 = 59.35 + \alpha_4$$

$$R_F = \sqrt{R_B^2 + R_D^2 + 2 R_B R_D \cos \lambda_5}$$

$$\lambda_6 = 59.35^\circ$$

$$\beta'_1 = \text{arctg} \frac{-R_B \text{ sen } \alpha_4 - 0.510 R_D}{0.860 R_D - R_B \cos \alpha_4}$$

$$\beta_1 = - ( \beta'_1 + 90 )$$

Es importante acotar que los valores de los cuadros del sistema con carga están estrecha y correlativamente ligados a los cuadros del sistema sin carga y en función de que para la primera fila de datos del cuadro 1.1.2.1 (pág. 61) le corresponde el primer cuadro del sistema sin carga así como también el primer cuadro del sistema con carga y así sucesivamente.

Cuadro 2.1.23

$\alpha_{III}$	o	98.71	97.80	91.34	78.59	65.50	51.39	35.01	12.59	7.45	307
$\lambda_3$	o	128.48	129.29	134.42	142.26	148.69	154.17	159.88	170.52	173.77	
$R_D$	Kgr	17354.09	17357.28	17389.01	17419.46	17249.05	14530.13	9455.21	3009.50	1850.17	
$\rho_9$	o	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65	
$\lambda_5$	o	143.59	142.78	137.65	129.81	123.38	117.90	112.19	101.55	98.30	
$R_F$	Kgr	15129.98	15136.96	15198.55	15315.43	15304.14	13075.22	8755.14	3440.14	2675.29	
$\beta_1$	o	-52.85	-52.65	-51.28	-48.64	-45.72	-42.29	-37.13	-16.79	-4.24	

#### 2.1.4 Análisis de las fuerzas y ángulos críticos de volteo.

- De la operación del equipo podemos notar que hay dos casos críticos de problemas de estabilidad que se manifiestan al dejar de estar en contacto con el terreno las llantas del tren posterior y suceden cuando:

- La cuchara cargada es levantada "verticalmente" sin vaciar la carga. Se consigue accionando tanto el pistón de levante  $\overline{DE}$  como el de volteo  $\overline{GA}$ .
- El pistón de levante DE queda en su punto muerto inferior, el pistón de volteo se desplaza solo hasta que el labio de la cuchara toque con la carga y se bloquea con ésta, entonces el pistón de volteo tiende a cargar un peso máximo ejerciendo una fuerza, que está limitada por el contacto de las llantas del tren posterior en el terreno.

Analizaremos los dos casos:

##### 2.1.4.1 Evaluación de la reacción en el tren posterior para la cuchara con carga.

Siendo posible tener a la mano el valor de las fuerzas  $\overline{R}_A$  del pistón de volteo,  $\overline{R}_D$  del pistón de levante y  $\overline{R}_F$  la fuerza de reacción en el punto de giro del bastidor es necesario encontrar los valores de las fuerzas de reacción  $\overline{F}_P$  y  $\overline{F}_A$  sobre las ruedas del equipo conforme apre

ciamos en el gráfico 2.1.7, teniendo en cuenta que  $\bar{F}_A$  no es crítico para la estabilidad los puntos M y N son los ejes de giro de las ruedas del equipo pero a escala.

Debemos tener presente que el peso total del equipo tiene mucho que ver con su estabilidad cuando el equipo está en plena operación y el equipo puede "girar" sobre el punto N.

De datos de catálogo tenemos peso total del equipo es:

$$W_T = 6260 \text{ Kgr.}$$

También habiendo obtenido el peso del tren posterior 3900 Kgr. y el tren delantero 2360 Kgr. por tanto el límite máximo de  $\bar{F}_P$  será:

$$F_P = 3900 \text{ Kgr.}$$

Es recomendable a fin de favorecer la estabilidad del equipo sobre todo cuando cucharea en rampa negativa que necesariamente sea  $F_P < 3900 \text{ Kgr.}$

Para el presente estudio debemos tener presente que los valores de  $\bar{F}_P$  máximo que encontramos serán los valores límite para hacer la optimización que pretendemos a fin de evitar en lo posible



el colocar contra pesos a la máquina en favor de su estabilidad.

Podemos obtener los valores de  $\bar{F}_P$  y  $\bar{F}_A$  para cada posición del pistón de levante y volteo así como también para cada magnitud de carga en la cuchara, valiéndonos del gráfico 2.1.7 y las relaciones siguientes:

$$\sum M_N = 0 \quad \text{y} \quad \sum M_M = 0$$

$$F_P(\bar{MN}) - R_G(\bar{NG} \text{ Sen } \gamma_4) + R_F(\bar{NF} \text{ Sen } \gamma_5) - R_D(\bar{NE} \text{ Sen } \gamma_6) = 0 \dots\dots(1)$$

$$-F_A(\bar{MN}) - R_G(\bar{MG} \text{ Sen } \gamma_1) + R_F(\bar{MF} \text{ Sen } \gamma_2) - R_D(\bar{ME} \text{ Sen } \gamma_3) = 0 \dots\dots(2)$$

Los valores de  $\gamma$  es necesario ponerlos en función de valores conocidos a partir del gráfico 2.1.7:

$$\gamma_1 = 30 + (180 - \phi_8) = 210 - \phi_8$$

$$\gamma_2 = 180 - (162 + \beta_1) = 18 - \beta_1$$

$$\gamma_3 = 180 - (2 + \phi_9) = 178 - \phi_9$$

$$\gamma_4 = 62 - (180 - \phi_8) = \phi_8 - 118$$

$$\gamma_5 = 73 + \beta_1$$

$$\gamma_6 = 180 - (7 + \phi_9) = 173 - \phi_9$$

Con estas relaciones las ecuaciones (1)

y (2) quedarán:

$$F_P(\bar{MN}) - R_G(\bar{NG} \text{ Sen}(\phi_8 - 118)) + R_F(\bar{NF} \text{ Sen}(73 + \beta_1)) - R_D(\bar{NE} \text{ Sen}(173 - \phi_9)) = 0$$

$$-F_A(\bar{MN}) - R_G(\bar{MG} \text{ Sen}(210 - \phi_8)) + R_F(\bar{MF} \text{ Sen}(18 - \beta_1)) - R_D(\bar{ME} \text{ Sen}(\phi_8 - 118)) = 0$$

De donde obtendremos respectivamente:

$$F_P = \frac{(R_G(\overline{NG} \text{ Sen}(\varnothing_8 - 118)) - R_F(\overline{NF} \text{ Sen}(73 + \beta_1)) + R_D(\overline{NE} \text{ Sen}(173 - \varnothing_9)))}{\overline{MN}}$$

$$F_A = \frac{(-R_G(\overline{MG} \text{ Sen}(210 - \varnothing_8)) + R_F(\overline{MF} \text{ Sen}(18 - \beta_1)) - R_D(\overline{ME} \text{ Sen}(\varnothing_8 - 118)))}{\overline{MN}}$$

Estas fuerzas son perpendiculares al terreno por estar las ruedas sobre rodamientos y terreno horizontal.

Teniendo presente que para cada valor de  $\overline{DE}$  y  $\overline{GA}$  tenemos un juego de valores que nos pueden dar  $F_P$  y  $F_A$  podemos obtener los cuadros 2.1.24 para  $F_P$  y 2.1.25 para  $F_A$ .

Podemos hacerle en forma manual ó con un pequeño algoritmo como subrutina del programa "PRG FOR CN 216/23" de los cálculos del sistema con carga, obteniendo el programa "PRG FOR CN 216/25" adicionando el diagrama de flujo y el algoritmo correspondiente a los del "PRG FOR CN 216/23" de las páginas 268 a 277 completado por el algoritmo que mostramos seguidamente.

Algoritmo Completo del "PRG FOR CN 216/  
23" completado por:

```

2   REM PRG FOR CN 216/25
6   READ PI,BA,FE,FD,FB,LØ,F4
8   DATA 172.8,88.6,55,4Ø,153.5,165.5,
    213.3

1Ø  READ MN,NG,NF,NE,MG,MF,ME
214 GOSUB 3ØØØ
37Ø

3ØØØ REM SUBROUTINA ESTABILIDAD
3Ø1Ø LET G1 = 21Ø - F8
3Ø2Ø LET G2 = 18 - B1
3Ø3Ø LET G3 = 178 - F9
3Ø4Ø LET G4 = F8 - 118
3Ø5Ø LET G5 = 73 + B1
3Ø6Ø LET G6 = 173 - F9
3Ø7Ø LET FP = (RA*NG*SIN(G4/PI) - RF*N
    *SIN(G5/PI) + RD*NE*SIN
    (G6/PI))/MN
3Ø8Ø LET FA = (-RA*MG*SIN(G1/PI) + RF*
    MF*SIN(G2/PI) - RD*ME*SIN
    (G3/PI))/MN
3Ø9Ø N(1) = FP
31ØØ N(2) = FA
311Ø FOR I = 1 TO 2
312Ø N(I) = (INT(N(I)*1ØØ))/1ØØ
313Ø PRINT N(I)

```

314Ø NEXT I

315Ø RETURN

Como consecuencia podemos elaborar los cuadros para  $F_P$  y  $F_A$  con  $CRG = 1$ .

Básicamente es importante para la estabilidad los valores de  $F_P$  cuyo valor máximo en el cuadro 2.1.24 es  $F_P = 2390.63$  Kgr. para  $\overline{DE} = 110$  mm y  $\overline{GA} = 195$  mm. y vemos que el valor de  $F_P \text{ MAX} < 3900$  Kgr con un margen de 63.14 %

2.1.4.2 Evaluación de la reacción del tren posterior para  $\overline{DE}$  mínimo y la cuchara cargando un peso útil máximo  $W_U$ .

Evaluaremos con este fin la fuerza  $\overline{R}_A$ ,  $\overline{R}_B, \overline{R}_D, \overline{R}_F$  para  $\overline{DE} = 90.21$  mm y  $\overline{GA}$  para toda su variación pero teniendo en cuenta  $W$ ; para obtener el valor de carga máxima útil  $W_U$ .

$$W_U = W - W_{\text{cuchara}} = W - 470.523$$

$W_U$  máximo será dada cuando:

$$F_P \leq 3900 \text{ Kgr.}$$

Este valor es el límite para que el tren posterior esté en contacto con el terreno.

Para hacer esta evaluación se presta el algoritmo para los cálculos del sistema

CUADRO Nº 2.1.24      Fp (KGR)

$\overline{GA}$ mm	$\overline{DE}$ mm	90.21	95	100	105	110	115	120	125	126.2
		169.3	1644.10	1760.15	1863.46	1934.93	1965.94	1948.70	1870.23	1708.71
170	1684.16	1792.89	1888.64	1955.04	1982.58	1962.88	1882.72	1720.22	1664.76	
175	1851.43	1949.02	2026.56	2037.34	2088.45	2057.43	1968.76	1800.16	1743.78	
185	2003.65	2134.35	2209.92	2252.31	2257.43	2218.51	2123.10	1949.62	1892.72	
195	1620.96	1897.95	2138.10	2315.42	2390.63	2352.58	2257.34	2085.52	2029.38	
205	1205.37	1476.15	1716.52	1904.88	2032.53	2091.15	2061.95	1912.77	1853.66	
215	797.89	1026.49	1245.30	1424.21	1551.69	1611.23	1577.60	1409.66	1339.94	
225	470.22	622.16	779.51	915.16	1008.62	1037.33	967.71	728.78	628.55	
2266	431.32	568.07	712.31	837.54	922.90	943.51	864.91	612.48	507.60	

CUADRO Nº 2.1.25      F<sub>A</sub> (KGR)

$\overline{DE}$ mm	90.21	95	100	105	110	115	120	125	126.2
169.3	-4229.31	-4338.08	-4432.19	-4492.62	-4510.28	-4476.79	-4378.08	-4191.14	-4128.54
170	-4267.43	-4370.04	-4456.97	-4512.43	-4526.66	-4490.73	-4390.53	-4202.42	-4139.57
175	-4426.12	-4520.47	-4591.41	-4592.41	-4630.16	-4583.19	-4474.67	-4280.63	-4216.90
185	-4539.67	-4697.76	-4767.53	-4800.93	-4794.01	-4739.64	-4625.03	-4426.93	-4362.98
195	-3607.13	-4080.99	-4488.15	-4794.75	-4923.12	-4870.17	-4756.42	-4561.68	-4499.25
205	-2664.85	-3147.89	-3566.24	-3892.55	-4123.18	-4253.10	-4255.73	-4085.82	-4011.62
215	-1758.21	-2181.12	-2574.78	-2894.66	-3128.02	-3252.94	-3230.33	-2989.85	-2880.78
225	-1027.57	-1314.89	-1606.46	-1854.76	-2027.47	-2088.13	-1977.14	-1549.50	-1360.03
226.6	- 941.03	-1198.85	-1466.31	-1696.10	-1854.01	-1898.29	-1766.66	-1303.49	-1102.29

sin carga "PRG FOR CN 112 I" teniendo en cuenta también que necesitamos básicamente la reacción en el tren posterior  $F_p$  aprovecharemos los datos de las secuencias del punto anterior (págs.309

a 311 ) obtendremos así el cuadro

2.1.26 con el algoritmo siguiente: "PRG FOR CN 216/26" con CRG =  $\emptyset$ .

Algoritmo total del "PRG FOR CN 112 I" completado por:

```

2   REM PRG FOR CN 216/26
5   DATA 57.30,45,54,102.39,34.13,
      168.28,43,58,134
7   READ PI,BA,BC,FE,FD,FB,L0,ABC,F4
8   DATA 172.8,88.6,55,40,153.5,165.5,
      213.3
10  READ MN,NG,NF,NE,MG,MF,ME
28  FOR W = 6000 TO 1000 STEP - 100
310 GOSUB 3000
312 IF FP < 3900 THEN 315
314 NEXT W
3000 REM SUBROUTINA ESTABILIDAD
3010 LET G1 = 210 - F8
3020 LET G2 = 18 - B1
3030 LET G3 = 178 - F9
3040 LET G4 = F8 - 118
3050 LET G5 = 73 + B1

```

```

3060 LET G6 = 173 - F9
3070 LET FP = (RA*NG*SIN(G4/PI) - RF*NF
              *SIN(G5/PI) + RD*NE*SIN
              (G6/PI))/MN
3080 LET WU = W - 470.523
3085 IF FP > 3900 THEN 3230
3090 N (1) = RA
3100 N (2) = F8
3110 N (3) = RB
3120 N (4) = A4
3130 N (5) = RD
3140 N (6) = F9
3150 N (7) = RF
3160 N (8) = B1
3170 N (9) = FP
3180 N(10) = WU
3190 FOR I = 1 TO 10
3200 N (I) = (INT(N(I)*100))/100
3210 PRINT N(I)
3220 NEXT I
3230 RETURN

```

Con este algoritmo podemos obtener el cuadro 2.1.26 teniendo los datos  $\overline{DE} = 90.21$  mm,  $\lambda_1 = 54.85^\circ$ ,  $\overline{GB} = 213.26$  mm y  $\phi_7 = -36.61^\circ$  del cuadro 1.1.2.1 (pág. 61) y para  $\overline{GA}$  tendremos los valores del pistón de volteo con  $\overline{GA} \in [169.3, 226.6]$ .



CUADRO Nº 2.1.26

		169.3	170	175	185	195	205	215	225	226.6
$\bar{GA}$	mm	169.3	170	175	185	195	205	215	225	226.6
RA	Kgr	8066.02	7414.68	6202.64	5588.94	5490.20	5533.81	5697.99	5852.26	5874.81
$\phi_8$	●	146.29	147.11	150.42	153.50	154.96	155.53	155.44	154.77	154.61
RB	Kgr	6880.22	6502.58	5919.32	5594.57	5556.59	5582.72	5682.85	5734.81	5737.68
$\alpha_4$	●	12.78	16.74	24.31	26.60	26.46	25.54	24.21	22.60	22.33
RD	Kgr	25663.97	25709.65	25616.05	24762.81	24560.34	24459.61	24568.24	24371.05	24308.35
$\phi_9$	●	114.90	114.90	114.90	114.90	114.90	114.90	114.90	114.90	114.90
RF	Kgr	27822.96	27293.92	26250.21	25128.53	24938.63	24932.78	25187.03	25163.01	25129.62
$\beta_1$	●	- 52.05	- 52.42	- 53.06	- 53.24	- 53.23	- 53.16	- 53.05	- 52.92	- 52.90
Fp	Kgr	3836.50	3847.99	3889.13	3826.40	3834.01	3841.30	3868.86	3835.52	2823.94
Wu	Kgr	5529.47	5429.47	5029.42	4529.47	4329.47	4229.47	4229.47	4229.47	4229.47

Podemos observar en el cuadro precedente que la carga útil ( $W_U$ ) máxima es de  $W_U = 5529.47$  Kgr. para  $\overline{DE} = 90.21$  mm y  $\overline{GA} = 169.3$  mm.

Debemos tener también presente que ésta carga esta supuestamente concentrada en el centro de gravedad de la cuchara sin carga; de ser necesario se puede también encontrar la variación de carga útil máxima para cualquier posición de la cuchara dando los datos al programa con  $\overline{DE}$  y  $\overline{GA}$  respectivamente.

Si la carga a levantarse supera el valor  $W_U$  entonces la máquina no la levantará, por el contrario el tren posterior tenderá a llevarse con el consecuente riesgo para el operador y su máquina.

Finalmente es necesario acotar que en los disquettes está incluida una "SUBROUTINA DE COMPROBACION" que origina al final una impresión de cuatro valores que deben tender a cero.

Son la suma de las fuerzas que intervienen en los cálculos

$$\overline{R}_D + \overline{R}_B + \overline{W} = 0$$

$$-\overline{R}_B + \overline{R}_F + \overline{R}_D = 0$$

Das ecuaciones por dos componentes X, Y.

## 2.2 Modelo Wagner

Teniendo en cuenta que contamos con el centro de gravedad de la cuchara debemos obtener el valor en posición XY del gráfico 1.2.3 para cada valor del ángulo de inclinación de la cuchara con carga.

Para efecto de cálculos asumiremos que una vez la cuchara cargada el mineral se llena a nivel del segmento  $\overline{QR}$  (gráfico 1.2.3).

También tendremos en cuenta que el ángulo de inclinación del labio de cuchara con la horizontal debe ser aproximado al ángulo de reposo del mineral para asegurar un vaciado total de la cuchara, sin mucha dificultad y en el máximo ángulo de volteo.

De los cálculos de la cuchara sin carga podemos obtener como resumen lo siguiente:

Para

$$\begin{array}{lll} \overline{DE} = 78.1 \text{ mm} & \overline{GA}_{\text{MIN}} = 131.12 \text{ mm} & \alpha_{1\text{MIN}} = -31.27^\circ \\ & \overline{GA}_{\text{MAX}} = 182.87 \text{ mm} & \alpha_{1\text{MAX}} = -122.44^\circ \end{array}$$

Para

$$\begin{array}{lll} \overline{DE} = 112.24 \text{ mm} & \overline{GA}_{\text{MIN}} = 131.12 \text{ mm} & \alpha_{1\text{MIN}} = -35.50^\circ \\ & \overline{GA}_{\text{MAX}} = 167.71 \text{ mm} & \alpha_{1\text{MAX}} = -121.59^\circ \end{array}$$

En consecuencia:

$$\begin{array}{l} \alpha_{1\text{mínimo}} = -31.27^\circ \text{ para } \overline{DE} = 78.1 \text{ mm y } \overline{GA} = 131.12 \text{ mm} \\ \alpha_{1\text{máximo}} = -121.59^\circ \text{ para } \overline{DE} = 112.24 \text{ y } \overline{GA} = 167.71 \text{ mm} \end{array}$$

El rango de  $\alpha_1$  (ángulo de volteo de cuchara) estará en el intervalo  $\alpha_1 \in [-31.27^\circ, -121.59^\circ]$

Definimos  $\alpha_6$  como el ángulo que forman  $\overline{QR}$  con la ho

rizontal durante el volteo de la cuchara.

Para  $\alpha_1 = -31.27^\circ$  tendremos  $\alpha_6 = 0$  en consecuencia ligamos  $\alpha_1$  y  $\alpha_6$  con la relación:

$$\alpha_6 = 31.27 + \alpha_1 \text{ de donde podemos deducir que}$$

$$\alpha_6 \in [0, -90.32]$$

Los parámetros que representan los pistones, bastidor, etc. serán iguales a los cálculos del sistema sin carga, no siendo así el triángulo ACB que variará en C debido al cambio del centro de gravedad al variar la carga en la cuchara. Lo que perseguiremos es saber  $\overline{AC}$  y  $\overline{BC}$  para cada posición de la cuchara con carga en el volteo.

2.2.1 Localización del centro de gravedad para distintos ángulos de volteo.- Para esto debemos tener presente que el mineral siempre caerá por la punta del labio S del gráfico 2.2.1; además la posición de la cuchara en el plano XY es el mismo que el gráfico 1.2.2.

Tenemos que el ángulo QSS' es aproximadamente  $60^\circ$  y a partir de SS' hemos dividido el ángulo QSS' en sectores de  $2^\circ$  cada uno para facilitar el cálculo del área residual seccional de mineral que va quedando en la cuchara conforme voltea hasta quedar totalmente vacía, este proceso no toma en cuenta la altura de la cuchara en este caso. Estos sectores se pueden aproximar a una serie de triángulos isósceles.

Debemos tener presente además como en los cálculos en la cuchara sin carga que el centro de gravedad en cualquier posición del volteo estará en el plano central paralelo en la cuchara y entre ambas caras de la misma.

2.2.1.1 Centro de gravedad del área lateral del mineral durante el volteo.- Teniendo en cuenta que necesitamos relacionar el ángulo que forma el mineral en reposo dentro de la cuchara con el ángulo de volteo de ésta nos valdremos del gráfico 2.2.2 para relacionar dichos ángulos definiendo como  $\alpha_m$  el ángulo del mineral en la cuchara.

$$37 + (60 - \alpha_m) = -\alpha_6$$

$$\alpha_m = 97 + \alpha_6 \text{ de donde } \alpha_m \in [6.68^\circ, 97^\circ]$$

entonces  $\alpha_m \in [0, 97^\circ]$

Debemos tener en cuenta que el valor máximo de  $\alpha_m$  será  $60^\circ$  cuando llena la cuchara y  $\alpha_m$  cero cuando está vacía, para  $\alpha_6$  mínimo y máximo respectivamente en valor absoluto. Fuera de este rango la cuchara estará sin carga. En el gráfico 2.2.1 hemos dividido en 30 áreas el área lateral de la cuchara a lo largo del ángulo de mineral  $\alpha_m$ , de donde obtendremos el cuadro 2.2.1 con el resumen de cálculos de áreas y centros de gravedad.

En el mismo gráfico aproximamos las áreas divididas a triángulos para mayor facilidad de cálculos.

Tendremos 30 áreas (triángulos) de  $i=1$  hasta 30.

Las áreas son aproximadamente triángulos isósceles altura  $r_i$  definida como la distancia de S al punto medio del lado opuesto a S. La base será el segmento opuesto a S y calculado aproximando como arco así:  $b_i = r_i \theta$ , en este caso es

$$\theta = 2^\circ = 0.035 \text{ rad} = \text{sen } 0.035$$

$$b_i = 0.035 r_i$$

También en el gráfico 2.2.1 con  $C_i = (2/3)r_i$  a partir de S encontraremos el centro de gravedad  $x'i, y'i$  de cada pequeña área  $A'ie$  (a escala) en el gráfico

$$2.2.1 \quad A'ie = \frac{b_i r_i}{2} = \frac{0.035}{2} r_i^2 \text{ mm}^2 = 0.018 r_i^2 \text{ mm}^2.$$

Teniendo en cuenta la escala 1:10 tendremos área real:

$$A'ir = 0.0175 r_i^2 (10 \times 10)/10000 \text{ dm}^2$$

$$A'ir = 0.01 A'ie \text{ dm}^2$$

Además sabiendo el ancho de la cuchara  $48'' = 12.192 \text{ dm}$  con lo que calculamos el volumen  $V'i$ .

$$V'i = A'ir \times 12.192 \text{ dm}^3$$

CUADRO 2.2.1

Fig i	r <sub>i</sub> mm	C <sub>i</sub> mm	A <sub>i</sub> e mm <sup>2</sup>	A <sub>i</sub> r dm <sup>2</sup>	V <sub>i</sub> dm <sup>3</sup>	w <sub>i</sub> Kgr	x <sub>i</sub> mm	y <sub>i</sub> mm	w <sub>i</sub> x <sub>i</sub> Kgr mm	w <sub>i</sub> y <sub>i</sub> Kgr mm
1	90.7	60.5	143.96	1.440	17.552	60.38	99	47.9	5977.5	2892.1
2	96	64	161.28	1.613	19.663	67.64	95	46	6425.9	3111.5
3	100	66.7	175.00	1.750	21.336	73.40	91.9	45.2	6745.1	3317.5
4	103.5	69	187.46	1.875	22.856	78.62	88.6	44.9	6966.04	3530.19
5	106	70.7	196.63	1.966	23.973	82.47	85.7	44.9	7067.5	3702.8
6	108.7	72.5	206.77	2.068	25.210	86.72	82.8	45.2	7180.6	3919.85
7	110.1	73.4	212.13	2.121	25.863	88.97	80	46.1	7117.6	4101.5
8	112	74.7	219.52	2.195	26.764	92.07	77.3	46.9	7116.8	4317.98
9	113.2	75.5	224.25	2.242	27.340	94.05	74.9	48.1	7044.4	4523.9
10	114	76	227.43	2.274	27.728	95.38	73.2	49.8	6982.2	4750.2
11	114.1	76.1	227.83	2.278	27.777	95.55	70.9	51.8	6774.7	4949.6
12	114	76	227.43	2.274	27.728	95.38	69.2	54	5150.8	6600.7
13	114	76	227.43	2.274	27.728	95.38	68	56.3	6486.2	5370.2
14	113.2	75.5	224.25	2.242	27.340	94.05	67	58.9	6301.4	5539.6
15	112.5	75	221.48	2.215	27.003	92.89	66	61	6130.8	5666.4

16	112.2	74.8	220.30	2.203	26.859	92.40	65	63.5	6005.8	5867.2
17	111	74	215.62	2.156	26.288	90.43	64.4	66.1	5823.8	5977.5
18	109	72.7	207.92	2.079	25.349	87.20	64.2	69.1	5598.3	6025.6
19	106.8	71.2	199.61	1.996	24.336	83.72	64.8	71.9	5424.9	6019.3
20	105.9	70.6	196.26	1.963	23.928	82.31	64.7	74.8	5325.6	6156.9
21	103.3	68.9	186.74	1.867	22.767	78.32	65.2	77.5	5106.5	6069.8
22	102	68	182.07	1.821	22.198	76.36	65.1	80	4971.1	6108.9
23	101	67.3	178.52	1.785	21.765	74.87	65.1	82.5	4874.1	6176.9
24	100.3	66.9	176.05	1.760	21.464	73.84	65	85	4799.4	6276.1
25	100	66.7	175	1.75	21.336	73.40	64.9	87.1	4763.4	6392.8
26	100	66.7	175	1.75	21.336	73.40	64.7	89.8	4748.7	6590.9
27	99.5	66.3	173.25	1.732	21.123	72.66	65	92	4723.1	6685.1
28	99	66	171.52	1.715	20.911	71.93	64.5	94.2	4639.8	6776.3
29	99	66	171.52	1.715	20.911	71.93	64	96.5	4603.9	6941.7
30	99	66	171.52	1.715	20.911	71.93	64.1	98.8	4611.0	7107.2



Ahora podemos calcular el peso  $w_i$  de cada área con la densidad promedio de 3.44 Kgr/dm.<sup>3</sup> entonces  $w_i = 3.44 V_i$  Kgr.

Con estos datos podremos obtener el cuadro Nº 2.2.1.

Además que  $C_i = (x_i, y_i)$

#### 2.2.1.2 Centro de gravedad del mineral residual

para cada ángulo.- En esta secuencia debemos calcular el centro de gravedad del mineral que habrá en la cuchara desde que está llena hasta vacía, pero a la inversa para aprovechar los cálculos resumidos en el cuadro 2.2.1, ya que tenemos datos de cada uno de los triángulos de aproximación. Será en el sentido de  $\overline{SS'}$  a  $\overline{SQ}$ .

Para diferenciar el cuadro 2.2.2 del cuadro 2.2.1 por ser algo así como cálculo de valores acumulados desde 2° a 30° ( $\overline{SS'}$  a  $\overline{SQ}$ ) nombraremos cada área acumulada de  $n = 1$  a 30.

$$\text{Así también } w_n = \sum_{i=1}^n w_i$$

$$\text{El parámetro definido } w_n x_n = \sum_{i=1}^n w_i x_i$$

$$\text{El parámetro definido } w_n y_n = \sum_{i=1}^n w_i y_i$$

Con estos valores tendremos:

CUADRO 2.2.2

Fig n	$w_n$ Kgr	$w_n x_n$ Kgr-mm	$w_n y_n$ Kgr-mm	$x_n$ mm	$y_n$ mm	$\alpha_m$ o
1	60.38	5977.5	2892.1	99.00	47.9	2
2	128.02	12403.5	6003.7	96.87	46.90	4
3	201.42	19148.5	9321.2	95.07	46.28	6
4	280.04	26114.6	12851.3	93.25	45.89	8
5	362.51	33182.1	16554.1	91.53	45.67	10
6	449.23	40362.7	20474.0	89.85	45.58	12
7	538.20	47480.3	24575.5	88.22	45.66	14
8	630.27	54597.1	28893.5	86.62	45.84	16
9	724.32	61641.6	33417.4	85.10	46.14	18
10	819.70	68623.8	38167.6	83.72	46.56	20
11	915.26	75398.5	43117.2	82.38	47.11	22
12	1010.6	81999.1	48268.0	81.14	47.76	24
13	1106.0	88485.3	53638.2	80.00	48.50	26
14	1200.1	94786.7	59177.8	78.98	49.31	28
15	1293.0	100917.6	64844.2	78.05	50.15	30

16	1385.4	106923.4	70711.4	77.18	51.04	32
17	1475.8	112747.1	76688.9	76.40	51.96	34
18	1563.0	118345.5	82714.5	75.72	52.92	36
19	1646.7	123770.3	88733.8	75.16	53.88	38
20	1729.0	129095.9	94890.7	74.66	54.88	40
21	1807.3	134202.4	100960.5	74.25	55.86	42
22	1883.7	139173.5	107069.4	73.88	56.84	44
23	1958.6	144047.6	113246.2	73.55	57.82	46
24	2032.4	148847.0	119522.4	73.24	58.81	48
25	2105.8	153610.4	125915.1	72.95	59.79	50
26	2179.2	158359.1	132506.1	72.67	60.80	52
27	2251.9	163082.2	139191.2	72.42	61.81	54
28	2323.8	167722.0	145967.5	72.18	62.81	56
29	2395.7	172325.9	152909.2	71.93	63.82	58
30	2467.7	176937.0	160016.4	71.70	64.84	60

$$x_n = \frac{w_n x_n}{w_n} \quad y_n = \frac{w_n y_n}{w_n}$$

Para cada valor de  $\alpha_m = 2(n)$

Con estas relaciones obtendremos el cuadro 2.2.2.

### 2.2.1.3 Centro de gravedad de la cuchara con carga.

ga.- Al tener los valores del cálculo del centro de gravedad de la cuchara sin carga y teniendo también el cálculo del centro de gravedad del mineral para cada ángulo de volteo en la cuchara podremos calcular el valor del centro de gravedad  $C$  que variará para cada ángulo  $\alpha_m$  que solo en el rango  $\alpha_m \in [0, 60^\circ]$  hace variar el centro de gravedad. Este rango se ve reducido debido al ángulo de reposo del material.

Obtendremos el cuadro de cálculos 2.2.3. en donde totalizamos el centro de gravedad de la cuchara con carga para cada ángulo  $\alpha_m \in [0, 60^\circ]$  debiendo tener en cuenta que  $\alpha_m$  fuera de éste intervalo el centro de gravedad será el de la cuchara sin carga cuyos valores ya conocemos y resumimos en el gráfico 2.2.3.

Para el cuadro 2.2.3 partimos del cuadro 2.2.2 de la forma siguiente:

n de 1 a 30

$\alpha_m$  a partir de  $2^\circ$  a  $60^\circ$

Teniendo en cuenta que en la pág. tenemos el peso de la cuchara vacía de 533.42 kgr y el centro de gravedad  $\bar{C}_0$  (75.58, 61.19) mm ya que el mismo sistema de referencia xy es el del gráfico 2.2.1. Nos será útil también en este mismo sistema de referencia los puntos A(25.6, 46.6) y B(51.4, 14.7) a escala 1:10 conforme el gráfico 1.2.3 y en mm.

$$W_n = 533.42 + w_n \quad \text{Peso total con carga}$$

$$W_n X_n = 533.42 \times 75.58 + w_n x_n$$

$$W_n X_n = 40315.88 + w_n x_n$$

$$W_n Y_n = 533.42 \times 61.19 + w_n y_n$$

$$W_n Y_n = 32639.97 + w_n y_n$$

De lo que podemos deducir:

$$X_n = \frac{w_n x_n}{W_n} \quad Y_n = \frac{w_n y_n}{W_n}$$

Con estos parámetros podemos obtener el cuadro 2.2.3 que nos resume el valor de los centros de gravedad total de la cuchara con carga.

Observando en el gráfico 1.2.4 el triángulo ACB tendremos que para efecto de cálculos solo nos interesa los valores  $\bar{AC}$  y  $\bar{BC}$  para cada ángulo de mineral

$n$	$\alpha_m$	$w_n$ Kgr	$w_n x_n$ Kgr-mm	$w_n y_n$ Kgr-mm	$x_n$ mm	$y_n$ mm
-	0					
1	2	593.80	46293.41	35532.12	77.96	59.84
2	4	661.44	52719.36	38643.64	79.70	58.42
3	6	734.84	59464.44	41961.13	80.92	57.10
4	8	813.46	66430.47	45491.32	81.66	55.92
5	10	895.93	73497.94	49194.12	82.04	54.91
6	12	982.65	80678.55	53113.96	82.10	54.05
7	14	1071.62	87796.18	57215.50	81.93	56.74
8	16	1163.69	94913.02	61533.48	81.56	52.87
9	18	1257.74	101957.46	66057.34	81.06	52.52
10	20	1353.12	108939.66	70807.53	80.51	52.33
11	22	1448.68	115714.34	75757.15	79.88	52.29
12	24	1544.06	122315.00	80907.96	79.22	52.40
13	26	1639.45	128801.19	86278.15	78.56	52.63
14	28	1733.50	135102.62	91817.76	77.94	52.97
15	30	1826.39	141233.47	97484.15	77.33	53.37

16	32	1918.79	147239.27	103351.35	76.74	53.86
17	34	2009.22	153063.02	109328.84	76.18	54.41
18	36	2096.42	158661.37	115354.47	75.68	55.02
19	38	2180.14	164086.23	121373.73	75.26	55.67
20	40	2262.45	169411.82	127530.67	74.88	56.37
21	42	2340.77	174518.28	133600.46	74.56	57.07
22	44	2417.13	179489.38	139709.34	74.26	57.80
23	46	2492.00	184363.49	145886.21	73.98	58.54
24	48	2565.84	189162.89	152162.34	73.72	59.30
25	50	2639.23	193926.28	158555.12	73.48	60.08
26	52	2712.63	198674.99	165146.06	73.24	60.88
27	54	2785.29	203398.13	171831.13	73.03	61.69
28	56	2857.23	208037.95	178607.43	72.81	62.51
29	58	2929.16	212641.81	185549.18	72.59	63.34
30	60	3001.10	217252.86	192656.39	72.39	64.19

residual en la cuchara con carga, vale decir el centro de gravedad total para cada ángulo de mineral obtenido en el cuadro 2.2.3.

El gráfico 2.2.3 representará la variación de  $\overline{AC}$  y  $\overline{BC}$  versus el rango total de  $\alpha_m \in [0, 97^\circ]$ , en función del ángulo de volteo  $\alpha_6$ .

Para los valores  $\alpha_m = 0$ , son válidos los valores para la cuchara sin carga vale decir  $\overline{AC} = 51.2$  mm y  $\overline{BC} = 52.7$  mm, valores a escala 1:10 y de la pág.147, para  $\alpha_m \geq 60$  serán válidos los valores de  $\alpha_m = 60^\circ$ .

Igual criterio se tendrá para tener el peso  $W$  representado en el centro de gravedad  $C$ , vale decir que para  $\alpha_m > 60^\circ$  se tendrá el peso de la cuchara con carga, con lo que haremos el gráfico 2.2.4.

Teniendo en cuenta que  $A(25.6$  mm,  $46.6$  mm) y  $B(51.4$  mm,  $14.7$  mm) además de  $C$  para cada valor de  $\alpha_m$  en el cuadro 2.2.3 obtendremos el cuadro 2.2.4 con los valores de  $\alpha_m$  además de:

$$\overline{AC}_n = [(X_n - 25.6)^2 + (Y_n - 46.6)^2]^{1/2}$$

$$\overline{BC}_n = [(X_n - 51.4)^2 + (Y_n - 14.7)^2]^{1/2}$$



CUADRO 2.2.4

n	$\alpha_m$	$\overline{AC}_n$	$\overline{BC}_n$	n	$\alpha_m$	$\overline{AC}_n$	$\overline{BC}_n$
-	0	mm	mm	-	0	mm	mm
1	2	54.01	52.37	16	32	51.65	46.64
2	4	55.38	52.08	17	34	51.18	46.81
3	6	56.31	51.67	18	36	50.79	47.07
4	8	56.83	51.14	19	38	50.49	47.42
5	10	57.04	50.55	20	40	50.24	47.83
6	12	56.99	49.91	21	42	50.06	48.29
7	14	56.74	49.28	22	44	49.93	48.79
8	16	56.31	48.65	23	46	49.83	49.32
9	18	55.78	48.07	24	48	49.77	49.88
10	20	55.21	47.57	25	50	49.74	50.47
11	22	54.57	47.16	26	52	49.73	51.08
12	24	53.93	46.85	27	54	49.77	51.73
13	26	53.30	46.65	28	56	49.82	52.39
14	28	52.72	46.57	29	58	49.89	53.06
15	30	52.17	46.56	30	60	49.99	53.76

Con todos estos datos obtenidos podremos obtener el gráfico 2.2.3 con los valores de  $\overline{AC}$  y  $\overline{BC}$  versus  $\alpha_m$ .

2.2.2 Obtención del gráfico carga versus ángulo de volteo.- Teniendo en cuenta que en el cuadro 2.2.3 contamos con el valor del peso de la cuchara con carga mientras tiene mineral en el interior y adicionamos los datos de que para  $\alpha_m = 0$ , el peso es el de la cuchara sin carga y que cuando  $\alpha_m > 60^\circ$  ésta está llena y el peso es el mismo que  $\alpha_m = 60^\circ$ . Por esto obtenemos el gráfico 2.2.4 de carga versus  $\alpha_m$  a lo largo de  $\alpha_m \in [0, 97^\circ]$  ya que  $\alpha_6$  y  $\alpha_7$  están ligados a  $\alpha_m$ .

Para el gráfico podemos concluir que para  $\alpha_m = 0$  tenemos solo el peso de la cuchara  $W = 533.42$  Kgr y para  $\alpha_m = 60$  ó  $\alpha_m > 60^\circ$  tendremos la cuchara totalmente cargada con peso total de  $W = 3001.10$  Kgr.

Nos quedará por calcular ahora los valores de las fuerzas sobre los apoyos de la cuchara hacia la estructura de la máquina para poder analizar las fuerzas críticas.

2.2.3 Análisis del gráfico carga versus ángulo de volteo.- En esta secuencia necesitamos además calcular las fuerzas  $\overline{R}_G$ ,  $\overline{R}_B$ ,  $\overline{R}_D$  y  $\overline{R}_F$  para la cuchara con carga para analizar con énfasis en  $\overline{R}_G$  que es

la fuerza en el pistón de volteo.

Para tal efecto podemos analizar la secuencia de cálculos de dichas fuerzas para la cuchara sin carga y ver todos los cálculos de los cuales podemos prescindir y cuyos resultados aprovechar.

La secuencia de planteamientos de la página 123 hasta el parámetro  $\phi_7 = -\phi_5 - \lambda_2$  su similar de las páginas 148 y 149 además del cuadro 1.2.2.1 respectivamente son datos enteramente válidos para la cuchara con carga.

Si observamos ahora en la página 127 la secuencia de cálculos general y su secuencia similar de las páginas 165 a 167 notaremos que están en juego el ángulo ABC y el valor del segmento  $\overline{BC}$ . Estos valores si dependen del centro de gravedad C vale decir de la carga W que también variará.

Para este fin a partir de los gráficos 1.2.3, 1.2.6, 1.2.7 y 2.2.2 podemos obtener el gráfico 2.2.5 teniendo en cuenta que  $\overline{GA}$  y  $\overline{DE}$  están en cualquier posición y definiremos el ángulo  $\phi_{10}$  según el gráfico 2.2.5.

De los cálculos para la cuchara sin carga  $\phi_7$ ,  $\phi_6$  y  $\alpha_0$  son datos, por lo que  $\phi_{10}$  será:

$$\phi_{10} = -\phi_7 + 180 - (\phi_6 + \alpha_0)$$

Teniendo en cuenta también el mismo gráfico 2.2.5 el segmento  $\overline{ZR}$  con  $\overline{AB}$  forman un ángulo de  $52^\circ$  (medido en el gráfico) tendremos la otra rela

ción de  $\phi_{10}$ :

$$\phi_{10} = 52 - \alpha_6$$

Con estas dos relaciones ligamos  $\alpha_6$  con valores conocidos y al tener  $\alpha_6$  relacionado con  $\alpha_m$  mediante  $\alpha_m = 97 + \alpha_6$  (según el gráfico 2.2.2) con lo que podremos conocer el ángulo ABC, el segmento  $\overline{BC}$  a partir de parámetros conocidos y relaciones adecuadas para poder calcular las fuerzas incógnitas en la cuchara con carga durante el volteo.

Para tal efecto establecemos las siguientes relaciones:

$$\phi_{10} = 52 - (\alpha_m - 97)$$

$$= -\phi_7 + 180 - (\phi_6 + \alpha_0)$$

$$149 - \alpha_m = -\phi_7 + 180 - \phi_6 - \alpha_0$$

$$149 - \alpha_m = -(\phi_7 + \phi_6) + (180 - \alpha_0)$$

$$149 - \alpha_m = -\theta_1 + \alpha_2$$

$$\alpha_m = 149 - (-\theta_1 + \alpha_2)$$

Mediante el gráfico 2.2.3 conocemos  $\overline{BC}$  para cada valor de  $\alpha_m$ , ahora obtendremos el valor del ángulo ABC con ayuda también del cuadro 2.2.4 y conociendo el valor del segmento  $\overline{AB} = 40.64$  mm (a escala en la pág.147).

Remitiéndonos al gráfico 1.2.5 podemos establecer en el triángulo ABC la siguiente relación:

CUADRO 2.2.5

n	$\alpha_m$	$\bar{X}_{ABC}$	n	$\alpha_m$	$\bar{X}_{ABC}$	n	$\alpha_m$	$\bar{X}_{ABC}$
-	0	0	-	0	0	-	0	0
1	2	69.69	11	22	76.46	21	42	67.90
2	4	72.16	12	24	75.74	22	44	67.17
3	6	74.11	13	26	74.93	23	46	66.47
4	8	75.56	14	28	74.05	24	48	65.80
5	10	76.60	15	30	73.14	25	50	65.15
6	12	77.26	16	32	72.19	26	52	64.50
7	14	77.58	17	34	71.25	27	54	63.89
8	16	77.63	18	36	70.33	28	56	63.29
9	18	77.43	19	38	69.48	29	58	62.70
10	20	77.05	20	40	68.66	30	60	62.13

$$\overline{AC}^2 = \overline{AB}^2 + \overline{BC}^2 - 2 \overline{AB} \times \overline{BC} \cos \angle ABC$$

$$\begin{aligned} \angle ABC &= \arccos \frac{\overline{AB}^2 + \overline{BC}^2 - \overline{AC}^2}{2 \overline{AB} \times \overline{BC}} \\ &= \arccos \frac{(40.64)^2 + \overline{BC}^2 - \overline{AC}^2}{2 (40.64) (\overline{BC})} \end{aligned}$$

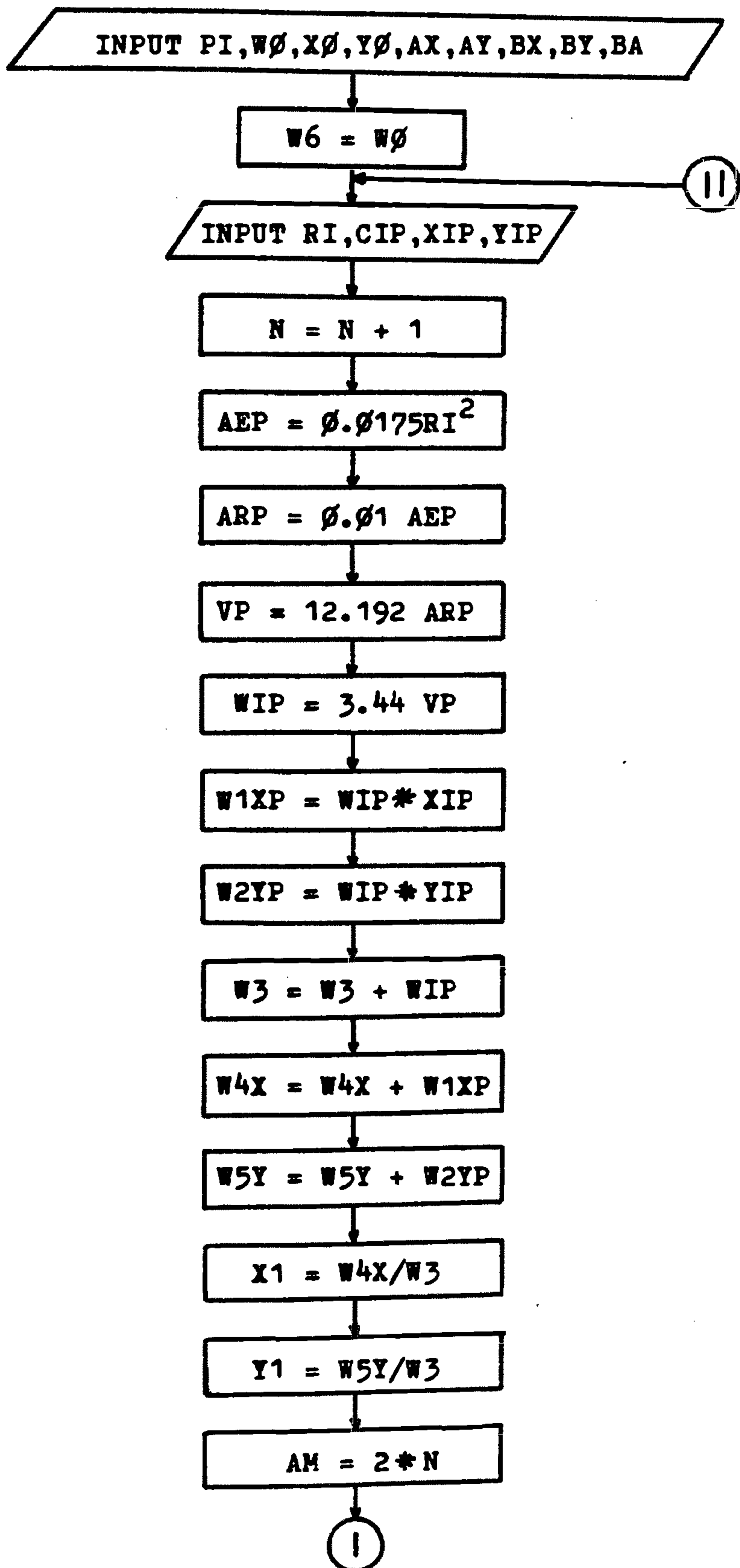
$$\angle ABC_n = \arccos \frac{1656.61 + \overline{BC}_n^2 - \overline{AC}_n^2}{81.28 \overline{BC}_n}$$

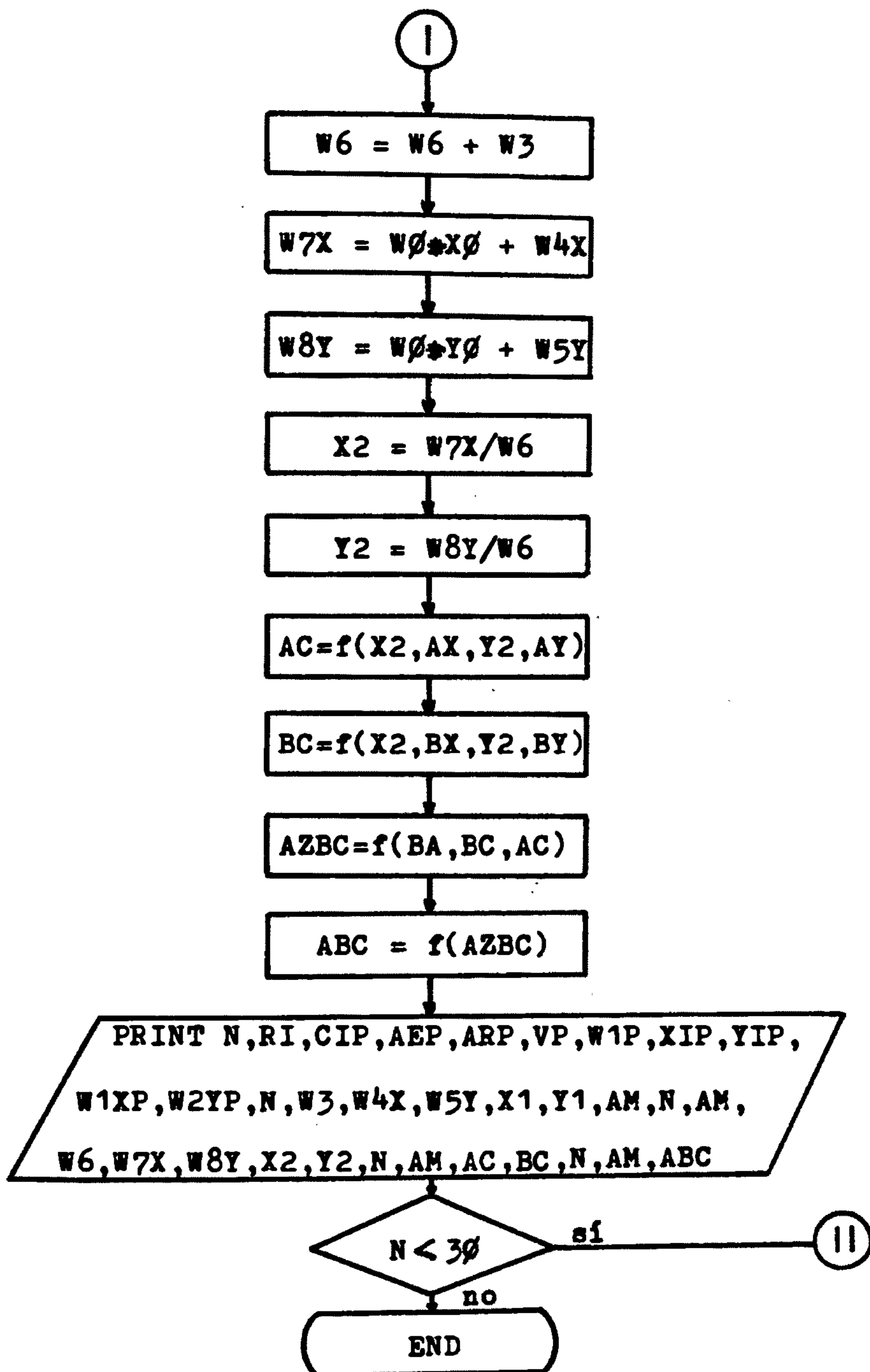
Con ésta última relación y los datos del cuadro 2.2.4 obtendremos el cuadro 2.2.5.

Con los valores del cuadro 2.2.5 y el gráfico 2.2.3 podremos obtener el gráfico 2.2.6 presentando la variación del ángulo ABC versus el ángulo  $\alpha_m$ .

Para el gráfico 2.2.6 debemos tener presente que para  $\alpha_m = 0$  el ángulo ABC =  $64^\circ$  (para la cuchara sin carga pág.129) y para  $\alpha_m > 60^\circ$ , será el valor de  $\angle ABC = 62.37^\circ$  para la cuchara cargada con  $\alpha_m = 60^\circ$ .

Los cuadros 2.2.1 al 2.2.5 inclusive podemos obtenerlos con el diagrama de flujo y algoritmo que presentamos.







"PRG FOR CN221/5"

2 PRINT "LOOK 7Ø ??"

5 DATA 57.30,533.42,75.58,61.19,25.6,46.6,51.4,14.7,40.64

1Ø READ PI,WØ,XØ,YØ,AX,AY,BX,BY,BA

2Ø LET W6 = WØ

5Ø INPUT RI,CIP,XIP,YIP

6Ø LET N = N + 1

7Ø LET AEP = Ø.Ø175\*RI<sup>2</sup>

8Ø LET ARP = Ø.Ø1\*AEP

9Ø LET VP = 12.192\*ARP

1ØØ LET WIP = 3.44\*VP

11Ø LET W1XP = WIP\*XIP

12Ø LET W2YP = WIP\*YIP

13Ø LET W3 = W3 + WIP

14Ø LET W4X = W4X + W1XP

15Ø LET W5Y = W5Y + W2YP

16Ø LET X1 = W4X/W3

17Ø LET Y1 = W5Y/W3

18Ø LET AM = 2\*N

19Ø LET W6 = W6 + W3

2ØØ LET W7X = WØ\*XØ + W4X

21Ø LET W8Y = WØ\*YØ + W5Y

22Ø LET X2 = W7X/W6

23Ø LET Y2 = W8Y/W6

24Ø LET AC = SQR((X2 - AX)<sup>2</sup> + (Y2 - AY)<sup>2</sup>)

25Ø LET BC = SQR((X2 - BX)<sup>2</sup> + (Y2 - BY)<sup>2</sup>)

26Ø LET AZBC = (BA<sup>2</sup> + BC<sup>2</sup> - AC<sup>2</sup>)/(2\*BA\*BC)

```

27Ø LET ABC = (ATN((1 - AZBC↑2)/AZBC↑2))*PI
28Ø PRINT N,RI,CIP,AEP,ARP,VP,W1P,XIP,YIF,W1XP,W2YP,N,W3,W4X,
      W5Y,X1,Y1,AM
29Ø PRINT N,AM,W6,W7X,W8Y,X2,Y2,N,AM,AC,BC,N,AM,ABC
30Ø IF N < 3Ø THEN 5Ø
31Ø END

```

### 2.2.3.1 Cálculo de las fuerzas actuantes en el sistema de volteo sobre la cuchara con carga

Con ayuda de la secuencia de cálculos de las fuerzas de la cuchara sin carga y los cálculos precedentes para la cuchara con carga podremos obtener secuencia de cálculos de las fuerzas en el sistema con carga además de sus cuadros y gráficos correspondientes.

Debemos tener presente que los valores de las fuerzas a calcularse corresponden correlativamente a cada uno de los desplazamientos del pistón de volteo  $\overline{GP}$  y para cada desplazamiento del pistón de levante  $\overline{DE}$  también en forma correlativa.

Para estos cálculos del sistema con carga los valores del cuadro 1.2.2.1 nos es válido íntegramente (pág. 150).

Además debemos tener presente que con  $\alpha_1$  podremos obtener el valor de  $\theta_5$  a partir de que los valores de  $\theta'_3 = \theta_3 \leq 180$

que es el momento donde a partir del cual el segmento  $\overline{PA}$  actúa en el sistema de volteo, tal como en el sistema sin carga. Cabe notar que los valores  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  y  $\theta_6$  del sistema sin carga son válidos para el sistema sin carga excepto  $\theta_4$ ,  $\theta_5$ ,  $\alpha_1$  que varían.

Obtendremos el cuadro 2.2.6 como semejante al cuadro 1.2.2.2 sirviéndonos de éste parcialmente además de los cálculos siguientes:  $\overline{DE} = 78.1 \text{ mm}$   $\overline{GB} = 171.07 \text{ mm}$   $\alpha_2$  y  $\alpha_3$  obtendremos directamente (pág. 168 ).

$\alpha_m$  con ayuda de los valores  $\theta_1$  del cuadro 1.2.2.2 y la relación  $\alpha_m = 149 - (\theta_1 + \alpha_2)$ .

Con los valores de  $\alpha_m$  y el gráfico 2.2.6 obtendremos el valor de  $\angle ABC$ .

Con los valores del  $\angle ABC$  obtendremos los valores de  $\alpha_1$  con la relación de:

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - \angle ABC$$

Los valores de  $\overline{BC}$  y  $W$  obtendremos con  $\alpha_m$  y los gráficos 2.2.3 y 2.2.4 respectivamente.

Si  $\theta_3 = 180$  y  $\theta'_3 \neq 180^\circ$

Obtendremos  $\overline{R}_G$  con la relación:

$$R_G = - \frac{\overline{BC} \operatorname{Sen} \alpha_1}{\overline{AB} \operatorname{Sen} \alpha_2} W \quad \text{y con } \overline{AB} = 40.64 \text{mm}$$

$$R_G = - \frac{\overline{BC} \operatorname{Sen} \alpha_1}{40.64 \operatorname{Sen} \alpha_2} W \quad \phi_8 = \theta_1 + 180$$

Así mismo  $\overline{R}_B$  con:

$$R_B = \sqrt{\overline{R}_G^2 + \overline{W}^2 - 2 R_G W \operatorname{Cos} \alpha_3}$$

$$\text{Si } \theta_3 = \theta_3 \leq 180^\circ$$

$$\theta_5 = (90 + \alpha_1)$$

$$R_G = \frac{\overline{BC} \operatorname{Cos} \theta_5}{\overline{GB} \operatorname{Sen}(\theta_2 + \phi_6)} W \quad ; \quad \phi_8 = \theta_2 + \theta_1 + 180$$

$$R_B = \sqrt{\overline{R}_G^2 + \overline{W}^2 - 2 R_G W \operatorname{Cos} \alpha_3}$$

En ambos casos  $\alpha_4 = 90 - \alpha_4'$ , con:

$$\alpha_4' = \operatorname{arcTg} \frac{R_G \operatorname{Sen} \alpha_3}{W - R_G \operatorname{Cos} \alpha_3}$$

Nos falta ahora conocer los valores de  $\overline{R}_D$  y  $\overline{R}_F$  para cada valor de  $\alpha_m$  para  $\overline{DE} = 78.1$  mm y sus valores correspondientes de  $\lambda_1 = 48.52^\circ$ ,  $\lambda_0 = 35^\circ$  del cuadro 1.2.2.1 mas la secuencia de cálculos de la página 170 y nos llevarán a obtener el cuadro 2.2.7 parecido y correlativo al cuadro 1.2.2.3

$\alpha_m$  lo tenemos del cuadro 2.2.6

$$\lambda_3 = 41.48 + \alpha_4$$

CUADRO 2.2.6

$\alpha_2$	o	12.18	32.51	52.78	67.59	80.20	91.71	102.76	113.08
$\alpha_3$	o	44.90	49.36	52.93	54.71	55.56	55.76	55.42	54.88
$\alpha_m$	o	91.72	75.85	59.15	59.00	34.36	23.05	11.66	0.57
$\neq ABC$	o	66.12	62.12	62.37	62.41	71.08	76.08	77.14	65.62
$\alpha_1$	o	-29.41	-45.29	-62.23	-75.30	-95.73	-112.04	-124.49	-123.83
$\theta_5$	o	-	-	-	-	-	-	-	-33.83
$\overline{BC}$	mm	53.75	53.75	53.46	53.40	46.85	46.99	50.01	52.60
W	Kgr	3001.10	3001.10	2970.52	2965.13	2024.91	1498.75	967.90	550.62
$R_G$	Kgr	9057.78	5145.20	4279.90	4022.95	2651.48	1802.48	1062.52	634.19
$\emptyset_8$	o	134.90	139.36	142.93	144.71	145.56	145.75	145.42	144.88
$R_B$	Kgr	7248.29	3919.73	3437.00	3345.46	2248.82	1566.80	947.78	550.96
$\alpha_4$	o	-28.11	-5.13	6.57	11.03	13.50	18.00	22.63	19.69

$$R_D = \text{Sen } \lambda_3 \frac{R_B}{0.208} \quad \varnothing_9 = 180 - (\alpha_5 + \lambda_4)$$

$$\lambda_5 = 143.98 + \alpha_4 \quad \text{y} \quad \beta_1 = -(\beta_1' + 90)$$

$$R_F = \sqrt{\overline{R_B}^2 + \overline{R_D}^2 + 2 R_B R_D \text{Cos } \lambda_5}$$

$$\beta_1 = \text{arctg} \frac{-R_B \text{Cos } \alpha_4 + 0.809 R_D}{0.588 R_D - R_B \text{Sen } \alpha_4}$$

Las relaciones precedentes son casi similares a las relaciones del sistema sin carga (páginas 135 ) por lo que se han obviado algunas secuencias de cálculo.

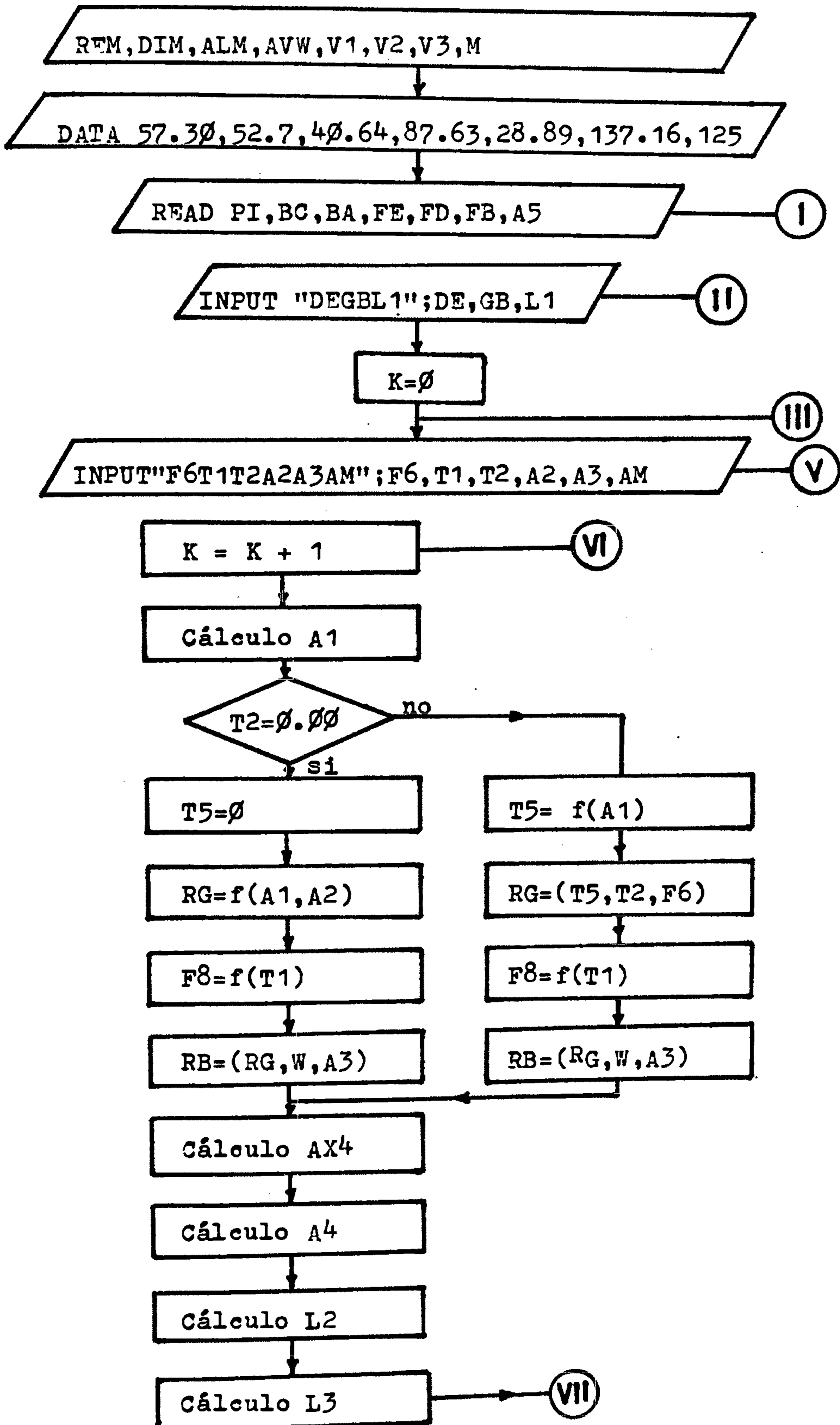
Con estas relaciones obtendremos el cuadro 2.2.7.

Estos valores precedentes del cuadro 2.2.7 corresponden correlativamente a los valores del pistón de volteo  $\overline{GP}$ .

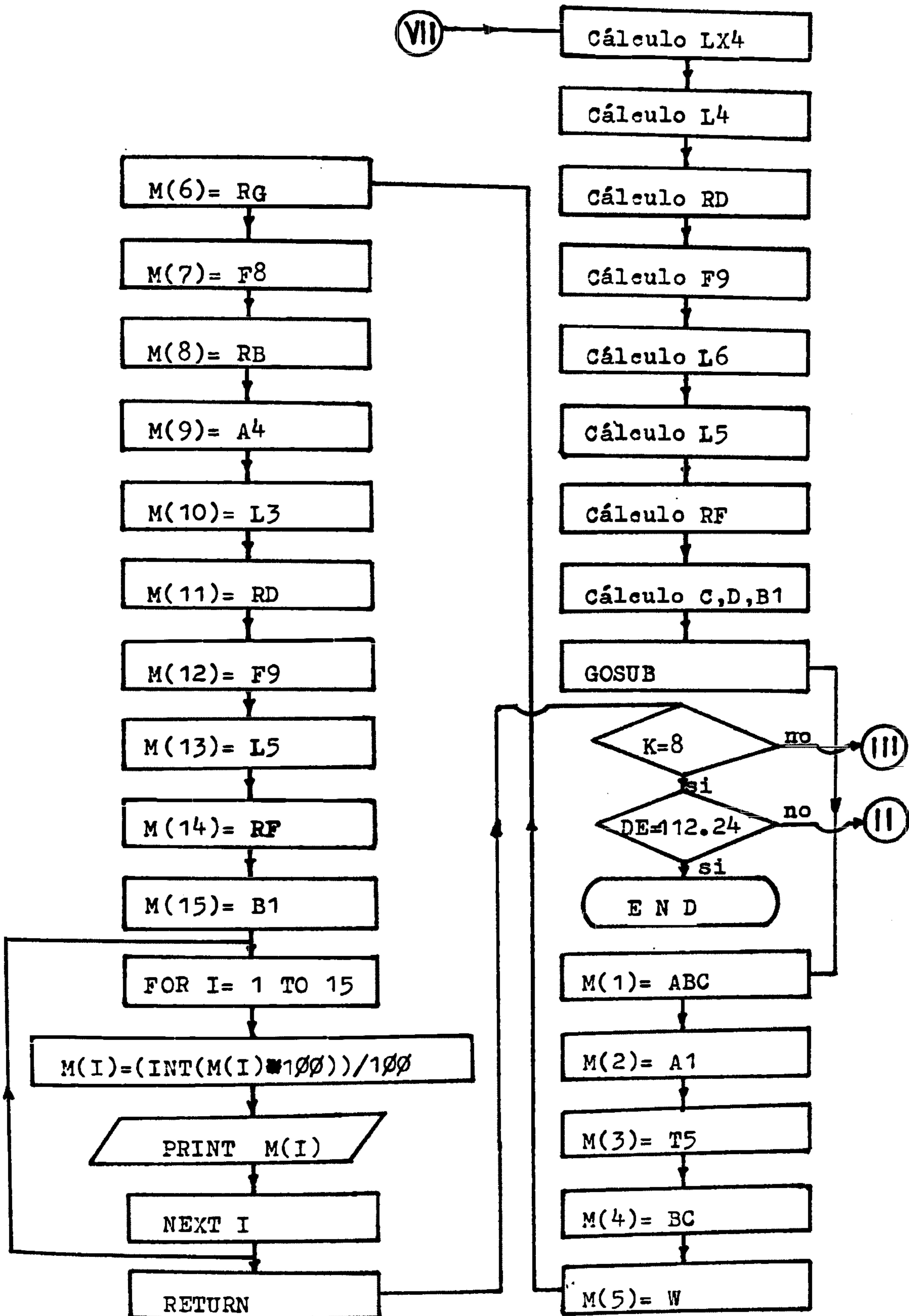
De la misma manera que para el sistema sin carga y abreviando las relaciones que son similares para el sistema con carga a partir de las relaciones de la pág. 135 facilitaremos los cálculos con un diagrama de flujo y su algoritmo correspondiente.

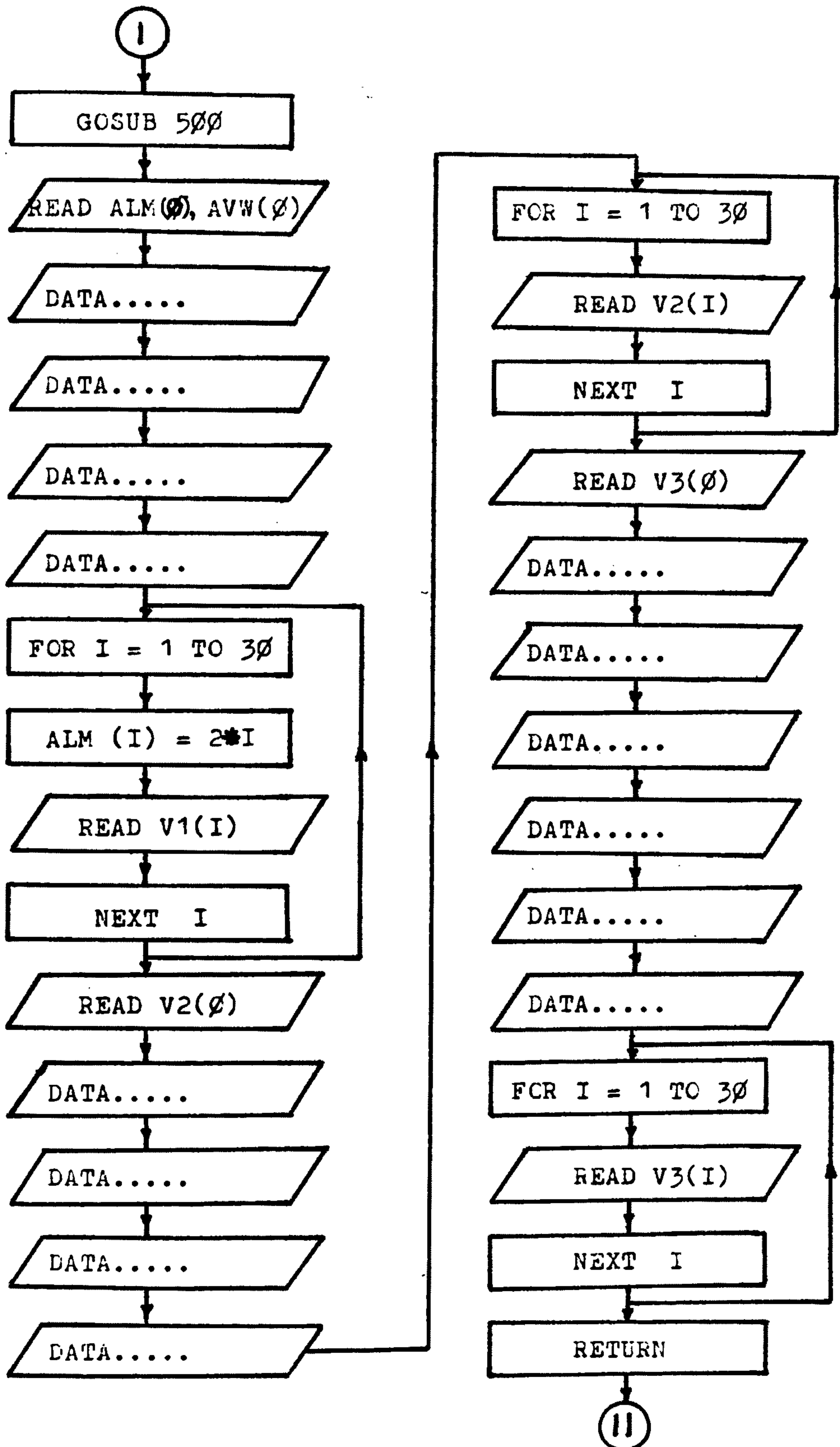
CUADRO 2.2.7

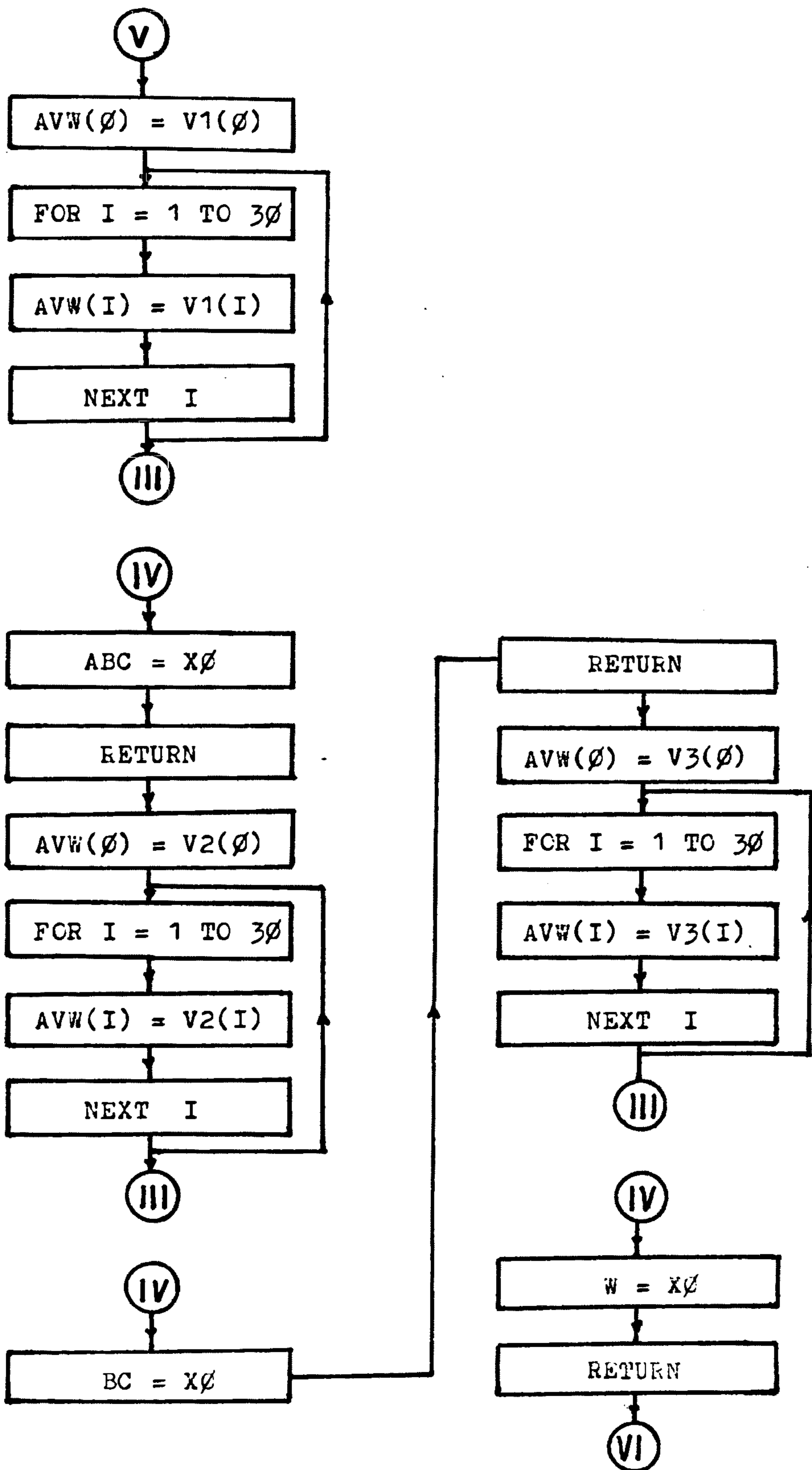
$\alpha_m$	o	91.72	75.85	59.15	59.00	34.36	23.05	11.66	0.57
$\lambda_3$	o	13.77	36.35	47.99	52.11	54.98	59.48	64.11	61.17
$R_D$	Kgr	8069.66	11185.46	12293.62	12778.03	8864.90	6497.23	4104.36	2323.49
$\phi_9$	o	36.02	36.02	36.02	36.02	36.02	36.02	36.02	36.02
$\lambda_5$	o	115.87	138.85	150.49	155.01	157.47	161.98	166.60	163.67
$R_F$	Kgr	8162.68	8628.70	9455.61	9848.26	6842.26	5030.79	3189.96	1801.46
$\beta_1$	o	-90.93	-126.58	-133.66	-135.72	-136.74	-138.44	-140.03	-139.04

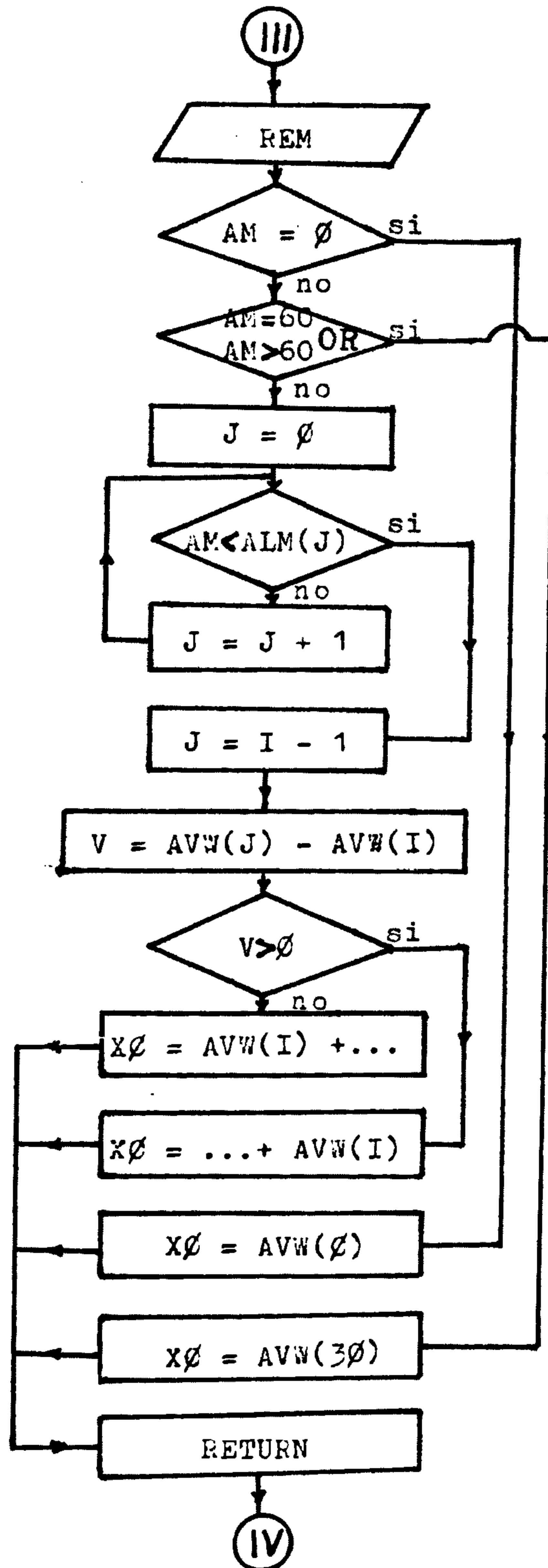












```

2  REM FRG FOR CN226/19
4  DIM ALM(30), AVW(30), M(13), V1(30), V2(30), V3(30)
5  DATA 57.30, 52.7, 40.64, 87.63, 28.89, 137.16, 125
10 READ PI, BC, BA, FE, FD, FB, A5
12 GCSUB 500
20 INPUT "DEL1GB"; DE, L1, GB
25 LET K = 0
30 INPUT "F6T1T2A2A3AM"; F6, T1, T2, A2, A3, AM
32 GCSUB 1000
34 GCSUB 1100
36 GCSUB 1200
40 LET K = K + 1
50 LET A1 = A3 - A2 - ABC
60 IF T2 = 0 THEN 110
70 LET T5 = (90 + A1) : LET F8 = T1 + 180 + T2
80 LET RG = ((BC * COS(T5/PI)) / (GB * SIN((T2 + F6)/PI))) * W
90 LET RB = SQR(RG^2 + W^2 - 2 * RG * W * COS(A3/PI))
100 GO TO 140
110 LET T5 = 0 : LET F8 = T1 + 180
120 LET RG = ((-BC * SIN(A1/PI)) / (BA * SIN(A2/PI))) * W
130 LET RB = SQR(RG^2 + W^2 - 2 * RG * W * COS(A3/PI))
140 LET AX4 = (RG * SIN(A3/PI)) / (W - RG * COS(A3/PI))
150 LET AP4 = (ATN(AX4)) * PI : LET A4 = 90 - AP4
154 IF AX4 > 0 THEN 160
158 LET AP4 = -(AP4 - 180) : LET A4 = AP4 - 270
160 LET L2 = 90 - L1

```

```

170 LET L3 = L2 + A4
180 LET LX4 = (FE↑2 + DE↑2 - FD↑2)/(2*FE*DE)
190 LET L4 = (ATN(SQR((1 - LX4↑2)/LX4↑2)))*PI
200 LET RD = ((FB*SIN(L3/PI))/(FE*SIN(L4/PI)))*RB
210 LET L6 = A5 + L4 :LET F9=180 -(A5 + L4)
220 LET L5 = A4 + L6
230 LET RF = SQR(RB↑2 + RD↑2 + 2*RB*RD*COS(L5/PI))
234 LET C = -RB*COS(A4/PI) - RD*COS(L6/PI)
238 LET D = RD*SIN(L6/PI) - RB*SIN(A4/PI)
240 LET BR1= (ATN(C/D))*PI :LET B1=- (BR1 + 90 )
250 GOSUB 300
260 IF K = 8 THEN 280
270 GO TO 30
280 IF DE = 112.24 THEN 295
290 GO TO 20
295 END
300 M (1) = ABC
305 M (2) = A1
310 M (3) = T5
315 M (4) = BCC
320 M (5) = W
325 M (6) = RG :M(7) = F8
330 M (8) = RB
335 M (9) = A4
340 M (10)= L3
345 M(11) = RD :M(12)= F9
350 M(13) = L5

```

```
355 M(14) = RF
360 M(15) = B1
365 FOR I = 1 TO 15
370 M(I) = (INT(M(I)*100))/100
375 PRINT M(I)
380 NEXT I
385 RETURN
500 REM SUBROUTINA ABC
520 READ ALM(0), V1(0)
530 DATA 0, 64
540 DATA 69.69, 72.16, 74.11, 75.56, 76.60, 77.26, 77.58, 77.63
      77.43, 77.05
550 DATA 76.46, 75.74, 74.93, 74.05, 73.14, 72.19, 71.25, 70.33
      69.48, 68.66
560 DATA 67.90, 67.17, 66.47, 65.80, 65.15, 64.50, 63.89, 63.29
      62.70, 62.13
570 FOR I = 1 TO 30
580 LET ALM(I) = 2*I
590 READ V1(I)
600 NEXT I
610 READ V2(0)
620 DATA 52.70
630 DATA 52.37, 52.08, 51.67, 51.14, 50.55, 49.91, 49.28, 48.65
      48.07, 47.57
640 DATA 47.16, 46.85, 46.65, 46.57, 46.56, 46.64, 46.81, 47.07
      47.42, 47.83
650 DATA 48.29, 48.79, 49.32, 49.88, 50.47, 51.08, 51.73, 52.39
```

53.06, 53.76

```

66Ø FOR I = 1 TO 3Ø
67Ø READ V2(I)
68Ø NEXT I
7ØØ READ V3(Ø)
72Ø DATA 533.42
74Ø DATA 593.80, 661.44, 734.84, 813.46, 895.93
742 DATA 982.65, 1071.62, 1163.69, 1257.74, 1353.12
745 DATA 1448.68, 1544.06, 1639.45, 1733.50, 1826.39
75Ø DATA 1918.79, 2009.22, 2096.42, 2180.14, 2262.45
755 DATA 2340.77, 2417.13, 2492.00, 2565.84, 2639.23
76Ø DATA 2712.63, 2785.29, 2875.23, 2929.16, 3001.10
77Ø FOR I = 1 TO 3Ø
78Ø READ V3(I)
79Ø NEXT I
795 RETURN
8ØØ REM SUBROUTINA INTERPOLACION
825 IF AM = Ø THEN 878
83Ø IF AM = 6Ø OR AM > 6Ø THEN 885
835 LET J = Ø
84Ø IF AM < ALM(J) THEN 855
845 LET J = J + 1
85Ø GO TO 84Ø
855 LET I = J - 1
86Ø LET V = AVW(J) - AVW(I)
865 IF V > Ø THEN 874
87Ø LET XØ = AVW(I) + ((AM - ALM(I))*V)/(ALM(J) - ALM(I))

```



```
872 GO TO 890
874 LET X0 = (V*(AM - ALM(I)))/(ALM(J) - ALM(I)) + AVW(I)
876 GO TO 890
878 LET X0 = AVW(0)
880 GO TO 890
885 LET X0 = AVW(30)
890 RETURN
1000 LET AVW(0) = V1(0)
1002 FOR I = 1 TO 30
1004 LET AVW(I) = V1(I)
1006 NEXT I
1010 GOSUB 800
1020 LET ABC = X0
1030 RETURN
1100 LET AVW(0) = V2(0)
1102 FOR I = 1 TO 30
1104 LET AVW(I) = V2(I)
1106 NEXT I
1110 GOSUB 800
1120 LET BCC = X0
1130 RETURN
1200 LET AVW(0) = V3(0)
1202 FOR I = 1 TO 30
1204 LET AVW(I) = V3(I)
1206 NEXT I
1210 GOSUB 800
1220 LET W = X0
```

## 123Ø RETURN

Conseguiremos entonces el cuadro 2.2.8 paralelo al cuadro 1.2.2.4 para  $\overline{DE} = 85\text{mm}$   
 $\overline{GB} = 166.57\text{ mm}$

$\alpha_2$  y  $\alpha_3$  obtenemos directamente (pág.172)  
 $\alpha_m$  con ayuda de los valores  $\theta_1$  del cuadro 1.2.2.4 y la relación

$$\alpha_m = 149 - (-\theta_1 + \alpha_2)$$

Con los valores de  $\alpha_m$  y el gráfico 2.2.6 obtendremos el valor del  $\angle ABC$

Con los valores del  $\angle ABC$  obtendremos los valores de  $\alpha_1$  con la relación de:

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - \angle ABC$$

Los valores de  $\overline{BC}$  y  $W$  obtendremos con  $\alpha_m$  y los gráficos 2.2.3 y 2.2.4 respectivamente.

Si  $\theta_3 = 180$  y  $\theta'_3 \neq 180$

Obtendremos  $R_G$  con la relación:

$$R_G = - \frac{\overline{BC} \text{ Sen } \alpha_1}{40.64 \text{ Sen } \alpha_2} W$$

Así mismo  $\phi_8 = \theta_1 + 180$

$$R_B = \sqrt{R_G^2 + W^2 - 2 R_G W \text{ Cos } \alpha_3}$$

Si  $\theta_3 = \theta'_3 \leq 180^\circ$

$$\theta_5 = 90 + \alpha_1 \quad ; \quad \phi_8 = \theta_2 + \theta_1 + 180$$

$$R_G = \frac{\overline{BC} \text{ Cos } \theta_5}{\overline{GB} \text{ Sen}(\theta_2 + \phi_6)} W$$

CUADRO 2.2.8

$\alpha_2$	o	33.39	45.15	61.67	75.06	86.97	98.14	109.12	119.28
$\alpha_3$	o	60.78	63.03	65.47	66.47	67.17	67.04	66.39	66.53
$\alpha_m$	o	86.39	76.88	62.80	50.64	39.20	27.90	16.27	5.11
$\alpha_{ABC}$	o	62.12	62.12	62.12	64.94	68.98	74.09	77.60	73.24
$\alpha_1$	o	-34.74	-44.25	-58.33	-73.54	-88.79	-105.20	-120.34	-126.00
$\theta_5$	o	-	-	-	-	-	-	-	-36.00
$\overline{BC}$	mm	53.75	53.75	53.75	50.66	47.66	46.57	48.57	51.85
W	Kgr	3001.10	3001.10	3001.10	2662.71	2233.52	1728.79	1176.38	702.17
R <sub>G</sub>	Kgr	4029.70	3830.39	3762.82	3427.08	2899.74	2185.51	1393.58	772.30
$\phi_8$	o	150.77	153.02	155.47	156.69	157.17	157.04	156.38	156.54
R <sub>B</sub>	Kgr	3665.54	3640.05	3713.08	3398.13	2893.14	2194.73	1418.63	810.83
$\alpha_4$	o	16.37	20.30	22.79	22.38	22.54	23.52	25.82	29.11

$$R_B = \sqrt{R_G^2 + W^2 - 2 R_G W \cos \alpha_3}$$

En ambos casos  $\alpha_4 = 90 - \alpha'_4$ , con:

$$\alpha'_4 = \arctg \frac{R_G \operatorname{Sen} \alpha_3}{W - R_G \cos \alpha_3}$$

Encontramos  $\bar{R}_D$  y  $\bar{R}_F$  para cada valor de  $\alpha_m$  para los valores de  $\bar{DE} = 85$  mm,  $\lambda_1 = 62.26^\circ$ ,  $\lambda_0 = 35^\circ$  del cuadro 1.2.2.1 más la secuencia de cálculos de la pág. 177 nos llevarán a obtener el cuadro 2.2.9 parecido y correlativo al cuadro 1.2.2.5  $\alpha_m$  lo obtenemos directamente del cuadro 2.2.8

$$\lambda_3 = 27.74 + \alpha_4$$

$$R_D = \frac{\operatorname{Sen} \lambda_3 R_B}{0.210} \quad \vartheta_9 = 180 - (\alpha_5 + \lambda_4)$$

$$\lambda_5 = 144.19 + \alpha'_4 ; \beta_1 = -(\beta'_1 + 90)$$

$$R_F = \sqrt{R_B^2 + R_D^2 + 2 R_B R_D \cos \lambda_5}$$

$$\beta'_1 = \arctg \frac{-R_B \cos \alpha_4 + 0.811 R_D}{0.585 R_D - R_B \operatorname{Sen} \alpha_4}$$

Con las relaciones anteriores podemos obtener el cuadro 2.2.9 como correlativo al cuadro 1.2.2.5

Ahora obtendremos el cuadro 2.2.10 paralelo al cuadro 1.2.2.6 para  $\bar{DE} = 90$  mm  $\bar{GE} = 162.85$  mm y simplificando la secuen

CUADRO 2.2.2

$\alpha_m$	o	86.39	76.88	62.80	50.64	39.20	27.90	16.27	5.11
$\lambda_3$	o	44.11	48.04	50.53	50.12	50.25	51.26	53.56	56.85
$R_D$	Kgr	12149.67	12890.58	13648.84	12417.62	10592.97	8151.70	5434.86	3232.64
$\phi_9$	o	35.80	35.80	35.80	35.80	35.80	35.80	35.80	35.80
$\lambda_5$	o	160.56	164.49	166.98	166.57	166.70	167.71	170.01	173.30
$R_F$	Kgr	8778.49	9433.51	10066.25	9146.69	7805.92	6025.51	4045.26	2429.21
$\beta_1$	o	-136.20	-138.26	-139.42	-139.24	-139.30	-139.74	-140.70	-141.95

cia de cálculos de las págs. 180 a 182  
 $\alpha_2$  y  $\alpha_3$  obtenemos del cuadro 1.2.2.6  
 pág. 183.

$$\alpha_m = 149 - (-\theta_1 + \alpha_2)$$

Con los valores de  $\alpha_m$  y el gráfico  
 2.2.6 obtendremos el valor del  $\angle ABC$

Con los valores del  $\angle ABC$  obtendremos  
 los valores de  $\alpha_1$  con la relación de:

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - \angle ABC$$

Los valores de  $\overline{EC}$  y  $W$  obtendremos con  
 $\alpha_m$  y los gráficos 2.2.3 y 2.2.4 respecti-  
 vamente.

$$\text{Si } \theta_3 = 180 \text{ y } \theta'_3 \neq 180$$

Obtendremos  $\overline{R_G}$  con la relación:

$$R_G = - \frac{\overline{BC} \text{ Sen } \alpha_1}{40.64 \text{ Sen } \alpha_2} W$$

$$\text{Así mismo } \theta_8 = \theta_1 + 180$$

$$R_B = \sqrt{R_G^2 + W^2 - 2 R_G W \text{ Cos } \alpha_3}$$

$$\text{Si } \theta_3 = \theta'_3 \leq 180$$

$$\theta_5 = 90 + \alpha_1 ; \theta_8 = \theta_2 + \theta_1 + 180$$

$$R_G = \frac{\overline{EC} \text{ Cos } \theta_5}{\overline{GB} \text{ Sen } (\theta_2 + \theta_6)} W$$

$$R_B = \sqrt{R_G^2 + W^2 - 2 R_G W \text{ Cos } \alpha_3}$$

En ambos casos  $\alpha_4 = 90 - \alpha'_4$ , con:

$$\alpha'_4 = \text{arc Tg } \frac{R_G \text{ Sen } \alpha_3}{W - R_G \text{ Cos } \alpha_3}$$

CUADRO 2.2.10

$\alpha_2$	o	45.19	54.61	69.18	81.67	93.10	104.10	115.08	124.88
$\alpha_3$	o	71.55	73.09	74.85	75.66	75.79	75.37	74.96	75.23
$\alpha_m$	o	85.36	77.48	64.67	52.99	41.69	30.27	18.34	7.29
$\phi_{ABC}$	o	62.12	62.12	62.12	64.19	68.01	73.01	77.36	75.04
$\alpha_1$	o	-35.77	-43.65	-56.47	-70.21	-85.33	-101.75	-117.49	-124.70
$\theta_5$	o	-	-	-	-	-	-	-27.49	-34.70
$\overline{BC}$	mm	53.75	53.75	53.75	51.40	48.21	46.57	47.98	51.32
W	Kgr	3001.10	3001.10	3001.10	2748.59	2328.63	1838.86	1273.95	785.54
R <sub>G</sub>	Kgr	3206.44	3295.04	3470.27	3389.40	3013.98	2407.16	1555.80	872.20
$\phi_8$	o	161.55	163.08	164.85	165.66	165.79	165.37	164.97	165.24
R <sub>B</sub>	Kgr	3632.54	3756.25	3950.16	3398.20	3325.59	2634.19	1736.22	1014.07
$\alpha_4$	o	33.13	32.93	32.00	30.16	28.52	27.84	30.07	33.72

Encontramos  $\overline{R}_D$  y  $\overline{R}_F$  para cada valor de  $\alpha_m$  para los valores de  $\overline{DE} = 90$  mm,  $\lambda_1 = 72.32^\circ$ ,  $\lambda_0 = 35^\circ$  del cuadro 1.2.2.1 mas la secuencia de cálculos de la pág. 185 nos llevarán a obtener el cuadro 2.2.11 parecido y correlativo al cuadro 1.2.2.7

$\alpha_m$  lo tenemos del cuadro 2.2.10

$$\lambda_3 = 17.69 + \alpha_4$$

$$R'_D = \frac{\text{Sen } \lambda_3 R_B}{0.204} \quad \theta_9 = 180 - (\alpha_5 + \lambda_4)$$

$$\lambda_5 = 143.66 + \alpha_4 \quad \text{y} \quad \beta_1 = -(\beta'_1 + 90)$$

$$R_F = \sqrt{R_B^2 + R_D^2 + 2 R_B R_D \text{Cos } \lambda_5}$$

$$\beta'_1 = \text{arctg} \frac{-R_B \text{Cos } \alpha_4 + 0.806 R_D}{0.593 R_D - R_B \text{Sen } \alpha_4}$$

Con las relaciones anteriores podemos obtener el cuadro 2.2.11 como correlativo al cuadro 1.2.2.7

Ahora obtendremos el cuadro 2.2.12 paralelo al cuadro 1.2.2.8 para  $\overline{DE} = 95$  mm,  $\overline{GB} = 157.20$  mm y simplificando la secuencia de cálculos de las págs. 188 a 190  $\alpha_2$  y  $\alpha_3$  obtenemos del cuadro 1.2.2.8 pág. 191 .

$$\alpha_m = 149 - (\theta_1 + \alpha_2)$$

Con los valores de  $\alpha_m$  y el gráfico 2.2.6 obtendremos el valor del  $\angle ABC$ .



CUADRO 2.2.11

$\alpha_m$	o	85.36	77.48	64.67	52.99	41.69	30.27	18.34	7.29
$\lambda_3$	o	50.81	50.61	49.68	47.84	46.20	45.52	47.75	51.40
$R_D$	Kgr	13775.33	14202.65	14735.23	13774.91	11744.04	9195.79	6287.40	3877.50
$\phi_9$	o	36.34	36.34	36.34	36.34	36.34	36.34	36.34	36.34
$\lambda_5$	o	176.79	176.59	175.66	173.82	172.18	171.50	173.73	177.38
$R_F$	Kgr	10150.54	10455.49	10800.59	10007.22	8461.53	6602.08	4565.56	2864.87
$\beta_1$	o	-142.51	-142.43	-142.07	-141.31	-140.59	-140.27	-141.27	-142.73

Con los valores del  $\angle AEC$  obtendremos los valores de  $\alpha_1$  con la relación de:

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - \angle AEC$$

Los valores de  $\overline{BC}$  y  $W$  obtendremos con  $\alpha_m$  y los gráficos 2.2.3 y 2.2.4 respectivamente.

$$\text{Si } \theta_3 = 180^\circ \text{ y } \theta'_3 \neq 180$$

Obtendremos  $\overline{R}_G$  con la relación:

$$R_G = - \frac{\overline{BC} \text{ Sen } \alpha_1}{40.64 \text{ Sen } \alpha_2} W$$

$$\text{Asi mismo } \theta_8 = \theta_1 + 180$$

$$R_B = \sqrt{R_G^2 + W^2 - 2 R_G W \text{ Cos } \alpha_3}$$

$$\text{Si } \theta_3 = \theta'_3 \leq 180^\circ$$

$$\theta_5 = 90 + \alpha_1 ; \theta_8 = \theta_2 + \theta_1 + 180$$

$$R_G = \frac{\overline{BC} \text{ Cos } \theta_5}{\overline{GB} \text{ Sen}(\theta_2 + \theta_6)} W$$

$$R_B = \sqrt{R_G^2 + W^2 - 2 R_G W \text{ Cos } \alpha_3}$$

En ambos casos:  $\alpha_4 = 90 - \alpha'_4$ , con:

$$\alpha'_4 = \text{arc TG } \frac{R_G \text{ Sen } \alpha_3}{W - R_G \text{ Cos } \alpha_3}$$

Encontramos  $\overline{R}_A$  y  $\overline{R}_F$  para cada valor de  $\alpha_m$  para los valores de  $\overline{DE} = 95 \text{ mm}$ ,  $\lambda_1 = 82.79^\circ$  y  $\lambda_0 = 35^\circ$  del cuadro 1.2.2.1 más la secuencia de cálculos de las págs. 193 y 194 nos llevarán a obtener el cuadro

CUADRO 2.2.12

$\alpha_2$	0	56.61	64.56	77.63	89.36	100.43	111.37	122.03	131.54
$\alpha_3$	0	82.58	83.62	84.74	85.10	84.84	84.24	84.47	84.37
$\alpha_m$	0	84.97	78.06	66.10	54.74	43.41	31.68	19.74	8.73
$\alpha_{ABC}$	0	62.12	62.12	62.12	63.66	67.38	72.34	77.09	75.93
$\alpha_1$	0	-36.16	-43.07	-55.02	-67.93	-82.98	-99.48	-114.66	-123.11
$\theta_5$	0	-	-	-	-	-	-9.67	-26.36	-36.21
$\overline{BC}$	mm	53.75	53.75	53.75	51.97	48.64	46.62	47.63	50.92
W	Kgr	3001.10	3001.10	3001.10	2818.56	2394.60	1904.00	1340.72	843.56
$R_G$	Kgr	2750.14	2942.90	3264.35	3387.21	3133.56	2581.00	1649.38	963.07
$\phi_8$	0	172.57	173.62	174.74	175.10	174.83	174.25	174.47	174.37
$R_B$	Kgr	3799.53	3962.64	4226.61	4217.16	3768.55	3049.48	2022.69	1216.36
$\alpha_4$	0	44.12	42.43	39.72	36.84	34.08	32.63	35.74	38.00

2.2.13 parecido y correlativo al cuadro 1.2.2.9.

$\alpha_m$  lo tenemos del cuadro 2.2.12

$$\lambda_3 = 7.21 + \alpha_4$$

$$R_D = \frac{\text{Sen } \lambda_3 R_B}{0.193} \quad \phi_9 = 180 - (\alpha_5 + \lambda_4)$$

$$\lambda_5 = 142.61 + \alpha_4 \quad \text{y } \beta_1 = -(\beta'_1 + 90)$$

$$R_F = \sqrt{R_E^2 + R_D^2 + 2 R_E R_D \text{ Cos } \lambda_5}$$

$$\beta'_1 = \text{arctg} \frac{-R_B \text{ Cos } \alpha_4 + 0.795 R_D}{0.607 R_D - R_B \text{ Sen } \alpha_4}$$

Obtenemos así el cuadro 2.2.13 paralelo al cuadro 1.2.2.9

Ahora obtendremos el cuadro 2.2.14 paralelo al cuadro 1.2.2.10 para  $\overline{DE} = 100$  mm,  $\overline{GB} = 150.93$  mm y simplificando la secuencia de cálculos de las págs. 196 a 198 .

$\alpha_2$  y  $\alpha_3$  obtenemos del cuadro 1.2.2.10 (pág.199)

$$\alpha_m = 149 - (-\theta_1 + \alpha_2)$$

Con los valores de  $\alpha_m$  y el gráfico 2.2.6 obtendremos el valor del  $\angle ABC$

Con los valores del  $\angle ABC$  obtendremos los valores de  $\alpha_1$  con la relación de:

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - \angle ABC$$

Los valores de  $\overline{BC}$  y  $W$  obtendremos con  $\alpha_m$  y los gráficos 2.2.3 y 2.2.4 respectivamente.

$$\text{Si } \theta_3 = 180^\circ \text{ y } \theta'_3 \neq 180$$

Obtendremos  $\overline{R_G}$  con la relación:

$$R_G = - \frac{\overline{BC} \text{ Sen } \alpha_1}{40.64 \text{ Sen } \alpha_2} W$$

$$\text{Así mismo } \theta_8 = \theta_1 + 180$$

$$R_B = \sqrt{R_G^2 + W^2 - 2 R_G W \text{ Cos } \alpha_3}$$

$$\text{Si } \theta_3 = \theta'_3 \leq 180$$

$$\theta_5 = 90 + \alpha_1 ; \theta_8 = \theta_2 + \theta_1 + 180$$

$$R_G = \frac{\overline{BC} \text{ Cos } \theta_5}{\overline{GB} \text{ Sen}(\theta_2 + \theta_6)} W$$

$$R_B = \sqrt{R_G^2 + W^2 - 2 R_G W \text{ Cos } \alpha_3}$$

En ambos casos:  $\alpha_4 = 90 - \alpha'_4$ , con:

$$\alpha'_4 = \text{arcTg} \frac{R_G \text{ Sen } \alpha_3}{W - R_G \text{ Cos } \alpha_3}$$

Con estas relaciones obtendremos:

Encontramos  $\overline{R_D}$  y  $\overline{R_F}$  para cada valor de  $\alpha_m$  para los valores de:  $\overline{DE} = 100$  mm,  $\lambda_1 = 94.06$  y  $\lambda_0 = 35^\circ$  del cuadro 1.2.2.1 más la secuencia de cálculos de la pág. 201 nos llevarán a obtener el cuadro 2.2.15 paralelo y correlativo al cuadro 1.2.2.11

CUADRO 2.2.14

$\alpha_2$	o	68.34	75.29	87.22	98.37	109.28	120.01	130.17	139.56
$\alpha_3$	o	94.37	94.97	95.48	95.33	94.60	94.80	94.78	94.22
$\alpha_m$	o	85.03	78.68	67.26	55.96	44.32	32.35	20.58	9.37
$\alpha_{ABC}$	o	62.12	62.12	62.12	63.30	67.05	72.02	76.87	76.27
$\alpha_1$	o	-36.10	-42.46	-53.88	-66.35	-81.74	-97.24	-112.27	-121.62
$\theta_5$	o	-	-	-	-	-	-7.24	-22.27	-31.62
$\overline{BC}$	mm	53.75	53.75	53.75	52.37	48.87	46.66	47.45	50.73
W	Kgr	3001.10	3001.10	3001.10	2873.43	2429.10	1934.61	1380.83	869.95
R <sub>G</sub>	Kgr	2467.09	2715.59	3146.80	3449.52	3302.26	2604.63	1735.36	1045.27
$\phi_8$	o	184.37	184.97	185.48	185.32	184.60	184.80	184.78	184.22
R <sub>B</sub>	Kgr	4027.37	4217.95	4550.86	4689.87	4253.25	3371.78	2305.85	1408.19
$\alpha_4$	o	52.34	50.10	46.49	42.91	39.28	39.66	41.40	42.24

$\alpha_m$  lo obtenemos del cuadro 2.2.14

$$\lambda_3 = -4.06 + \alpha_4$$

$$R_D = \frac{\text{Sen } \lambda_3 R_B}{0.176}$$

$$\phi_8 = 180 - (\alpha_5 + \lambda_4)$$

$$\lambda_5 = 141.03 + \alpha_4$$

$$R_F = \sqrt{R_B^2 + R_D^2 + 2 R_B R_D \cos \lambda_5}$$

$$\beta'_1 = \text{arcTg} \frac{-R_B \cos \alpha_4 + 0.777 R_D}{0.629 R_D - R_B \text{ Sen } \alpha_4}$$

$$\beta_1 = - (\beta'_1 + 90)$$

Obtenemos así el cuadro 2.2.15 paralelo al cuadro 1.2.2.11

Ahora obtendremos el cuadro 2.2.16 paralelo al cuadro 1.2.2.12 con  $\overline{D\overline{G}} = 105$  mm. y  $\overline{GB} = 143.15$  mm. y simplificando la secuencia de cálculos de las páginas 204 a 206 .

$\alpha_2$  y  $\alpha_3$  obtenemos del cuadro 1.2.2.12

$$\alpha_m = 149 - (-\theta_1 + \alpha_2)$$

Con los valores de  $\alpha_m$  y el gráfico 2.2.6 obtendremos el valor de  $\angle ABC$ .

Con los valores del  $\angle ABC$  obtendremos los valores de  $\alpha_1$  con la relación:

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - \angle ABC$$

CUADRO 2.2.15

$\alpha_m$	o	85.03	78.68	67.26	55.96	44.32	32.35	20.58	9.37
$\lambda_3$	o	48.28	46.04	42.43	38.85	35.22	35.60	37.34	38.18
$R_D$	Kgr	17038.48	17206.93	17403.88	16673.08	13904.49	11124.15	7927.54	4933.25
$\phi_9$	o	38.96	38.96	38.96	38.96	38.96	38.96	38.96	38.96
$\lambda_5$	o	193.38	191.13	187.53	183.94	180.32	180.69	182.44	183.27
$R_F$	Kgr	13153.24	13093.44	12905.88	11998.56	9651.32	7752.71	5624.60	3528.25
$\beta_1$	o	-145.09	-144.59	-143.68	-142.57	-141.17	-141.33	-142.03	-142.33



Los valores de  $\overline{BC}$  y  $W$  obtendremos  $\alpha_m$  y los gráficos 2.2.3 y 2.2.4 respectivamente.

$$\text{Si } \theta_3 = 180 \quad \text{y} \quad \theta_3' \neq 180$$

Obtendremos  $\overline{R}_G$  con la relación:

$$R_G = - \frac{\overline{BC} \text{ Sen } \alpha_1}{40.64 \text{ Sen } \alpha_2} W$$

$$\theta_8 = \theta_1 + 180$$

Así mismo  $\overline{R}_B$  con:

$$R_B = \sqrt{R_G^2 + W^2 - 2 R_G W \text{ Cos } \alpha_3}$$

$$\text{Si } \theta_3 = \theta_3' \leq 180$$

$$\theta_5 = 90 + \alpha_1 ; \quad \theta_8 = \theta_2 + \theta_1 + 180$$

$$R_G = \frac{\overline{BC} \text{ Cos } \theta_5}{GB \text{ Sen}(\theta_2 + \theta_6)} W$$

$$R_B = \sqrt{R_G^2 + W^2 - 2 R_G W \text{ Cos } \alpha_3}$$

$$\alpha_4' = \text{arcTg} \frac{R_G \text{ Sen } \alpha_3}{W - R_G \text{ Cos } \alpha_3}$$

$$\alpha_4 = 90 - \alpha_4'$$

Encontramos  $\overline{R}_D$  y  $\overline{R}_F$  para cada valor de  $\alpha_m$  y para los valores de  $\overline{DE} = 105\text{mm.}$ ,

$\lambda_1 = 106.73$  del cuadro 1.2.2.1 mas la secuencia de cálculos de la pag 209 obtendremos el cuadro 2.2.17

CUADRO 2.2.16

$\alpha_2$	o	81.12	87.36	98.49	109.36	120.02	130.10	140.07	149.74
$\alpha_3$	o	107.58	107.76	107.59	106.82	107.04	107.02	106.36	105.18
$\alpha_{III}$	o	85.46	79.40	68.10	56.46	44.49	32.73	20.71	8.77
$\chi_{ABC}$	o	62.12	62.12	62.12	63.15	66.99	71.84	76.84	75.96
$\alpha_1$	o	-35.67	-41.73	-53.04	-65.70	-79.98	-94.93	-110.56	-120.53
$\theta_5$	o	-	-	-	-	10.02	-4.93	-20.56	-30.53
$\overline{BC}$	mm	53.75	53.75	53.75	52.54	48.91	46.70	47.42	50.91
W	Kgr	3001.10	3001.10	3001.10	2887.63	2435.47	1951.79	1387.04	845.21
$R_G$	Kgr	2296.72	2592.99	3143.49	3616.85	3255.00	2640.83	1840.34	1116.70
$\phi_8$	o	197.57	197.75	197.58	196.81	197.05	197.03	196.37	195.19
$R_B$	Kgr	4294.58	4524.99	4958.58	5240.39	4601.15	3714.77	2597.71	1566.99
$\alpha_4$	o	59.34	56.92	52.81	48.64	47.43	47.16	47.16	46.54

$\alpha_m$  lo tenemos del cuadro 2.2.16

$$\lambda_3 = -16.73 + \alpha_4$$

$$R_D = \frac{\text{Sen} \lambda_3 R_B}{0.153} \quad \vartheta_9 = 180 - (\alpha_5 + \lambda_4)$$

$$\lambda_5 = 138.82 + \alpha_4 \quad \text{y} \quad \beta_1 = -(\beta'_1 + 90)$$

$$R_F = \sqrt{R_B^2 + R_D^2 + 2 R_B R_D \text{Cos} \lambda_5}$$

$$\beta'_1 = \text{arctg} \frac{-R_B \text{Cos} \alpha_4 + 0.753 R_D}{0.648 R_D - R_B \text{Sen} \alpha_4}$$

Finalmente obtendremos el cuadro 2.2.18 paralelo al cuadro 1.2.2.14 para  $\overline{DE} = 112.24$  mm,  $\overline{GB} = 127.35$  mm y simplificando la secuencia de cálculos de las págs. 212 a 214 .

$\alpha_2$  y  $\alpha_3$  obtenemos directamente del cuadro 1.2.2.14 (pág. 215)

$$\alpha_m = 149 - (\theta_1 + \alpha_2)$$

Con los valores de  $\alpha_m$  y el gráfico 2.2.6 obtendremos el valor del  $\angle ABC$

Con los valores del  $\angle ABC$  obtendremos los valores de  $\alpha_1$  con la relación de:

$$\alpha_1 = \alpha_3 - \alpha_2 - \angle ABC$$

Los valores de  $\overline{EC}$  y  $\theta_3$  obtendremos con  $\alpha_m$  y los gráficos 2.2.3 y 2.2.4 respectivamente.

$$\text{Si } \theta_3 = 180^\circ \quad \text{y} \quad \theta'_3 \neq 180$$

CUADRO 2.2.17

$\alpha_m$	o	85.46	79.40	68.10	56.46	44.49	32.73	20.71	8.77
$\lambda_3$	o	42.61	40.19	36.08	31.91	30.70	30.43	30.43	29.81
$R_D$	Kgr	19048.34	19130.05	19132.94	18148.49	15390.37	12328.95	8621.54	5103.20
$\rho_9$	o	41.17	41.17	41.17	41.17	41.17	41.17	41.17	41.17
$\lambda_5$	o	198.16	195.74	191.63	187.46	186.25	185.99	183.95	183.43
$R_F$	Kgr	15027.21	14825.37	14311.01	12970.21	10828.07	8643.05	6044.02	3546.05
$\beta_1$	o	-143.93	-143.57	-142.83	-141.83	-141.47	-141.39	-141.39	-141.18

OBTENDREMOS  $\overline{R}_G$  CON LA RELACIÓN:

$$R_G = - \frac{\overline{BC} \text{ Sen } \alpha_1}{40.64 \text{ Sen } \alpha_2} W$$

ASÍ MISMO:  $\phi_8 = \theta_1 + 180$

$$R_B = \sqrt{R_G^2 + W^2 - 2 R_G W \text{ Cos } \alpha_3}$$

SI  $\theta_3 = \theta_3' \leq 180$

$$\theta_5 = 90 + \alpha_1; \phi_8 = \theta_2 + \theta_1 + 180$$

$$R_G = \frac{\overline{BC} \text{ Cos } \theta_5}{\overline{GB} \text{ Sen}(\theta_2 + \phi_6)} W$$

$$R_B = \sqrt{R_G^2 + W^2 - 2 R_G W \text{ Cos } \alpha_3}$$

EN AMBOS CASOS:  $\alpha_4 = 90 - \alpha_4'$ , CON:

$$\alpha_4 = \text{arcTg} \frac{R_G \text{ Sen } \alpha_3}{W - R_G \text{ Cos } \alpha_3}$$

ENCONTRAMOS TAMBIÉN  $\overline{R}_D$  Y  $\overline{R}_F$  PARA CADA VALOR DE  $\alpha_m$  PARA LOS VALORES DE:  $\overline{DE} = 112.24 \text{ mm}$ ,  $\lambda_1 = 130.76^\circ$  Y  $\lambda_0 = 35^\circ$  DEL CUADRO 1.2.2.1 MÁS LA SECUENCIA DE CÁLCULOS DE LAS PÁGS 217 Y 218 NOS LLEVARÁN A OBTENER EL CUADRO 2.2.19 PARALELO Y CORRELATIVO AL CUADRO 1.2.2.15

$\alpha_m$  LO TENEMOS DEL CUADRO 2.2.18

$$\lambda_3 = -47.50 + \alpha_4$$

$$R_D = \frac{\text{Sen } \lambda_3 R_E}{0.080} \quad \phi_9 = 180 - (\alpha_5 + \lambda_4)$$

$$\lambda_5 = 132.19 + \alpha_4 \quad \text{Y } \beta_1 = -(\beta_1' + 90)$$

CUADRO 2.2.18

$\alpha_2$	o	104.27	110.00	120.48	130.36	140.13	150.29	161.50	174.18
$\alpha_3$	o	132.76	132.19	132.54	132.46	131.69	130.21	127.96	124.80
$\alpha_m$	o	87.49	81.19	69.23	57.46	45.42	32.55	18.06	1.42
$\nabla_{ABC}$	o	62.12	62.12	62.12	62.85	66.67	71.93	77.41	68.03
$\alpha_1$	o	-33.64	-39.94	-50.07	-60.76	-75.12	-92.02	-110.96	-117.42
$\theta_5$	o	-	-	39.93	29.24	14.88	-2.02	-20.96	-27.42
$\overline{BC}$	mm	53.75	53.75	53.75	52.87	49.16	46.68	48.05	52.46
W	Kgr	3001.10	3001.10	3001.10	2914.59	2470.28	1943.65	1260.60	576.28
$R_G$	Kgr	2224.30	2658.44	3117.36	3459.99	3392.88	3017.62	2131.92	1213.17
$\rho_8$	o	222.75	222.18	222.54	222.47	221.69	220.22	217.96	214.80
$R_B$	Kgr	4797.56	5175.72	5601.14	5837.76	5362.90	4522.76	3072.41	1612.98
$\alpha_4$	o	70.09	67.62	65.78	64.06	61.80	59.36	56.82	51.85

$$R_F = \sqrt{R_B^2 + R_D^2 + 2 R_B R_D \cos \lambda_5}$$

$$\beta_1 = \arctg \frac{-R_B \cos \alpha_4 + 0.672 R_D}{0.741 R_D - R_B \sin \alpha_4}$$

Relaciones con las que obtenemos el cuadro 2.2.19.

En el sistema de volteo Wagner al igual que en el Jarvis se cumple que para la primera fila de datos del cuadro 1.2.2.1 le corresponde el primer cuadro de cálculos del sistema sin carga, el primer cuadro de cálculos para el sistema con carga y así sucesivamente.

También son correspondientes fila a fila los valores de los cuadros del sistema sin carga y con carga. Es por esto que el programa para el cálculo de los parámetros en este capítulo no es muy práctico pero es necesario para ver los detalles de cálculos a fin de posteriormente armar el programa generalizado en función de  $\overline{DE}$ ,  $\overline{GP}$  y carga (con carga o sin carga).

CUADRO 2.2.19

$\alpha_m$	o	87.49	81.19	69.23	57.46	45.52	32.55	18.06	1.42
$\lambda_3$	o	29.33	26.86	25.02	23.30	21.04	18.60	16.06	11.09
$R_D$	Kgr	24179.24	24062.13	24374.68	23759.62	19808.06	14840.69	8746.72	3191.93
$\phi_9$	o	46.24	46.24	46.24	46.24	46.24	46.24	46.24	46.24
$\lambda_5$	o	203.84	201.37	199.53	197.81	195.55	193.11	190.57	185.60
$R_F$	Kgr	19885.39	19334.14	19187.01	18282.65	14711.45	10485.78	5753.99	1594.36
$\beta_1$	o	-139.34	-139.35	-139.35	-139.35	-139.35	-139.36	-139.37	-139.40



#### 2.2.4 Análisis de las fuerzas y ángulos críticos de volteo.

Al ser el scooptram Wagner en términos generales similar al scooptram Jarvis Clark también los fenómenos de estabilidad son similares por lo que también podemos notar que hay dos casos críticos de problemas de estabilidad que se manifiestan al dejar de estar en contacto con el terreno y suceden cuando:

- La cuchara cargada es levantada "verticalmente" sin vaciar la carga se consigue accionando tanto el pistón de levante  $\overline{DE}$  como el de volteo  $\overline{GP}$ .
- El pistón de levante  $\overline{DE}$  queda en su punto muerto inferior, el pistón de volteo se desplaza solo hasta que el labio de la cuchara toque con la carga y se bloquea con ésta, entonces el pistón de volteo tiende a cargar un peso máximo ejerciendo una fuerza que está limitada por el contacto de las llantas de tren posterior en el terreno.

Analizaremos también los dos casos:

##### 2.2.4.1 Evaluación de la reacción en el tren posterior para la cuchara con carga.

Siendo posible tener a la mano el valor de las fuerzas  $\overline{R}_G$  del pistón de volteo,  $\overline{R}_D$  del pistón de levante y  $\overline{R}_F$  la fuerza de reacción en el punto de giro del bastidor, es necesario encontrar los valores de las fuerzas de reacción  $F_P$  y  $F_A$  sobre las ruedas del

equipo conforme apreciamos en el gráfico 2.2.7, teniendo en cuenta que  $F_A$  no es crítico para la estabilidad.

Los puntos M y N son los ejes de giro de las ruedas del equipo pero a escala.

Debemos tener presente que el peso total del equipo tiene mucho que ver con su estabilidad cuando el equipo está en plena operación y el equipo puede girar en el punto N.

De datos de catálogo tenemos peso total del equipo es:

$$W_T = 5842 \text{ Kgr.}$$

También habiendo obtenido el peso del tren posterior 3750 Kgr. y el tren delantero 2092 Kgr., por tanto el límite máximo de  $F_p$  será:

$$F_p = 3750 \text{ Kgr.}$$

Es recomendable a fin de favorecer la estabilidad del equipo sobre todo cuando el equipo cucharea en rampa negativa que necesariamente  $F_p < 3750 \text{ Kgr.}$

Podemos obtener los valores de  $F_p$  y  $F_A$  para cada posición del pistón de levante y volteo así como también para cada magnitud de carga en la cuchara valiéndonos del gráfico 2.2.7 y las relaciones siguientes.

$$\sum M_N = 0 \quad \text{y} \quad \sum M_M = 0$$

$$F_P(\overline{MN}) - R_G(\overline{NG} \text{ Sen } \gamma_4) - R_F(\overline{NF} \text{ Sen } \gamma_5) + R_D(\overline{NE} \text{ Sen } \gamma_6) = 0 \dots\dots\dots(1)$$

$$-F_A(\overline{MN}) - R_G(\overline{MG} \text{ Sen } \gamma_1) + R_F(\overline{MF} \text{ Sen } \gamma_2) - R_D(\overline{ME} \text{ Sen } \gamma_3) = 0 \dots\dots\dots(2)$$

Los valores de  $\gamma$  es necesario ponerlos en función de valores conocidos a partir del gráfico 2.2.7:

$$\gamma_1 = 33 + (180 - \varnothing_8) = 213 - \varnothing_8$$

$$\gamma_2 = 180 - (158 + \beta_1) = 22 - \beta_1$$

$$\gamma_3 = 180 - (5 + \varnothing_9) = 175 - \varnothing_9$$

$$\gamma_4 = 67 - (180 - \varnothing_8) = \varnothing_8 - 113$$

$$\gamma_5 = -(68 + \beta_1)$$

$$\gamma_6 = \varnothing_9 - 11$$

Con estas relaciones las ecuaciones (1) y (2) quedarán:

$$F_P(\overline{MN}) - R_G(\overline{NG} \text{ Sen}(\varnothing_8 - 113)) - R_F(\overline{NF} \text{ Sen}(-68 - \beta_1)) + R_D(\overline{NE} \text{ Sen}(\varnothing_9 - 11)) = 0$$

$$-F_A(\overline{MN}) - R_G(\overline{MG} \text{ Sen}(213 - \varnothing_8)) + R_F(\overline{MF} \text{ Sen}(22 - \beta_1)) - R_D(\overline{ME} \text{ Sen}(175 - \varnothing_9)) = 0$$

De donde obtendremos respectivamente:

$$F_P = (R_G(\overline{NG} \text{ Sen}(\varnothing_8 - 113)) + R_F(\overline{NF} \text{ Sen}(-68 - \beta_1)) - R_D(\overline{NE} \text{ Sen}(\varnothing_9 - 11))) / \overline{MN}$$

$$F_A = (-R_G(\overline{MG} \text{ Sen}(213 - \varnothing_8)) + R_F(\overline{MF} \text{ Sen}(22 - \beta_1)) - R_D(\overline{ME} \text{ Sen}(175 - \varnothing_9))) / \overline{MN}$$

Estas fuerzas son perpendiculares al terre

no por estar las ruedas sobre rodamientos y terreno horizontal.

Teniendo presente que para cada valor de  $\overline{DE}$  y  $\overline{GP}$  tenemos un juego de valores que nos puede dar  $F_P$  y  $F_A$  podemos obtener los cuadros 2.2.20 para  $F_P$  y 2.2.21 para  $F_A$ .

Podemos hacerlo en forma manual o con un pequeño algoritmo como subrutina del programa "PRG FOR CN 226/19" de los cálculos del sistema con carga de manera similar al modelo Jarvis Clark, obteniendo en este caso el programa "PRG FOR CN 226/21" añadiendo al digrama de flujo y al algoritmo correspondiente a los del "PRG FOR CN 226/19" de las págs. 354 a 359 el diagrama de flujo mostrado en la pág. 349 y el algoritmo que a continuación mostraremos.

Algoritmo completo del "PRG FOR CN 226/19" además de:

```

2    REM PRG FOR CN 226/21
6    READ P1,BC,BA,FE,FD,FB,A5
8    DATA 188,107.5,69,68.3,175.5,174,121.5
10   READ MN,NG,NF,NE,MG,MF,ME
255  GOSUB 3000
375
3000 REM SUBROUTINA ESTABILIDAD
3010 LET G1 = 213 - F8

```

$$3020 \text{ LET } G2 = 22 - B1$$

$$3030 \text{ LET } G3 = 175 - F9$$

$$3040 \text{ LET } G4 = F8 - 113$$

$$3050 \text{ LET } G5 = -(68 + B1)$$

$$3060 \text{ LET } G6 = F9 - 11$$

$$3070 \text{ LET } FP = (RG*NG*SIN(G4/PI) + RF*NF* \\ SIN(G5/PI) - RD*NE*SIN \\ (G6/PI))/MN$$

$$3080 \text{ LET } FA = (-RG*MG*SIN(G1/PI) + RF*MF* \\ SIN(G2/PI) - RD*ME*SIN \\ (G3/PI))/MN$$

$$3090 \text{ N}(1) = FP$$

$$3100 \text{ N}(2) = FA$$

3110 FOR I = 1 TO 2

$$3120 \text{ N}(I) = (\text{INT}(\text{N}(I)*100))/100$$

3130 PRINT N(I)

3140 NEXT I

3150 RETURN

Como consecuencia podemos elaborar los cuadros para  $F_P$  y  $F_A$  para el sistema con carga,  $CRG = 1$ .

$$F_P \text{ (KGR)} < 3750$$

Básicamente es importante para la estabilidad los valores de  $F_P$  cuyo valor máximo en el cuadro 2.2.19 es  $F_P = 3364.73$  Kgr. para  $\bar{DE} = 105$  mm y  $\bar{GP} = 118$  mm y vemos que el valor de  $F_P \text{ max} \leq 3750$  Kgr con un margen

CUADRO Nº 2.2.20       $F_p$  (KGR)

$\overline{DE}$ mm	78.10	85	90	95	100	105	112.24	
$\overline{GP}$ mm	105.73	1058.78	2550.80	2822.35	3016.97	3139.35	3178.68	3042.20
	110	2289.73	2702.49	2933.34	3108.56	3129.52	3252.52	3113.84
	118	2493.57	2873.92	3081.00	3239.64	3340.16	3364.73	3241.46
	126	2589.97	2639.39	2917.11	3133.77	3268.50	3313.79	3243.68
	134	1793.90	2254.07	2509.70	2702.56	2813.17	2850.54	2800.80
	142	1299.10	1726.11	1968.23	2138.24	2245.24	2290.18	2183.37
	150	808.42	1136.39	1327.73	1478.79	1576.50	1596.52	1318.38
	157.48	450.69	668.17	805.64	913.34	972.15	946.50	564.43

CUADRO Nº 2.2.21       $F_A$  (KGR)

$\overline{DE}$ mm	78.10	85	90	95	100	105	112.24
105.73	-4739.02	-5440.95	-5710.49	-5903.78	-6026.35	-6068.16	-5943.79
110	-5189.11	-5590.68	-5817.03	-5989.55	-6099.62	-6133.95	-6004.39
118	-5362.32	-5757.95	-5957.90	-6111.47	-6208.67	-6231.56	-6120.16
126	-5452.51	-5181.84	-5546.04	-5822.73	-6005.76	-6057.17	-6028.32
134	-3748.81	-4395.82	-4733.64	-4981.28	-5116.65	-5159.25	-5149.77
142	-2748.32	-3385.19	-3724.36	-3948.68	-4080.70	-4193.11	-4023.10
150	-1745.87	-2267.67	-2547.11	-2757.91	-2889.41	-2912.09	-2493.10
157.48	- 993.01	-1344.50	-1559.29	-1719.82	-1800.93	-1748.47	-1102.43

de 11.45 %.

2.2.4.2 Evaluación de la reacción del tren posterior para  $\overline{DE}$  mínimo y la cuchara cargando un peso útil máximo  $W_U$ .

Evaluaremos con este fin la fuerza  $\overline{R}_G, \overline{R}_B, \overline{R}_D, \overline{R}_F$  para  $\overline{DE} = 78.10$  mm y  $\overline{GP}$  para toda su variación pero tomando en cuenta  $W$ , para obtener el valor de carga máxima útil  $W_U$ .

$$W_U = W - W_{\text{cuchara}} = W - 533.42$$

$W_U$  máxima será dada cuando:

$$F_p \leq 3750 \text{ Kgr.}$$

Este valor es el límite para que el tren posterior esté en contacto con el terreno. Para hacer ésta evaluación se presta el algoritmo para los cálculos del sistema sin carga "PRG FOR CN 122 I",  $CRG = \emptyset$ . Teniendo en cuenta también que necesitamos básicamente la reacción en el tren posterior  $F_p$  aprovecharemos los datos de las secuencias del punto anterior (págs. 384 a 389 ).

Obtendremos así el cuadro 2.2.22 con el algoritmo siguiente: "PRG FOR CN 226/22". Algoritmo total del "PRG FOR CN 122 I" completado por:

```
3   REM PRG FOR CN 226/22
5   DATA 57.30,39.03,40.64,37,11,25.4,64
```



```

125,52.7,87.63,28.89,137.16
7  READ PI,BF,BA,PBA,PA,ABC,A5,BC,FE,FD,
   FB
8  DATA 188,107.5,69,68.3,175.5,174,
   121.5
10 READ MN,NG,NF,NE,MG,MF,ME
20 INPUT "GP"; GP
22 LET PP = GP
24 LET GP = INT(PP) + 1
26 FOR W = 6000 TO 1000 STEP - 100
50 GO TO 60
60 LET GP = PP
270 GO TO 280
280 LET GP = PP
860 GOSUB 3000
862 IF FP < 3750 THEN 865
864 NEXT W
3000 REM SUBROUTINA ESTABILIDAD
3010 LET G1 = 213 - F8
3020 LET G2 = 22 - B1
3030 LET G3 = 175 - F9
3040 LET G4 = F8 - 113
3050 LET G5 = -(68 + B1)
3060 LET G6 = F9 - 11
3070 LET FP = (RG*NG*SIN(G4/PI) + RF*NF*
              SIN(G5/PI) - RD*NF*SIN
              (G6/PI))/MN

```

```

3080 LET WU = W - 533.42
3085 IF FP > 3750 THEN 3230
3090 N (1) = RG
3100 N (2) = F8
3110 N (3) = RB
3120 N (4) = A4
3130 N (5) = RD
3140 N (6) = F9
3150 N (7) = RF
3160 N (8) = B1
3170 N (9) = FP
3180 N(10) = WU
3190 FOR I = 1 TO 10
3200 N (I) = (INT(N(I)*100))/100
3210 PRINT N(I)
3220 NEXT I
3230 RETURN

```

Las sentencias de 20 a 28 modifican la forma de ingreso del valor de  $\overline{GP}$ , eliminan los mensajes "HAY NO DEFINIDOS" y "TODOS DEFINIDOS", con ayuda de PP evitamos el doble ingreso de datos y finalmente permite operar el loop FOR W.

Con este algoritmo podemos obtener el cuadro 2.2.22 teniendo los datos  $\overline{DE} = 78.10$  mm,  $\lambda_1 = 48.52$ ,  $\overline{GB} = 171.07$  mm y  $\phi_7 = -47.97$  del cuadro 1.2.2.1 (pág. 150) y pa-

CUADRO N° 2.2.22

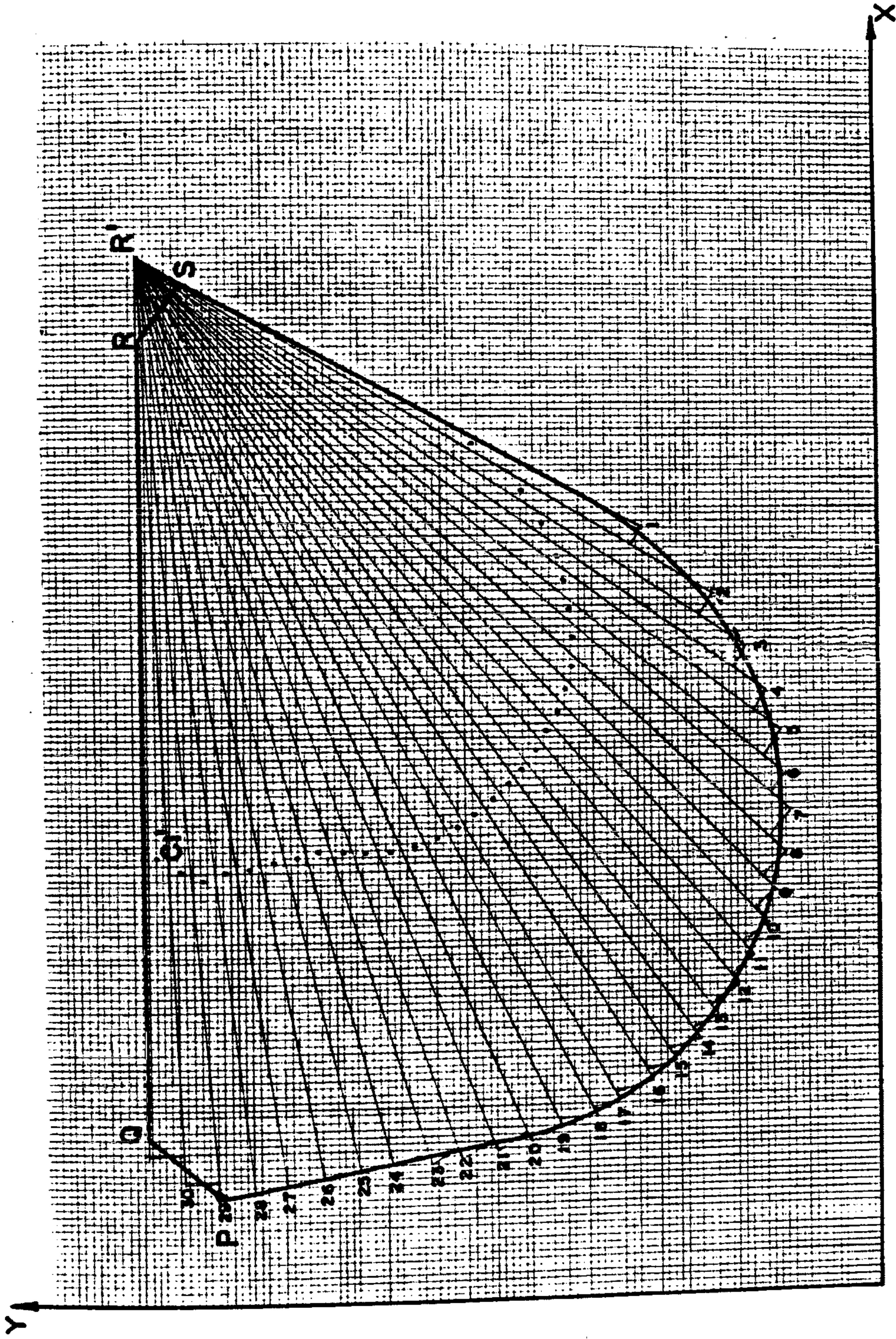
$\bar{G}_P$	mm	105.73	110	118	126	134	142	150	157.48
RG	KGR	19143.03	8489.12	6431.26	5737.29	3505.27	4086.53	4648.15	5143.05
$\phi_8$	•	134.90	139.36	142.93	144.71	152.41	149.91	147.12	144.88
RB	KGR	15483.51	6483.09	5158.26	4766.24	3972.97	4088.05	4248.27	4446.69
$\alpha_4$	•	- 29.23	- 6.45	5.81	10.70	38.55	30.11	23.23	18.90
RD	KGR	15824.91	17913.58	18246.59	18123.94	18835.88	18671.62	18490.33	18608.02
$\phi_9$	•	36.02	36.02	36.02	36.02	36.02	36.02	36.02	36.02
RF	KGR	16882.57	13842.85	14031.38	13965.60	14867.78	14611.44	14378.41	14418.19
$\beta_1$	•	- 87.57	- 125.54	- 133.31	- 135.58	- 144.65	- 142.32	- 140.22	- 138.76
Fp	KGR	3726.61	3689.28	3710.02	3677.56	3687.27	3697.77	3674.54	3689.89
Wu	KGR	5466.57	4266.57	3866.57	3666.57	3566.57	3566.57	3666.57	3866.57

ra  $\overline{GP}$  tendremos los valores del pistón de volteo con  $\overline{GP} \in [105.73, 157.48]$

Podemos observar en el cuadro precedente que la carga útil ( $W_U$ ) máxima es de  $W_U = 5466.57$  Kgr. para  $\overline{DE} = 78.10$  mm y  $\overline{GP} = 105.73$  mm.

Debemos tener también presente que esta carga está supuestamente concentrada en el centro de gravedad de la cuchara sin carga; de ser necesario se puede también encontrar la variación de carga útil máxima para cualquier posición de la cuchara dando los datos al programa con  $\overline{DE}$  y  $\overline{GP}$  respectivamente.

Si la carga a levantarse supera el valor  $W_U$  entonces la máquina no la levantará, por el contrario el tren posterior tenderá a elevarse con el consecuente riesgo para el operador y su máquina.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

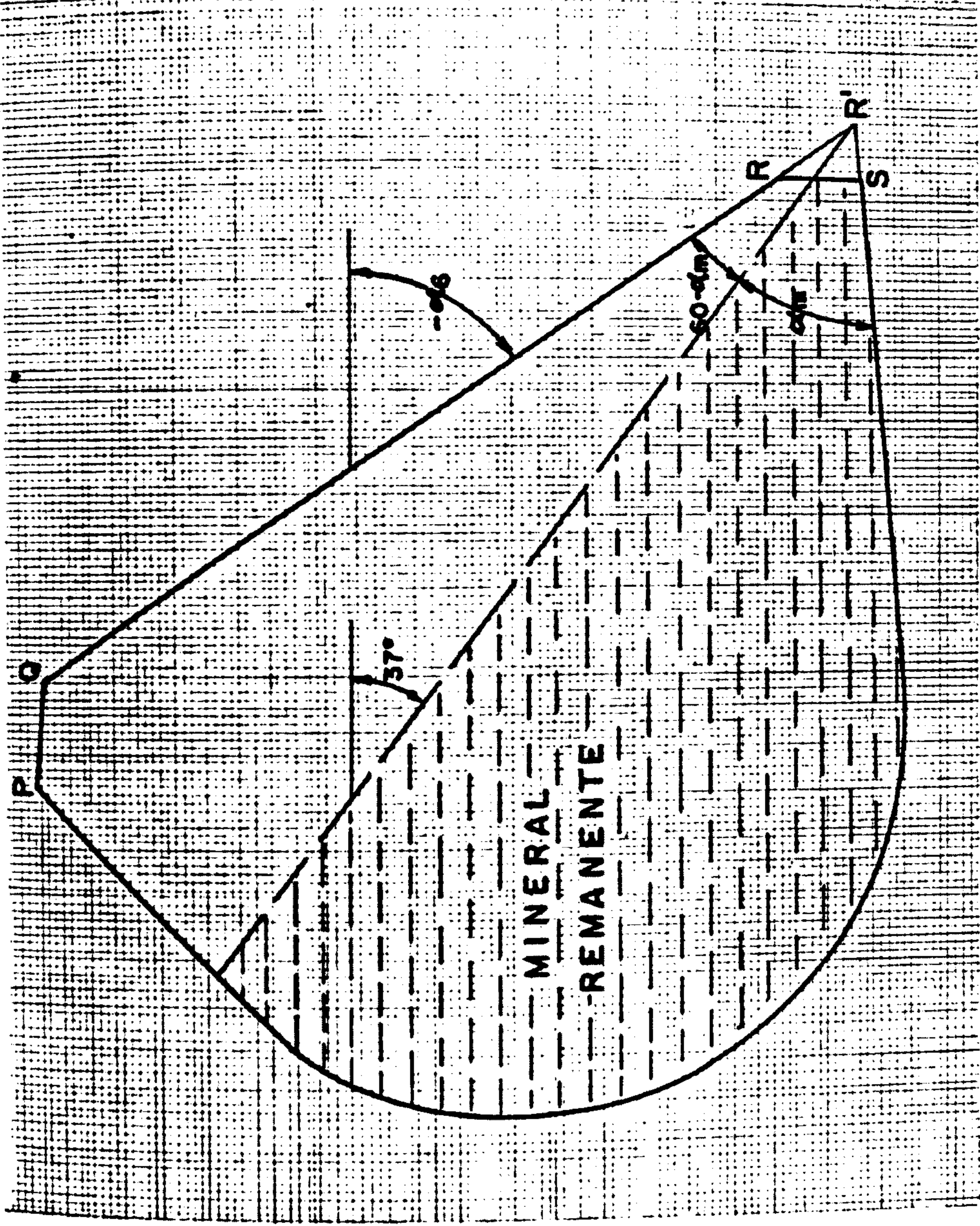
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

PROYECTO DE GRADO

DIBUJADO POR: V. QUISPE P.  
DISTRIBUCION DEL AREA RESIDUAL

FECHA: OCTUBRE-1988 ESCALA: 1=8

GRAFICO: N° 2-1.1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

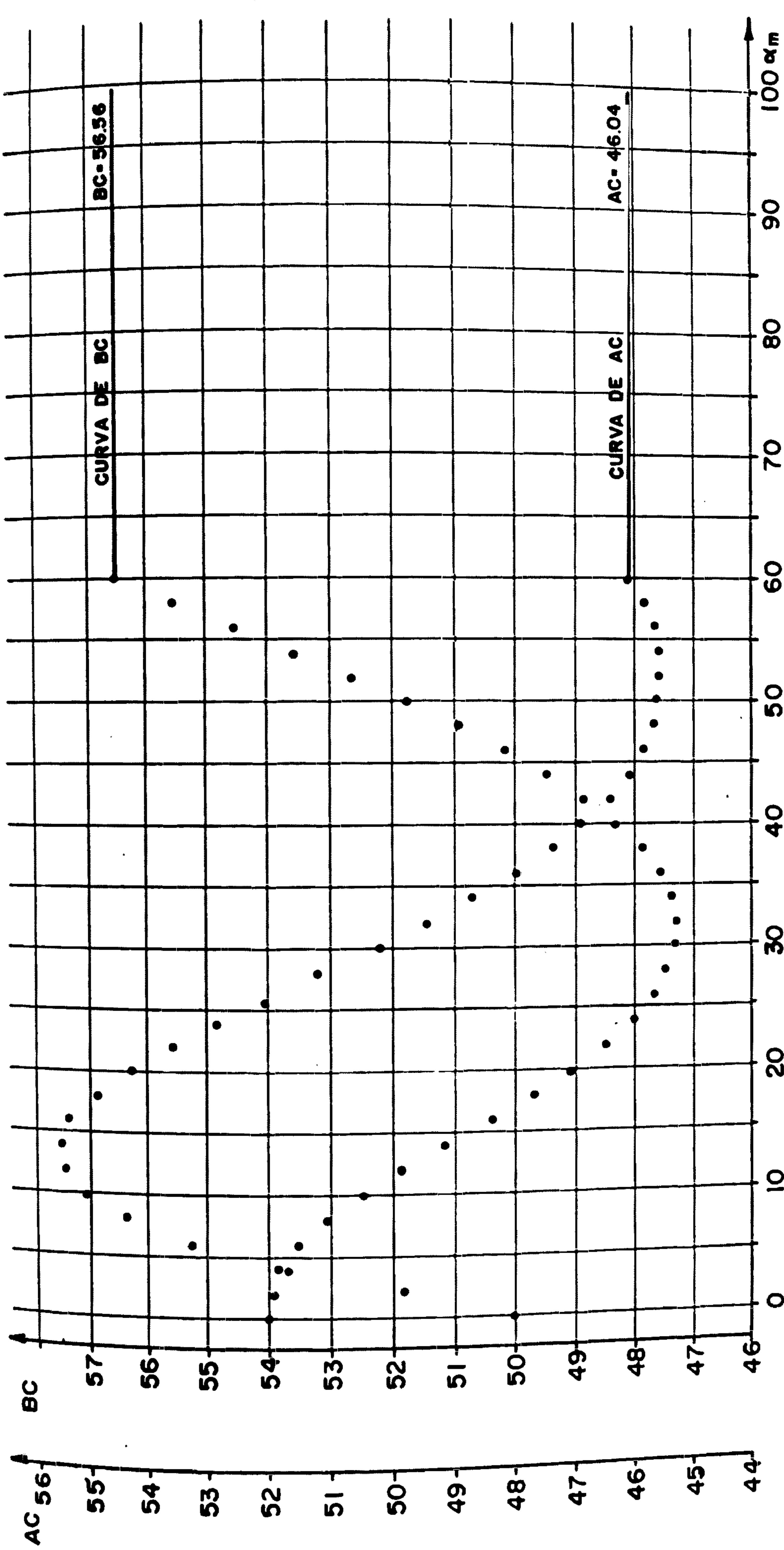
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

PROYECTO DE GRADO

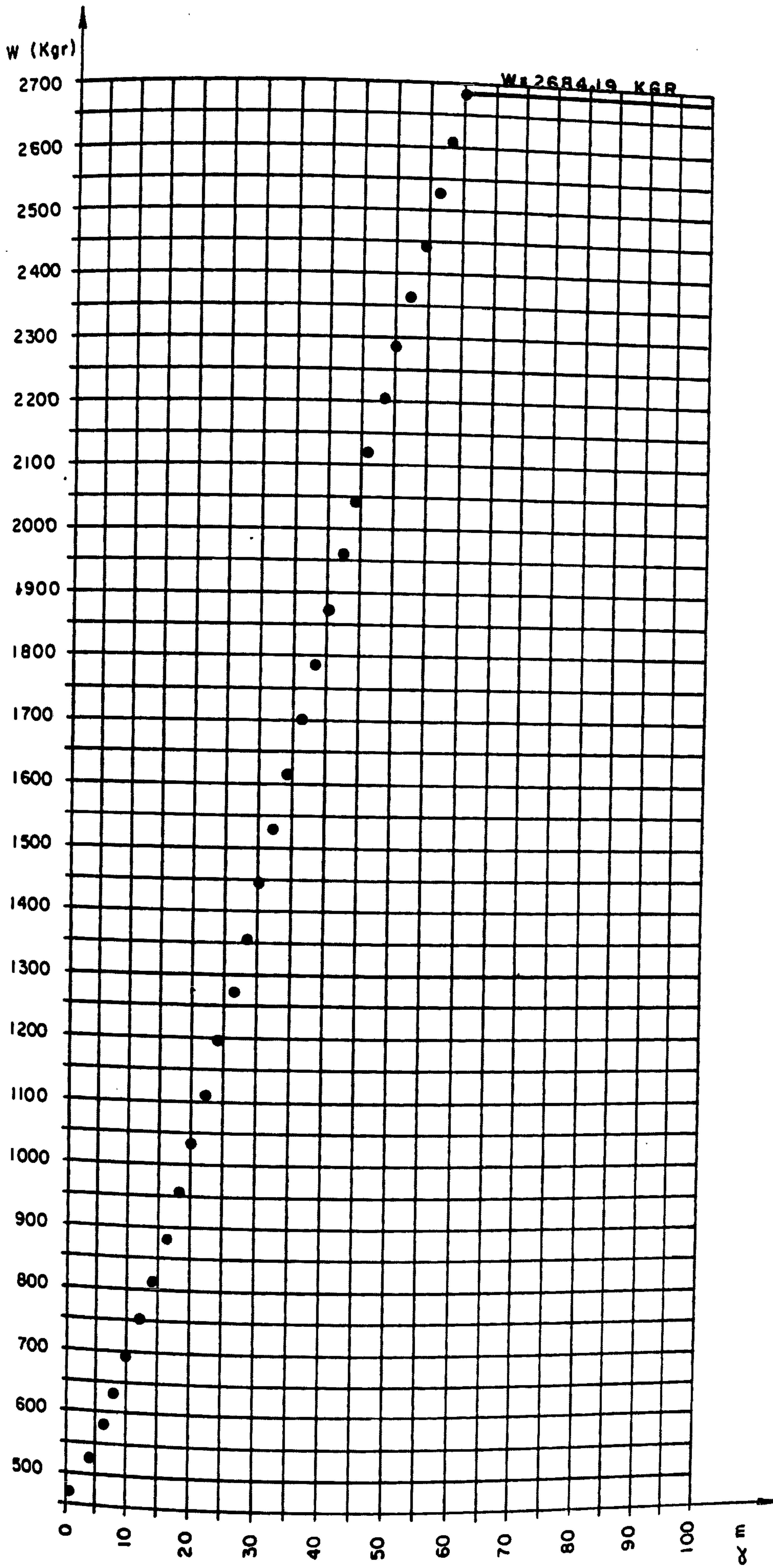
DIBUJADO POR: V. QUISPE P. MINERAL REMANENTE DURANTE EL VOLTEO

FECHA: OCTUBRE-1985 ESCALA: 1:1

GRAFICO: N° 2.1.2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
 PROYECTO DE GRADO  
 DIBUJADO POR: V. QUISPE P.  
 VARIACION AC Y BC VS  $\alpha m$   
 FECHA: OCTUBRE - 1985 ESCALA: GRAFICO: N° 2.1.3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

ACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

PROYECTO DE GRADO

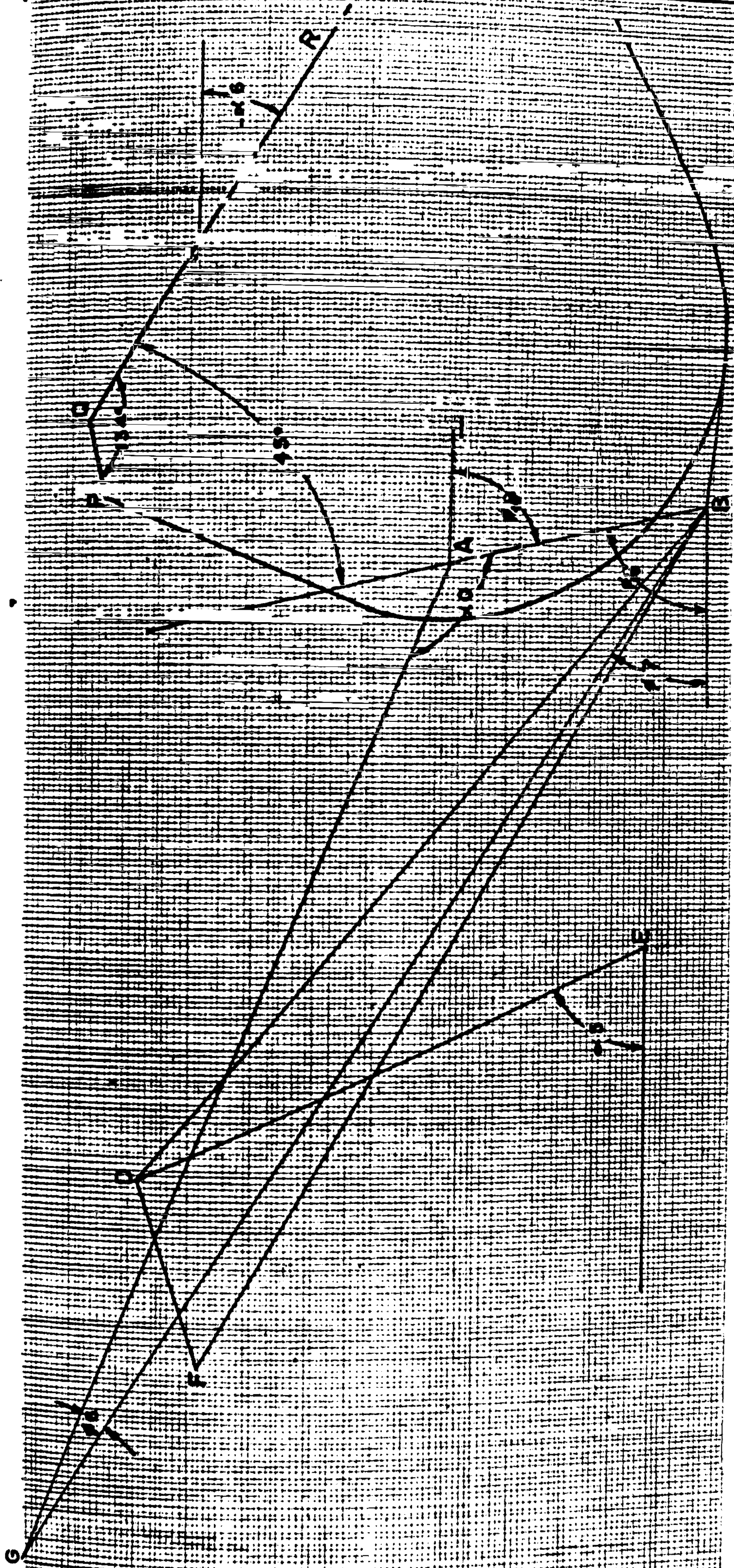
DIBUJADO POR:  
V. QUISPE P.

VARIACION  $W$  VS  $x$  M

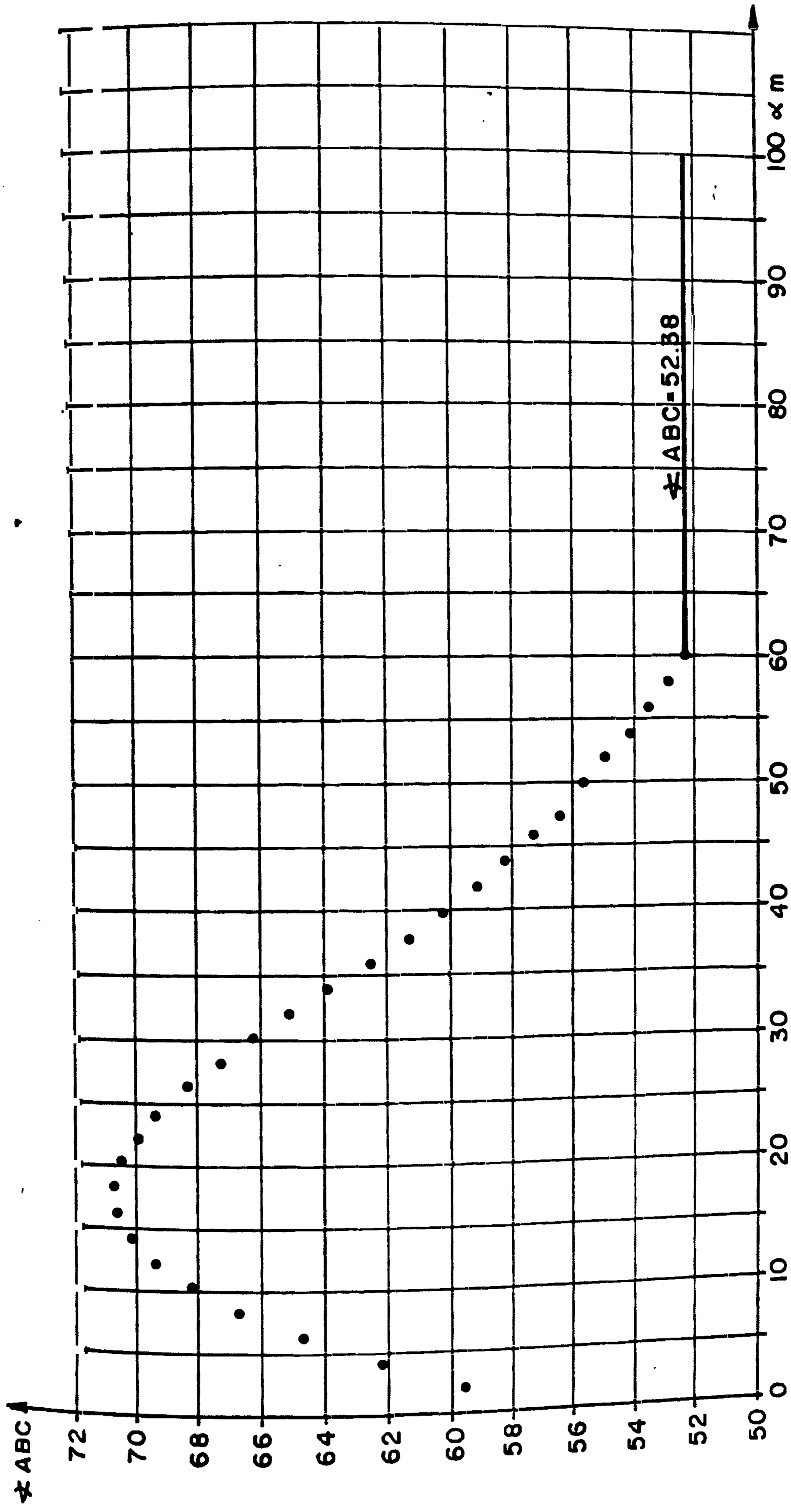
FECHA: OCTUBRE - 1985 ESCALA:

GRAFICO: N° 2.1.4





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
PROYECTO DE GRADO	
DIBUJADO POR: V. QUISPE P.	DETALLE DEL SISTEMA DE VOLTEO
FECHA: OCTUBRE-1985	ESCALA: 1:20
GRAFICO: N° 2.1.5	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

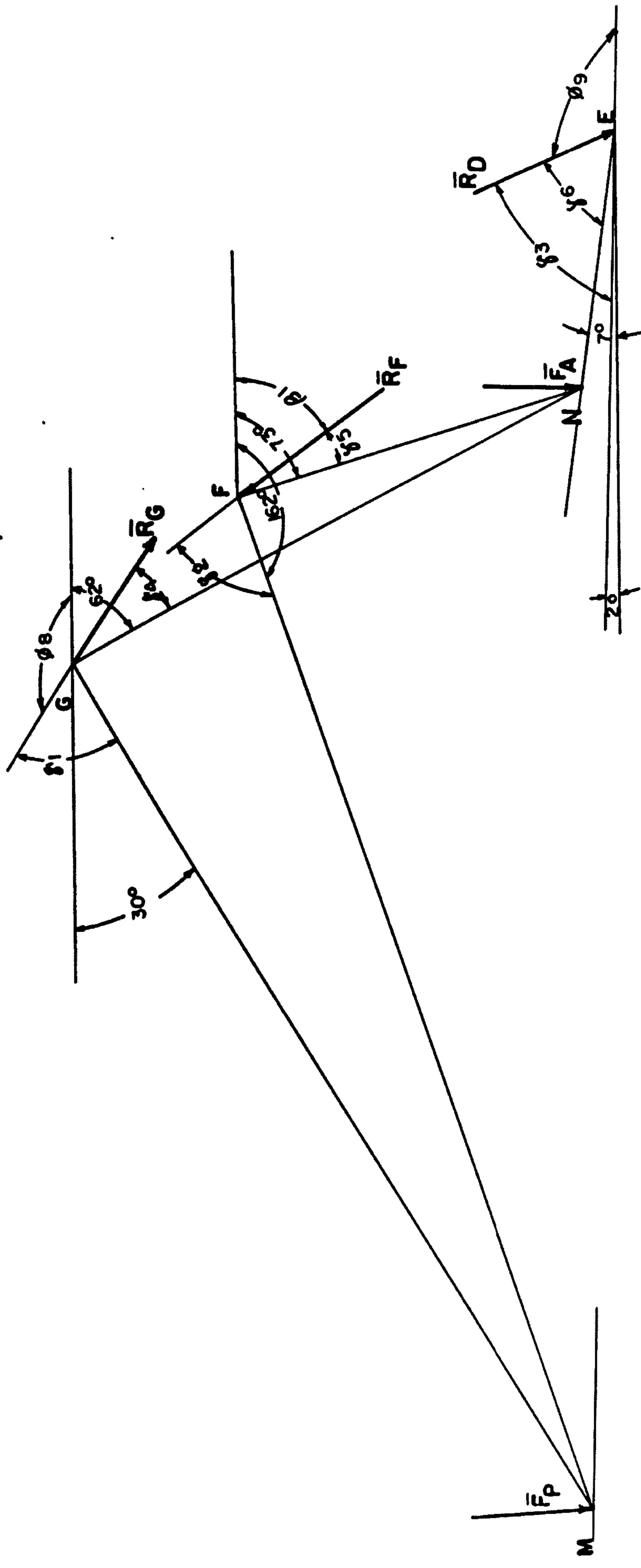
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

PROYECTO DE GRADO

DIBUJADO POR:  
V. QUISPE P. **VARIACION DEL  $\angle ABC$  VS  $\alpha m$**

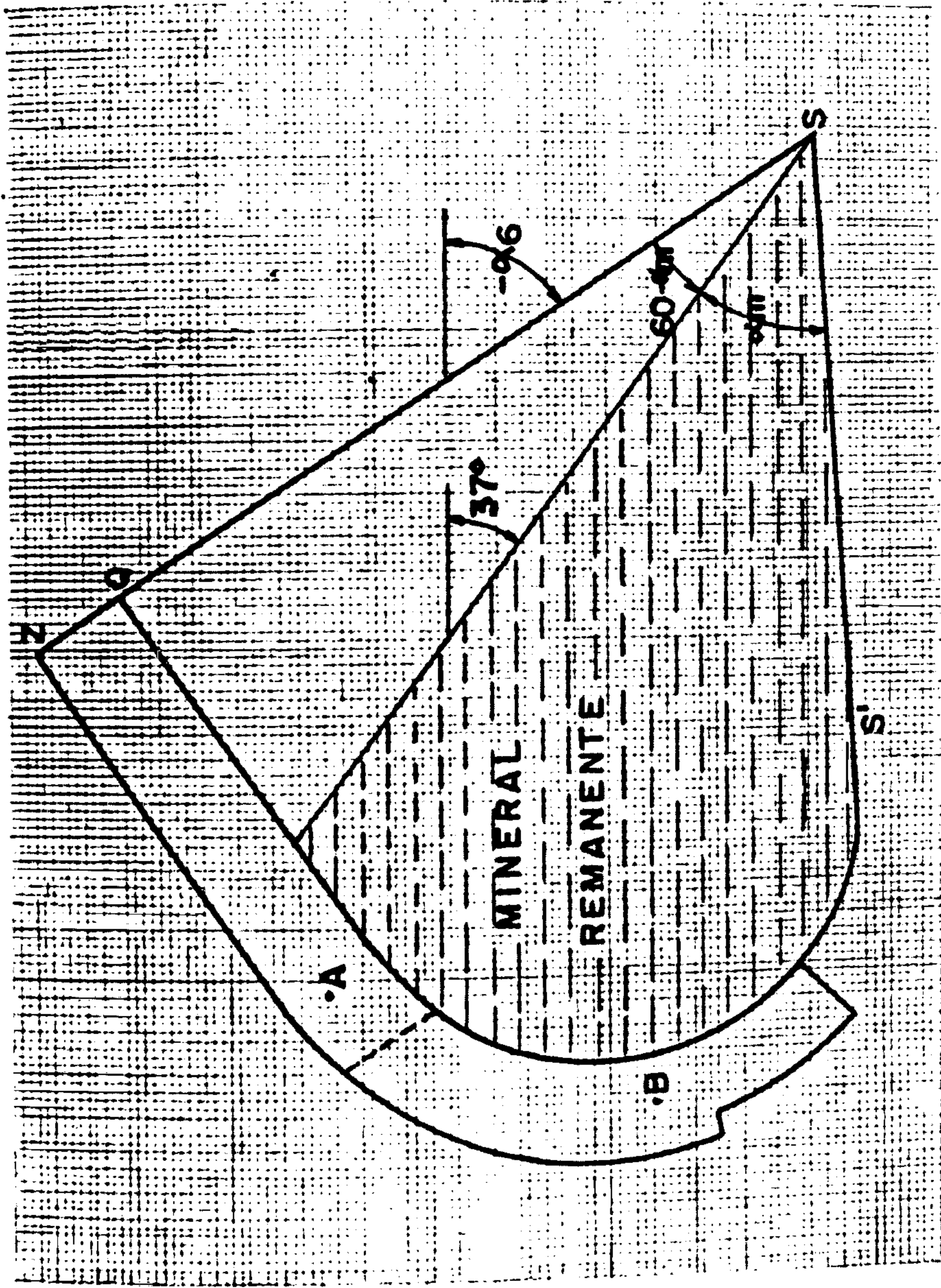
FECHA: OCTUBRE - 1985 ESCALA:

GRAFICO: N° 2.1.6

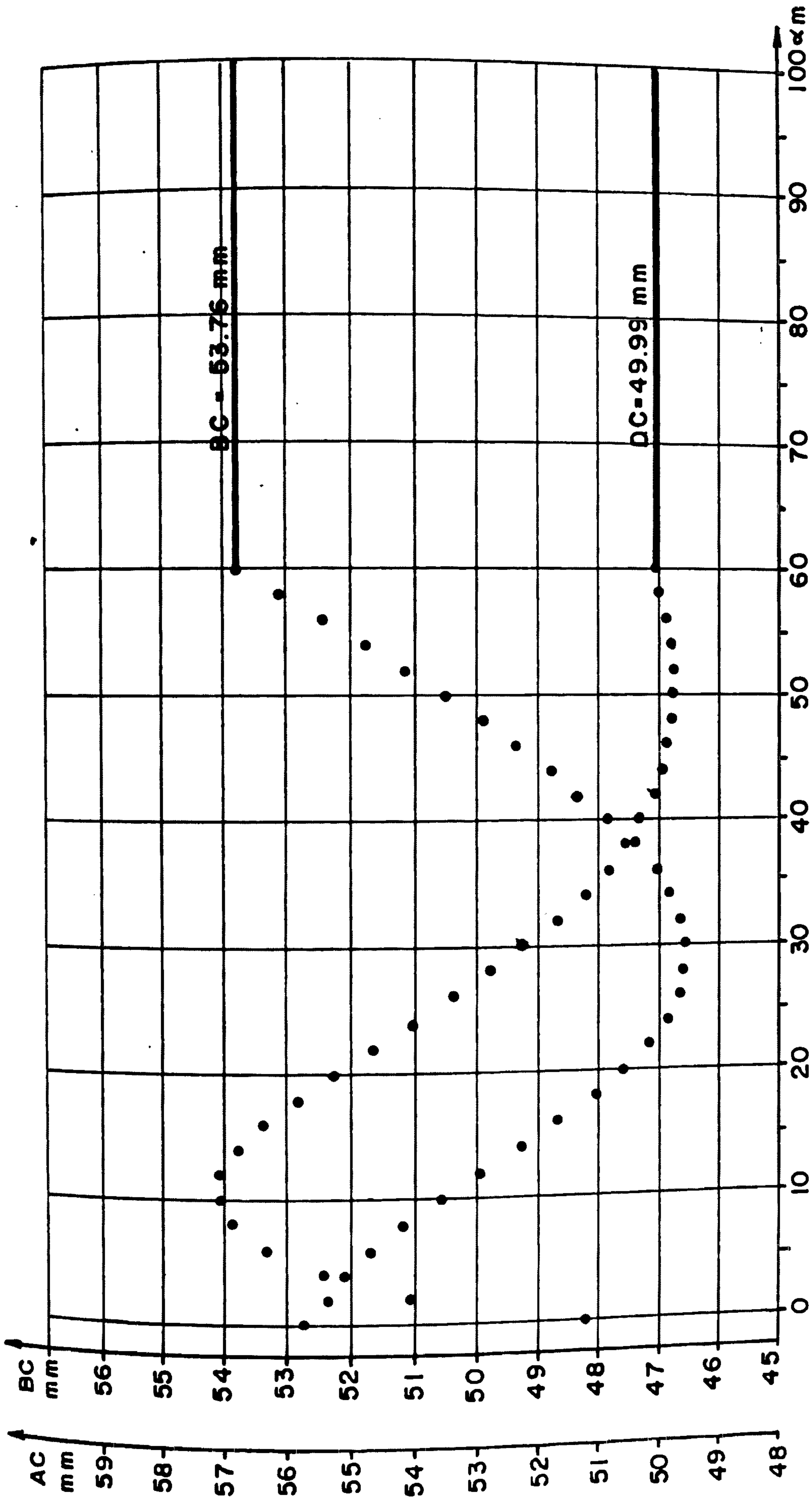


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
PROYECTO DE GRADO
DIBUJADO POR: V.QUISPE P.
DIAGRAMA DE FUERZAS SOBRE LA MAQUINA
FECHA: JUNIO 1985
ESCALA 1 = 10
GRAFICO N° 2.1.7





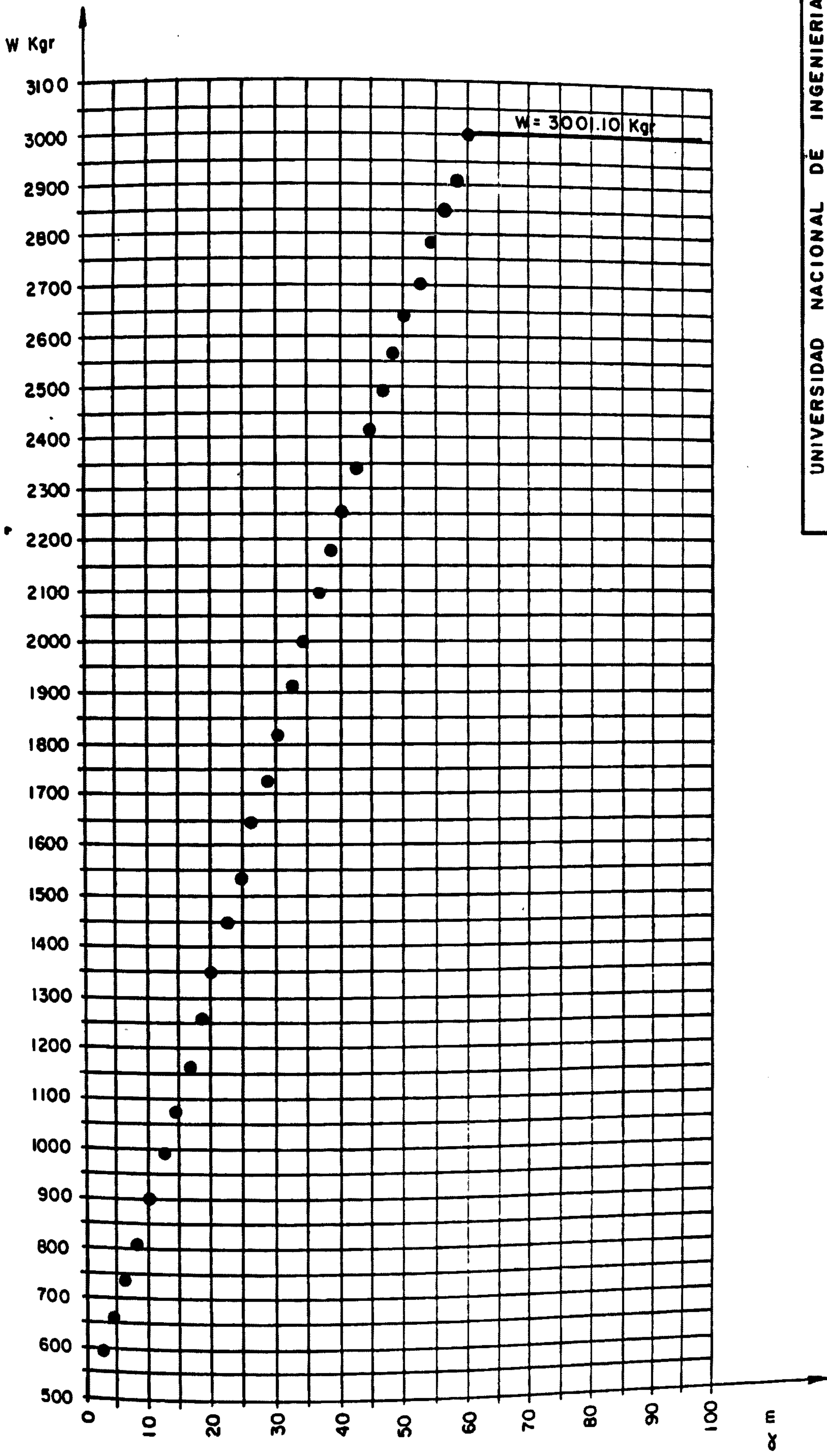
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
PROYECTO DE GRADO	
DIBUJADO POR: V. QUISPE P.	MINERAL REMANENTE DURANTE EL VOLTEO
FECHA: OCTUBRE-1988	ESCALA: 1=8
	GRAFICO: N° 2.2.2



BC = 53.75 mm

DC = 49.99 mm

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
PROYECTO DE GRADO	
DIBUJADO POR: V. QUISPE P.	VARIACION AC Y BC VS $\alpha$ m
FECHA: OCTUBRE - 1985	ESCALA: GRAFICO : N° 2.2.3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

PROYECTO DE GRADO

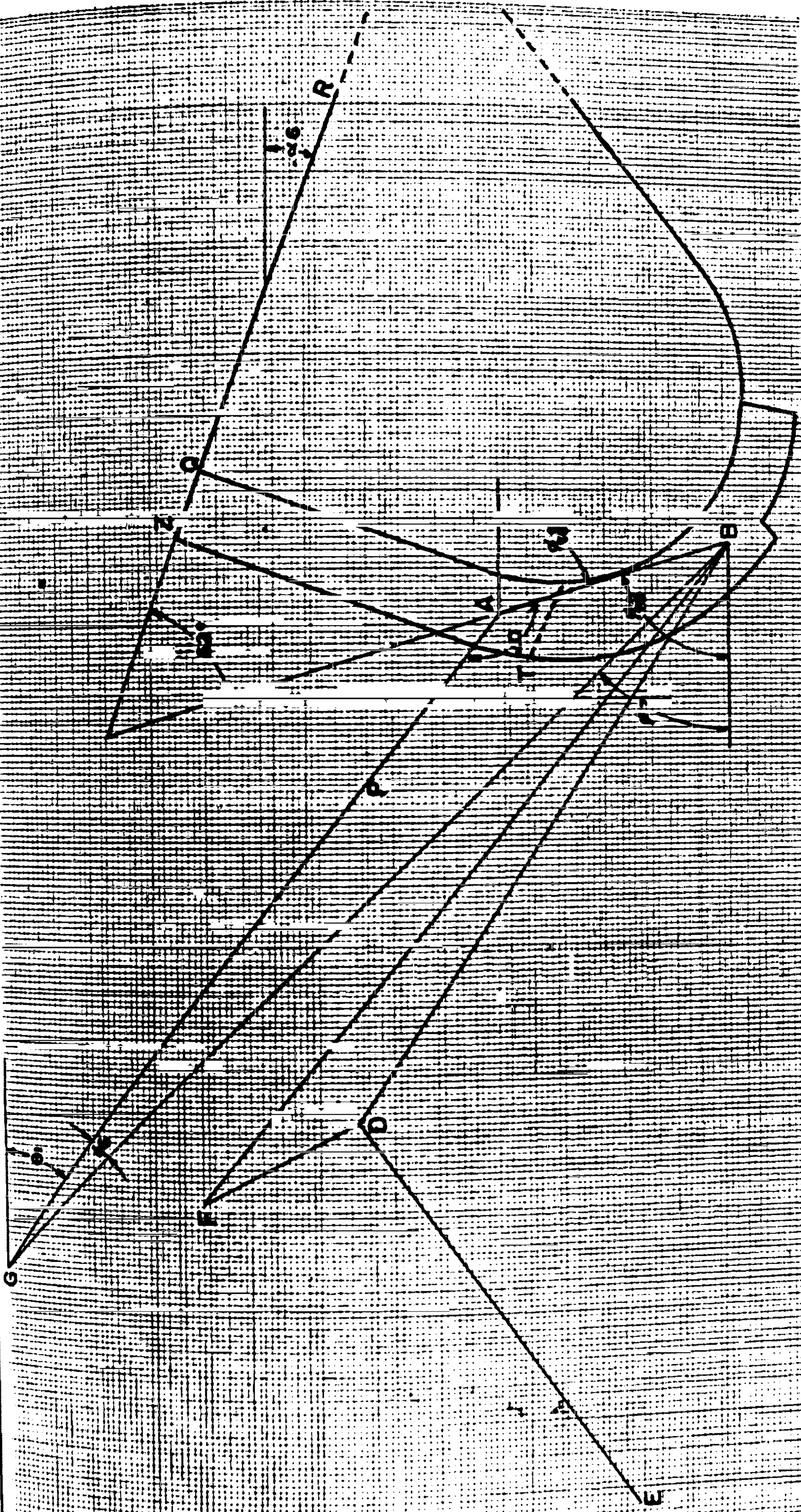
DIBUJADO POR:  
V. QUISPE P.

VARIACION W VS α m

FECHA: OCTUBRE - 1985

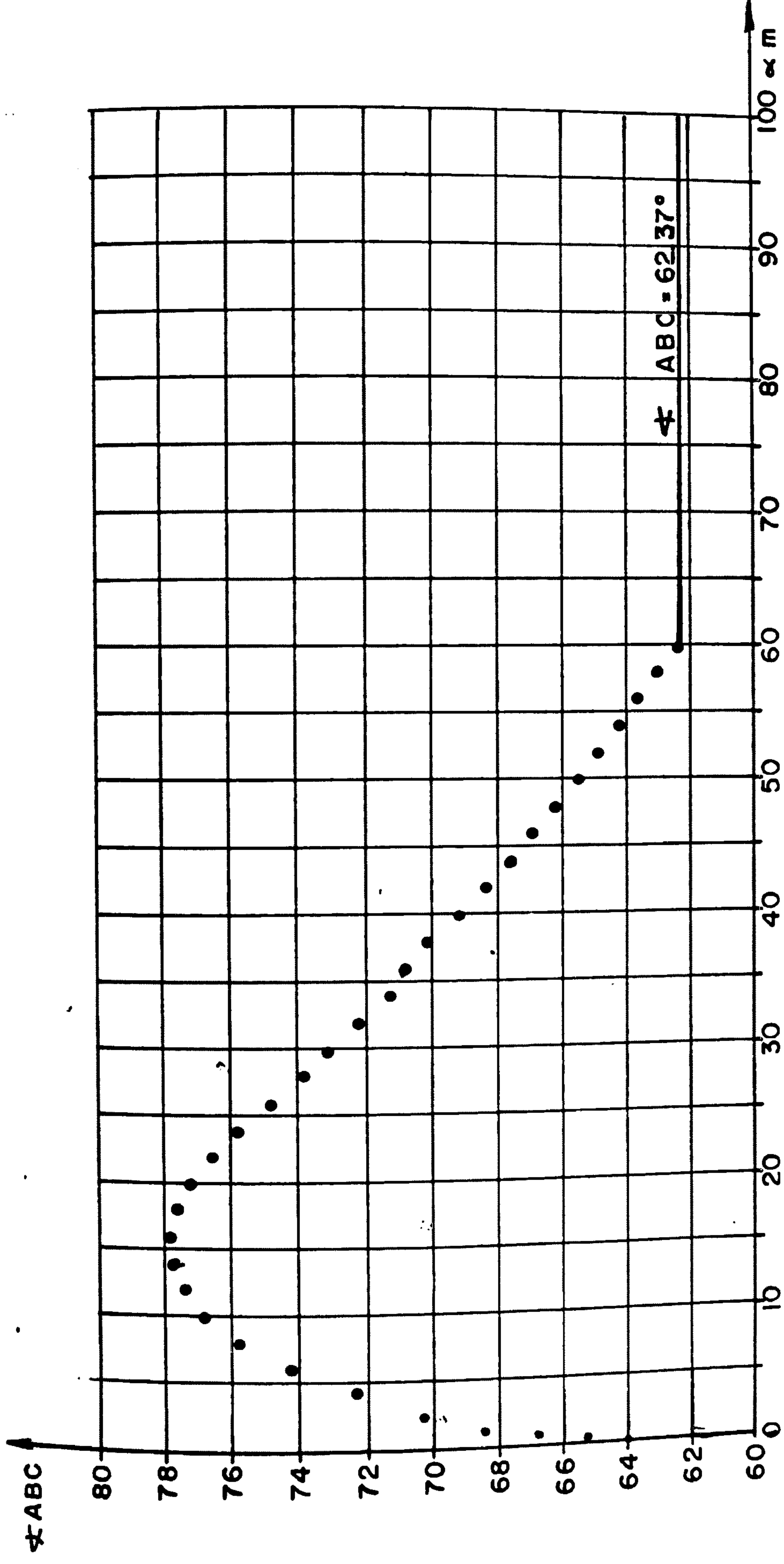
ESCALA:

GRAFICO: N° 2.2.4

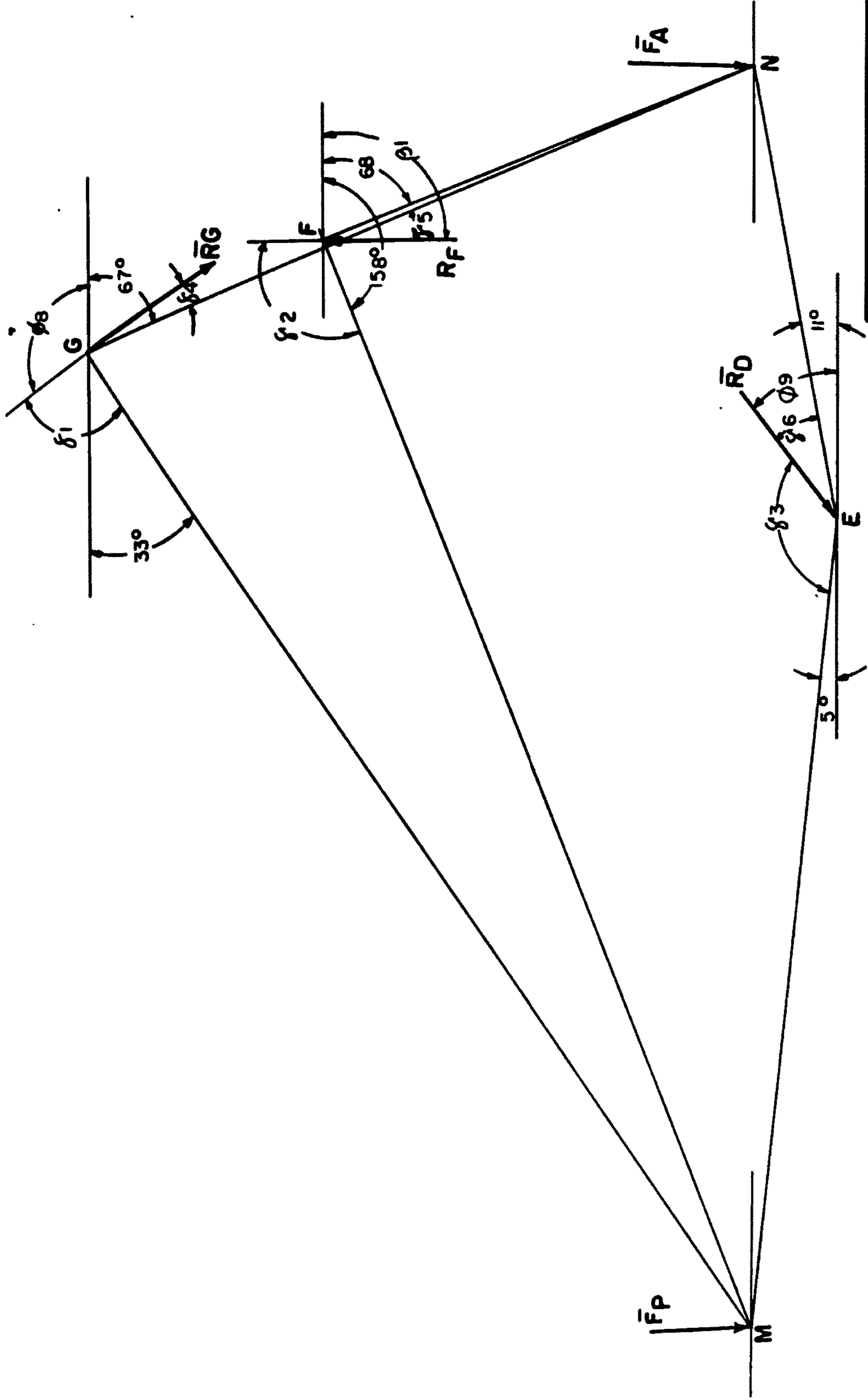


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
PROYECTO DE GRADO	
DIBUJADO POR: V. QUISPE P.	DETALLE DEL SISTEMA DE VOLTEO
FECHA: OCTUBRE-1985	ESCALA: 1=10
GRAFICO: N° 2.2.B	





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
PROYECTO DE GRADO	
DIBUJADO POR: V. QUISPE P.	VARIACION $\angle ABC$ VS $\alpha \text{ m}$
FECHA: OCTUBRE-1985	ESCALA
	GRAFICO: N° 2.2.6



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
PROYECTO DE GRADO	
DIBUJADO POR:	DIAGRAMA DE FUERZAS SOBRE LA MAQUINA
V.QUISPE P.	
FECHA: JUNIO 1985	ESCALA: 1 = 10
GRAFICO N° 2.2.7	

### C A P I T U L O   I I I

#### 3.- ANALISIS DE LAS FUERZAS Y ANGULOS CRITICOS DEL SISTEMA PROPUESTO

Conforme hemos podido apreciar en los dos capítulos anteriores el detalle de las secuencias de cálculo con valores representativos de ingreso y salida de datos para obtener con cierto grado de dificultad los cuadros precedentes pero el objetivo ha sido hasta este momento mostrar paso a paso cada una de estas secuencias. - Para tener la facilidad de proponer una alternativa de sistema es necesario poder manipular con mayor facilidad todas las secuencias de cada sistema (Jarvis Clark y Wagner) en forma general a fin de poder hacer las evaluaciones necesarias para poder sacar un esquema prototipo. Para estas secuencias debemos tener también presente que hay principalmente la secuencia de cálculos preliminares, ingreso de datos, cálculo para el sistema sin carga, - cálculo para el sistema con carga, análisis de fuerzas y ángulos con los cálculos de estabilidad respectivos.

Por tanto debemos contar con un algoritmo generalizado para ambos sistemas.

##### 3.1 Algoritmo generalizado para cálculo de sistemas de volteo

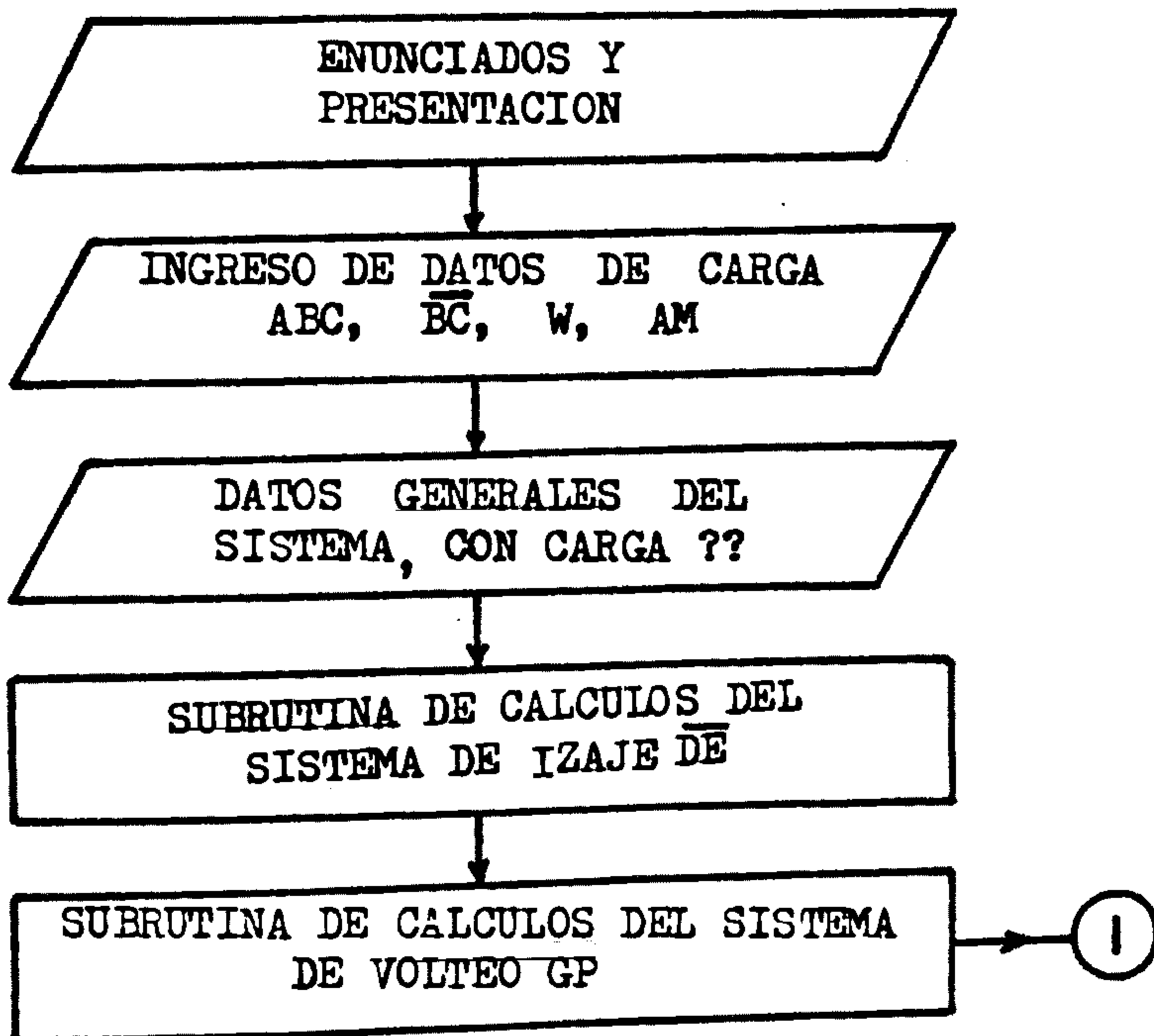
Debemos notar apreciando el gráfico 1.1.4 para el sistema

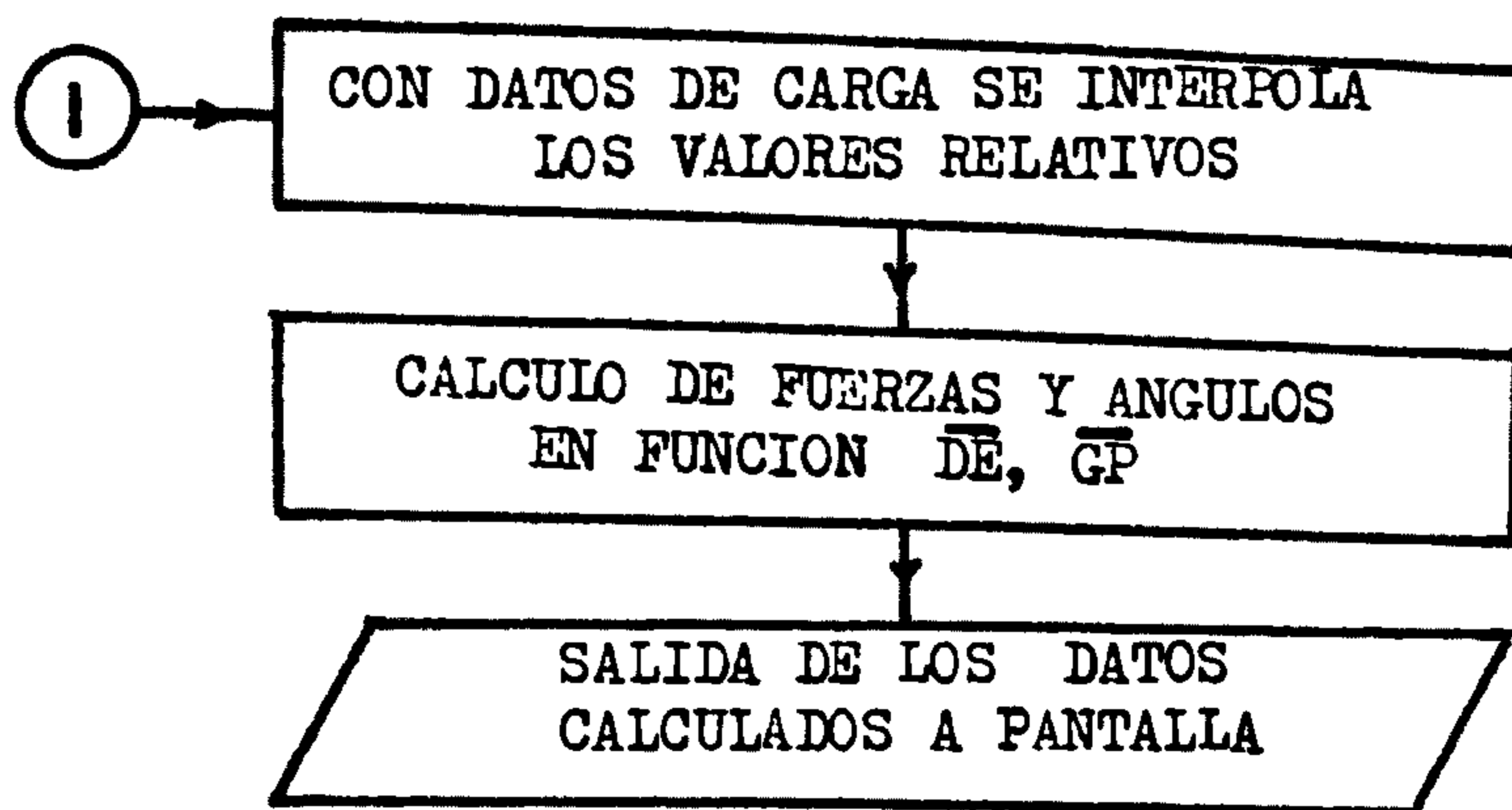
Jarvis Clark y el gráfico 1.2.4 para el Wagner podemos notar que la variación principal solamente es el segmento articulado PA en el sistema Wagner, que en caso de  $\bar{P}A = 0$  tenemos el Sistema Wagner "igual" al sistema Jarvis Clark en términos generales.

Por lo tanto siendo más completo el sistema Wagner lo utilizaremos con pequeñas adiciones como un sistema que tiende a ser general.

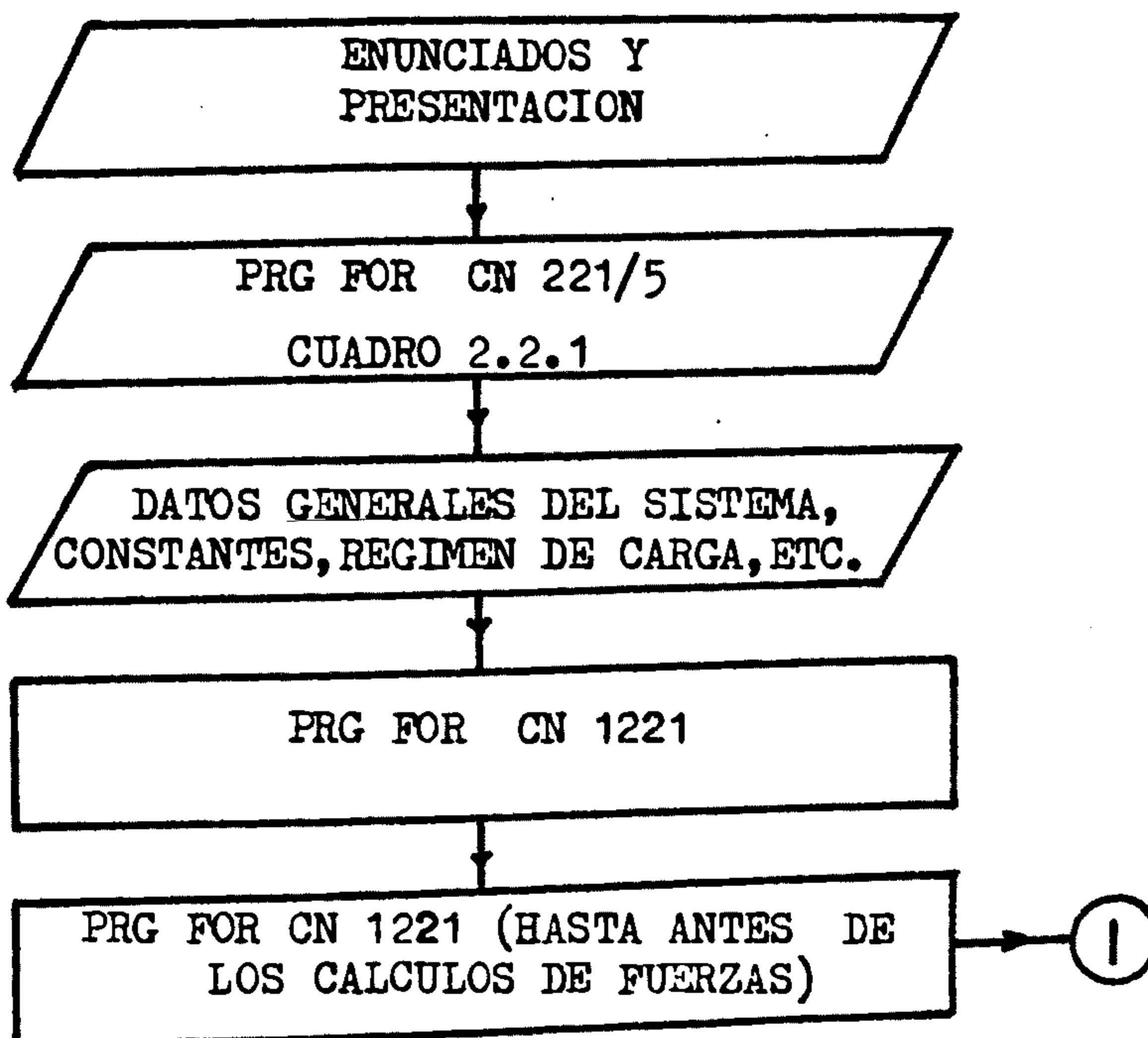
Para conseguir el algoritmo deseado es necesario hacer un conglomerado de todos los programas que han precedido en los capítulos anteriores depurándolos cuidadosamente.

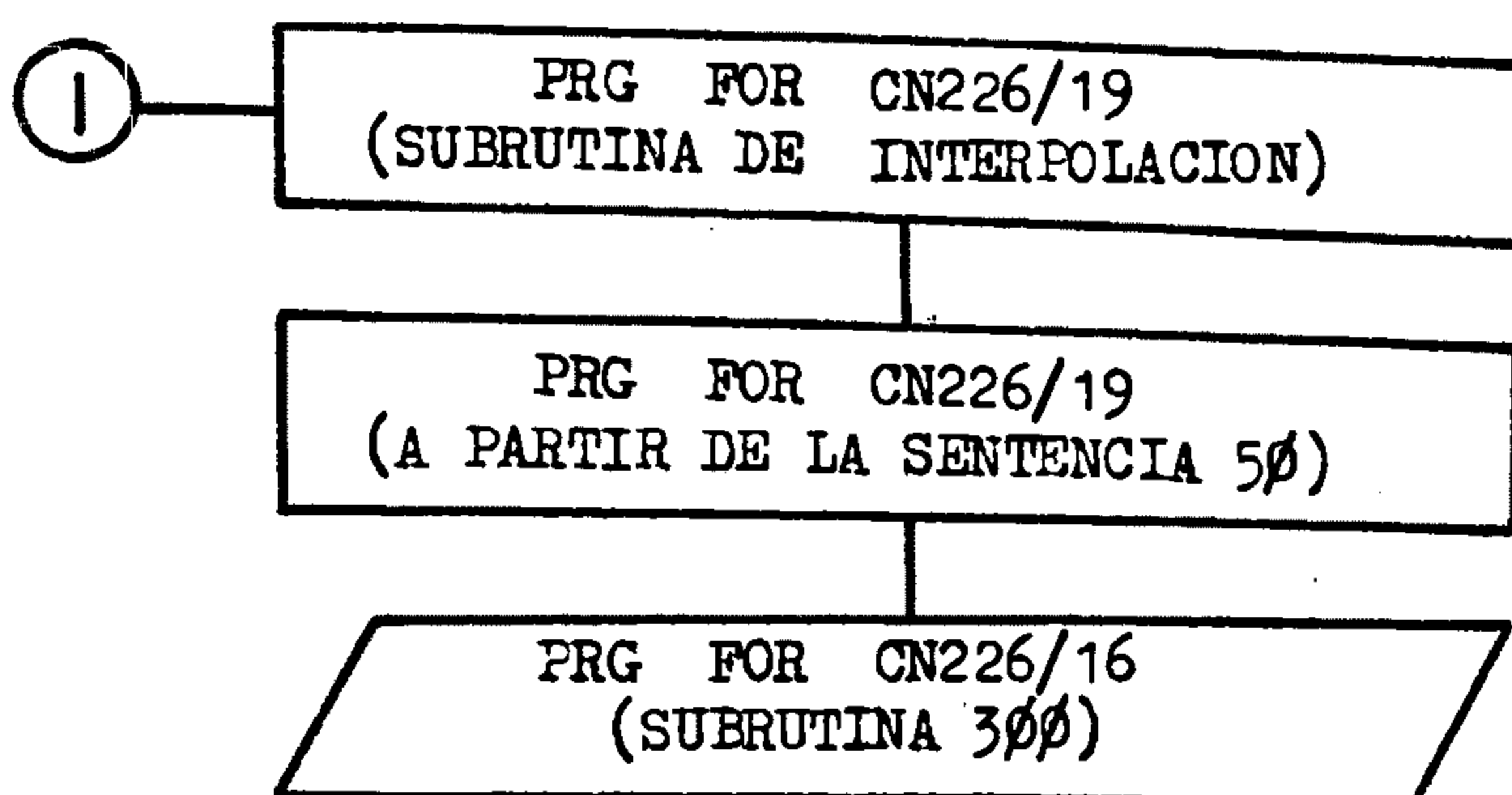
Para ello podemos bosquejar el diagrama de principio que mostramos:





En base al esquema mostrado podemos elaborar otro similar pero con los nombres de los programas de donde podemos sacar grupos de sentencias para armar el algoritmo generalizado. Cada uno de los componentes del diagrama son correlativos al anterior.





Con este diagrama de flujo nos remitimos a cada uno de los programas enunciados con lo que obtenemos a partir básicamente de los programas del sistema Wagner el programa "PRG FOR CALGRALI"

```

5 REM ENSAYO MODELO WAGNER
1Ø REM PRG FOR CALGRALI
2Ø REM DATOS DE CARGA Y CUCHARA
2ØØ REM DATOS CARGA Y CUCHARA
21Ø DIM AVW (3Ø), ALM (3Ø), V1 (3Ø), V2(3Ø), V3(3Ø)
22Ø DATA Ø,64,52.7,533.42
23Ø READ ALM(Ø), V1(Ø), V2(Ø), V3(Ø)
24Ø DATA 57.3Ø,533.42,75.58,61.19,25.6,46.6,51.4,14.7,4Ø.64
25Ø READ PI,WØ, XØ, YØ, AX, AY,EX,BY,BA
26Ø LET W6=WØ
27Ø DATA 9Ø.7,6Ø.5,99,47.9,96,64,95,46,1ØØ,66.7,91.9,45.2
28Ø DATA 1Ø3.5,69,88.6,44.9,1Ø6,7Ø.7,85.7,44.9,1Ø8.7,72.5,82.
8,45.2
29Ø DATA 11Ø.1,73.4,8Ø,46,1,112,74.7,77.3,46.9,113.2,75.5,74.
9,48.1
  
```

```

300 DATA 114,76,73.2,49.8,114.1,76.1,70.9,51.8,114,76,69.2,54
310 DATA 114,76,68,56.3,113.2,75.5,67,58.9,113.5,75,66,61
320 DATA 112.2,74.8,65,63.5,111,74,64.4,66.1,109,72.7,64.2,69
    .1
330 DATA 106.8,71.2,64.8,71.9,105.9,70.6,64.7,74.8,103.3,68.9
    ,65.2,77.5
340 DATA 102,68,65.1,80,101,67.3,65.1,82.5,100.3,66.9,65,85
350 DATA 100,66.7,64.9,87.1,100,66.7,64.7,89.8,99.5,66.3,65,9
    2
360 DATA 99,66,64.5,94.2,99,66,64,96.5,99,66,64.1,98.8
370 FOR N = 1 TO 30
380 READ RI, CIP,XIP,YIP
390 LET AEP = 0.0175*RI+2
400 LET ARP = 0.01*AEP
410 LET VP = 12.192*ARP
420 LET WIP = 3.44*VP
430 LET W1XP = WIP*XIP
440 LET W2YP = WIP*YIP
450 LET W3 = W3+WIP
460 LET W4X = W4X+W1XP
470 LET W5Y = W5Y+W2YP
480 LET X1 = W4X/W3
490 LET Y1 = W5Y/W3
500 LET AM = 2*N
510 LET ALM (N) = AM
520 LET W6 = W0 + W3
530 V3(N) = (INT(W6*100))/100

```

```

540 LET W7X = W0 * X0 + W4X
550 LET W8Y = W0 * Y0 + W5Y
560 LET X2 = W7X/W6
570 LET Y2 = W8Y/W6
580 LET AC = SQR ((X2-AX)2+(Y2-AY)2)
590 LET BC = SQR ((X2-BX)2+(Y2-BY)2)
600 V2(N) = (INT(BC*100))/100
610 LET AZBC = (BA2+BC2-AC2)/(2*BA*BC)
620 LET ABC = (ATN (SQR((1-AZBC2)/AZBC2))) * PI
630 V1(N) = (INT(ABC*100))/100
640 NEXT N

1040 REM DATOS GENERALES DEL SISTEMA
1050 READ F4, B2, FD, FE, GF, FB, DFB, A5, AO, BO, OAH
1060 DATA 55,162,28.89,87.63,38.1,137.16,22,125,39,39,6.6
1070 READ BP, PBA, PA
1080 DATA 39.03,37.11,25.4
1090 REM CRG = 1 SISTEMA CON CARGA
1100 REM CRG = 0 SISTEMA SIN CARGA
1110 INPUT "CRG"; CRG
1120 REM INGRESO DATO PISTON LEVANTE
1130 INPUT "DE"; DE
1140 GOSUB 4000
1150 REM INGRESO DATO PISTON VOLTEO
1160 GOSUB 5000
1170 IF CRG > 0 THEN 1200
1180 LET AM = 0
1190 GO TO 1240

```



```

1200 LET RX = (BA↑2+AO↑2-BO↑2)/(2*BA*AO)
1210 LET R0 = (ATN(SQR((1-RX↑2)/RX↑2)))*PI
1214 IFRX > 0 THEN 1220
1218 LET R0 = - (R0-180)
1220 LET R1 = R0 - OAH
1230 LET AM = 97+T1-A2+R1
1240 REM SECUENCIA SUBROUTINAS INTERPOL
1250 GOSUB 6000
1260 GOSUB 6200
1270 GOSUB 6400
1400 LET A1 = A3-A2-ABC
1410 IF T2 = 0.00 THEN 1680
1420 LET A3 = 90 +T1+T2
1430 LET A1 = A3-A2-ABC : LET T5 = 90+A1
1630 LET RG = ((BC*COS(T5/PI))/(GB*SIN ((T2+F6)/PI)))*W
1640 LET FB = T1+180+T2
1650 LET RB = SQR (RG↑2+W↑2-2*RG*W*COS(A3/PI))
1660 GOTO 1710
1680 LET RG = ((-BC*SIN (A1/PI))/(BA*SIN (A2/PI)))*W
1690 LET FB = T1+180
1700 LET RB = SQR (RG↑2+W↑2-2*RG*W*COS (A3/PI))
1710 LET AX4= (RG*SIN(A3/PI))/W-RG*COS(A3/PI))
1720 LET AP4 = (ATN(AX4))*PI
1730 LET A4= 90-AP4
1740 IF AX4 > 0 THEN 1770
1750 LET AP4 = -(AP4-180)
1760 LET A4 = AP4 - 270

```

```

177Ø LET L2 = 9Ø-L1
178Ø LET L3 = L2+A4
179Ø LET LX4 = (FE↑2+DE↑2-FD↑2)/(2*FE*DE)
18ØØ LET L4 = (ATN(SQR((1-LX4↑2)/LX4↑2)))*PI
181Ø LET RD = ((FB*SIN (L3/PI))/(FE*SIN (L4/PI)))*RB
182Ø LET L6 = A5+L4
183Ø LET F9 = 18Ø - L6
184Ø LET L5 = A4+L6
185Ø LET RF = SQR(RB↑2+RD↑2+2*RB*RD * COS(L5/PI))
186Ø LET C = -RB*COS (A4/PI)-RD*COS(L6/PI)
187Ø LET D = RD*SIN (L6/PI)-RB*SIN (A4/PI)
188Ø LET BR1 = (ATN(C/D))*PI
189Ø LET B1 = -(BR1+9Ø)
2ØØØ M(1) = RG
2Ø1Ø M(2) = F8
2Ø2Ø M(3) = RB
2Ø3Ø M(4) = A4
2Ø4Ø M(5) = RD
2Ø5Ø M(6) = F9
2Ø6Ø M(7) = RF
2Ø7Ø M(8) = B1
2Ø8Ø FOR I = 1 TO 8
2Ø9Ø M(I) = (INT(M(I)*1ØØ))/1ØØ
21ØØ PRINT M(I)
211Ø NEXT I
213Ø IF GP < 157.48 THEN 115Ø
214Ø IF DE < 112.24 THEN 112Ø

```

2150 END

4000 REM SUBROUTINA CALCULOS IZAJE DE

4100 LET FX1 = (FD↑2+FE↑2-DE↑2)/(2\*FD\*FE)

4110 LET F1 = (ATN(SQR((1-FX1↑2)/FX1↑2)))\*PI

4120 IF FX1 > 0 THEN 4140

4130 LET F1 = - (F1-180)

4140 LET F2 = F1+DFB

4150 LET L2 = 180 - F4-F2

4160 LET L1=90 L2

4170 LET B3 = 360-(B2+L1)

4180 LET GB = SQR(GF↑2+FB↑2-2\*GF\*FB\*COB(B3/PI))

4190 LET FY5 = (GB↑2+FB↑2-GF↑2)/(2\*GB\*FB)

4200 LET F5 = (ATN(SQR((1-FY5↑2)/FY5↑2)))\*PI

4210 IF FY5 > 0 THEN 4230

4220 LET F5 = -(F5-180)

4230 LET F7 = -F5 - L2

4240 RETURN

5000 REM SUBROUTINA CALCULOS GENERALES DEL SISTEMA

5010 INPUT "GP"; GP

5014 LET PP = GP

5018 LET GP = INT (GP)+1

5020 FOR J = 1 TO 2

5030 IF J = 1 THEN 5055

5040 PRINT "TODOS DEFINIDOS"

5050 LET GP = PP

5055 IF BP = 0 THEN 5260

5060 LET BX = (GB↑2+BP↑2-GP↑2)/(2\*GB\*BP)

```

5070 IF ABS(BX) > 1 THEN 5260
5080 LET B4 = (ATN(SQR((1-BX^2)/BX^2)))*PI
5090 IF BX > 0 THEN 5110
5100 LET B4 = -(B4-180)
5110 LET B5 = B4+PBA
5120 LET GAP = SQR(GB^2+BA^2-2*GB*BA*COS (B5/PI))
5125 IF PA = 0 THEN 5350
5130 LET TX3 = (GP^2+PA^2-GAP^2)/(2*GP*PA)
5132 IF ABS (TX3) < 1 OR ABS (TX3) = 1 THEN 5140
5134 LET TX3 = -TX3
5136 LET TX3 = -INT(TX3)
5140 LET TP3 = (ATN(SQR((1-TX3^2)/TX3^2)))*PI
5150 IF TX3 > 0 THEN 5170
5160 LET TP3 = -(TP3-180)
5170 IF J = 2 THEN 5200
5180 LET J2 = TP3
5190 NEXT J
5200 LET J1 = TP3
5210 NEXT J
5220 IF J2 < J1 OR J2 = J1 THEN 5350
5230 LET C80 = INT (J2)+1
5240 IF C80 = 180 THEN 5350
5250 GO TO 5320
5260 PRINT "HAY NO DEFINIDOS"
5270 LET GP = PP
5280 LET B4 = 0
5290 LET B5 = 0

```

```

5300 LET GAP = 0
5310 LET TP3 = 0
5320 LET T3 = 180
5330 LET AG = GP + PA
5340 GO TO 5370
5350 LET T3 = TP3
5360 LET AG = GAP
5370 LET FX = (AG^2+GB^2-BA^2)/(2*AG*GB)
5380 LET F6 = (ATN(SQR((1-FX^2)/FX^2)))*PI
5390 IF FX > 0 THEN 5404
5400 LET F6 = -(F6-180)
5404 IF B5 < 180 THEN 5410
5408 LET F6 = -F6
5410 LET T1 = F6+F7
5420 LET A3 = 90+T1
5430 LET AX0 = (AG^2+BA^2-GB^2)/(2*AG*BA)
5440 LET A0 = (ATN(SQR((1-AX0^2)/AX0^2)))*PI
5450 IF AX0 > 0 THEN 5464
5460 LET A0 = -(A0-180)
5464 IF B5 < 180 THEN 5470
5468 LET A0 = -A0
5470 LET A2 = 180 -A0
5480 IF T3 = 180 THEN 5540
5490 LET TY2 = (AG^2+GP^2-PA^2)/(2*AG*GP)
5500 LET T2 = (ATN(SQR((1-TY2^2)/TY2^2)))*PI
5510 IF TY2 > 0 THEN 5590
5520 LET T2 = - (T2-180)

```

```
553Ø GO TO 559Ø
554Ø LET T2 = Ø.ØØ
556Ø IF T3 < 18Ø THEN 559Ø
557Ø LET T4 = Ø
558Ø LET T5 = Ø
559Ø RETURN

6ØØØ REM SUBROUTINA ABC DATOS INTERPOL
6Ø1Ø LET AVW(Ø) = V1(Ø)
6Ø2Ø FOR I = 1 TO 3Ø
6Ø3Ø AVW (I) = V1(I)
6Ø4Ø NEXT I
6Ø5Ø GOSUB 66ØØ
6Ø6Ø LET ABC = MØ
6Ø7Ø RETURN

62ØØ REM SUBROUTINA BC DATOS INTERPOL
621Ø LET AVW(Ø) = V2(Ø)
622Ø FOR I = 1 TO 3Ø
623Ø LET AVW(I) = V2(I)
624Ø NEXT I
625Ø GOSUB 66ØØ
626Ø LET BC = MØ
627Ø RETURN

64ØØ REM SUBROUTINA W DATOS INTERPOL
641Ø LET AVW(Ø) = V3(Ø)
642Ø FOR I = 1 TO 3Ø
643Ø LET AVW(I) = V3(I)
644Ø NEXT I
```

```

645Ø GOSUB 66ØØ
646Ø LET W = MØ
647Ø RETURN
66ØØ REM SUBROUTINA INTERROGACION
661Ø IF AM = Ø OR AM < Ø THEN 674Ø
662Ø IF AM = 6Ø OR AM > 6Ø THEN 676Ø
663Ø LET J = Ø
664Ø IF AM < ALM (J) THEN 667Ø
665Ø LET J = J+1
666Ø GO TO 664Ø
667Ø LET I = J-1
668Ø LET V = AVW(J) - AVW(I)
669Ø IF V > Ø THEN 672Ø
67ØØ LET MØ = AVW(I) + ((AM - ALM(I)) * V) / (ALM(J) - ALM(I))
671Ø GO TO 677Ø
672Ø LET MØ = (V * (AM - ALM(I))) / (ALM(J) - ALM(I)) + AVW(I)
673Ø GO TO 677Ø
674Ø LET MØ = AVW(Ø)
675Ø GO TO 677Ø
676Ø LET MØ = AVW(3Ø)
677Ø RETURN

```

Describiremos con un poco de detalle las sentencias del programa "PRG FOR CALGRALI" para explicar algunos criterios que se han tenido en cuenta.

Sentencias 5 al 2Ø son meros enunciados.

Sentencias del 2ØØ al 26Ø los datos de ingreso y similares a

las de 2 al 20 del PRG FOR CN221/5

Sentencias de 270 a 360 los datos de RI, CIP, XIP, YIP tomados del cuadro 2.2.1 y son  $r_i, c_i', X_i', Y_i'$ .

Sentencias 370 a 640 secuencia de cálculos para definir variables suscritas V1, V2 y V3 que servirán para interpolación en función de  $\alpha_m$  (AM) del PRG FOR CN221/5.

Sentencia 1040 a 1080 ingreso de los datos constantes que identifican el sistema.

Cabe notar que  $\alpha_m$  va a estar influido por la variación de  $\overline{BA}$  debido a que de las relaciones de la pág. 337 y los gráficos 2.2.5, 3.1.1 podemos escribir:

$$\phi_{10} = \rho_1 - \alpha_6 \text{ en lugar de } \phi_{10} = 52 - \alpha_6$$

$$\text{Entonces: } \phi_{10} = \rho_1 - (\alpha_m - 97) = -\theta_1 + \alpha_2$$

$$\text{De donde } \alpha_m = 97 + \theta_1 - \alpha_2 + \rho_1$$

El valor del  $\rho_1$  será obtenido con ayuda del gráfico 3.1.1 donde:

$$\overline{AO} = 39\text{mm}, \overline{BO} = 39\text{ mm y } \angle LAH = 6.6^\circ$$

$$\text{También: } \overline{BO}^2 = \overline{BA}^2 + \overline{AO}^2 - 2(\overline{BA})(\overline{AO}) \cos \rho_0$$

$$\rho_1 = \text{Arc cos } \frac{\overline{BA}^2 + \overline{AO}^2 - \overline{BO}^2}{2(\overline{BA})(\overline{AO})} \quad \rho_1 = \rho_0 - \angle OAH$$

Entonces en las sentencias 1050 y 1060 agregamos los datos AL, BL, LAH

De las sentencias 1200 a 1230 obtenemos  $m$  como función de  $\theta_1, \alpha_2, \rho_1$  cuando el sistema está con carga.

Sentencia 1080 a 1110 definición si el sistema está con carga o sin carga.

Sentencia 1120 a 1140 ingreso de los valores de  $\overline{DE}$  y la subru



tina 5000 constituida por las sentencias de 20 a 530 básicamente.

Cabe resaltar aquí las sentencias 5055 y 5125 que son incluidas para evitar división por cero al ser  $\overline{BP}$  y  $\overline{PA}$  cero.

También podemos resaltar que las sentencias de ingreso de  $\overline{GP}$  están definidas por las sentencias 5010 ingreso  $\overline{GP}$ , 5014 mantiene el valor original de  $\overline{GP}$ , 5018 hace que  $\overline{GP}$  tome el valor entero inmediato superior que chequea si el segmento  $\overline{PA}$  entró en operación o no y se identifica con "Todos definidos" ó "Hay no definidos".

Las sentencias 5050 y 5270 hacen que  $\overline{GP}$  tome el valor original ingresado.

También apreciamos que se han incrementado las sentencias 5404 con 5408 y 5464 con 5468 para tener en cuenta que si  $\beta_5 > 180^\circ$  entonces  $\phi_6$  y  $\alpha_0$  tendrán valores negativos como podemos apreciar en los gráficos 1.2.7 y 1.2.6 respectivamente.

La sentencia 6610 incluye la posibilidad de que  $AM < 0$

La sentencia 1170 hace pasar a definir AM si el sistema está con carga, de lo contrario  $AM = 0$  entonces la carga sólo es el peso de la cuchara sin carga.

Las sentencias del 1240, a 1270 son las subrutinas de interpolación para que en función de AM ( $\alpha_m$ ) encontremos  $W$ ,  $X_{ABC}$  y  $\overline{BC}$ . Las subrutinas 6000, 6200, 6400 y 6600 son las definidas por las respectivas del PRG FOR CN226/19 en las subrutinas 500, 600, 700 y 800, excepto los datos de entrada DATA que ya ingresaron al definirse V1, V2 y V3.

A partir de la sentencia 14~~00~~ apreciamos las mismas sentencias del PRG FOR CN226/19 a partir de la sentencia 5~~0~~

Si fuera necesario ver diagramas de flujo de estas secuencias del algoritmo es posible apreciar de los diagramas de flujo correspondiente a cada programa que se ha hecho referencia.

Este programa general nos permite encontrar los valores de todas las fuerzas  $R_G$ ,  $R_B$ ,  $R_D$ ,  $R_F$  con sus respectivos ángulos con sólo dar los datos siguientes:

$\overline{DE}$  posición del pistón de levante

$\overline{GP}$  posición del pistón de volteo

CRG 1 ó  $\emptyset$  para definir si el sistema está con carga o sin carga respectivamente.

Haremos los cálculos de los cuadros del 3.1.1 al 3.1.6 para probar nuestro programa "PRG FOR CALGRALI" para el sistema con carga. Para esto tenemos que CRG = 1 y

Si  $\overline{DE} \in [78.10, 112.24]$  con intervalo 6.828, tendremos los valores de  $\overline{DE} = 78.10, 84.93, 91.76, 98.58, 105.41, 112.24$  mm

Para cada valor de DE tendremos:

$\overline{GP} \in [105.73, 157.48]$  con intervalo 10,350 tenemos los valores de  $\overline{GP} = 105.73, 116.08, 126.43, 136.78, 147.13, 157.48$  mm.

De la misma manera el programa generalizado podemos adecuarlo para los cálculos del sistema de volteo Jarvis Clark y conseguir el "PRG CALGRALI "

Este programa lo conseguiremos de la siguiente forma. Algoritmo total del "PRG FOR CALGRALI" completado por las sentencias siguientes:

CUADRO 3.1.1

PARA  $\bar{DE} = 78.10 \text{ mm}$

$\bar{GP}$ mm	$R_G$ KGR	$\rho_8$ o	$R_B$ KGR	$\alpha_4$ o	$R_D$ KGR	$\rho_9$ o	$R_F$ KGR	$\beta_1$ o
105.73	9253.27	134.89	7435.36	-28.55	8002.49	36.02	8261.07	-89.59
116.08	4508.03	142.30	3575.20	3.91	12249.41	36.02	9415.44	-132.33
126.43	3172.34	144.78	2670.16	13.92	10579.13	36.02	8167.35	-136.91
136.78	2082.84	145.70	1847.15	21.32	7907.57	36.02	6138.93	-189.59
147.13	1202.18	145.60	1099.80	25.57	4874.76	36.02	3798.48	-40.96
157.48	632.62	144.88	550.21	19.86	2386.00	36.02	1801.94	-139.10

CUADRO 3.1.2

PARA  $\overline{DE} = 84.93$  mm

$\overline{GP}$ mm	$R_G$ KGR	$\rho_8$ o	$R_B$ KGR	$\alpha_4$ o	$R_D$ KGR	$\rho_9$ o	$R_F$ KGR	$\beta_1$ o
105.73	4127.08	150.63	3726.90	15.19	12116.39	35.80	8727.72	-135.54
116.08	3845.57	154.89	3741.65	21.45	13512.70	35.80	9931.36	-138.83
126.43	3253.56	156.62	3276.58	24.28	12320.12	35.80	9133.19	-140.08
136.78	2379.57	157.07	2469.16	27.42	9665.10	35.80	7231.37	-141.34
147.13	1504.42	156.58	1584.88	29.42	6349.49	35.80	4777.74	-142.07
157.48	757.65	156.42	799.81	29.74	3216.00	35.80	2422.14	-142.19

CUADRO 3.1.3

PARA  $\bar{D}\bar{E} = 91.76$  mm

$\bar{C}\bar{P}$ mm	$R_G$ KGR	$\phi_8$ o	$R_B$ KGR	$\alpha_4$ o	$R_D$ KGR	$\phi_9$ o	$R_F$ KGR	$\beta_1$ o
105.73	3078.36	165.39	3717.60	36.74	14324.12	36.65	10606.51	-143.38
116.08	3399.59	167.99	4039.67	34.59	15077.76	36.65	11041.68	-142.59
126.43	3287.29	168.94	3860.99	33.31	14124.63	36.65	10272.68	-142.09
136.78	2604.57	168.80	3064.79	33.52	11248.26	36.65	8189.80	-142.17
147.13	1728.05	168.06	2044.20	34.19	7583.01	36.65	5541.40	-142.44
157.48	878.44	168.40	1068.21	36.33	4091.62	36.65	3023.43	-143.23

CUADRO 2.1.4

PARA  $\overline{DE} = 98.58 \text{ mm}$

$\overline{GP}$ mm	$R_G$ KGR	$\rho_8$ o	$R_B$ KGR	$\alpha_4$ o	$R_D$ KGR	$\rho_9$ o	$R_F$ KGR	$\beta_1$ o
105.73	2585.33	160.91	3992.18	49.64	16538.16	38.46	12645.23	-145.04
116.08	3138.30	182.22	4425.61	44.87	16940.85	38.46	12552.53	-143.79
126.43	3362.64	182.30	4477.07	41.36	16023.22	38.46	11554.04	-142.66
136.78	2839.47	181.41	3674.68	39.41	12622.77	38.46	8948.83	-141.93
147.13	1796.23	181.78	2424.64	42.22	8828.63	38.46	6411.15	-142.96
157.48	984.33	181.33	1326.43	42.10	4818.20	38.46	3491.44	-142.91

CUADRO 3.1.5

PARA  $\overline{DE} = 105.41$  mm

$\overline{GP}$ mm	$R_G$ KGR	$\rho_8$ o	$R_B$ KGR	$\alpha_4$ o	$R_D$ KGR	$\rho_9$ o	$R_F$ KGR	$\beta_1$ o
105.73	2331.90	198.76	4352.66	59.51	10245/02	41.39	15169.28	-143.72
116.08	3072.56	198.80	4938.47	53.91	19334.71	41.39	14552.72	-142.82
126.43	3605.13	197.79	5235.41	49.02	18024.58	41.39	12854.64	-141.70
136.78	2786.88	198.25	4116.49	49.98	14562.26	41.39	10509.77	-141.96
147.13	1907.56	197.73	2835.60	50.14	10076.22	41.39	7286.29	-142.00
157.48	1085.55	196.16	1547.18	47.62	5109.98	41.39	3575.84	-141.29

CUADRO 3.1.6

PARA  $\overline{DE} = 112.24 \text{ mm}$

$\overline{GP}$ mm	$R_G$ KGR	$\rho_8$ o	$R_B$ KGR	$\alpha_4$ o	$R_D$ KGR	$\rho_9$ o	$R_F$ KGR	$\beta_1$ o
105.73	2268.27	222.76	4836.78	69.85	24193.96	46.24	19856.11	-139.35
116.08	3084.36	222.44	5568.80	65.87	24306.92	46.24	19152.40	-139.35
126.43	3451.94	222.44	5805.48	63.96	23531.25	46.24	18087.13	-139.35
136.78	3020.51	221.26	4859.83	62.13	18221.72	46.24	13612.36	-139.36
147.13	2226.13	218.87	3394.76	59.29	11099.76	46.24	7829.98	-139.36
157.48	1207.30	214.80	1607.79	51.92	3202.43	46.24	1610.34	-139.41



5 REM ENSAYO MODELO JARVIS

1Ø REM PRG CALGRAL II

22Ø DATA Ø,58,54,47Ø,523

24Ø DATA 57.3,47Ø,523,8Ø.36,6Ø.124,38,38.2,7Ø.7,7.4,45

27Ø DATA 78,52,122.9,57.4,92,61.33,116,5Ø,1ØØ,66.67,111.3,

28Ø DATA 1Ø6,7Ø.76,1Ø7,45,111,74,1Ø3,44.2,115,76.67,99.2,43  
.7

29Ø DATA 119.5,79.67,95.2,43,123,82,91.4,43.3,126,84,87.8,  
44.1

3ØØ DATA 128,85.33,84.8,45.2,13Ø.5,87,81.5,47,132,88,78.8,  
48.5

31Ø DATA 133.5,89,76.3,5Ø.3,135,9Ø,74.1,54.2,136,9Ø.67,71.8,  
54.2

32Ø DATA 136.5,91,69.8,56.8,137,91.33,68,59.4,137,91.33,66.  
6,62

33Ø DATA 136.5,91,65.4,65.4,136,9Ø.67,64.8,68.2,135,9Ø,64.5,  
71.8

34Ø DATA 134,89.33,64.5,75,133,88.67,64.5,78.2,132.5,88.33,  
64,8Ø.9

35Ø DATA 132.5,88.33,63.3,84.1,133,88.67,62.2,87.7,133,88.6  
7,61.8,9Ø.7

36Ø DATA 134,89.33,6Ø.8,93.5,131.5,87.67,61.8,96.6,128,85.3  
3,64.2,1ØØ

4ØØ LET ARP = Ø.ØØ64\* AEP

41Ø LET VP = 11.938\* ARP

1Ø6Ø DATA 134,132,34,13,1Ø2.39,45.24,168.28, -49,46,4Ø,55.5,  
36.3

1080 DATA 0, 0, 0

1200 LET AM = 142 + T1 - A2

2130 IF GP < 226.6 THEN 1150

2140 IF DE < 126.2 THEN 1120

Las sentencias principalmente de la 220 a 2140 son las necesarias para transformar el "PRG FOR GRAL I" en "PRG CALGRAL II", vale decir el algoritmo generalizado para Wagner lo convertimos para tratar el Jarvis Clark.

Analizaremos las sentencias aludidas:

La sentencia 5 nos avisa que es un algoritmo para Jarvis.

La sentencia 10 nos da el nombre del algoritmo.

La sentencia 220 nos da los valores de  $A_{LM}(0)$ ,  $V_1(0)$ ,  $V_2(0)$ ,  $V_3(0)$ , en forma correlativa y los obtenemos fácilmente del "PRG FOR CN216/23" (pág. 273 a pág. 277) de las sentencias 520-530, 610-620, 700-720 respectivamente.

La sentencia 240 nos da los valores de  $PI$ ,  $w_0$ ,  $X_0$ ,  $Y_0$ ,  $AX, AY$ ,  $EX$ ,  $BY$ ,  $BA$  en forma correlativa y los obtenemos del "PRG FOR CN211/5" (pág. 260) sentencia 10.

Las sentencias de 240 a 360 son los datos de  $RI$ ,  $CIP$ ,  $XIP$ ,  $YIP$  del "PRG FOR CN211/5", que corresponden a los valores de  $c_i$ ,  $c'_i$ ,  $x'_i$ ,  $y'_i$  del cuadro 2.1.1 (pág. 242).

La sentencia 400 y 410 tomada del "PRG FOR CN211/5" sentencias 80 y 90.

La sentencia 1060 corresponden a los datos de  $F_4, B_2, \bar{F}_D, \bar{F}_E, \bar{E}_F, \bar{F}_B, DFB$  tomados del "PRG FOR CN1121" (pág. 46) que pueden obtenerse.

También del gráfico 1.1.5 aumentamos  $4\phi, 55.5$  y  $36.3$  que son  $\overline{AO}, \overline{BO}$  y  $OAH$  de las relaciones de la pág. 255 para  $\alpha_m = 97 + \theta_1 - \alpha_2 + \rho_1$  con los valores obtenidos de los gráficos 2.1.5 y 3.3.2.

La sentencia 1080 nos da en este caso los valores de  $\overline{BP}, PBA, \overline{PA}, A_5$  que para el caso del Jarvis Clark tenemos que comparar los gráficos 1.1.5 y 1.2.5 donde concluimos que:  $\overline{BP}, PBA, \overline{PA}$  son  $\phi$  por conveniencia debido a que es necesario que definamos estos valores en el caso que  $\overline{PA}$  exista. En el caso del Jarvis Clark  $\overline{PA} = \phi$ .

El valor de  $A_5$  ( $\alpha_5$ ) lo tomamos del gráfico 1.1.7 correlativamente al gráfico 1.2.8, donde también muestran que el ángulo  $\lambda_3$  en un gráfico es el suplemento del otro y en ambos casos el  $\text{sen } \lambda_3$  es el mismo.

Es importante acotar que para los valores del  $\overline{BP}, PBA, \overline{PA}$ , es necesario analizar con la secuencia de la pag. 128 y analizarlo también gráficamente si fuera necesario.

Finalmente en las sentencias 2130 y 2140 sólo varían los valores de comparación de  $\overline{GP}$  y  $\overline{DE}$  según los valores máximos para Jarvis Clark.

Este programa nos permite al igual que en el Wagner encontrar los valores de todas las fuerzas  $R_G, R_B, R_D, R_F$  con sus respectivos ángulos con sólo dar los datos siguientes:

$\overline{DE}$  posición del pistón de levante

$\overline{GP}$  posición del pistón de volteo

CRG 1 ó  $\phi$  para definir si el sistema está con carga o su car-

ga respectivamente.

Haremos los cálculos de los cuadros del 3.1.7 al 3.1.12 - para probar nuestro programa "PRG CALGRAL II" para el sistema con carga. Para esto tenemos que  $CRG = 1$  y

Si  $\overline{DE} \in [90.21, 126.2]$  con intervalo de 7.198 tendremos los valores de  $\overline{DE} = 90.21, 97.41, 104.61, 111.80, 119.00, 126.20$ .

Para cada valor de DE tendremos:

$\overline{GP} \in [169.3, 226.6]$  con intervalo 11.460 tenemos los valores de  $\overline{GP} = 169.30, 180.76, 192.22, 203.68, 215.14, 226.60$ . Tengamos en cuenta que  $\overline{GA}$  de los capítulos anteriores ha sido sustituido por  $\overline{GP}$  y  $R_A$  por  $R_G$ .

De la misma forma como hemos encontrado los valores máximos de las fuerzas con su respectivo ángulo observando los valores en los cuadros de cálculos del sistema sin carga del capítulo I. También podríamos hacer lo mismo para encontrar los valores máximos para el sistema con carga del capítulo II. Finalmente podemos también encontrar los valores máximos de las fuerzas para el sistema con carga del modelo Wagner de los cuadros 3.1.1 al 3.1.6:

$$R_G = 925.3.27 \text{ KGR}, \phi_8 = 134.89 \text{ para } \overline{DE} = 78.10 \text{ mm}, \overline{GP} = 105.73 \text{ mm}$$

$$R_B = 7435.36 \text{ KGR}, \alpha_4 = -28.55 \text{ para } \overline{DE} = 78.10 \text{ mm}, \overline{GP} = 105.73 \text{ mm}$$

$$R_D = 24306.92 \text{ KGR}, \phi_9 = 46.24 \text{ para } \overline{DE} = 112.24 \text{ mm}, \overline{GP} = 116.08 \text{ mm}$$

$$R_F = 19856.11 \text{ KGR}, \beta_1 = -139.35 \text{ para } \overline{DE} = 112.24 \text{ mm}, \overline{GP} = 105.73 \text{ mm}$$

Igualmente podemos encontrar estos valores para el sistema Jarvis Clark de los cuadros 3.1.7 al 3.1.12.

$$R_G = 2797.19 \text{ KGR}, \phi_8 = 152.49 \text{ para } \overline{DE} = 90.21 \text{ mm}, \overline{GP} = 180.76 \text{ mm}$$

$$R_B = 4411.06 \text{ KGR}, \alpha_4 = 59.23 \text{ para } \overline{DE} = 126.20 \text{ mm}, \overline{GP} = 203.68 \text{ mm}$$

CUADRO 3.1.7

PARA  $\overline{DE} = 90.21\text{mm}$

$\overline{GP}$	$R_F$	$\phi_8$	$R_B$	$\alpha_4$	$R_D$	$\phi_9$	$R_F$	$\beta_1$
m	KGR	o	KGR	o	KGR	o	KGR	o
169.30	2431.83	146.29	2423.46	33.40	11331.94	114.90	11232.50	-52.77
180.76	2797.19	152.49	2844.64	29.29	12891.94	114.90	12988.08	-52.48
192.22	1359.76	154.67	2459.46	29.85	11198.61	114.90	11256.33	-52.52
203.68	1673.35	155.50	1773.88	30.85	8141.23	114.90	8150.72	-52.59
215.14	1074.50	155.44	1123.48	29.54	5102.52	114.90	5135.23	-52.50
226.60	650.98	154.61	641.29	23.49	2751.01	114.90	2840.18	-52.05

CUADRO 3.1.8

PARA  $\overline{DE} = 97.41$  mm

$\overline{GP}$	$R_G$	$\rho_8$	$R_B$	$\alpha_4$	$R_D$	$\rho_9$	$R_F$	$\beta_1$
m	KGR	o	KGR	o	KGR	o	KGR	o
169.30	1108.97	157.68	2484.74	65.61	12251.52	114.53	10783.11	-55.46
180.76	2246.27	162.63	2941.05	43.20	13271.34	114.53	12641.33	-52.73
192.22	2473.09	164.57	3033.31	38.19	13108.00	114.53	12737.95	-52.08
203.68	1956.08	165.26	2368.78	37.00	10117.19	114.53	9880.67	-51.93
215.14	1387.42	165.07	1638.00	35.06	6855.66	114.53	6751.33	-51.66
226.60	873.03	164.12	971.19	30.15	3832.96	114.53	3860.88	-50.97

CUADRO 3.1.9

PARA  $\overline{DE} = 104.61$  mm

$\overline{GP}$	$R_G$	$\phi_8$	$R_B$	$\alpha_4$	$R_D$	$\phi_9$	$R_F$	$\beta_1$
m	KGR	o	KGR	o	KGR	o	KGR	o
169.30	672.99	169.60	2646.83	75.51	13373.74	115.05	11457.55	-56.48
180.76	1801.30	173.27	3052.24	54.11	13994.85	115.05	12794.05	-52.90
192.22	2370.65	174.80	3416.39	46.28	14518.22	115.05	13658.29	-51.46
203.68	2134.69	175.22	2905.22	42.92	11856.08	115.05	11308.47	-50.79
215.14	1652.05	174.80	2150.74	40.09	8447.89	115.05	8159.13	-50.19
226.60	1102.05	173.60	1342.05	35.30	4895.24	115.05	4840.33	-49.11

CUADRO 3.1.10

PARA  $\overline{DE} = 111.80$  mm

$\overline{GP}$ mm	$R_G$ KGR	$\rho_8$ o	$R_B$ KGR	$\alpha_4$ o	$R_D$ KGR	$\rho_9$ o	$R_F$ KGR	$\beta_1$ o
169.30	485.94	182.21	2746.20	79.81	14560.38	116.36	12462.24	-56.10
180.76	1479.47	184.75	3170.45	62.28	14936.85	116.36	13326.80	-52.53
192.22	2135.11	185.76	2593.46	53.75	15310.53	116.36	14025.23	-50.49
203.68	2254.46	185.78	3395.29	48.64	13394.31	116.36	12507.97	-49.09
215.14	1877.17	185.00	2638.15	44.85	9734.86	116.36	9243.36	-47.93
226.60	1322.10	183.37	1706.68	39.34	5616.89	116.36	5491.56	-46.01



CUADRO 3.1.11

PARA  $\bar{DE} = 119.00$  mm

$\bar{GP}$ mm	$R_G$ KGR	$\rho_8$ o	$R_B$ KGR	$\alpha_4$ o	$R_D$ KGR	$\rho_9$ o	$R_F$ KGR	$\beta_1$ o
169.30	390.36	196.17	2817.95	82.35	15843.61	118.47	13669.03	-54.54
180.76	1269.60	197.68	3299.39	68.48	16057.77	118.47	14164.03	-51.24
192.22	1992.69	198.03	3806.01	60.13	16256.97	118.47	14623.02	-48.72
203.68	2382.05	197.50	3873.94	54.09	14655.24	118.47	13442.65	-46.46
215.14	2108.56	196.14	3103.43	49.25	10432.65	118.47	9772.73	-44.25
226.60	1537.00	193.74	2011.51	42.07	5416.73	118.47	5316.61	-39.94

$R_D = 17415,73 \text{ KGR}$ ,  $\theta_9 = 121.61$  para  $\overline{DE} = 126.20 \text{ mm}$ ,  $\overline{GP} = 180.76 \text{ mm}$

$R_P = 15390.24 \text{ KGR}$ ,  $\beta_1 = -45.50$  para  $\overline{DE} = 126.20 \text{ mm}$ ,  $\overline{GP} = 192.22 \text{ mm}$

Es necesario para efecto de elegir los cilindros que operarán el sistema y el diseño de los elementos del mismo saber con más exactitud los valores máximos.

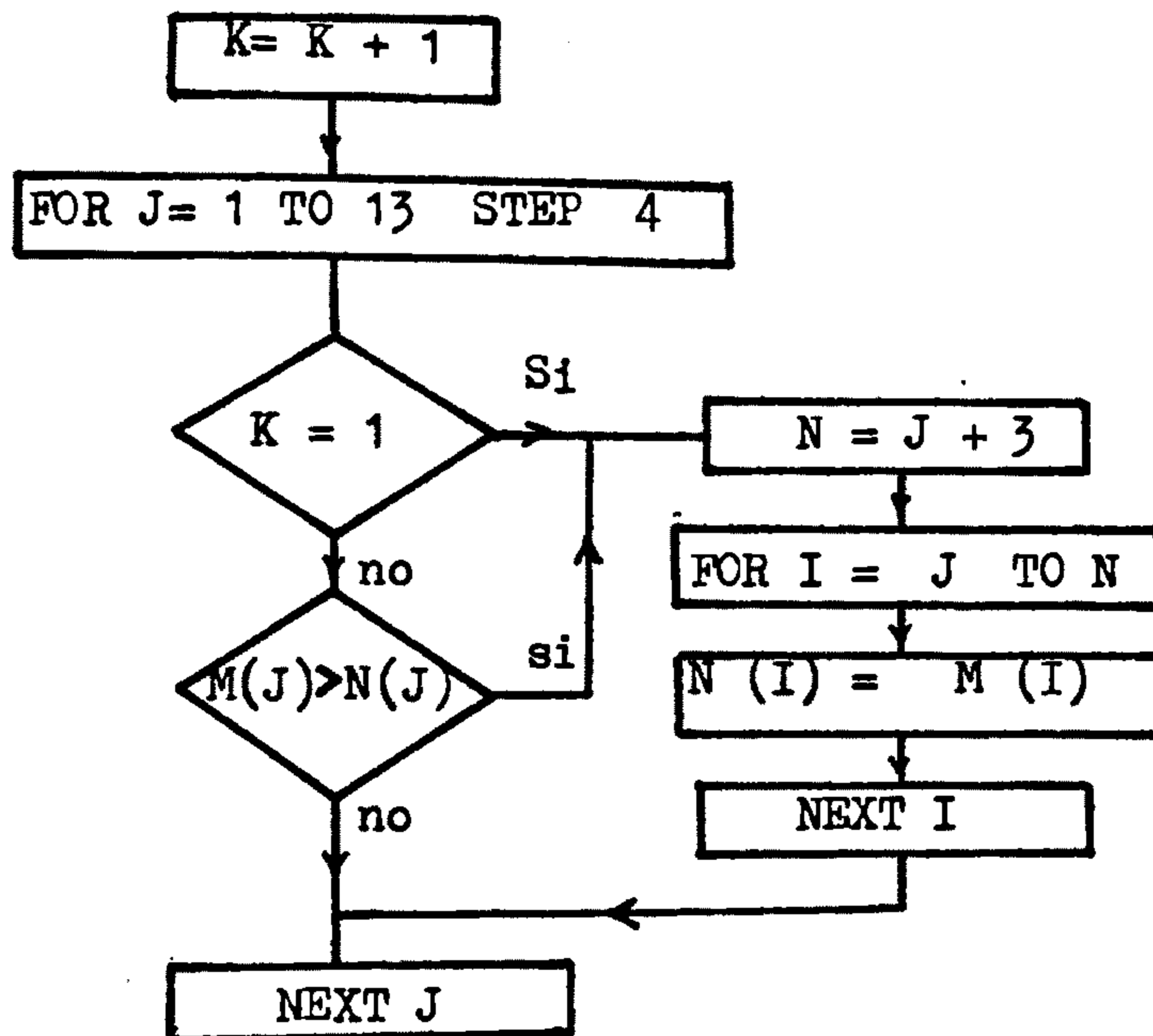
### 3.2 Algoritmo generalizado para cálculo de las fuerzas máximas del Sistema

En los capítulos I y II se hicieron los cálculos y obtención de cuadros para los sistemas sin carga primero y luego con carga para un rango de valores en ambos casos escogidos para facilitar el cálculo manual con calculadora. El hecho de necesitar valores máximos más representativos de las fuerzas requiere de cálculos para más valores tanto de  $\overline{DE}$  (pistón de levante) como de  $\overline{GP}$  (pistón de volteo) en ambos sistemas lo que nos llevaría a obtener un número indeterminado de cuadros de cálculos que nos sería muy engorroso escribirlos por un lado y luego buscar los valores máximos de las fuerzas con sus ángulos y los valores respectivos de  $\overline{DE}$  y  $\overline{GP}$ .

Para tal efecto podemos poner ambos sistemas que tienen los programas generalizados de cálculos de fuerzas "PRG FOR CALGRAL I" para Wagner y "PRG CALGRAL II" para Jarvis Clark modificarlos de manera conveniente introduciendo básicamente un algoritmo modificadorio para obtener los algoritmos que nos busquen sin necesidad de tener los cuadros, los valores máximos que necesitamos.

Parte de este algoritmo modificadorio se basa en que una

vez calculados los valores de fuerzas y ángulos le adicionamos su correspondiente valor de  $\overline{DE}$  y  $\overline{GP}$  para luego someterlos al siguiente diagrama de flujo en forma general.



Veamos en el caso del modelo Wagner su algoritmo para cálculo de fuerzas máximas y  $\overline{DE}$ ,  $\overline{GP}$ : "PRG CALGRAL III".

El algoritmo del "PRG CALGRALIII" está conformado por:  
 Algoritmo del "PRG FOR CALGRALI" más el algoritmo modificatorio:

```

10 REM PRG CALGRALIII
15 DIM M(16),N(16)
1130 FOR DE = 78.1 TO 113 STEP 3.414
1155 FOR GP = 105.73 TO 158 STEP 5.175
1905 M(1) = RG
1910 M(2) = FB
  
```

```

1915 M(3) = DE
1920 M(4) = GP
1925 M(5) = RB
1930 M(6) = A4
1935 M(7) = DE
1940 M(8) = GP
1945 M(9) = RD
1950 M(10) = F9
1955 M(11) = DE
1960 M(12) = GP
1965 M(13) = RF
1970 M(14) = B1
1975 M(15) = DE
1980 M(16) = GP
1985 FOR I = 1 TO 16
1990 M(I) = (INT (M(I)*100))/100
1995 NEXT I
2000 LET K = K + 1
2010 FOR J = 1 TO 13 STEP 4
2420 IF K = 1 THEN 2060
2030 IF M(J) > N(J) THEN 2060
2040 NEXT J
2050 GO TO 2110
2060 LET N = J + 3
2070 FOR I = J TO N
2080 N(I) = M(I)
2090 NEXT I

```

```

2100 GO TO 2040
2110 NEXT GP
2120 NEXT DE
2130 FOR I = 1 TO 16
2140 PRINT N (I)
2150 NEXT I
2150 NEXT I
2160 GO TO 2180
2180 END
5010 GO TO 5014
5040 GO TO 5050
5260 GO TO 5270

```

Daremos algunos detalles breves de las sentencias del algoritmo modificadorio:

Sentencia 10 le cambia el nombre para identificarlo.

Sentencia 15 dimensiona las variables suscritas M y N.

Sentencia 1130 ingreso del valor  $\overline{DE}$  por medio del FOR y

Sentencia 1155 ingreso del valor  $\overline{GP}$  por medio del FOR, en ambos casos los valores de 112.24 y 157.48 se redondean a 113 y 158 respectivamente por razones de decimales en la microcomputadora.

Sentencias del 1905 al 1980 definimos los valores de las fuerzas acompañadas de los valores de  $\overline{DE}$  y  $\overline{GP}$  porque los necesitaremos al final del programa.

Sentencias del 1905 al 1995 es un loop para tener los valores con dos cifras decimales.

Sentencia 2000 inicializa un contador para poder almacenar el primer juego de valores  $M(I)$  para poder comparar el resto de juegos conforme se va calculando. Aquí empieza el pequeño diagrama de flujo mostrado.

Sentencia 2010 es un loop con paso 4 porque lo que comparamos son solamente las fuerzas.

Sentencia 2020 sirve para almacenar los valores cuando  $K=1$  y la 2030 compara y si es mayor  $M(J) > N(J)$  reemplaza y almacena el nuevo valor de la fuerza con sus valores de ángulo,  $\overline{DE}$  y  $\overline{GP}$  respectivamente.

Sentencia 2040 cierra el loop abierto en 2010

Sentencia 2050 evita entrar a la secuencia de 2060 a 2090, las cuales retienen los valores máximos después de compararlos.

Sentencia 2100, al salir a 2060 salimos del loop iniciado en 2010 y la sentencia 2100 hace reingresar al loop para continuar comparando los valores de las fuerzas restantes. Sentencia 2110 y 2120 cierran los loop iniciados en 1130 y 1155 respectivamente.

Sentencias 2130 a 2150 imprimen los valores máximos.

Sentencia 2155 nos avisa si hay fuerzas negativas.

Sentencia 5010 anula el ingreso de  $\overline{GP}$  en la subrutina 5000, al ser ingresado este valor con 1155.

Sentencias 5040 y 5260 sólo anulan los PRINT de definidos y no definidos para evitar que salgan impresos innecesariamente.

Podemos notar que en el algoritmo precedente "PRG CALGRAL III" se han dado intervalos de tal manera que cubriremos los rangos de  $\overline{DE}$  y  $\overline{GP}$  con once valores en cada caso, lo que daría

once cuadros para el sistema sin carga y once cuadros para el sistema con carga pero prescindiremos de ellos y sólo mostraremos los resultados para el sistema de volteo Wagner sin carga y también con carga mediante los cuadros 3.2.1 y 3.2.2 respectivamente.

Para  $\overline{DE} \in [78.10, 112.24]$  con intervalo 3.14

$\overline{GP} \in [105.73, 157.48]$  con intervalo 5.175

Creemos que con los intervalos mencionados para  $\overline{DE}$  y  $\overline{GP}$  - los valores obtenidos son aceptables para usar como referencia para la elección de los cilindros hidráulicos para nuestro sistema.

Para el caso del sistema sin carga podemos decir que son los mismos a los obtenidos en la página 220 de los cálculos sin carga y se resumen en el cuadro 3.2.1.

Para el caso del sistema con carga podemos notar igualmente que los resultados del cuadro 3.2.2 son los mismos de la sec.2.2.3.1 con lo que tenemos ya probado el algoritmo "PRG CALGRALIII".

De la misma manera encontraremos para el sistema de volteo Jarvis Clark a partir del algoritmo "PRG CALGRALII" podemos obtener el algoritmo "PRG CALGRALIV" con un algoritmo modificador que tiene las mismas características expuestas en el sistema Wagner.

Veamos en el caso del modelo Jarvis Clark su algoritmo para cálculo de fuerzas máximas y  $\overline{DE}, \overline{GP}$ : "PRG CALGRALIV".

El algoritmo del "PRG CALGRALII" más el algoritmo modificador:

CUADRO 3.2.1

PARA el sistema sin carga CRG =  $\emptyset$

$$\begin{aligned}
 R_G &= 1704.83 \text{ KGR}, & \rho_8 &= 134.89, & \bar{D}_E &= 78.09 \text{ mm}, & \bar{G}_P &= 105.73 \text{ mm} \\
 R_B &= 1528.80 \text{ KGR}, & \alpha_4 &= 51.44, & \bar{D}_E &= 112.24 \text{ mm}, & \bar{G}_P &= 157.48 \text{ mm} \\
 R_D &= 4351.99 \text{ KGR}, & \rho_9 &= 46.24, & \bar{D}_E &= 112.24 \text{ mm}, & \bar{G}_P &= 121.25 \text{ mm} \\
 R_F &= 3522.03 \text{ KGR}, & \beta_1 &= -139.35, & \bar{D}_E &= 112.24 \text{ mm}, & \bar{G}_P &= 105.73 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

CUADRO 3.2.2

Para el sistema con carga CRG = 1

$$\begin{aligned}
 R_G &= 9253.27 \text{ KGR}, & \rho_8 &= 134.89, & \bar{D}_E &= 78.09 \text{ mm}, & \bar{G}_P &= 105.73 \text{ mm} \\
 R_B &= 7435.36 \text{ KGR}, & \alpha_4 &= -28.55, & \bar{D}_E &= 78.09 \text{ mm}, & \bar{G}_P &= 105.73 \text{ mm} \\
 R_D &= 24481.65 \text{ KGR}, & \rho_9 &= 46.24, & \bar{D}_E &= 112.24 \text{ mm}, & \bar{G}_P &= 121.25 \text{ mm} \\
 R_F &= 19856.11 \text{ KGR}, & \beta_1 &= -139.35, & \bar{D}_E &= 112.24 \text{ mm}, & \bar{G}_P &= 105.73 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



```

10 REM PRG CALGRALIV
15 DIM M(16), N(16)
1130 FOR DE = 90.21 TO 127 STEP 3.599
1155 FOR GP = 169.30 TO 227 STEP 5.730
1905 M(1) = RG
1915 M(3) = DE
1920 M(4) = GP
1925 M(5) = RB
1930 M(6) = A4
1935 M(7) = DE
1940 M(8) = GP
1945 M(9) = RD
1950 M(10) = F9
1955 M(11) = DE
1960 M(12) = GP
1965 M(13) = RF
1970 M(14) = B1
1975 M(15) = DE
1980 M(16) = GP
1985 FOR I = 1 TO 16
1990 M(I) = (INT(M(I)*100))/100
1995 NEXT I
2000 LET K = K + 1
2010 FOR J = 1 TO 13 STEP 4
2020 IF K = 1 THEN 2060
2030 IF M(J) > N(J) THEN 2060

```

```

2040 NEXT J
2050 GO TO 2110
2060 LET N = J + 3
2070 FOR I = J TO N
2080 N(I) = M(I)
2090 NEXT I
2100 GOTO 2040
2110 NEXT GP
2120 NEXT DE
2130 FOR J = 1 TO 16
2140 PRINT N(I)
2150 NEXT I
2160 GO TO 2180
2180 END
5010 GO TO 5014
5040 GO TO 5050
5260 GO TO 5270

```

Podemos notar también que para superar dificultades en decimales, para facilidad los valores máximos de  $\overline{DE}$  y  $\overline{GP}$  se está usando los valores enteros inmediatos superiores que son 127 y 227 en lugar de 126.2 y 226.6 respectivamente.

Podemos notar que en el algoritmo precedente "PRG CALGRAL IV" al igual que el sistema Wagner se han dado intervalos de tal manera que cubrimos los rangos de  $\overline{DE}$  y  $\overline{GP}$  con once valores en cada caso, con lo que obtenemos los cuadros 3.2.3 y 3.2.4 para los valores de fuerzas máximas para el sistema sin

CUADRO 3.2.3

Para el sistema sin carga  $CRG = \rho$

$$\begin{aligned}
 R_G &= 1516.67 \text{ KGR}, & \rho_8 &= 204.17, & \overline{DE} &= 126.2 \text{ mm}, & \overline{GP} &= 226.6 \text{ mm} \\
 R_B &= 1762.39 \text{ KGR}, & \alpha_4 &= 38.26, & \overline{DE} &= 126.2 \text{ mm}, & \overline{GP} &= 226.6 \text{ mm} \\
 R_D &= 3055.19 \text{ KGR}, & \rho_9 &= 121.65, & \overline{DE} &= 126.2 \text{ mm}, & \overline{GP} &= 180.76 \text{ mm} \\
 R_F &= 2703.62 \text{ KGR}, & \beta_1 &= -44.89, & \overline{DE} &= 126.2 \text{ mm}, & \overline{GP} &= 192.22 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

CUADRO 3.2.4

Para el sistema con carga  $CRG = 1$

$$\begin{aligned}
 R_G &= 2797.19 \text{ KGR}, & \rho_8 &= 152.49, & \overline{DE} &= 90.2 \text{ mm}, & \overline{GP} &= 180.76 \text{ mm} \\
 R_B &= 4523.84 \text{ KGR}, & \alpha_4 &= 62.24, & \overline{DE} &= 126.2 \text{ mm}, & \overline{GP} &= 197.95 \text{ mm} \\
 R_D &= 17415.73 \text{ KGR}, & \rho_9 &= 121.65, & \overline{DE} &= 126.2 \text{ mm}, & \overline{GP} &= 180.76 \text{ mm} \\
 R_F &= 15390.24 \text{ KGR}, & \beta_1 &= -45.50, & \overline{DE} &= 126.2 \text{ mm}, & \overline{GP} &= 192.22 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

carga y con carga respectivamente.

Para  $\overline{DE} \in [90.21, 126.2]$  con intervalo de 3.599

$\overline{GP} \in [169.3, 226.6]$  con intervalo de 5.730

Creemos que con los intervalos mencionados para  $\overline{DE}$  y  $\overline{GP}$  - los valores obtenidos son aceptables para elegir los cilindros hidráulicos de este sistema.

Para el caso del sistema sin carga podemos decir que son los mismos a los obtenidos en la pág.107 y se resumen en el cuadro 3.2.3.

Para el caso del sistema con carga podemos notar igualmente que los resultados del cuadro 3.2.4 son los mismos de sec.

2.1.3.1 con lo que tenemos ya probado el algoritmo "PRG CAL GRAL IV".

### 3.3. Análisis de la estabilidad de la máquina

Si bien ya hemos expuesto los problemas de estabilidad de la máquina que presenta cuando está en operación, en el capítulo II tanto para el sistema Jarvis Clark (punto 2.1.4) como para el sistema Wagner (punto 2.2.4), es necesario contar también con un programa generalizado para hacer este mismo análisis en forma rápida, sin la necesidad de cuadros de cálculos y datos dispersos, para lograr este objetivo; por lo que obtendremos programa generalizado para hacer los dos análisis pertinentes y para cada uno de los tipos de sistema de volteo.

#### 3.3.1 Evaluación de la reacción del tren posterior para la cu

chara con carga. - Podemos apreciar en este capítulo que

primero estamos analizando el sistema de volteo Wagner y luego el sistema Jarvis Clark o diferencia de los capítulos I y II en que el orden de análisis era al revés. La razón es por que el programa generalizado ha partido del modelo Wagner.

Para el sistema de volteo Wagner con el programa generalizado podemos obtener los valores de  $R_G$ ,  $R_D$  y  $R_F$  para cada valor de  $\overline{DE}$  y  $\overline{GP}$  y luego encontrar los valores de las fuerzas  $F_P$  y  $F_A$  sobre las ruedas de la máquina conforme el gráfico 2.2.7.

El peso total de la máquina es  $W_T = 5842$  KGR y teniendo en cuenta que el peso del tren posterior es 3750 KGR y el tren delantero 2092 KGR el límite máximo de  $F_P = 3750$  KGR.

Si apreciamos el cuadro 2.2.20 de la pág. 388 notaremos que  $F_A$  es un valor negativo mayor en valor absoluto pero no en términos reales; pero este valor absoluto mayor no influye directamente en la estabilidad, pero nos puede servir para tener una idea de carga máxima para la elección de las llantas que va a tener el equipo. Con este fin podemos tener en cuenta las consideraciones hechas en la pág. 385 para lograr un algoritmo generalizado "PRG CALGRALV" adicionando al algoritmo inicial "PRG FOR CALGRALI" un algoritmo modificadorio similar al mostrado en la pág. 387 pero con las adecuaciones del caso, a fin de obtener  $F_P$  y  $F_A$  en los cuadros -

3.3.1.1 y 3.3.1.2 similares a los cuadros 2.2.19 y 2.2.20 (de la pág. 388) pero con los valores de  $\bar{DE}$  y  $\bar{GP}$  - conforme los rangos de valores e intervalos que estamos trabajando. De tal manera que:

$$\bar{DE} \in [78.1, 112.24] \text{ con intervalo de } 3.414$$

$$\bar{GP} \in [105.73, 157.48] \text{ con intervalo de } 5.175$$

El algoritmo del "PRG CALGRALV" será obtenido con:

Algoritmo completo del "PRG FOR CALGRALI" completado - por el algoritmo modificadorio:

```

2    REM PRG CALGRALV
8    DATA 188,107.5,69,68.3,175.5,174,121.5
10   READ MN, NG,NF,NE,MG,MF,ME
2100
2120 GOSUB 3000
2125 GOSUB 7000
3000 REM SUBROUTINA ESTABILIDAD
3010 LET G1 = 213 - F8
3020 LET G2 = 22 - B1
3030 LET G3 = 175 - F9
3040 LET G4 = F8 - 113
3050 LET G5 = -(68+B1)
3060 LET G5 = F9 - 11
3070 LET FP=(RG*NG*SIN(G4/PI)+RF*NF*SIN (G5/PI)-RD*NG
      *SIN(G6/PI))/MN
3080 LET FA=(-RG*MG*SIN(G1/PI)+RF*MF*SIN(G2/PI)-RD*ME
      *SIN(G3/PI))/MN

```

```

3090 N(1) = FP
3100 N(2) = FA
3110 FOR I = 1 TO 2
3120 N(I) = (INT(N(I)*100))/100
3130 PRINT N(I)
3140 NEXT I
3150 RETURN

```

Con el "PRG CALGRALV" obtendremos los cuadros 3.3.1.1 y 3.3.1.2 que a continuación mostramos.

Igualmente como hicimos en la pág. 388 podemos encontrar el valor máximo de  $F_P$  del cuadro 3.3.1.1 (pág.455) y  $F_A$  del cuadro 3.3.1.2 (pág.456).

Entonces:  $F_P = 3412.73$  KGR y  $F_A = -6272.99$  KGR

Con el valor de  $F_P$  max = 3412.73 KGR < 3750 KGR tiene un margen de 9.88%.

Este margen de 9.88% nos permite dar aproximadamente una idea de la máxima inclinación de rampa en la que podría trabajar la máquina a plena carga sin comprometer su estabilidad.

Sea el ángulo de la rampa por lo que:

$$F_P = F_P \text{ max } \cos \theta$$

El valor máximo de  $\theta$  será:

$$\theta = \arccos \frac{3412.73}{3750}$$

$$\theta = 24.49^\circ \text{ o una pendiente negativa máxima de } 45.5\%$$

Para el sistema de volteo Jarvis Clark también con el -

CUADRO 3.3.1.1

FA (GR) ;  $\overline{DE}$ ,  $\overline{GP}$  (mm) CRG = 1

$\overline{GP}$	$\overline{DE}$	78.10	81.51	84.93	88.34	91.76	95.17	98.58	102.00	105.41	108.83	112.24
105.73	1858.78	2300.01	2554.31	2750.49	2908.36	3031.89	3122.06	3175.99	3187.85	3148.98	3052.59	
110.91	2339.91	2549.35	2735.27	2896.29	3032.79	3142.33	3222.91	3270.28	3277.94	3236.86	3139.90	
116.08	2493.55	2681.79	2851.54	3000.52	3127.89	3230.50	3305.77	3349.04	3353.27	3308.96	3226.88	
121.26	2366.15	2617.45	2844.61	3045.67	3200.79	3299.89	3372.00	3412.06	3412.73	3368.19	3299.23	
126.43	2126.34	2372.62	2595.12	2792.00	2961.74	3100.65	3203.72	3263.99	3268.33	3248.39	3217.37	
131.61	1861.49	2105.16	2322.43	2512.72	2675.53	2805.11	2897.10	2941.57	2954.65	2942.61	2907.42	
136.78	1566.09	1802.69	2015.85	2200.06	2354.65	2474.00	2550.96	2597.75	2618.60	2604.77	2553.51	
141.69	1273.61	1491.73	1689.31	1860.80	2001.32	2105.18	2182.84	2234.72	2253.89	2231.59	2148.24	
147.13	954.23	1140.84	1311.41	1457.36	1576.74	1675.55	1750.71	1796.60	1804.71	1759.99	1620.16	
152.31	678.39	824.42	959.41	1080.67	1187.86	1275.00	1338.23	1370.22	1360.31	1283.37	1075.12	
157.48	459.61	559.90	662.93	758.86	842.97	910.50	954.54	967.56	934.10	825.90	564.49	



CUADRO 3.2.1.2

$F_P$  (KGR) ;  $\overline{DE}$ ,  $\overline{GP}$  (mm) CRG = 1

$\overline{GP}$	$\overline{DE}$	78.10	81.51	84.93	88.34	91.76	95.17	98.58	102.00	105.41	108.83	112.24
105.73	-4737.44	-5190.11	-5443.19	-5638.01	-5794.63	-5917.41	-6007.55	-6062.39	-6076.46	-6041.76	-5953.04	
110.91	-5238.39	-5440.58	-5621.72	-5779.14	-5912.97	-6020.70	-6100.33	-6147.68	-6156.48	-6118.14	-6026.57	
116.08	-5391.02	-5571.56	-5735.22	-5879.38	-6002.97	-6102.72	-6175.96	-6218.04	-6221.99	-6178.40	-6106.44	
121.26	-5042.52	-5363.10	-5646.61	-5893.86	-6071.44	-6166.61	-6235.51	-6272.99	-6271.54	-6227.14	-6172.03	
126.43	-4515.88	-4842.29	-5129.90	-5380.00	-5592.80	-5765.99	-5894.00	-5969.66	-5976.69	-5966.23	-5975.39	
131.61	-3962.71	-4301.40	-4592.57	-4841.31	-5050.34	-5213.66	-5327.50	-5379.52	-5394.79	-5395.84	-5392.37	
136.78	-3352.88	-3700.35	-4001.50	-4252.63	-4457.49	-4611.04	-4705.03	-4757.85	-4786.47	-4783.24	-4748.76	
141.69	-2746.44	-3081.57	-3372.28	-3615.69	-3809.56	-3943.80	-4039.10	-4104.23	-4132.06	-4112.86	-4019.78	
147.13	-2073.15	-2374.59	-2637.53	-2852.74	-3019.47	-3152.62	-3252.58	-3313.27	-3323.77	-3262.83	-3064.21	
152.31	-1479.48	-1724.83	-1939.92	-2123.82	-2281.57	-2406.46	-2494.64	-2536.38	-2516.35	-2394.14	-1061.37	
157.48	-993.20	-1167.72	-1337.48	-1489.98	-1619.33	-1719.80	-1781.73	-1794.38	-1832.78	-1548.73	-1103.08	

programa generalizado podemos obtener los valores de  $R_G$ ,  $R_D$  y  $R_F$  para cada valor de  $\overline{DE}$  y  $\overline{GP}(\overline{GA})$  y luego encontrar los valores de las fuerzas  $F_P$  y  $F_A$  sobre las ruedas de la máquina conforme el gráfico 2.1.7.

El peso total de la máquina  $WT = 6260\text{KGR}$  y tomando en cuenta  $2360\text{ KGR}$  el límite máximo de  $F_P = 3900\text{KGR}$ .

Si apreciamos el cuadro 2.1.2 5 de la pág. 315 notaremos también que  $F_A$  es un valor negativo mayor en valor absoluto pero no en términos reales, pero este valor absoluto mayor no influye directamente en la estabilidad pero nos puede servir para tener una idea de carga máxima para la elección de las llantas que va a tener el equipo.

Con este fin podemos tener en cuenta las consideraciones hechas en las págs. 310 a 311 para lograr un algoritmo general "PRG CALGRALVI" con algoritmo modificatorio similar al mostrado en la pág. 312 pero con las adecuaciones del caso a fin de obtener  $F_P$  y  $F_A$  en los cuadros 3.3.1.3 y 3.3.1.4. similares a los cuadros 2.1.24 y 2.1.25 (de las pág. 314 y 315) pero con los valores de  $\overline{DE}$  y  $\overline{GP}$  conforme los rangos de valores e intervalos que estamos trabajando. De tal manera que:

$$\overline{DE} \in [90.21, 126.2] \text{ con intervalo } 3.599$$

$$\overline{GP} \in [169.3, 226.6] \text{ con intervalo } 5.730$$

El algoritmo del "PRG CALGRALVI" será obtenido con:

Algoritmo completo del "PRG CALGRALII" completado por -

CUADRO 3.3.1.3

	$F_p$ (KGR) ; $\overline{DE}$ , $\overline{GP}$ (mm) CRG = 1											
$\overline{DE}$	$\overline{GP}$	90.21	93.81	97.41	101.01	104.61	108.21	111.80	115.40	119.00	122.60	126.20
169.30	1581.50	1667.07	1745.58	1810.13	1856.90	1883.00	1883.00	1885.68	1861.24	1804.60	1708.18	1559.41
175.03	1784.22	1858.22	1919.58	1966.63	1997.80	2010.69	2010.69	2001.38	1968.91	1904.98	1802.87	1605.03
160.76	1896.14	1972.70	2033.18	2077.58	2104.96	2113.58	2113.58	2100.98	2063.50	1996.09	1691.24	1736.55
186.49	1882.90	2058.21	2121.01	2166.27	2193.43	2201.15	2201.15	2187.27	2148.41	2079.79	1974.02	1819.56
192.22	1669.53	1877.61	2059.27	2207.52	2268.59	2277.20	2277.20	2263.80	2225.22	2156.79	2051.83	1898.82
197.95	1449.08	1655.64	1836.18	1990.71	2116.89	2211.78	2211.78	2269.16	2285.79	2227.64	2124.43	1973.97
203.68	1217.44	1420.40	1601.56	1757.15	1885.10	1982.08	1982.08	2045.85	2071.39	2051.41	1975.68	1827.56
209.41	984.92	1175.40	1350.16	1504.43	1633.37	1732.90	1732.90	1799.00	1826.81	1809.04	1734.75	1584.63
215.14	765.12	932.55	1091.47	1236.14	1359.20	1456.19	1456.19	1521.35	1548.36	1528.31	1447.78	1281.22
220.87	570.20	707.05	842.08	967.13	1075.93	1161.67	1161.67	1218.28	1236.85	1206.32	1108.97	909.70
226.60	416.38	515.00	617.77	715.61	802.46	869.32	869.32	908.74	910.60	861.76	739.32	498.03

CUADRO 3.3.1.4

$F_A$  (KGR) ;  $\overline{DE}$ ,  $\overline{GP}$  (mm) CRG = 1

$\overline{DE}$	$\overline{GP}$	90.21	93.81	97.41	101.01	104.61	108.21	111.80	115.40	119.00	122.60	126.20
169.30	-4252.82	-4334.10	-4409.41	-4471.20	-4515.25	-4538.50	-4538.06	-4510.12	-4449.48	-4348.39	-4193.97	
175.03	-4452.52	-4524.16	-4582.94	-4627.28	-4655.60	-4665.44	-4653.82	-4616.67	-4548.57	-4441.63	-4282.95	
180.76	-4562.69	-4637.30	-4695.47	-4737.29	-4761.85	-4767.38	-4751.38	-4710.11	-4638.41	-4528.59	-4367.92	
186.49	-4431.43	-4721.78	-4782.39	-4825.12	-4849.46	-4854.05	-4836.70	-4793.96	-4720.93	-4610.08	-4449.52	
192.22	-3887.44	-5252.74	-4570.79	-4830.20	-4923.89	-4929.33	-4912.39	-4869.84	-4796.91	-4686.76	-4527.61	
197.95	-3355.14	-3723.44	-4041.09	-4314.26	-4542.71	-4724.74	-4851.30	-4920.34	-4866.92	-4758.47	-4601.92	
203.68	-2808.93	-3181.62	-3507.79	-3786.16	-4017.88	-4201.35	-4336.07	-4416.32	-4432.18	-4368.55	-4197.74	
209.41	-2267.79	-2625.51	-2947.94	-3230.11	-3467.41	-3656.00	-3792.20	-3870.57	-3880.81	-3804.90	-3606.68	
215.14	-1758.20	-2079.73	-2378.38	-2647.36	-2877.21	-3062.48	-3195.68	-3267.64	-3264.01	-3159.46	-2899.31	
220.87	-1304.87	-1572.64	-1831.52	-2068.06	-2273.53	-2437.97	-2552.33	-2602.48	-2567.65	-2411.14	-2050.19	
226.60	- 947.24	-1139.77	-1338.31	-1525.55	-1691.45	-1820.40	-1899.95	-1911.72	-1829.21	-1600.65	-1110.68	

el algoritmo modificadorio:

```

2   REM PRG CALGRALVI
8   DATA 172.8,88.6,55.4,153.5,165.5,213.3
10  READ MN,NG,NF,NE,MG,MF,ME
2100
2120 GOSUB 3000
2125 GOSUB 7000
3000 REM SUBROUTINA ESTABILIDAD
3010 LET G1 = 210 - F8
3020 LET G2 = 18 - B1
3030 LET G3 = 178 - F9
3040 LET G4 = F8 - 118
3050 LET G5 = 73 + B1
3060 LET G6 = 173 - F9
3070 LET FP = (RG NG SIN(G4/PI)-RF NF SIN(G5/PI)+RD NE
      SIN (G6/PI))/MN
3080 LET FA = (-RG MG SIN(G1/PI)+RF MF SIN (G2/PI)-RD
      ME SIN(G3/PI))/MN
3090 N(1) = FP
3100 N(2) = FA
3110 FOR I = 1 TO 2
3120 N(I) = (INT(N(I) 100))/100
3130 PRINT N(I)
3140 NEXT I
3150 RETURN

```

Con el "PRG CALGRALVI" obtendremos los cuadros 3.3.1.3

y 3.3.1.4 que a continuación mostramos teniendo en cuenta que  $CRG = 1$  (Sistema con carga).

Igualmente como hicimos en la pág. 313 podemos encontrar el valor máximo de  $F_P$  del cuadro 3.3.1.3 (pág.458) y  $F_A$  del cuadro 3.3.1.4 (pág.459).

Entonces:  $F_P = 2285.70 \text{ KGR}$  y  $F_A = -4929.33 \text{ KGR}$

Con el valor de  $F_{P \text{ max}} = 2285.70 \text{ KGR} < 3900 \text{ KGR}$  tiene un margen de 70.63.

Este margen de 70.63% nos permite dar aproximadamente una idea de la máxima inclinación de rampa en la que podría trabajar la máquina a plena carga sin comprometer su estabilidad.

Sea  $\theta$  el ángulo de la rampa por lo que:

$$F_P \leq F_{P \text{ max}} \cos \theta$$

El valor máximo de  $\theta$  será:

$$\theta = \arccos \frac{2285.70}{3900}$$

$\theta_{\text{Máx}} = 54.12^\circ$  ó una pendiente negativa máxima de 138.25%.

Evidentemente que va a ser imposible trabajar en esta pendiente por lo que la pendiente máxima de trabajo según catálogo 2500 está basado en el peligro de deslizamiento de la máquina y en su fuerza de tracción máxima para vencer esa pendiente con cuchara cargada.

3.3.2 Evaluación de la reacción del tren posterior para  $\overline{DE}$  mínimo y la cuchara cargando un peso útil máximo  $W_u$ . - Eva

luaremos con este fin la fuerza  $R_G$ ,  $R_B$ ,  $R_D$  y  $R_F$  para  $\overline{DE} = 78.10$  mm y  $\overline{GP}$  para todas su variación pero teniendo en cuenta  $W$ , para obtener el valor de carga máxima útil  $W_u$

$$W_u = W - W_{\text{Cuchara}} = W - 533.42$$

$W_u$  máxima será dada cuando:

$$F_p \leq 3750$$

Este valor es el límite para que el tren posterior esté en contacto con el terreno.

Para esta evaluación utilizaremos básicamente el programa generalizado "PRG FOR CALGRALI" para el sistema sin carga agregando un algoritmo modificadorio obteniendo así el "PRG CALGRALVII" obtenido contando con el algoritmo completo de "PRG FOR CALGRALI" modificado por:

```

10  REM PRG CALGRALVII
12  DATA 188,107.5,69,68.3,175.5,174.121.5
14  READ  MN,NG,NF,NE,MG,MF,ME
1280 FOR W = 6000 TO 10000 STEP - 100
2100
2112 GOSUB 3000
2114 IF FP < 3750 THEN 2130
2118 NEXT W
3000 REM SUBROUTINA ESTABILIDAD
3010 LET G1 = 213 - F8
3020 LET G2 = 22 - B1
3030 LET G3 = 175 - F9
3040 LET G4 = F8 - 113

```

```

3050 LET G5 = -(68 + B1)
3060 LET G6 = F9 - 11
3070 LET FP = (RG*NG*SIN(G4/PI)+RF*NF*SIN(G5/PI) - RD
      * NE*SIN (G6/PI))/MN
3080 LET WU = W - 533.42
3085 IF FP 3750 THEN 3230
3090 N(1) = RG
3100 N(1) = RG
3110 N(3) = RB
3120 N(4) = A4
3130 N(5) = RD
3140 N(6) = F9
3150 N(7) = RF
3160 N(8) = B1
3170 (N(9)= FP
3180 N(1 )= WU
3190 FOR I = 1 TO 10
3200 N(I) = (INT(N(I)*100))/100
3210 PRINT N (I)
3220 NEXT I
3230 RETURN

```

Con este algoritmo podemos obtener el cuadro 3.3.2.1 te niendo en cuenta que para  $\bar{DE} = 78.10$  mm variaremos el valor de  $\bar{GP} \in [105.73, 157.48]$  con intervalo de 5.175 - (Con CRG =  $\emptyset$ )

Podemos observar en el cuadro precedente que la carga



CUADRO 3.3.2.2.1

$\overline{GP}$	$R_G$	$\phi_8$	$R_B$	4	$R_D$	$\phi_9$	$R_F$	1	$F_P$	$W_u$
mm	KGR	o	KGR	o	KGR	o	KGR	o	KGR	KGR
105.73	19176.30	134.89	15514.96	-29.27	15792.91	36.02	16890.84	-87.41	3722.09	5466.57
110.91	7998.08	139.93	6137.20	-4.19	17896.25	36.02	13791.36	-127.28	3672.45	4166.57
116.08	6755.43	142.30	5357.75	3.94	18366.13	36.02	14117.08	-132.34	3738.31	3966.57
121.26	6076.51	143.80	4954.87	8.24	18194.26	36.02	14002.60	-134.48	3695.46	3766.57
126.43	5723.09	144.78	4761.14	10.88	18145.79	36.02	13983.28	-135.65	3681.70	3666.57
131.61	5579.54	145.39	4706.31	12.64	18353.90	36.02	14158.15	-136.39	3719.59	3666.57
136.78	5467.98	145.70	4653.60	13.90	18432.52	36.02	14230.16	-136.90	3729.12	3666.57
141.69	5372.98	145.77	4595.52	14.83	18405.09	36.02	14217.88	-137.26	3714.65	3666.57
147.13	5264.81	145.60	4513.94	15.75	18268.30	36.02	14121.20	-137.61	3672.92	3666.57
152.31	5268.56	145.23	4517.73	16.65	18467.75	36.02	14284.71	-137.95	3693.90	3766.57
157.48	5157.16	144.88	4455.04	18.75	18614.00	36.02	14420.77	-138.71	3692.56	3866.57

útil ( $W_u$ ) máxima es de  $W_u = 5466.57$  KGR para  $\overline{DE} = 78.10$  mm y  $\overline{GP} = 105.73$  mm.

Debemos hacer notar que podemos obtener los valores máximos de  $W_u$  para otros valores de  $\overline{DE}$ .

Pasamos ahora al sistema Jarvis Clark evaluando de la misma forma los valores de  $R_C, R_D, R_B$  y  $R_F$  para  $\overline{DE} = 90.21$  mm y  $\overline{GP}$  para toda su variación pero teniendo en cuenta  $W$ , para obtener el valor de carga máxima útil  $W_u$

$$W_u = W - W_{\text{CUCHARA}} = W - 470.523$$

$W_u$  máxima será dada cuando:

$$F_P \leq 3900 \text{ KGR}$$

Este valor es el límite para que el tren posterior esté en contacto con el terreno.

Para esta evaluación utilizaremos igualmente el programa generalizado "PRG CALGRALII" para el sistema sin carga, ya que asumimos por comodidad que la carga  $W_u$  se concentra en el centro de gravedad de la cuchara sin carga. Para ello obtendremos el algoritmo "PRG CALGRALVIII" a partir del "PRG CALGRALII" adicionado del algoritmo modificadorio:

```

10  REM PRG CALGRALVIII
12  DATA 172.8,88.6,55.4,153.5,165.5,213.3
14  READ MN,NG,NF,NE,MG,ME,ME
1280 FOR W = 6000 TO 10000 STEP - 100
2100
2112 GOSUB 3000

```

```

2114 IF FP < 3900 THEN 2130
2118 NEXT W
3000 REM SUBROUTINA ESTABILIDAD
3010 LET G1 = 210 - F8
3020 LET G2 = 18 - B1
3030 LET G3 = 178 - F9
3040 LET G4 = FB - 118
3050 LET G5 = 73 + B1
3060 LET G6 = 173 - F9
3070 LET FP = (RG*NG+SIN(G4/PI)-RF*NF+SIN(G5/PI)+RD*NE
      * SIN(G6/PI))/MN
3080 LET WU = W - 470.523
3085 IF FP > 3900 THEN 3230
3090 N(1) = RG
3100 N(2) = F8
3110 N(3) = RB
3120 N(4) = A4
3130 N(5) = RD
3140 N(6) = F9
3150 N(7) = RF
3160 N(8) = B1
3170 N(9) = FP
3180 N(10) = WU
3190 FOR I = 1 TO 10
3200 N(I) = (INT(N(I)*100))/100
3210 PRINT N(I)

```

CUADRO 3.3.2.2

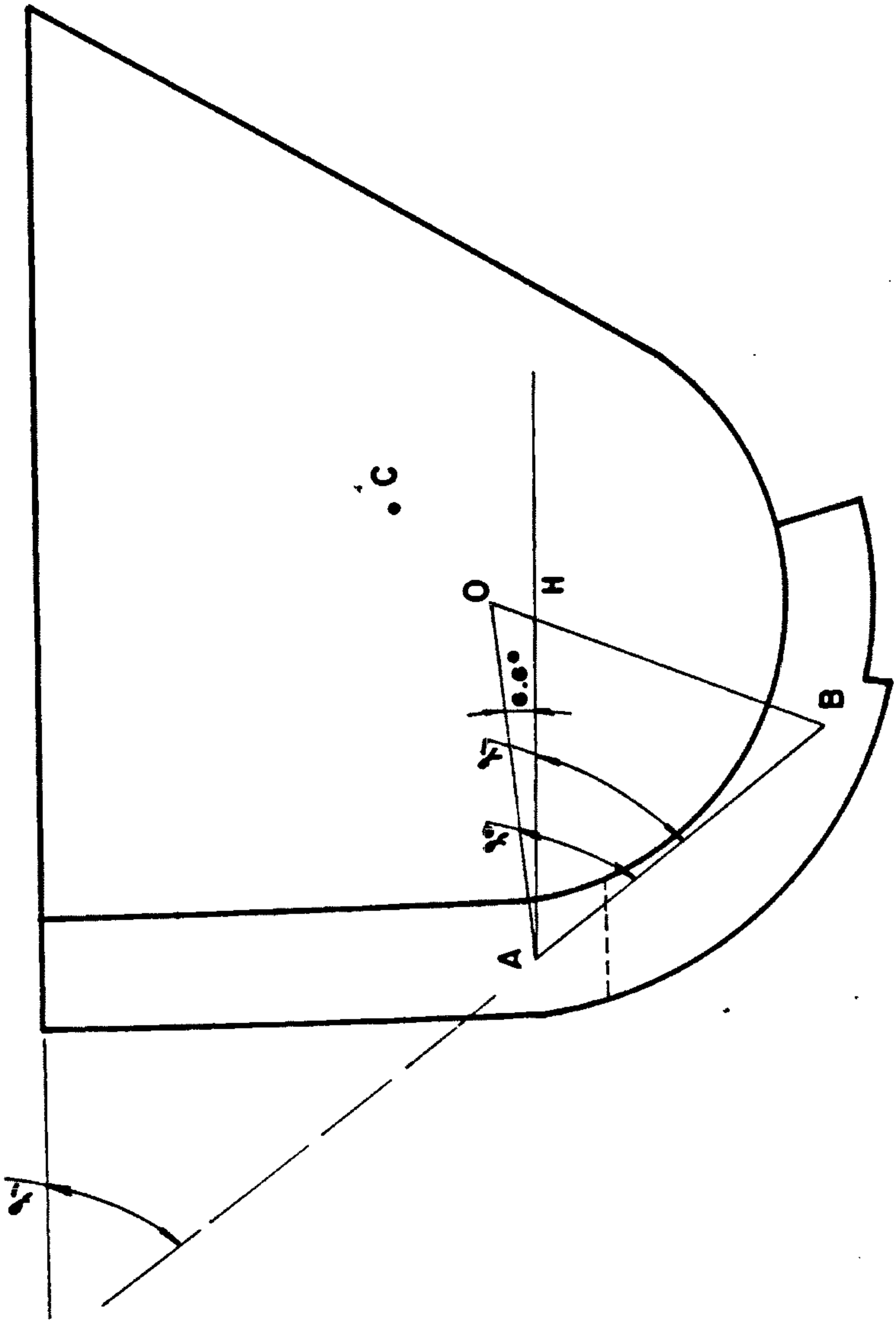
$\overline{GP}$	$R_G$	$\rho_8$	$R_B$	4	$R_D$	$\rho_9$	$R_F$	1	$F_P$	$W_u$
mm	KGR	o	KGR	o	KGR	o	KGR	o	KGR	KGR
169.30	8066.60	146.29	6880.88	12.78	25659.93	114.90	27927.76	-51.16	3694.61	5529.47
175.03	6425.74	150.44	6134.96	24.34	26553.65	114.90	27311.86	-52.11	3885.57	5229.47
180.76	6011.11	152.49	5941.57	26.19	26191.59	114.90	26726.98	-52.25	3878.02	4929.47
186.49	5826.81	153.80	5851.24	26.67	25911.62	114.90	26387.43	-52.29	3868.76	4729.47
192.22	5789.78	154.67	5853.59	26.61	25907.06	114.90	26389.63	-52.28	3892.19	4629.47
197.95	5766.17	155.21	5837.48	26.25	25748.00	114.90	26267.42	-52.26	3886.34	4529.47
203.68	5746.48	155.50	5803.62	25.70	25462.57	114.90	26037.30	-52.22	3856.31	4429.47
209.41	5844.76	155.57	5872.37	25.00	25588.50	114.90	26243.80	-52.16	3884.17	4429.47
215.14	5942.76	155.44	5926.42	24.20	25613.48	114.90	26361.17	-52.10	3892.60	4429.47
220.87	6037.32	155.12	5964.12	23.30	25534.47	114.90	26383.52	-52-03	3880.89	4429.47
226.60	6125.00	154.61	5982.66	22.33	25343.40	114.90	26300.08	-51.96	3847.36	4429.47

322Ø NEXT I

323Ø RETURN

Con este algoritmo podemos obtener el cuadro 3.3.2.2 teniendo en cuenta que para  $\overline{DE} = 90.21\text{mm}$  variaremos el valor de  $\overline{GP} \in [169.3, 226.6]$  con intervalo de 5.730, con  $\text{CRG} = \emptyset$  (sistema "sin carga").

Podemos observar en el cuadro precedente que la carga útil ( $W_u$ ) máxima es de  $W_u = 5529.47$  KGR para  $\overline{DE} = 90.21\text{mm}$  y  $\overline{GP} = 169.30\text{mm}$ . Cabe notar que podemos obtener los valores máximos de  $W_u$  para otros valores de  $\overline{DE}$ . También es necesario recalcar que para obtener  $W_u$  hemos asumido en ambos casos la carga concentrada en el centro de gravedad de la cuchara sin carga para facilidad de cálculo ya que son valores referenciales.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
PROYECTO DE GRADO	
DIBUJADO POR: V. QUISPE P.	DETALLE No. CON BA
FECHA: JUNIO 1966	ESCALA: 1/8
	GRAFICO No. 3.1.1.



## C A P I T U L O I V

### 4.- MODIFICACIONES FINALES DEL SISTEMA DE VOLTEO DE UN PROTOTIPO PARA LAS CONDICIONES DE TRABAJO REQUERIDAS

Lo que básicamente queremos es optimizar el sistema de volteo del modelo Jarvis Clark introduciendo un elemento articulado  $\overline{PA}$  en el pistón de volteo logrando ciertas ventajas en la operación todo esto aprovechando el programa generalizado obtenido y llevando luego al final a una evaluación económica.

#### 4.1 Optimización del sistema Jarvis Clark a partir del programa generalizado

Debemos tener presente que para optimizar este sistema tendremos que evaluar la influencia de los parámetros que nos sea fácil modificar físicamente, en la máquina, sin alterar su diseño original.

Entre estos parámetros son los que componen el pistón de volteo los cuales variaremos de manera ordenada para tratar de obtener en orden de prioridad:

Menores valores de  $\alpha_m$ , si es posible valores negativos

Menores valores de  $R_G$  y  $R_D$  ó valores cercanos al diseño origi



nal.

Confiable estabilidad de la máquina a plena carga.

Los valores de comparación serán los obtenidos para el diseño evaluando el actual que nos servirá de referencia.

Para esto es necesario hacer un análisis detallado de los componentes del pistón de volteo y sus parámetros  $\overline{BP}$ ,  $PBA$  y  $\overline{PA}$  (Ver gráfico 1.2.7).

#### 4.1.1 Análisis del Pistón de Volteo

Es necesario para ello remitirnos al gráfico 4.1.1 - donde hemos detallado sus componentes y algunos artificios.

En el gráfico 4.1.1a detallamos su valor de  $P$  así mismo, la cámara del pistón y el valor de  $\overline{GP}$  máximo.

Evidentemente los valores que podemos variar físicamente son  $\overline{GL}$  y  $\overline{RP}$ .

En el gráfico 4.1.1c mostramos una forma generalizada del pistón donde podemos establecer las siguientes relaciones:

$$\overline{GP} = t + r \leq 169.30$$

$$\overline{GP} = t + r + 57.30 \leq 226.60$$

En el gráfico 4.1.1d mostramos el cilindro completo y general donde agregamos  $S$  ó el segmento articulado  $\overline{PA}$ , notando que  $t$  es constante (longitud del cilindro) y  $r$  podemos variar. Podemos establecer las relaciones:

$$r = \overline{RP} + \overline{GL} \quad (1)$$

$$\overline{GP} = t + (r-S) = 169.30-S \quad (2)$$

$$\overline{GP} = t + (r-S) + 57.30 \leq 226.60\text{mm} \quad (3)$$

Destacaremos que en las relaciones anteriores podemos observar:

Ecuación (1):

El valor de  $r$  nos permite compartirlo tanto en  $\overline{RP}$  como en  $\overline{GL}$  del gráfico 4.1.1.a.

Ecuación (2):

Necesariamente a cilindro recogido debe ser  $\overline{GA} = 169.3$  mm, a fin de que las condiciones iniciales del sistema de volteo no varíen ya que los objetivos que tenemos son básicamente para cuando  $\overline{GP}$  y  $\overline{DE}$  son máximos.

Debemos tener en cuenta que al introducir valores de "S" ó  $\overline{PA}$  que estamos trabajando a escala 1:8 en el sistema Jarvis Clark, que para evaluación tomaremos un rango de variación de  $S = \overline{PA} \in [3", 13"]$  en valores reales que convertidos a nuestra escala tendremos 3.175mm/plg. entonces:

$$S = \overline{PA} \in [9.525, 41.275]$$

Para cada valor de "S" tendremos un rango de  $\overline{GP}$  dada por:

$$\overline{GP} = 169.30 - S \quad \text{para el } \overline{GP} \text{ mínimo}$$

$$\overline{GP} = (169.30 - S) + 57.30 \text{ para el máximo.}$$

En consecuencia tendremos el cuadro 4.1.1 con  $S = \overline{PA}$  y el rango de  $\overline{GP}$ .

Estos valores de  $\overline{PA}$  con el rango de  $\overline{GP}$  nos servirán para nuestra optimización con el programa generalizado correspondiente.

CUADRO 4.1.1

$\bar{P}_A$	$\bar{G}_P$ MIN	$\bar{G}_P$ MAX	$\bar{P}_A$	$\bar{G}_P$ MIN	$\bar{G}_P$ MAX	$\bar{G}_P$ MIN	$\bar{G}_P$ MAX
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0	169.30	226.60	25.400	143.90	201.20		
9.525	159.78	217.08	28.575	140.73	198.03		
12.700	156.60	213.90	31.750	137.55	194.85		
15.875	153.43	210.73	34.925	134.38	192.18		
19.050	150.25	207.55	38.100	131.20	188.50		
22.225	147.08	204.38	41.275	128.03	185.33		

#### 4.1.2 Análisis de la articulación del pistón de volteo con la cuchara

Este análisis nos llevará a obtener ordenadamente los datos del ángulo PBA y  $\overline{BP}$  por comodidad hacemos  $\overline{BP} = \overline{PB}$ . Para esto es importante seguir la secuencia de cálculos de la pág. 128 para estos parámetros y el detalle en el gráfico 1.2.7.

Notaremos que es necesario que el valor de  $\overline{BA}$  lo varíemos convenientemente en un rango de 40,50 con intervalos de 1.25 para que el desplazamiento real sea 10 mm (escala 1:8) a fin de obtener  $\overline{BP}$  y  $\angle PBA$  aprovechando el valor del  $\angle BAP = \phi_3 = 70^\circ$  del gráfico 1.2.7

$$\overline{BP} = \sqrt{\overline{PA}^2 + \overline{BA}^2 - 2(\overline{PA})(\overline{BA}) \cos \phi_3}$$

$\overline{BA}$  dato de la cuchara

$\overline{PA}$  los valores con sus rangos obtenidos en el cuadro 4.

1.1.

Estamos acomodando las variables de acuerdo a nuestros programas por lo que con  $\overline{BA}$ ,  $\overline{PA}$ ,  $\phi_3$  y  $\overline{BP}$  obtendremos el  $\angle PBA$ :

$$\angle PBA = \arccos \frac{\overline{BP}^2 + \overline{BA}^2 - \overline{PA}^2}{2(\overline{BP})(\overline{BA})}$$

Para este caso el gráfico 1.2.7 es válido, ya que estamos introduciendo en forma general los parámetros del sistema de volteo para el modelo Jarvis Clark en base al modelo Wagner sólo teniendo presente que  $\angle BAP = \phi_3 = 68^\circ$

En vista que las relaciones anteriores nos llevan a obtener un cuadro por cada valor de  $\overline{PA}$  del cuadro 4.1.1

será mejor hacer un algoritmo que lo llamaremos "PRG AUXI" que agrupará toda la secuencia de cálculos descrita.

A partir de este diagrama de flujo obtendremos el "PROGRAMA AUXI" correspondiente.

```

10 REM PRG AUXI
20 REM CALCULOS AUXILIARES OPTIMIZACION
30 READ PI, F3
40 DATA 57.30 68
50 INPUT "PA"; PA
60 INPUT "BA"; BA
70 LET BP = SQR (PA^2+BA^2-2*PA*BA*COS(F3/PI))
80 LET PY = (BP^2+BA^2-PA^2)/(2*BP*BA)
90 LET PBA = (ATN(SQR((1-PY^2)/PY^2)))*PI
100 N(1) = BA
110 N(2) = BP
120 N(3) = PBA
130 FOR I = 1 TO 3
140 N(I) = (INT (N(I) 100))/100
150 PRINT I
160 NEXT I
170 IF BA = 50 THEN END

```

Los valores de los cuadros nos servirán para realizar el proceso de optimización en forma ordenada aprovechando el programa generalizado "PRG CALGRALIII" con pequeñas modificaciones a fin de introducir ciertos conceptos y lograr nuestros objetivos.

#### 4.1.3 Obtención de los programas generalizados para optimización

Buscaremos un programa generalizado "PRG PROTO I" a partir del programa "PRG CALGRALII" para poder evaluar a nuestro prototipo.

El programa "PRG PROTOI" será obtenido con el total programa "PRG CALGRALII" modificado por:

```

5    REM ENSAYO PROTOTIPO JARVIS
10   REM PRG PROTOI
1070 INPUT "PAMIMA"; PA,MI,MA
1080 INPUT "BPPBA"; BP,PBA
2130 IF GP < MA THEN 1150
2075 M(9) = AM
2080 FOR I = 1 TO 9

```

Veamos:

Sentencia 5 enunciaremos nuestro programa.

Sentencia 10 nombramos el programa.

Sentencia 1030 variamos el ingreso con PA y los valores de GP mínimo y máximo que tomaremos del cuadro 4.1.1.

Sentencia 1080 ingresamos  $\bar{BP}$  y  $\alpha$  PBA de los cuadros del 4.1.2.1 al 4.1.2.11 secuencialmente.

La sentencia 2130 ponemos  $\bar{MA}$  que es el valor máximo de  $\bar{GP}$ .

Sentencia 2075 incrementamos la salida de  $\alpha$ m.

Sentencia 2080 modificamos el loop con I de 8 a 9 por agregar  $\alpha$  m.

CUADRO 4.1.2.1  $\bar{P}A = 9.525\text{mm}$

$\bar{B}A$	mm	30	32.5	35.00	37.5	40.00	42.5	45.00	47.5	50
$\bar{B}P$	mm	27.86	30.24	32.64	35.06	37.48	39.92	42.36	44.80	47.26
PBA	o	18.47	16.97	15.69	14.58	13.62	12.78	12.03	11.36	10.76

CUADRO 4.1.2.2  $\bar{P}A = 12.700\text{mm}$

$\bar{B}A$	mm	30	32.5	35	37.5	40	42.5	45	47.5	50
$\bar{B}P$	mm	27.85	30.13	32.45	34.79	37.15	39.53	41.92	44.33	46.74
PBA	o	25.01	23.00	21.27	19.78	18.47	17.32	16.31	15.40	14.58

477A

CUADRO 4.1.2.3  $\bar{P}A = 15.875\text{mm}$

$\bar{B}A$	mm	30	32.5	35	37.5	40	42.5	45	47.5	50
$\bar{B}P$	mm	28.19	30.35	32.56	34.81	37.09	39.40	41.73	44.08	46.44
PBA	o	31.46	29.00	26.87	25.01	23.37	21.93	20.65	19.50	18.47

CUADRO 4.1.2.4  $\bar{P}A = 19.050\text{mm}$

$\bar{B}A$	mm	30	32.5	35	37.5	40	42.5	45	47.5	50
$\bar{B}P$	mm	28.89	30.90	32.98	35.12	37.30	39.52	41.77	44.05	46.35
PBA	o	37.69	34.85	32.37	30.18	28.25	26.54	25.01	23.63	22.39

CUADRO 4.1.2.5  $\bar{P}A = 22.225\text{mm}$

$\bar{B}A$	mm	30	32.5	35	37.5	40	42.5	45	47.5	50
$\bar{B}P$	mm	29.90	31.76	33.70	35.71	37.78	39.90	42.06	44.26	46.48
PBA	o	43.55	40.44	37.69	35.23	33.05	31.09	29.33	27.74	26.31

CUADRO 4.1.2.6  $\bar{P}A = 25.400\text{mm}$

$\bar{B}A$	mm	30	32.5	35	37.5	40	42.5	45	47.5	50
$\bar{B}P$	mm	31.21	32.90	34.69	36.57	38.52	40.52	42.58	44.69	46.83
PBA	o	48.98	45.70	42.74	40.08	37.69	35.52	33.57	31.80	30.18



CUADRO 4.1.2.7  $\bar{P}A = 28.575\text{mm}$

$\bar{B}A$	mm	30	32.5	35	37.5	40	42.5	45	47.5	50
$\bar{B}P$	mm	32.77	34.30	35.94	37.67	39.49	41.38	43.33	45.33	47.39
PBA	o	53.94	50.56	47.48	44.68	42.12	39.80	37.69	35.75	33.99

CUADRO 4.1.2.8  $\bar{P}A = 31.750\text{mm}$

$\bar{B}A$	mm	30	32.5	35	37.5	40	42.5	45	47.5	50
$\bar{B}P$	mm	34.55	35.93	37.42	39.01	40.69	42.46	44.29	46.19	48.15
PBA	o	58.41	55.01	51.87	48.98	46.33	43.89	41.64	39.58	37.69

CUADRO 4.1.2.9  $\bar{P}A = 34.925\text{mm}$

$\bar{B}A$	mm	30	32.5	35	37.5	40	42.5	45	47.5	50
$\bar{B}P$	mm	36.53	37.75	39.09	40.55	42.10	43.74	45.46	47.25	49.10
PBA	o	62.42	59.05	55.91	52.98	50.27	47.75	45.41	43.25	41.26

CUADRO 4.1.2.10  $\bar{P}A = 38.100\text{mm}$

$\bar{B}A$	mm	30	32.5	35	37.5	40	42.5	45	47.5	50
$\bar{B}P$	mm	38.66	39.74	40.95	42.27	43.69	45.21	46.81	48.49	50.23
PBA	o	66.00	62.71	59.60	56.68	53.94	51.37	48.98	46.75	44.68

CUADRO 4.1.2.11  $\bar{P}A = 41.275\text{mm}$

$\bar{B}A$	mm	30	32.5	35	37.5	40	42.5	45	47.5	50
$\bar{B}P$	mm	40.39	41.88	42.96	44.15	45.45	46.85	48.33	49.90	51.54
PBA	o	69.20	66.00	62.96	60.07	57.33	54.76	52.34	50.07	47.93

El algoritmo del "PRG PROTOI " nos permitirá obtener los valores de las fuerzas con sus ángulos para cada valor de  $\bar{P}A$ ,  $\bar{G}P_{min}$ ,  $\bar{G}P_{max}$ ,  $\bar{B}P$ ,  $PBA$  y los valores de  $\bar{D}E$  y  $\bar{G}P$  respectivos.

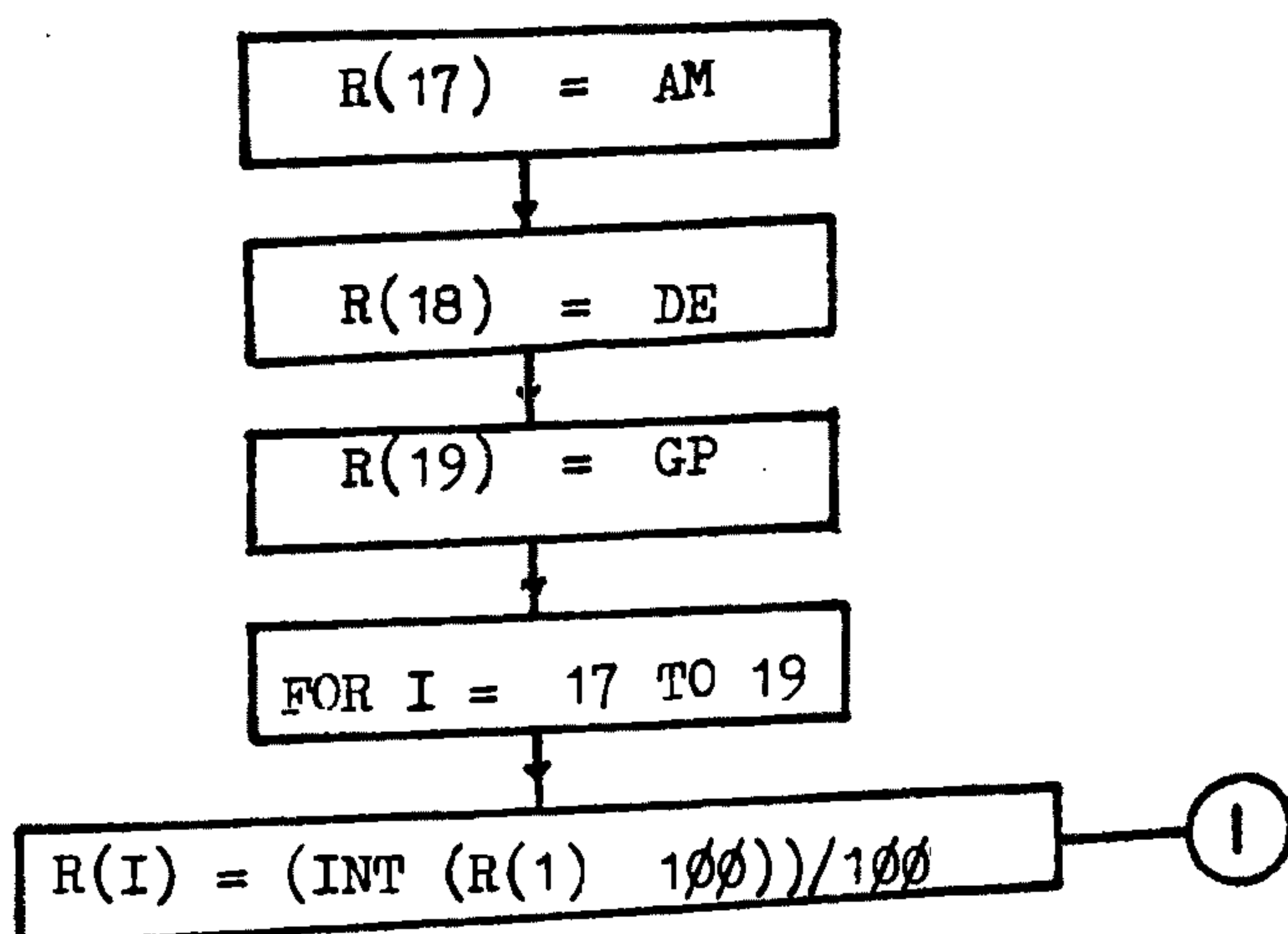
#### 4.1.4 Obtención del programa generalizado para cálculo de fuerzas máximas

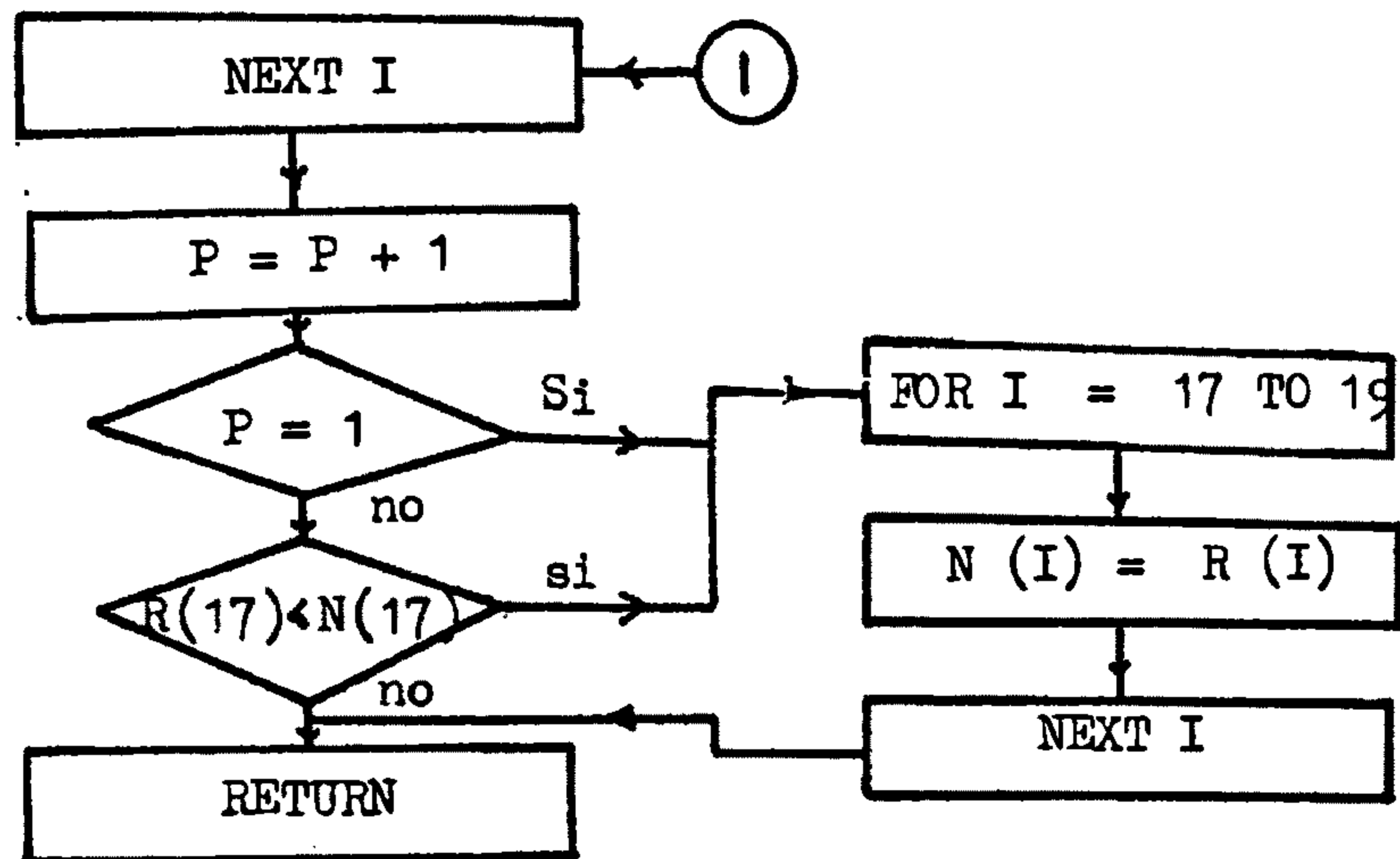
En esta secuencia debemos conseguir además de los valores máximos de las fuerzas el valor de  $\alpha_m$  mínimo que nos interesa para lograr vaciar la cuchara totalmente a fin que quede totalmente vacía.

Este objetivo lo lograremos con el programa "PRG PROTOII", el cual lo obtenemos principalmente del "PRG CALGRALIV" que es variado por un algoritmo modificadorio - que se compone de dos partes:

La primera compuesta por sentencias sencillas de adaptación que explicaremos.

La segunda basada en el diagrama de flujo que mostramos y que tiene por objeto hallar el valor mínimo de  $\alpha_m$  para el sistema con carga mediante una subrutina.





Entonces el programa "PRG PROTOII" se obtendrá con el "PRG CALGRALIV" modificándolo con el algoritmo siguiente:

```

5   REM ENSAYO PROTOTIPO JARVIS
10  REM PRG PROTOII
15  DIM M(16),N(19),R(19)
170 INPUT "PAMIMA"; PA,MI,MA
180 INPUT "BPPBA"; BP,PBA
1130 FOR DE = 90.21 TO 127 STEP 7.198
1153 LET MX = INT(MA) + 1
1155 FOR GP = MI TO MX STEP 11.460
1280 GOSUB 8000
2130 FOR I = 1 TO 19
8000 REM SUBROUTINA AM MINIMO
8010 R(17) = AM
8020 R(18) = DE
8030 R(19) = GP
8040 FOR I = 17 TO 19
8050 R(I) = (INT(R(I)*100))/100
  
```

```

8060 NEXT I
8070 LET P = P + 1
8080 IF P = 1 THEN 8110
8090 IF R(17) < N(17) THEN 8110
8100 GO TO 8140
8110 FOR I = 17 TO 19
8120 N(I) = R(I)
8130 NEXT I
8140 RETURN

```

Expliquemos el diagrama de flujo:

Definimos  $R(17)$ ,  $R(18)$  y  $R(19)$  a fin de buscar el valor mínimo de  $\alpha_m$  y sus respectivos valores de  $\overline{DE}$  y  $\overline{GP}$  y poder agregarlos al listado  $N(I)$  del "PRG CALGRALIV".

El loop FOR I, R(I), NEXT I están limitando a que los valores tengan dos cifras decimales solamente.

El contador P sirve para almacenar los primeros valores de  $\alpha_m$ ,  $\overline{DE}$  y  $\overline{GP}$  a fin de tener un punto de comparación ayudado por el condicional  $P = 1$ .

El condicional  $R(17) < N(17)$  compara si el último valor de  $\alpha_m$  calculado es menor o no que el último menor acumulado y de ser así se acumula junto con  $\overline{DE}$  y  $\overline{GP}$ .

El loop FOR I, N(I), NEXT I sirve para almacenar los valores mínimos después de compararlos.

Tengamos presente que ésta es una subrutina del programa principal "PRG PROTO II".

Describamos ahora el algoritmo modificadorio del "PR

G CALGRALIV" que da origen al "PRG PROTOII".

Sentencia 5 definimos que es un ensayo del prototipo -  
Jarvis.

Sentencia 10 nombramos el programa.

Sentencia 15 redimensionamos las variables suscritas a-  
gregando R(19).

Sentencia 1070 damos ingreso a los valores de  $\bar{P}A$  y los  
valores de  $\bar{G}P$  mínimo y  $\bar{G}P$  máximo correspondientes según  
el cuadro 4.1.1.

Sentencia 1080 ingresamos los valores de  $\bar{B}P$  y PBA co-  
rrespondientes de los cuadros 4.1.2.1 al 4.1.2.11 co-  
rrespondientes para cada valor de  $\bar{P}A$ .

Sentencia 1130 ingreso al loop DE pero con intervalo de  
7.198 para que el tiempo de interacción sea corto en la  
microcomputadora.

Sentencia 1153 definimos  $\bar{M}X$  como el número entero inme-  
diato superior al valor de  $\bar{G}P$  máximo.

Sentencia 1155 abrimos el loop  $\bar{G}P$  con los valores ingre-  
sados de  $\bar{G}P$  mínimo y  $\bar{G}P$  máximo e intervalo 11.460 para  
disminuir el tiempo de iteración.

Sentencia 1205 mediante ésta, salimos a la subrutina pa-  
ra encontrar el valor mínimo de  $m$  en cada iteración.

Sentencia 2130 definimos el loop de N(I) con FOR I de 1  
a 19 en lugar de 1 a 16 para incluir los valores de  $m$   
mínimo y su respectivo  $\bar{D}E$  y  $\bar{G}P$ .

Sentencia 8000 enunciamos la subrutina originada por -  
nuestro diagrama de flujo mostrado.

Sentencias 8010, 8010, 8030 definen los valores de  $m$ ,  $\overline{DE}$  y  $\overline{GP}$  con la variable suscrita R(I).

Sentencias 8040, 8050, 8060 procesan los valores a fin de tener valores con dos decimales.

Sentencia 8070 y 8080 vemos el contador P que permite - para  $P = 1$  acumular el primer juego de valores para comparar en cada iteración.

Sentencia 8090 después de la primera iteración después de calcular  $\alpha_m$  se compara a fin de acumular siempre el  $\alpha_m$  menor.

Sentencia 8100 permite pasar a otra iteración si el valor  $\alpha_m$  obtenido 120 es menor que el acumulado haciendo concluir la subrutina.

Sentencia 8110 a 8130 permite almacenar el valor menor de  $\alpha_m$  mediante N(I) con  $I = 17$  a 19 completando el loop FOR I = 1 TO 19 del programa principal (sentencia 8040)

Debemos tener presente que los programas generalizados del capítulo 3, PRG CALGRALII, PRG CALGRALIV, PRGCAL--GRALVI, y PRG CALGRALVIII corresponden al sistema Jarvis los cuales con pequeñas modificaciones de su algo--ritmo pueden usarse también en la secuencia de optimización.

#### 4.1.5 Evaluación del sistema de volteo variando diferentes pa rámetros

Del análisis hecho al pistón de volteo podemos con--cluir que:

- a) Podemos conservar la carrera del pistón pero variando los valores de  $\overline{GP}$  mínimo y máximo.
- b) La articulación  $\overline{PA}$  también puede tener valores diferentes pero que faciliten su construcción.

Adicionalmente podemos también variar el valor de  $\overline{BA}$  para que evaluando el sistema con variación ordenada de estos parámetros tengamos alternativas de un sistema de volteo más óptimo.

Elegimos un valor de  $\overline{PA} = 31.75\text{mm}$  para que  $\overline{PA}$  real sea  $10''$  ( $31.75 \times 8 : 25.4 = 10''$ ) ya que la articulación  $\overline{PA}$  del sistema Wagner es  $10''$ ; por comodidad.

También tomamos del triángulo PAB de la cuchara del sistema Wagner  $\angle PAB = 68^\circ = \phi_3$ ; para  $\overline{PA}$  corresponderá  $\overline{BP}$  y  $\angle PBA$ .

Luego variamos el rango de  $\overline{GP}$  aumentando 2.50 mm al  $\overline{GP}_{\min}$  y  $\overline{GP}_{\max}$  teniendo en cuenta las condiciones iniciales del diseño y conservando siempre la carrera del pistón de volteo.

Finalmente, variamos  $\overline{BA}$  conforme se muestra en el gráfico 4.1.2 desde  $\overline{BA} = 50\text{mm}$  hasta  $\overline{BA} = 30\text{mm}$  sobre el círculo base  $\overline{OB}$  a fin de facilitar cálculos teniendo en cuenta que para cada valor de  $\overline{BA}$  tendremos consigo valores de  $\overline{ABC}, \overline{BC}, \overline{BX}, \overline{BY}$  según las coordenadas del gráfico 4.1.2.

Con esta referencia armamos el cuadro 4.1.5.1 para lograr los diferentes resultados que se muestran al detalle en el cuadro 4.1.5.2 donde calculamos las fuerzas



CUADRO 4.1.5.1

$\bar{P}A = 31.75 \text{ mm}$   $\phi 3 = 68^\circ$

$\bar{A}C = 48.63 \text{ mm}$

$\bar{G}P \text{ MIN mm}$  130.05 132.55 135.05  
 $\bar{G}P \text{ MAX mm}$  187.35 189.35 192.35

ABC	$\bar{B}C$	$\bar{B}X$	$\bar{B}Y$	$\bar{B}A$	$\bar{B}P$	PBA		
o	mm	mm	mm	mm	mm	o		
56.59	52.50	77.30	7.90	50.00	48.15	37.69	c	1
57.20	53.50	74.60	7.60	47.50	46.19	39.58	c	13
58.00	54.00	70.70	7.40	45.00	44.29	41.64	c	c
58.44	54.70	67.00	7.30	42.50	42.46	43.89	c	c
58.57	55.50	63.50	7.80	40.00	40.69	46.33	c	c
58.78	56.00	60.30	8.20	37.50	39.01	48.98	c	c
58.48	56.70	56.90	8.90	35.00	37.42	51.87	c	c
57.99	57.30	53.40	9.70	32.50	35.93	55.01	c	c
56.93	58.00	50.30	10.90	30.00	34.55	58.41	c	c

CUADRO 4.1.5.1 (Continuación)

137.55	140.05	142.55	145.05	147.55	150.05	152.55	155.05	157.55	160.05
194.85	197.35	199.85	202.35	204.85	207.35	209.85	212.35	214.85	217.35
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
c	34	35	36	37	38	39	40	41	42
c	c	43	44	45	46	47	48	49	50
c	c	c	51	52	53	54	55	56	57
c	c	c	c	58	59	60	61	62	63
c	c	c	c	c	64	65	66	67	68
c	c	c	c	c	c	69	70	71	72

CUADRO 4.1.5.2

Result. N°	1	2	3	4	5	6
$R_G$ Kgr	2339.66	2331.62	2204.90	2250.73	2308.77	2360.74
$\rho_8$ °	153.19	153.90	154.50	151.77	152.72	153.50
$\overline{DE}$ mm	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20
$\overline{GP}$ mm	144.00	146.50	149.00	140.05	142.55	145.05
$R_B$ Kgr	3991.02	3835.11	3868.60	3997.48	4023.15	3928.35
$\alpha_4$ °	66.04	65.79	69.21	67.80	66.90	65.93
$\overline{DE}$ mm	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20
$\overline{GP}$ mm	166.92	169.42	160.46	162.96	165.46	167.96
$R_D$ Kgr	17674.00	17679.90	17672.48	17649.55	17665.29	17677.92
$\rho_9$ °	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65
$\overline{DE}$ mm	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20
$\overline{GP}$ mm	155.46	157.96	160.46	162.96	154.00	156.50
$R_F$ Kgr.	15568.39	15598.15	15618.78	15628.66	15547.40	15581.78
$\beta_1$ °	-48.13	-47.59	-47.02	-46.43	-48.45	-47.91
$\overline{DE}$ mm	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20
$\overline{GP}$ mm	155.46	157.96	160.46	162.96	154.00	156.50
$\alpha_n$ °	6.31	3.31	0.26	-2.82	-5.85	-8.86
$\overline{DE}$ mm	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20
$\overline{GP}$ mm	189.84	192.34	194.84	197.34	199.84	202.34

CUADRO 4.1.5.2 (Continuación)

7	8	9	10	11	12	13
2278.75	2152.05	2032.67	1968.27	1902.72	1850.78	2561.50
154.16	154.72	155.19	165.55	213.81	176.30	152.84
90.20	90.20	90.20	97.40	126.20	104.60	90.20
147.55	150.05	152.55	155.05	169.00	160.05	146.50
3795.95	3921.49	4052.95	4011.49	3862.21	3847.51	4195.59
70.04	68.62	67.22	66.15	65.83	69.44	64.05
126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20
159.00	161.50	164.00	166.50	169.00	160.05	169.42
17678.58	17665.03	17653.18	17671.86	17679.78	17674.81	17541.74
121.65	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65
126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20
159.00	161.50	152.55	155.05	157.55	160.05	157.96
15607.93	15624.30	15629.17	15562.61	15593.74	15616.02	15507.16
-47.36	-46.78	-46.17	-48.22	-47.68	-47.12	-46.94
126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20
159.00	161.50	164.00	155.05	157.55	160.05	157.96
-11.84	-14.82	-17.80	-20.78	-23.77	-26.79	5.28
90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20
204.84	207.34	209.84	212.34	214.84	217.34	192.34

CUADRO 4.1.5.2 (Continuación)

14	15	16	17	18	19	20
2609.02	2481.15	2479.06	2532.43	2581.56	2566.20	2420.39
153.52	154.08	151.47	152.39	153.14	153.76	154.29
90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20
149.00	151.50	142.55	145.05	147.55	150.05	152.55
3995.81	4140.18	4292.33	4192.87	4022.27	4055.01	4202.54
67.51	66.04	64.58	64.16	63.96	66.90	65.43
126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20
160.46	162.96	165.46	167.96	170.46	161.50	164.00
17524.57	17542.77	17559.82	17549.42	17533.08	17533.11	17547.78
121.65	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65
126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20
149.00	151.50	154.00	156.50	159.00	150.05	152.55
15517.01	15514.44	15497.26	15496.46	15512.63	15517.56	15509.20
-46.30	-45.63	-44.90	-47.30	-46.68	-46.02	-45.33
126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20
160.46	162.96	165.46	156.50	159.00	161.50	164.00
2.07	-1.15	-4.33	-7.47	-10.59	-13.69	-16.79
90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20
194.84	197.34	199.84	202.34	204.84	207.34	209.84

CUADRO 4.1.5.2 (Continuacion)

21	22	23	24	25	26	27
2295.64	2217.54	2134.18	1797.19	1844.32	1781.48	1717.38
164.70	165.04	175.53	152.49	153.13	153.66	151.18
97.40	97.40	104.60	90.20	90.20	90.20	90.20
155.05	157.55	160.05	149.00	151.50	154.00	145.05
4273.86	4124.42	3972.22	4184.19	4289.41	4471.29	4481.95
64.46	64.09	67.76	62.09	64.22	62.69	62.36
126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20
166.50	169.00	160.05	171.92	162.96	165.46	167.96
17552.35	17544.46	17521.54	17415.73	17418.81	17411.52	17396.47
121.65	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65
126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20
155.05	157.55	160.05	149.00	151.50	154.00	145.05
15482.57	15500.43	15516.16	15390.24	15373.14	15373.72	15388.91
-47.66	-47.05	-46.41	-45.50	-44.72	-47.32	-46.64
126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20
155.05	157.55	160.05	160.46	162.96	154.00	156.50
-19.90	-23.02	-26.17	3.87	0.49	-2.83	-6.12
90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20
212.34	214.84	217.34	194.84	197.34	199.84	202.34

CUADRO 4.1.5.2 (Continuación)

28	29	30	31	32	33	34
2768.72	2817.00	2863.49	2713.31	2575.61	2489.75	3046.45
152.05	152.77	153.36	153.86	164.22	164.52	152.13
90.20	90.20	90.20	90.20	97.40	97.40	90.20
147.55	150.05	152.55	155.05	157.55	160.05	151.50
4299.29	4201.92	4369.07	4493.40	4408.66	4217.50	4473.41
62.19	65.12	63.58	62.63	62.29	62.12	62.35
126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20
170.46	161.50	164.00	166.50	169.00	171.50	162.96
17410.28	17418.09	17417.19	17404.76	17377.86	17333.32	17301.58
121.65	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65
126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20
147.55	150.05	152.55	155.05	157.55	160.05	140.05
15393.43	15385.01	15361.19	15389.77	15392.21	15391.63	15242.29
-45.93	-45.18	-44.38	-43.85	-46.35	-45.62	-47.47
126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20
159.00	161.50	164.00	166.50	157.55	160.05	151.50
-9.37	-12.61	-15.85	-19.09	-22.34	-25.62	2.13
90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20
204.84	207.34	209.84	212.34	214.84	217.34	197.34

CUADRO 4.1.5.2 (Continuación)

35	36	37	38	39	40	41
3095.66	3108.87	2963.90	3016.87	1067.11	3115.74	3132.21
152.73	153.23	150.88	151.71	152.39	152.95	153.42
90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20
154	156.50	147.55	150.05	152.55	155.05	157.55
4652.96	4737.23	4598.06	4388.02	4485.65	4693.19	4717.29
60.93	60.52	60.39	60.17	62.42	60.71	60.44
126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20
165.46	167.96	170.46	172.96	164.00	166.50	169.00
17297.74	17295.73	17291.34	17280.86	17260.08	17227.33	17177.13
121.65	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65
126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20
142.55	145.05	147.55	150.05	152.55	155.05	157.55
15254.54	15260.63	15247.90	15231.74	15272.08	15256.98	15255.00
-46.71	-42.57	-45.10	-47.91	-43.73	-46.38	-45.58
126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20
154.00	156.50	159.00	150.05	164.00	155.05	157.55
-1.36	-4.80	-8.20	-11.59	-14.96	-18.33	-21.73
90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20
199.84	202.34	204.84	207.34	209.84	212.34	214.84



CUADRO 4.1.5.2 (Continuación)

42	43	44	45	46	47	48
2845.67	3315.18	3365.00	3414.01	3252.69	3285.51	3336.03
153.80	151.76	152.33	152.80	153.18	151.37	152.01
90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20
160.05	154.00	156.50	159.00	161.50	152.55	155.05
4509.90	4846.68	4929.15	4909.34	4673.08	4764.79	4884.96
60.34	59.20	58.88	58.69	58.63	59.70	59.03
126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20
171.50	165.46	167.96	170.46	172.96	164.00	166.50
17106.07	17107.71	17181.38	17153.83	17120.31	17076.05	17016.72
121.65	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65
126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20
160.05	142.55	145.05	147.55	150.05	152.55	155.05
15239.79	15113.66	15100.96	15105.47	15113.48	15116.01	15109.84
-44.74	-46.01	-45.10	-48.12	-47.39	-46.52	-45.63
126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20
160.05	154.00	156.50	147.55	150.05	152.55	155.05
-25.15	0.13	-3.46	-7.02	-10.56	-14.08	-17.60
90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20
217.34	199.84	202.34	204.84	207.34	209.84	212.34

CUADRO 4.1.5.2 (Continuación)

49	50	51	52	53	54	55
3385.47	3375.41	3603.19	3657.90	3711.56	3618.32	3570.51
152.54	152.97	151.39	151.92	152.36	152.70	151.03
90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20
157.55	160.05	156.50	159.00	161.50	164.00	155.05
4959.62	4813.28	5135.68	5206.73	4987.17	4940.62	5092.99
58.77	58.67	57.24	57.05	57.06	58.20	57.36
126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20
169.00	171.50	167.96	170.46	172.96	164.00	166.50
16937.70	16833.87	17059.88	17001.87	16938.61	16863.72	16771.63
121.65	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65
126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20
157.55	160.05	145.05	147.55	150.05	152.55	155.05
15127.50	15058.72	14996.53	14998.56	14976.53	14961.20	14936.74
-41.38	-43.73	-48.90	-40.07	-46.89	-45.87	-44.83
126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20
169.00	160.05	145.05	170.46	150.05	152.55	155.05
-21.14	-24.70	-2.12	-5.84	-9.53	-13.20	-16.88
90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20
214.84	217.34	202.34	204.84	207.34	209.84	212.34

CUADRO 4.1.5.2 (Continuación)

56	57	58	59	60	61	62
3626.11	3680.32	3914.48	3977.21	4038.24	4026.87	3876.67
151.63	152.11	151.01	151.55	151.90	152.21	150.67
90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20
157.55	160.05	159.00	161.50	164	166.50	157.55
5165.24	5139.10	5423.47	5324.96	5223.44	5320.18	5384.89
57.17	57.03	55.51	55.46	55.95	55.67	55.59
126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20
169.00	171.50	170.46	172.96	164.00	166.50	169.00
16656.34	16511.22	16840.31	16737.80	16623.73	16489.73	16328.19
121.65	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65
126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20
157.55	160.05	147.55	150.05	152.55	155.05	157.55
14939.80	14844.52	14857.81	14823.11	14784.74	14737.09	14733.31
-40.17	-42.59	-47.58	-46.39	-45.19	-43.95	-38.83
126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20
157.55	160.05	147.55	150.05	152.55	155.05	169.00
-20.57	-24.28	-4.60	-8.45	-12.28	-16.11	-19.96
90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	90.20
214.84	217.34	104.84	107.34	209.84	212.34	214.84

CUADRO 4.1.5.2 (Continuación)

63	64	65	66	67	68	69
3940.84	4353.19	4389.84	4403.13	4475.90	4233.12	4789.18
151.23	193.63	193.31	151.43	151.71	161.69	161.13
90.20	119.00	119.00	90.20	90.20	97.40	97.40
160.05	172.96	175.46	166.50	169.00	171.50	175.46
5451.51	5688.27	5647.44	5555.66	5612.85	5674.53	6000.94
55.45	53.96	41.01	54.06	54.07	54.01	39.17
126.20	126.20	119.00	126.20	126.20	126.20	119.00
171.50	172.96	175.46	166.50	169.00	171.50	175.46
16178.89	16531.22	16364.56	16175.23	15952.91	15824.90	16076.81
121.65	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65	121.65
126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20	126.20
171.50	150.05	152.55	155.05	157.55	171.50	152.55
14842.51	14957.84	14905.20	15136.02	15339.38	14936.91	15434.37
-38.76	-48.96	-50.78	-50.75	- 50.71	-49.06	-48.15
126.20	97.40	90.20	90.20	90.20	97.40	97.40
171.50	172.96	164.00	166.50	169.00	171.50	175.46
-23.82	-7.26	-11.25	-15.24	-19.24	-26.16	-10.01
90.20	90.20	90.20	90.20	90.20	126.20	90.20
217.34	207.34	209.84	212.34	214.84	217.34	209.84

CUADRO 4.1.5.2 (Continuación)

70	71	72
4955.99	4814.33	4901.80
181.23	150.95	151.18
111.80	90.20	90.20
177.96	169.00	171.50
5797.63	5844.32	5897.65
52.56	52.66	52.67
126.20	126.20	126.20
166.50	169.00	171.50
15815.26	15513.66	15457.83
121.65	121.65	121.65
126.20	126.20	126.20
155.05	157.55	171.50
15318.60	15565.13	15780.60
-50.39	-50.34	-50.30
90.20	90.20	90.20
166.50	169.00	171.50
-14.16	-20.39	-30.30
90.20	126.20	126.20
212.34	214.84	217.34

máximas con sus ángulos y el valor de  $m$  mínimo con ayuda del programa "PRG PROTOII" acondicionado.

Para el ingreso de variables según el cuadro 4.1.5.1

Las letras c del cuadro 4.1.5.1 son resultados que originan un error debido a que el valor de  $\overline{GP}$  más el  $\overline{PA}$  no llegan a tocar el punto A de la cuchara tal como se detalla en el gráfico 4.1.3.

Los números corresponden a los resultados mostrados en el cuadro 4.1.5.2.

Ahora es necesario acotar que la regulación de las presiones del sistema hidráulico que gobiernan los pistones de volteo e izaje es, por lo general 1,900 psi como presión promedio máxima con lo que podemos obtener la fuerza máxima de  $R_G$  y  $R_D$  con los datos de la pág.28

Entonces:

$$R_G = \frac{1900 \text{ lbs}}{\text{plg}^2} \times \left( \frac{\pi (5^2 - 2^2)}{4} \right) \text{ plg}^2 \times \frac{\text{kgr}}{2.201 \text{ b}}$$

$$R_G = 14,244.27 \text{ KGR (Como valor máximo de } R_G)$$

También:

$$R_D = \frac{1900 \text{ lbs}}{\text{plg}^2} \times \left( \frac{\pi (6^6)}{4} \right) \text{ plg}^2 \times \frac{\text{kgr}}{2.201 \text{ b}}$$

$$R_D = 24,418.74 \text{ KGR (como valor máximo de } R_D)$$

Si observamos los valores de  $R_G$  y  $R_D$  del cuadro 4.1.4.2 apreciamos que el valor máximo de  $R_G = 4955.99 \text{ KGR}$  en resultado No 70 que representa el 34.79% del valor máximo que puede tener  $R_G$ . Así mismo el valor máximo de  $R_D = 17679.90 \text{ KGR}$  en el resultado No 1 que representa el 72.40%

de la capacidad máxima de dicho pistón. Esto nos lleva a la conclusión de que no es muy importante la variación de los valores máximos en el proceso de optimización ya que hay un buen margen de seguridad en este sentido.

En consecuencia será más útil escoger un diseño que nos disminuya el  $\alpha_m$  mínimo y el  $\alpha_m$  para  $\overline{DE}$  y  $\overline{GP}$  máximo a fin de facilitar la operación del sistema de volteo con carga.

Para ello será necesario analizar mediante el programa "PRG PROTOI" los valores de  $\alpha_m$  mínimo teniendo en cuenta que  $\alpha_m$  máximo de diseño para  $\overline{GP}$  mínimo es  $\alpha_m = 94.44$  con  $\overline{BA} = 45$  mm y el valor de  $\overline{GP} \in [169.3, 226.6]$  mm; este valor de  $\alpha_m$  lo tendremos que conservar en nuestro prototipo para asegurar el llenado de la cuchara tan igual como el diseño original.

Tengamos también presente que el pistón de levante  $\overline{DE}$  y su carrera permanecerán inalterables por tanto  $\overline{DE} \in [90.21, 126.2]$  mm. como en su diseño original.

Con estas premisas y adecuando el programa "PRG PROTOI" para el ingreso de los mismos datos del Cuadro 4.1.5.1 que son:  $\overline{PA}, \overline{AC}, \phi_3, \overline{GP}_{\min}, \overline{GP}_{\max}, \overline{ABC}, \overline{BC}, \overline{BX}, \overline{BY}, \overline{BA}, \overline{BP}$  y  $\angle PBA$  lograremos el cuadro 4.1.5.3.

Como la operación normal de estos equipos de carguío la realizan cargando a un volquete, un carro metalero, etc. debemos elegir el óptimo prototipo para  $\overline{DE} = 126.2$  mm y un  $\alpha_m$  cercano a cero. Este caso en el cuadro 4.1.5.3 es para  $\overline{BA} = 35$  mm teniendo en cuenta que  $\alpha_m$  de dise-

CUADRO 4.1.3

$\bar{P}A$ (mm)	$\bar{A}C$ (mm)	$\phi_3$ (°)	$\bar{B}A$ (mm)	$\bar{B}Y$ (mm)	$\bar{B}X$ (mm)	$\bar{B}C$ (mm)	$\bar{B}P$ (mm)	$PBA$ (°)	$\bar{G}P$ MIN (mm)	$\bar{G}P$ MAX (mm)	$\alpha_m$ MIN	$\alpha_m$ MAX	$\bar{D}E$ (mm)
31.75	48.63	68						94.44	57.30	90.21	126.20		
ABC													
°													
56.59	52.50	7.90	50.00	48.15	37.69	131.752	189.052	7.26	30.41				
57.20	53.50	7.60	47.50	46.19	39.58	134.590	191.890	5.87	27.42				
58.00	54.00	7.40	45.00	44.29	41.64	137.550	194.850	3.87	23.79				
58.44	54.70	7.30	42.50	42.46	43.89	140.618	197.918	1333	19.47				
58.57	55.50	7.80	40.00	40.69	46.33	143.783	201.083	-1.65	14.38				
58.78	56.00	8.20	37.50	39.01	48.98	147.026	204.326	-5.06	8.38				
58.48	56.70	8.90	35.00	37.42	51.87	150.358	207.658	-8.92	1.20				
57.99	57.30	9.70	32.50	35.93	55.01	153.770	211.070	-13.19	-7.65				
56.93	58.00	10.90	30.00	34.55	58.41	157.269	214.69	-17.85	-19.45				



ño ( $\bar{BA} = 45\text{mm}$ ,  $\bar{DE} = 126.2\text{mm}$ ) es  $23.79^\circ$  por lo que la cuchara fácilmente no va a descargar y hay que esforzar el sistema de volteo, entonces elegiremos  $\alpha_m = 1.20^\circ$  con los parámetros siguientes:  $\bar{DE} = 90.21$   $\bar{DE} = 162.2$ .

ABC	$\bar{BC}$	$\bar{BX}$	$\bar{BY}$	$\bar{BA}$	$\bar{BP}$	PBA	$\bar{GP}$ Min
58.48	56.70	56.90	8.90	35	37.42	51.87	150.358
$\bar{GP}$ Máx	$\alpha_m$ Min	$\alpha_m$ Min					
207.658	-8.92	1.20					

La secuencia de variación de  $\bar{BA}$  manteniendo  $\alpha_m \text{ Max} = 94.44$  y los parámetros del cuadro 4.1.4.3 son mostrados en el gráfico 4.1.4 donde se refleja el sistema de volteo con la cuchara para distintos valores de  $\bar{BA}(\text{mm})$  tales como 50,45,40,35,30 nombrados correlativamente en la cuchara con los números 2,1,3,4,5 donde podemos chequear los valores de  $\bar{GP}$  Min para  $\alpha_m \text{ Max} = 94.44$ .

#### 4.1.6 Evaluación de algunos parámetros del prototipo óptimo.

Con este fin aprovechando los programas obtendremos los parámetros importantes del diseño original y del prototipo para su comparación.

4.1.6.1 Cálculo de fuerzas máximas y  $\alpha_m$  mínimo..- Tengamos presente que el prototipo será con  $\bar{BA} = 35\text{mm}$  y el diseño original con  $\bar{BA} = 45\text{mm}$  y los valores de los cuadros precedentes.

Para  $\bar{BA} = 45\text{mm}$ ; con ayuda del "PRG PROTOII"

$$R_G = 2797.19\text{Kgr } \theta_8 = 152.49^\circ$$

$$\bar{DE} = 90.20 \text{ mm } \bar{GP} = 149.00\text{mm}$$

$$R_B = 4184.19 \text{KGR } \alpha_4 = 62.09^\circ$$

$$\overline{DE} = 126.20 \text{mm } \overline{GP} = 171.92 \text{ mm}$$

$$R_D = 17415.73 \text{KGR } \rho_9 = 121.65^\circ$$

$$\overline{DE} = 126.20 \text{mm } \overline{GP} = 149 \text{mm}$$

$$R_F = 15390.24 \text{KGR } \beta_1 = -45.50^\circ$$

$$\overline{DE} = 126.20 \text{mm } \overline{GP} = 160.46 \text{mm}$$

$$\alpha_m \text{ MIN} = 3.87^\circ \quad \overline{DE} = 90.20 \text{mm} \quad \overline{GP} = 194.84 \text{mm}$$

Con ayuda del "PRG PROTO I"

$$\alpha_m \text{ MIN} = 23.79^\circ \quad \overline{DE} = 126.2 \text{mm} \quad \overline{GP} = 194.84 \text{mm}$$

De la misma forma:

Para  $\overline{BA} = 35 \text{mm}$

$$R_G = 3997.38 \text{KGR } \rho_8 = 194.44^\circ$$

$$\overline{DE} = 119 \text{mm} \quad \overline{GP} = 173.27 \text{mm}$$

$$R_B = 5341.77 \text{KGR } \alpha_4 = 43.55^\circ$$

$$\overline{DE} = 119 \text{mm} \quad \overline{GP} = 173.27 \text{mm}$$

$$R_D = 16724.86 \text{ KGR } \rho_9 = 121.65^\circ$$

$$\overline{DE} = 126.20 \text{mm} \quad \overline{GP} = 150.35 \text{mm}$$

$$R_F = 14818.81 \text{KGR } \beta_1 = -46.25^\circ$$

$$\overline{DE} = 126.20 \text{mm} \quad \overline{GP} = 150.35 \text{mm}$$

$$\alpha_m \text{ MIN} = -8.92 \quad \overline{DE} = 90.20 \text{mm} \quad \overline{GP} = 207.65 \text{mm}$$

$$\alpha_m \text{ MIN} = 1.20^\circ \quad \overline{DE} = 126.20 \text{mm} \quad \overline{GP} = 207.658 \text{mm}$$

#### 4.1.6.2 Evaluación de la reacción del tren posterior pa-

ra la cuchara con carga del prototipo. - Es nece-

sario evaluar el máximo valor de  $F_p$  a fin de ha-

llar la pendiente máxima en que puede operar -

sin riesgo de inestabilidad.

CUADRO 4.1.6.2.1       $F_p$  (KGR)      CRG = 1

$\overline{DE}_{mm}$	$\overline{GP}_{mm}$	90.21	93.81	97.41	101.01	104.61	108.21	111.80	115.40	119.00	122.60	126.20
150.36	1763.38	1841.18	1910.43	1968.51	2012.44	2039.16	2045.61	2028.03	1981.55	1899.29	1770.18	
156.09	1926.06	2004.47	2069.07	2119.66	2155.07	2173.37	2172.10	2147.80	2095.81	2009.48	1878.14	
161.82	2030.49	2114.13	2181.06	2231.83	2265.95	2282.14	2278.40	2251.65	2197.48	2109.87	1978.77	
167.55	2013.28	2194.19	2265.73	2319.44	2355.14	2372.20	2368.66	2341.77	2287.77	2200.68	2056.44	
173.28	1721.74	1938.26	2123.04	2273.24	2383.88	2446.01	2444.26	2418.90	2366.22	2242.19	2037.67	
179.01	1412.31	1623.96	1804.40	1951.43	2063.21	2136.04	2164.79	2141.05	2065.05	1945.85	1773.31	
184.74	1086.76	1282.86	1454.78	1596.32	1702.96	1768.95	1793.65	1782.92	1733.99	1640.96	1493.12	
190.47	772.89	936.93	1084.27	1209.59	1308.67	1379.39	1419.34	1426.13	1395.25	1320.44	1191.71	
196.20	515.70	638.92	758.08	866.55	957.36	1026.46	1070.11	1083.68	1062.67	1000.83	885.67	
201.93	370.96	435.39	518.94	599.71	671.28	728.63	766.03	778.90	761.58	706.11	603.43	
207.66	351.02	376.85	397.80	423.79	466.93	503.75	528.47	534.26	516.32	468.85	389.45	

CUADRO 4.1.6.2.2  $F_A$  (KGR) CRG = 1.

$\overline{DE}_{mm}$	$\overline{GP}_{mm}$	90.21	93.81	97.41	101.01	104.61	108.21	111.80	115.40	119.00	122.60	126.20
150.36	-4436.01	-4510.40	-4576.29	-4631.10	-4671.75	-4695.06	-4697.87	-4676.26	-4625.24	-4537.77	-4402.52	
156.09	-4596.22	-4672.14	-4733.92	-4892.82	-4813.61	-4828.44	-4823.40	-4794.95	-4738.31	-4646.71	-4509.29	
161.82	-4699.16	-4780.64	-4844.98	-4892.82	-4923.73	-4936.41	-4928.84	-4897.88	-4839.01	-4746.15	-4609.23	
167.55	-4575.32	-4859.94	-4929.00	-4979.85	-5012.46	-5025.89	-5018.50	-4987.35	-4928.67	-4836.48	-4685.49	
173.28	-3892.71	-4258.44	-4566.22	-4814.83	-4997.21	-5099.43	-5093.82	-5064.23	-5006.99	-4848.98	-4577.64	
179.01	-3196.44	-3564.58	-3869.96	-4515.25	-4301.24	-4424.37	-4477.51	-4447.81	-4344.39	-4186.37	-3959.69	
184.74	-2468.65	-2822.87	-3124.88	-3868.43	-3549.43	-3661.17	-3707.60	-3703.21	-3645.11	-3525.24	-3326.94	
190.47	-1765.84	-2071.78	-2338.45	-2560.10	-2734.83	-2861.53	-2938.95	-2965.15	-2934.14	-2836.00	-2652.62	
196.20	-1179.51	-1416.09	-1639.85	-1840.17	-2006.66	-2134.86	-2220.34	-2256.79	-2237.36	-2151.04	1972.09	
201.93	-849.50	-964.29	-1121.98	-1273.55	-1407.49	-1516.19	-1590.32	-1622.72	-1603.62	-1517.16	-1342.25	
207.66	-818.32	-843.86	-864.43	-900.94	-977.91	-1047.44	-1096.12	-1111.93	-1085.99	-1006.37	-867.17	

Para ello nos valemos del "FRG CALGRALVI" y los datos y consideraciones de las págs. 457 y 460 a fin de obtener los cuadros 4.1.6.2.1 y 4.1.6.2.2. para evaluar  $F_p$  y  $F_A$  (KGR) respectivamente.

Ahora podemos encontrar el valor máximo de  $F_p$  del cuadro 4.1.6.2.1.

Entonces  $F_p = 2446.01$  KGR y  $F_A = -5099.43$  KGR

Con el valor de  $F_{p\max} = 2446.01$  KGR  $< 3900$  KGR - tiene un margen de  $(3900:2446.01 \times 100 - 100 = 59.44\%)$  59.44%.

Este margen de 59.44% nos permite dar aproximadamente la inclinación máxima de rampa en la que podría trabajar la máquina a plena carga - sin comprometer su estabilidad.

Sea  $\theta$  el valor del ángulo de la rampa por lo que:

$$F_p = F_{p\max} \cos \theta$$

El valor máximo de  $\theta$  será:

$$\theta = \arccos \frac{2446.01}{3900}$$

$\theta_{\max} = 51.16^\circ$  ó una pendiente negativa máxima de 124.19%.

Por recomendación de catálogos obtenemos pendiente máxima recomendable 25% por las razones explicadas en pág. .

4.1.6.3. Evaluación de la reacción del tren posterior para  $\overline{DE}$  mínimo y la cuchara cargando un peso útil máximo  $W_u$ . - Es necesario evaluar para ello los valores  $R_G$ ,  $R_B$ ,  $R_D$  y  $R_F$  para  $\overline{DE} = 90.21\text{mm}$  y  $\overline{GP}$  variando en todo su rango teniendo en cuenta - que en  $W$  está incluido el peso de la cuchara - sin carga.

Supondremos también este peso  $W_u$  concentrado - en su centro de gravedad de la cuchara sin carga.

Para ello nos valdremos de "PRG CALGRALVIII" y los datos y consideraciones de las pág. 465 y 466 a fin de obtener el cuadro 4.1.6.3.1, pero cambiando los valores que corresponden a  $\overline{BA} = 45\text{mm}$  por los correspondientes a  $\overline{BA} = 35\text{mm}$ .

Podemos observa en el cuadro precedente que la carga útil  $W_u$  máxima es de  $W_u = 5429.47 \text{ KGR}$  para  $\overline{DE} = 90.21\text{mm}$  y  $\overline{GP} = 150.36\text{mm}$ . Este valor - que es para  $\overline{BA} = 35\text{mm}$  lo comparamos con  $W_u = 5529.47 \text{ KGR}$  para  $\overline{BA} = 45\text{mm}$ ., esta disminución en  $W_u_{45} - W_u_{35} = 100\text{KGR}$  es una variación muy pequeña ya que representa el 1.81% del valor de  $W$  máximo del diseño original ( $\overline{BA} = 45 \text{ mm}$ ).

#### 4.1.6.4 Resumen de las modificaciones finales.

En la cuchara:

a) Correr el punto B sobre el círculo base de -

CUADRO 4.1.6.3.1

$\bar{G}P$	$R_G$	$\beta_8$	$R_B$	$\alpha_4$	$R_D$	$\beta_9$	$R_F$	$\beta_1$	$F_P$	$W_u$
mm	KGR	o	KGR	o	KGR	o	KGR	o	KGR	KGR
150.36	8026.98	148.03	7006.84	13.61	16470.45	114.90	28677.78	-51.23	3876.00	5429.47
156.09	7720.34	150.28	6887.17	13.19	25850.81	114.90	28070.85	-51.19	3874.81	4929.47
161.82	7571.29	151.56	6823.24	12.64	25389.87	114.90	27655.01	-51.14	3857.96	4629.47
167.55	7441.55	152.32	6746.31	12.34	24985.74	114.90	27260.03	-51.12	3826.86	4429.47
173.28	7348.84	152.73	6709.17	13.19	25182.58	114.90	27345.28	-51.19	3861.40	4429.47
179.01	7223.01	152.48	6623.43	13.99	25167.62	114.90	27209.92	-51.27	3853.90	4429.47
184.74	7177.37	152.70	6577.36	14.14	25047.30	114.90	27058.95	-51.28	3829.04	4429.47
190.47	7384.02	152.31	6723.80	13.48	25349.89	114.90	27483.55	-51.22	3869.18	4529.47
196.20	7010.19	152.74	6483.62	16.01	25371.09	114.90	27140.17	-51.44	3859.55	4529.47
201.93	6572.58	153.26	6214.76	19.18	25362.97	114.90	26708.94	-51.71	3841.92	4529.47
207.66	6054.30	153.48	5965.20	24.74	25923.18	114.90	26617.72	-52.14	3879.47	4729.47

radio  $\overline{OB}$  hasta  $\overline{BA} = 35\text{mm}$  ( $\overline{BA} = 280\text{mm}$ )

b) Colocar un tope cerca al punto A de tal manera que  $\text{PAB} = \beta = 68^\circ$  a fin que se origine la articulación en P.

c) El pistón de volteo deberá variar entre:

$$\overline{GP} \in [150.358, 207.658] \quad \text{en valores reales}$$

$$\overline{GP} \in [1202.88, 1661.26]$$

Adicionalmente tendrá un elemento articulado:

$$\overline{PA} = 31.75\text{mm} \quad (\overline{PA} = 254\text{mm} = 10^3).$$

Las modificaciones del pistón de volteo son factibles de hacer porque se puede trabajar tanto en el tramo  $\overline{GL}$  como en  $\overline{RP}$  del gráfico 4.1.1.(a)

Como  $\overline{GP}_{\text{MIN}}(\text{original}) = 169.3\text{mm}$

$$\overline{GP}_{\text{MIN}}(\text{prototipo}) = 150.358\text{mm}$$

La diferencia que hay que acortar es  $18.94\text{mm}$  - que es menor que  $\overline{RP}$  y  $\overline{GL}$  podemos compartir este valor en ambos, sin dificultad y cumplir con  $\overline{GP} \in [150.358, 207.658] \text{ mm}$  a escala 1:8 a escala real  $\overline{GP} \in [1202.86, 1661.26] \text{ mm}$ .



## 4.2 Evaluación Económica

Para hacer la evaluación económica debemos distinguir primeramente dos aspectos de costo importantes que serían fuentes de ahorro que beneficiaría el presente estudio.

1º Al tener menos dificultad en el vaciado de la carga el esfuerzo normal del prototipo va a verse disminuído por tener un  $m$  menos para DE máximo (durante el vaciado).

Esto repercutirá en un incremento de las horas de operación útiles del sistema y disminución de los gastos de reparación para un # horas determinado.

2º Redundará en un aumento de la eficiencia de carguío de la máquina por disminuir el tiempo de vaciado de su carga, en tonces podrá aumentar el número de viajes por hora y por ende su producción por hora ó habrá un ahorro de dinero por menos tiempo para una misma producción.

### 4.2.1 Ahorros en el rubro de Mantenimiento

Para ello debemos definir los componentes del sistema de volteo y su participación de cada uno en el costo total según el cuadro 4.2.1.1. Luego es necesario contar con el costo inicial  $C_i$  de cada componente. Al cabo de un número de horas de operación, determinado  $H_0$  debemos hacer un mantenimiento a los componentes a fin de tenerlos en buenas condiciones de operación.

Los costos de mantenimiento de cada componente se reflejan en  $P_i$  porcentaje del costo inicial y corresponden en monto al valor  $T_i$  .

CUADRO 4.2.1.1

Componente	Nº	C <sub>i</sub> (USDlrs)	Elementos	P <sub>i</sub> (%)	T <sub>i</sub> (USDlrs)
Pistón de volteo	1	6,500	Sellos, vástago	25	1625
Pistón de levante	2	4,500	Sellos, vástago	25	1125
Bastidor	3	1,500	Pines, bocinas	15	225
Cuchara	4	3,500	Labio, otros	20	700
Sistema hidráulico	5	10,000	Bomba, otros	30	3000

Los costos de mantenimiento se reflejan en:

Pistones.- Cambio del KIT de los sellos del pistón, bocinas, pines y mano de obra en la reparación del componente y cambio del mismo en la máquina al igual que los demás componentes.

Bastidor.- Cambio de pines y bocinas, reforzado por medio de soldadura.

Cuchara.- Cambio de labio, refuerzo de cantoneras, refuerzo de las bocinas de articulación, etc.

Sistema Hidráulico.- Básicamente el costo está representado por el cambio de bomba hidráulica, cambio de algunas mangueras, cambio del aceite hidráulico, etc.

Debemos tener presente que la meta de producción de equipos es 4000 Ton cortas (mes) trabajando por lo menos 250 horas efectivas por mes para este objetivo.

La frecuencia de estos mantenimientos es una vez por año, vale decir cada 3000 horas.

Se ha observado en la operación del equipo que en promedio tiene que repetir la operación de vaciado de tres a cinco veces a fin de poder vaciar la "totalidad" de la carga en su echadero, por lo que hemos llevado a un cuadro la secuencia del vaciado midiendo con la ayuda del nivel incorporado en la brújula que usan los geólogos y topógrafos de Mina, tomando datos para diferentes circunstancias de vaciado.

Estos datos lo representamos en el cuadro 4.2.1.2 -

CUADRO 4.2.1.2

Fecha	N	1	2	3	4	5	6
(Muestra N°)	$\alpha_m(o)$	26	18	12	8	3	
10-7-86 1	$w_R(kgr)$	829.48	429.48	279.48	169.48	59.48	
10-7-86 2	$\alpha_m(o)$	20	12	6	3		
	$w_R(kgr)$	564.48	279.48	119.48	59.48		
3-10-86 3	$\alpha_m(o)$	23	15	9	3		
	$w_R(kgr)$	719.48	389.48	199.48	59.48		
3-10-86 4	$\alpha_m(o)$	21	16	10	8	5	3
	$w_R(kgr)$	619.48	399.48	219.48	169.48	89.48	59.48
5-1-87 5	$\alpha_m(o)$	19	13	8	3		
	$w_R(kgr)$	529.48	319.48	169.48	59.48		
5-1-87 6	$\alpha_m(o)$	19	11	5	3		
	$w_R(kgr)$	529.48	269.48	79.48	59.48		
5-1-87 7	$\alpha_m(o)$	22	16	12	8	5	3
	$w_R(kgr)$	544.48	399.48	279.48	169.48	79.48	59.48

donde  $\alpha_m$  es la diferencia del mineral respecto al plano horizontal y el ángulo que da la inclinación de la cuchara respecto al plano horizontal. El valor de  $W_R$  es el peso del mineral remanente que va quedando en la cuchara después de cada operación de vaciado y cuyo valor es obtenido con ayuda del gráfico No 2.1.4 restándole el peso de la cuchara 470.523 Kgr.

Los números del 1 al 6 son los números de operaciones de vaciado para cada muestra.

Así sacamos el promedio de operaciones de vaciado de las muestras del cuadro precedente tendremos:

$$N \text{ (operaciones de vaciado promedio)} = (5+4+4+6+4+4+6)/7$$

$N = 4.71$  representa el promedio de las operaciones de vaciado que tiene que efectuar el sistema de volteo para deshacerse de la carga de la cuchara. El  $W_R$  para  $\alpha_m = 3^\circ$  lo consideramos despreciable en este caso.

Por tanto si nuestro sistema de volteo requiere un mantenimiento cada 3000 horas con el diseño actual; con el prototipo propuesto podemos aumentar de 3000 a 4500 horas el tiempo de operación para requerir el mismo mantenimiento en vista que  $\alpha_m$  va a reducirse de  $23.79^\circ$  a  $1.20^\circ$  considerando que 1500 horas de operación que alargaríamos es un tanto holgado de conseguir al aliviar las insistentes operaciones de vaciado.

En consecuencia por cada 3000 horas de operación tenemos un costo de mantenimiento  $CM = T_i$

$$CM = 1625 + 1125 + 225 + 700 + 3000 = 6675 \text{ US Dhrs.}$$

El costo de mantenimiento por hora de Operación será:

$$\text{CMH} = 6675/3000 = 2.225 \text{ US Dlr/s/hora}$$

El costo de Mantenimiento por hora con el prototipo:

$$\text{CMH} = 6675/4500 = 1.483 \text{ US Dlr/s/hora}$$

El ahorro por hora será:  $\text{AH} = 2.225 - 1.483$

$$\text{AH} = 0.742 \text{ US Dlr/s/hora}$$

El ahorro mensual/máquina será:

$$\text{AH} = 0.742 \times 250 = 185.50 \text{ US Dlr/s/mes}$$

El ahorro anual/máquina será:

$$\text{AH} = 185 \times 12 = 2226 \text{ US Dlr/s/año}$$

#### 4.2.2 Ahorro por mejora de la eficiencia de carguío

Para este análisis vamos a tomar algunos datos referenciales del Estudio de : ESTANDAR DE RENDIMIENTO DE EQUIPOS, PALAS MECANICAS - CERRO DE PASCO realizado por el Departamento de Ingeniería Industrial.

Cabe notar que en él figuran los parámetros del Scoop tram JS = 220E cuyo diseño del JS-100E es casi similar pero de  $2.2 \text{ yd}^3$  de capacidad.

Además es importante acotar que el estimado mensual de producción de estos equipos es de 4000 Ton cortas te niendo en cuenta que hay un número total de 3125 horas - programadas y la disponibilidad mecánica de 80% da un total de 250 horas efectivas-mes para cumplir esta meta, mes a mes rigurosamente.

En base a esta referencia 4000 T.C. tendremos

$$4000\text{TC} \times ((2000\text{lb}/\text{TC}) / (2205\text{lb}/\text{T.M.})) = 3628.12 \text{ TM.}$$

$$\text{Tonelaje/hora} = 3628.12 \text{ TM/mes} \times (1 \text{ mes}/250 \text{ hr}) = 14.51 \text{ TM/hr}$$

Hallemos ahora la carga útil ( $W_u$ ) por viaje:

$$\text{Este valor será } W_u = (W - W_{\text{cuchara}}) \eta_{11}$$

$W$  es el peso de la cuchara llena (cuadro 2.1.3 pág.101)

$W_{\text{cuchara}}$  el peso de la cuchara vacía.

$\eta_{11}$  es el factor de llenado que es similar al JS-220 - del Estudio de Ingeniería Industrial  $\eta_{11} = 0.80$

$$W_u = (2684.19 - 470.523) 0.8 = 1770.93 \text{ Kgr/viaje}$$

$$W_u = 1.77 \text{ TM/viaje}$$

El ( $N_v$ ) número de viajes/hora será:

$$N_v = 14.51 \text{ TM/hor} : (1.77 \text{ TM/viaje})$$

$$N_v = 8.20 \text{ viajes/hor}$$

El tiempo utilizado en cada viaje ( $T_v$ ) será entonces:

$$T_v = 60 \text{ min}/(8.20 \text{ viajes})$$

$$T_v = 7.32 \text{ min/viaje}$$

El tiempo/viaje ( $T_v$ ) está compuesto por:

a) El tiempo de carguío  $T_c$

Del estudio hecho referencia tenemos  $T_c = 1.00 \text{ min}$  para el Scoop JS-220E de Cerro de Pasco que es igual - para el Scoop JS-100E, entonces  $T_c = 1.00 \text{ min}$ .

b) El tiempo de recorrido será:

$$T_r = (\text{Longitud de desplazamiento promedio/velocidad promedio})$$

b.1) La longitud de desplazamiento promedio podemos tomar del estudio hecho para el JS-220E, y tenemos:

Scoop JS 220E

Longitud de cable real = 280' = 85.34 mt.

Longitud promedio = 60 mt

Proporcionalmente para el scoop JS 100E tendremos:

Scoop JS-100E

Longitud de cable real = 250' = 76.20 mt

Longitud promedio = 53.57 mt

La longitud de desplazamiento promedio será --  
4 (Longitud promedio del cable) por doble extendido de cable y más ida y vuelta por cada viaje

b.2) La velocidad promedio del Scoop JS-220E es de  $V_p = 68.16$  m/min por lo que será necesario hallar la  $V_p$  para el scoop JS-100E, la cual obtenemos como promedio a partir del cuadro 4.2.2.1

La velocidad promedio será  $V_p = (V_i)/n$

$$V_p = (512.38)/10 = 51.238 \text{ m/min}$$

$$V_p = 51.24 \text{ m/min}$$

Por tanto el valor de  $T_r = (4 \times L_p)/V_p$

$$T_r = (4 \times 53.57 \text{ mt}) / (51.24 \text{ m/min})$$

$$T_r = 4.18 \text{ min}$$

c) El tiempo de vaciado  $T_{va}$ , este será:

$$T_{va} = T_v - T_c - T_r$$

$$T_{va} = 7.32 - 1.00 - 4.18$$

$$T_{va} = 2.14 \text{ min.}$$

Con la ayuda del presente estudio podremos disminuir el



CUADRO 4.2.2.1

Fecha	Muestra		Recorrido			Tiempo		V <sub>i</sub>	
	Nº	Pies	mts	seg.	min.	mt/min			
3-7-86	1	320	97.54	118	1.967	49.588			
3-7-86	2	230	70.10	81	1.350	51.926			
3-7-86	3	420	128.02	140	2.333	54.874			
3-10-86	4	470	143.26	161	2.683	53.395			
3-10-86	5	340	103.63	132	2.200	47.105			
3-10-86	6	425	129.54	154	2.567	50.464			
5-1-87	7	230	70.10	80	1.333	52.588			
5-1-87	8	365	111.25	136	2.267	49.074			
5-1-87	9	427	130.15	146	2.433	53.494			
5-1-87	10	180	54.86	66	1.100	49.873			

tiempo  $T_{va}$  de vaciado el cual dará como resultado un ahorro de dinero en dos formas definidas.

1° Como ahorro en alquiler de equipo al realizar el estimado de producción en un menor número de horas efectivas de operación.

Teniendo un valor de  $(T_0)$  como los minutos que se disminuyen en la operación de vaciado manteniendo el estimado de producción de 3628.12 TM/mes obtendremos el Cuadro 4.2.2.2 con resultados comparativo por equipo y teniendo en cuenta que la hora-máquina cuesta (I/.450 ó US Dlr = 26.47 a US Dlr = I/.17) y como referencia la operación actual sin modificar el sistema de vaciado. Resaltando que el  $T_{va}$  del Scoop JS220E es  $T_{va} = 0.36$  min.

2° El beneficio económico que resultaría de utilizar el mismo número de horas de operación (250Hr/mes) conllevaría a un incremento de la producción y por ende a una mayor contribución económica de la unidad de producción por equipo.

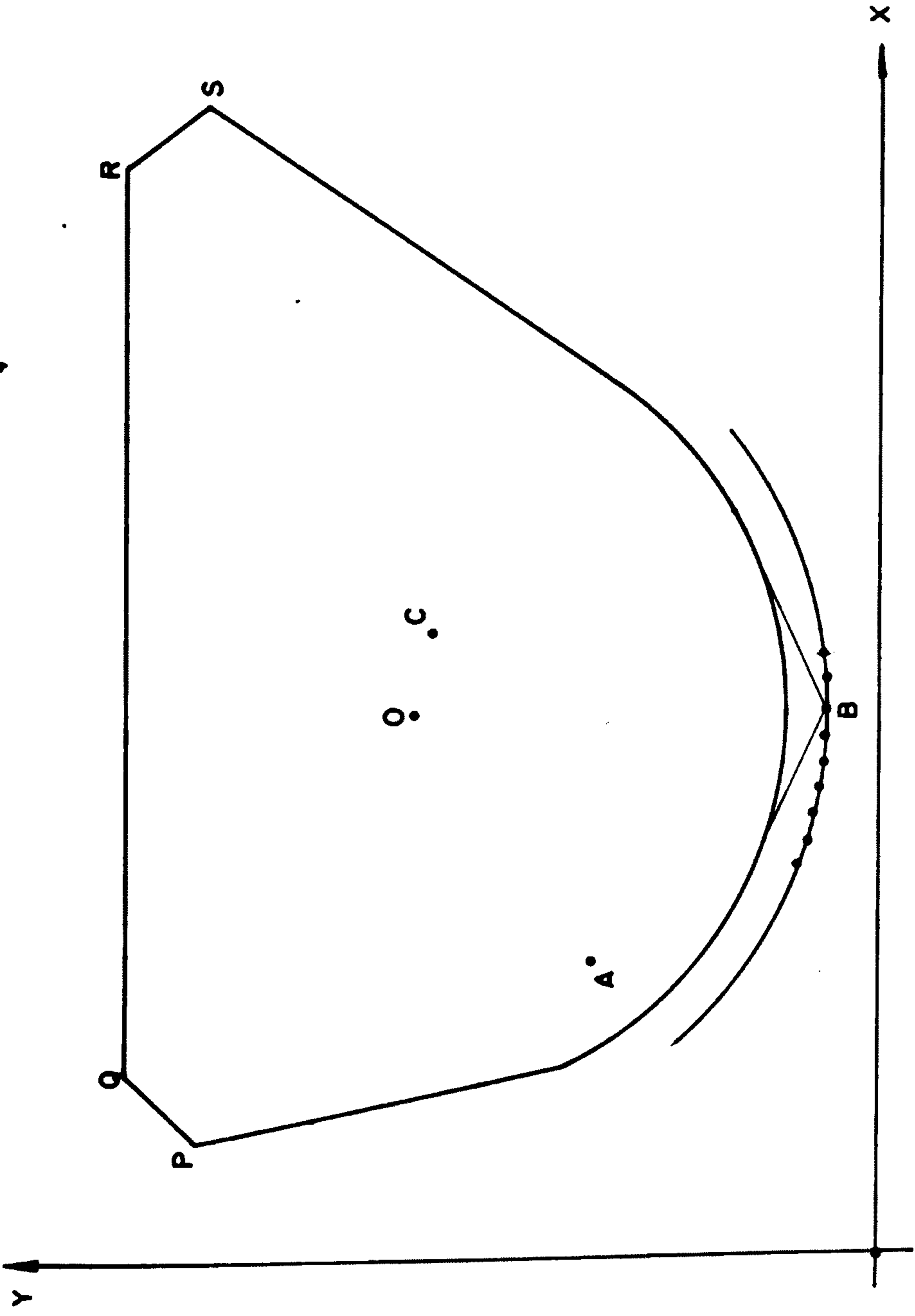
Hacemos la misma secuencia del cuadro 4.2.2.3 pero asumiendo que el aporte por tonelada es US Dlr= 2.5 puede ser valor diferente dependiendo de los precios de venta de los minerales. Es posible que no convenga incrementar el volumen de producción.

CUADRO 4.2.2.2

To	T <sub>va</sub> min	T <sub>v</sub> min	Viajes/hr	TM/hr	Hr-mes.		Ahorro mes		Ahorro año	
					Hr	0	Hr	US Dlr	US Dlr	US Dlr
0	2.14	7.32	8.20	14.51	250	0	0	0	0	0
0.20	1.94	7.12	8.43	18.92	243.17	6.83	180.75	2168.98		
0.40	1.74	6.92	8.67	15.34	236.51	13.49	357.08	4284.96		
0.60	1.54	6.72	8.93	15.80	229.63	20.37	539.19	6470.33		
0.80	1.34	6.52	9.20	16.28	222.86	27.14	718.40	8620.75		
1.00	1.14	6.32	9.49	16.79	216.09	33.91	897.60	10771.17		
1.20	0.94	6.12	9.80	17.34	209.23	40.77	1079.18	12950.18		
1.40	0.74	5.92	10.14	17.94	202.24	47.76	1264.21	15170.49		
1.60	0.54	5.72	10.49	18.56	195.48	54.52	1443.14	17317.73		

CUADRO 4.2.2.2

To	T <sub>va</sub>		T <sub>v</sub>	Viajes/hr	TM/hr	Prod/mes	Incremento		Aporte	
	min	min					mes	mes	mes	mes
0	2.14	7.32	8.20	14.51	3628.12	-	-	-	-	-
0.20	1.94	7.12	8.43	14.92	3730.00	101.88	254.70	3056.40		
0.40	1.74	6.92	8.67	15.34	3835.00	206.88	517.20	6206.40		
0.60	1.54	6.72	8.93	15.80	3950.00	321.88	804.70	9656.40		
0.80	1.34	6.52	9.20	16.28	4070.00	441.88	1104.70	13256.40		
1.00	1.14	6.32	9.49	16.79	4197.50	569.38	1423.45	1781.40		
1.20	0.94	6.12	9.80	17.34	4335.00	706.88	1767.20	21206.40		
1.40	0.74	5.92	10.14	17.94	4485.00	856.88	2142.20	25706.40		
1.60	0.54	5.72	10.49	18.56	4640.00	1011.88	2529.70	30356.40		



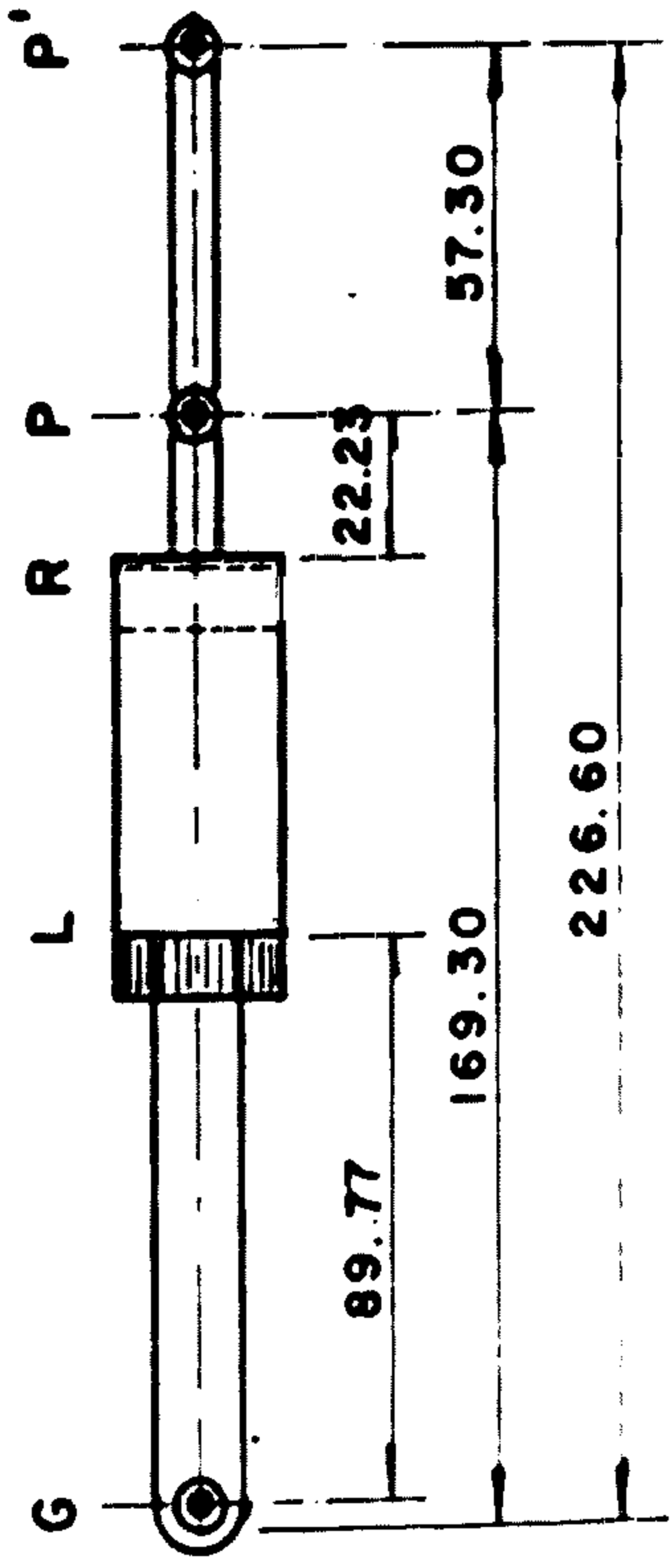
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

PROYECTO DE GRADO

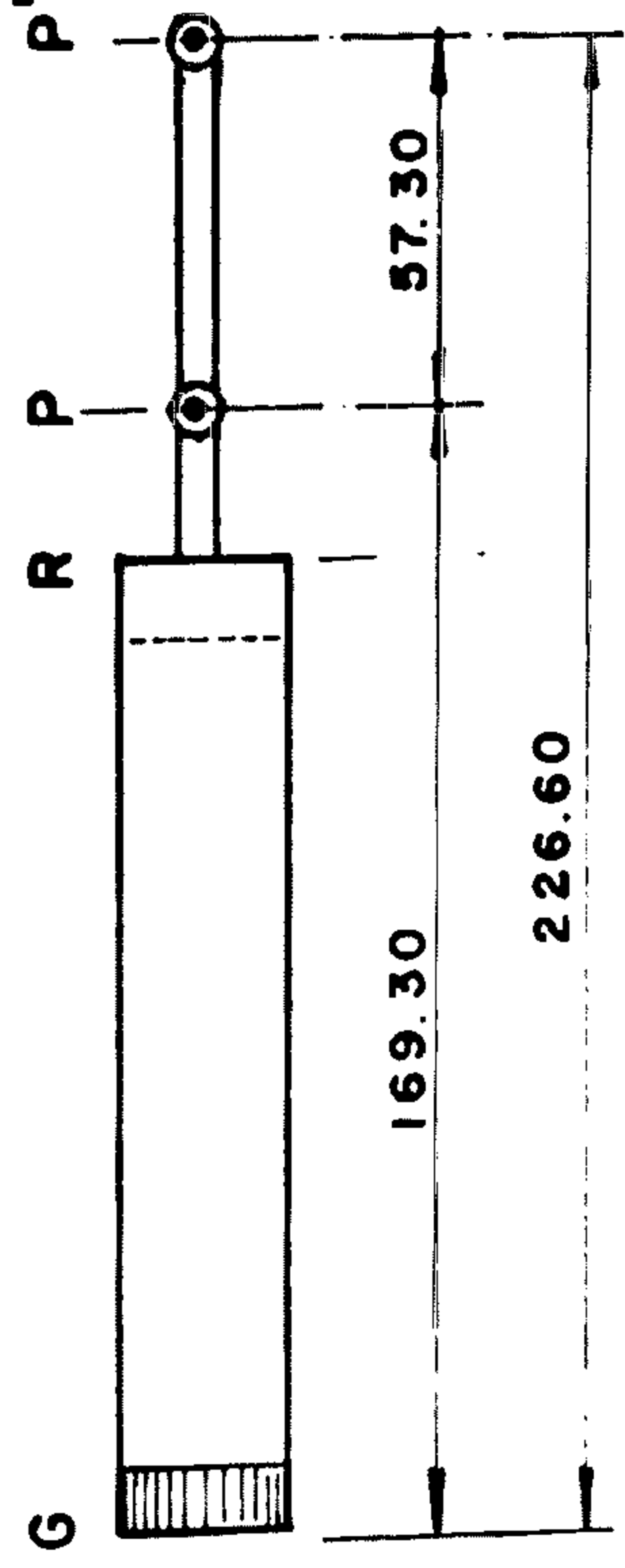
DIBUJADO POR: VARIACION DE BA SOBRE  
V. QUISPE P. PUNTO DE PIVOT B

FECHA: JUNIO 1985 ESCALA: 1/8 GRAFICO Nº 4.1.2.

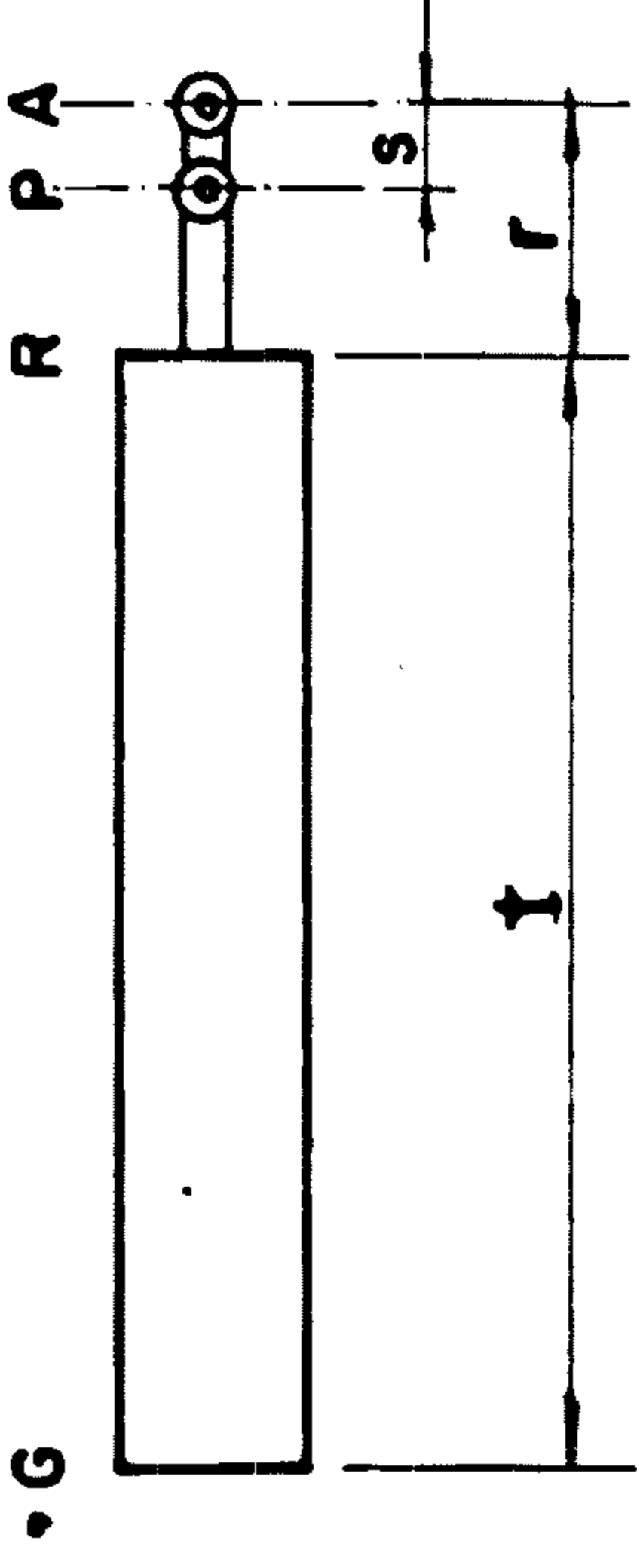
(a)



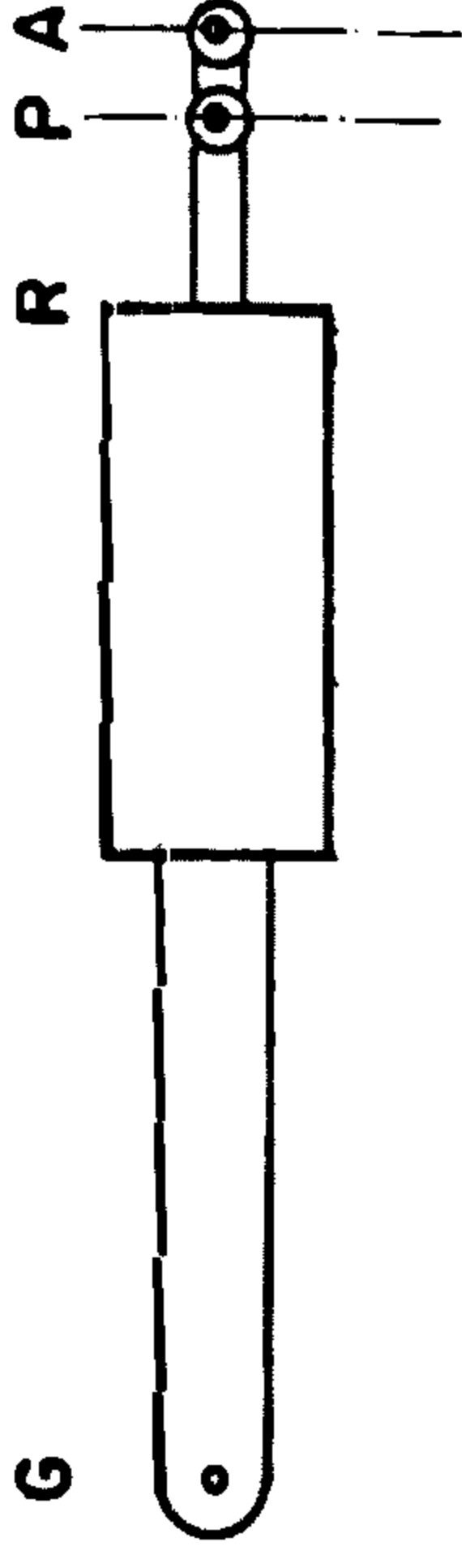
(b)



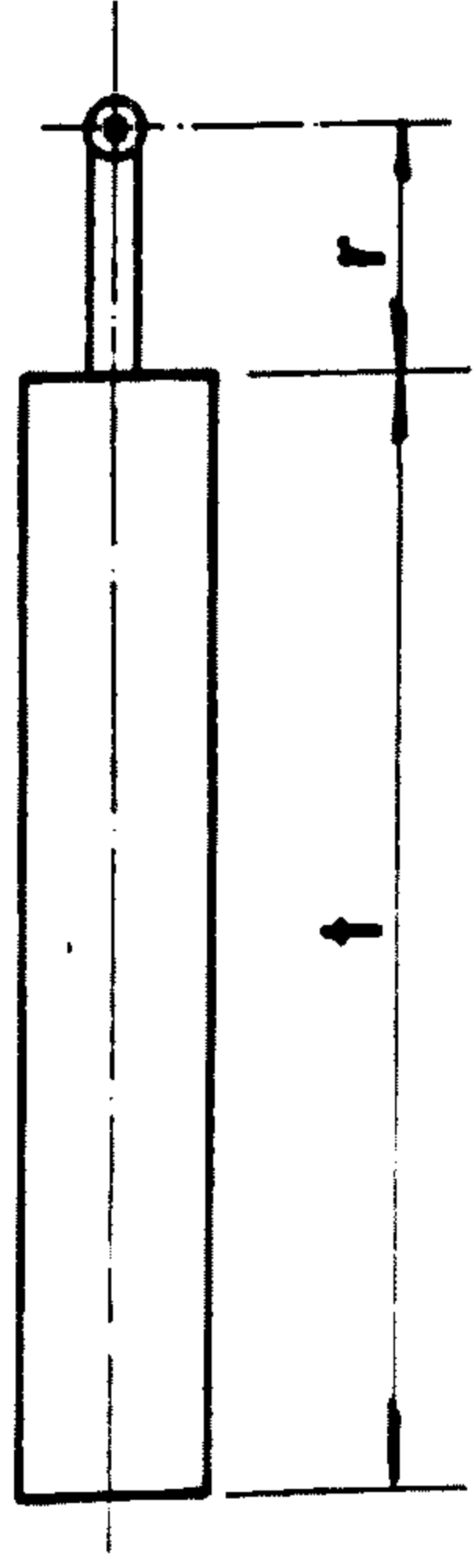
(d)



(e)



(c)

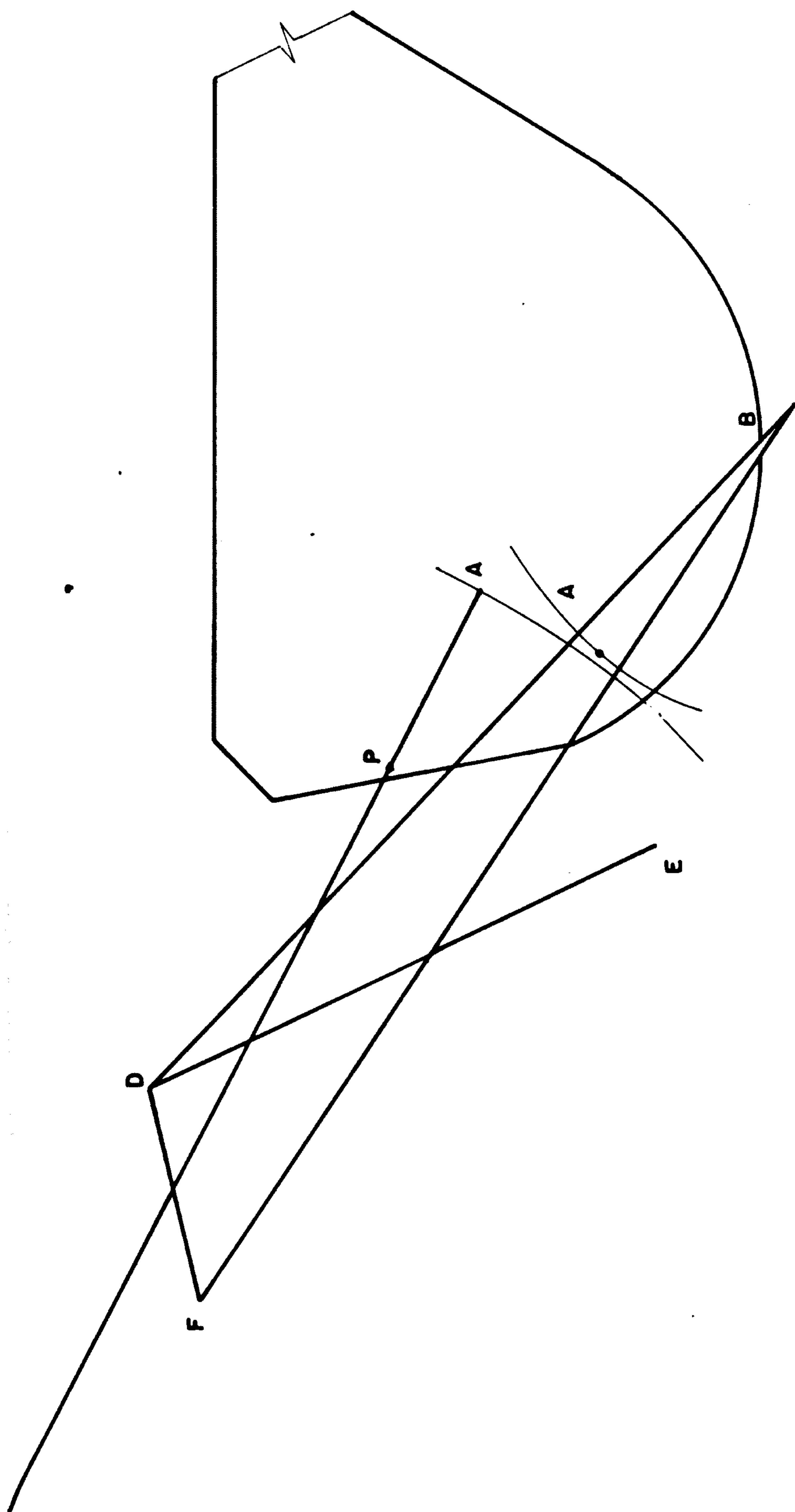


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

PROYECTO DE GRADO

DIBUJADO POR: ALTERNATIVAS DE VARIACION  
V.QUISPE P. DEL PISTON DE VOLTEO

FECHA: JUNIO 1986 ESCALA: 1/8 GRAFICO N° 4.1.1.

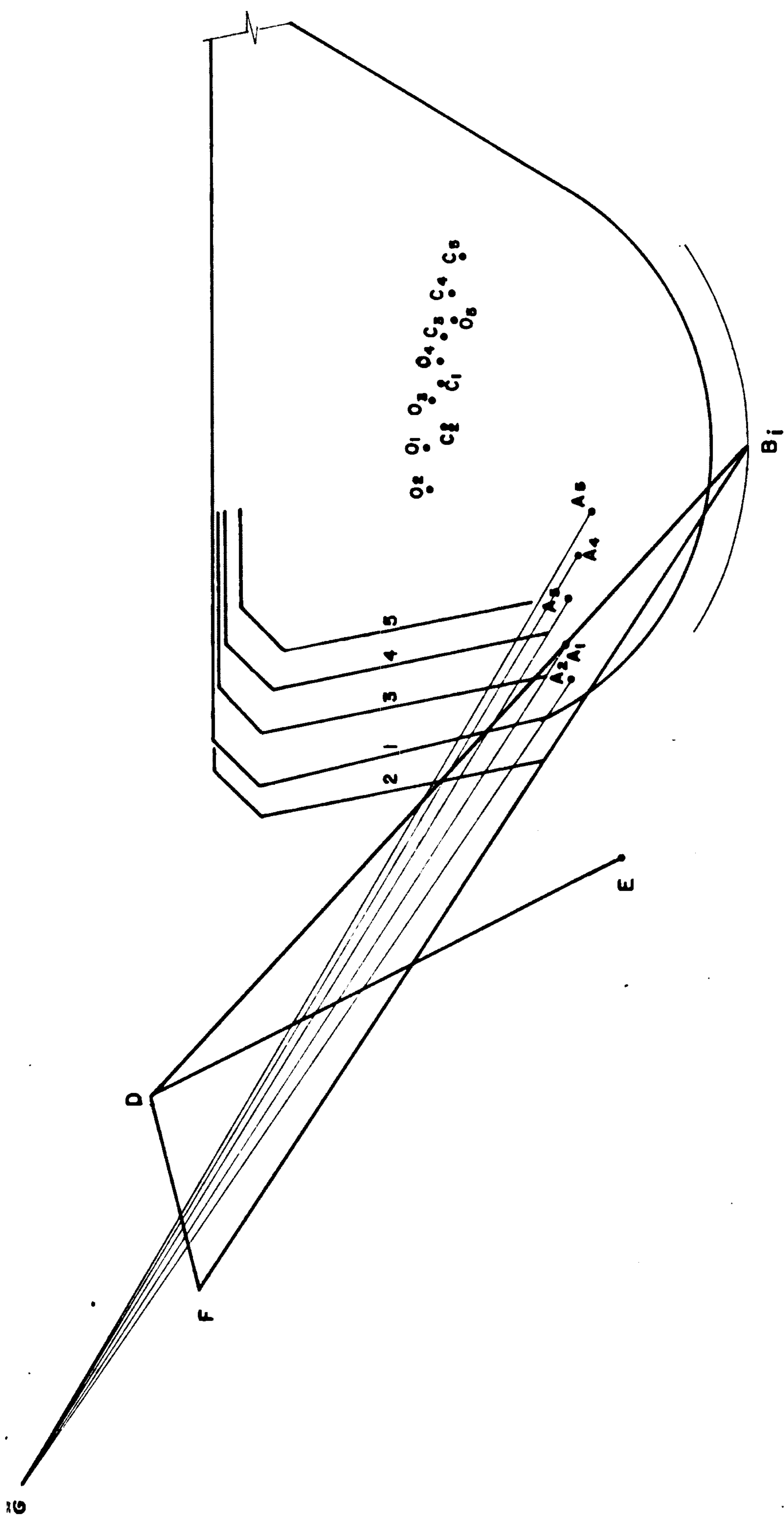


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

PROYECTO DE GRAD O

DIBUJADO POR: DETALLE DE GP INSUFICIENTE  
V. QUISPE P.

FECHA: JUNIO 1988 ESCALA: 1/8 GRAFICO N° 4.1.3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
 PROYECTO DE GRADO  
 DIBUJADO POR: V.QUISPE P. DETALLE DE  $GP_{MIN}$ , VARIANDO BA  
 FECHA: JUNIO 1985 ESCALA: 1/8 GRAFICO Nº 4.1.4



CONCLUSIONES:

- El estudio de estos equipos desde el punto de vista estático nos es de utilidad; pero teniendo en cuenta los márgenes de seguridad encontrados nos pueden servir como referencia para un diseño determinado.
- Las fuerzas del pistón de volteo en operación a plena carga representan aproximadamente el 35% de la capacidad. (Para presión de 1900lb/plg<sup>2</sup> del sistema hidráulico.)
- Las fuerzas del pistón de levante en operación a plena carga representan aproximadamente el 70% de la capacidad (Para presión de 1900lb/plg<sup>2</sup> del sistema hidráulico.)
- Haciendo el estudio de la cuchara respecto a sus características de construcción y centro de gravedad podemos analizar modelos de sistemas de volteo de diferente tipo, por la facilidad de los cálculos generales.
- El elemento articulado facilita que la cuchara disminuya su  $\alpha$  mínimo a fin de permitir el vaceado del mineral en forma más eficiente.
- La pendiente de operación máxima recomendada está limitada más por el peligro de deslizamiento y capacidad de potencia de operación en rampa de la máquina ya que los valores encontrados a este respecto son relativamente altos.
- El diseño actual no es el mejor en vista que hay un ángulo remanente considerable que crece cuando  $\overline{DE}$  y  $\overline{GP}$  son máximos el prototipo propuesto sería una alternativa real de mejora.

- La elección de las llantas puede hacerse en base a la  $F_A^{\text{máx}}$  en el tren delantero que es el que soporta más carga.
- El peso del tren posterior es siempre mayor al delantero para favorecer la estabilidad en estos equipos.

## A P E N D I C E

Es necesario e importante mostrar el contenido del disquette a fin de orientar la utilización de los programas.

Nombre del disquette : TESIS DE GRADO

Programas del disquette

INFORMACION

PRG FOR CN1121

PRG FOR CN1122

PRG FOR CN112I

PRG FOR CN1221

PRG FOR CN1222

PRG FOR CN122I

PRG FOR CN211/5

PRG FOR CN216/23

PRG FOR CN221/5

PRG FOR CN226/19

PRG FOR CN216/25

PRG FOR CN216/26

PRG FOR CN226/21

PRG FOR CN226/22

PRG FOR CALGRALI

PRG CALGRALII

PRG CALGRALIII

PRG CALGRALIV

PRG CALGRALV

PRG CALGRALVI

PRG CALGRALVII

PRG CALGRALVIII

PRG PROTOI

PRG PROTOII

Microcomputador : COMMODORE 64

Disk Drive : COMMODORE 1541

Disquette : Flexible de 5 1/4 doble cara, doble densidad

Sistema operativo : KERNAL (COMMODORE)

### Referencia de los programas

#### INFORMACION

Enumera en forma sucinta los datos de tipo académico, nombre del autor, etc.

PRG FOR CN1121

Realiza los cálculos del cuadro 1.1.2.1 en función del valor como variable, modelo Jarvis .

PRG FOR CN1122

Realiza los cálculos de los cuadros pares 1.1.2.2, 1.1.2.4 , etc. en función de los datos del cuadro 1.1.2.1 y el valor de  $\bar{G}_A$  modelo Jarvis.

## PRG FOR CN112I

Realiza los cálculos de los cuadros pares e impares 1.1.2.2, 1.1.2.3, 1.1.2.4, 1.1.2.5, etc. en función de los datos del cuadro 1.1.2.1 y el valor de  $\bar{G}_A$ , modelo Jarvis.

## PRG FOR CN1221

Realiza los cálculos del cuadro 1.2.2.1 en función del valor  $\bar{D}_E$  como variable, modelo Wagner.

## PRG FOR CN1222

Calcula los valores de los cuadros pares 1.2.2.2, 1.2.2.4, etc del modelo Wagner, tiene utilidad porque con el PRG CN122I no se llega a ver todos los datos en pantalla por ser el número de resultados un tanto alto.

## PRG FOR CN122I

Realiza los cálculos de los cuadros 1.2.2.2, 1.2.2.3, etc. - en función de los datos del cuadro 1.2.2.1 y el valor  $\bar{G}_P$ , teniendo en cuenta que el programa funciona con  $\bar{G}_P2$  chequea un juego de valores a fin de ver si la articulación está ya trabajando y  $\bar{G}_P1$  el valor que deseamos dar. Por ejemplo queremos saber los datos para  $\bar{G}_P = 12\emptyset$  entonces  $GP2 = 12\emptyset.5$  y  $GP1 = 12\emptyset$  y así sucesivamente, modelo Wagner.

## PRG FOR CN211/5

Sirve para facilitar los cálculos de los cuadros 2.1.1. al 2.1.5 que son los datos de la cuchara con carga, centro de gravedad en función del ángulo de vaciado (ángulo de mineral  $\alpha_m$ ), modelo Jarvis cuyos datos deben ingresar secuencialmente.

## PRG FOR CN216/23

Sirve para calcular los cuadros del sistema Jarvis con carga

en función de los cuadros 1.1.2.I del sistema sin carga y el valor de  $\overline{GA}$ .

PRG FOR CN221/5

Sirve para facilitar los cálculos de los cuadros 2.2.1 al 2.2.5 que son los datos de la cuchara con carga, centro de gravedad en función del ángulo de vaciado (ángulo de mineral  $\alpha_m$ ) modelo Wagner, cuyos datos deben ingresar también secuencialmente.

PRG FOR CN226/19

Sirve para calcular los cuadros del sistema Wagner con carga en función de los cuadros 1.2.2.7 del sistema sin carga y el valor de  $\overline{GP}$ .

PRG FOR CN216/25

Sirve para calcular los valores de  $F_p$  y  $F_A$  que son las reacciones del tren posterior y delantero para la estabilidad del modelo Jarvis con los cuadros 2.1.24 y 2.1.25.

PRG FOR CN216/26

Sirve para calcular los valores de las fuerzas y también la carga  $W_u$  máxima del modelo Jarvis con el cuadro 2.1.26.

PRG FOR CN226/21

Sirven para calcular los valores de  $F_p$  y  $F_A$  que son las reacciones del tren posterior y delantero para la estabilidad del modelo Wagner con los cuadros 2.2.20 y 2.2.21

PRG FOR CN226/22

Hace el cálculo de los valores de las fuerzas y también la carga  $W_u$  máxima del modelo Wagner con el cuadro 2.2.22.

## PRG FOR CALGRALI

Es el programa generalizado para el modelo Wagner que realiza los cálculos de las fuerzas  $\bar{R}_G$ ,  $\bar{R}_B$ ,  $\bar{R}_D$  y  $\bar{R}_F$  dado el valor de  $\bar{DE}$  y  $\bar{GP}$  más el régimen de carga  $CRG = 1$  con carga  $CRG = \emptyset$  sin carga.

Con este programa se obtienen los cuadros 3.1.1 al 3.1.6.

## PRG CALGRALII

Es el programa generalizado para el modelo Jarvis que realiza los cálculos de las fuerzas  $\bar{R}_G$ ,  $\bar{R}_B$ ,  $\bar{R}_D$  y  $\bar{R}_F$  dado el valor de  $\bar{DE}$  y  $\bar{GP}$  más el régimen de carga.

Con este programa se obtienen los cuadros del 3.1.7 al 3.1.12

## PRG CALGRALIII

Es el programa generalizado para el modelo Wagner que calcula las fuerzas máximas de  $\bar{R}_G$ ,  $\bar{R}_B$ ,  $\bar{R}_D$  y  $\bar{R}_F$  junto con sus valores de  $\bar{DE}$  y  $\bar{GP}$  en que suceden que son máximos además de recorrer con un Step determinado todo el rango de  $\bar{GP}$  para cada valor de  $\bar{DE}$  en todo su rango. Con este programa se obtiene el cuadro 3.2.1 y 3.2.2.

## PRG CALGRALIV

Es el programa generalizado para el modelo Jarvis que calcula las fuerzas máximas de  $\bar{R}_G$ ,  $\bar{R}_B$ ,  $\bar{R}_D$  y  $\bar{R}_F$  y sus valores  $\bar{DE}$  y  $\bar{GP}$  para cada caso y para todo el rango de  $\bar{GP}$  y  $\bar{DE}$  correlativa y secuencialmente.

Con este programa se obtienen los cuadros 3.2.3 y 3.2.4.

## PRG CALGRALV

Es el programa que permite hallar los valores de  $F_p$  y  $F_A$  que son las reacciones en el tren posterior y delantero del modelo -

Wagner para la estabilidad de la máquina, obteniéndose así los cuadros 3.3.1.1 y 3.3.1.2 en función del régimen de carga y los valores  $\overline{DE}$  y  $\overline{GP}$ .

#### PRG CALGRALVI

Es el programa que permite hallar los valores de  $F_p$  y  $F_A$  que son las reacciones en el tren posterior y delantero del modelo Jarvis para la estabilidad de la máquina obteniéndose así los cuadros 3.3.1.3 y 3.3.1.4 en función del régimen de carga y los valores de  $\overline{DE}$  y  $\overline{GP}$ .

#### PRG CALGRALVII

Es el programa del modelo Wagner que calcula los valores de las fuerzas y la carga útil máxima en función del régimen de carga y los valores de  $\overline{DE}$  y  $\overline{GP}$ , obteniéndose el cuadro 3.3.2.1; teniendo en cuenta el máximo valor de  $F_p$ .

#### PRG CALGRAL VIII

Es el programa del modelo Jarvis que calcula los valores de las fuerzas y la carga útil máxima en función del régimen de carga y los valores de  $\overline{DE}$  y  $\overline{GP}$ , obteniéndose el cuadro 3.3.2.2 teniendo en cuenta el máximo valor de  $F_p$ .

#### PRG PROTOI

Es el programa generalizado para el modelo Jarvis al que le hemos agregado una subrutina que nos da además de las fuerzas y ángulos el valor de  $\alpha_m$  por ser importante este dato para la optimización sirve para evaluar las fuerzas y ángulos incluyendo  $\alpha_m$ , en función del régimen de carga y el valor de  $\overline{DE}$  y  $\overline{GP}$ .

#### PRG PROTOII

Es el programa final más importante ya que calcula las fuer--



zas máximas, su ángulo, el valor de  $\overline{DE}$  y  $\overline{GP}$  correspondiente además del valor de  $\alpha_m$  con su  $\overline{DE}$  y  $\overline{GP}$  correspondiente.

Este programa sirve para el proceso de optimización y es con él que se obtiene el cuadro 4.1.5.2 a partir del cuadro 4.1.5.1.

Acotaremos finalmente que:

- 1° La mayoría de los programas incluye en sus resultados cuatro valores "cercaños" a  $\emptyset$  y son las componentes X e Y de la sumatoria de fuerzas que teóricamente debe ser  $\emptyset$ .
- 2° Las variables de los programas están íntimamente ligadas a las variables de las secuencias así como por ejemplo:

$$\alpha_2 - A2$$

$$\overline{AB} - \overline{EA}$$

$$\beta_1 - B1$$

$$ABC - ABC$$

$$DE - DE$$

y así sucesivamente.

En el caso de  $\overline{AB} - \overline{BA}$  se ha invertido las letras para diferenciar  $\overline{AB}$  de ABC. Esto nos será útil para asociar fácilmente los programas con las secuencias y con los gráficos.

BIBLIOGRAFIA

- (1) A.F. Taggart. Elementos de Preparación de Minerales. 1966
- (2) Denver Equipment Index. 2da. Edición. 1977.
- (3) E.F. Miranda y Gutierrez. Preparación Mecánica de Minerales.
- (4) N.P. Waganoff. Trituración y Separación de Minerales.
- (5) J.E. Shigley. El Proyecto en Ingeniería Mecánica.
- (6) S. Timoshenko. Resistencia de Materiales
- (7) L.S. Marks. Mechanical Engineers' Handbook.
- (8) A.F. Taggart. Handbook of Minerale Dressing.
- (9) ESTANDAR DE RENDIMIENTO DE EQUIPOS, PALAS MECANICAS - CERRO DE PASCO - UT 2416-CA - DPTO. INGENIERIA INDUSTRIAL. CENTROMIN PERU - LA OROYA.
- (10) José Apraiz Barreira. Aceros Especiales y otras Aleaciones.
- (11) T.C. Huang. Mecánica para Ingenieros - II.
- (12) Ferdinand P. Beer y E. Russell Johnston Jr. Mecánica Vectorial para Ingenieros TI y TII.
- (13) Mark's - 7º Edición. Standard Handbook for Mechanical Engineers
- (14) Maintenance Program for Mobile Equipment cut cost at Henderson - Moly Mine. Mayo 1979.
- (15) Basic 2 - Language Reference Manual. "Wang Laboratories".
- (16) Disk Manual MVP 2200 System. "Wang Laboratories".
- (17) Integrated Support System User Manual 2200 MUP. "Wang Laboratories".