

Trayectorias de giro de vehículos a baja  
velocidad

**MOPU**

Agosto 1988

# INDICE

	<b>PRESENTACION .....</b>	<b>5</b>
	<b>PRIMERA PARTE:</b>	
	<b>TRAYECTORIA DE GIRO DE</b>	
	<b>VEHICULOS A BAJA VELOCIDAD</b>	
	INTRODUCCION .....	9
1.	TRAYECTORIAS .....	11
2.	ANALISIS DE SOLUCIONES .....	15
3.	ADOPCION DEL MODELO MATEMATICO .....	17
4.	DESARROLLO DEL METODO NUMERICO DE CALCULO .....	21
5.	REALIZACION DE PROGRAMA DE CALCULO POR ORDENADOR .....	27
6.	ESTABLECIMIENTO DE VEHICULOS-TIPO .....	33
7.	APLICACION DEL PROCEDIMIENTO DESARROLLADO .....	37
8.	LISTADO DEL PROGRAMA MEMORIA OFFTRACK .....	59
	<b>SEGUNDA PARTE:</b>	
	<b>OFFTRACK-MANUAL DE USO</b>	
	INTRODUCCION .....	73
9.	DEFINICION DEL VEHICULO .....	75
10.	DEFINICION DE LA TRAYECTORIA .....	79
11.	CALCULO .....	83
12.	IMPRESION DE RESULTADOS .....	85
13.	VISUALIZACION DE TRAYECTORIAS .....	87
14.	DIBUJO DE TRAYECTORIAS .....	80
15.	CONFIGURACIONES-TIPO .....	91
16.	DIAGRAMA DEL PROGRAMA .....	93

## PRESENTACION

En el proyecto de intersecciones, horquillas, calles, aparcamientos y, en general, de todos aquellos elementos de la vía en los que la velocidad a la que son recorridos no resulta determinante para aquél, lo son más bien las dimensiones y capacidad de maniobra de los vehículos, conducidos a velocidad de maniobra (no superior a unos 15 km/h).

En estas condiciones se pueden describir curvas de muy pequeño radio en las que el espacio barrido por el vehículo resulta notablemente superior al ocupado en trayectorias rectas, sobre todo en el caso de vehículos articulados como consecuencia de ello, los bordes del carril tienen una definición geométrica distinta uno del otro, apareciendo un sobreespacio, en general variable. Conocida la trayectoria de un punto director del vehículo, la de cualquier otro punto del mismo es una tractriz de aquélla, definida por una ecuación diferencial

Las actuales Recomendaciones para el proyecto de intersecciones, que datan de 1967, soslayaban la integración de la tractriz simplificándola mediante curvas circulares de tres centros, traducción de la técnica norteamericana. Sin embargo el desarrollo de los ordenadores personales hace que en 1988 resulte inmediatamente abordable la integración de la tractriz.

La presente publicación ofrece un programa para ordenador personal compatible que permite definir, representar, dibujar y calcular las coordenadas de puntos significativos de cualquier vehículo rígido o articulado, a partir de su configuración y de la definición de la trayectoria del centro de su eje director. Asimismo proporciona información sobre configuraciones de uso frecuente en España.

Confiamos en que esta modesta herramienta, desarrollada por el Ingeniero de Caminos, don Alberto Mendizábal Aracama, mediante un contrato de asistencia técnica con el Area de Tecnología de la Dirección General de Carreteras, permita a los proyectistas y constructores de carreteras sustituir las curvas de tres centros por procedimientos más modernos y ajustados.

Madrid, agosto 1988

**Sandro Rocci Boccaleri**  
Ingeniero jefe del Area de Tecnología

**PRIMERA PARTE:  
TRAYECTORIA DE GIRO  
DE VEHICULOS A BAJA  
VELOCIDAD**

# INTRODUCCION

Para el estudio de los movimientos de giro de los vehículos a baja velocidad es admisible un enfoque puramente geométrico, prescindiendo de consideraciones cinemáticas o dinámicas. Conocidos son los efectos debidos a la velocidad propia del vehículo, al modo de conducción, a su peso total y su reparto en suspendido y no suspendido, al reparto dinámico de pesos sobre cada eje y neumático, a la geometría de las suspensiones, a los efectos producidos por agrupaciones de ejes y por agrupaciones de neumáticos, a las características de los neumáticos, a las dimensiones y configuración del vehículo y su estado, a la geometría del trazado, a la calidad y textura del pavimento, a la interacción neumático-pavimento, a las condiciones ambientales, etc, etc.

El abordar el problema del movimiento real de un vehículo es, pues, de una complejidad extremada.

Sólo a baja velocidad podrá considerarse prescindible la acumulación de los efectos señalados, y será por tanto válido un exclusivo estudio geométrico del movimiento.

# 1. TRAYECTORIAS DE GIRO DE LOS VEHICULOS

Es necesario establecer dos aproximaciones a la realidad para todo el desarrollo posterior, ya siempre bajo un enfoque puramente geométrico: una referente a los vehículos y otra referente a las trayectorias.

En primer lugar, se contempla la configuración básica de los vehículos automóviles que circulan por carretera: su mecanismo de dirección actúa, en la práctica totalidad de los casos, sobre las ruedas de delanteras; las ruedas traseras simplemente giran alrededor de ejes traseros anclados al bastidor rígido o carrocería autoportante. En el caso de vehículos compuestos por más de una unidad (articulados, remolques únicos o múltiples), la primera unidad tractora satisface la descripción anterior, y el resto de unidades va provisto de ejes no directores.

Referente a las trayectorias, se admite que el conductor al realizar los giros mueve su volante con velocidad angular casi constante por lo que, suponiendo también prácticamente constante la velocidad de avance de su vehículo en este intervalo de tiempo describirá arcos de clotoide (de curvatura variable linealmente). Una vez alcanzado el radio de giro deseado, el vehículo describirá arcos circulares. Las trayectorias del conjunto se consideran, pues, constituidas por sucesiones de rectas y arcos circulares enlazados por arcos de clotoide, con cualquier posible secuencia y longitud. Hechas estas primeras aproximaciones, es necesaria una mayor esquematización que haga abordable su tratamiento geométrico.

La Figura-1 muestra un esquema de vehículo articulado, en un instante determinado de su trayectoria de giro. De ella se destacan los conceptos fundamentales para todo el desarrollo posterior.

1. Se han representado intencionadamente ejes traseros simples, y no agrupados en tándem o tridem. En la realidad, cuando existe la imposibilidad de que los dos o los tres ejes paralelos traseros de la unidad se corten en un centro instantáneo de giro, esto se consigue por deformación e incluso deslizamiento de los propios neumáticos para radios de giro relativamente bajos.

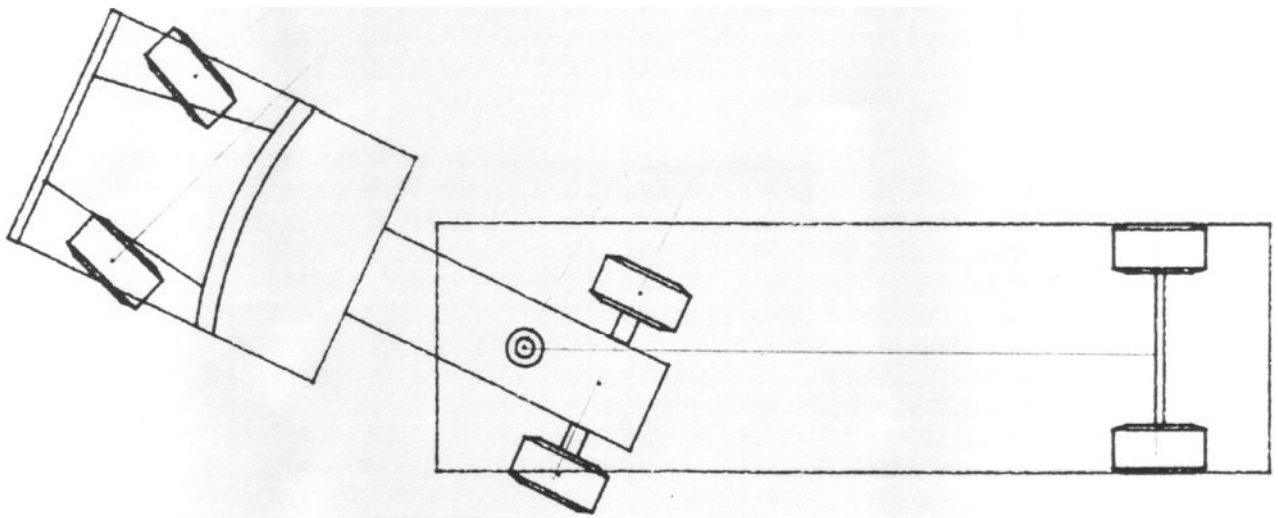
Esta es la primera hipótesis simplificativa introducida. Los ejes agrupados se sustituyen por **EJES EQUIVALENTES**, situados en su centroide de tensiones, sostenido por su centro geométrico.

2. Se utilizan ruedas sencillas y no gemelas. Se trata con ello de ignorar el efecto de par enderezador, generado al obligar a neumáticos con idéntico desarrollo y unidos solidariamente, a describir trayectorias de longitud ya apreciablemente diferente si los radios de giro son de maniobra. A baja velocidad puede suponerse despreciable este efecto.

**ESQUEMA DEL GIRO  
DE UN VEHICULO ARTICULADO**

Cl<sub>2</sub>

Cl<sub>1</sub>



**FIGURA 1**

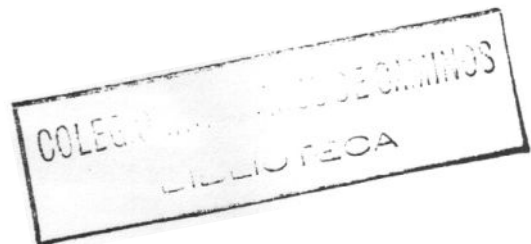
## TRAYECTORIAS DE GIRO DE LOS VEHICULOS

3. El mecanismo de dirección, actuando sobre las ruedas delanteras de la primera unidad, logra en todo momento que sus ejes de giro se corten en un centro instantáneo de giro, situado sobre la prolongación del eje de sus ruedas traseras  $Cl_1$ . Conocido éste, se puede determinar el radio de giro instantáneo de cualquier otro punto de la unidad, al describir todos trayectorias concéntricas.

Un punto de especial importancia es en este caso el eje de la quinta rueda, donde se articula el semirremolque. Se define como **CONECTOR** el punto en que se articula (tanto en apoyo, como si es gancho de remolque) una unidad con la precedente.

El centro instantáneo de giro de la segunda unidad  $Cl_2$ , por pura construcción geométrica, queda determinado por la intersección de dos rectas: una, la prolongación de su eje trasero, y otra, la recta definida por el conector común a ambas unidades y el centro instantáneo  $Cl_1$ , alrededor del cual debe girar al considerarlo como elemento de la primera unidad. La determinación de sucesivos centros instantáneos de rotación, en el caso de varias unidades remolcadas, viene dada análogamente por la intersección de pares de rectas: prolongación de sus ejes traseros y rectas definidas por el conector de la unidad y el centro instantáneo de giro de la unidad precedente.

El problema estriba, pues, en la posibilidad de tratamiento matemático de las trayectorias descritas por los puntos de la primera unidad, visto que las ruedas traseras describen trayectorias obligadas por las de sus ruedas precedentes, e interesando destacar que son interiores a ellas.





## 2. ANALISIS DE SOLUCIONES

Cada punto del vehículo en su movimiento de avance describirá su correspondiente trayectoria, con una posible expresión matemática concreta y todas relacionadas matemáticamente entre sí.

Para poder abordar el problema de su cálculo, es preciso contar con el previo conocimiento de la trayectoria que describirá uno cualquiera de los puntos, que es la que ha de representar lo que genéricamente se denomina la **TRAYECTORIA DEL VEHICULO**.

De la opción que se tome para el modelo matemático de la trayectoria y del posterior tratamiento analítico dependerá su posible solución, su ajuste con el caso real estudiado y la facilidad de un tratamiento posterior, básicamente gráfico.

En un planteamiento matemático puro, se trataría de curvas continuas definibles por sus condiciones de curvatura. La dificultad de integración de las ecuaciones diferenciales resultantes es grande.

Es posible, sin embargo, el desarrollo de un método numérico basado en el análisis instantánea por instantánea, de la secuencia global de avance del vehículo en su trayectoria. Basta con establecer numéricamente las relaciones geométricas entre un fotograma y el siguiente. Y ya dentro de cada fotograma, determinar las coordenadas de cualquier punto de interés. Finalizado el proceso, estas coordenadas permiten la representación gráfica de cada una de las trayectorias descritas.

### 3. ADOPCION DEL MODELO MATEMATICO

Para la representación geométrica, tanto del vehículo como de las trayectorias, se utiliza un sistema cartesiano, de ejes, asociando con cada punto su par de coordenadas (x,y) y el azimut de la tangente a su trayectoria, orientado en el sentido de avance. Por la necesaria compatibilidad, se toma como origen de orientaciones el Norte, coincidente con el eje Y positivo, división angular centesimal y sentido de giros positivos el horario

Como trayectoria del vehículo se singulariza la descrita por el punto central del eje delantero de la primera unidad, en su movimiento de avance. Se acepta que esta formada por una sucesión cualquiera de los siguientes elementos o «arcs de la trayectoria»: rectas, arcos de clotoide y arcos de círculo. Es decir, el conductor guía su vehículo dentro de un espacio razonablemente constituido por tales elementos

En el método numérico así planteado, los sucesivos puntos de esta trayectoria constituyen los DATOS DE ENTRADA, para una configuración determinada del vehículo. El ajuste del método depende, pues, del realismo en su elección y la de sus parámetros

Los arcos de la trayectoria quedan definidos por su longitud, y por su curvatura. El signo de la curvatura es positivo si, en el sentido de avance, el giro es horario y negativo en caso contrario

Para los arcos de clotoide rigen controlados internamente, los siguientes convenios de signo

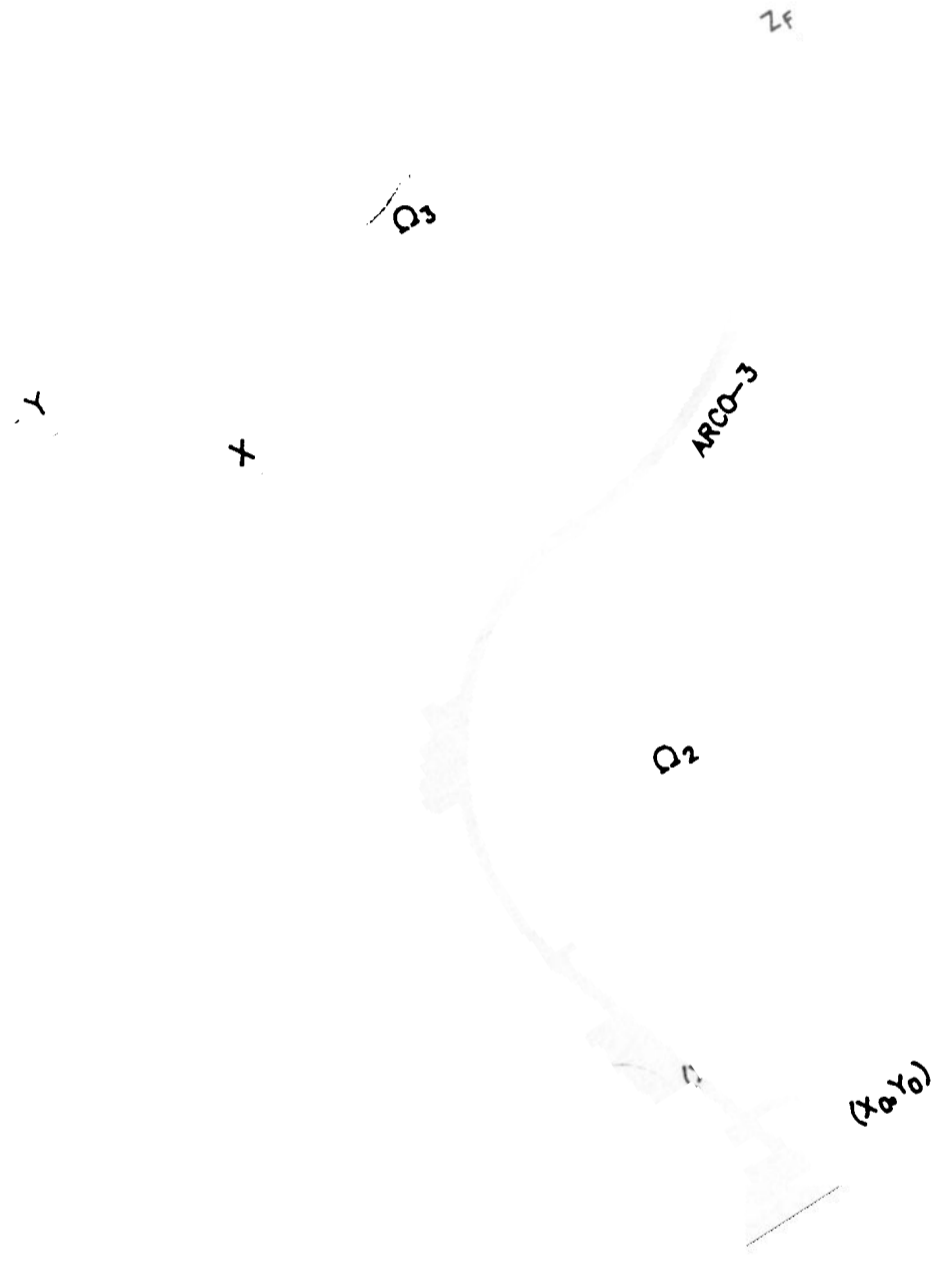
- longitud positiva si, en el sentido de avance, son crecientes los valores absolutos de la curvatura, y negativa en caso contrario.
- signo del parámetro  $A^2$ , deducido de su ecuación intrínseca.

La continuidad de la trayectoria así definida queda asegurada, identificando el punto de salida de cada arco con el de entrada del siguiente y la continuidad de su tangente, identificando los respectivos azimuts

Para los vehículos se adopta como modelo el de sucesivas unidades biciclo articuladas entre sí, permitiendo así una compatibilidad total con el modelo considerado de trayectoria. La Figura-2 muestra el proceso de esquematización del modelo. A cada unidad componente se asocia un sistema local de ejes, definido de la siguiente manera:

- eje de ordenadas, coincidente con el eje longitudinal de la unidad. Sentido positivo en su sentido de avance. Se hacen así coincidentes los azimuts del eje y de la propia unidad.
- eje de abscisas, coincidente con el eje equivalente trasero.

**ESQUEMATIZACION DE TRAYECTORIAS**



**FIGURA 2**

## ADOPCION DEL MODELO MATEMATICO

A estos sistemas locales de ejes se refieren los puntos de interés de cada unidad, y son básicos los tres siguientes sobre su eje longitudinal:

**TRASERA**, punto central del eje trasero. Se hace coincidente con cada ORIGEN de coordenadas local.

**DELANTERA**, punto central del eje delantero. Su ordenada es la longitud equivalente de la unidad. Su abscisa es nula.

**CONECTOR**, caso de existir en la unidad considerada, como ya quedó definido anteriormente. Su ordenada es la separación entre dicho conector y el eje equivalente trasero. Puede tener, por tanto, signo positivo o negativo, según que éste se encuentre situado por delante o detrás del eje, en el sentido de avance. Su abscisa es nula.

Aquí se vuelve a hacer hincapié en que el conector de una unidad es, a su vez, la Delantera de la unidad que le sigue.

Basta con conocer en todo momento las coordenadas de dos de estos puntos, Delantera y Trasera, referidas tanto a sus respectivos sistemas de ejes locales como al sistema global, para poder definir analíticamente el correspondiente cambio de base. Definido éste, la determinación de las coordenadas globales de cualquier otro punto de la unidad es inmediata.

A estos puntos se pueden añadir cuantos sean de interés, dentro de cada unidad. Con carácter general se incluyen:

- las esquinas delantera izquierda y derecha, sobre el paragolpes de la primera unidad, al describir éstas las trayectorias más exteriores tanto en un sentido de giro como en el otro, para determinar las áreas libres de obstáculos al movimiento del vehículo.
- las ruedas delantera izquierda y derecha de la primera unidad y las ruedas trasera izquierda y derecha de la última unidad, evidentemente de la misma unidad en el caso de ser única. Siendo éstas últimas las que describen las trayectorias más interiores en el movimiento de giro del vehículo, queda definida el área ocupada en su avance y a pavimentar en su caso.

## 4. DESARROLLO DEL METODO NUMERICO CALCULO

Se recuerdan aquí, en síntesis, los modelos de trayectoria y vehículo adoptados. La trayectoria queda definida por una sucesión cualquiera de elementos o arcos de curvatura nula, constante o linealmente variable. Cada uno de sus puntos queda definido por sus coordenadas y el azimut de la tangente en él, en el sentido de avance.

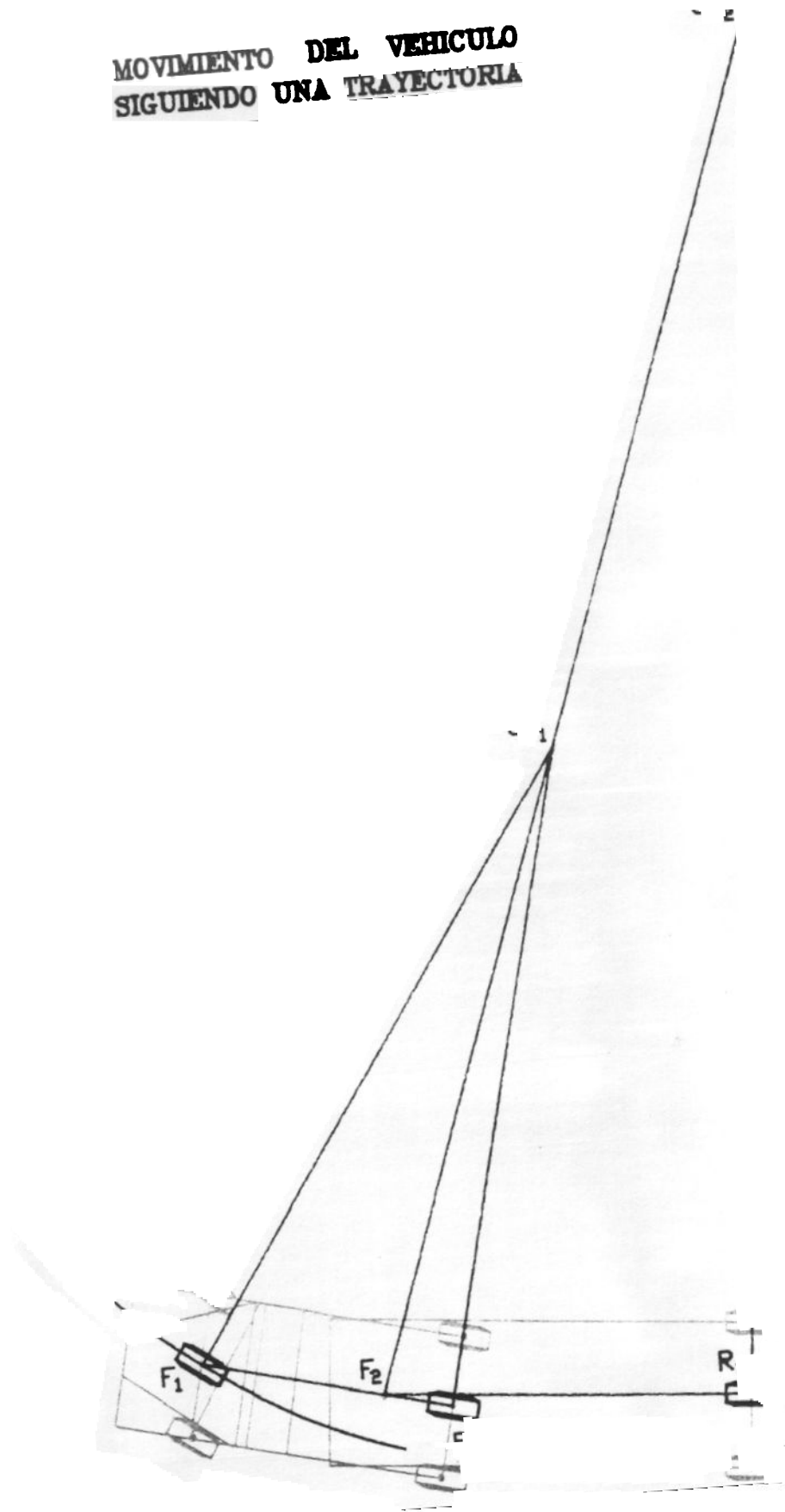
El vehículo queda representado por un conjunto de segmentos rectos orientados, definidos a su vez por dos puntos: Delantera F (extremo) y Trasea R (origen) de la unidad. Y por tanto con módulo (su longitud equivalente), dirección y sentido (azimut de la unidad). Estos segmentos se enlazan entre sí de modo que la Delantera de cada unidad se articula, es decir, coincide con el conector de la unidad que le precede. Generalizando este concepto, la Delantera de la primera unidad se puede considerar que se articula con la propia trayectoria.

En la Figura-3 se ilustran los anteriores conceptos, mostrando el movimiento de un vehículo al describir una trayectoria obligada.

Se recuerda igualmente el particular enfoque adoptado para el estudio de las trayectorias de giro, por análisis geométrico de la secuencia de fotogramas del vehículo en su avance.

Adoptando como variable independiente la longitud  $s$  de arco de trayectoria, quedan separadas las instantáneas por el valor del incremento de arco que se quiera fijar.

**MOVIMIENTO DEL VEHICULO  
SIGUIENDO UNA TRAYECTORIA**



**FIGURA 3**

# DESARROLLO DEL METODO NUMERICO CALCULO

Es necesario conocer una posición inicial del vehículo, para poder calcular a partir de ella las siguientes. Se adopta como más razonable la siguiente:

El vehículo (es decir, todas las unidades que lo compongan) situado en el origen de la trayectoria está alineado con la tangente de entrada. Se necesitará conocer por tanto, las coordenadas y azimut de este origen.

Partiendo, pues, de una posición inicial determinada y con las definiciones previas establecidas, el esquema del método numérico de cálculo se reduce a la repetición del siguiente ciclo, hasta completar la longitud total de trayectoria:

1. Avance de un incremento unitario de longitud.
2. Cálculo de las nuevas coordenadas globales y azimut en ese punto de la trayectoria, en función de estos valores en la posición precedente. Se ha determinado con ello las nuevas coordenadas globales de la Delantera de la primera unidad.
3. Cálculo del nuevo azimut de la unidad y de las nuevas coordenadas globales de la Trasera, en función de las coordenadas anteriores de la Delantera y Trasera, del anterior azimut de la unidad y de las nuevas coordenadas de la Delantera.

En el caso de ser varias las unidades que compongan el vehículo, el siguiente ciclo interior se repite tantas veces como unidades haya:

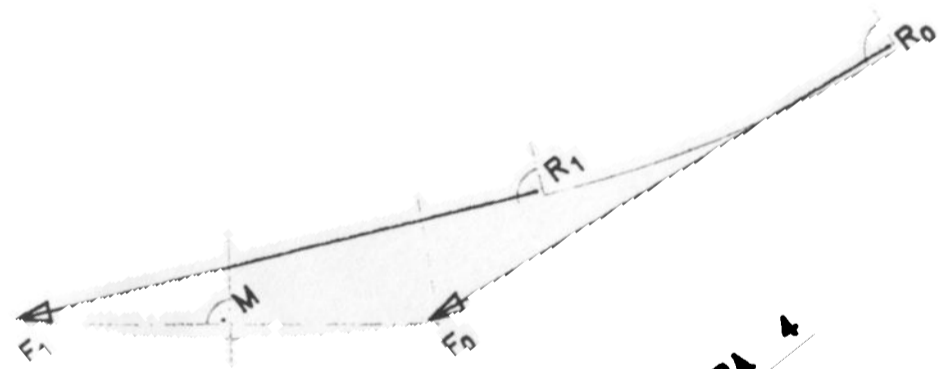
4. Cálculo de las nuevas coordenadas globales del conector de la unidad, en función de las nuevas coordenadas de la Trasera y de la Delantera. Se ha determinado con ello, para cada una de las unidades siguientes, las nuevas coordenadas globales de su Delantera.
5. Repetición del procedimiento definido en el punto 3.

Y ya con carácter general para todo el vehículo:

6. Actualización de estas coordenadas básicas, es decir, cambio en el criterio de aceptación de estas nuevas coordenadas calculadas, pasando a ser consideradas como antiguas respecto al inmediato siguiente paso.
7. Cálculo de las coordenadas globales de los puntos de referencia considerados de interés, en función de sus coordenadas locales fijas, mediante el cambio de base definido por las coordenadas ya calculadas de la Delantera y Trasera en ambas bases.

De los procedimientos utilizados en el esquema cíclico anterior, precisan aclaración más detallada los reseñados en los puntos 1 y 3.

**NUEVA POSICION DE LA TRASERA**



**FIGURA 4**



## DESARROLLO DEL METODO NUMERICO| CALCULO

Cada elemento o arco de la trayectoria se recorre, en el progresivo avance, en un número de partes iguales al valor del incremento de arco fijado de antemano; excepto la última, cuya longitud (menor o a lo sumo igual) es la restante hasta completar la longitud parcial del elemento.

La Figura-4 muestra el esquema geométrico en que se basa el procedimiento de cálculo de los nuevos azimut y coordenadas de la Trasera de la primera unidad. En ella se representa la nueva posición por el vector  $R_1F_1$  y la anterior posición por el vector  $R_0F_0$ .

En un primer paso, siempre que el arco de trayectoria sea de curvatura no nula, se determina el centro instantáneo de rotación  $C$  como intersección de la mediatriz del segmento  $F_0F_1$  y la perpendicular (eje trasero) trazada en  $R_0$ . Al permanecer invariable en el giro instantáneo del ángulo  $R_0CF_0$ , por ser constante la longitud equivalente de la unidad, es inmediato el cálculo del azimut en la nueva posición y por tanto el cálculo vectorial de las coordenadas de la nueva posición  $R_1$  de su Trasera.

## 5. REALIZACION DEL PROGRAMA DE CALCULO POR ORDENADOR

Como se ha visto hasta ahora, todo el método numérico de cálculo se puede sintetizar en el análisis y cálculo de las coordenadas de un tren de vectores (ejes longitudinales de las unidades), articulados entre sí y articulado a su vez el propio tren con la trayectoria a describir. Cada nueva posición viene determinada exclusivamente por la anterior, de forma que es posible definir una expresión como secuencia de parámetros con dos estados alternativos: posición primitiva ( $= 0$ ) y nueva posición ( $= 1$ ). La nueva posición calculada en un paso pasa a ser la posición primitiva en el cálculo de la nueva posición del paso siguiente.

Basándose en la iteración de este concepto alternativo, se ha desarrollado el programa de cálculo por ordenador. Para ello, se define una matriz de variables **FR** (coordenadas del Frente y Trasera de cada unidad) y una matriz asociada **FIUD** (azimut de cada unidad). Ambas matrices de variables en doble precisión. Su contenido se hace volátil, almacenando solamente los valores calculados en los dos estados mencionados. En cada paso estos valores son utilizados para el cálculo de coordenadas de los puntos de referencia (de interés) del vehículo, que ya quedan almacenados permanentemente en sus correspondientes variables, en suficiente simple precisión. Se tienen así dos sistemas de variables: un primer sistema independiente tanto de la longitud de la trayectoria como del número de pasos de cálculo y solamente el segundo tendrá condiciones limitativas, con la consiguiente economía de memoria.

A continuación se expone un índice esquemático del programa, que puede considerarse dividido en tres grandes bloques:

1. ENTRADA DE DATOS.
2. CALCULO
3. APLICACION DE RESULTADOS.

Dentro de cada apartado se reseñan las líneas de programa que lo ejecutan entre paréntesis, y las variables utilizadas entre corchetes.

# REALIZACION DEL PROGRAMA DE CALCULO POR ORDENADOR

## 1. ENTRADA Y ALMACENAMIENTO DE DATOS.

### 1.1 DEFINICIÓN DEL VEHÍCULO

1.1.1 Número de unidades [NUD] (líneas 1010-1100).

1.1.1.1 Dimensiones geométricas básicas [VD,VT,VU].

1.1.1.2 Longitudes equivalentes [TREN(NUD,0)].

1.1.1.3 Distancias conector-eje [TREN(NUD,1)].

### 1.2 DEFINICIÓN DE LA TRAYECTORIA

1.2.1 Número de arcos [NARC] (líneas 1110-1210).

1.2.1.1 Parámetros básicos:

Curvatura [TRA(NARC,0)].

Longitud [TRA(NARC,1)].

Angulo entre tangentes de entrada-salida.

Parámetro de clotoides [TRA(NARC,2)].

1.2.2 Origen de la trayectoria (líneas 1520-1570):

1.2.2.1 Coordenadas [FR(0,1,X/Y,0)].

1.2.2.2 Azimut de la tangente [TRA(0,0)].

1.3 VALOR DE LOS INCREMENTOS UNITARIOS DE ARCO [VIN] (línea 1400).

### 1.4 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS INTRODUCIDOS

1.4.1 Tratamiento arcos de la trayectoria (1220-1380).

1.4.1.1 Clasificación.

1.4.1.2 Cálculo de sus parámetros básicos.

1.4.1.3 Continuidad del diagrama de curvaturas.

1.4.2 Cálculo de longitud [TOTAL] de trayectoria.

1.4.3 Cálculo de los pasos [PAS] de ejecución (1410-1460).

1.4.4 Comprobación de capacidad de memoria (1480).

1.4.5 Dimensionamiento de variables de puntos de referencia (1490-1510).

[AFIX/Y,AFDX/Y,EDIX/Y,EDDX/Y,ETIX/Y,ETDX/Y].

# REALIZACION DEL PROGRAMA DE CALCULO POR ORDENADOR

## 2. CALCULO.

2.1 CALCULO DE LA POSICION INICIAL (líneas 1600-1700).

2.2 BUCLE EXTERNO DE CALCULO (líneas 1760-2220).

2.2.1 Parámetros básicos de arcos de clotoide  
(1780-1880).

2.2.2 Número de pasos [KOC] de cálculo por arco  
(1890-1900).

2.3 BUCLE ANIDADO DE CALCULO POR ARCO  
(líneas 1920-2220).

2.3.1 Longitud [STP] de cada paso (línea 1930).

2.3.2 Nueva posición del Frente de la primera Unidad:

2.3.2.1 Arcos de clotoide (1990-2030).

2.3.2.2 Segmentos rectos (2060).

2.3.2.3 Arcos circulares (2080-2110).

2.3.3 Nuevo azimut de la unidad (2120-2130).

2.3.4 Subrutinas de cálculo:

2.3.4.1 Coordenadas de la Trasera de la  
unidad (5350-5540).

2.3.4.2 Coordenadas del Conector  
(6230-6250).

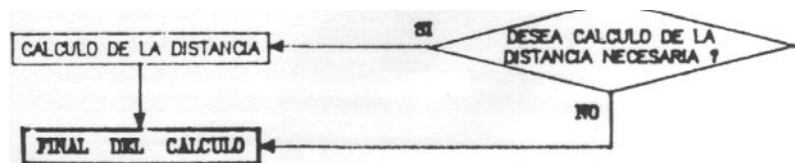
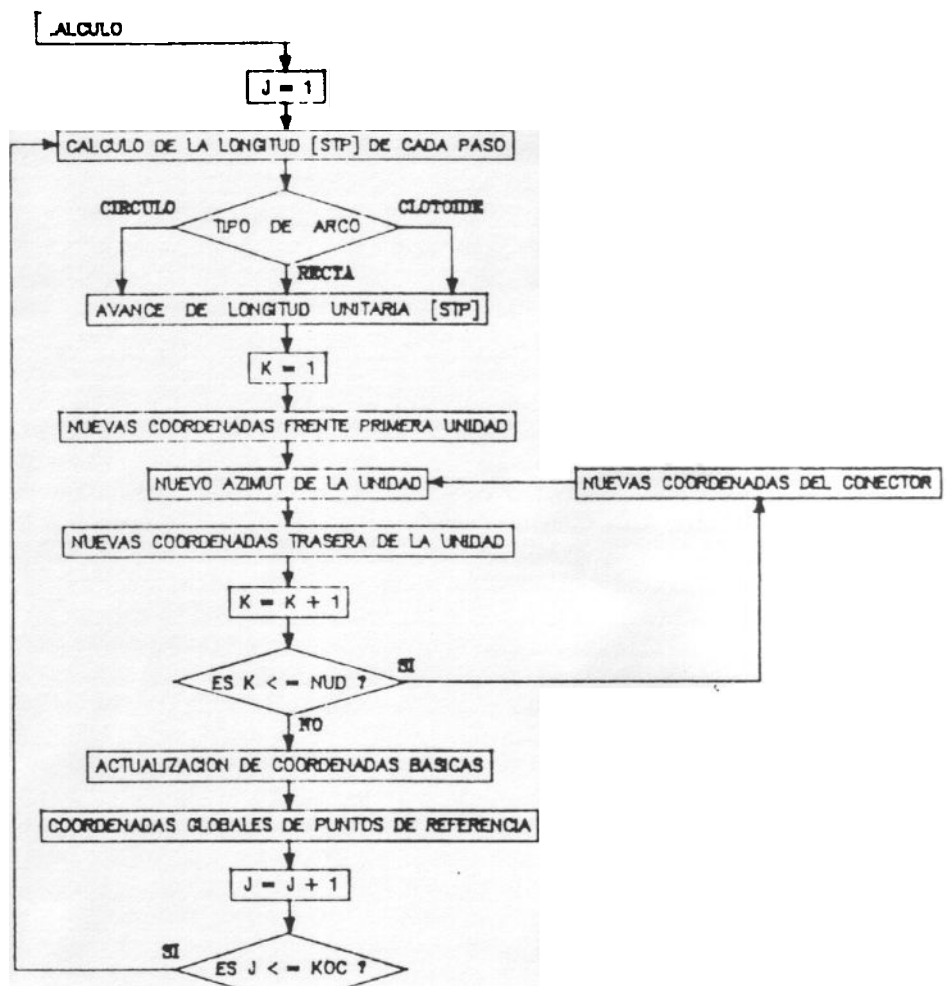
2.3.4.3 Actualización de coordenadas básicas  
(6300-6360).

2.3.4.4 Coordenadas globales de puntos de  
referencia (líneas 5140-5290).

2.4 COMPROBACION ALINEACION CON TANGENTE DE SALIDA  
(2240-2330)

2.5 CALCULO DISTANCIA NECESARIA PARA ALINEACION  
(2400-2510)

En el siguiente diagrama queda esquematizado el bloque de cálculo.



# REALIZACION DEL PROGRAMA DE CALCULO POR ORDENADOR

## 3. APLICACION DE RESULTADOS.

### 3.1 IMPRESION DE RESULTADOS: subrutina (líneas 6930-7880)

- 3.1.1 Inicialización de la impresora (6930-6990).
- 3.1.2 Impresión de la hoja 0 (7020-7490).
- 3.1.3 Menú de impresión (7540-7610)
- 3.1.4 Impresión de opciones (7620-7820) (subrutinas 5850-5900, 5990-6130)
- 3.1.5 Detección de errores de la impresora (5830-5760).

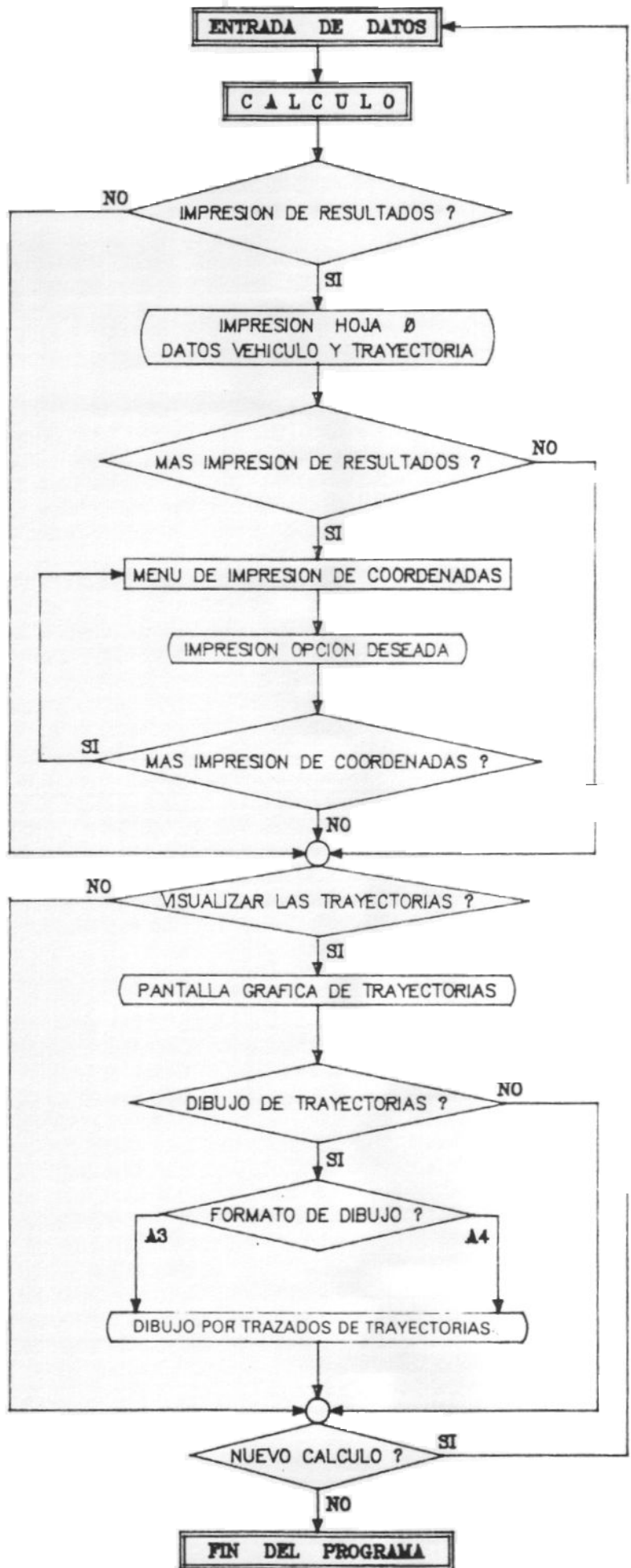
### 3.2 PANTALLA GRAFICA DE TRAYECTORIAS (líneas 2580-2970)

- 3.2.1 Dimensionamiento de la ventana gráfica (2580-2780)
- 3.2.2 Gráfico de trayectorias (2790-2860)
- 3.2.3 Gráfico del esquema del vehículo (2870-2970)

### 3.3 DIBUJO DE TRAYECTORIAS: subrutina (líneas 7900-8630)

- 3.3.1 Dimensionamiento del dibujo (7900-8010)
- 3.3.2 Inicialización del trazador (8020-8030)
- 3.3.3 Dibujo de trayectorias (8040-8270)
- 3.3.4 Dibujo del esquema del vehículo (8280-8330)
- 3.3.5 Dibujo de los ejes (8340-8600)
- 3.3.6 Graduación de los ejes (subrutinas 8650-8660, 8670-8750).

En el siguiente diagrama queda esquematizado el bloque de resultados.



## 6. ESTABLECIMIENTO DE VEHICULOS-TIPO

Con este programa queda establecida la posibilidad del cálculo de trayectorias de los puntos de referencia de un vehículo, determinados de un modo general por su interés, al permitir definir superficies libres de obstáculos y áreas a pavimentar.

Parece pues procedente, aunque sin intención de llegar a un establecimiento de vehículos de proyecto como el realizado por la AASHTO, el aportar datos reales que faciliten el trazado

Se exponen modelos de vehículos en un orden creciente en cuanto a necesidad de superficie de maniobra. Los datos han sido seleccionados a partir de estadísticas facilitadas por ANFAC (Asociación Española de Fabricantes de Automóviles, Camiones, Tractores y sus motores) sobre producción y venta de vehículos. Las dimensiones concretas de los vehículos considerados han sido elaboradas a partir de las correspondientes Fichas simplificada o reducida de características generales para homologación de tipo de vehículos según categorías (Orden del Ministerio de Industria y Energía de 2 de abril de 1982), facilitadas por el propio Ministerio de Industria y Energía.

Se incluye, junto con las vías delantera y trasera, la anchura total del vehículo carrozado, por ser este dato de más interés, que las distancias entre los planos medios de las ruedas (simples o gemelas). En caso de ejes múltiples se incluyen las distancias entre éstos, así como la longitud equivalente sugerida.



# ESTABLECIMIENTO DE VEHICULOS-TIPO

## AUTOMOVIL

Vía delantera = 1.50 m  
Voladizo anterior [VU] = 1.10 m  
Vía trasera = 1.50 m  
Anchura total de la carrocería [VD] [VT] = 1.85 m  
Distancia entre ejes [L<sub>1</sub>] = 3.10 m

## VEHICULO LIGERO DE REPARTO

Vía delantera = 1.75 m  
Voladizo anterior [VU] = 0.90 m  
Vía trasera = 1.70 m  
Anchura total del vehículo carrozado [VD] [VT] = 2.20 m  
Distancia entre ejes [L<sub>1</sub>] = 4.00 m

CAMION	PMA	20000	26000	36000
Vía delantera		2.05	2.05	2.10 m
Voladizo anterior [VU]		1.50	1.50	1.50 m
Vía trasera		1.85	1.85	1.85 m
Anchura máxima [VD] [VT]		2.50	2.50	2.50 m
Distancia primero-segundo eje		5.00	5.50	1.72 m
Distancia segundo-tercer eje		—	1.36	5.28 m
Distancia tercero-cuarto eje		—	—	1.66 m
Longitud equivalente [L <sub>1</sub> ]		5.00	6.18	7.83 m

## AUTOBUS

Vía delantera = 2.10 m  
Voladizo anterior [VU] = 2.65 m  
Voladizo posterior = 3.50 m  
Vía trasera = 1.85 m  
Anchura máxima [VD] [VT] = 2.50 m  
Distancia entre ejes [L<sub>1</sub>] = 5.85 m

## AUTOBUS ARTICULADO

Vía delantera = 2.10 m  
Voladizo anterior [VU] = 2.40 m  
Vía trasera = 1.80 m  
Anchura máxima [VD] [VT] = 2.50 m  
Distancia primero-segundo eje [L<sub>1</sub>] = 5.60 m  
Distancia conector-eje trasero [λ<sub>1</sub>] = —1.80 m  
Distancia segundo-tercer eje = 6.15 m  
Longitud equivalente de la segunda unidad [L<sub>2</sub>] = 4.35 m  
Voladizo posterior = 3.06 m

## ESTABLECIMIENTO DE VEHICULOS-TIPO

<b>CABEZA TRACTORA PARA SEMI-REMOLQUE</b>	<b>EJES SIMPLES</b>	<b>PUENTE TANDEM</b>
Vía delantera	2.05	2.10 m
Voladizo anterior [VU]	1.50	1.50 m
Vía trasera	1.80	1.85 m
Anchura máxima [VD]	2.50	2.50 m
Distancia primero-segundo eje	3.50	3.60 m
Distancia segundo-tercer eje	—	1.40 m
Avance quinta rueda	0.40	0.88 m
Distancia conector-eje trasero [ $\lambda$ ]	0.40	0.18 m
Longitud equivalente [ $L_1$ ]	3.50	4.38 m

<b>SEMI-REMOLQUES</b>	<b>1 EJE</b>	<b>2 EJES</b>	<b>3 EJES</b>
Vía	1.85	1.85	1.85 m
Anchura máxima [VT]	2.50	2.50	2.50 m
Voladizo anterior	2.20	2.20	2.20 m
Voladizo posterior	4.00	4.00	4.00 m
Paso primero	5.30	6.25	5.25 m
Paso segundo	—	1.36	1.18 m
Paso tercero	—	—	1.18 m
Longitud equivalente [ $L_2$ ]	5.30	6.93	6.43 m

## **6bis. RADIOS DE GIRO MINIMOS**

Aunque intencionadamente no se han establecido limitaciones dentro del programa, a las posibles definiciones de la trayectoria a describir por el vehículo, es evidente que su propia geometría impone unos valores mínimos a los radios.

Los valores facilitados a continuación tienen, al igual que los proporcionados con anterioridad un carácter orientativo amplio. Conviene destacar el caso de los vehículos compuestos de varias unidades, donde su gran variedad de configuraciones y morfologías no permiten generalizar unos ángulos relativos máximos entre unidades. Precisamente en estos casos, y para limitaciones concretas de cada vehículo, la aplicación del propio programa es la que facilitará la determinación de la trayectoria a describir.

Estos radios mínimos, se han establecido basándose en la definición del Círculo de Viraje incluido Voladizo, es decir, del descrito en su movimiento por la parte más saliente del vehículo, teniendo éste girada su dirección hasta el tope.

### **AUTOMOVIL**

Radio mínimo = 6 m

### **VEHICULO LIGERO DE REPARTO**

Radio mínimo = 9 m

### **CAMION**

Radio mínimo = 12 m

### **AUTOBUS ARTICULADO**

Deberá poder inscribirse en una corona circular de 12.50 m de radio exterior y de un radio interior de 5.30 m (Directivas CEE 85/3, 86/360, 86/364).

### **CABEZA TRACTORA**

Radio mínimo = 8 m



## 7. APLICACION DEL PROCEDIMIENTO DESARROLLADO

El método numérico aquí expuesto, junto con el programa de cálculo desarrollado, permite una amplia variedad de aplicaciones en trazado. Basándose en su capacidad de determinar trayectorias de puntos señalados de prácticamente cualquier tipo de vehículo, registrando sus respectivas coordenadas en los sistemas de ejes de referencia elegidos, éstas se pueden utilizar directamente para definición y replanteo de los bordes interior y exterior de calzada en curvas. Basta para ello considerar una anchura de vehículo de proyecto con el sobreaño añadido que consiga el resguardo requerido. Se logra con ello una definición mucho más ajustada que con las curvas de tres o de cinco centros, utilizadas con anterioridad para el trazado de bordes en intersecciones.

Permite la realización de cálculos consecutivos, al determinar la longitud necesaria para alineación del vehículo con la tangente de salida de un cálculo, condición inicial del cálculo siguiente.

Permite la comprobación de posibilidad de circulación de un vehículo por trazados existentes, o en áreas confinadas, o limitadas por el valor de sus parámetros como en la actualidad exigen para homologación de vehículos de transporte internacional las Directivas de la CEE: 85/3, 86/360 y 86/364, en sus anexos relativos a dimensiones. Con la sencilla modificación en la elección de los puntos de referencia, es posible determinar áreas barridas por elementos del vehículo, como traseras de autobuses, valor restringido para su homologación en el caso de autobuses articulados.

Finalmente, al no haber introducido condiciones limitativas en el cálculo, de modo intencionado y de fácil inclusión, es posible reflejar el comportamiento del vehículo en situaciones anómalas. Tal es el caso de un vehículo articulado en un giro continuado con radio muy bajo, en que el ángulo relativo entre unidades pueda superar un valor máximo posible.

Se incluyen a continuación las hojas 0 y los gráficos de trayectorias descritas por una cabeza tractora con puente tándem trasero y semi-remolque de dos ejes, descritos en la relación de vehículos-tipo, al efectuar giros de 100°, 200°, 300° y 400°, fijando como origen de trayectoria el origen de coordenadas (centro del eje delantero de la primera unidad sobre el origen), azimut inicial de 100° y radio 10 m.

En ellos se puede medir el sobreaño global de trayectorias del vehículo, y comprobar cómo su valor tiende hacia un máximo, que se alcanza sólo cuando los centros instantáneos de rotación de las unidades llegan hasta la superposición.

## APLICACION DEL PROCEDIMIENTO DESARROLLADO

Utilizando este mismo vehículo, un último gráfico acompañado por los listados de coordenadas le representa con iguales datos de partida, obligando a describir un giro completo de  $400^\circ$  con un radio muy bajo, de 7.5 metros. Se puede apreciar cómo se produce el retroceso y giros sobre el eje trasero del propio semi-remolque.

Calculadas con este programa, se incluyen las trayectorias descritas por un vehículo articulado descrito en su hoja 0, publicadas como demostración de un programa similar desarrollado por el UMTRI (USA)

## APLICACION DEL PROCEDIMIENTO DESARROLLADO

### \*\*\* DEFINICION DEL VEHICULO \*\*\*

NUMERO DE UNIDADES = 2

VIA EJE DELANTERO UNIDAD - 1 = 2.5 m

VUELO EJE DELANTERO - PARAGOLPES = 1.5 m

VIA EJE TRASERO UNIDAD - 2 = 2.5 m

LONGITUD EQUIVALENTE UNIDAD - 1 = 4.3 m

DISTANCIA CONECTOR - EJE UNIDAD - 1 = .18 m

LONGITUD EQUIVALENTE UNIDAD - 2 = 6.93 m

### \*\* DEFINICION DE LA TRAYECTORIA \*\*

NUMERO DE ARCOS CONSECUTIVOS = 3

LONGITUD DE LA RECTA - 1 = 6.000 m

CURVATURA DEL ARCO 2 = .1

LONGITUD DEL ARCO 2 = 15.708 m

LONGITUD DE LA RECTA - 3 = 20.000 m

LONGITUD TOTAL DE LA TRAYECTORIA = 41.708 m

COORDENADAS DEL ORIGEN ( 0.000 , 0.000 )

AZIMUT DE LA TANGENTE EN EL ORIGEN = 100.00000 g

COORDENADAS DEL FINAL ( 16.000 , -30.000 )

AZIMUT DE LA TANGENTE EN EL FINAL = 200.00000 g

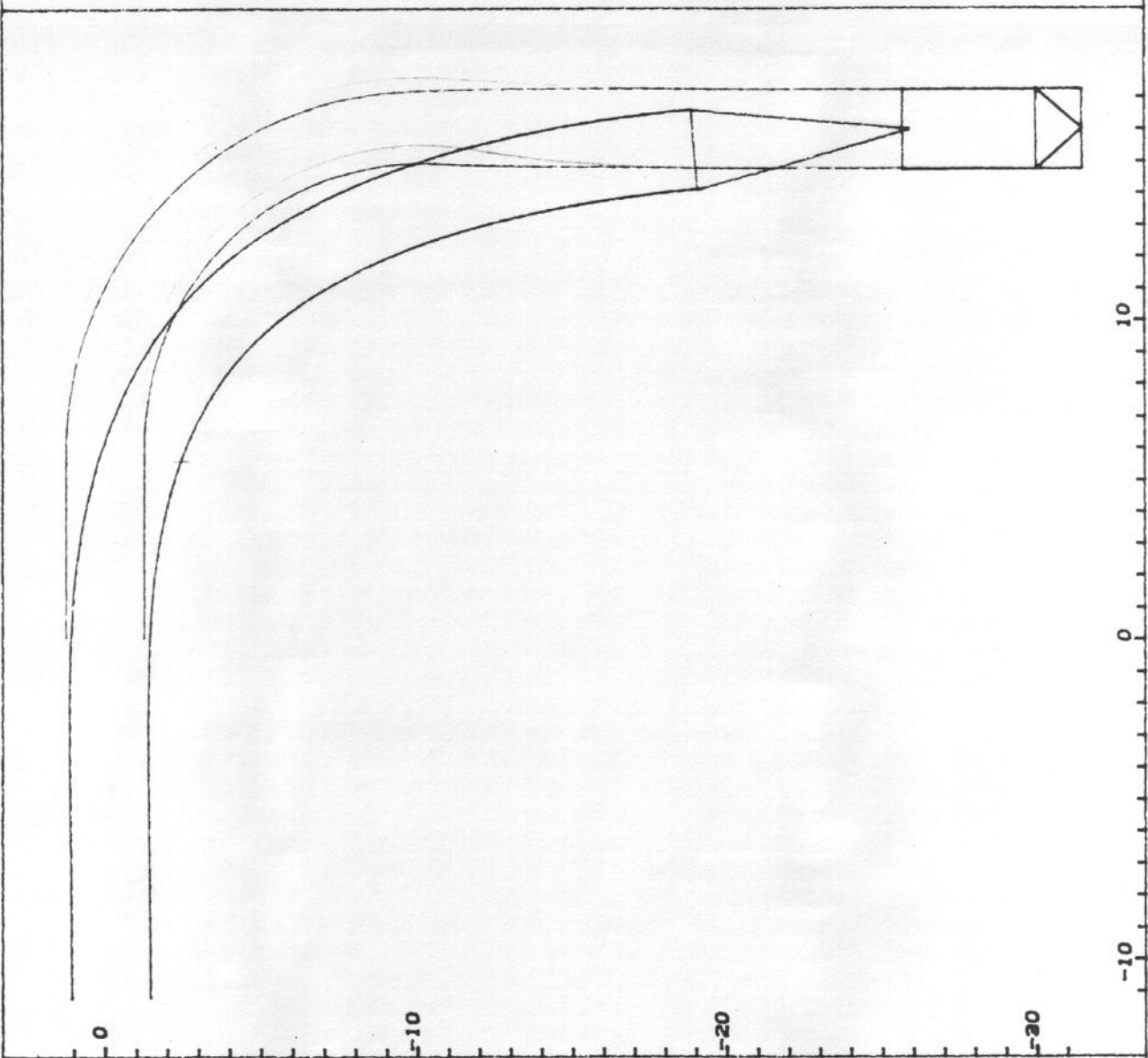
LONGITUD NECESARIA PARA ALINEACION CON TANGENTE DE SALIDA = 80.000 m

COORDENADAS DEL FINAL PARA ALINEACION ( 16.000 , -110.000 )

VALOR DE LOS INCREMENTOS UNITARIOS ADOPTADO = .5 m

NUMERO DE PASOS DE CALCULO REALIZADO = 84

\*\*\* TRAYECTORIAS DESCRITAS POR EL VEHICULO \*\*\*



# APLICACION DEL PROCEDIMIENTO DESARROLLADO

## \*\*\* DEFINICION DEL VEHICULO \*\*\*

NUMERO DE UNIDADES = 2

VIA EJE DELANTERO UNIDAD - 1 = 2.5 m

VUELO EJE DELANTERO - PARAGOLPES = 1.5 m

VIA EJE TRASERO UNIDAD - 2 = 2.5 m

LONGITUD EQUIVALENTE UNIDAD - 1 = 4.3 m

DISTANCIA CONECTOR - EJE UNIDAD - 1 = .18 m

LONGITUD EQUIVALENTE UNIDAD - 2 = 6.93 m

## \*\* DEFINICION DE LA TRAYECTORIA \*\*

NUMERO DE ARCOS CONSECUTIVOS = 3

LONGITUD DE LA RECTA - 1 = 6.000 m

CURVATURA DEL ARCO 2 = .1  
LONGITUD DEL ARCO - 2 = 31.416 m

LONGITUD DE LA RECTA 3 = 20.000 m

LONGITUD TOTAL DE LA TRAYECTORIA = 57.416 m

COORDENADAS DEL ORIGEN ( 0.000 , 0.000 )

AZIMUT DE LA TANGENTE EN EL ORIGEN = 100.00000 g

COORDENADAS DEL FINAL ( -14.000 , -20.000 )

AZIMUT DE LA TANGENTE EN EL FINAL = 300.00000 g

LONGITUD NECESARIA PARA ALINEACION CON TANGENTE DE SALIDA = 81.000 m

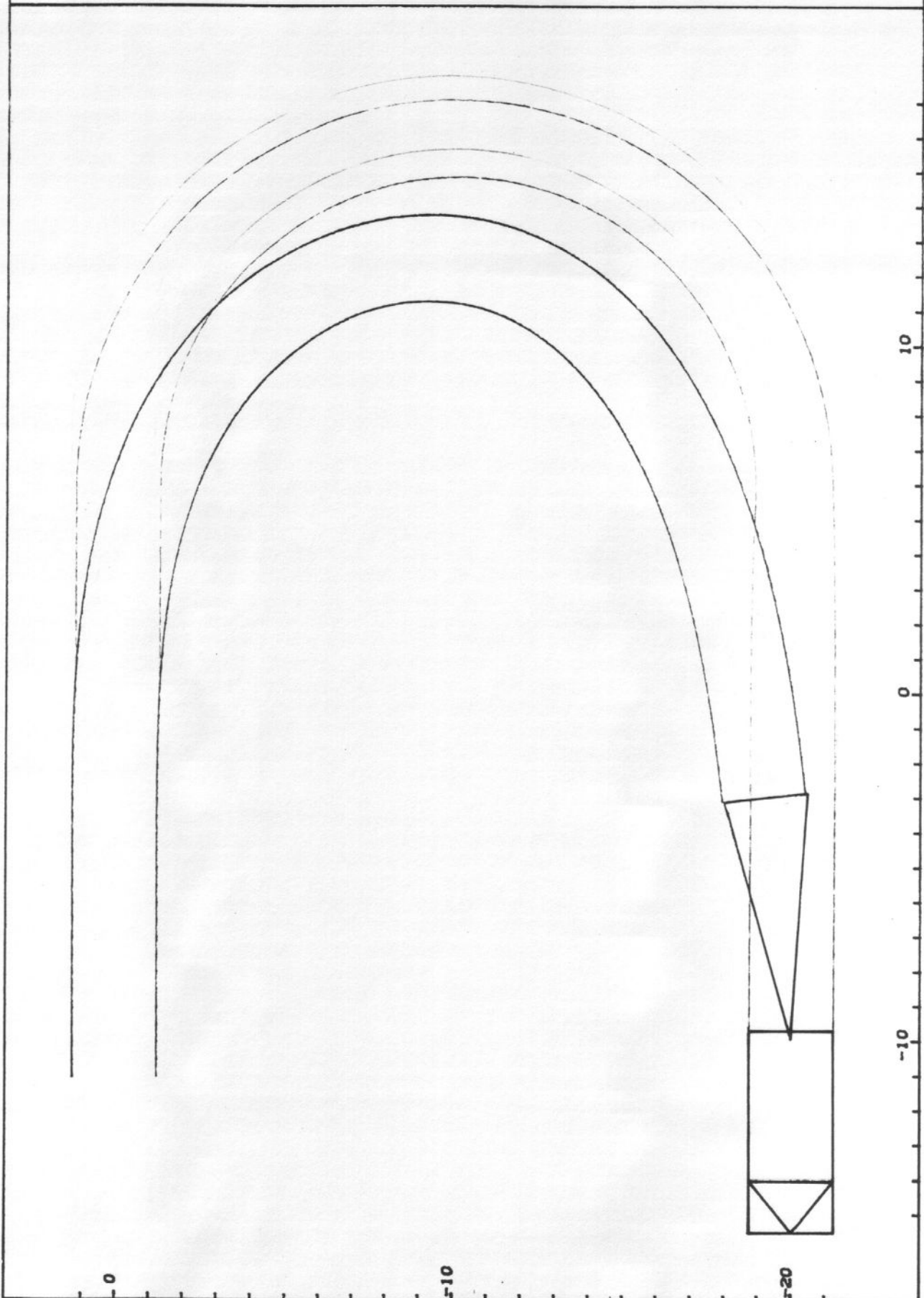
COORDENADAS DEL FINAL PARA ALINEACION ( -95.000 , -20.000 )

VALOR DE LOS INCREMENTOS UNITARIOS ADOPTADO = .5 m

NUMERO DE PASOS DE CALCULO REALIZADO = 115



\*\*\* TRAYECTORIAS DESCRITAS POR EL VEHICULO \*\*\*



ESQUINAS PARAGOLPES DELANTERO RUEDAS PRIMER EJE DELANTERO RUEDAS ULTIMO EJE TRASERO

## APLICACION DEL PROCEDIMIENTO DESARROLLADO

### \*\*\* DEFINICION DEL VEHICULO \*\*\*

NUMERO DE UNIDADES = 2

VIA EJE DELANTERO UNIDAD 1 = 2.5 m

VUELO EJE DELANTERO PARAGOLFES = 1.5 m

VIA EJE TRASERO UNIDAD - 2 = 2.5 m

LONGITUD EQUIVALENTE UNIDAD 1 = 4.3 m

DISTANCIA CONECTOR - EJE UNIDAD 1 = .18 m

LONGITUD EQUIVALENTE UNIDAD - 2 = 6.93 m

### \*\* DEFINICION DE LA TRAYECTORIA \*\*

NUMERO DE ARCOS CONSECUTIVOS = 3

LONGITUD DE LA RECTA - 1 = 6.000 m

CURVATURA DEL ARCO 2 = .1

LONGITUD DEL ARCO 2 = 47.124 m

LONGITUD DE LA RECTA - 3 = 20.000 m

LONGITUD TOTAL DE LA TRAYECTORIA = 73.124 m

COORDENADAS DEL ORIGEN ( 0.000 , 0.000 )

AZIMUT DE LA TANGENTE EN EL ORIGEN = 100.00000 g

COORDENADAS DEL FINAL ( -4.000 , 10.000 )

AZIMUT DE LA TANGENTE EN EL FINAL = 0.00000 g

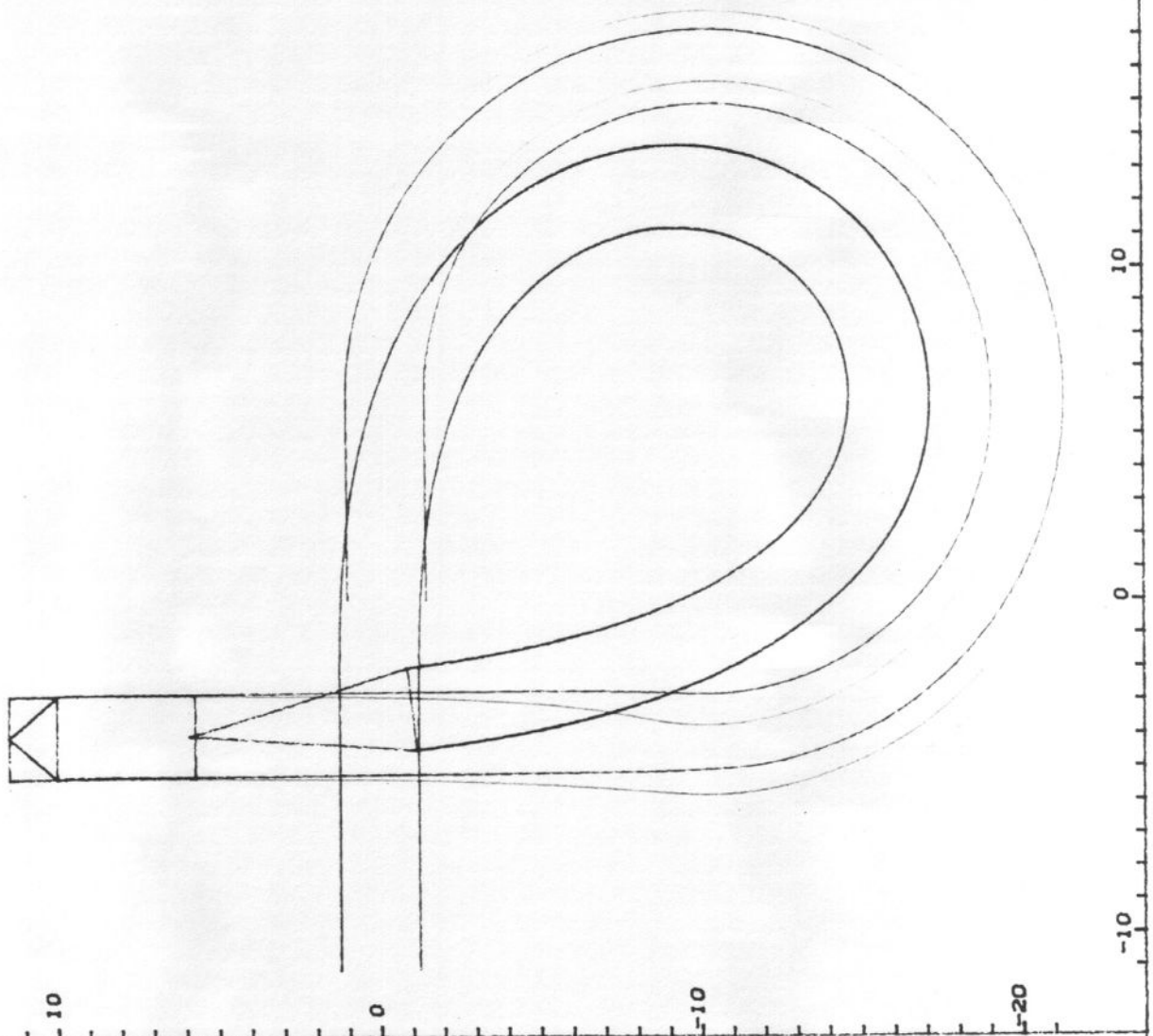
LONGITUD NECESARIA PARA ALINEACION CON TANGENTE DE SALIDA = 81.500 m

COORDENADAS DEL FINAL PARA ALINEACION ( -4.000 , 91.500 )

VALOR DE LOS INCREMENTOS UNITARIOS ADOPTADO = .5 m

NUMERO DE PASOS DE CALCULO REALIZADO = 147

\*\*\* TRAYECTORIAS DESCRITAS POR EL VEHICULO \*\*\*



ESQUINAS PARAGOLPES DELANTERO RUEDAS PRIMER EJE DELANTERO RUEDAS ULTIMO EJE TRASERO

## APLICACION DEL PROCEDIMIENTO DESARROLLADO

### \*\*\* DEFINICION DEL VEHICULO \*\*\*

NUMERO DE UNIDADES = 2

VIA EJE DELANTERO UNIDAD - 1 = 2.5 m

VUELO EJE DELANTERO - PARAGOLFES = 1.5 m

VIA EJE TRASERO UNIDAD - 2 = 2.5 m

LONGITUD EQUIVALENTE UNIDAD - 1 = 4.3 m

DISTANCIA CONECTOR - EJE UNIDAD 1 = .18 m

LONGITUD EQUIVALENTE UNIDAD - 2 = 6.93 m

### \*\* DEFINICION DE LA TRAYECTORIA \*\*

NUMERO DE ARCOS CONSECUTIVOS = 3

LONGITUD DE LA RECTA - 1 = 6.000 m

CURVATURA DEL ARCO - 2 = .1

LONGITUD DEL ARCO - 2 = 62.832 m

LONGITUD DE LA RECTA 3 = 20.000 m

LONGITUD TOTAL DE LA TRAYECTORIA = 88.832 m

COORDENADAS DEL ORIGEN ( 0.000 , 0.000 )

AZIMUT DE LA TANGENTE EN EL ORIGEN = 100.00000 g

COORDENADAS DEL FINAL ( 26.000 , -0.000 )

AZIMUT DE LA TANGENTE EN EL FINAL = 100.00000 g

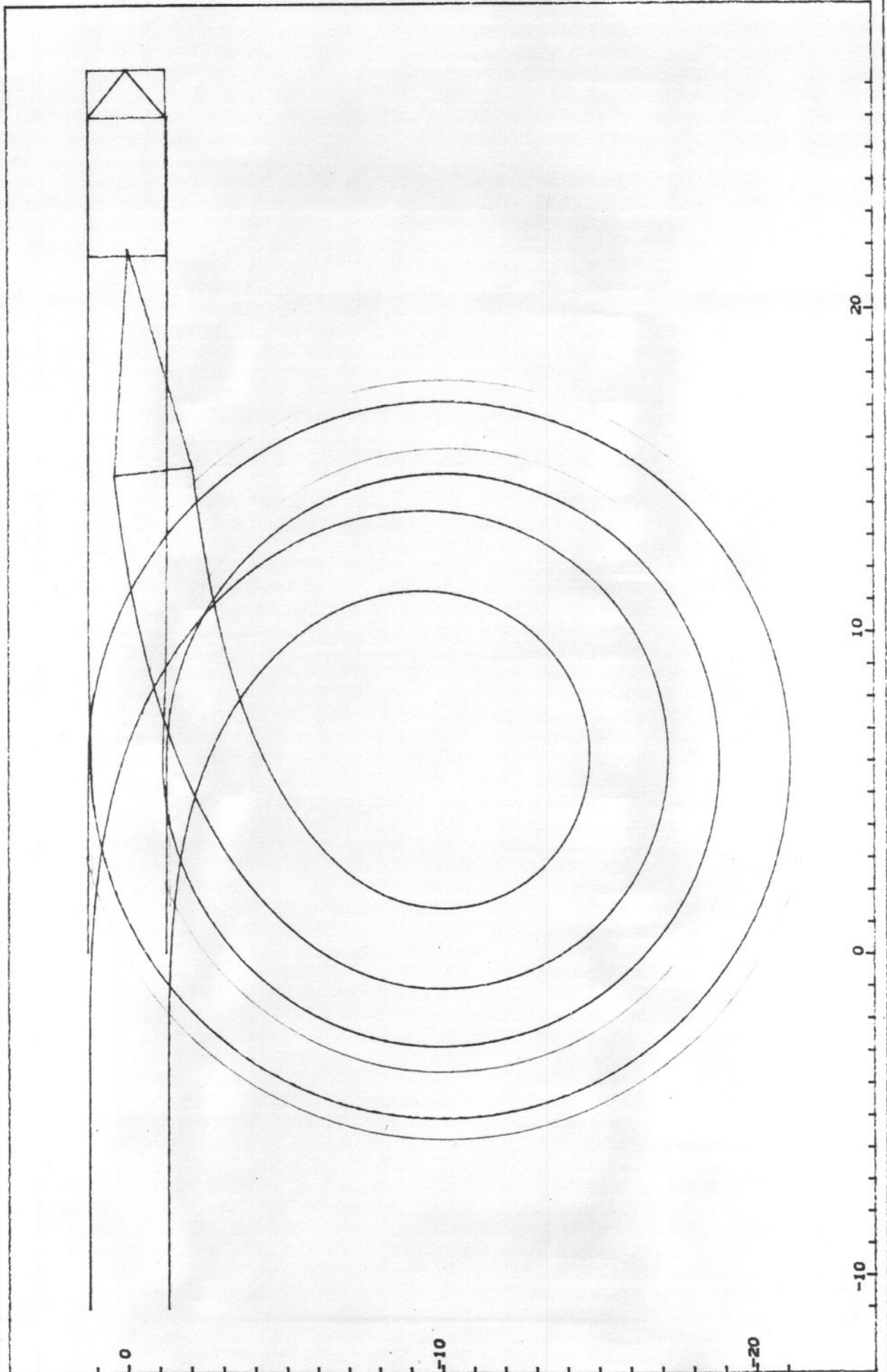
LONGITUD NECESARIA PARA ALINEACION CON TANGENTE DE SALIDA = 81.500 m

COORDENADAS DEL FINAL PARA ALINEACION ( 107.500 , -0.000 )

VALOR DE LOS INCREMENTOS UNITARIOS ADOPTADO = .5 m

NUMERO DE PASOS DE CALCULO REALIZADO = 178

\*\*\* TRAYECTORIAS DESCRITAS POR EL VEHICULO \*\*\*



ESQUINAS PARAGOLPES DELANTERO RUEDAS PRIMER EJE DELANTERO RUEDAS ULTIMO EJE TRASERO

# APLICACION DEL PROCEDIMIENTO DESARROLLADO

## \*\*\* DEFINICION DEL VEHICULO \*\*\*

NUMERO DE UNIDADES = 2

VIA EJE DELANTERO UNIDAD - 1 = 2.5 m

VUELO EJE DELANTERO - PARAGOLPES = 5 m

VIA EJE TRASERO UNIDAD - 2 = 2.5 m

LONGITUD EQUIVALENTE UNIDAD - 1 = 4.3 m

DISTANCIA CONECTOR - EJE UNIDAD - 1 = 18 m

LONGITUD EQUIVALENTE UNIDAD - 2 = 6.93 m

## \*\* DEFINICION DE LA TRAYECTORIA \*\*

NUMERO ARCOS CONSECUTIVOS = 3

LONGITUD DE LA RECTA 1 = 6.000 m

GRADUACION DEL ARCO - 1 = 133333333333333333

LONGITUD DEL ARCO - 2 = 47.124 m

LONGITUD DE LA RECTA - 3 = 20.000 m

LONGITUD TOTAL DE LA TRAYECTORIA = 73.124 m

COORDENADAS DEL ORIGEN ( 0.000 , 0.000 )

AZIMUT DE LA TANGENTE EN EL ORIGEN = 100.00000 g

COORDENADAS DEL FINAL ( 25.000 , 0.000 )

AZIMUT DE LA TANGENTE EN EL FINAL = 100.00000 g

LONGITUD NECESARIA PARA ALINEACION CON TANGENTE DE SALIDA = 86.000 m

COORDENADAS DEL FINAL PARA ALINEACION ( 112.000 , 0.000 )

VALOR DE LOS INCREMENTOS UNITARIOS ADOPTADO = 5 m

NUMERO DE PASOS DE CALCULO REALIZADO = 147

## APLICACION DEL PROCEDIMIENTO DESARROLLADO

COORDENADAS		DE	LAS		TRAYECTORIAS	
ESQUINA DELANTERA IZQUIERDA			RUEDA DELANTERA IZQUIERDA		RUEDA TRASERA DERECHA	
( 1.500 , 1.250 )		(	0.000 , 1.250 )		( -11.050 , -1.250 )	
( 2.000 , 1.250 )		(	0.500 , 1.250 )		( -10.550 , -1.250 )	
( 2.500 , 1.250 )		(	1.000 , 1.250 )		( -10.050 , -1.250 )	
( 3.000 , 1.250 )		(	1.500 , 1.250 )		( -9.550 , -1.250 )	
( 3.500 , 1.250 )		(	2.000 , 1.250 )		( -9.050 , -1.250 )	
( 4.000 , 1.250 )		(	2.500 , 1.250 )		( -8.550 , -1.250 )	
( 4.500 , 1.250 )		(	3.000 , 1.250 )		( -8.050 , -1.250 )	
( 5.000 , 1.250 )		(	3.500 , 1.250 )		( -7.550 , -1.250 )	
( 5.500 , 1.250 )		(	4.000 , 1.250 )		( -7.050 , -1.250 )	
( 6.000 , 1.250 )		(	4.500 , 1.250 )		( -6.550 , -1.250 )	
( 6.500 , 1.250 )		(	5.000 , 1.250 )		( -6.050 , -1.250 )	
( 7.000 , 1.250 )		(	5.500 , 1.250 )		( -5.550 , -1.250 )	
( 7.500 , 1.250 )		(	6.000 , 1.250 )		( -5.050 , -1.250 )	
( 8.004 , 1.238 )		(	6.504 , 1.238 )		( -4.551 , -1.250 )	
( 8.515 , 1.182 )		(	7.015 , 1.183 )		( -4.054 , -1.250 )	
( 9.029 , 1.094 )		(	7.529 , 1.100 )		( -3.562 , -1.250 )	
( 9.541 , 0.964 )		(	8.043 , 0.983 )		( -3.075 , -1.254 )	
( 10.049 , 0.713 )		(	8.554 , 0.833 )		( -2.586 , -1.258 )	
( 10.550 , 0.454 )		(	9.059 , 0.550 )		( -2.125 , -1.264 )	
( 11.040 , 0.217 )		(	9.558 , 0.435 )		( -1.682 , -1.274 )	
( 11.517 , 0.087 )		(	10.042 , 0.187 )		( -1.206 , -1.298 )	
( 11.979 , 0.427 )		(	10.514 , -0.091 )		( -0.763 , -1.317 )	
( 12.446 , -0.600 )		(	10.979 , -0.401 )		( -0.328 , -1.331 )	
( 12.914 , -1.205 )		(	11.408 , -0.739 )		( 0.087 , -1.350 )	
( 13.327 , -1.840 )		(	11.825 , -1.106 )		( 0.512 , -1.366 )	
( 13.681 , -2.503 )		(	12.219 , -1.500 )		( 0.916 , -1.439 )	
( 13.926 , -3.192 )		(	12.588 , -1.919 )		( 1.309 , -1.488 )	
( 14.239 , -3.905 )		(	12.930 , -2.362 )		( 1.692 , -1.545 )	
( 14.506 , -4.640 )		(	13.244 , -2.827 )		( 2.063 , -1.609 )	
( 14.742 , -5.393 )		(	13.529 , -3.312 )		( 2.423 , -1.661 )	
( 14.943 , -6.164 )		(	13.781 , -3.814 )		( 2.771 , -1.760 )	
( 15.106 , -6.946 )		(	14.001 , -4.333 )		( 3.107 , -1.847 )	
( 15.231 , -7.744 )		(	14.188 , -4.866 )		( 3.431 , -1.941 )	
( 15.317 , -8.548 )		(	14.339 , -5.410 )		( 3.744 , -2.042 )	
( 15.362 , -9.358 )		(	14.455 , -5.964 )		( 4.044 , -2.150 )	
( 15.368 , -10.171 )		(	14.534 , -6.524 )		( 4.331 , -2.265 )	
( 15.332 , -10.985 )		(	14.577 , -7.089 )		( 4.606 , -2.386 )	
( 15.257 , -11.806 )		(	14.582 , -7.656 )		( 4.869 , -2.513 )	
( 15.140 , -12.631 )		(	14.550 , -8.222 )		( 5.118 , -2.646 )	
( 14.984 , -13.459 )		(	14.482 , -8.785 )		( 5.355 , -2.784 )	
( 14.798 , -14.285 )		(	14.376 , -9.343 )		( 5.580 , -2.927 )	
( 14.554 , -15.108 )		(	14.234 , -9.893 )		( 5.791 , -3.074 )	
( 14.282 , -15.915 )		(	14.055 , -10.432 )		( 5.990 , -3.225 )	
( 13.973 , -16.703 )		(	13.842 , -10.959 )		( 6.176 , -3.379 )	
( 13.629 , -17.470 )		(	13.594 , -11.471 )		( 6.349 , -3.535 )	
( 13.251 , -18.214 )		(	13.313 , -11.965 )		( 6.510 , -3.694 )	
( 12.841 , -18.931 )		(	12.999 , -12.440 )		( 6.658 , -3.854 )	
( 12.401 , -19.621 )		(	12.655 , -12.893 )		( 6.795 , -4.015 )	
( 11.932 , -20.281 )		(	12.282 , -13.322 )		( 6.919 , -4.177 )	
( 11.436 , -20.918 )		(	11.880 , -13.726 )		( 7.032 , -4.338 )	

## APLICACION DEL PROCEDIMIENTO DESARROLLADO

COORDENADAS		DE		LAS		TRAYECTORIAS	
ESQUINA DELANTERA IZQUIERDA		RUEDA DELANTERA IZQUIERDA		RUEDA TRASERA DERECHA			
10.917	-15.503	11.453	-14.102	7.133	-4.499		
10.375	-15.812	11.002	-14.449	7.223	-4.658		
9.814	-16.084	10.528	-14.766	7.302	-4.816		
9.235	-16.319	10.035	-15.050	7.371	-4.971		
8.642	-16.515	9.524	-15.301	7.430	-5.124		
8.038	-16.671	8.997	-15.518	7.479	-5.274		
7.424	-16.786	8.457	-15.699	7.519	-5.420		
6.803	-16.861	7.906	-15.844	7.550	-5.562		
6.179	-16.894	7.346	-15.952	7.573	-5.700		
5.554	-16.885	6.781	-16.022	7.588	-5.833		
4.931	-16.835	6.212	-16.055	7.596	-5.961		
4.312	-16.743	5.642	-16.050	7.597	-6.084		
3.701	-16.611	5.072	-16.007	7.591	-6.202		
3.100	-16.448	4.503	-15.926	7.580	-6.314		
2.512	-16.255	3.952	-15.808	7.564	-6.419		
1.939	-16.034	3.404	-15.652	7.543	-6.519		
1.384	-15.785	2.867	-15.462	7.518	-6.613		
0.845	-15.508	2.344	-15.235	7.490	-6.701		
0.337	-14.999	1.837	-14.975	7.458	-6.782		
-0.150	-14.606	1.348	-14.681	7.424	-6.857		
-0.605	-14.180	0.881	-14.355	7.388	-6.927		
-1.039	-13.726	0.436	-13.999	7.351	-6.990		
-1.438	-13.243	0.016	-13.614	7.313	-7.047		
-1.804	-12.735	-0.378	-13.201	7.274	-7.099		
-2.136	-12.204	-0.744	-12.764	7.235	-7.145		
-2.437	-11.652	-1.080	-12.303	7.196	-7.185		
-2.699	-11.081	-1.384	-11.821	7.155	-7.221		
-2.908	-10.495	-1.655	-11.319	7.122	-7.252		
-3.088	-9.895	-1.892	-10.801	7.088	-7.278		
-3.227	-9.284	-2.095	-10.268	7.055	-7.300		
-3.325	-8.666	-2.261	-9.723	7.024	-7.318		
-3.382	-8.042	-2.391	-9.167	6.996	-7.332		
-3.397	-7.416	-2.483	-8.605	6.970	-7.343		
-3.371	-6.790	-2.538	-8.037	6.948	-7.351		
-3.303	-6.168	-2.555	-7.467	6.928	-7.357		
-3.184	-5.551	-2.533	-6.898	6.912	-7.361		
-3.043	-4.943	-2.474	-6.331	6.900	-7.364		
-2.853	-4.346	-2.377	-5.769	6.890	-7.365		
-2.623	-3.763	-2.244	-5.215	6.885	-7.365		
-2.355	-3.197	-2.073	-4.671	6.883	-7.365		
-2.050	-2.650	-1.867	-4.139	6.884	-7.365		
-1.703	-2.125	-1.625	-3.623	6.889	-7.366		
-1.334	-1.623	-1.350	-3.123	6.897	-7.367		
-0.926	-1.148	-1.042	-2.643	6.909	-7.370		
-0.488	-0.701	-0.703	-2.185	6.923	-7.374		
-0.020	-0.283	-0.334	-1.750	6.941	-7.380		
0.474	0.102	0.063	-1.341	6.961	-7.389		
0.992	0.453	0.487	-0.959	6.983	-7.400		
1.533	0.769	0.935	-0.607	7.008	-7.414		
2.094	1.048	1.405	-0.285	7.034	-7.431		



## APLICACION DEL PROCEDIMIENTO DESARROLLADO

COORDENADAS		DE	LAS		TRAYECTORIAS
ESQUINA DELANTERA	IZQUIERDA		RUEDA DELANTERA	IZQUIERDA	RUEDA TRASERA DERECHA
( 2.672 , 1.289 )	( 1.896 , 0.006 )		( 7.063 , -7.452 )		
( 3.265 , 1.491 )	( 2.405 , 0.262 )		( 7.092 , -7.476 )		
( 3.870 , 1.654 )	( 2.930 , 0.484 )		( 7.122 , -7.504 )		
( 4.485 , 1.775 )	( 3.469 , 0.671 )		( 7.153 , -7.537 )		
( 5.106 , 1.855 )	( 4.019 , 0.822 )		( 7.183 , -7.573 )		
( 5.731 , 1.894 )	( 4.578 , 0.935 )		( 7.214 , -7.614 )		
( 6.357 , 1.891 )	( 5.143 , 1.011 )		( 7.244 , -7.659 )		
( 6.512 , 1.884 )	( 5.233 , 1.024 )		( 7.251 , -7.671 )		
( 7.131 , 1.848 )	( 5.850 , 1.068 )		( 7.279 , -7.721 )		
( 7.736 , 1.805 )	( 6.412 , 1.103 )		( 7.304 , -7.773 )		
( 8.323 , 1.768 )	( 6.971 , 1.132 )		( 7.324 , -7.823 )		
( 8.911 , 1.727 )	( 7.524 , 1.156 )		( 7.338 , -7.867 )		
( 9.483 , 1.687 )	( 8.073 , 1.175 )		( 7.347 , -7.903 )		
( 10.046 , 1.649 )	( 8.619 , 1.190 )		( 7.352 , -7.925 )		
( 10.601 , 1.613 )	( 9.158 , 1.202 )		( 7.352 , -7.931 )		
( 11.149 , 1.579 )	( 9.694 , 1.212 )		( 7.352 , -7.913 )		
( 11.691 , 1.547 )	( 10.227 , 1.220 )		( 7.352 , -7.887 )		
( 12.228 , 1.518 )	( 10.756 , 1.226 )		( 7.357 , -7.833 )		
( 12.760 , 1.492 )	( 11.283 , 1.231 )		( 7.369 , -7.757 )		
( 13.288 , 1.467 )	( 11.806 , 1.235 )		( 7.381 , -7.660 )		
( 13.813 , 1.445 )	( 12.327 , 1.238 )		( 7.426 , -7.540 )		
( 14.335 , 1.425 )	( 12.846 , 1.241 )		( 7.477 , -7.401 )		
( 14.854 , 1.407 )	( 13.363 , 1.242 )		( 7.547 , -7.244 )		
( 15.371 , 1.390 )	( 13.878 , 1.244 )		( 7.636 , -7.070 )		
( 15.886 , 1.376 )	( 14.391 , 1.245 )		( 7.747 , -6.883 )		
( 16.399 , 1.362 )	( 14.903 , 1.246 )		( 7.881 , -6.684 )		
( 16.910 , 1.350 )	( 15.414 , 1.247 )		( 8.038 , -6.477 )		
( 17.420 , 1.340 )	( 15.923 , 1.248 )		( 8.218 , -6.263 )		
( 17.929 , 1.330 )	( 16.432 , 1.248 )		( 8.422 , -6.045 )		
( 18.437 , 1.321 )	( 16.939 , 1.249 )		( 8.648 , -5.825 )		
( 18.944 , 1.314 )	( 17.446 , 1.249 )		( 8.897 , -5.605 )		
( 19.451 , 1.307 )	( 17.952 , 1.249 )		( 9.166 , -5.387 )		
( 19.956 , 1.301 )	( 18.457 , 1.249 )		( 9.456 , -5.173 )		
( 20.461 , 1.295 )	( 18.962 , 1.249 )		( 9.764 , -4.963 )		
( 20.965 , 1.290 )	( 19.466 , 1.250 )		( 10.090 , -4.758 )		
( 21.469 , 1.286 )	( 19.970 , 1.250 )		( 10.432 , -4.560 )		
( 21.973 , 1.282 )	( 20.473 , 1.250 )		( 10.789 , -4.369 )		
( 22.476 , 1.279 )	( 20.976 , 1.250 )		( 11.160 , -4.185 )		
( 22.978 , 1.275 )	( 21.479 , 1.250 )		( 11.544 , -4.010 )		
( 23.481 , 1.273 )	( 21.981 , 1.250 )		( 11.939 , -3.842 )		
( 23.983 , 1.270 )	( 22.483 , 1.250 )		( 12.344 , -3.682 )		
( 24.485 , 1.268 )	( 22.985 , 1.250 )		( 12.759 , -3.531 )		
( 24.987 , 1.266 )	( 23.487 , 1.250 )		( 13.182 , -3.387 )		
( 25.488 , 1.264 )	( 23.988 , 1.250 )		( 13.613 , -3.251 )		
( 25.989 , 1.263 )	( 24.489 , 1.250 )		( 14.051 , -3.122 )		
( 26.491 , 1.261 )	( 24.991 , 1.250 )		( 14.495 , -3.001 )		
( 26.992 , 1.260 )	( 25.492 , 1.250 )		( 14.945 , -2.887 )		
( 27.492 , 1.259 )	( 25.993 , 1.250 )		( 15.400 , -2.780 )		

## APLICACION DEL PROCEDIMIENTO DESARROLLADO

### COORDENADAS DE LAS TRAYECTORIAS

ESQUINA DELANTERA DERECHA		RUEDA DELANTERA DERECHA		RUEDA TRASERA IZQUIERDA	
( 1.500 , -1.250 )	( 0.000 , -1.250 )	( -11.050 , 1.250 )			
( 2.000 , -1.250 )	( 0.500 , -1.250 )	( -10.550 , 1.250 )			
( 2.500 , -1.250 )	( 1.000 , -1.250 )	( -10.050 , 1.250 )			
( 3.000 , -1.250 )	( 1.500 , -1.250 )	( -9.550 , 1.250 )			
( 3.500 , -1.250 )	( 2.000 , -1.250 )	( -9.050 , 1.250 )			
( 4.000 , -1.250 )	( 2.500 , -1.250 )	( -8.550 , 1.250 )			
( 4.500 , -1.250 )	( 3.000 , -1.250 )	( -8.050 , 1.250 )			
( 5.000 , 250 )	( 3.500 , -1.250 )	( -7.550 , 1.250 )			
( 5.500 , -1.250 )	( 4.000 , -1.250 )	( -7.050 , 1.250 )			
( 6.000 , -1.250 )	( 4.500 , -1.250 )	( -6.550 , 1.250 )			
( 6.500 , -1.250 )	( 5.000 , -1.250 )	( -6.050 , 1.250 )			
( 7.000 , -1.250 )	( 5.500 , -1.250 )	( -5.550 , 1.250 )			
( 7.500 , -1.250 )	( 6.000 , -1.250 )	( -5.050 , 1.250 )			
( 7.995 , -1.272 )	( 6.495 , -1.267 )	( -4.550 , 1.250 )			
( 8.479 , -1.338 )	( 6.979 , -1.316 )	( -4.051 , 1.250 )			
( 8.951 , -1.445 )	( 7.451 , -1.399 )	( -3.554 , 1.249 )			
( 9.408 , -1.593 )	( 7.910 , -1.513 )	( -3.060 , 1.246 )			
( 9.849 , -1.779 )	( 8.354 , -1.659 )	( -2.569 , 1.242 )			
( 10.273 , -2.001 )	( 8.782 , -1.834 )	( -2.081 , 1.235 )			
( 10.677 , -2.257 )	( 9.193 , -2.039 )	( -1.597 , 1.225 )			
( 11.053 , -2.545 )	( 9.584 , -2.270 )	( -1.118 , 210 )			
( 11.418 , -2.864 )	( 9.956 , -2.528 )	( -0.643 , 1.190 )			
( 11.751 , -3.210 )	( 10.305 , -2.811 )	( -0.174 , 1.164 )			
( 12.053 , -3.581 )	( 10.633 , -3.116 )	( 0.291 , 1.132 )			
( 12.338 , -3.976 )	( 10.936 , -3.443 )	( 0.749 , 1.092 )			
( 12.588 , -4.392 )	( 11.214 , -3.789 )	( 1.202 , 1.045 )			
( 12.807 , -4.826 )	( 11.466 , -4.153 )	( 1.648 , 0.989 )			
( 12.995 , -5.277 )	( 11.692 , -4.534 )	( 2.087 , 0.923 )			
( 13.150 , -5.741 )	( 11.889 , -4.928 )	( 2.519 , 0.849 )			
( 13.272 , -6.216 )	( 12.059 , -5.334 )	( 2.943 , 0.764 )			
( 13.361 , -6.699 )	( 12.199 , -5.750 )	( 3.359 , 0.670 )			
( 13.415 , -7.189 )	( 12.310 , -6.175 )	( 3.766 , 0.565 )			
( 13.435 , -7.683 )	( 12.392 , -6.605 )	( 4.164 , 0.450 )			
( 13.421 , -8.178 )	( 12.443 , -7.040 )	( 4.552 , 0.324 )			
( 13.372 , -8.671 )	( 12.464 , -7.477 )	( 4.931 , 0.187 )			
( 13.289 , -9.161 )	( 12.456 , -7.914 )	( 5.299 , 0.040 )			
( 13.173 , -9.644 )	( 12.417 , -8.349 )	( 5.656 , -0.117 )			
( 13.023 , -10.120 )	( 12.349 , -8.780 )	( 6.001 , -0.284 )			
( 12.842 , -10.584 )	( 12.252 , -9.205 )	( 6.335 , -0.462 )			
( 12.628 , -11.036 )	( 12.126 , -9.623 )	( 6.656 , -0.649 )			
( 12.385 , -11.473 )	( 11.972 , -10.030 )	( 6.964 , -0.846 )			
( 12.112 , -11.892 )	( 11.791 , -10.427 )	( 7.260 , -1.051 )			
( 11.810 , -12.293 )	( 11.584 , -10.810 )	( 7.542 , -1.265 )			
( 11.483 , -12.672 )	( 11.351 , -11.178 )	( 7.810 , -1.487 )			
( 11.130 , -13.029 )	( 11.095 , -11.529 )	( 8.064 , -1.717 )			
( 10.753 , -13.361 )	( 10.815 , -11.863 )	( 8.304 , -1.953 )			
( 10.355 , -13.668 )	( 10.513 , -12.176 )	( 8.529 , -2.196 )			
( 9.937 , -13.947 )	( 10.191 , -12.469 )	( 8.739 , -2.444 )			
( 9.501 , -14.198 )	( 9.850 , -12.739 )	( 8.935 , -2.698 )			
( 9.048 , -14.418 )	( 9.492 , -12.986 )	( 9.115 , -2.955 )			

# APLICACION DEL PROCEDIMIENTO DESARROLLADO

## COORDENADAS DE LAS TRAYECTORIAS

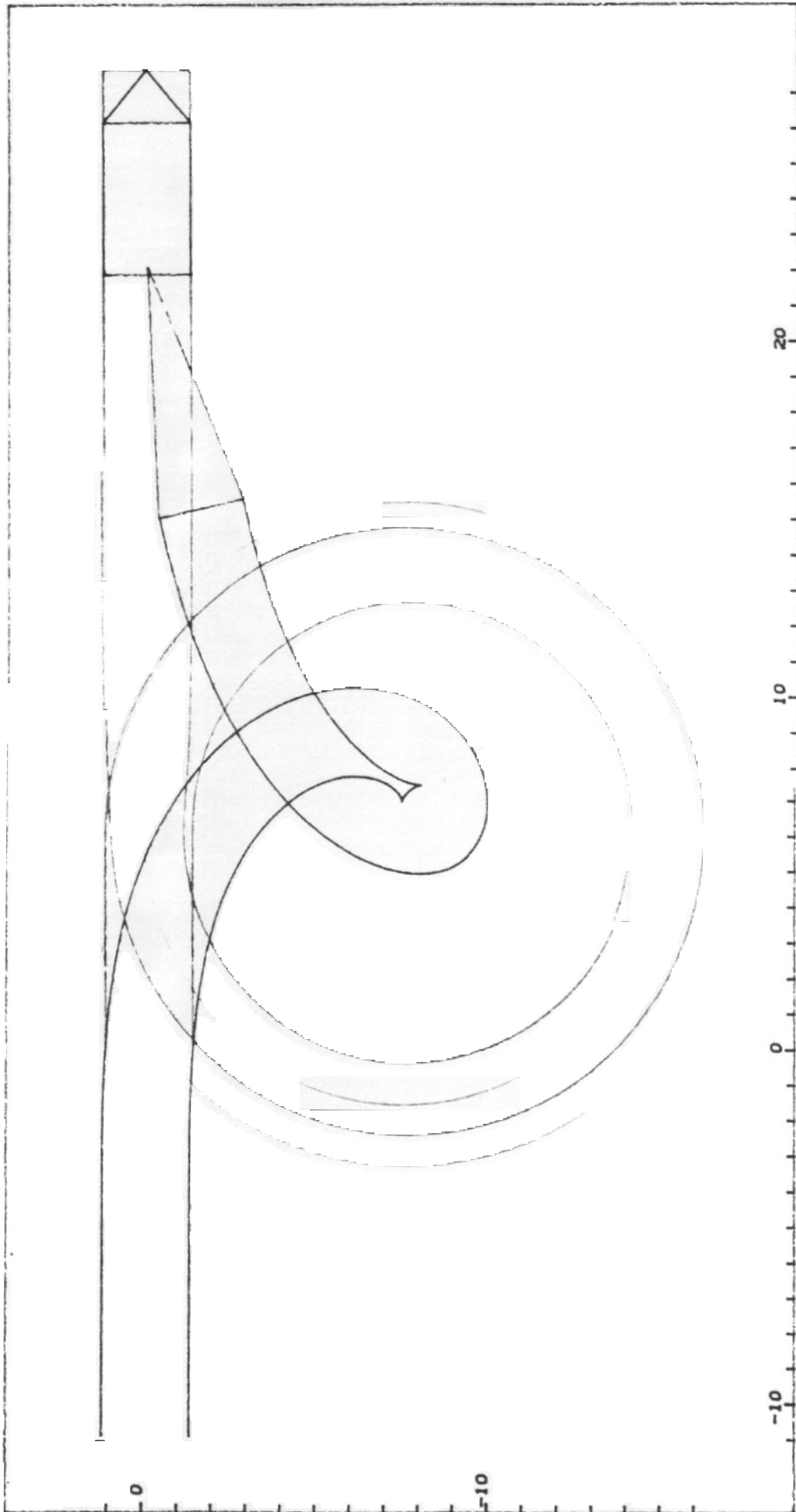
ESQUINA DELANTERA DERECHA	RUEDA DELANTERA DERECHA	RUEDA TRASERA IZQUIERDA
( 8.582 , -14.608 )	( 9.119 , -13.208 )	( 9.279 , -3.217 )
( 8.104 , -14.767 )	( 8.731 , -13.404 )	( 9.429 , -3.481 )
( 7.616 , -14.893 )	( 8.331 , -13.574 )	( 9.563 , -3.748 )
( 7.120 , -14.986 )	( 7.920 , -13.717 )	( 9.682 , -4.016 )
( 6.620 , -15.046 )	( 7.501 , -13.832 )	( 9.785 , -4.285 )
( 6.116 , -15.072 )	( 7.075 , -13.919 )	( 9.873 , -4.554 )
( 5.611 , -15.065 )	( 6.644 , -13.977 )	( 9.947 , -4.823 )
( 5.108 , -15.023 )	( 6.211 , -14.006 )	( 10.005 , -5.090 )
( 4.609 , -14.948 )	( 5.776 , -14.006 )	( 10.049 , -5.355 )
( 4.116 , -14.840 )	( 5.343 , -13.977 )	( 10.079 , -5.617 )
( 3.631 , -14.699 )	( 4.912 , -13.920 )	( 10.094 , -5.876 )
( 3.156 , -14.527 )	( 4.486 , -13.833 )	( 10.096 , -6.131 )
( 2.694 , -14.322 )	( 4.067 , -13.718 )	( 10.085 , -6.381 )
( 2.247 , -14.088 )	( 3.657 , -13.576 )	( 10.061 , -6.625 )
( 1.816 , -13.824 )	( 3.257 , -13.407 )	( 10.024 , -6.864 )
( 1.404 , -13.532 )	( 2.869 , -13.211 )	( 9.976 , -7.096 )
( 1.012 , -13.212 )	( 2.495 , -12.990 )	( 9.916 , -7.321 )
( 0.642 , -12.868 )	( 2.137 , -12.744 )	( 9.846 , -7.538 )
( 0.296 , -12.499 )	( 1.796 , -12.475 )	( 9.765 , -7.747 )
( -0.024 , -12.109 )	( 1.474 , -12.184 )	( 9.674 , -7.948 )
( -0.318 , -11.697 )	( 1.171 , -11.872 )	( 9.574 , -8.140 )
( -0.584 , -11.267 )	( 0.891 , -11.540 )	( 9.466 , -8.323 )
( -0.821 , -10.821 )	( 0.633 , -11.191 )	( 9.350 , -8.496 )
( -1.027 , -10.359 )	( 0.399 , -10.825 )	( 9.227 , -8.659 )
( -1.202 , -9.885 )	( 0.189 , -10.445 )	( 9.098 , -8.812 )
( -1.345 , -9.400 )	( 0.006 , -10.051 )	( 8.963 , -8.955 )
( -1.456 , -8.906 )	( -0.151 , -9.646 )	( 8.822 , -9.087 )
( -1.533 , -8.406 )	( -0.280 , -9.231 )	( 8.677 , -9.209 )
( -1.577 , -7.903 )	( -0.382 , -8.809 )	( 8.529 , -9.320 )
( -1.587 , -7.397 )	( -0.455 , -8.381 )	( 8.377 , -9.421 )
( -1.564 , -6.892 )	( -0.499 , -7.949 )	( 8.223 , -9.511 )
( -1.506 , -6.389 )	( -0.515 , -7.515 )	( 8.068 , -9.590 )
( -1.416 , -5.892 )	( -0.501 , -7.081 )	( 7.911 , -9.659 )
( -1.292 , -5.401 )	( -0.459 , -6.648 )	( 7.754 , -9.718 )
( -1.136 , -4.920 )	( -0.388 , -6.220 )	( 7.597 , -9.767 )
( -0.949 , -4.450 )	( -0.289 , -5.797 )	( 7.440 , -9.805 )
( -0.730 , -3.994 )	( -0.161 , -5.382 )	( 7.285 , -9.834 )
( -0.482 , -3.554 )	( -0.006 , -4.976 )	( 7.133 , -9.853 )
( -0.205 , -3.131 )	( 0.175 , -4.582 )	( 6.982 , -9.863 )
( 0.100 , -2.727 )	( 0.382 , -4.200 )	( 6.835 , -9.865 )
( 0.431 , -2.344 )	( 0.615 , -3.833 )	( 6.691 , -9.858 )
( 0.787 , -1.985 )	( 0.871 , -3.483 )	( 6.550 , -9.843 )
( 1.166 , -1.650 )	( 1.150 , -3.150 )	( 6.415 , -9.820 )
( 1.566 , -1.341 )	( 1.451 , -2.836 )	( 6.284 , -9.790 )
( 1.986 , -1.059 )	( 1.771 , -2.544 )	( 6.158 , -9.754 )
( 2.424 , -0.806 )	( 2.111 , -2.273 )	( 6.037 , -9.711 )
( 2.878 , -0.583 )	( 2.468 , -2.025 )	( 5.922 , -9.663 )
( 3.346 , -0.390 )	( 2.840 , -1.802 )	( 5.813 , -9.609 )
( 3.826 , -0.229 )	( 3.227 , -1.604 )	( 5.710 , -9.550 )
( 4.315 , -0.100 )	( 3.626 , -1.433 )	( 5.613 , -9.488 )

## APLICACION DEL PROCEDIMIENTO DESARROLLADO

### COORDENADAS DE LAS TRAYECTORIAS

ESQUINA DELANTERA DERECHA	RUEDA DELANTERA DERECHA	RUEDA TRASERA IZQUIERDA
( 4.811 , -0.004 )	( 4.035 , -1.288 )	( 5.522 , -9.421 )
( 5.313 , 0.058 )	( 4.454 , -1.171 )	( 5.438 , -9.351 )
( 5.816 , 0.087 )	( 4.879 , -1.082 )	( 5.361 , -9.279 )
( 6.324 , 0.082 )	( 5.309 , -1.021 )	( 5.290 , -9.204 )
( 6.829 , 0.044 )	( 5.742 , -0.990 )	( 5.226 , -9.128 )
( 7.325 , -0.028 )	( 6.176 , -0.987 )	( 5.168 , -9.050 )
( 7.824 , -0.133 )	( 6.610 , -1.013 )	( 5.116 , -8.972 )
( 7.946 , -0.164 )	( 6.717 , -1.024 )	( 5.104 , -8.953 )
( 8.431 , -0.288 )	( 7.150 , -1.068 )	( 5.059 , -8.871 )
( 8.912 , -0.398 )	( 7.588 , -1.103 )	( 5.016 , -8.782 )
( 9.388 , -0.497 )	( 8.029 , -1.132 )	( 4.976 , -8.682 )
( 9.863 , -0.585 )	( 8.476 , -1.156 )	( 4.939 , -8.570 )
( 10.337 , -0.663 )	( 8.927 , -1.175 )	( 4.907 , -8.443 )
( 10.810 , -0.731 )	( 9.382 , -1.190 )	( 4.880 , -8.299 )
( 11.285 , -0.792 )	( 9.842 , -1.202 )	( 4.861 , -8.137 )
( 11.760 , -0.845 )	( 10.306 , -1.212 )	( 4.852 , -7.954 )
( 12.237 , -0.892 )	( 10.773 , -1.220 )	( 4.856 , -7.752 )
( 12.715 , -0.934 )	( 11.244 , -1.226 )	( 4.876 , -7.529 )
( 13.194 , -0.970 )	( 11.717 , -1.231 )	( 4.914 , -7.288 )
( 13.676 , -1.002 )	( 12.194 , -1.235 )	( 4.972 , -7.029 )
( 14.158 , -1.031 )	( 12.673 , -1.238 )	( 5.053 , -6.754 )
( 14.642 , -1.056 )	( 13.154 , -1.241 )	( 5.159 , -6.466 )
( 15.128 , -1.078 )	( 13.637 , -1.242 )	( 5.291 , -6.167 )
( 15.615 , -1.098 )	( 14.122 , -1.244 )	( 5.449 , -5.859 )
( 16.103 , -1.115 )	( 14.609 , -1.245 )	( 5.634 , -5.546 )
( 16.592 , -1.130 )	( 15.097 , -1.246 )	( 5.847 , -5.231 )
( 17.081 , -1.144 )	( 15.586 , -1.247 )	( 6.085 , -4.915 )
( 17.574 , -1.156 )	( 16.077 , -1.248 )	( 6.350 , -4.602 )
( 18.066 , -1.166 )	( 16.568 , -1.248 )	( 6.638 , -4.293 )
( 18.559 , -1.176 )	( 17.061 , -1.249 )	( 6.950 , -3.990 )
( 19.053 , -1.184 )	( 17.554 , -1.249 )	( 7.283 , -3.696 )
( 19.547 , -1.191 )	( 18.048 , -1.249 )	( 7.637 , -3.410 )
( 20.042 , -1.198 )	( 18.543 , -1.249 )	( 8.008 , -3.134 )
( 20.537 , -1.204 )	( 19.038 , -1.249 )	( 8.397 , -2.870 )
( 21.033 , -1.209 )	( 19.534 , -1.250 )	( 8.800 , -2.617 )
( 21.530 , -1.213 )	( 20.030 , -1.250 )	( 9.217 , -2.375 )
( 22.027 , -1.217 )	( 20.527 , -1.250 )	( 9.646 , -2.146 )
( 22.524 , -1.221 )	( 21.024 , -1.250 )	( 10.086 , -1.928 )
( 23.021 , -1.224 )	( 21.521 , -1.250 )	( 10.535 , -1.722 )
( 23.519 , -1.227 )	( 22.019 , -1.250 )	( 10.993 , -1.528 )
( 24.017 , -1.230 )	( 22.517 , -1.250 )	( 11.458 , -1.345 )
( 24.515 , -1.232 )	( 23.015 , -1.250 )	( 11.929 , -1.173 )
( 25.013 , -1.234 )	( 23.513 , -1.250 )	( 12.405 , -1.011 )
( 25.512 , -1.236 )	( 24.012 , -1.250 )	( 12.886 , -0.859 )
( 26.011 , -1.237 )	( 24.511 , -1.250 )	( 13.371 , -0.717 )
( 26.509 , -1.239 )	( 25.009 , -1.250 )	( 13.860 , -0.583 )
( 27.008 , -1.240 )	( 25.508 , -1.250 )	( 14.351 , -0.459 )
( 27.507 , -1.241 )	( 26.007 , -1.250 )	( 14.845 , -0.342 )

\*\*\* TRAYECTORIAS DESCRITAS POR EL VEHICULO \*\*\*



## APLICACION DEL PROCEDIMIENTO DESARROLLADO

### \*\*\* DEFINICION DEL VEHICULO \*\*\*

NUMERO DE UNIDADES = 2

VIA EJE DELANTERO UNIDAD - 1 = 2.4 m  
 VUELO EJE DELANTERO - PARAGOLPES = .9 m

VIA EJE TRASERO UNIDAD - 2 = 2.4 m

LONGITUD EQUIVALENTE UNIDAD 1 = 5.3 m  
 DISTANCIA CONECTOR - EJE UNIDAD 1 = 6 m

LONGITUD EQUIVALENTE UNIDAD 2 = 12.2 m

### \*\* DEFINICION DE LA TRAYECTORIA \*\*

NUMERO DE ARCOS CONSECUTIVOS = 3

LONGITUD DE LA RECTA - 1 = 5.000 m

CURVATURA DEL ARCO - 2 = .08  
 LONGITUD DEL ARCO - 2 = 235.619 m

LONGITUD DE LA RECTA - 3 = 30.000 m

LONGITUD TOTAL DE LA TRAYECTORIA = 270.619 m

COORDENADAS DEL ORIGEN ( 0.000 , 0.000 )  
 AZIMUT DE LA TANGENTE EN EL ORIGEN = 100.00000 g

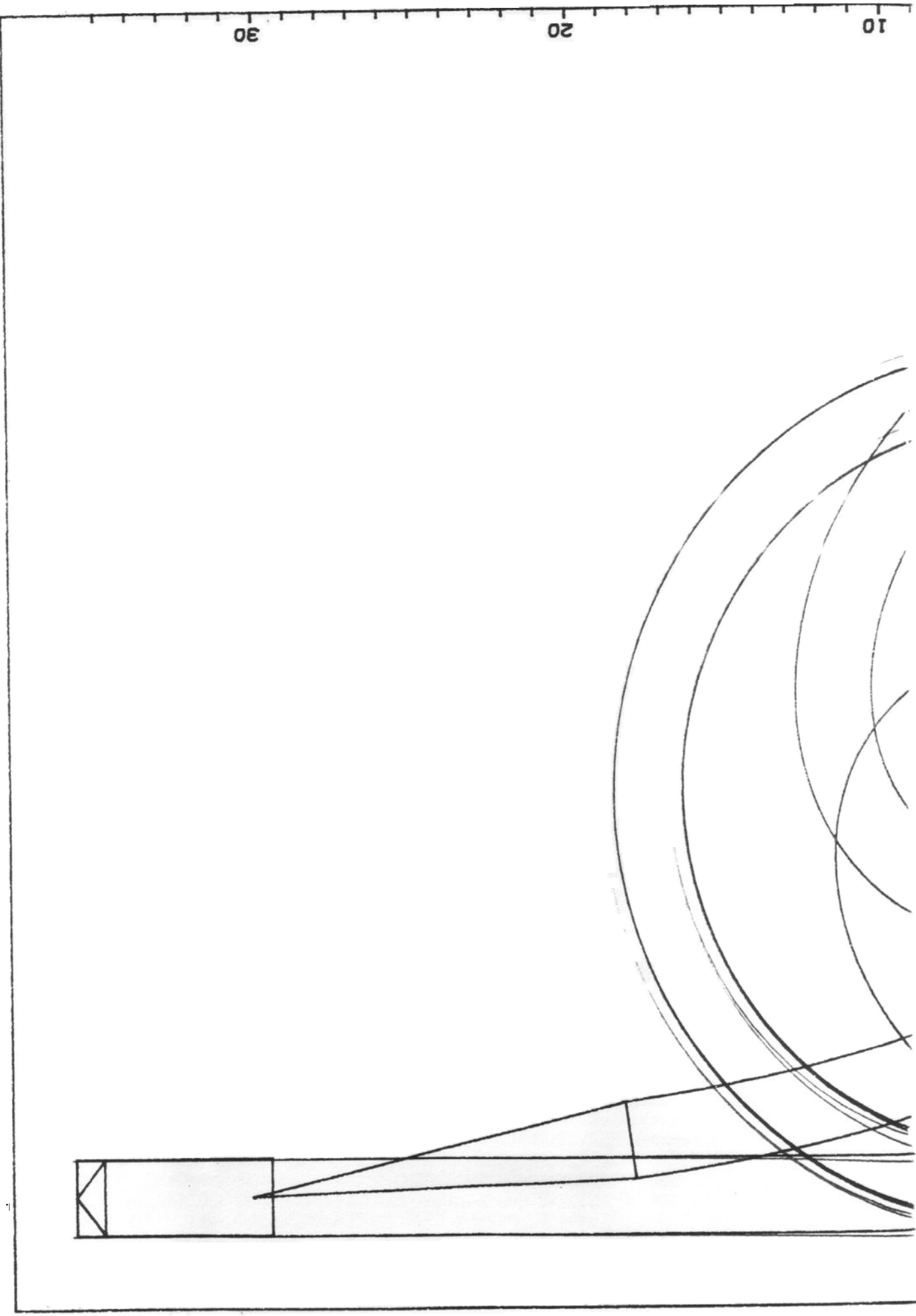
COORDENADAS DEL FINAL ( 35.000 , 0.000 )  
 AZIMUT DE LA TANGENTE EN EL FINAL = 100.00000 g

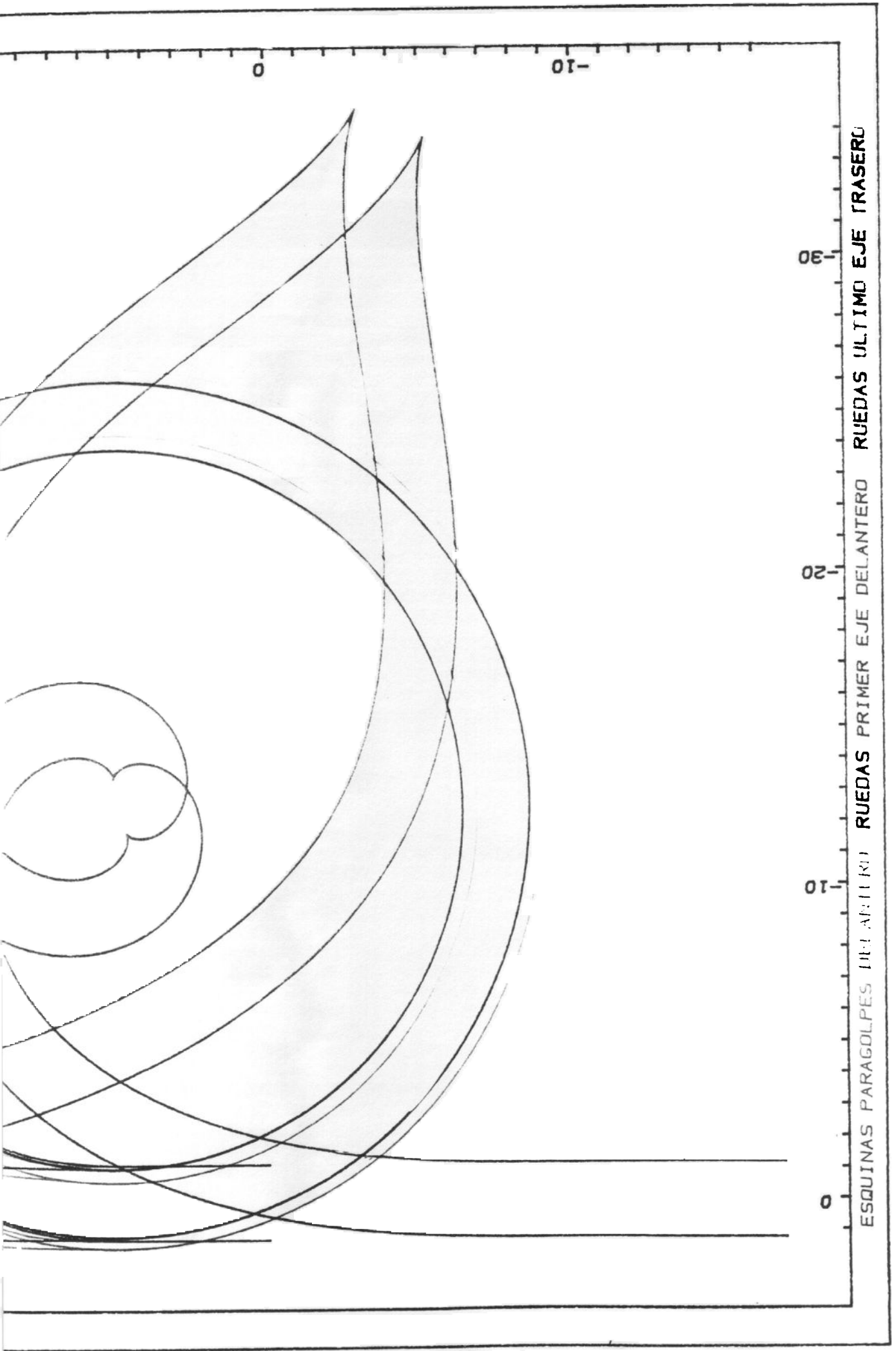
LONGITUD NECESARIA PARA ALINEACION CON TANGENTE DE SALIDA 145.000 m  
 COORDENADAS DEL FINAL PARA ALINEACION ( 180.000 , 0.000 )

VALOR DE LOS INCREMENTOS UNITARIOS ADOPTADO = 1 m

NUMERO DE PASOS DE CALCULO REALIZADO = 271

\*\*\* TRAYECTORIAS DESCRITAS POR EL VEHICULO \*\*\*







## 8. LISTADO DEL PROGRAMA MEMORIA OFFTRACK

```

10 SCREEN 0,0,0
12 KEY OFF
14 CLS
16 VIEW PRINT 1 TO 25
18 LOCATE 7,1
20 PRINT "      0000      FFFFFFFF  FFFFFFFF  TTTTTTTT  RRRRRR      AA      KK
   KK"
22 PRINT "  00  00  FF      FF      TT  RR  RR      AAAA      KK
   KK"
24 PRINT "  00  00  FF      FF      TT  RR  RR      AA  AA      KK
   KK"
26 PRINT "  00  00  FF      FF      TT  RR  RR      AA  AA      KK
   KK"
28 PRINT "  00  00  FF      FF      TT  RR  RR      AA  AA      KK
   KK"
30 PRINT "  00  00  FFFFFFFF  FFFFFFFF  TT  RRRRRR      AAAAAAA      KK
   KK"
32 PRINT "  00  00  FF      FF      TT  RR  RR      AA  AA      KK
   KK"
34 PRINT "  00  00  FF      FF      TT  RR  RR      AA  AA      KK
   KK"
36 PRINT "  00  00  FF      FF      TT  RR      AA  AA      KK
   KK"
38 PRINT "  00  00  FF      FF      TT  RR      AA  AA      KK
   KK"
40 PRINT "  0000      FF      FF      TT  RR      AA  AA      KK
   KK"
42 LOCATE 25,21,0
44 COLOR 3,0
46 PRINT " PULSE CUALQUIER TECLA PARA CONTINUAR "
48 IF INKEY#="" GOTO 49
50 COLOR 7,0:CLS
52 VIEW PRINT 1 TO 25
110 DEFDBL D,F,G,P-T,V,X-Z
120 DEF SNG A,E,U
130 DEFINI C,H-N
140 PI=ATN(1)*4.DPI=PI*2 PM=PI/2
150 DEF FN RAD(X)=X*PI/200
160 DEF FN GRA(X)=X*200/PI
170 DEF FN XPRC(R,Z)=R*SIN(Z)
180 DEF FN YPRC(R,Z)=R*COS(Z)
190 DIM B$(9),D$(3),O$(3),W$(9)
200 B$(0)=" UNIDAD -"
210 B$(1)="*** DEFINICION DEL VEHICULO ***"
220 B$(2)="NUMERO DE UNIDADES "
230 B$(3)="VIA EJE DELANTERO"
240 B$(4)="VUELO EJE DELANTERO PARAGOLPES "
250 B$(5)="VIA EJE TRASERO"
260 B$(6)="LONGITUD EQUIVALENTE"
270 B$(7)="DISTANCIA CONECTOR - EJE"
280 G$=" g":I$=" = ":M$=" m"
290 O$(0)="L ARCO -"
300 O$(1)="** DEFINICION DE LA TRAYECTORIA **"
310 O$(2)="NUMERO DE ARCOS CONSECUTIVOS "
320 O$(3)="CURVATURA DE"
330 O$(4)="LONGITUD DE"
340 O$(5)="ANGULO ENTRE TANGENTES DE"
350 O$(6)=" LA RECTA -"
360 O$(7)=" LA CLOTOIDE -"
370 O$(8)="COORDENADAS DEL "

```

# LISTADO DEL PROGRAMA MEMORIA OFFTRACK

```

380 O$(9)="AZIMUT DE LA TANGENTE EN EL "
390 OO$="ORIGEN ";OF$="FINAL "
400 OV$="VALOR DE LOS INCREMENTOS UNITARIOS "
410 W$(0)="COORDENADAS DE LAS TRAYECTORIAS"
420 W$(1)="ESQUINA ";W$(2)="RUEDA "
430 W$(3)="DELANTERA ";W$(4)="TRASERA "
440 W$(5)="IZQUIERDA";W$(6)="DERECHA"
450 WX$="(####.### ,";WY$="(####.### )".WA$="####.#### g";WM$="#####.### m"
1000 COLOR 0,7:LOCATE 2,8:PRINT " <<< TRAYECTORIAS EN GIROS A BAJA
VELOCIDAD >>> "
1010 COLOR 7,0:LOCATE 5,21:PRINT B$(1)
1020 LOCATE 7,1:PRINT B$(2);I$;:INPUT"",NUD
1030 LOCATE 9,1:PRINT B$(3);B$(0);I$;:INPUT"",VD
1040 PRINT B$(4);I$;:INPUT"",VU
1050 PRINT :PRINT B$(5);B$(0);NUD;I$;:INPUT"",VT
1060 DIM TREN(NUD,1) FROMUD(1,1,1) FIUD(NUD,1)
1070 FOR I=1 TO NUD
1080 PRINT :PRINT B$(6);B$(0);I;I$;:INPUT"",TREN(I,0)
1090 IF I<NUD THEN PRINT B$(7);B$(0);I;I$;:INPUT"",TREN(I,1)
1100 NEXT I
1110 PRINT :PRINT :PRINT SPC(20);O$(1)
1120 PRINT :PRINT O$(2);I$;:INPUT"",NARC
1130 DIM TRA(NARC,2);LC(NARC);HU(NARC)
1140 FOR I=1 TO NARC
1150 A$="";O$(0)=STR$(I)+I$
1160 TC$=O$(3)+O$(0)
1170 GOSUB 6630
1180 J=0:TC$=O$(5)
1190 IF TRA(I,2)=1 THEN J=1:TC$=O$(7) ELSE IF TRA(I,0)<>0 THEN J=2:TC$=O$(0)
1200 GOSUB 6730
1210 NEXT I
1220 FOR I=1 TO NARC
1230 IF TRA(I,2)=0 GOTO 1290
1240 H=0 IF TRA(I-1,0)<>0 AND TRA(I-1,2)=0 THEN H=1:TRA(I,0)=TRA(I-1,0)
1250 IF I=NARC THEN IF TRA(I+1,0)<>0 AND TRA(I+1,2)=0 THEN IF H=0 THEN TRA(I,0)=
TRA(I+1,0) ELSE IF ABS(TRA(I-1,0))>ABS(TRA(I+1,0)) THEN HU(I)=-1:TRA(I,0)=TRA(I-
1,0) ELSE HU(I)=1:TRA(I,0)=TRA(I+1,0)
1260 IF TRA(I,0)=0 THEN TC$=O$(3)+"L "+OF$+" DE"+O$(7):D$(0)=STR$(I)+I$:LC(I)=1
:GOSUB 6630
1270 IF TRA(I,0)=0 THEN TC$=O$(3)+"L "+OO$+" DE"+O$(7):LC(I)=-1:GOSUB 6630
1280 IF I<NARC THEN IF TRA(I+1,2)<>0 AND LC(I)>>0 THEN TRA(I+1,0)=TRA(I,0):LC(I+
1)=-LC(I)
1290 NEXT I
1300 FOR I=1 TO NARC
1310 IF TRA(I,2)=0 GOTO 1380
1320 IF HU(I)<>0 AND TRA(I,1)=0 THEN IF TRA(I,2)>>0 THEN TRA(I,1)=ABS(TRA(I,0)-TR
A(I-HU(I),0))*TRA(I,2) ELSE TRA(I,1)=2*ABS(TRA(I,2)/(TRA(I,0)+TRA(I-HU(I),0)))
1330 IF HU(I)<>0 THEN TRA(I,1)=HU(I)*TRA(I,1):TRA(I,2)=TRA(I,1)/(TRA(I,0)-TRA(I-
HU(I),0)):GOTO 1380
1340 IF HU(I)=0 AND TRA(I,1)=0 THEN IF TRA(I,2)>>0 THEN TRA(I,1)=ABS(TRA(I,2)*TRA
(I,0)) ELSE TRA(I,1)=ABS(2*TRA(I,2)/TRA(I,0))
1350 IF TRA(I-1,0)<>0 AND TRA(I-1,2)=0 THEN TRA(I,1)=-TRA(I,1)
1360 IF LC(I)<>0 THEN TRA(I,1)=LC(I)*TRA(I,1)
1370 TRA(I,2)=TRA(I,1)/TRA(I,0)
1380 NEXT I
1390 PRINT
1400 PRINT OV$;I$;:INPUT"",VIN:GOSUB 5100:PRINT M$
1410 TOTAL=0:FAS=0
1420 FOR I=1 TO NARC
1430 TOTAL=TOTAL+ABS(TRA(I,1))

```

## LISTADO DEL PROGRAMA MEMORIA OFFTRACK

```

1440 PAS=PAS+FIX(ABS(TRA(I,1))/VIN)
1450 IF ABS(TRA(I,1))-(FIX(ABS(TRA(I,1))/VIN))*VIN<>0 THEN PAS=PAS+1
1460 NEXT I
1470
1480 IF PAS*12*4.FRE("&") THEN BEEP:LOCATE CRW,1:PRINT SPC(79):LOCATE ,1:GOTO 1400
1490 NPAS=PAS:N=PAS:DIM AFIX(N),AFIY(N),AFDX(N),AFDY(N)
1500 DIM EDIX(N),EDIY(N),EDDX(N),EDDY(N)
1510 DIM ETIX(N),ETIY(N),ETDX(N),ETDY(N)
1520 PRINT :PRINT :PRINT "COORDENADAS GLOBALES DEL ORIGEN DE ARCUS ."
1530 INPUT " X = ",FR(0,1,0,0)
1540 LOCATE ,40:INPUT " Y = ",FR(0,1,1,0)
1550 PRINT :PRINT "G$(9):DD$;I$;":INPUT:" ",TRA(0,0):PRINT G$
1560 IF TRA(0,0)<0 THEN TRA(0,0)=400+TRA(0,0)
1570 ZETA=FNRAD(TRA(0,0))
1580 CLS
1590 =====CALCULO=====
1600 'Posicion Inicial
1610 FOR I=1 TO NUD
1620 R=TRENC(I-1,1):Z=ZETA:GOSUB 5010
1630 FR(I,0,0,0)=FR(I-1,1,0,0)+X
1640 FR(I,0,1,0)=FR(I-1,1,1,0)+Y
1650 R=TRENC(I,0):Z=ZETA:GOSUB 5010
1660 FR(I,1,0,0)=FR(I,0,0,0)-X
1670 FR(I,1,1,0)=FR(I,0,1,0)-Y
1680 NEXT I
1690 FOR I=1 TO NUD:FI=ZETA:NEXT I
1700 NP=0:GOSUB 5140
1710
1720 LOCATE 12,27:PRINT "C A L C U L O A N D O . . . . ."
1730 COLOR 0,7:LOCATE 25,10,0:PRINT " PASOS A EJECUTAR =":NPAS;" "
1740 LOCATE ,45,0:PRINT " PASO EN EJECUCION =":
1750
1760 FOR I=1 TO NARC
1770 IF TRA(I,2)=0 GOTO 1890
1780 XT=FR(I,0,0,0):YT=FR(I,0,1,0)
1790 IF HU(I)=1 THEN SP=TRA(I-1,0)*TRA(I,2):GOTO 1810
1800 IF TRA(I,1)>0 THEN SP=0 ELSE IF HU(I)=0 THEN SP=TRA(I,1) ELSE SP=TRA(I,0)*TRA(I,2)
1810 IF HU(I)=1 THEN TAU=ABS(SP*TRA(I-1,0)/2):S=ZETA-SGN(TRA(I-1,0))*TAU-PM ELSE TAU=ABS(SP*TRA(I,0)/2):S=ZETA+SGN(TRA(I,0))*TAU-PM
1820 GOSUB 5380:FT=S:T0=TAU
1830 IF HU(I)=0 AND TRA(I,1)>0 GOTO 1890
1840 IF HU(I)=1 THEN RD=1/TRA(I-1,0) ELSE RD=1/TRA(I,0)
1850 GOSUB 6450:GOSUB 6540
1860 X0=XT:Y0=YT:FI=FT
1870 XL=-XL:YL=-YL:GOSUB 5310
1880 XT=XG:YT=YG
1890 KOC=FIX(ABS(TRA(I,1))/VIN)
1900 IF (ABS(TRA(I,1))-KOC*VIN)<>0 THEN KOC=KOC+1
1910
1920 FOR J=1 TO KOC
1930 IF (J*VIN)<=ABS(TRA(I,1)) THEN STP=VIN ELSE STP=ABS(TRA(I,1))-(J-1)*VIN
1940 NP=NP+1
1950 LOCATE ,65,0:PRINT NP;" ";
1960 'Determinacion nueva posicion de la Primera Unidad
1970 IF TRA(I,2)=0 GOTO 2060
1980 'Arcos de clotoide
1990 X0=XT:Y0=YT:FI=FT
2000 SP=SP+STP

```

# LISTADO DEL PROGRAMA MEMORIA OFFTRACK

```

2010 IF SP<0 THEN RD=TRA(1,2)/SP:TAU=ABS(SP/RD/2):GOSUB 6450:GOSUB 6540:ELSE XL
=0:YL=0:TAU=0
2020 GOSUB 5310:FR(1,0,0,1)=XG:FR(1,0,1,1)=YG
2030 ZTA=SGN(TRA(1,0))*ABS(T0-TAU):T0=TAU
2040 GOTO 2120
2050 Segmentos rectos
2060 IF TRA(1,0)=0 THEN R=STP:Z=ZETA:GOSUB 5010:FR(1,0,0,1)=FR(1,0,0,0)+X:FR(1,0
,1,1)=FR(1,0,1,0)+Y:GOTO 2140
2070 Arcos circulares
2080 ZTA=TRA(1,0)*STP
2090 R=1/ABS(TRA(1,0)):Z=ZETA+SGN(TRA(1,0))*PM
2100 FR(1,0,0,1)=FR(1,0,0,0)+FNXPRC(R,Z)-FNXPRC(R,Z+ZTA)
2110 FR(1,0,1,1)=FR(1,0,1,0)+FNYPRC(R,Z)-FNYPRC(R,Z+ZTA)
2120 ZETA=ZETA+ZTA
2130 S=ZETA:GOSUB 6380:ZETA=S
2140 K=1:GOSUB 5350
2150 IF NUD=1 GOTO 2190
2160 Determinacion nueva posicion del Resto de Unidades
2170 GOSUB 6210
2180 Actualizacion de coordenadas basicas
2190 GOSUB 6300
2200 Determinacion de coordenadas de los Puntos de Referencia
2210 GOSUB 5140
2220 NEXT J:NEXT I
2230
2240 FX=FR(1,0,0,0):FY=FR(1,0,1,0)
2250 R=VU/2=FIUD(1,0):GOSUB 5010:XF=FX+X:YF=FY+Y
2260 XB=FR(1,1,0,0):YB=FR(1,1,1,0)
2270 R=(REND(1,1)-GOSUB 5010:XB=XB+X:YB=YB+Y
2280 R=VU/2:Z=Z+PM:GOSUB 5010:XD=XB+X:YD=YB+Y
2290 Z=Z+PI:GOSUB 5010:XI=XB+X:YI=YB+Y
2300 LINEA=1
2310 COLOR 7:CLS
2320 ZF=ABS(FIUD(NUD,0)-ZETA):IF ZF>PI THEN ZF=DPI-ZF(IN
2330 IF ZF=000001# GOTO 2520
2340 LOCATE 10,11
2350 PRINT "EL VEHICULO NO TERMINA ALINEADO CON LA TANGENTE DE SALIDA"
2360 ASK$="DESEA CONOCER LA LONGITUD NECESARIA"
2370 GOSUB 5560:CLS
2380 IF A$="N" OR A$="n" GOTO 2520
2390 LOCATE 9,21:PRINT "DEBERIA RECORRER UNA LONGITUD":I$;
2400 TS=0
2410 WHILE ZF>000001#
2420 FR(1,0,0,1)=FR(1,0,0,0)+FNXPRC(VIN,ZETA)
2430 FR(1,0,1,1)=FR(1,0,1,0)+FNYPRC(VIN,ZETA)
2440 K=1:GOSUB 5350
2450 IF NUD>1 THEN GOSUB 6210
2460 GOSUB 6300
2470 TS=TS+VIN
2480 LOCATE 9,53:PRINT TS;M$;" ";
2490 ZX=ABS(FIUD(NUD,0)-ZETA)
2500 IF ZX>=PI THEN ZF=DPI-ZX ELSE ZF=ZX
2510 WEND
2520 ASK$="DESEA IMPRESION DE RESULTADOS"
2530 GOSUB 5560:CLS
2540 IF A$="S" OR A$="s" THEN GOSUB 6930
2550 ASK$="DESEA VISUALIZAR LAS TRAYECTORIAS"
2560 GOSUB 5560:CLS
2570 IF A$="N" OR A$="n" GOTO 4900
2580 VM=-1D+30:VN=1D+30

```

## LISTADO DEL PROGRAMA MEMORIA OFFTRACK

```

2590 FOR I=0 TO NPAS
2600 VV=AFIX(I):GOSUB 6180
2610 VV=AFDX(I):GOSUB 6180
2620 VV=ETDX(I):GOSUB 6180
2630 VV=ETIX(I):GOSUB 6180
2640 NEXT I
2650 XM=VM+2: XN=VN-2
2660 VM=-1D+30: VN=1D+30
2670 FOR I=0 TO NPAS
2680 VV=AFIY(I):GOSUB 6180
2690 VV=AFDY(I):GOSUB 6180
2700 VV=ETDY(I):GOSUB 6180
2710 VV=ETIY(I):GOSUB 6180
2720 NEXT I
2730 YM=VM+2: YN=VN-2
2740 SCREEN 2:VIEW PRINT 1 TO 25
2750 AN=XM-XN:AL=YM-YN:RH=1.318:RC=AN/AL
2760 AA=0:AB=0
2770 IF RC>=RH THEN AB=(AN/RH-AL)/2 ELSE AA=(AL*RH-AN)/2
2780 WINDOW (XN-AA,YN-AB)-(XM+AA,YM+AB)
2790 LINE (XN,YN)-(XM,YM),,B
2800 LINE (XN,0)-(XM,0):LINE (0,YN)-(0,YM)
2810 FOR I=0 TO NPAS
2820 PSET (AFIX(I),AFIY(I))
2830 PSET (AFDX(I),AFDY(I))
2840 PSET (ETDX(I),ETDY(I))
2850 PSET (ETIX(I),ETIY(I))
2860 NEXT I
2870 I=I-1
2880 LINE (EDDX(I),EDD*(I))-(XP,YP)
2890 LINE -(EDIY(I),EDIY(I))
2900 LINE -(EDDY(I),EDDY(I))
2910 LINE (AFDX(I),AFDY(I))-(AFIX(I),AFIY(I))
2920 LINE -(XI,YI)
2930 LINE -(XD,YD)
2940 LINE -(AFDX(I),AFDY(I))
2950 LINE (ETDX(I),ETDY(I))-(XH,YH)
2960 LINE -(ETIX(I),ETIY(I))
2970 LINE -(ETDX(I),ETDY(I))
2980 ASK$="DESEA DIBUJAR LAS TRAYECTORIAS"
2990 LINEA=25:GOSUB 5560
3000 IF A$="S" OR A$="s" THEN GOSUB 7890
3010
4890 SCREEN 0,0,0
4900 ASK$="DESEA UN NUEVO CALCULO"
4910 LINEA=12:GOSUB 5560:CLS
4920 IF A$="S" OR A$="s" THEN CLEAR:GOTO 100
4930 VIEW PRINT 1 TO 23
4940 KEY DN
4950 COLOR 7,0
4960 LOCATE 10,25
4970 PRINT "F I N   D E L   P R O G R A M A"
4980 ON ERROR GOTO 0
4990 END
5000 'Paso de Polares a Cartesianas rectas
5010 X=R*SIN(Z)
5020 Y=R*COS(Z)
5030 RETURN
5040 'Paso de Cartesianas rectas a Polares
5050 R=SQR(X^2+Y^2)

```



## LISTADO DEL PROGRAMA MEMORIA OFFTRACK

```

5060 IF Y=0 THEN IF X<0 THEN Z=FM:ELSE IF X=0 THEN Z=0:ELSE Z=3*PM:ELSE Z=ATN(X/
Y):IF Y<0 THEN Z=PI+Z:ELSE IF X<0 THEN Z=PI+Z
5070 RETURN
5080 'Posicionado del cursor
5090 CCL=POS(0)
5100 CRW=16RLIN:RETURN
5110 IF CRW>21 THEN FOR H=1 TO 4:PRINT (NEXT H):CRW=21
5120 RETURN
5130 'Determinación de coordenadas de los Puntos de Referencia
5140 XD=FR(1,1,0,0):YD=FR(1,1,1,0):FI=FIUD(1,0):TT=TREN(1,0)
5150 XL=-VD/2:YL=TT+VU:GOSUB 5310
5160 AFI(X:NP)=XG:AFI(Y:NP)=YG
5170 XL=-XL:GOSUB 5310
5180 AFD(X:NP)=XG:AFD(Y:NP)=YG
5190 XL=-XL:YL=TT:GOSUB 5310
5200 EDI(X:NP)=XG:EDI(Y:NP)=YG
5210 XL=-XL:GOSUB 5310
5220 EDD(X:NP)=XG:EDD(Y:NP)=YG
5230 EL=-L/2:XL=0
5240 IF NUD=1 THEN XD=FR(NUD,1,0,0):YD=FR(NUD,1,1,0):FI=FIUD(NUD,0)
5250 GOSUB 5310
5260 ETD(X:NP)=XG:ETD(Y:NP)=YG
5270 XL=-XL:GOSUB 5310
5280 ETI(X:NP)=XG:ETI(Y:NP)=YG
5290 ASTRN
5300 'Fase de Locales a Globales
5310 X=XD+X:Y=YD:GOSUB 5050
5320 Z=Z+1:GOSUB 5040
5330 X=XC+X:Y=YC+Y:RETURN
5340 'Determinación nueva posición de la Trasera-K
5350 X=FR(K,0,0,1)-FR(K,1,0,0):Y=FR(K,0,1,1)-FR(K,1,1,0):GOSUB 5060
5360 DSV=ABS(Z-FIUD(K,0)):IF DSV>PI THEN DSV=PI-DSV
5370 IF DSV<=0.000001# THEN FR(K,1,0,1)=FR(K,1,0,0)+FNXPFC(STP,Z):FR(K,1,1,1)=FR
(K,1,1,0)+FNXPFC(STP,Z):FIUD(K,1)=Z:GOTO 5530
5380 X=FR(K,0,0,1)-FR(K,0,0,0):Y=FR(K,0,1,1)-FR(K,0,1,0):GOSUB 5050
5390 Z=C-FIUD(K,0)
5400 IF ABS(Z)-PI THEN IF Z<0 THEN Z=0:PI+Z ELSE Z=Z-PI
5410 IF Z=0 THEN CV=1 ELSE CV=-1
5420 Z=FIUD(K,0)+CV*PM:ZZ=Z+CV*PM
5430 XM=FR(K,0,0,0)+FNXPFC(R/2,Z):YM=FR(K,0,1,0)+FNYPFC(R/2,Z)
5440 X=FR(K,1,0,0)-XM:Y=FR(K,1,1,0)-YM:GOSUB 5050
5450 RC=R*#SIN(Z-ZZ)/SIN(ZZ-Z)
5460 XC=FR(K,1,0,0)+FNXPFC(RC,ZZ):YC=FR(K,1,1,0)+FNYPFC(RC,ZZ)
5470 X=XC-FR(K,0,0,0):Y=YC-FR(K,0,1,0):GOSUB 5060
5480 ZA=Z-ZZ
5490 X=XC-FR(K,0,0,1):Y=YC-FR(K,0,1,1):GOSUB 5060
5500 FIUD(K,1)=Z-ZA-CV*PM
5510 R=TREN(K,0):Z=FIUD(K,1):GOSUB 5010
5520 FR(K,1,0,1)=FR(K,0,0,1)-X:FR(K,1,1,1)=FR(K,0,1,1)-Y
5530 S=FIUD(K,1):GOSUB 6380:FIUD(K,1)=S
5540 RETURN
5550 'Consultas en Pantalla
5560 ASK$="( "+ASK$+" ? (S/N)"
5570 LOCATE LINEA,FIX((80-LEN(ASK$))/2),0
5580 PRINT ASK$:
5590 A$=INKEY$:IF A$="" GOTO 5590
5600 IF A$<>"S" AND A$<>"s" AND A$<>"N" AND A$<>"n" THEN 5590
5610 RETURN
5620 'Detección de errores de Impresora
5630 IF ERR=24 THEN RESUME

```

## LISTADO DEL PROGRAMA MEMORIA OFFTRACK

```

5640 IF ERR=25 THEN PRINT #1,CHR$(24));RESUME|
5650 IF ERR=27 OR ERR=57 GOTO 5700
5660 LOCATE 25,26
5670 PRINT "ERROR ";ERR," en la linea ";ERL
5680 IF INKEY#="" GOTO 5680
5690 GOTO 4950
5700 LOCATE 25,26
5710 PRINT "-- COMPRUEBE SU IMPRESORA !!";
5720 LOCATE 25,23
5730 PRINT "PULSE CUALQUIER TECLA PARA CONTINUAR"
5740 IF INKEY#="" THEN 5740
5750 LOCATE 23,26 PRINT SPC(30));LOCATE 25,23:PRINT SPC(36)
5760 RESUME 4950
5770 "Opciones de un Menu
5780 LOCATE LINEA,29:COLOR 31,0
5790 PRINT "PULSE (OPCION) DESEADA";
5800 A#=INKEY#.IF A#="" GOTO 5800
5810 IF ASC(A#)=49 OR ASC(A#)>48+NOP THEN 5800
5820 LOCATE 30:PRINT SPC(22)
5830 COLOR 7,0:CLS:RETURN
5840 "Impresion de cadena de la Pagina-N
5850 PRINT #1,CHR$(10);
5860 PRINT #1,SPC(75);"Haja ";STR$(N)
5870 LF=2:GOSUB 6150
5880 PRINT #1,CHR$(14);
5890 PRINT #1,SPC(2);w$(0);
5900 PRINT #1,CHR$(20);
5910 LF=2:GOSUB 6150
5920 PRINT #1,w$(7);
5930 PRINT #1,TAB(32);w$(5);
5940 PRINT #1,TAB(60);w$(9);
5950 PRINT #1,CHR$(10);
5960 RETURN
5970 "Impresion de Lineas Formateadas
5980
5990 IF n=2 THEN 6070
6000 PRINT #1,USING w$,AFIX(K);
6010 PRINT #1,USING w$,AFIY(K);
6020 PRINT #1,TAB(30) USING w$,EDIX(K);
6030 PRINT #1,USING w$,EDIY(K);
6040 PRINT #1,TAB(60) USING w$,ETDX(K);
6050 PRINT #1,USING w$,ETDY(K);
6060 GOTO 6130
6070 PRINT #1,USING w$,AFDX(K);
6080 PRINT #1,USING w$,AFDY(K);
6090 PRINT #1,TAB(30) USING w$,EDDX(K);
6100 PRINT #1,USING w$,EDDY(K);
6110 PRINT #1,TAB(60) USING w$,ETIX(K);
6120 PRINT #1,USING w$,ETIY(K);
6130 RETURN
6140 "Salto de LF-lineas
6150 FOR LL=1 TO LF:PRINT #1,CHR$(10);:NEXT LL
6160 RETURN
6170 "Determinacion de Valores Maximo y minimo
6180 IF VV>VM THEN VM=VV:ELSE IF VV<VN THEN VN=VV
6190 RETURN
6200 "Determinacion nueva posicion del Resto de Unidades
6210 FOR K=2 TO NUD
6220 L=K-1
6230 R=TREN(L,1):Z=FIUD(L,1):GOSUB 5010

```

## LISTADO DEL PROGRAMA MEMORIA OFFTRACK

```

6240 FR(K,0,0,1)=FR(L,1,0,1)+X
6250 FR(K,0,1,1)=FR(L,1,1,1)+Y
6260 GOSUB 5350
6270 NEXT K
6280 RETURN
6290 'Actualizacion de coordenadas basicas
6300 FOR K=1 TO NUD
6310 FIUD(K,0)=FIUD(K,1)
6320 FOR L=0 TO 1
6330 FOR M=0 TO 1
6340 FR(K,L,M,0)=FR(K,L,M,1)
6350 NEXT M,L,K
6360 RETURN
6370 'Normaliza valores angulares
6380 IF S>0 THEN S=0PI+S ELSE IF S<=0PI THEN S=S-0PI
6390 RETURN
6400 'Calculo de Factorial de L
6410 FL=1:IF L=0 GOTO 6430
6420 FOR K=L TO 2 STEP -1:FL=FL*K:NEXT K
6430 RETURN
6440 'Abscisa del Extremo de una Clotoide
6450 N=0:Y=0:VX=1
6460 WHILE VX< 0.000001# AND N<15
6470 N=N+1:M=(L-1)/(N+1):L=2*N-2:GOSUB 6410
6480 VX=RAD(2*N-1)/(4*N-3)/FL
6490 X=X+M*VX
6500 WEND
6510 XL=SGN(SF)*ABS(RD)*2*X
6520 RETURN
6530 'Ordenada del Extremo de una Clotoide
6540 N=0:Y=0:VY=1
6550 WHILE VY< 0.000001# AND N<15
6560 N=N+1:M=(L-1)/(N+1):L=2*N-1:GOSUB 6410
6570 VY=RAD(2*N)/(4*N-1)/FL
6580 Y=Y+M*VY
6590 WEND
6600 YL=-RD*2*Y
6610 RETURN
6620 'Introduccion de curvaturas de arcos
6630 GOSUB 5100:GOSUB 5110
6640 COLOR 31,0:LOCATE 25,17:PRINT "INTRODUZCA LA CURVATURA CON SU SIGNO +
7="
6650 COLOR 7,0:LOCATE CRW+1,1:PRINT TC$:D$(0):INPUT:"",C$:IF C$="" GOTO 6650
6660 IF C$="V" OR C$="v" THEN TRA(1,2)=1:GOTO 6690
6670 TRA(1,0)=VAL(C$)
6680 IF ABS(TRA(1,0))>1 THEN TRA(1,0)=1/TRA(1,0):LOCATE CRW+1,LEN(TC$)+1:PRINT D
$(0),TRA(1,0)
6690 LOCATE 25,17:PRINT SPACE$(46);
6700 LOCATE CRW+2,1
6710 RETURN
6720 'Introduccion de Datos Alternativos
6730 ON J GOTO 6740,6750,6760
6740 D$(1)="PARAMETRO (A^2) DE"+TC$
6750 D$(2)=D$(5)+TC$
6760 D$(3)=D$(4)+TC$
6770 K=J-1
6780 WHILE A$=""
6790 K=K+1:IF K>3 THEN K=J
6800 B$=D$(K)+D$(0)
66 6810 LOCATE CRW+2,1:PRINT SPACE$(70);

```



## LISTADO DEL PROGRAMA MEMORIA OFFTRACK

```

6820 LOCATE CRW+2,1:PRINT B#;
6830 INPUT;"",A#
6840 WEND
6850 V=ABS(VAL(A#))
6860 ON K GOTO 6870,6880,6900
6870 PRINT :TRA(I,2)=V:GOTO 6910
6880 PRINT G#:V=FNRAD(V):IF J=2 THEN TRA(I,1)=V/TRA(I,0) ELSE TRA(I,2)=-V
6890 GOTO 6910
6900 PRINT M#:TRA(I,1)=V
6910 RETURN
6920 :Impresion de Resultados
6930 ON ERROR GOTO 5630
6940 OPEN "au/" FOR OUTPUT AS#1:WIDTH #1,255
6950 PRINT #1,CHR$(27),"@";:"Reset de la impresora
6960 :PRINT #1,CHR$(27),"C";CHR$(66);:" 66 Lineas por Pagina
6970 PRINT #1,CHR$(27),"I";CHR$(8);:" Margen izquierdo=8
6980 PRINT #1,CHR$(27),"M";:"Escritura Elite
6990 PRINT #1,CHR$(27),"E";:"Escritura Negrita
7000 LOCATE 12,9
7010 PRINT :IMPRESIENDO DATOS DEL VEHICULO Y DE LA TRAYECTORIA
7020 PRINT #1,SPC(74);"Hoja 0"
7030 LF=2:GOSUB 6150
7040 PRINT #1,CHR$(14);
7050 PRINT #1,SPC(2);B$(1);
7060 PRINT #1,CHR$(20);
7070 LF=2:GOSUB 6150
7080 PRINT #1,B$(2);I#;NUD
7090 PRINT #1,CHR$(10);
7100 PRINT #1,B$(3);B$(0);" 1 ";I#;VD;M#
7110 PRINT #1,B$(4);I#;VU;M#
7120 PRINT #1,CHR$(10);
7130 PRINT #1,B$(5);B$(0);NUD;I#;VT;M#
7140 PRINT #1,CHR$(10);
7150 FOR I=1 TO NUD
7160 PRINT #1,B$(6);B$(0);I;I#;TREN(I,0);M#
7170 IF I=NUD THEN PRINT #1,B$(7);B$(0);I;I#;TREN(I,1);M#
7180 PRINT #1,CHR$(10);
7190 NEXT I
7200 LF=2:GOSUB 6150
7210 PRINT #1,CHR$(14);
7220 PRINT #1,SPC(2);O$(1);
7230 PRINT #1,CHR$(20);
7240 LF=2:GOSUB 6150
7250 PRINT #1,O$(2);I#;NARC
7260 PRINT #1,CHR$(10);
7270 FOR I=1 TO NARC
7280 TC#=O$(5):IF TRA(I,0)≠0 THEN IF TRA(I,2)=0 THEN TC#=O$(0):PRINT #1,O$(3);O
$(0);I;I#;TRA(I,0) ELSE TC#=O$(7):PRINT #1,"PARAMETRO (A'2) DE";O$(7);I;I#;TRA(I
,2)
7290 IF TRA(I,2)≠0 THEN PRINT #1,O$(4);TC#;I;I#;USING WM$;TRA(I,1) ELSE PRINT #
1,O$(4);TC#;I;I#;USING WM$;ABS(TRA(I,1))
7300 PRINT #1,CHR$(10);
7310 NEXT I
7320 PRINT #1,"LONGITUD TOTAL DE LA TRAYECTORIA ";I#;USING WM$;TOTAL
7330 PRINT #1,CHR$(10);
7340 PRINT #1,O$(8);OO#;USING WX$;FR(0,1,0,0);
7350 PRINT #1,USING WY$;FR(0,1,1,0)
7360 PRINT #1,O$(9);OO#;I#;USING WA$;TRA(0,0)
7370 PRINT #1,CHR$(10);
7380 PRINT #1,O$(8);OF#;USING WX$;FX;

```

## LISTADO DEL PROGRAMA MEMORIA OFFTRACK

```

7390 PRINT #1,USING WY$;FY
7400 PRINT #1,D$(9);OF$;I$;USING WA$;FNGRA(ZETA)
7410 PRINT #1,CHR$(10);
7420 IF TS=0 GOTO 7460 ELSE PRINT #1,"LONGITUD NECESARIA PARA ALINEACION CON TAN
GENTE DE SALIDA ";I$;USING WM$;TS
7430 PRINT #1,D$(8);OF$;"PARA ALINEACION ";USING WX$;FR(1,0,0,0);
7440 PRINT #1,USING WY$;FR(1,0,1,0)
7450 PRINT #1,CHR$(10);
7460 PRINT #1,OV$;" ADOPTADO ";I$;VIN;M$
7470 PRINT #1,CHR$(10);
7480 PRINT #1,"NUMERO DE PASOS DE CALCULO REALIZADO ";I$;NPAS
7490 PRINT #1,CHR$(12);
7500 CLS
7510 ASK$="DESEA MAS IMPRESION DE RESULTADOS"
7520 GOSUB 5560:CLS
7530 IF A$="N" OR A$="n" GOTO 7860
7540 LOCATE 5,24:PRINT "COORDENADAS A IMPRIMIR : "
7550 LOCATE 9,19:PRINT "<1> - ";W$(1);W$(3);W$(5)
7560 PRINT SPC(24);W$(2);W$(4);W$(6)
7570 PRINT SPC(24);W$(2);W$(4);W$(6)
7580 LOCATE 14,19:PRINT "<2> - ";W$(1);W$(3);W$(6)
7590 PRINT SPC(24);W$(2);W$(4);W$(6)
7600 PRINT SPC(24);W$(2);W$(4);W$(6)
7610 LINEA=25:NDF=2:GOSUB 5780
7620 IF A$="1" THEN H=1;W$(7)=W$(1)+W$(3)+W$(5);W$(8)=W$(2)+W$(3)+W$(5);W$(9)=W$(
2)+W$(4)+W$(6)
7630 IF A$="2" THEN H=2;W$(7)=W$(1)+W$(3)+W$(6);W$(8)=W$(2)+W$(3)+W$(6);W$(9)=W$(
2)+W$(4)+W$(5)
7640 CD=NPAS\50 MO=NPAS MOD 50
7650 LOCATE 12,27:PRINT "I M P R I M I E N D O "
7660 I=0:IF CD=1 THEN 7760
7670 FOR J=1 TO CD
7680 N=J:GOSUB 5850
7690 L=I:M=L+49
7700 FOR K=L TO M
7710 GOSUB 5990
7720 NEXT K
7730 I=I+50
7740 PRINT #1,CHR$(12);
7750 NEXT J
7760 IF MO=0 THEN 7820
7770 N=CD+1:GOSUB 5850
7780 FOR K=1 TO NPAS
7790 GOSUB 5990
7800 NEXT K
7810 PRINT #1,CHR$(12);
7820 CLS
7830 ASK$="DESEA MAS IMPRESION DE COORDENADAS"
7840 GOSUB 5560:CLS
7850 IF A$="S" OR A$="s" GOTO 7540
7860 PRINT #1,CHR$(27);"@";
7870 CLOSE #1
7880 RETURN
7890 'Dibujo de las Trayectorias
7900 LOCATE 25,16:INFUT;"INTRODUZCA FORMATO DE DIBUJO (A3/A4) | A",I
7910 IF I<>3 AND I<>4 THEN LOCATE 12,62:PRINT SPC(10);:GOTO 7900
7920 IF I=3 THEN HX=15200:HY=10800 ELSE HX=10800:HY=6800
7930 MS=36/I/.025:MI=24/I/.025:WP$="#####.#####"
7940 RP=(HX-MS-MI)/HY:RC=AN/AL
7950 AA=0:AB=0:R=0

```

## LISTADO DEL PROGRAMA MEMORIA OFFTRACK

```

7960 IF RC>=RF THEN AB=(AN/RF-AL)/2 ELSE IF RC>(1/RF) THEN AA=(AL*RF-AN)/2 ELSE
R=1:AA=(AL/RF-AN)/2
7970 XNF=XN-AA:YMF=XM-AA:YNF=YN-AB:YMP=YM+AB
7980 XX=ABS(XNF):IF ABS(YNF)>XX THEN XX=ABS(YNF)
7990 YY=ABS(YMF):IF ABS(XMF)>YY THEN YY=ABS(XMF)
8000 IF YY>XX THEN XX=YY
8010 E=INT(32767/XX)
8020 OPEN "1pt" FOR OUTPUT AS #1
8030 PRINT #1,"IN,PS":I;"IFO,0":HX:HY
8040 PRINT #1,"SP1:PA0,0":EA:HA:HY
8050 PRINT #1,"S1":LB/I;1/2/I;SL/I)
8060 IF I=3 AND R=1 THEN PRINT #1,"D10,1):PA":MI:HY/2 ELSE PRINT #1,"D10,-1):PA":H
X-MI:HY/2
8070 PRINT #1,"CP-26,0;LB*** TRAYECTORIAS DESCRITAS POR EL VEHICULO ***"+C
HR$(3)
8080 PRINT #1,"S1":.52/I;.69/I
8090 IF I=3 AND R=1 THEN PRINT #1,"PA":HX-9/17;.025:HY/2 ELSE PRINT #1,"PA":(9/
17;.025):HY/2
8100 PRINT #1,"SP1,CP-42.5,0;LBB=QUINAS PARAGOLFES DELANTERO"+CHR$(3)
8110 PRINT #1,"SP4:CP2,0;LBRUEDAS PRIMER EJE DELANTERO"+CHR$(3)
8120 PRINT #1,"SP3:CP1,0;LBRUEDAS ULTIMO EJE TRASERO"+CHR$(3)
8130 HX=HX-MB-MI
8140 IF R=1 THEN PRINT #1,"P0":MI:PO:HY+MI:HY ELSE HH=HX:HX=HY:HY=HH:PRINT #1,
"RDS,IFO":MI:HX:HY+MI:"IWO":MI:HX:HY+MI
8150 PRINT #1,"S0":CINT(XNF*E):CINT(YMF*E):CINT(YNF*E):CINT(YMP*E)
8160 PRINT #1,"PU:PA":USING WP$:E*ETDX(NPAS):E*ETDY(NPAS)
8170 FOR H=NPAS-1 TO 0 STEP -1:PRINT #1,"PD":USING WP$:E*ETDX(H):E*ETDY(H):NEXT
H
8180 PRINT #1,"PU":USING WP$:E*ETIX(0):E*ETIY(0)
8190 FOR H=1 TO NPAS:PRINT #1,"PD":USING WP$:E*ETIX(H):E*ETIY(H):NEXT H
8200 PRINT #1,"PU:SP1:PA":USING WP$:E*AFIX(NPAS):E*AFIY(NPAS)
8210 FOR H=NPAS-1 TO 0 STEP -1:PRINT #1,"PD":USING WP$:E*AFIX(H):E*AFIY(H):NEXT
H
8220 PRINT #1,"PU":USING WP$:E*AFDX(0):E*AFDY(0)
8230 FOR H=1 TO NPAS:PRINT #1,"PD":USING WP$:E*AFDX(H):E*AFDY(H):NEXT H
8240 PRINT #1,"PU:SP4:PA":USING WP$:E*EDIX(NPAS):E*EDIY(NPAS)
8250 FOR H=NPAS-1 TO 0 STEP -1:PRINT #1,"PD":USING WP$:E*EDIX(H):E*EDIY(H):NEXT
H
8260 PRINT #1,"PU":USING WP$:E*EDDX(0):E*EDDY(0)
8270 FOR H=1 TO NPAS:PRINT #1,"PD":USING WP$:E*EDDX(H):E*EDDY(H):NEXT H
8280 H=NPAS:PRINT #1,"PU:SP1:PA":USING WP$:E*XP:E*YP
8290 PRINT #1,"PD":USING WP$:E*EDIX(H):E*EDIY(H):E*EDDX(H):E*EDDY(H):E*XP:E*YP
8300 PRINT #1,"PU":USING WP$:E*XI:E*YI
8310 PRINT #1,"PD":USING WP$:E*XD:E*YD:E*AFDX(H):E*AFDY(H):E*AFIX(H):E*AFIY(H);
E*XI:E*YI
8320 IF NUD=1 GOTO 8340 ELSE PRINT #1,"PU":USING WP$:E*XH:E*YH
8330 PRINT #1,"PD":USING WP$:E*ETIX(H):E*ETIY(H):E*ETDX(H):E*ETDY(H):E*XH:E*YH
8340 PRINT #1,"PU":USING WP$:XN*E:YN*E
8350 PRINT #1,"PD":USING WP$:XM*E:YN*E:XM*E:YM*E:XN*E:YM*E:XN*E:YN*E
8360 VN=YN+2:VM=YM-2:GOSUB 8670
8370 TL= 22*I*HY/HX
8380 PRINT #1,"TL":TL;0;"DI:"
8390 FOR H=UN TO UM STEP K
8400 PRINT #1,"PU":USING WP$:XN*E:H*E
8410 PRINT #1,"YT:CP.6,0;LB":H;CHR$(3)
8420 NEXT H
8430 AK=K:VN=XN+2:VM=XM-2:GOSUB 8670
8440 IF AK<=K GOTO 8480
8450 VN=YN+2:VM=YM-2:JJ=1:GOSUB 8710
8460 FOR H=UN TO UM STEP K:PRINT #1,"PU":USING WP$:XN*E:H*E

```

## LISTADO DEL PROGRAMA MEMORIA OFFTRACK

```
8470 PRINT #2,"YT;":NEXT H
8480 IF K>1 THEN GOSUB 8650:GOTO 8450
8490 VN=XN+2:VM=XM-2:GOSUB 8670
8500 TL=.22*I
8510 PRINT #2,"TL";TL;0
8520 FOR H=UN TO UM STEP K
8530 PRINT #2,"PU";USING WP$;H*E;YN*E
8540 PRINT #2,"XT;CP";-(LEN(STR$(H))-1)/2-.6;.7;"LB";H;CHR$(3)
8550 NEXT H
8560 IF KK=AK GOTO 8600
8570 JJ=1;K=AK:GOSUB 8710
8580 FOR H=UN TO UM STEP K:PRINT #2,"PU";USING WP$;H*E;YN*E
8590 PRINT #2,"XT;":NEXT H
8600 IF K>1 THEN GOSUB 8650:GOTO 8580
8610 PRINT #2,"IN;"
8620 CLOSE #2
8630 RETURN
8640 'Graduacion de los ejes
8650 K=K/10:JJ=1:GOSUB 8710:TL=.75*TL:PRINT #2,"TL";TL;0
8660 RETURN
8670 L=LEN(STR$(ABS(FIX(VN))))-2
8680 M=LEN(STR$(ABS(FIX(VM))))-2
8690 IF L=M THEN N=L+1 ELSE N=L:IF M>L THEN N=M
8700 K=10*(N-1):JJ=0
8710 J=INT((VM-VN)/K)
8720 IF JJ=0 THEN IF J>10 THEN N=N+1:GOTO 8700
8730 UM=INT(VM/K)*K
8740 UN=UM-J*K:IF UN<VN THEN UN=UM-(J-1)*K
8750 RETURN
```

**SEGUNDA PARTE:  
OFFTRACK  
MANUAL DE USO**

## INTRODUCCION

La presente versión del programa ha sido escrita en GW-Basic, dada la amplia difusión de micro-ordenadores tipo PC y compatibles, de los que es su lenguaje estándar.

El programa contenido en el disco está en código fuente, es decir, su nombre completo es **OFFTRACK.BAS**. Se han empleado instrucciones de manejo de las tarjetas y periféricos de uso más extendido, pero, en cualquier caso, es sencillo adaptarlas a los escasos modos particulares.

Su carga, como cualquier otro programa con extensión BAS, se hace partiendo del sistema operativo MS-DOS y cargando desde la correspondiente unidad activa el intérprete Basic, tecleando:

```
CD BASIC  
GWBASIC /D
```

con objeto de hacer residentes las funciones matemáticas en doble precisión. A continuación se carga el programa tecleando:

```
RUN "[d:] OFFTRACK.BAS"
```

indicando con [d:] la unidad activa donde esté situado el disco con el programa. Aparecerá la pantalla inicial del programa **TRAYECTORIAS EN GIROS A BAJA VELOCIDAD**. Desde este momento puede retirar el disco que contiene el programa.

## 9. DEFINICION DEL VEHICULO

El programa admite cualquier configuración posible del vehículo y responde al esquema siguiente:

- El **eje delantero** de la primera unidad es el **único** con ruedas directrices. El resto de los ejes de esta unidad y de las restantes unidades, caso de haberlas, no son directrices.
- Las unidades siguientes a la primera son remolcadas, y cada unidad se articula en un punto determinado de la precedente (quinta rueda o gancho de remolque), que en adelante se denomina **CONECTOR**.

La práctica totalidad de los vehículos que circulan por carretera se reduce, o se puede asimilar, a este modelo.

La Figura-1 ilustra los conceptos utilizados para definir un modelo de tren de carretera, compuesto por cuatro unidades: unidad tractora, primer semirremolque, "dolly" y segundo semirremolque. Nótese que el segundo remolque está formado en realidad por dos unidades.

La introducción de los parámetros que sucesivamente va pidiendo el programa, no presenta dificultad a la vista del modelo de la figura:

NUMERO DE UNIDADES =  $n <4>$

VIA EJE DELANTERO UNIDAD-1 = VD

VUELO EJE DELANTERO - PARAGOLPES = VU

VIA EJE TRASERO UNIDAD- $<4>$  = VT

Los siguientes parámetros a introducir precisan aclaración más detallada:

- La **LONGITUD EQUIVALENTE** de una unidad, debido a la posible existencia de ejes traseros agrupados (tándem, tridem), y con independencia de que éstos posean ruedas sencillas o gemelas, es la existente entre el eje frontal, caso de la primera unidad, o el conector en el resto de unidades y un **eje equivalente** al grupo, situado en su posición media. La asimilación de un grupo de ejes por un eje equivalente, no resta validez significativa a la resolución del problema geométrico planteado. A baja velocidad se puede aceptar el despreciar los efectos dinámicos relativos a las ruedas gemelas o a los grupos de ejes.
- La **DISTANCIA CONECTOR-EJE** está referida al sistema local de ejes establecido para cada unidad. Estos sistemas ortogonales locales se definen de la siguiente manera:

# ESTABLECIMIENTO DEL MODELO

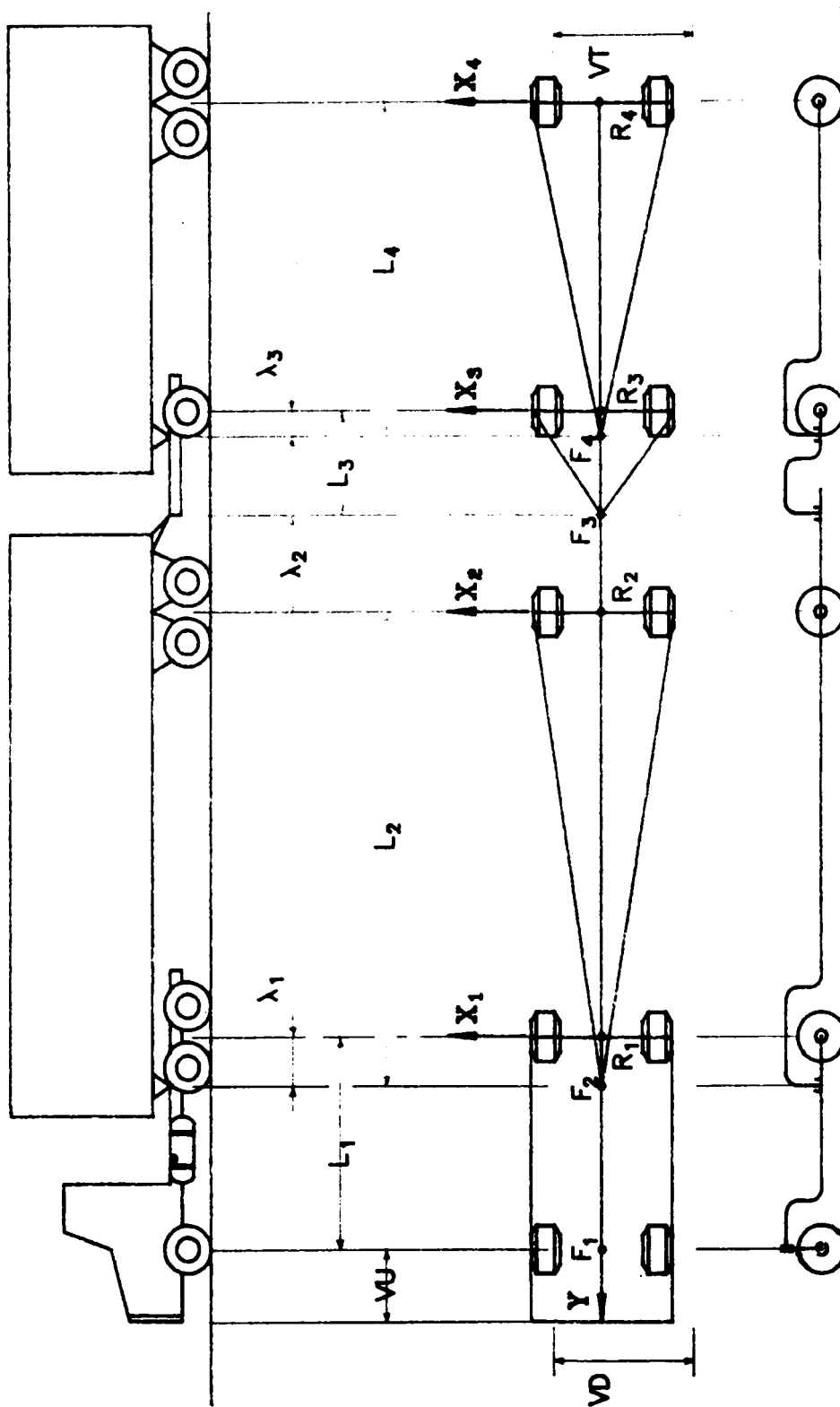


FIGURA 1



## DEFINICION DEL VEHICULO

- ORIGEN, el centro del eje equivalente trasero de la unidad.
- EJE DE ORDENADAS, el eje longitudinal de la unidad. Sentido positivo en el sentido de avance.
- EJE DE ABSCISAS, coincidente con el eje trasero.

Así, pues, la distancia conector-eje equivalente trasero es **POSITIVA** cuando el conector se encuentre situado entre los ejes frontal y trasero, es **NULA** si el conector está en la vertical del eje trasero; y es **NEGATIVA** si el conector está detrás del eje trasero.

La figura ilustra en la segunda unidad, en la que el SIGNO DE  $\lambda_2$  es NEGATIVO.

Con estas precisiones es ya posible terminar de introducir correctamente los parámetros de definición del vehículo:

LONGITUD EQUIVALENTE UNIDAD- $i$  +  $L_i$ ,  
DISTANCIA CONECTOR-EJE UNIDAD- $i$  +  $\lambda_i$

## 10. DEFINICION DE LA TRAYECTORIA

Se entiende como **TRAYECTORIA DEL VEHICULO** la descrita en planta por el punto central del eje delantero de la primera unidad, en su movimiento de avance.

Se considera suficientemente válido este modelo de trayectoria, como aproximación a la maniobra real de giro de un vehículo. La presente versión del programa admite trayectorias compuestas por cualquier sucesión de:

- Arcos de curvatura nula (**RECTAS**).
- Arcos de curvatura constante, positiva o negativa (**CIRCUNFERENCIAS**).
- Arcos de curvatura variable linealmente (**CLOTOIDES**).

El programa almacena, en la memoria libre disponible, el fichero de coordenadas generado. Para una longitud total de trayectoria dada, los puntos a calcular serán tantos más, cuanto menor sea la separación que se les exija. Aun cuando la capacidad disponible de memoria es suficiente para la mayoría de los cálculos posibles, una sencilla modificación permite grabar los ficheros en disco, para su posterior utilización.

El programa pide, en primer lugar, el **NUMERO DE ARCOS CONSECUTIVOS**, que constituyen la trayectoria prevista. Seguidamente, pide la **CURVATURA** de cada arco **CON SU SIGNO**, que es positiva si en el sentido de avance el giro es horario y negativa en caso contrario.

Se introduce el valor correspondiente:

- 0 si se trata de una recta.  
La curvatura, o el radio indistintamente, con su signo, si se trata de un arco circular.
- Y la letra "**V**" o "**v**", abreviatura correspondiente a su curvatura variable, si se trata de un arco de clotoide de enlace.

Inmediatamente pide para cada arco:

- Su **LONGITUD** si se trata de una recta.
- El **ANGULO ENTRE TANGENTES** de entrada y salida, o bien, la **LONGITUD** en caso de arco circular.
- El **PARAMETRO (A<sup>2</sup>)**, o bien el **ANGULO ENTRE TANGENTES**, o bien la **LONGITUD**, en caso de un arco de clotoide.

La selección para la introducción concreta de uno de los datos alternativos pedidos se realiza simplemente pulsando la tecla **[ENTER]**, sin haber tecleado ningún valor.

# ESTABLECIMIENTO DEL MODELO

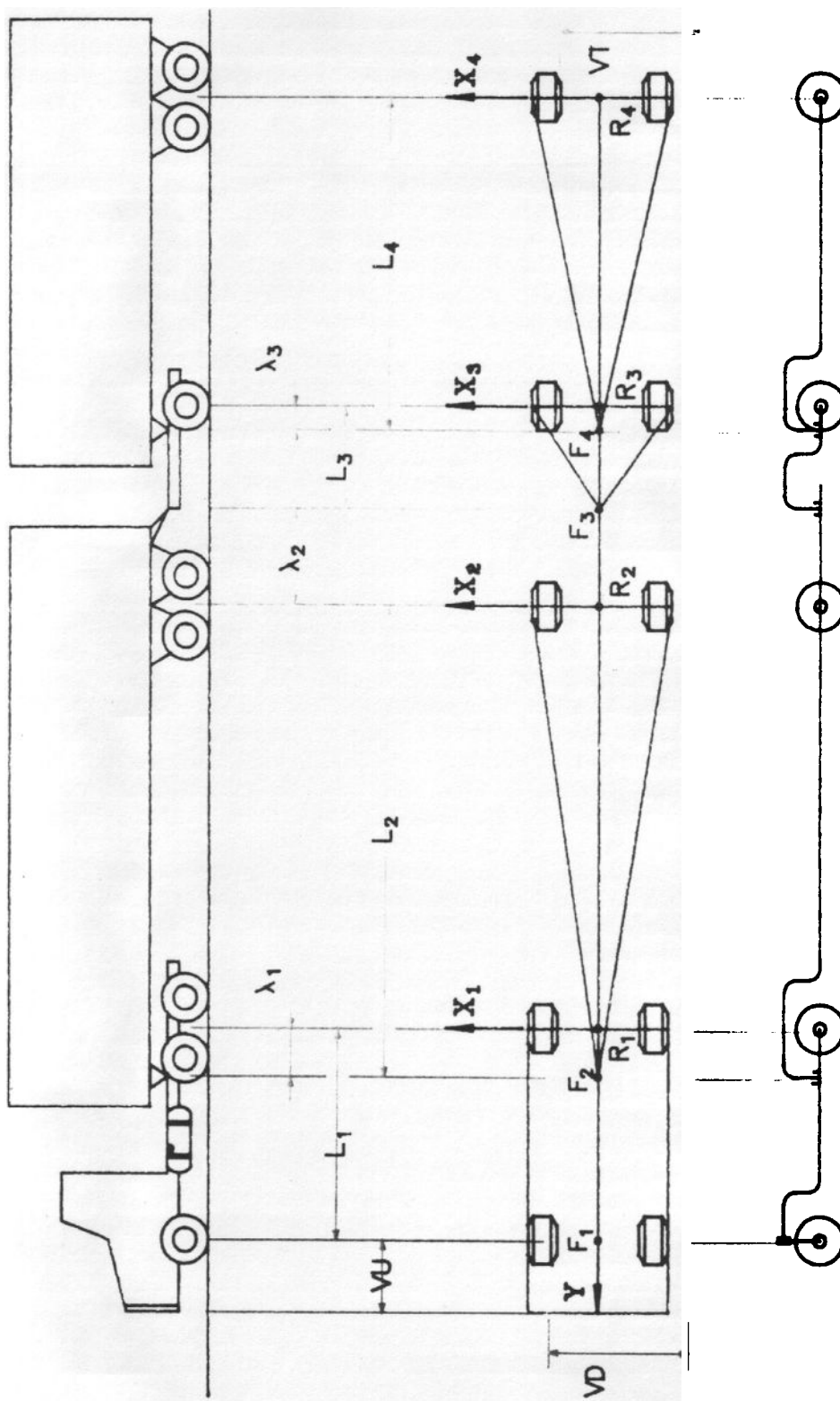


FIGURA 2

## DEFINICION DE LA TRAYECTORIA

Una vez definidos los elementos de la trayectoria, el programa establece la continuidad en el diagrama de curvaturas de la trayectoria, identificando la salida de cada arco con la entrada del posterior, igualando sus tangentes y completando los enlaces. En determinados casos (clotoides de vértice) la definición introducida no será suficiente, por lo que el programa pedirá los datos restantes.

Concluida la fase de entrada de datos, el programa pide el **VALOR** adoptado para los **INCREMENTOS UNITARIOS** de longitud de avance. Se comprueba si la memoria disponible es suficiente para el cálculo pedido. Caso de no serlo, el ordenador emitirá un pitido y pedirá nuevamente el valor del **INCREMENTO**, que habrá de ser ligeramente mayor, y se repetirá el proceso hasta que dicho valor sea admitido.

La Figura-2 ilustra lo expuesto anteriormente, mostrando los conceptos y convenio de signos adoptado.

Finalmente, para una completa definición de la trayectoria, el programa pide las **COORDENADAS GLOBALES DEL ORIGEN DE ARCOS**. El programa refiere a un único sistema global de coordenadas cartesianas todos los puntos del cálculo.

El punto origen de la trayectoria, dado por sus coordenadas y azimut de la tangente **EN EL SENTIDO DE AVANCE**, permite situar la trayectoria respecto al sistema global deseado.

Se hace notar la utilización de grados centesimales, y por tanto, que el rango de variación del azimut es de **0° a 400°**, siendo pues la orientación **N-0°, E-100°, S-200° y W-300°**.

## 11. CALCULO

Finalizada la introducción de datos, el programa comienza el cálculo, apareciendo dos ventanas en la pantalla. En una se indica el **NUMERO DE PASOS A EJECUTAR**, dependiente de la longitud total de la trayectoria, del número de sus arcos y del valor de los incrementos de longitud de cálculo. En la otra se indica el progresivo avance del cálculo por su **PASO EN EJECUCION**.

En el instante inicial, el programa sitúa todas las unidades del vehículo alineadas con la tangente de entrada y con el centro del eje delantero de la primera unidad sobre el origen de la trayectoria.

En cada paso van quedando registradas las coordenadas, respecto al sistema global de ejes adoptado, de seis puntos del vehículo: **ESQUINAS DELANTERA DERECHA e IZQUIERDA, RUEDAS DELANTERA DERECHA e IZQUIERDA** de la primera unidad y **RUEDAS TRASERA DERECHA e IZQUIERDA** de la última unidad. Evidentemente si el vehículo esta formado por una sola unidad, los seis puntos serán de esta unidad.

La elección de estos seis puntos simultáneamente, y no de otros, permite definir totalmente el área que el vehículo ocupará en su avance, la superficie a pavimentar y los sobreechós y resguardos necesarios, cualquiera que sea su trayectoria.

Una sencilla modificación del programa permite registrar las coordenadas de cualquier otro punto del vehículo en particular. Realizado el cálculo, el programa comprueba el azimut del eje longitudinal de la última unidad del vehículo. Si esta unidad no termina alineada con la tangente de salida, el programa lo indica en pantalla. Puede interesar conocer la longitud necesaria para conseguir dicha alineación (ramales de enlaces, aparcamientos, otro cálculo posterior con posición de partida definida, etc.) en el cual hay que pulsar la opción <S>. El programa calcula la longitud pedida, y mantiene el valor de incrementos unitarios adoptado a lo largo de la recta tangente de salida.

## 12. IMPRESION DE RESULTADO

Terminado el cálculo, el programa pide si se **DESEA IMPRESION DE LOS RESULTADOS**. En caso afirmativo se pulsa la opción **<S>**, e inmediatamente comenzará la impresión de las definiciones establecidas para el vehículo, los parámetros básicos de la trayectoria, la definición de su punto final, la longitud total recorrida y los pasos de cálculo realizados.

Una vez impresa esta **hoja 0**, el menú en pantalla presenta dos opciones, pudiéndose seleccionar una de ellas:

**<1> ESQUINA DELANTERA IZQUIERDA  
RUEDA DELANTERA IZQUIERDA  
RUEDA TRASERA DERECHA**

**<2> ESQUINA DELANTERA DERECHA  
RUEDA DELANTERA DERECHA  
RUEDA TRASERA IZQUIERDA**

Finalizada ésta, si se **DESEA MAS IMPRESION DE RESULTADOS** puede solicitarse volviendo al Menú de Impresión anterior, o bien salir del proceso de impresión.

## 13. VISUALIZACION DE TRAYECTORIAS

Al terminar la fase anterior, el programa pide si se **DESEA VISUALIZAR LAS TRAYECTORIAS**. Si el ordenador posee tarjeta gráfica (Hércules, CGA, etc) se puede pulsar la opción **S**.

En una ventana, dimensionada por el programa para abarcar en su totalidad el área de plano de coordenadas ocupada por las trayectorias de cálculo, se visualizan las trayectorias descritas por las esquinas delantera derecha e izquierda y por las ruedas trasera derecha e izquierda.

El vehículo aparece esquematizado en su posición final de cálculo. La primera unidad queda representada por su paragolpes y sus ejes delantero y trasero, con la vía del eje delantero. El resto de unidades, caso de haberlas, se esquematiza por un único triángulo, con base en el eje trasero de la última unidad, anchura de la vía de este eje, y vértice delantero sobre el conector perteneciente a la primera unidad.

## 14. DIBUJO TRAYECTORIAS

Al pie de la pantalla gráfica anterior, el programa pide si se **DESEA DIBUJAR LAS TRAYECTORIAS**.

Si el ordenador dispone de trazador, se puede pulsar la opción **S**.

El programa incluye una subrutina, utilizando comandos HPGL de amplia aceptación, para manejo de un trazador de sobremesa. En esta versión se considera la posibilidad de utilizar formatos de dibujo A3 y A4. Hay que contestar con el formato adecuado a la pregunta que inmediatamente hace el programa.

El programa maximiza a la totalidad del formato, girando el dibujo si es preciso, el área de plano de coordenadas ocupada por las trayectorias. Utiliza cuatro plumas de colores para destacar, dentro del propio dibujo, el esquema descrito del vehículo y las correspondientes trayectorias. Automáticamente dibuja y gradúa los ejes de coordenadas.

Finalizado el dibujo, el programa pide si se desea un **NUEVO CALCULO**. En caso afirmativo, volverá a la primera pantalla de definiciones y en caso contrario habrá llegado al

**FIN DEL PROGRAMA**



## 15. CONFIGURACIONES-TIPO

A título orientativo, se expone a continuación una serie de configuraciones-tipo de vehículos, para la utilización con este programa:

### 1. AUTOMOVIL PEQUEÑO

VD = 1.60 m  
VU = 0.85 m  
VT = 1.60 m  
L = 2.50 m

### 2. AUTOMOVIL MEDIO

VD = 1.70 m  
VU = 1.00 m  
VT = 1.70 m  
L = 2.75 m

### 3. VEHICULO DE REPARTO

VD = 2.20 m  
VU = 0.90 m  
VT = 2.20 m  
L = 4.00 m

### 4. VEHICULO RIGIDO 20 TONELADAS

VD = 2.50 m  
VU = 1.50 m  
VT = 2.50 m  
L = 5.00 m

### 5. TRACTOR + SEMI-REMOLQUE (38 TONELADAS)

Número de Unidades = 2  
VD-1 = 2.50 m  
VU = 1.50 m  
VT-2 = 2.50 m  
L<sub>1</sub> = 4.30 m : λ<sub>1</sub> = 0.18 m  
L<sub>2</sub> = 6.93 m



## CONFIGURACIONES-TIPO

### 6. TREN DE CARRETERA

Número de Unidades = 4

VD-1 = 2.45 m

VU = 1.25 m

VT-4 = 2.60 m

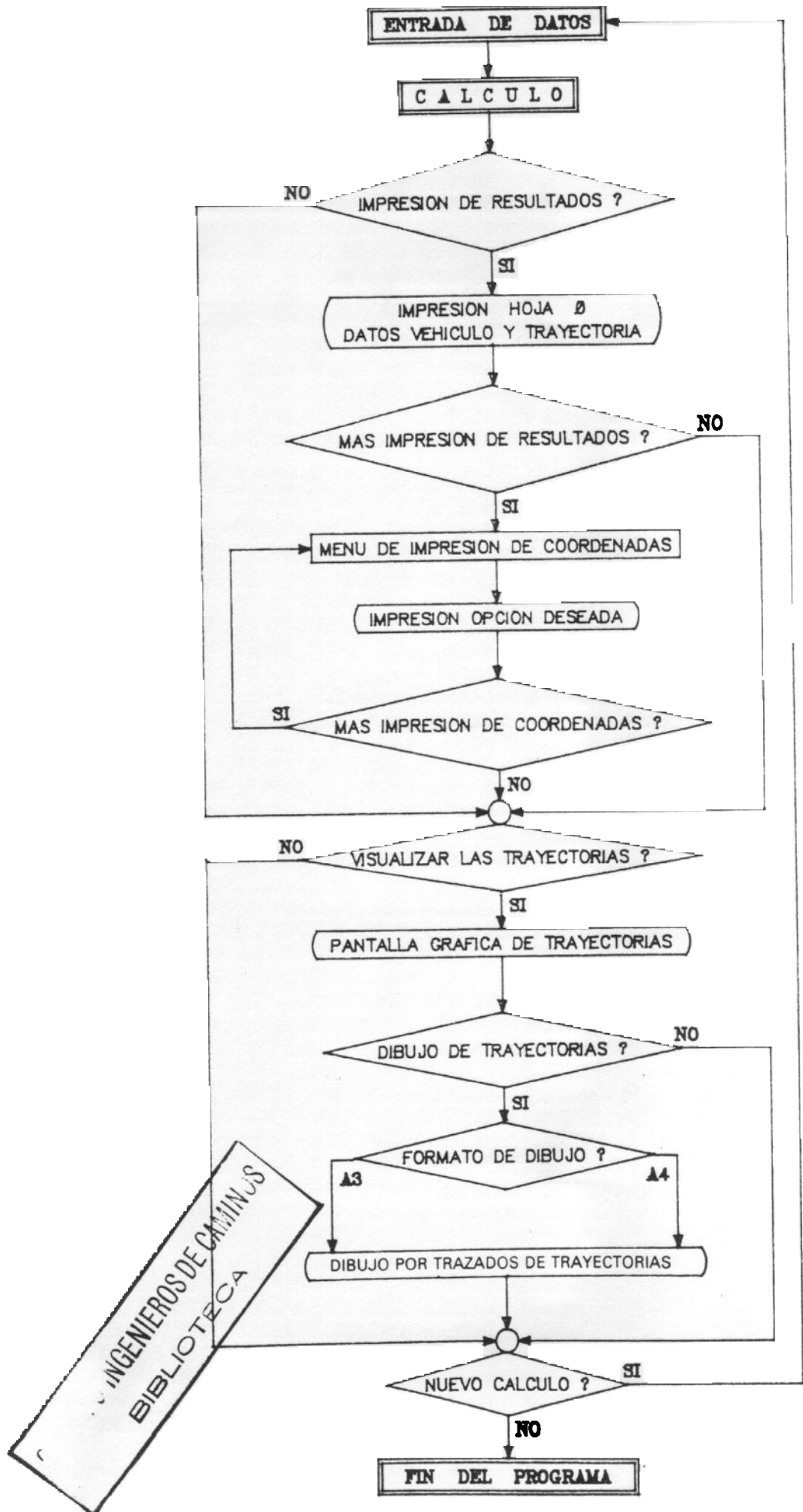
$L_1 = 3.35 \text{ m} : \lambda_1 = 0.55 \text{ m}$

$L_2 = 6.95 \text{ m} : \lambda_2 = \underline{\underline{-0.67 \text{ m}}}$

$L_3 = 1.86 \text{ m} : \lambda_3 = 0$

$L_4 = 6.95 \text{ m}$

# 16. DIAGRAMA DEL PROGRAMA



INGENIEROS DE CAMINOS  
BIBLIOTECA



## **Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos**

Normativa Técnica

Para obtener el software solo tiene que pulsar, con el botón derecho de su ratón, sobre la chincheta y guardar archivo.

