

78
2 Ejes



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DE INGENIERIA CIVIL, TOPOGRAFICA Y GEODESICA

“CALCULO DE AREAS Y PLANTA DE GALIBOS DE UNA INTERSECCION”.

TESIS PROFESIONAL:

ELABORADA PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

POR

LUIS EDUARDO HERNANDEZ CORREA



MEXICO, D. F.

AGOSTO DE 1985



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

CAPITULO I.	INTRODUCCION	1
CAPITULO II.	GENERALIDADES	4
2.1	Definición y clasificación de las intersecciones	5
2.2	Maniobras y áreas de maniobra de los vehículos en las intersecciones	10
2.2.1	Número, tipo y frecuencia de conflictos	11
2.2.2	Áreas de maniobra	14
2.2.3	Separación de las áreas de maniobra	14
2.2.4	Geometría de los cruces y vueltas	16
2.2.5	Disposición de las áreas de maniobra	21
2.3	Metodología general para la elección del tipo de intersección y la elaboración de su proyecto	21
2.3.1	Elección del tipo de intersección a utilizar	23
2.3.2	Principios fundamentales para el proyecto de una intersección	40
CAPITULO III.	PROGRAMA PARA EL CALCULO DE AREAS POR COORDENADAS	79
3.1	Objetivo	79
3.2	Introducción	79
3.3	Descripción general	87
3.4	Algoritmo de solución	90
3.5	Datos de entrada y de salida	91
3.6	Diagrama de flujo del programa "AREA"	95

3.7	Listado del programa "AREA"	98
3.8	Instrucciones del usuario	100
3.9	Ejemplos de aplicación	104

CAPITULO IV. PROGRAMA PARA EL CALCULO DE LA PLANTA DE GALIBOS 111

4.1	Objetivo	111
4.2	Introducción	112
4.3	Case A: Intersección de dos caminos con sus alineamientos horizontales en tangente..	124
4.3.1	Descripción general	124
4.3.2	Algoritmo de solución	125
4.3.3	Datos de entrada y de salida	127
4.3.4	Diagrama de flujo del programa "POA" ...	129
4.3.5	Listado del programa "POA"	135
4.3.6	Instrucciones del usuario	137
4.3.7	Ejemplo de aplicación	141
4.4	Case B: Intersección de un camino con alineamiento horizontal en tangente con uno en curva simple	145
4.4.1	Descripción general	145
4.4.2	Algoritmo de solución	147
4.4.3	Datos de entrada y de salida	150
4.4.4	Diagrama de flujo del programa "POB" ...	154
4.4.5	Listado del programa "POB"	160
4.4.6	Instrucciones del usuario	164
4.4.7	Ejemplo de aplicación	170
4.5	Case C: Intersección de dos caminos con sus alineamientos horizontales en curva simple..	176
4.5.1	Descripción general	176
4.5.2	Algoritmo de solución	178

4.5.3	Datos de entrada y de salida	182
4.5.4	Diagrama de flujo del programa "PGC" ...	184
4.5.5	Listado del programa "PGC"	189
4.5.6	Instrucciones del usuario	192
4.5.7	Ejemplo de aplicación	198
CAPITULO V.	CONCLUSIONES	204
APENDICE A.	METODOLOGIA PARA LA SOLUCION DE UN PROBLEMA CON AYUDA DE UNA CALCULADORA PROGRAMABLE	207
APENDICE B.	SIMBOLOGIA CONVENCIONAL EN LA ELABORACION DE DIAGRAMAS DE FLUJO	209
APENDICE C.	DEDUCCION DE LAS EXPRESIONES UTILIZADAS PARA RESOLVER LOS CASOS A Y B..	211
BIBLIOGRAFIA	213

CAPITULO I INTRODUCCIÓN

En el proyecto geométrica de carreteras, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.) define a una intersección como el área donde dos o más vías terrestres se unen o cruzan. Considera además, dos tipos generales de intersección: los entranques y los pases. Ambos, pueden contar con estructuras a distintos niveles. Los elementos más importantes para el proyecto de una intersección tanto a nivel como a desnivel serán tratados en el siguiente capítulo en una forma sucinta.

Ciertas etapas de cálculo del proyecto de una intersección, corresponden a problemas típicos, es decir, aquellos que tienen un proceso de solución con un esquema definido de cálculo. Dichos problemas, pueden tener un algoritmo de solución que por la frecuencia con que se presentan, constituyen un tipo de trabajo rutinario, repetitivo y tedioso para el ingeniero, al ser resueltos a mano y paso a paso.

De esta observación, la S.C.T. aceptó que mi servicio social se enfocará a la realización de programas para la calculadora programable Hewlett Packard modelo HP-41C/41CV, destinados a resolver algunos de los problemas típicos del proyecto de una intersección. Tratando con ello, de realizar los cálculos rutinarios con mayor eficacia, precisión y en un menor tiempo. La programación, se orientó entonces, a las etapas de proyecto que atañen al cálculo de áreas por coordenadas y planta de gálibos.

Como resultado final de mi servicio social, elaboré un total de cuatro programas; mismos que serán la parte medular del presente trabajo de tesis. Cabe mencionar, que el manejo de estos programas no requerirá del conocimiento previo de un lenguaje especial de computación, sencillamente, el usuario deberá contar con los elementos básicos para el proyecto de una intersección y estar familiarizado con el manejo del modelo de la

calculadora antes mencionado, a fin de seguir debidamente las instrucciones de cada programa y lograr con ello una correcta aplicación de los mismos.

En el capítulo III se presenta el primero de los cuatro programas, mediante el cual, se podrá calcular el área de un polígono, conociendo las coordenadas de sus vértices; pudiéndose a dicionar e restar a este valor, las áreas de otros polígonos, o bien, las de ciertos segmentos circulares.

En el capítulo IV se presentan los otros tres programas restantes, todos ellos destinados a determinar en forma exacta, entre otros resultados, los cadenasientos y coordenadas que ubican los puntos críticos donde se quiere conocer la altura mínima e glibe de diseño de una intersección a desnivel. Cabe aclarar que los caminos que se intersectan podrán tener un alineamiento horizontal en tangente, o en curva simple. Originando se en consecuencia tres casos:

CASO A: Intersección de dos caminos con sus alineamientos horizontales en tangente. Este caso será resuelto mediante el se gundo programa, llamado "PGA".

CASO B: Intersección de un camino con alineamiento horizontal en tangente con uno en curva simple. Este caso será resuelto mediante el tercer programa, llamado "PGB".

CASO C: Intersección de dos caminos con sus alineamientos horizontales en curva simple. Este caso será resuelto mediante el cuarto y último programa, llamado "PGC".

Estos tres últimos programas, son de hecho auxiliares en la elaboración de la planta de glibos de una intersección, pues só lo con ellos, se podrán determinarse los glibos correspondientes a cada punto de cruce.

De manera más general, pueden también utilizarse aún cuando no sean dos los caminos que se crucen, sino simplemente, la intersección de dos líneas rectas, de dos curvas, o bien, de una recta y una curva.

En los capítulos III y IV de este trabajo se explica previamente a la utilización de cualquier programa, cuáles son los objetivos, el algoritmo de solución, los datos de entrada, los de salida y las instrucciones de usuario, indispensables para una correcta aplicación de los mismos. Se cuenta también, con un diagrama de flujo que muestra la lógica de programación seguida en la resolución del problema, y de un ejemplo con el que se pretende mostrar en una forma objetiva e integral los alcances del programa en cuestión.

Hoy en día, la calculadora programable es una herramienta que para fines de cálculo resulta insustituible y de gran ayuda no sólo para el ingeniero actual, sino también para otros profesionales con necesidades afines; tan propensa de ser perfeccionada o sustituida con el paso del tiempo por otros modelos que le proporcionen al usuario más y mejores ventajas de cálculo pero tan importante y necesaria como lo fue hace algunos años la regla de cálculo.

A través de las páginas de este trabajo de tesis profesional el lector se cerciorará que con la aplicación de la calculadora programable Hewlett Packard modelo HP-41C/41CV se podrá automatizar la secuencia de cálculo de dos de los problemas típicos del proyecto de una intersección, resolviéndose en un menor tiempo, con una mayor eficacia, con gran exactitud en los resultados y con una mayor facilidad de ejecución.

Por último, el hecho de tratar de mecanizar el trabajo de cálculo de gabinete mediante el uso de la calculadora programable, no hará dependiente al calculista a este aparato, ni tampoco propiciará que las funciones de su pensamiento se estancuen; por el contrario, los extensos y tediosos cálculos los hará la máquina, mientras que la parte humana procurará seguir cultivando su pensamiento creador e inquisitivo.

CAPITULO II

GENERALIDADES .

Con el objeto de saber en que parte del proyecto de una intersección encajan los programas desarrollados en los capítulos III y IV de esta tesis, el presente capítulo se ha dividido en tres partes que nos muestran un breve bosquejo de las intersecciones. En la primera parte se define y clasifican a las intersecciones. En la segunda, a raíz de los volúmenes vehiculares y peatonales, de las posibles maniobras que un conductor puede realizar según sea su destino en el área de la intersección, de las características físicas de la misma y de la topografía del lugar entre otros factores, se originará un cierto número tipo y frecuencia de conflictos en la zona de la intersección. Puede decirse que estos puntos constituyen entre otros, la etiología a males como un alto número de accidentes y frecuentes congestionamientos que aquejan a la intersección. Los conflictos, las áreas de manobra y la geometría de los cruces y vueltas son los puntos a tratar en forma sucinta en esta segunda parte. En la tercera y última parte, se presenta una metodología que resume los aspectos fundamentales que intervienen en la elección del tipo de intersección a utilizar, de tal manera, que la solución escogida cumpla en forma racional las condiciones planteadas por el problema particular en estudio; en lo tocante al proyecto de intersecciones se asegura abarcar completamente todos los aspectos de un problema de proyecto de intersecciones evitando refinamientos innecesarios en las etapas preliminares de estudio. Por último, en esta tercera parte se presentan los elementos básicos aplicables al proyecto de entronques tanto a nivel como a desnivel.

2.1 DEFINICION Y CLASIFICACION DE LAS INTERSECCIONES.

Una intersección es el área donde dos o más vías terrestres se unen o cruzan. Constituyen una parte muy importante del camino, ya que mucho de su eficiencia, seguridad, velocidad, costo de operación y capacidad, dependen de su proyecto.

Se consideran dos tipos generales de intersección: los entronques y los pasos. Se llama entronque, a la zona donde dos o más caminos se unen o cruzan, permitiendo la mezcla de las corrientes de tránsito.

Se llama paso, a la zona donde dos vías terrestres se cruzan sin que puedan unirse las corrientes de tránsito.

Tanto los entronques como los pasos, pueden contar con estructuras a distintos niveles.

A cada vía que sale o llega a una intersección y que forma parte de ella, se le llama rama de la intersección. A las vías que unen las distintas ramas de la intersección, se les llama enlaces; pudiéndose llamar raspa a los enlaces que unen dos vías a diferente nivel.

Las intersecciones a nivel se clasifican de acuerdo con el número de ramales de que constan: de tres ramales (T ó Y), de cuatro ramales, múltiples y de glorieta. Una clasificación más amplia comprende ciertas variaciones tales como: sin canalizar, abocinadas y canalizadas. En la fig. 2.1 se ilustran los diferentes tipos de intersección a nivel, y en las figs. 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, y 2.6 se ilustran diferentes tipos de intersecciones a nivel, sin canalizar y canalizadas.

El tipo de un entronque a desnivel está determinado principalmente por el número de ramas de la intersección, pero es deseable clasificarlos de acuerdo con el tipo de rampas. En la fig. 2.7 se ilustran los tipos básicos comunes. Hay numerosas variantes de cada tipo y combinaciones

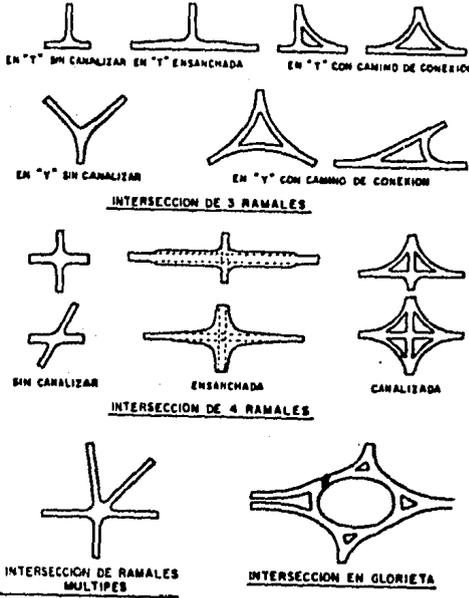


Figura 2.1. Tipos generales de intersecciones a nivel.

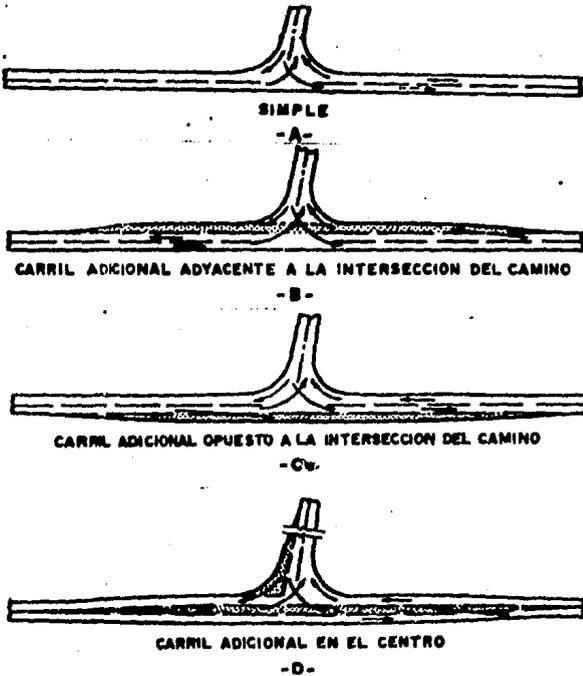


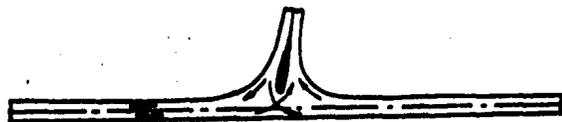
Figura 2.2. Intersecciones en forma de "T" o "Y" sin canalizar: sencillos y abocinados.



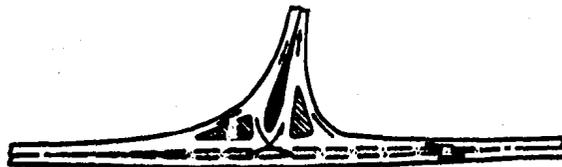
-A-
CON UN SOLO CAMINO PARA VUELTA



-B-
CON UN PAR DE CAMINOS PARA VUELTA



-C-
CON ISLETA DIVISORIA



-D-

FIG. 28. Intersecciones en forma de "T" ó "Y" canalizadas



No es recomendable sin control de sumideros

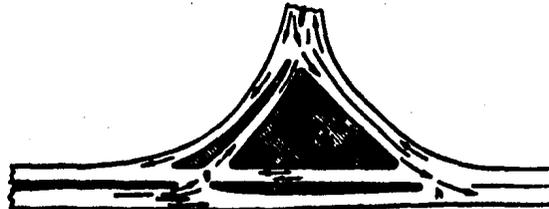
-A-



-B-



-C-



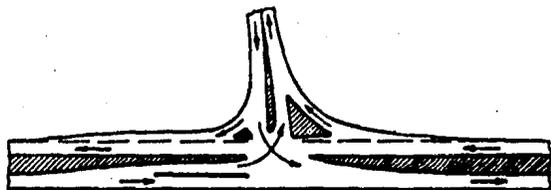
-D-

FIG. 29. Intersecciones en forma de "T" ó "Y" canalizadas



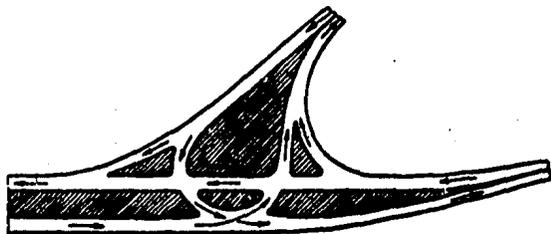
CON ISLETAS DIVISORIAS Y CAMINOS PARA VUELTA

-A-



CON CÁRRILES EN EL CAMELLON CENTRAL

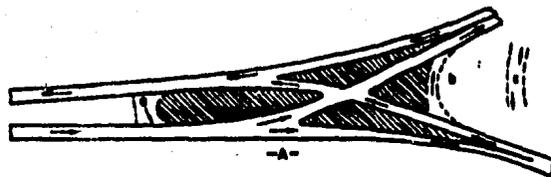
-B-



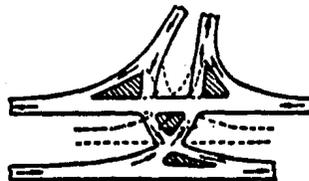
TIPO BULBO

-C-

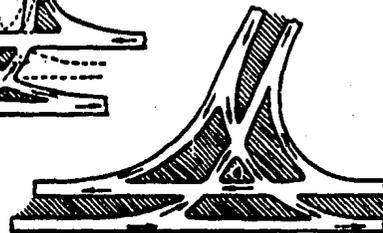
FIG. 25. Intersecciones en forma de "T" ó "Y". Canalización en alto grado



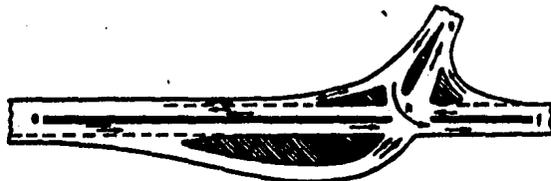
-A-



-B-



-C-



-D-

FIG. 26. Intersecciones en forma de "T" ó "Y". Canalización de alto grado

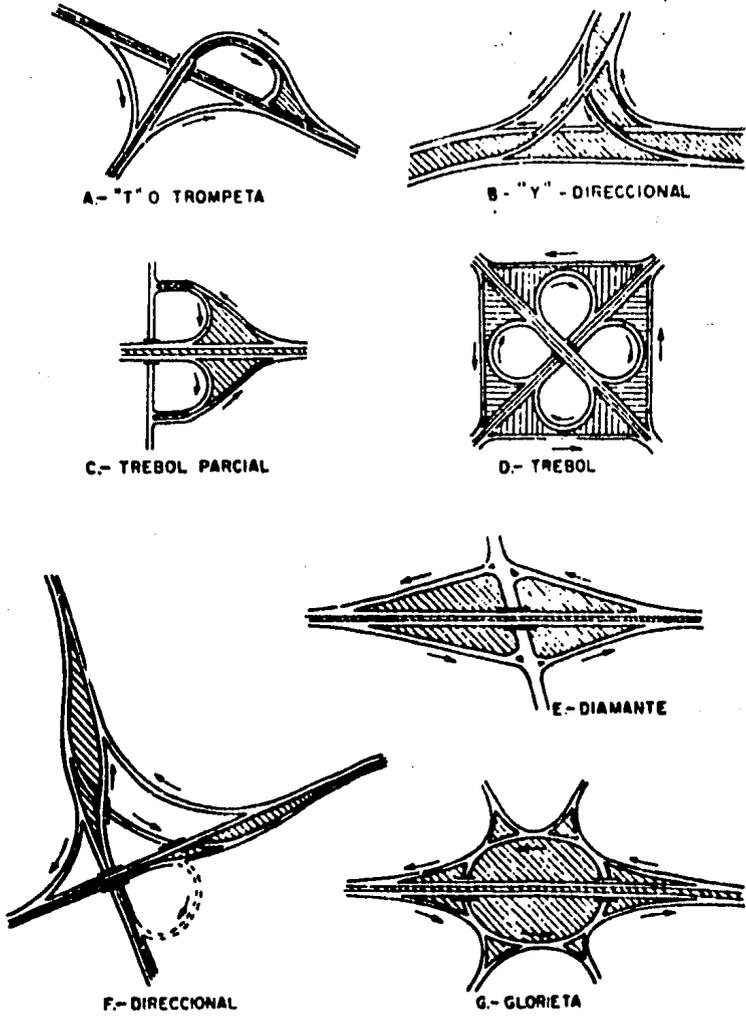


Figura 2.7. Tipos generales de entronques a desnivel

de los tipos básicos.

De la fig. 2.7 los dos esquemas de la parte superior, A y B, ilustran intersecciones a desnivel de tres ramas.

El esquema A es adaptable a intersecciones en T y el B a intersecciones en Y.

En el trébol de la fig. 2.7-D tiene un conjunto de rampas separadas de un solo sentido de circulación, correspondiendo cada rampa a cada movimiento de cambio de dirección.

Las vueltas directas a la izquierda no son posibles. En el trébol parcial de la fig. 2.7-C se muestran rampas de dos cuadrantes localizados a manera de evitar vueltas a la izquierda en el camino principal. El trébol es un modelo adecuado cuando existe o debe existir circulación libre en los dos caminos.

En la fig. 2.7-E se muestra una intersección con rampas paralelas, del tipo de diamante completo, tiene cuatro rampas de un solo sentido de circulación. Es especialmente aceptable en intersecciones de un camino principal y de uno secundario cuando el derecho de vía está restringido.

En la fig. 2.7-F, la rampa central para la vuelta izquierda, desde la parte superior izquierda a la parte superior derecha es una conexión directa que no se desvía mucho de la dirección del viaje.

La fig. 2.7-G ilustra una intersección rotatoria a desnivel. Es la más adecuada para intersecciones de ramas múltiples. El camino principal de tránsito directo esta separado de todos los demás caminos.

2.2 MANIOBRAS Y AREAS DE MANIOBRA DE LOS VEHICULOS EN LAS INTERSECCIONES.

Cuando un conductor se encuentra en el área de la intersección, éste puede según sea su destino, salirse de la

corriente sobre la que ha venido circulando (maniobra de divergencia), para incorporarse a otra de diferente trayectoria (maniobra de convergencia), o cruzar la corriente vehicular interpuesta entre él y su destino (maniobra de cruce). Ver fig. 2.8.

La existencia de cualquier tipo de maniobra originará un conflicto entre los usuarios que intervienen en las maniobras. Este puede incluir a los usuarios cuyas trayectorias se unen, cruzan, o separan, o puede abarcar a los vehículos que se aproximan al área de conflicto.

La zona de influencia, en la que los usuarios que se aproximan a la intersección pueden ser causantes de trastornos a los demás conductores debido a las maniobras que realizan en la misma, constituyen lo que se conoce como área de conflicto.

2.2.1 NUMERO, TIPO Y FRECUENCIA DE CONFLICTOS.

En la tabla 2.1 se muestra el número de conflictos que pueden desarrollarse en una intersección por tipo de maniobra. De ella se aprecia que cuando se tiene una "T" o una "Y" ocurren únicamente 9 conflictos de los cuales sólo tres incluyen maniobras de cruce. Cuando se tiene una intersección de cuatro ramas de doble circulación existen 32 puntos de conflicto, 16 de los cuales son de los del tipo más peligroso o sea de cruce, ver fig. 2.9.

La frecuencia de los puntos de conflicto depende del volumen de tránsito que se encuentra en cada trayectoria de flujo. El conocer el número total posible de conflictos de una intersección, implica conocer también el número de motivos de accidentes en la misma, además, revela la necesidad de estudiar su funcionamiento a fin de reducir el

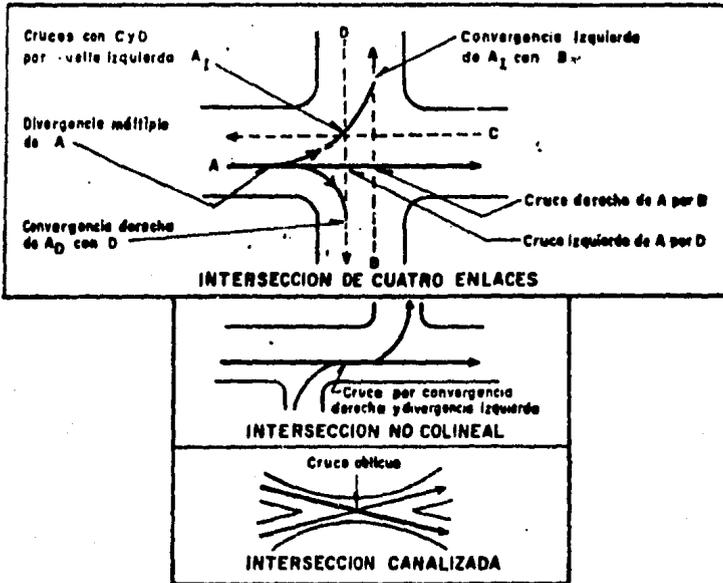
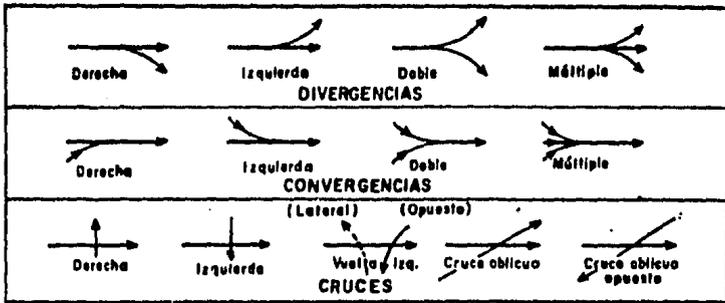


Figura 2.8. Maniobras de los vehículos en las intersecciones.

NUMERO DE RAMAS DE DOBLE CIRCULACION	NUMERO DE CONFLICTOS EN LOS MOVIMIENTOS DE LA INTERSECCION POR TIPOS DE MANIOBRAS.			
	CRUCE	CONVERGENCIA	DIVERGENCIA	TOTAL
3	3	3	3	9
4	16	8	8	32
5	49	15	15	79
6	124	24	24	172

Tabla 2.1. Relación del número de conflictos entre los movimientos de la intersección al número de ramas de doble circulación que la forman, por tipo de maniobras.

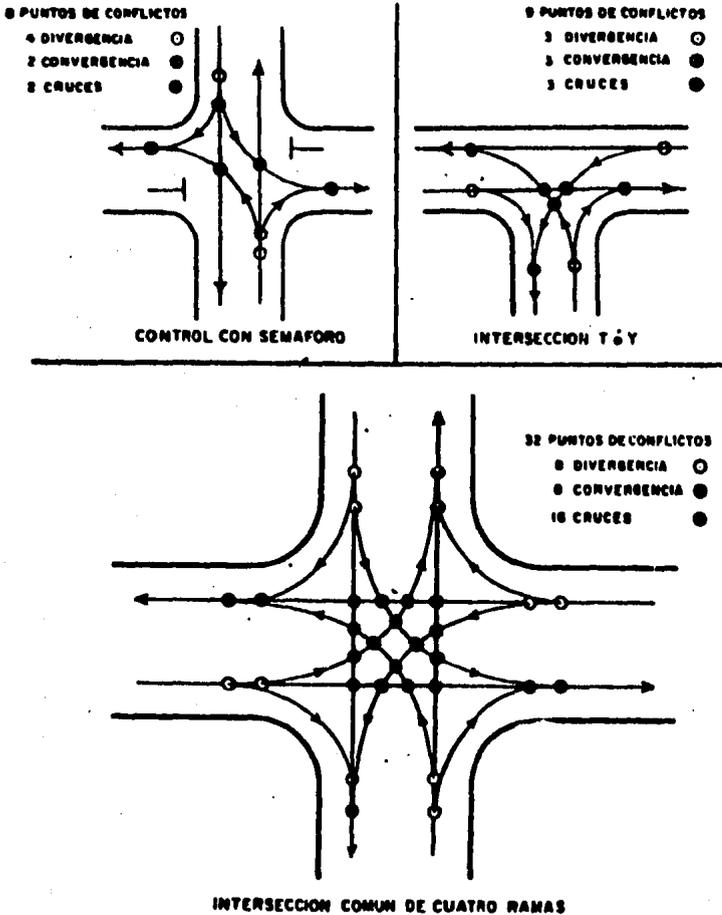


Figura 2.9. Puntos de conflicto en intersecciones.

número de conflictos posibles. Un alto porcentaje de los accidentes de tránsito ocurre en las intersecciones. En orden decreciente de peligrosidad se tienen los siguientes tipos de intersecciones: a) Intersecciones a nivel simples; b) Intersecciones a nivel con carriles adicionales para cambio de velocidad; c) Intersecciones canalizadas; d) Glorietas; y e) Intersecciones a desnivel. Se supone que cada una de las intersecciones está trabajando con los volúmenes de tránsito considerados en su proyecto.

2.2.2 AREAS DE MANIOBRA.

Es el área de una intersección en la que el conductor de un vehículo realiza las operaciones necesarias para ejecutar las maniobras requeridas. Incluye el área potencial de colisión y la parte de los accesos a la intersección desde la cual se ve afectada la operación de los vehículos.

Las áreas de maniobra se dividen en simples, múltiples y compuestas. Las simples se presentan cuando dos vías de un solo carril y un solo sentido de circulación cruzan, convergen, o divergen. Las múltiples, cuando más de dos vías de un solo carril y un solo sentido de circulación cruzan, convergen o divergen y compuestas, cuando las maniobras se efectúan en más de un solo carril de circulación. La fig. 2.10 muestra ejemplos de áreas de maniobra, simples, múltiples y compuestas.

2.2.3 SEPARACION DE LAS AREAS DE MANIOBRA.

Deberá existir la suficiente separación entre dos áreas de maniobra sucesiva, para que los retrasos y peligros de la intersección no se vean incrementados y los conductores puedan ajustar su velocidad y trayectoria a cada conflicto.

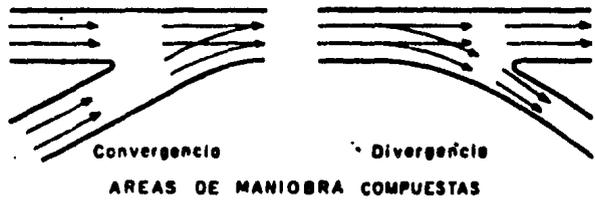
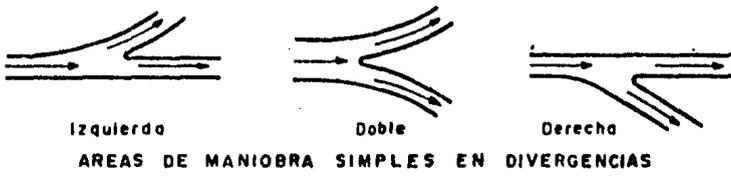
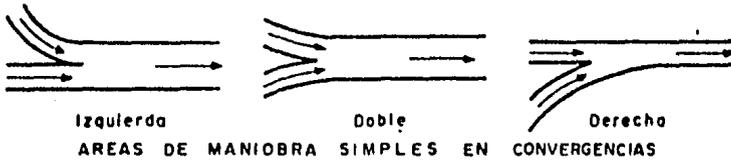


Figura 2.10. Ejemplos de áreas de maniobra simples, múltiples y compuestas.

to que se les presente. Las áreas de maniobra están separadas en espacio y en tiempo. La separación en espacio se logra mediante el uso de isletas, fajas separadoras, carriles auxiliares y similares, lográndose con ello una reducción en los tiempos de recorrido y en los accidentes en la intersección, ver fig. 2.11.

La separación en tiempo se logra al proporcionar zonas de refugio donde los conductores o peatones pueden esperar entre maniobras sucesivas, ver fig. 2.12.

La separación en tiempo o en distancia entre áreas de maniobra variará ampliamente de acuerdo con las condiciones de cada lugar, dependiendo del tiempo de reacción del conductor y del tiempo requerido para cambiar de velocidad y de trayectoria. Así, cada situación que se presente deberá ser analizada en términos de la separación en tiempo y distancia para unas condiciones específicas del tránsito.

2.2.4 GEOMETRIA DE LOS CRUCES Y VUELTAS.

En la fig. 2.13 se muestra la geometría de los movimientos de vueltas izquierdas y derechas; estos tipos de movimientos se clasifican como directo, semidirecto e indirecto, en términos de las trayectorias seguidas por los conductores.

La vuelta directa a la derecha o a la izquierda proporciona una distancia de recorrido más corta y más fácil para los conductores debido a que sigue la trayectoria de viaje deseado. Las vueltas semidirectas e indirectas, requieren de distancias de recorrido mayores, se emplean cuando las condiciones propias del lugar no permiten el uso de vueltas directas, o bien, cuando se desea disponer los conflictos de cruce de tal manera que puedan controlarse de una manera más económica. Por lo que se refiere a los cruces de las corrientes de vehículos pueden obtenerse a través de un cruce directo a nivel, un entrecruzamiento y una separación de niveles como lo muestra la fig. 2.14.

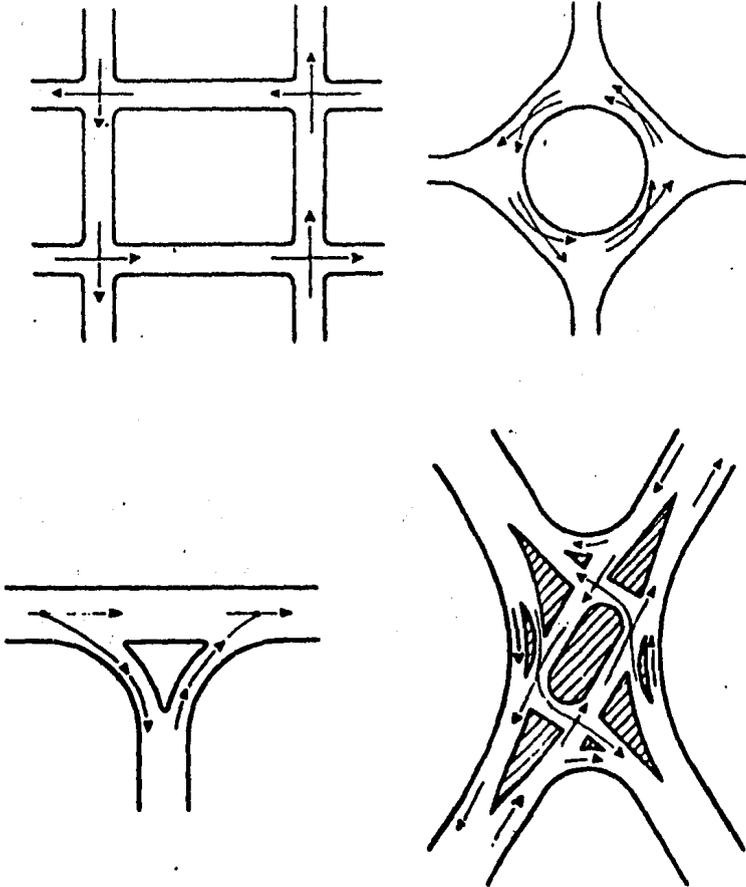


Figure 2.11. Ejemplos de separación de áreas de maniobra.

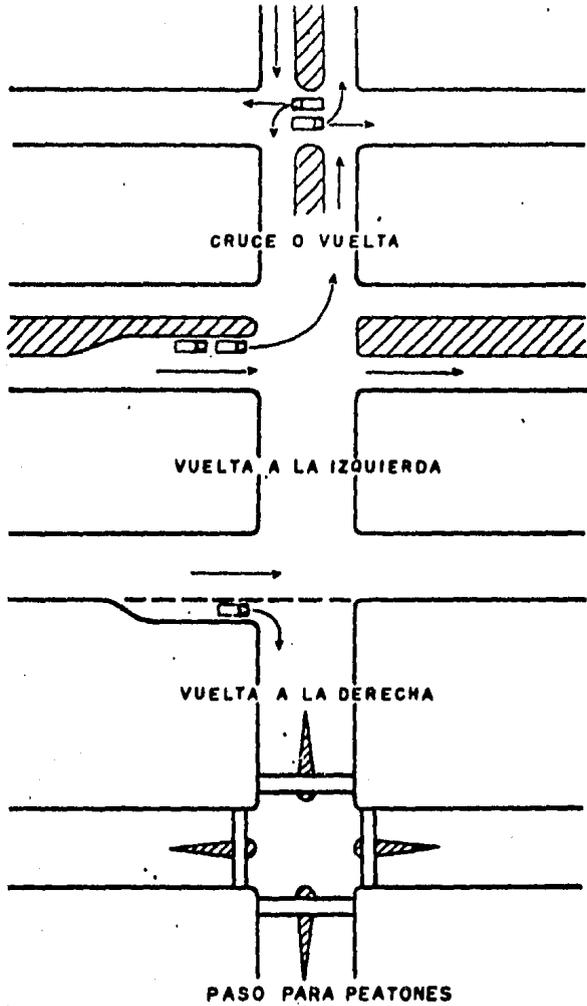
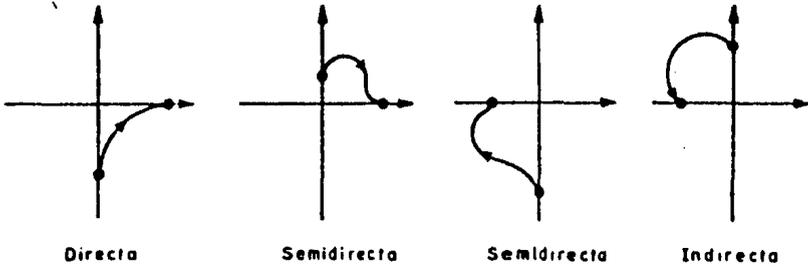
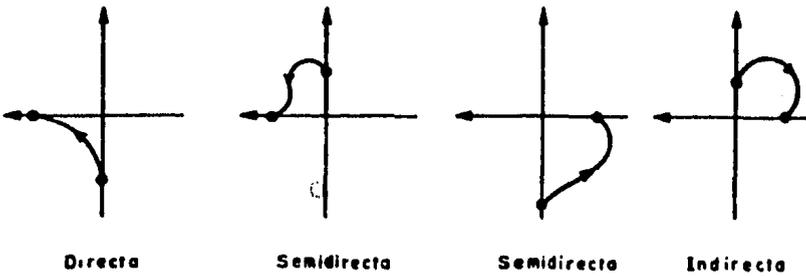


Figura 2.12. Ejemplos de zonas de protección.

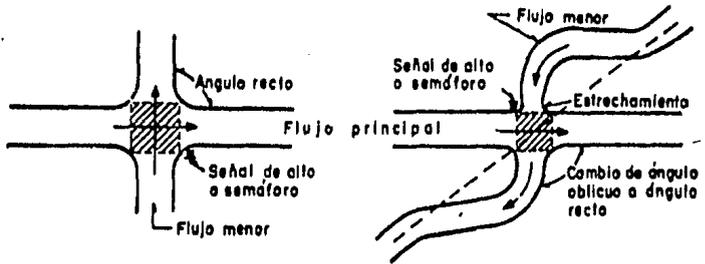


(A) VUELTAS A LA DERECHA

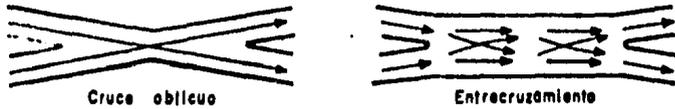


(B) VUELTAS A LA IZQUIERDA

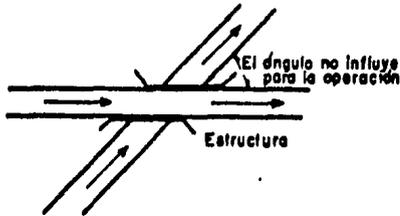
Figura 2.13. Geometría de movimientos de vueltas a la derecha y a la izquierda.



DISEÑO DE CRUCES DIRECTOS A NIVEL PARA ALTAS VELOCIDADES RELATIVAS



DISEÑO DE CRUCES A NIVEL PARA BAJAS VELOCIDADES RELATIVAS



DISEÑO DE CRUCE A DESNIVEL

Figura 2.14. Areas de maniobra simples para cruces a nivel y a desnivel.

2.2.5 DISPOSICION DE LAS AREAS DE MANIOBRA.

De la selección y disposición de las áreas de maniobra de cruce para acomodar las corrientes vehiculares más fuertes se determinará la geometría de nuestra intersección, adaptándose a esta geometría de proyecto, las áreas de maniobra para otros movimientos de menor importancia.

Son pues los conflictos de cruce ocasionados por los movimientos directos o de vuelta, los aspectos críticos a considerar en el proyecto de intersecciones.

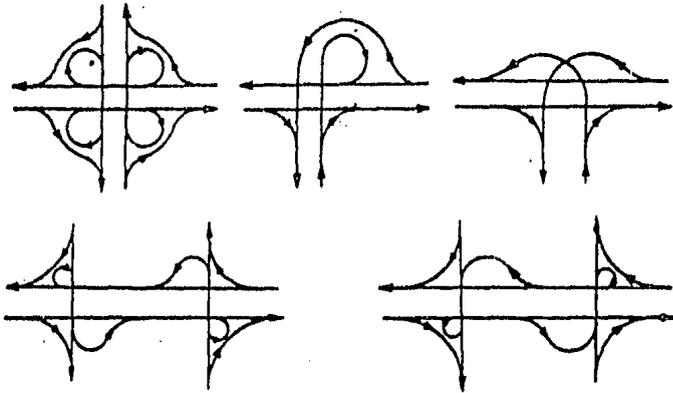
Se deberá también poner especial cuidado a los movimientos directos de vuelta izquierda, pues a diferencia de los directos de vuelta derecha, pueden causar una alta incidencia de accidentes y congestionamientos, su influencia en la operación de una intersección pueden disminuirse empleando vueltas izquierdas semidirectas o indirectas.

La fig. 2.15 muestra la disposición de las áreas de maniobra más comunes en el proyecto de intersecciones, clasificadas de acuerdo con los movimientos de cruce y vuelta.

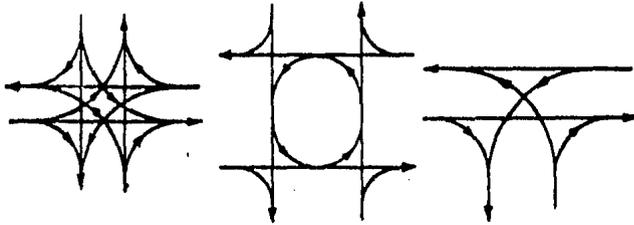
Las áreas de maniobra de cruce mostradas pueden ser con separación de niveles.

2.3 METODOLOGIA GENERAL PARA LA ELECCION DEL TIPO DE INTERSECCION Y LA ELABORACION DE SU PROYECTO.

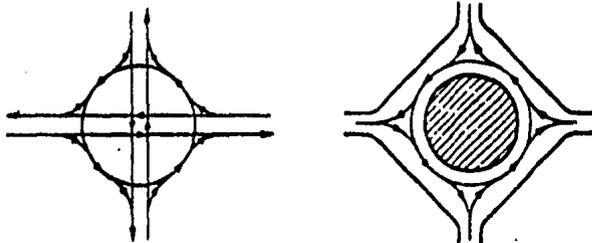
Siendo el proyecto de intersecciones un problema que se presenta con bastante frecuencia dentro del proyecto de carreteras, se ha visto la necesidad de preparar una metodología que resume los aspectos fundamentales que intervienen en la elección del tipo de intersección a utilizar, de tal manera, que la solución escogida cumpla en forma racional las condiciones planteadas por el problema particular en estudio.



A - CRUCE DIRECTO, VUELTA IZQUIERDA INDIRECTA O SEMIDIRECTA Y VUELTA DERECHA DIRECTA



B - CRUCE DIRECTO, VUELTA IZQUIERDA DIRECTA Y VUELTA DERECHA DIRECTA



C - CRUCE DIRECTO, VUELTA IZQUIERDA CON ENTRECruzAMIENTO Y VUELTA DERECHA DIRECTA.

D - ENTRECruzAMIENTO, VUELTA DERECHA DIRECTA

Figura 2.15. Disposición general de las áreas de maniobra en el proyecto de intersecciones.

Dos grupos principales se han considerado para clasificar los tipos de intersecciones.

I.- Intersecciones a nivel

II.- Intersecciones a desnivel

2.3.1 ELECCION DEL TIPO DE INTERSECCION A UTILIZAR.

Se proponen dos etapas para llegar a establecer el tipo de intersección:

1.- Determinar en que grupo específico se clasifica el caso particular en estudio.

2.- Hacer una evaluación de las distintas alternativas de diseño para elegir aquella que solucione en forma racional el problema propuesto.

2.3.1.1 PRIMERA ETAPA .

La decisión para elegir el grupo en que deba quedar ubicado el caso particular en estudio depende fundamentalmente de los siguientes factores:

1.- Desarrollo futuro como autopista.

La AASHO señala que la conclusión para desarrollar una carretera entre dos puntos con accesos totalmente controlados, viene a ser una garantía para proveer a una carretera de pasos a desnivel o interconexiones en todas las intersecciones de la misma.

A lo anterior debe agregarse además, que la decisión para construir pasos a desnivel en las intersecciones, está sujeta al período de tiempo transcurrido entre la conclusión de desarrollar una de las vías como autopista y la materialización misma del proyecto. Si la modificación es inmediata, los pasos a desnivel se construirán simultáneamente con las obras de mejoramiento de la carretera; pero si el proyecto

se desarrollará a largo plazo, esta decisión quedaría sujeta en principio, a las condiciones actuales de operación de la intersección y a un análisis económico comparativo a través de la relación beneficios-costos.

Se estima que si la intersección está operando a la capacidad o muy cerca de la misma y el proyecto de desarrollo como autopista es a largo plazo, una decisión razonable puede ser la de construir un paso a desnivel en ese lugar; sin embargo, no hay que perder de vista la posibilidad de una mejora en la capacidad de la intersección a nivel, que podría ser sustancial, mediante cambios en las características físicas o en los sistemas de control de la misma.

2.- Volúmenes y patrón del tránsito.

El procedimiento a seguir para tomar en cuenta el factor que representa a los volúmenes y el patrón de tránsito, es el siguiente:

a) Definir si las condiciones de operación de la intersección a nivel, no son susceptibles de mejorar mediante cambios en sus características físicas o en sus sistemas de control

b) Especificar el nivel de servicio con el que deba operar la intersección

c) Verificar a que nivel de servicio esta trabajando la intersección, tomando en cuenta los tránsitos horarios de diseño y su congruencia con el nivel de servicio especificado en el punto anterior.

Si el análisis diera como resultado que el volumen de tránsito con el que puede operar la intersección es inferior al tránsito horario de proyecto, la decisión sería la de utilizar una intersección a desnivel; en caso contrario, el problema deberá abordarse como intersección a nivel.

3.- Relación beneficios-costos.

El análisis de índole económico que influye en la decisión para definir si la intersección debe construirse a desnivel, comprende los siguientes puntos:

- a) Costo inicial
- b) Costo de operación
- c) Costo de conservación

La expresión representativa de los puntos anteriores es la relación beneficios-costos, la cual se define como el cociente que resulta de dividir el beneficio anual entre el costo anual del capital invertido en mejorar la in

tersección más los costos anuales por conservación.

El beneficio anual, es la diferencia entre los costos del usuario de la intersección a nivel y los costos del usuario de la intersección a desnivel. El costo anual del capital, es la suma de intereses y amortización de la inversión empleada en modificar la intersección, además de los costos anuales de conservación.

La relación beneficios-costos deberá ser siempre superior a la unidad para que exista una justificación para elegir entre intersecciones a nivel o intersecciones a desnivel; mientras mayor sea esta relación, mayor será la justificación.

4.- Posibilidad económica de realización. El análisis de los tres factores anteriores, puede conducir a la conclusión de solucionar una intersección mediante la construcción de un paso a desnivel; sin embargo antes de elaborar cualquier proyecto definitivo, es necesario tener conocimiento de la existencia de recursos financieros suficientes para la construcción

2.3.1.2 SEGUNDA ETAPA.

Conocido el grupo en que se clasifica la intersección en estudio, el siguiente paso consistirá en desarrollar las posibles alternativas de diseño, complementarias de la solución preliminar utilizada en la primera etapa del estudio; para ello los puntos que conviene tratar son los siguientes:

PROYECTO PRELIMINAR

- 1.- Preparación de diagramas para posibles soluciones alternas. Los diagramas o dibujos de las

diferentes alternativas merecedoras de consideración no deberán ser realizados con toda precisión basta con colocar un papel sobre el plano base y en forma rápida, a escala, en parte a mano, delinear el trazo de ubicación.

En esta etapa sólo los aspectos generales del problema son considerados. No sólo se gasta tiempo sino que causa confusión al proyectista considerar dimensiones de talladas antes que las características generales de los posibles proyectos hayan sido dibujados y examinados.

Intersecciones a nivel

Los dibujos de estudio de las intersecciones a nivel se recomienda se hagan a una pequeña pero conveniente escala, deberán elaborarse en forma rápida, a mano, con equipo de dibujo o por ambos métodos, mostrando en el proyecto los límites de pavimento, localización de isletas acotamientos etc. Los esquemas de estudio de una intersección a nivel son dibujados mejor en un plano base a una escala 1:500 o bien 1:1000. Pueden utilizarse escalas más pequeñas, como 1:2000 para trazos rápidos.

Entronques a desnivel

Los dibujos de línea sencilla para entronques a desnivel son excelentes para un planteamiento y examen rápido de todos los esquemas probables. Son hechos en forma expedita, a mano, con equipo de dibujo o por ambos métodos, en papel transparente, sobre el plano base. Es posible hacer los esquemas de reconocimiento con una sola línea para cada carril o cada mitad de un pavimento de dos sentidos. La dirección de las flechas en las líneas muestra la operación propuesta. Deben usarse los valores que fijan las normas en las relaciones de velocidad/ curvatura, ubicación del cadernamiento, longitud de las secciones de cruzamientos, limi -

tación de estructuras etc. Los dibujos de líneas sencilla son mejor logrados a escalas de 1: 5000 a 1:1000. Se usan escalas menores en estudios de ruta y trazos más completos.

Las escalas menores de 1:5000 pueden no ser correctas; la escala 1:1000 puede ser deseable en caso de limitaciones físicas u otras condiciones físicas.

2.- Análisis de esquemas alternos. Todos los dibujos de estudio se analizarán en forma general comparando sus ventajas y desventajas. En la comparación se analizan puntos sobresalientes del proyecto, características de operación, factibilidad para acomodar el tránsito, costo probable, acomodo total en el lugar, tipo de intersección, etc. Algunos de los diagramas serán francamente inferiores a otros u obviamente inapropiados por lo que son eliminados; otros mostrarán características atractivas y justificarán más estudios detallados.

3.- Preparación de los proyectos preliminares alternos.

Después de elegir los diagramas de proyecto preliminar, éstos se harán ahora con un mayor detalle pero como escasamente se requieren cálculos se desarrollan rápidamente como soluciones gráficas. No se requiere mucho tiempo ni gran calidad en el dibujo.

Las alternativas preliminares proyectadas también se hacen con papel calca sobrepuesto en un plano base, el cual generalmente está a una escala mayor que la utilizada para los dibujos de estudio. Las escalas convenientes para intersecciones a nivel son aquellas en el rango de 1:1,000 y 1:500 para entronques a desnivel una escala 1:2,000 es ampliamente recomendable. Una escala de 1:1000 puede ser útil para proyecto de entronques pequeños y para condiciones estrechas y una escala de 1:4,000 para proyectos extensos y complejos.

Para entronques los perfiles son dibujados para los movimientos directos y para todas las rampas. Los perfiles se dibujan también sin cálculos.

Las plantas preliminares de los entronques deberán tener todas las vías cadeneadas, a la escala usual, aunque no calculadas, a lo largo de la línea de centro en movimientos directos y a lo largo de uno de los límites del pavimento en las rampas. Es deseable que el cadenamiento en las rampas sea hecho continuado del que va por la vía del tránsito directo.

Los perfiles de los caminos y rampas se dibujan a la misma escala horizontal que la planta con una escala vertical aproximadamente diez veces mayor que la escala horizontal.

Por conveniencia, cada rampa debe ser identificada en planta y perfil por una letra o combinación adecuada de letras. Los perfiles están controlados principalmente por la topografía pendientes máximas, distancia mínima de visibilidad y claros de la estructura, pero pueden también ser afectados por la sobreelevación requerida.

ELECCION DEL PROYECTO PRELIMINAR MAS ADECUADO.

1.- Evaluación de las características geométricas y de operación.

a) Adaptabilidad

- Grado en que se adapta cada alternativa al tipo de intersección y a las características del tránsito
- Magnitud en cortes y terraplenes y problemas que presentará el drenaje
- Grado en que afecta el arreglo de la intersección a la estética de la zona
- Compatibilidad del tipo de intersección con el carácter de las carreteras que la forman

-Grado en que la canalización o el tipo y forma de las rampas refleja los volúmenes y la composición del tránsito.

b) Posibilidad de realización

- Posibilidad de realizar el proyecto dentro de la construcción actual
- Efectos de las características físicas del proyecto sobre la comunidad
- Posible remoción de edificios o afectación adversa de establecimientos por la relocalización del tránsito
- Limitaciones intangibles como son la renuencia arraigada profundamente a perjudicar instalaciones religiosas o culturales
- Repercusiones económicas que puedan tener sobre el proyecto lo señalado en los puntos anteriores.

c) Características del diseño

- Comparación entre alternativas de aspectos geométricos como son el alineamiento, perfil, distancia de visibilidad, anchura de pavimento, carriles auxiliares, sobreelevación, isletas, etc. para tenerlas en cuenta en la adaptabilidad del proyecto

d) Capacidad

- Análisis de capacidad en cada alternativa y comparación con el pronóstico de volúmenes de tránsito. (Donde los costos no difieren mucho, son preferidos los proyectos que proporcionan capacidades en exceso de los volúmenes horarios de proyecto).

e) Características operacionales

- Consideración del posible comportamiento del conductor y funcionamiento del tránsito

- Consideración de los efectos de convergencia, divergencia, cruces y movimientos mezclados
- Observación de las relaciones capacidad a volúmenes de tránsito para el tipo de cooperación, velocidades probables, interferencia y demora, localización, proximidad, etc.
- Observación de la secuencia de entradas y salidas para determinar los aspectos que tienen en la operación, las trayectorias a seguir y considerar si la intersección puede ser señalizada en forma efectiva
- Evaluar el aspecto seguridad.

f) **Sostenimiento del tránsito durante la construcción**

- Estudiar la manera de sostener el tránsito durante la construcción en cada proyecto alterno, para definir si es necesaria la construcción de un desvío
- Determinar hasta que grado afecta a la construcción el no construir desviaciones para el tránsito.

g) **Desarrollo por etapas**

- Si el proyecto se va a realizar por etapas, examinar la adaptabilidad de las distintas alternativas a las etapas de construcción

2.- **Cálculo del costo de las mejoras y de los costos de conservación**

- a) Estimar los costos para cada proyecto preliminar en el que se incluyen los conceptos más importantes: Adquisición del derecho de vía, desmonte y despalle, terracerías, pavimentación, drenaje, estructuras, señalamiento y el costo del sostenimiento del tránsito durante la construcción. Determinar estos costos en forma estimativa con costos unitarios y cantidades aproximadas.

- b) Estimar los costos anuales de conservación para cada alternativa.

3.-Cálculo de los costos de operación

- a) Cálculo de los costos de los usuarios, considerando el volumen de tránsito, la longitud recorrida y el costo unitario por Km. para cada movimiento separado, a través o dentro del área entre límites comunes para cada proyecto alterno.
- b) Comparación de alternativas, con las relaciones de beneficios a los usuarios del camino por reducciones en costos de operación a desembolsos de capital. (Relación beneficios-costos).

4.- Análisis de conjunto o evaluación para determinar el plan preferido

El paso final para escoger el plan preferido entre dos o más alternativas, es un análisis de conjunto o evaluación de las comparaciones hechas para cada una de las características de los diferentes detalles estudiados y una expresión total de la calificación combinada para cada plan alterno. Una guía conveniente es una tabulación dentro de la que cada comparación referente a una partida o característica, esta expresada para cada plan alterno por una calificación relativa como A (el mejor con respecto a la partida en comparación), B (el siguiente mejor), C (menos deseable que B), etc.

En la mayoría de los casos, el examen objetivo y la asignación de calificaciones a las características de cada plan alterno, guiarán al proyectista hacia conclusiones imparcialmente positivas.

La conclusión a que se llegó por el procedimiento analítico anterior, puede no siempre indicar por sí mismo el plan a escoger. Además, el fallo debe ser combinado con el conocimiento de limitaciones de recursos para llegar a una conclusión final. Hay además el factor de factibilidad y los aspectos intangibles que se mencionaron previamente. El proyecto final seleccionado, algunas veces no es ingenierilmente el mejor de los proyectos estudiados, pero es el más práctico de los proyectos para el cual puede ser financiada la construcción.

2.3.1.3 RECOMENDACIONES PARA LA PRESENTACION DEL PROYECTO DEFINITIVO

El proyecto preliminar acompañado de perfiles, en gran parte es la solución gráfica, pero el diseño final es hecho por una serie de cálculos, desarrollo de detalles y preparación de proyectos y perfiles a escala y precisión conveniente para su interpretación. El desarrollo preliminar del proyecto en gran parte es una forma de ensayo de soluciones para el diseño final es la fijación progresiva de todos los detalles, en el grado requerido de exactitud para el diseño general ya establecido.

Para el proyecto definitivo, los planos deben mostrar en detalle el alineamiento horizontal y vertical, el proyecto de secciones de construcción, el movimiento de terracerías, los límites del derecho de vía y el señalamiento definitivo. Las cantidades de construcción son calculadas y las especificaciones de construcción, establecidas. Cabe hacer mención que los planos especificaciones y estimaciones necesariamente varían mucho con la escala, alcance y forma de presentación. A continuación se enumeran y describen brevemente los planos de que consta la entrega de un proyecto definitivo;

- 1) Planta General
- 2) Planta Constructiva Complementaria
- 3) Perfiles
- 4) Planta de Gálibos
- 5) Secciones de Construcción
- 6) Planta del Derecho de Vía
- 7) Planta de Señalamiento

1) Planta General.

La planta general del proyecto es el plano principal en el que se representa, a una escala apropiada (generalmente 1:500 ó 1:1,000), los datos necesarios para poder trazar en el campo los ejes de proyecto calculados de las diferentes ramas que componen el entronque. Se indican además las curvas de nivel y la planimetría del levantamiento de campo. La equidistancia de las curvas debe ser 0.50 m para plantas a escala 1:500 y de 1 metro para escalas 1:1000. Se complementa este plano indicando los datos generales tales como: la dirección del norte, la escala, los destinos de las ramas, el nombre del entronque etc. Se sugiere que se denomine a cada eje con letras en orden alfabético, indicando el principio y el final de cada eje con la misma letra y para distinguir el sentido del cadenamamiento poner en el extremo final la letra con apóstrofo. Para diferenciar los cadenamamientos de los diferentes ejes, se agrega al número la letra en minúscula que define cada rama.

Para elaborar esta planta, será menester realizar el cálculo de las curvas horizontales, definiendo sus puntos principales, tomando como base los radios o grados de curvatura especificados en el anteproyecto. Los ángulos,

rumbos, tangentes, subtangentes, longitudes de curva y deflexiones se deberán de determinar aplicando la trigonometría y la geometría analítica tratando de simplificar al máximo el problema.

Una vez calculados todos los ejes que en conjunto forman el entronque y a los cuales se referirá todo el proyecto, se procede a dibujarlos y además se indican los cadenamientos de los puntos principales de los elementos de cada ramal y las distancias que separan los ejes en sus puntos de liga.

2) Planta Constructiva Complementaria.

En esta planta se indican todos los datos que complementan el proyecto horizontal del entronque, como son los anchos de calzada y en los cadenamientos de los puntos de variación y de liga; también se indican las longitudes de las zonas de cambio de velocidad.

Esta planta sirve de guía al proyecto de las secciones de construcción, puesto que es en esta etapa donde se establecen, en la forma más adecuada, los límites entre los diferentes ramales para permitir el estudio de las sobreelevaciones.

En los límites de los ramales existen puntos que son comunes a dos o más ejes. Estos puntos deberán tener la misma elevación y serán los que rijan el proyecto de las sobreelevaciones. La identificación de estos puntos para cada ramal se hará con sus cadenamientos respectivos.

La finalidad principal de la planta constructiva complementaria es la indicar al constructor la forma en que variando el ancho de la corona, por lo que deberán indicarse estos y los cadenamientos donde empieza o termina

alguna variación. Asimismo, deben indicarse los anchos de acotamiento, las dimensiones de las isletas, los anchos de los carriles en las curvas y en las zonas de transición de velocidad, los radios pequeños para redondear las esquinas de las isletas y sus desplazamientos.

3) Perfiles.

Los perfiles se dibujan en papel milimétrico; se utilizan dos escalas diferentes, siendo la horizontal un múltiplo de diez respecto a la vertical. Es común utilizar las escalas 1:2,000 (horizontal) y 1:200 (vertical) ó 1:1,000 (horizontal) y 1:100 (vertical).

Son varias las razones para utilizar escalas diferentes en los sentidos vertical y horizontal: ayuda a establecer con más exactitud las pendientes de las rasantes que, como valor máximo, suelen tomar valores del 6%; se define con más precisión el perfil de los cauces y con ello se ubican con seguridad las obras de drenaje.

En el dibujo del alineamiento vertical se indican los puntos de inflexión vertical (PIV), su elevación y la estación donde se localizan; se dibujan las rasantes indicando su pendiente y su longitud en tangente; de acuerdo con el cálculo de la curva vertical, se indican los puntos de comienzo (PCV) y los puntos de término (PTV), así como el trazo de la curva.

En este plano se indica el cademamiento de cada eje con su respectiva cota de terreno y de rasante e subrasante, según sea el caso. Al tener estas dos cotas, se indica también el valor del corte o terraplén que se presentará en cada estación.

También se dibuja la localización de los bancos de nivel y sus referencias de campo.

Los datos de geotecnia se especifican según las estaciones que abarquen. Se escriben las características del tramo según los estudios que se hayan realizado en campo.

Este plano se suele complementar con los diagramas de masas que resultan en el estudio de optimización e -
conómicos del movimiento de terracerías.

4) Planta de Gálidos.

En el caso de intersecciones a desnivel, la estructura del puente debe cumplir en todos sus puntos con la altura mínima libre de diseño.

Dada la importancia que tiene el construir los ca-
minos que se intersectan dejando dicho espacio libre, se elabora un plano a una escala más grande (1:100 normal -
mente) donde se muestran con detalle tanto las cotas de los ejes que se cruzan y las dimensiones de cada camino como las cotas de los puntos donde se intersectan todas las líneas que los definen. Al definir las rasantes de estos caminos se debe revisar la magnitud del gálibo tomando en cuenta el bombeo y/o la sobreelevación de los mismos para considerar las elevaciones reales.

En un primer cálculo se determina el punto o puntos críticos que cumplen con la altura especificada y posteriormente se ajustan las rasantes (tanto la superior como la inferior, según convenga) hasta encontrar la altura en dichos puntos. Las cotas así calculadas en la zona del gálibo son puntos obligados de las rasantes que se intersectan y los cumles deben ser considerados al definirlos.

5) Secciones de Construcción.

La presentación de las secciones de construcción se hace normalmente en papel milimétrico a escala 1:100 vertical y horizontalmente. Este plano consta del dibujo del terreno natural y el proyecto de secciones. En el papel milimétrico se dibuja el perfil transversal del terreno de cada sección. Se indican el cadenamamiento de la sección y la posición del eje del trazo que en estos casos, viene siendo un punto. Este dato es de suma importancia ya que, en los proyectos de los entronques, la posición del trazo puede ir al centro del camino o en alguno de sus hombros. Es recomendable que las secciones sean levantadas en campo y para esto, es necesario haber trazado los ejes del entronque.

Los datos que se indican en cada sección de proyecto son los siguientes: elevación de la rasante (cuando se trate de ampliaciones en caminos existentes) o subrasante (cuando se trate de caminos nuevos); sobreelevación y ampliación, en el caso de que la sección se encuentre en una curva; pendiente de bombeo, si la sección es en tangente; ancho de la corona o en su defecto, la subcorona y la magnitud de los taludes en corte y terraplén.

Cuando se presente el caso en que dos ramales se unen o separan, es importante indicar la forma en que se irá haciendo éste desarrollo.

Cuando se presenta el caso de ampliar alguno de los caminos, además de indicar en el dibujo de las secciones de construcción los datos mencionados, se debe incluir la forma de ligar las terracerías de proyecto con las existentes; esto normalmente se soluciona con los escalones de liga. El plano de las secciones de construcción se complementa con los datos que serán necesarios para el cálculo de la curva masa. Estos datos son las áreas transversales de las distintas capas que forman la sección.

6) Planta del Derecho de Vía.

En esta planta se indican los límites del derecho de vía ya adquirido por los caminos existentes y el derecho de vía adicional que se debe adquirir para la construcción del entronque. Se debe cuidar que el nuevo límite evite la posibilidad de que alguna construcción limite la visibilidad en las curvas. Se cuantifica el derecho de vía por adquirir obteniendo el a rea total.

7) Planta de Señalamiento.

En un plano que contenga la planta general se dibujan, fuera de escala, las señales que se consideren necesarias según el entronque particular que se presente. En este plano se indica la posición y acotación de la señal dentro del entronque; el tipo de señal (preventiva, restrictiva o informativa); las dimensiones de la misma (según la velocidad de proyecto); las leyendas que deban llevar si así lo amerita. También se indican a escala, la posición de las marcas que se pintarán sobre el pavimento para mostrar la división de carriles y las flechas y los letreros que se pintarán sobre el pavimento. Finalmente se deben indicar los lugares donde se construirán guarniciones o se colocarán defensas. Es conveniente anexar en esta planta un cuadro resumen indicando el número de señales con sus respectivas claves y dimensiones.

2.3.2 PRINCIPIOS FUNDAMENTALES PARA EL PROYECTO DE UNA INTERSECCION.

2.3.2.1 CURVAS EN LAS INTERSECCIONES.

Proyectos mínimos para velocidades de 25 Km/hr.

Cuando es necesario proyectar curvas en un espacio mínimo, tal como sucede en intersecciones sin canalizar, en zonas rurales, donde el volumen de tránsito es muy bajo se aplican las trayectorias mínimas de vueltas correspondientes a los vehículos de proyecto.

Se han establecido cuatro tipos de vehículos de proyecto, el vehículo (DE-335) que representa a los automóviles, el (DE-610) a los camiones sencillos y autobuses, el (DE-1220) a los camiones semiremolques medianos y el (DE-1525) a los camiones semiremolques grandes.

En la tabla 2.2 se indican los radios mínimos que se recomiendan para cada vehículo de proyecto, para diferentes ángulos de vuelta.

Cuando en una intersección, se proyecta la orilla interior de una curva, para que circulen camiones semiremolques DE-1220 ó DE-1525 ó donde el proyecto permita a los automóviles dar vuelta a velocidades de 25 Km/hr o mayores; el área pavimentada puede llegar a ser excesivamente grande, sin un control adecuado del tránsito. Para evitar esto, se deben proyectar isletas canalizadoras.

Estas isletas no deben ser muy pequeñas y su tamaño determina el proyecto de la curva. La isleta más pequeña debe tener una superficie de 4.5 metros cuadrados y preferible de 7.0 metros cuadrados y sus lados, después de redondear las esquinas, no deben ser menores de 2.50 metros y preferible de 3.50 metros, si son triangulares. Cuando

VEHICULO DE PROYECTO	DEFLEXION grados	RADIO DE LA CURVA SIMPLE metros	CURVAS COMPUESTAS SIMETRICAS		CURVAS COMPUESTAS ASIMETRICAS	
			RADIO	DESPLAZA MIENTO	RADIO	DESPLAZA MIENTO
			metros	metros	metros	metros
DE - 335	30	18.25	-----	-----	-----	-----
DE - 610		30.25	-----	-----	-----	-----
DE - 1220		45.75	-----	-----	-----	-----
DE - 1525		60.25	-----	-----	-----	-----
DE - 335	45	15.25	-----	-----	-----	-----
DE - 610		23.00	-----	-----	-----	-----
DE - 1220		36.75	-----	-----	-----	-----
DE - 1525		52.00	61.00-30.00-80.00	0.90	-----	-----
DE - 335	60	12.25	-----	-----	-----	-----
DE - 610		18.25	-----	-----	-----	-----
DE - 1220		28.00	-----	-----	-----	-----
DE - 1525		-----	61.00-23.00-81.00	1.70	61.00-23.00-84.00	0.60-185
DE - 335	75	11.00	30.00-7.50-30.00	0.60	-----	-----
DE - 610		16.75	36.00-13.50-36.00	0.60	-----	-----
DE - 1220		26.00	36.00-13.50-36.00	1.55	36.00-13.50-60.00	0.60-200
DE - 1525		-----	45.00-19.00-45.00	1.85	45.00-19.00-67.50	0.60-305
DE - 335	90	9.25	30.00-6.00-30.00	0.75	-----	-----
DE - 610		15.25	36.00-12.00-36.00	0.60	-----	-----
DE - 1220		-----	36.00-12.00-36.00	1.30	36.00-12.00-60.00	0.60-180
DE - 1525		-----	54.00-18.00-54.00	1.80	36.00-12.00-60.00	0.60-300
DE - 335	105	-----	30.00-6.00-30.00	0.75	-----	-----
DE - 610		-----	30.00-10.50-30.00	0.90	-----	-----
DE - 1220		-----	30.00-10.50-30.00	1.55	30.00-10.50-60.00	0.60-245
DE - 1525		-----	56.00-14.00-56.00	2.45	45.00-12.00-63.00	0.60-305
DE - 335	120	-----	30.00-6.00-30.00	0.60	-----	-----
DE - 610		-----	30.00-9.00-30.00	0.90	-----	-----
DE - 1220		-----	36.00-9.00-36.00	1.85	30.00-9.00-34.00	0.60-275
DE - 1525		-----	54.00-12.00-54.00	2.60	46.00-10.75-67.50	0.60-365
DE - 335	135	-----	30.00-6.00-30.00	0.45	-----	-----
DE - 610		-----	30.00-9.00-30.00	1.20	-----	-----
DE - 1220		-----	36.00-9.00-36.00	2.00	30.00-7.50-54.00	0.60-275
DE - 1525		-----	48.00-10.50-48.00	2.75	39.00-9.00-55.50	0.90-425
DE - 335	150	-----	23.00-5.50-23.00	0.60	-----	-----
DE - 610		-----	30.00-9.00-30.00	1.20	-----	-----
DE - 1220		-----	36.00-9.00-36.00	1.85	27.00-7.50-48.00	0.90-335
DE - 1525		-----	48.00-10.50-48.00	2.15	36.00-9.00-54.00	0.90-425
DE - 335	180	-----	15.00-4.50-15.00	0.15	-----	-----
DE - 610		-----	30.00-9.00-30.00	0.45	-----	-----
DE - 1220		-----	30.00-6.00-30.00	2.90	23.50-6.00-45.00	1.85-395
DE - 1525		-----	36.50-7.50-36.50	2.90	30.00-7.50-54.00	1.65-395

Tabla 2.2. Radios para el diseño mínimo de intersecciones.

son alargadas deben tener un ancho mínimo de 1.20 metros y de 3.50 a 6.00 metros de longitud por lo menos. Cuando no sea posible hacerlas más anchas, las isletas alargadas deben tener al menos 0.50 metros de ancho. Las isletas divisorias de carreteras de alta velocidad deben tener por lo menos 30 metros de largo y preferible varias veces esa dimensión.

En la fig. 2.16 se ilustran las trayectorias de vuelta derecha a 90 grados de los vehículos de proyecto DE-335, DE-610, DE-1525 y la posición de las isletas.

Cuando las isletas tienen las dimensiones mínimas, deben proveerse de guarniciones, las cuales en las zonas rurales deberán ser achaflanadas para hacerlas menos peligrosas al tránsito de frente y para permitir mayor libertad en la operación de los vehículos grandes tal como se ilustra en la fig. 2.17.

En la tabla 2.3 se indican las dimensiones mínimas para vueltas en ángulo recto y oblicuo con isleta en la esquina. Para una intersección particular el proyectista debe escoger entre los tres tipos de proyecto de acuerdo con el tamaño de los vehículos, el volumen horario de proyecto y las restricciones físicas del lugar.

Para proyectos mínimos cuyas velocidades sean mayores de 25 Km/hr será preciso proporcionar radios mayores y sobreelevaciones adecuadas. Vease tabla 2.4.

2.3.2.2 TRANSICIONES Y CURVAS COMPUESTAS.

Los conductores que dan vuelta en las intersecciones a nivel y desnivel, siguen una trayectoria de transición.

Cuando no se proyectan las curvas adecuadamente para

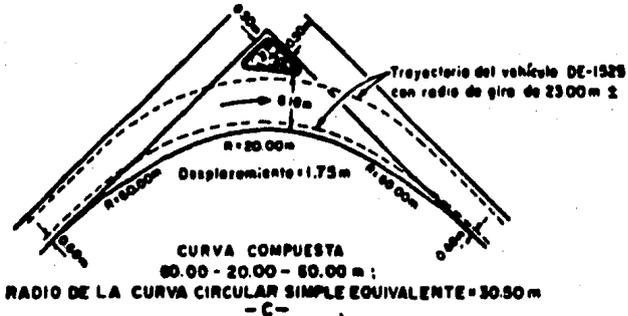
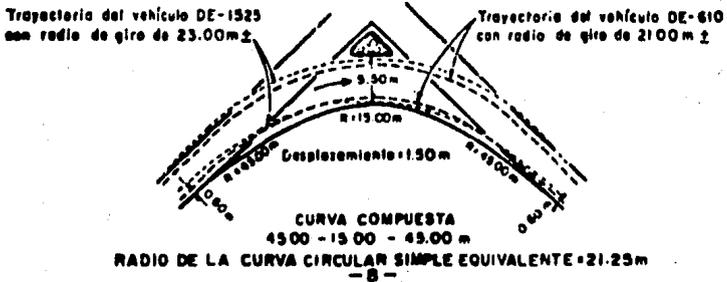
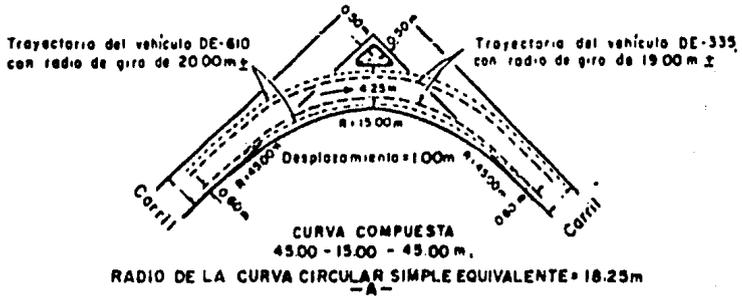


Figura 2.16. Diseño mínimo de enlaces en curva para vueltas a la derecha a 90°.

DEFLEXION	N TIPO DE PROYECTO	CURVAS COMPUESTAS		ANCHO DE LA CALZADA (metros)	TAMAÑO APROXIMADO DE LA ISLETA (metros cuadrados)
		RADIOS (metros)	DESPLAZAMIENTO (metros)		
75	A	46.00 - 23.00 - 46.00	1.05	4.25	5.50
	B	46.00 - 23.00 - 46.00	1.50	5.50	4.60
	C	45.00 - 27.50 - 45.00	1.05	6.10	4.60
90 +	A	45.00 - 15.00 - 45.00	1.00	4.25	4.60
	B	45.00 - 15.00 - 45.00	1.50	5.50	7.40
	C	54.00 - 19.50 - 54.00	1.75	6.10	11.60
105	A	36.00 - 12.00 - 36.00	0.60	4.55	6.50
	B	30.00 - 10.50 - 30.00	1.50	6.70	4.60
	C	56.00 - 14.00 - 56.00	2.45	9.15	5.60
120	A	30.00 - 9.00 - 30.00	0.75	4.90	11.10
	B	30.00 - 9.00 - 30.00	1.50	7.30	8.40
	C	54.00 - 12.00 - 54.00	2.60	10.35	20.40
135	A	30.00 - 9.00 - 30.00	0.75	4.90	42.70
	B	30.00 - 9.00 - 30.00	1.50	7.90	34.40
	C	48.00 - 10.50 - 48.00	2.75	10.65	60.00
150	A	30.00 - 9.00 - 30.00	0.75	4.90	130.00
	B	30.00 - 9.00 - 30.00	1.85	9.15	110.00
	C	48.00 10.50 48.00	2.15	11.60	160.00

+ Se ilustra en la figura

- A.- Principalmente vehículos ligeros; permitiendo ocasionalmente diseños para el vehículo DE-610 con espacios restringidos para dar vuelta.
- B.- Provisto adecuadamente para el vehículo DE-610; ocasionalmente permite al DE-1525 girar invadiendo ligeramente los carriles de tránsito adyacentes.
- C.- Provisto exclusivamente para el vehículo DE-1525

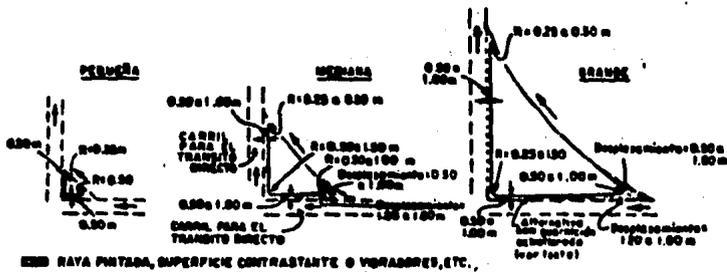
NOTA: Pueden usarse curvas compuestas, asimétricas y transiciones rectas con una curva circular simple, sin alterar significativamente el ancho de la calzada o el tamaño de la isleta.

Tabla 2.3. Radios para el diseño mínimo de enlaces.

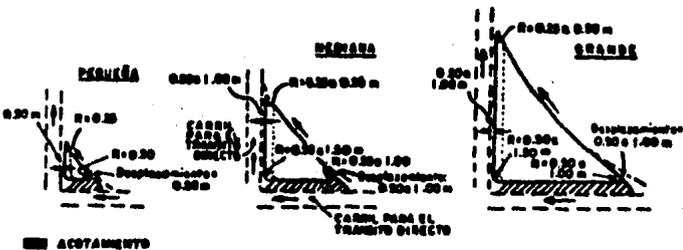
Velocidad de proyecto km/h	25	30	40	50	60	70
Coefficiente de fricción lateral (μ)	0.32	0.27	0.23	0.20	0.17	0.15
Sobreelevación (s)	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10
Total $s + \mu$	0.32	0.29	0.27	0.26	0.25	0.25
Radio mínimo calculado (R), metros	15.33	24.36	46.52	75.48	113.40	153.86
Valores para proyecto						
Radio mínimo, metros	15	24	47	75	113	154
Grado máximo de curvatura	-	48	24	15	10	8

NOTA: Para velocidades de proyecto de 70 km/h o mayores, úsense valores para condiciones de camino abierto.

Tabla 2.4. Radios mínimos para curvas en intersecciones.



ISLETAS CON GUARNICION - SIN ACOTAMIENTO



ISLETAS CON GUARNICION - CON ACOTAMIENTO

Figura 2.17. Diseño de isletas triangulares.

hacerlo en esta forma, muchos conductores invadirán el carril-adyacente o el acotamiento. Lo mejor para ajustarse a estas trayectorias, son las curvas espirales o de transición, las cuales deben insertarse entre la tangente y el arco circular o bien entre dos arcos circulares de radios distintos. También se pueden emplear en estas transiciones, curvas circulares compuestas.

1.- Longitud de las espirales

En la tabla 2.5 se indican las longitudes mínimas de las espirales. Estas longitudes mínimas son para los radios mínimos correspondientes a la velocidad de pro - yecto. Las espirales se pueden emplear también entre dos arcos circulares de diferente radio. En este caso la lon - gitud de la espiral puede obtenerse de la tabla 2.5, u - sando un radio equivalente a la diferencia de los grados de curvatura de los arcos.

En las curvas compuestas de las intersecciones en donde uno de los radios tiene una relación mayor de 2, con respecto al otro, debe colocarse una espiral o una curva circular de radio intermedio. Si en el cálculo de la longitud de la espiral resulta menor de 30 metros, se recomienda una longitud mínima de 30 metros.

2.- Curvas circulares compuestas

En las curvas compuestas de caminos abiertos gene - ralmente se acepta que la relación de las dimensiones de los radios no exceda de 1.5. En curvas compuestas en intersecciones se aceptan cambios con relación máxi - ma de 2, siendo deseable una relación de 1.75.

Cuando la relación de las dimensiones de los radios es mayor de 2, debe intercalarse entre las dos curvas

una curva espiral de longitud adecuada o un arco de círculo de radio intermedio. En el caso de las trayectorias mínimas de giro de los vehículos de proyecto, no es recomendable aplicar estos límites.

Las curvas compuestas no deben ser cortas, ya que se pierde su efecto en la operación de los vehículos. Deben tener la suficiente longitud para permitir al conductor desacelerar gradualmente. En la tabla 2.6 se indican estas longitudes mínimas.

3.- Aplicación de las transiciones en entradas y salidas de los ramales de una intersección

Una parte importante en el proyecto de las intersecciones es proyectar adecuadamente las entradas y las salidas de los ramales de enlace de una intersección. Resulta una operación fácil y cómoda para los conductores cuando se proyectan curvas espirales o compuestas con las formas y longitudes adecuadas. Con lo anterior se evitan desaceleraciones bruscas de los vehículos, antes de que salgan de la carretera; permitiendo además una transición gradual de la sobreelevación. En las figuras 2.18 y 2.19 se ilustran varios tipos de transiciones a la salida de una carretera, para velocidades de proyecto en la curva de 30 y 50 Km/hr, respectivamente. Conforme aumenta el desplazamiento "p" en la curva, con respecto a la orilla de la carretera, resultan salidas más suaves y adecuadas.

Cuando la intersección sea canalizada, el proyectista debe tratar de elegir los tipos de salida de las figs. 2.18E y 2.18F, especialmente cuando el volumen de tránsito es intenso y consiste en vehículos pesados. Cuando no sea posible aplicar estos proyectos, deben emplearse alineamientos semejantes a las figs. 2.18C y 2.18D.

Velocidades de proyecto en la curva, en km/h	25	30	40	50	60	70
Radio mínimo, en m	15.0	24.0	47.0	76.0	113.0	154.0
C supuesto, en m/seg ²	1.30	1.25	1.15	1.05	0.95	0.85
Longitud de espiral calculada, en m	17.2	19.3	25.4	33.6	43.1	56.2
Longitud mínima de espiral recomendable, en m	17	19	25	34	43	56
Desplazamiento de la curva circular respecto a la tangente, en m	0.81	0.64	0.57	0.62	0.68	0.85

Nota. Las longitudes de las espirales se determinan de la misma manera que para camino abierto.

Tabla 2.5. Longitudes mínimas de espirales para curvas de intersecciones.

Radio, m	30	45	60	75	90	120	150 o más
Longitud del arco circular:							
Mínima, m	12	15	18	24	30	36	42
Deseable, m	18	21	27	36	42	54	60

Tabla 2.6. Longitud de arcos circulares de una curva compuesta cuando está seguida de una curva de radio igual a la mitad o precedida de una curva de radio i gual al doble.

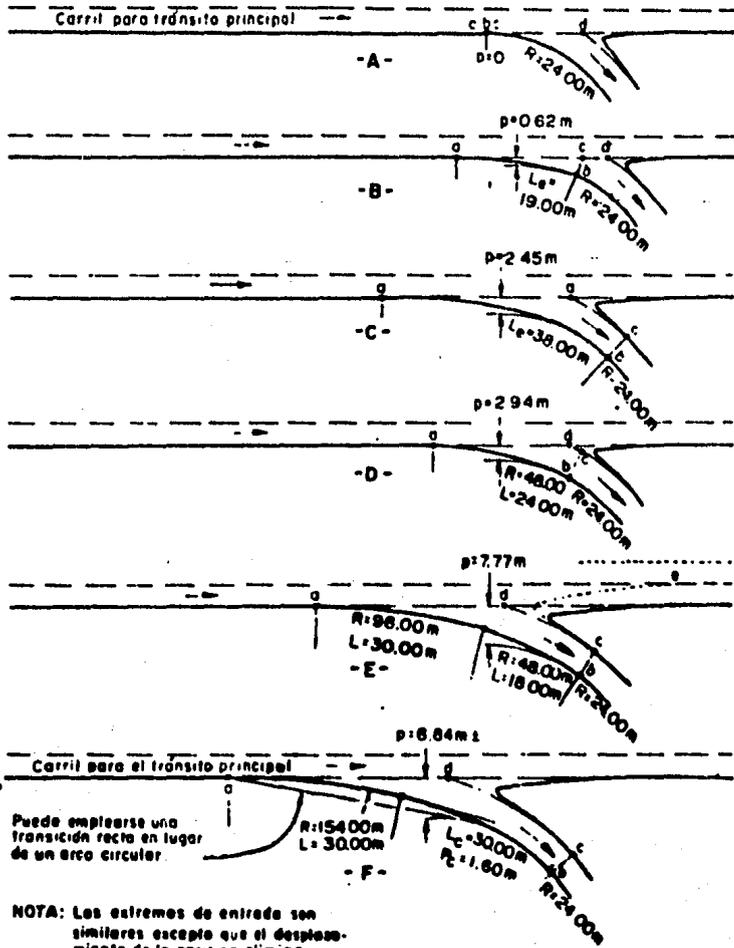
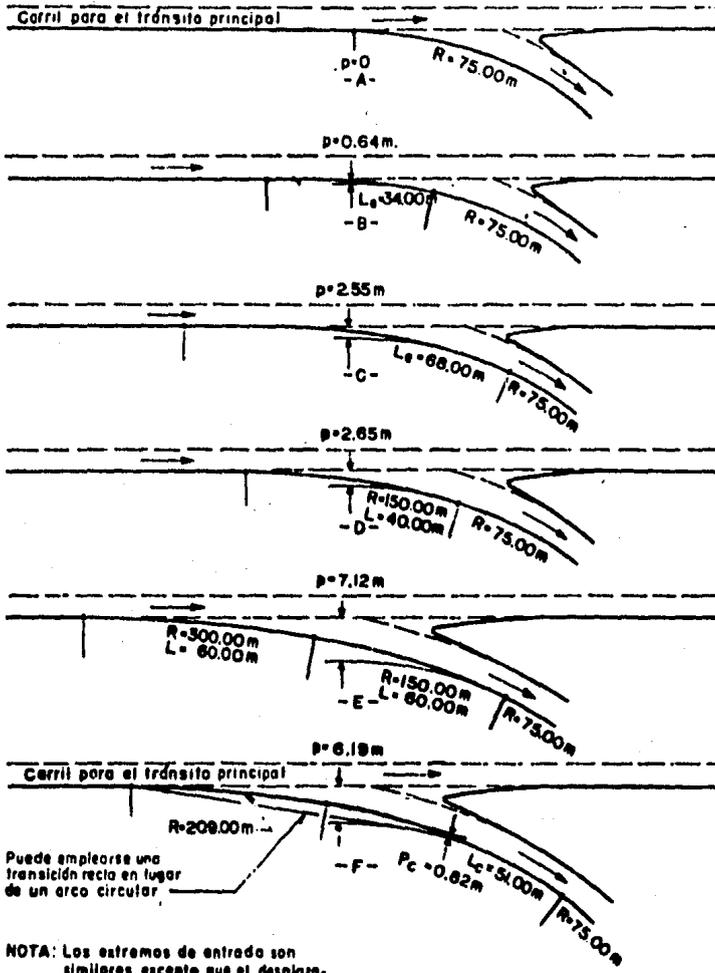


Figura 2.18. Transiciones en los extremos de los enlaces. Diseños para 30 Km/h.



NOTA: Los extremos de entrada son similares excepto que el desplazamiento de la nariz se elimina.

Figura 2.19. Transiciones en los extremos de los enlaces. Diseños para 50 Km/h.

Un proyecto con un solo arco circular como el de la fig. 2.18A, debe de evitarse.

En las figs. 2.18 y 2.19 se ilustran las salidas a los ramales; de igual forma se pueden aplicar proyectos semejantes para las entradas. En estos proyectos se supone que los cambios de velocidad o parte de ellos, tiene lugar en el carril de la carretera. Cuando se tengan carriles de desaceleración o aceleración, también son aplicables estas transiciones, tal como se muestran en la fig. 2.18E con rayas discontinuas cortas.

2.3.2.3 ANCHO DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO EN LOS RAMALES DE LAS INTERSECCIONES.

Los anchos de corona y de superficie de rodamiento de los ramales de una intersección están gobernados por el tipo y el número de vehículos que van a circular por ellos y pueden ser de uno o de dos sentidos de circulación, dependiendo del tipo de intersección. Los anchos de la superficie de rodamiento para los ramales, se clasifican de acuerdo con los tipos de operación siguientes:

Caso I .- Un carril, operación en un sentido, sin espacio para rebasar

Caso II.- Un carril, operación en un sentido, con espacio para rebasar un vehículo estacionado

Caso III.- Dos carriles de operación, en uno o dos sentidos de circulación

En la tabla 2.7 se indican estos anchos de acuerdo con el tipo de operación y el vehículo de proyecto.

2.3.2.4 CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD.

Cuando los conductores desaceleran o aceleran inadecuadamente al salir de una carretera o al entrar en ella

R	ANCHO DE CALZADA EN METROS								
	CASO I			CASO II			CASO III		
	Operación en un sólo sentido, con un sólo carril y sin previsión para el rebase.			Operación en un sólo sentido, con un sólo carril y con previsión para el rebase a vehículos estacionados.			Operación en uno o dos sentidos de circulación, y con dos carriles.		
	CONDICION DE TRANSITO								
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15.00	5.50	5.50	7.00	7.00	7.50	6.75	9.50	10.75	12.75
25.00	5.00	5.25	5.75	6.50	7.00	8.25	8.75	10.00	11.25
31.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.75	7.50	6.50	9.50	10.75
46.00	4.25	5.00	5.25	5.75	6.50	7.25	6.25	9.25	10.00
61.00	4.00	5.00	5.00	5.75	6.50	7.00	6.25	6.75	9.50
91.00	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.75	6.00	6.50	9.25
122.00	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.75	6.00	6.50	6.75
152.00	3.75	4.50	4.50	5.50	6.00	6.75	6.00	6.50	6.75
Tangente	3.75	4.50	4.50	5.25	5.75	6.50	7.50	8.25	8.25

Modificaciones al ancho de acuerdo con el tratamiento de los orillos de la calzada.			
Guarnición estacionada	NINGUNA	NINGUNA	NINGUNA
Guarnición vertical	Aumentar 0.30 m	NINGUNA	Aumentar 0.30 m
Un lado	Aumentar 0.60 m	Aumentar 0.30 m	Aumentar 0.60 m
Des lados			
Acotamiento, en uno o en ambos lados.	NINGUNA	Restar el ancho del acotamiento; Ancho mínimo de la calzada el del Caso I	Cuando el acotamiento sea de 1.20 m o mayor, reducir 0.60 m

Tabla 2.7. Ancho de calzada en los enlaces.

se interrumpe la corriente de tránsito y a menudo con peligro de accidentes. Para evitar o disminuir estas maniobras de operación inconvenientes en las intersecciones, se construyen carriles de cambio de velocidad, principalmente en carreteras de alta velocidad o altos volúmenes horarios de proyecto. En las figs. 2.20A, B y C se ilustran tres dispositivos de carriles de desaceleración. El 2.20A se deberá eliminar ya que el triángulo, en el extremo izquierdo no es usado por los conductores. En las figs. 2.20D y E se ilustran dos formas de carriles de aceleración. Para volúmenes de tránsito alto en la carretera principal es preferible elegir el dispositivo de la 2.20D y para volúmenes relativamente bajos en la carretera principal, los vehículos que entran en ella siguen, generalmente una trayectoria recta tal como se ilustra en la fig. 2.20E.

El ancho de los carriles de las figs. 2.20B y D, debe ser de 3.65 metros y no menor de 3.35 m. Los carriles tipo direccional de las figs. 2.20C y 2.20E no tienen un ancho definido.

La longitud de los carriles de cambio de velocidad, depende de la velocidad de los vehículos en la carretera principal y la velocidad con que se transite en la curva del ramal de la intersección. En la tabla 2.8 se indican las longitudes con pendientes longitudinales a nivel o menores del 2%. En la tabla 2.9 se indican las correcciones cuando se tienen pendientes longitudinales mayores del 2%.

2.3.2.5 SOBREELEVACION PARA LAS CURVAS EN LOS ENTRONQUES

En las curvas en los entronques las sobreelevaciones máximas se determinan haciendo uso de los mismos factores generales que se aplican al camino abierto. Ver tabla 2.4.

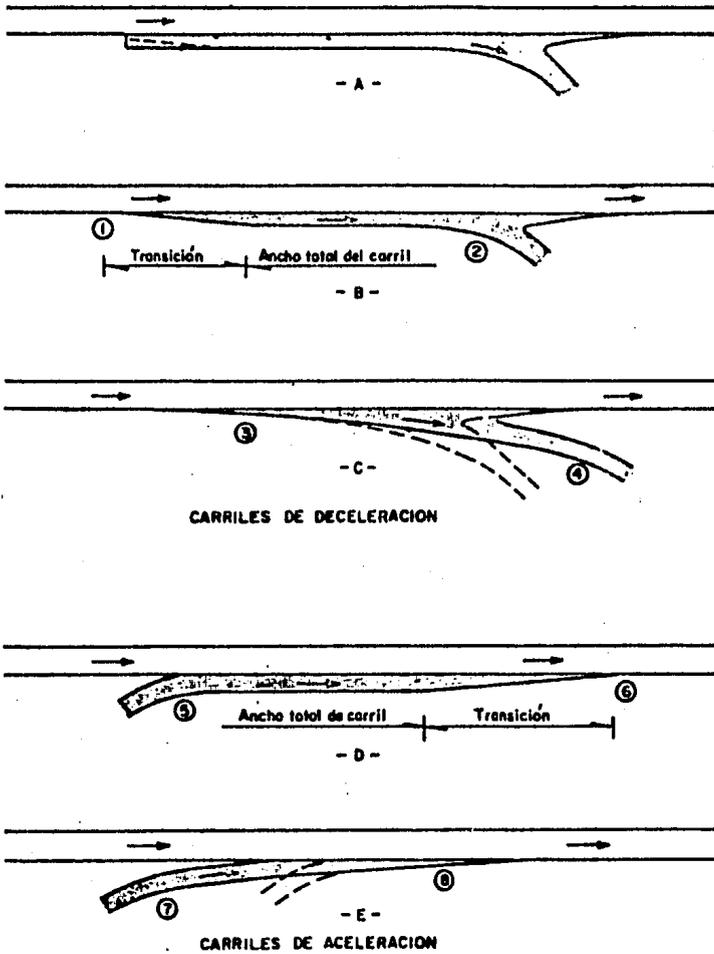


Figura 2.20. Formas de carriles de cambio de velocidad.

Velocidad de proyecto en el enlace, km/h	Condición de parada	25	30	40	50	60	70	80
Radio mínimo de curva, metros.		15	24	45	75	113	154	209

Velocidad de proyecto de la carretera, km/h	Longitud de la transición, en metros.	Longitud total del carril de DECELERACION, incluyendo la transición, en metros							
50	45	64	45	—	—	—	—	—	—
60	54	100	85	80	70	—	—	—	—
70	61	110	105	100	90	75	—	—	—
80	69	130	125	120	110	95	85	—	—
90	77	150	145	140	130	115	105	80	—
100	84	170	160	160	145	135	125	100	—
110	90	185	175	175	160	150	140	120	100

Velocidad de proyecto de la carretera, km/h	Longitud de la transición, en metros.	Longitud total del carril de ACELERACION, incluyendo la transición, en metros.							
50	45	170	45	—	—	—	—	—	—
60	54	110	85	75	—	—	—	—	—
70	61	160	135	125	100	—	—	—	—
80	69	230	125	190	170	125	—	—	—
90	77	315	300	285	255	205	160	—	—
100	84	405	395	380	350	295	240	160	—
110	90	470	465	455	425	375	325	260	180

Tabla 2.8. Longitud de los carriles de cambio de velocidad.

CARRILES DE DESELERACION								
VELOCIDAD DE PROYECTO DE LA CARRETERA, EN km/h	RELACION DE LA LONGITUD EN PENDIENTE A LA LONGITUD A NIVEL PARA:							
TODAS	EN PENDIENTE ASCENDENTE DEL 3 AL 4% 0.9				EN PENDIENTE DESCENDENTE DEL 3 AL 4% 1.2			
TODAS	EN PENDIENTE ASCENDENTE DEL 5 AL 6% 0.8				EN PENDIENTE DESCENDENTE DEL 5 AL 6% 1.35			
CARRILES DE ACELERACION								
VELOCIDAD DE PROYECTO DE LA CARRETERA, EN km/h	RELACION DE LA LONGITUD EN PENDIENTE A LA LONGITUD A NIVEL PARA VELOCIDAD DE PROYECTO EN EL ENLACE, EN km/h							
	25	30	40	50	60	70	80	PARA TODAS LAS VELOCIDADES
	EN PENDIENTE ASCENDENTE DEL 3 AL 4%							EN PENDIENTE DESCENDENTE DEL 3 AL 4%
30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	0.70
60	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.40	0.70
70	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.40	1.40	0.70
80	1.30	1.30	1.30	1.40	1.40	1.40	1.50	0.70
90	1.30	1.30	1.40	1.40	1.50	1.50	1.60	0.80
100	1.40	1.40	1.50	1.50	1.50	1.60	1.60	0.80
110	1.40	1.50	1.50	1.60	1.60	1.70	1.60	0.80
	EN PENDIENTE ASCENDENTE DEL 5 AL 6%							EN PENDIENTE DESCENDENTE DEL 5 AL 6%
30	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.60	0.60
60	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.60	1.70	0.60
70	1.50	1.50	1.50	1.60	1.70	1.80	1.90	0.60
80	1.50	1.50	1.60	1.70	1.80	2.00	2.10	0.60
90	1.50	1.60	1.70	1.80	2.00	2.20	2.40	0.80
100	1.70	1.70	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	0.80
110	1.80	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80	0.80

NOTA: Los valores de esta tabla multiplicados por la longitud obtenida de la tabla 2.8 de la longitud del carril de cambio de velocidad en pendiente.

Tabla 2.9. Relación de la longitud en pendiente a la longitud a nivel para carriles de cambio de velocidad.

2.3.2.6 SOBREELEVACION PARA LAS CURVAS EN LOS ENLACES.

La tabla 2.10 muestra las sobreelevaciones en enlaces para las diferentes velocidades de proyecto, valores que fueron obtenidos de una manera muy similar a los del camino abierto. En la tabla se consideró una sobreelevación máxima del 12% y deberán preferirse los valores situados en la mitad superior o tercio superior del rango indicado. Una sobreelevación del 2% se considera mínima para efectos de drenaje. La forma de efectuar el cambio de la pendiente transversal se basa, principalmente, en la comodidad y la apariencia. La diferencia entre el perfil longitudinal del hombro de un camino abierto y el de su eje central, no debe ser mayor de 0.5% para velocidad de proyecto de 80 Km/hr y de 0.67% para 50 Km/hr, esto corresponde a un cambio en la sobreelevación de 2.7% y del 3.9%, respectivamente, por cada 20m de longitud; para enlaces puede emplearse hasta un 5.3% por cada estación de 20 m, para una velocidad de proyecto de 25 km/hr ó 30 Km/hr. En la tabla 2.11 se muestran estos valores.

2.3.2.7 DESARROLLO DE LA SOBREELEVACION EN LOS EXTREMOS DE LOS ENLACES.

Para el proyecto de una salida, los carriles para el tránsito pueden considerarse fijos en perfil y sobreelevación y a medida que el enlace se separa, la sobreelevación en la parte que se amplía del camino directo, puede variar en forma gradual. Al punto donde se separan las coronas del enlace y del camino directo, se le llama nariz.

El método para desarrollar la sobreelevación en los extremos de los enlaces se muestra en la fig. 2.21. Los criterios señalados e ilustrados en esta figura pueden aplicarse también para los extremos de entrada, haciendo

RADIO (m)	GRADO DE CURVATURA	RANGO DE LA SOBREELEVACION PARA CURVAS EN ENLACES CON VELOCIDAD DE PROYECTO DE:					
		25	30	40	50	60	70
15	76.4	0.02-0.12	—	—	—	—	—
25	45.8	0.02-0.07	0.02-0.12	—	—	—	—
45	25.5	0.02-0.05	0.02-0.08	0.04-0.12	—	—	—
70	16.4	0.02-0.04	0.02-0.08	0.03-0.08	0.06-0.12	—	—
95	12.1	0.02-0.03	0.02-0.04	0.03-0.06	0.05-0.09	0.08-0.12	—
130	8.8	0.02-0.03	0.02-0.03	0.03-0.05	0.04-0.07	0.06-0.09	0.09-0.10
180	6.4	0.02	0.02-0.03	0.02-0.04	0.03-0.05	0.05-0.07	0.07-0.09
300	3.8	0.02	0.02-0.03	0.02-0.03	0.03-0.04	0.04-0.05	0.05-0.04
450	2.5	0.02	0.02	0.02	0.02-0.03	0.03-0.04	0.04-0.05
600	1.9	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02-0.03	0.03-0.04
900	1.3	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02-0.03

NOTA: Debería preferirse los valores situados en la mitad superior o el tercio superior del rango indicado.

Tabla 2.10. Sobreelevaciones para curvas en enlaces.

Velocidad de proyecto km/h	25	30	40	50	60 o más
Variación de la sobreelevación					
Por estación de 20.00 m	0.053	0.053	0.046	0.038	0.032
Por 5.00 m de longitud	0.013	0.013	0.011	0.010	0.008

Tabla 2.11. Cambio de la sobreelevación en enlaces.

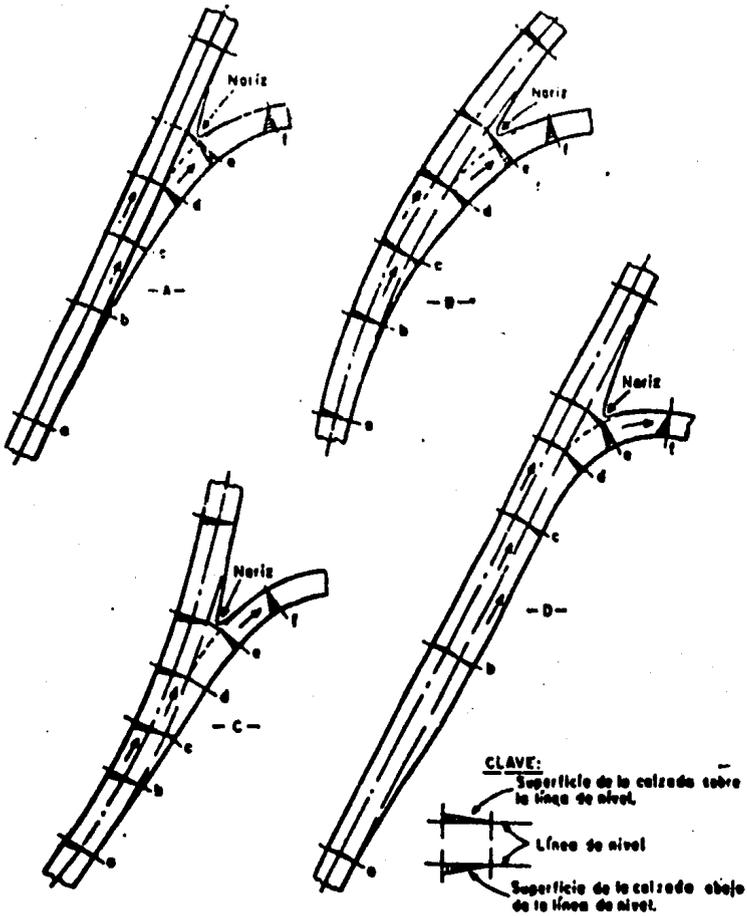


Figura 2.21. Desarrollo de la sobreelevación en los extremos de los enlaces.

Velocidad de proyecto en los extremos del enlace km/h	Diferencia algebraica máxima m por m
25 y 30	0.05 — 0.08
40 y 50	0.05 — 0.08
60 o más	0.04 — 0.05

Tabla 2.12. Diferencia algebraica máxima entre las pendientes de la sobreelevación.

notar que los detalles de la nariz son diferentes ya que en la convergencia el extremo final se localiza en el punto d .

2.3.2.8 CONTROL DE PASO SOBRE EL LOMO DE LA CORONA

Se llama lomo de la corona, a la línea formada por los cambios de sobreelevación en la calzada. Para controlar el paso por este lomo se obtiene la diferencia algebraica de los valores de la sobreelevación en ambos lados de él . Cuando las dos pendientes tienen el mismo signo, la diferencia algebraica es la suma de las dos pendientes y cuando tienen signo contrario es la diferencia de las pendientes de las sobreelevaciones. El valor deseable de esta diferencia algebraica oscila entre el 4% y el 5%, pero para velocidades bajas puede usarse un valor hasta el 8%. En la tabla 2.12 se indican las diferencias algebraicas máximas entre las pendientes de la sobreelevación para diferentes velocidades de proyecto en los extremos de los enlaces.

2.3.2.9 CARRILES EN EL CAMELLÓN CENTRAL PARA VUELTAS IZQUIERDAS.

Los carriles en el camellón central tienen la función de carriles de cambio de velocidad. Estos cambios de velocidad pueden ser desaceleración o aceleración. El ancho de estos carriles debe ser de cuando menos 3.05m y preferible de 3.65 m, cuando no tiene isleta divisoria. Cuando se tiene esta isleta, deben tener un ancho no menor de 3.65 m y preferible de 4.25 a 4.90 m.

Las longitudes de estos carriles se calculan de acuerdo con los datos de las tablas 2.8 y 2.9. Para los carriles de desaceleración a la longitud así calculada

se le sumará la longitud de los vehículos almacenados para dar vuelta izquierda de acuerdo con lo siguiente:

Vehículos por hora que dan vuelta izquierda	30	60	100	200	300
Longitud de almacena - miento requerido, m	7.60	15.20	30.40	53.20	76.00

En las figs. 2.22, 2.23 y 2.24 se ilustran estos carriles en el camellón central.

2.3.2.10 RADIOS MINIMOS PARA VUELTAS IZQUIERDAS.

Para trayectorias mínimas de vuelta a la izquierda con ángulo de giro cercano a 90 grados, los radios que más se aproximan a las rodadas de los vehículos de proyecto son los siguientes:

- R, 12.0 m .- Conveniente para vehículos de proyecto tipo DE-635 y ocasionalmente al tipo DE-610
- R, 15.0 m .- Adecuado a vehículos DE-610, y ocasionalmente al tipo DE-1220
- R, 23.0 m .- Adecuado para vehículos tipo DE-1220 y DE-1525.

En la fig. 2.25 se ilustran estos radios.

La punta de un camellón central con carril de vuelta izquierda, debe tener la forma de un semicírculo cuando se tengan anchos del camellón menores de 2.40 m. Para anchos mayores se recomienda la forma de punta de bala, con un radio en el extremo de 0.61 m.

La longitud mínima de abertura (letra L en las figs. 2.22, 2.23 y 2.24), entre dos puntos de un camellón debe

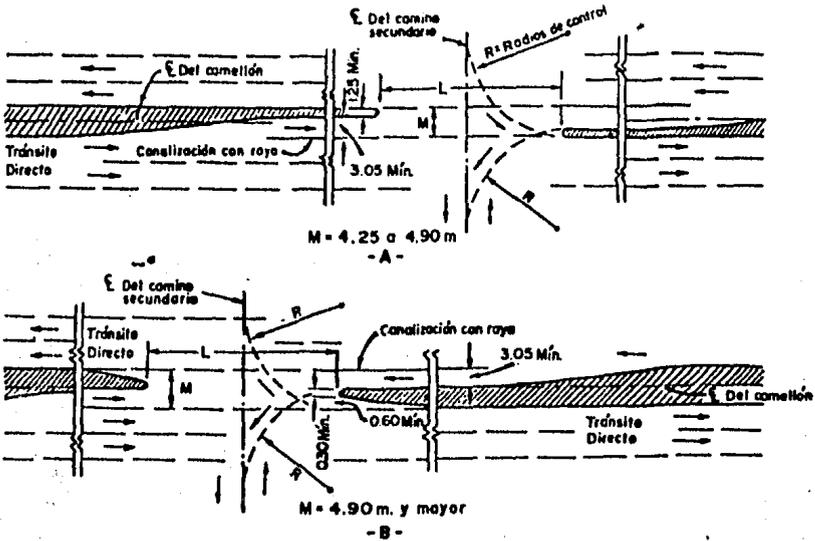


Figura 2.22. Proyectos de carril en el camellón central-mínimo.

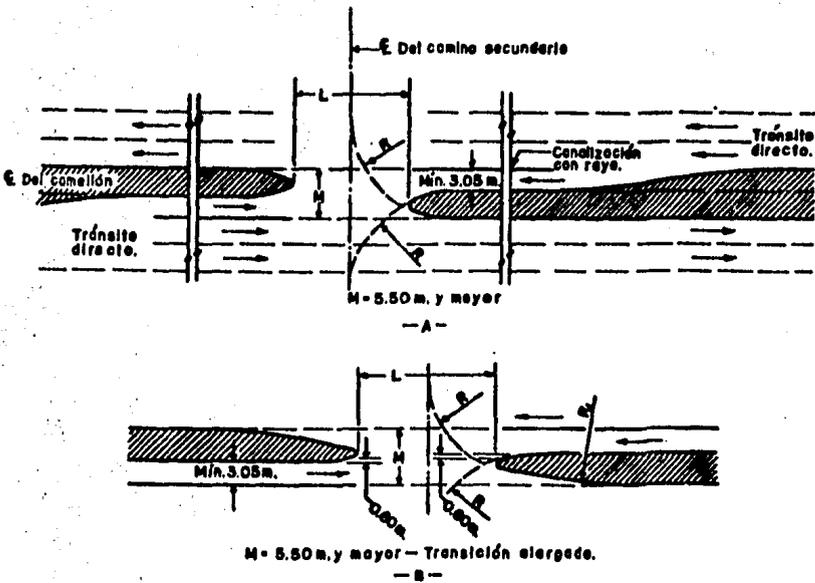


Figura 2.23. Proyectos de carril en el camellón central en forma de punta de bala.

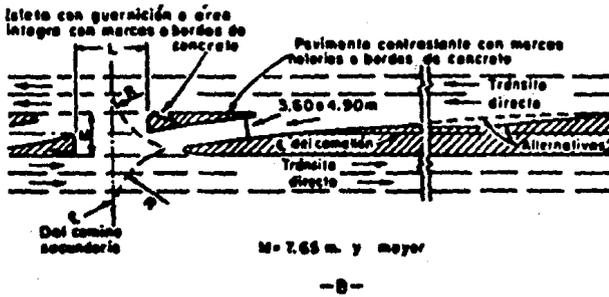
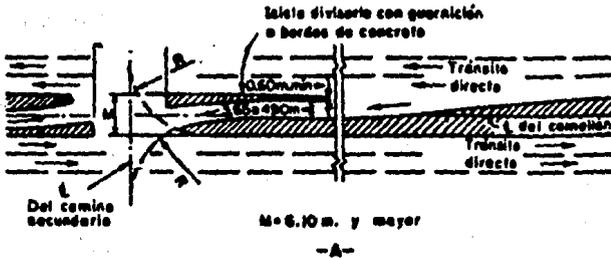


Figura 2.24. Proyectos de carril en el camellón central con isletas divisorias.

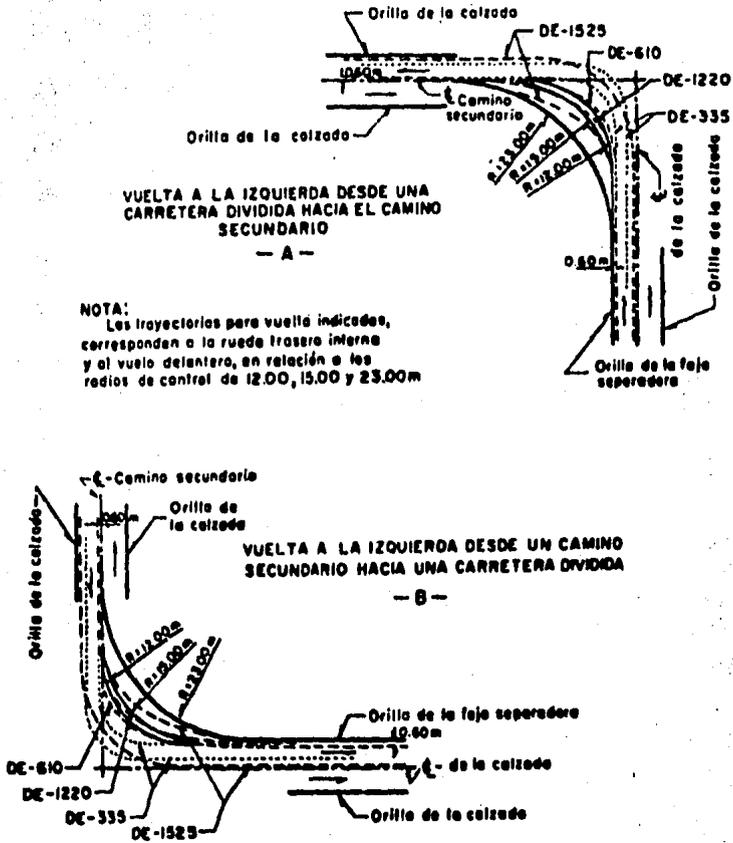


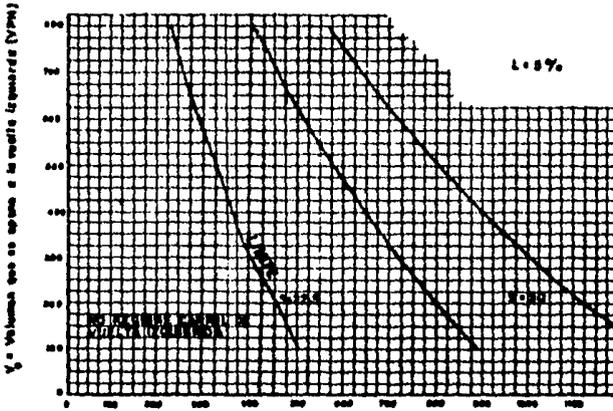
Figura 2.25. Radios de control en intersecciones con vueltas a la izquierda a 90°.

ser igual al ancho de la superficie de rodamiento más acotamiento del camino secundario que entronca y en ningún caso inferior a 12.2 m. Cuando el camino secundario lo constituye una carretera dividida, la longitud de la abertura será, cuando menos, igual a la suma de los anchos de la superficie de rodamiento, más acotamiento, más el ancho del camellón central; pero en ningún caso podrá ser menor que la suma de los anchos de las superficies de rodamiento, más la faja divisoria, más 2.40 m.

2.3.2.11 VOLUMENES LIMITES QUE SE REQUIEREN PARA LA CONSTRUCCION DE UN CARRIL ESPECIAL DE VUELTA IZQUIERDA, EN INTERSECCIONES A NIVEL, SIN SEMAFORO.

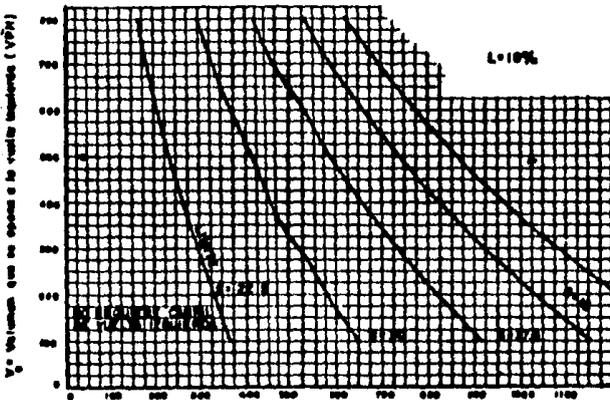
En las figs. 2.26, 2.27, 2.28, 2.29, 2.30 y 2.31 se indican los volúmenes límites de tránsito que se requieren en una carretera de dos carriles, para la construcción de un tercer carril para las vueltas izquierdas. V_A es el volumen de tránsito antes de la vuelta izquierda, (incluye el volumen que da vuelta izquierda, el que sigue de frente y el que da vuelta derecha, si la intersección es un cruce); V_0 es el volumen de tránsito que se opone en sentido contrario a los vehículos que dan vuelta izquierda; L es el porcentaje de vehículos que dan vuelta izquierda con respecto a V_A . En las figs. 2.26, 2.27, 2.28, 2.29, 2.30 y 2.31, L varía de 5, 10, 15, 20, 30 y 40%, respectivamente.

En la fig. 2.32 se indican los volúmenes límites de tránsito, en una carretera de 4 carriles, sin dividir y dividida por un camellón central, que se requieren para la construcción de un carril de vuelta izquierda, de acuerdo con el volumen de tránsito que da vuelta izquierda



Intersecciones a nivel sin semáforos
 L = % de vehículos que dan vuelta con
 respecto a V_2
 S = longitud de almacenamiento

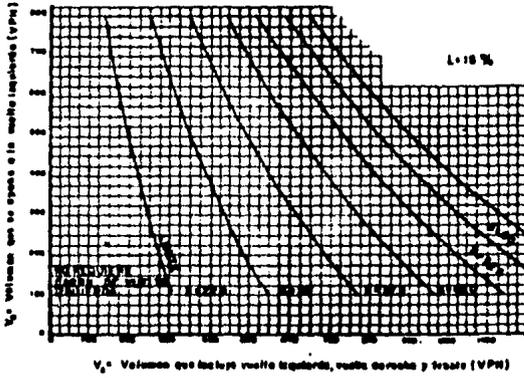
Figura 2.26



V_A = Volumen que incluye vuelta izquierda, vuelta derecha y de frente (VPM)

Intersecciones a nivel sin semáforos
 L = % de vehículos que dan vuelta con
 respecto a V_A
 S = longitud de almacenamiento

Figura 2.27



Intersecciones a nivel sin semáforos
 L = % de vehículos que dan vuelta con respecto a V_a
 S = longitud de almacenamiento

Figura 2.28

Intersecciones a nivel sin semáforos
 L = % de vehículos que dan vuelta con respecto a V_a
 S = longitud de almacenamiento

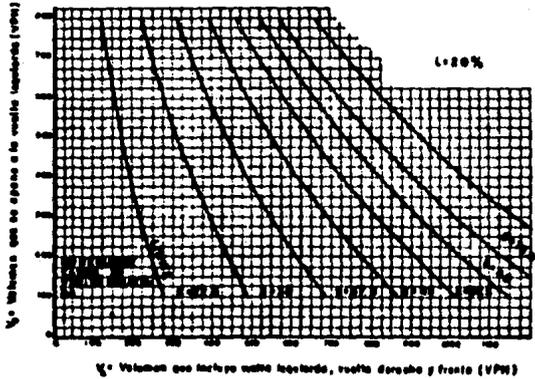
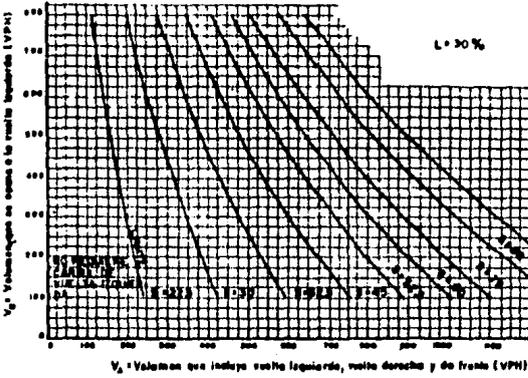


Figura 2.29

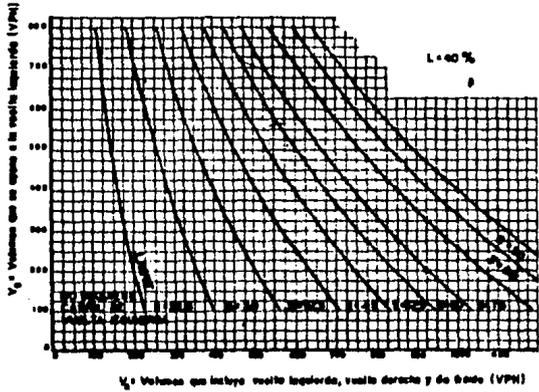


Intersecciones a nivel sin semáforos
 $L = \%$ de vehículos que dan vuelta con respecto a V_1
 $S =$ Longitud de almacenamiento

Figura 2.30

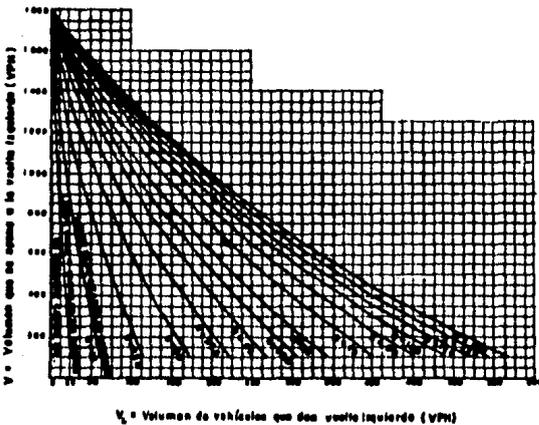
Intersecciones a nivel sin semáforos
 $L = \%$ de vehículos que dan vuelta con respecto a V_1
 $S =$ Longitud de almacenamiento

Figura 2.31



Intersección a nivel sin semáforos
 Carretera de 4 carriles
 $S =$ Longitud de almacenamiento

Figura 2.32



(V_L) y el volumen de tránsito que se le opone en sentido contrario (V_O).

En todas las figuras anteriores, se indican las longitudes de almacenamiento (s) que se requiere para cada caso. En la tabla 2.13 se indican las correcciones a la longitud de almacenamiento (s), de acuerdo con el porcentaje de camiones que dan vuelta izquierda.

2.3.2.12 DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN LOS ENLACES

La distancia de visibilidad de parada es el factor que debe usarse para controlar la visibilidad en los enlaces. En los de doble sentido de circulación no debe usarse la distancia de visibilidad de rebase pues esta manera no debe permitirse debido a la poca longitud de que generalmente constan. En la tabla 2.14 se muestran las longitudes mínimas de visibilidad de parada en los enlaces para diversas velocidades de proyecto, estos valores se obtuvieron por el mismo método empleado para camino abierto, usando un tiempo de reacción de 2.5 seg. y coeficientes de fricción que varían de 0.42 a 0.325 para velocidades de 25 a 70 Km/hr.

2.3.2.13 LONGITUD MINIMA DE LAS CURVAS VERTICALES.

La longitud mínima de las curvas verticales se basa como en el caso de camino abierto, en la distancia necesaria para que el conductor, desde una altura de ojo de 1.14 m vea un objeto de 0.15 m de altura. En la fig. 2.33 se relacionan la velocidad de proyecto, la diferencia algebraica de pendientes y la longitud mínima de la curva vertical en cresta, para proporcionar una distancia segura de visibilidad de parada. Para velocidades de proyecto menores de 60 Km/hr las curvas verticales en columpio cuya

CANTIDAD EN METROS QUE SE SUMARÁ A LA LONGITUD DE ALMACENAMIENTO (S) CALCULADA EN LAS FIGS 12, 13, 14, 15, 16, 17 Y 18 DE ACUERDO CON EL PORCENTAJE DE CAMIONES QUE DAN VUELTA IZQUIERDA

	% T_L = % de camiones que dan vuelta izquierda con respecto a V_L						
	0%	10%	20%	30%	40%	50%	
Longitud de almacenamiento requerida (S) de los diagramas, metros	22.5	0	7.5	7.5	7.5	15.0	15.0
	30.0	0	7.5	7.5	15.0	15.0	15.0
	37.5	0	7.5	7.5	15.0	15.0	22.5
	45.0	0	7.5	15.0	15.0	22.5	22.5
	52.5	0	7.5	15.0	22.5	22.5	30.0
	60.0	0	7.5	15.0	22.5	30.0	30.0
	75.0	0	7.5	15.0	22.5	30.0	37.5
	90.0	0	15.0	22.5	30.0	37.5	45.0
	105.0	0	15.0	22.5	37.5	45.0	52.5
	120.0	0	15.0	30.0	37.5	52.5	60.0
	135.0	0	15.0	30.0	45.0	60.0	67.5
	150.0	0	15.0	30.0	45.0	60.0	75.0

Tabla 2.13

Velocidad de proyecto (km/h)	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Distancia mínima de visibilidad de parada (m)	25	35	50	65	80	95	110	140	165	200

Tabla 2.14. Distancia mínima de visibilidad de parada en los enlaces

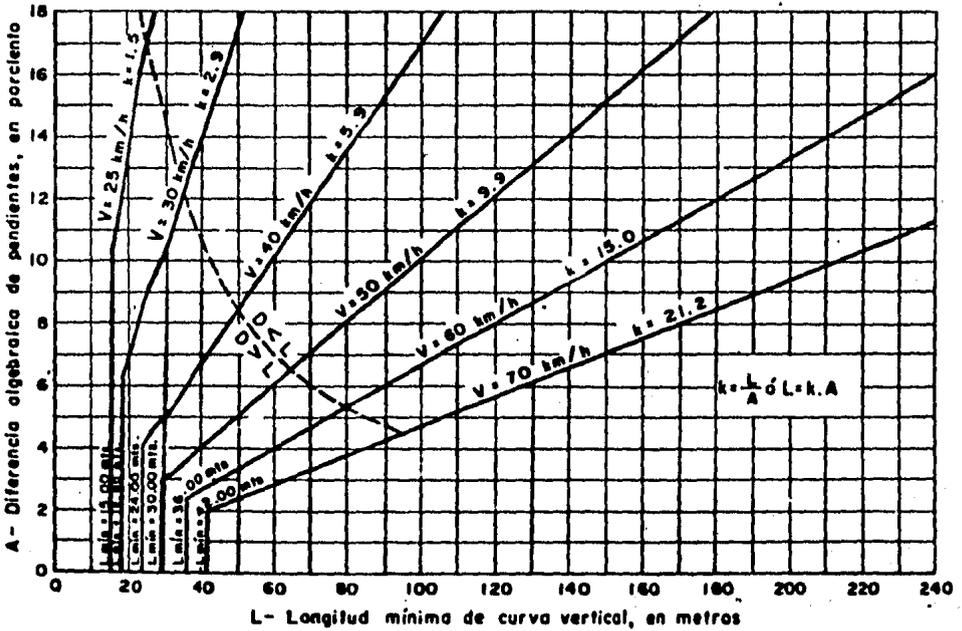


Figura 2.33. Longitud mínima de curvas verticales en los enlaces de acuerdo con la distancia de visibilidad de parada.

longitud esta regida por el criterio de los faros de los vehiculos teóricamenté deberian ser de un 25 a un 60% más largas que las curvas en cresta. Siempre que sea posible es conveniente usar longitudes mayores a las mínimas.

2.3.2.14 DISTANCIA MINIMA LATERAL DE VISIBILIDAD PARA CURVAS HORIZONTALES.

En los enlaces, la consideración de esta distancia mínima resulta ser de igual o mayor importancia que el control vertical. La línea visual a través de la parte interior de la curva, libre de obstrucciones, deberá ser tal que la distancia de visibilidad medida en la curva a lo largo de la trayectoria del vehículo, iguale o exceda la distancia mínima de velocidad de parada dada en la tabla 2.14. La obstrucción probable puede ser el remate de una estructura, una pared, la orilla de un corte, o la esquina de un edificio.

2.3.2.15 DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN LAS INTERSECCIONES.

El conductor de un vehícuie que se aproxima a una intersección a nivel debe disponer de visibilidad a uno y otro lado de la carretera que va a cruzar o incorporarse a ella. En la fig. 2.34 en la parte superior se ilustra esta distancia de visibilidad. De acuerdo con la visibilidad de proyecto se calcula la distancia de visibilidad de parada. En la tabla 2.15 se indican estas distancias. En la tabla 2.16 se indican las correcciones a la tabla 2.15 per efecto de la pendiente.

Cuando existe una parada obligatoria en el camino secundario, fig. 2.34, ilustración inferior; es necesario que el conductor del vehícuio detenido disponga de visibilidad suficiente sobre la carretera principal para po -

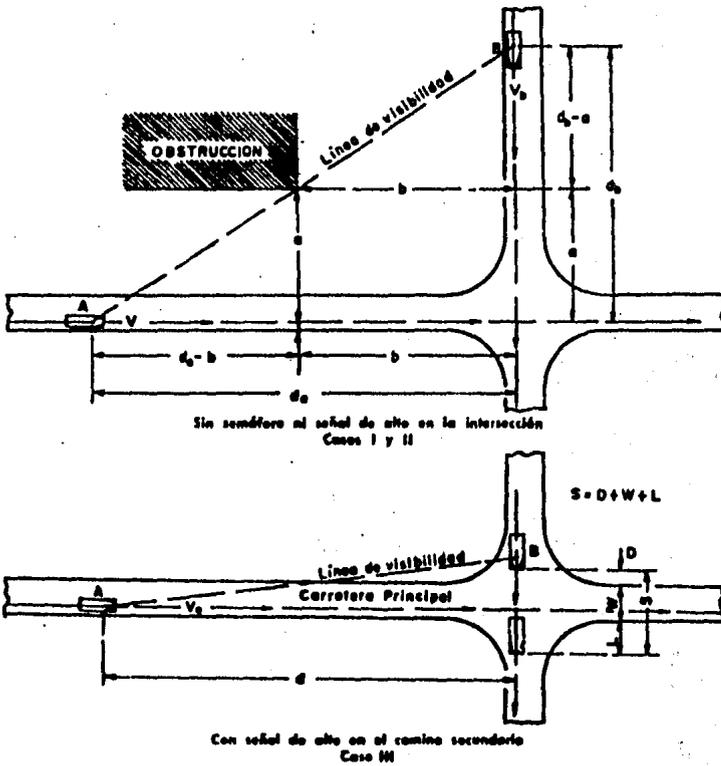


Figura 2.34. Distancia de visibilidad en las intersecciones. Triángulo mínimo de visibilidad.

Velocidad de proyecto km/h	50	65	80	95	110
Distancia de visibilidad de parada, en metros	60	85	105	145	185

Tabla 2.15

EPECTO DE LA PENDIENTE EN LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD:
CONDICIONES MOJADAS

Velocidad de operación	Velocidad de proyecto km/h	Corrección a la distancia de visibilidad — m					
		Reducción por pendiente ascendente			Aumento por pendiente descendente		
		3%	6%	9%	3%	6%	9%
50	45		3	6	3	6	9
65	58	3	6	9	3	9	15
80	71	6	9		6	15	
95	83	9	15		9	24	
105	89	9	18		12	27	
110	93	12	21		15	30	

Tabla 2.16

der cruzarla antes de que lleguen a la intersección los vehículos que circulan por ésta. En la fig. 2.35 se ilustra un diagrama para obtener esta distancia de visibilidad, de acuerdo con la velocidad de los vehículos sobre la carretera principal, cuando el camino secundario se encuentra con pendiente longitudinal a nivel. En caso de tener pendiente longitudinal el camino secundario, se corrigirá la distancia de visibilidad de la fig. 2.35, de acuerdo con los factores indicados en la tabla 2.17.

2.3.2.16 ISLETAS

La introducción de isletas en la zona de los entronques puede servir para separar y reducir el número de puntos de conflicto; para controlar los ángulos de cruce o de incorporación, para facilitar las maniobras que predominan, dar protección y lugares de parada a los peatones y lugares también, para indicaciones y señales.

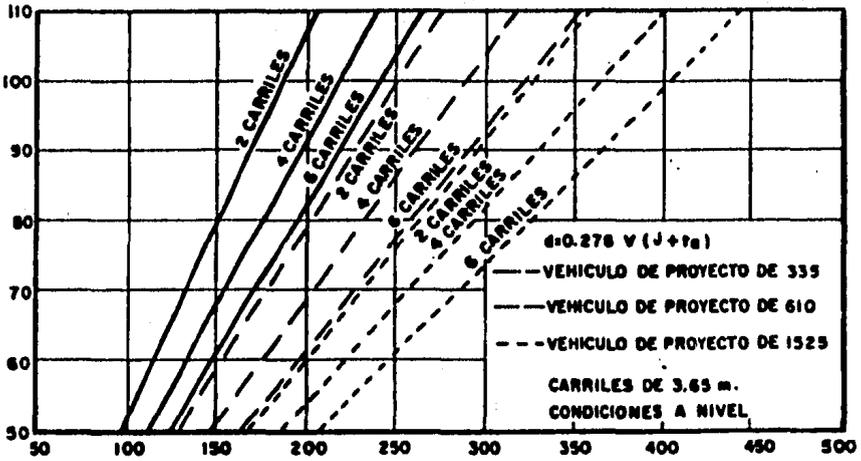
Las isletas se han dividido en tres grandes grupos, en cuanto a su función:

1.- Isletas canalizadoras.

Las isletas canalizadoras pueden ser de muchas formas y tamaños; entre las más comunes están la de forma triangular (a) y la semicircular (d), según se ilustra en la fig. 2.36.

Las isletas para guiar a los conductores en las maniobras para dar vuelta, son con frecuencia de forma triangular: deben estar colocadas con respecto al acceso, de manera que su presencia sea inconfundible y la trayectoria que señalan evidente. La visibilidad puede aumentarse por medio de gurniciones pintadas y especialmente por las disposiciones que se da a los accesos. En el punto 2.3.2.1 se mencionan cuales son los tamaños y características de las

V = Velocidad de proyecto en la carretera principal, en km/h



d = Distancia a lo largo de la carretera a partir de la intersección, en metros

Figura 2.35. Distancia de visibilidad en intersecciones. Distancia de visibilidad requerida a lo largo de la carretera principal.

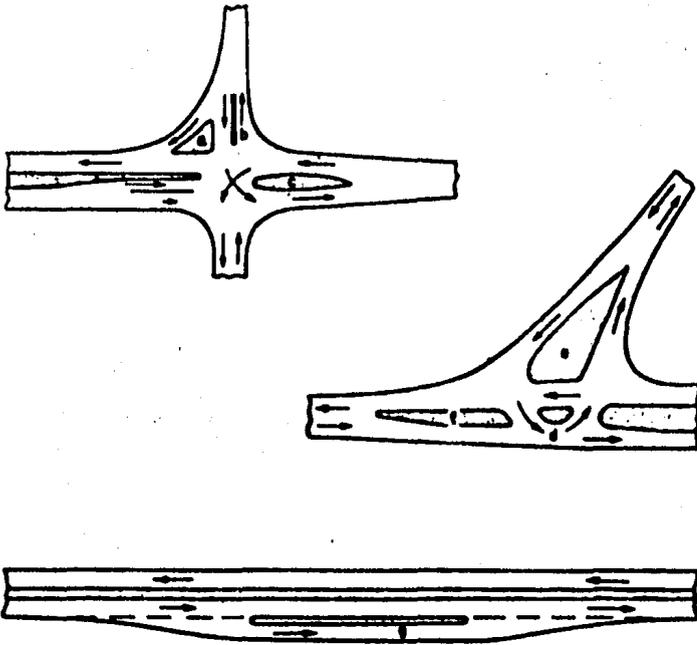


Figura 2.36. Tipos y formas más comunes de isletas.

FACTORES DE AJUSTE POR PENDIENTE

Para tiempo de aceleración

Vehículo de proyecto	Pendiente del camino transversal en %				
	-4	-2	0	+2	+4
DE-335	0.7	0.9	1.0	1.1	1.3
DE-410	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3
DE-1525	0.8	0.9	1.0	1.2	1.7

Tabla 2.17

isletas triangulares y en la fig. 2.17 se muestra su diseño.

2.- Isletas separadoras.

Este tipo de isletas son especialmente ventajosas para controlar el tránsito que da vuelta a la izquierda en las intersecciones esviajadas. En la fig. 2.36 se ilustra una gran variedad de isletas que separan el tránsito que circula en sentido contrario (b,c,e,y f) y la isleta (g) que separan los carriles de tránsito en un mismo sentido, para dar acceso a algún servicio o tránsito lateral.

En zonas rurales, donde generalmente las velocidades son altas, el grado de curvatura de las inversas deberá ser de 0.15 grados o menos; en caminos de baja velocidad, se pueden aceptar valores no mayores de 1.5 grados.

3.- Isletas de refugio.

Son aquellas colocadas sobre o cerca de un paso de peatones, para ayudar y proteger a éstos cuando cruzan el camino. Las isletas a, b, e y f de la fig. 2.36 son ejemplos clásicos.

CAPITULO III
PROGRAMA PARA EL CALCULO
DE AREAS POR COORDENADAS.

3.1 OBJETIVO

El conjunto de apartados de que consta este capítulo tiene como primordial objetivo proporcionar al lector en una forma sencilla y breve la información necesaria para la correcta utilización del programa llamado "AREA", mediante el cual, el usuario podrá realizar el cálculo del área de un polígono conociendo las coordenadas de sus vértices, pudiéndose adicionar o restar a este valor, las áreas de otros polígonos, o bien, las de ciertos segmentos circulares.

3.2 INTRODUCCION

Durante la realización del proyecto de una intersección surge la necesidad de efectuar una gran variedad de cálculos según la etapa específica del proyecto que se esté desarrollando. Un cálculo que es muy común que se presente en ciertas etapas del mismo y que se realiza un gran número de veces, es el cálculo de áreas de polígonos. Existen varias formas para poder calcular estas áreas; dentro de los distintos procedimientos empleados para este fin, los tres siguientes son los más comunes:

- a) Método analítico
- b) Método del planímetro
- c) Método gráfico

a) Método analítico. Este método se basa en la descomposición del polígono en figuras regulares obtenidas al trazar líneas verticales en los vértices del mismo. Si se considera un polígono por arcos como el mostrado en la figura 3.1 referido a un sistema de ejes cartesianos; el área del polígono

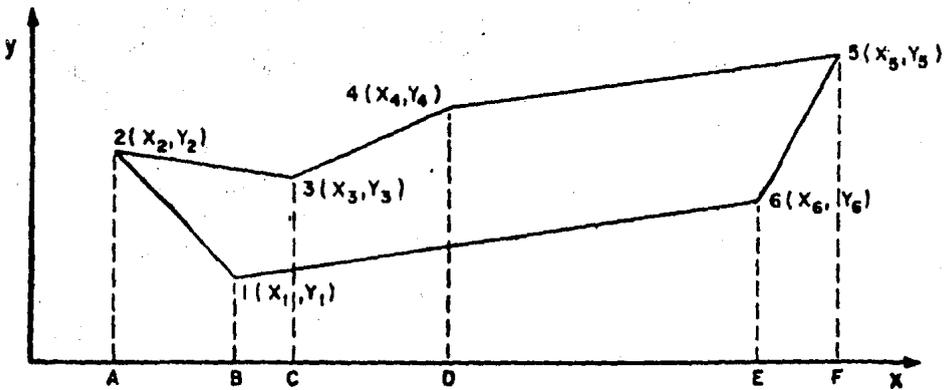


Figura 3.1. Determinación de áreas, método analítico.

es la suma de las áreas de los trapecios: A23CA, C34DC y D45FD menos la suma de las áreas de los trapecios A21BA, B16EB y E65FE. Puesto que el área de un trapecio es la se misuma de las bases por la altura, se tendrá:

$$A = \frac{Y_3 + Y_2}{2}(X_3 - X_2) + \frac{Y_4 + Y_3}{2}(X_4 - X_3) + \frac{Y_5 + Y_4}{2}(X_5 - X_4) \\ - \left[\frac{Y_1 + Y_2}{2}(X_1 - X_2) + \frac{Y_6 + Y_1}{2}(X_6 - X_1) + \frac{Y_5 + Y_6}{2}(X_5 - X_6) \right]$$

desarrollando y ordenando:

$$A = \frac{1}{2} \left[Y_1 X_2 + Y_2 X_3 + Y_3 X_4 + Y_4 X_5 + Y_5 X_6 + Y_6 X_1 \right. \\ \left. - (Y_1 X_6 + Y_2 X_1 + Y_3 X_2 + Y_4 X_3 + Y_5 X_4 + Y_6 X_5) \right]$$

lo que puede expresarse por la matriz :

$$A = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} Y_1 & Y_2 & Y_3 & Y_4 & Y_5 & Y_6 & Y_1 \\ X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_1 \end{vmatrix}$$

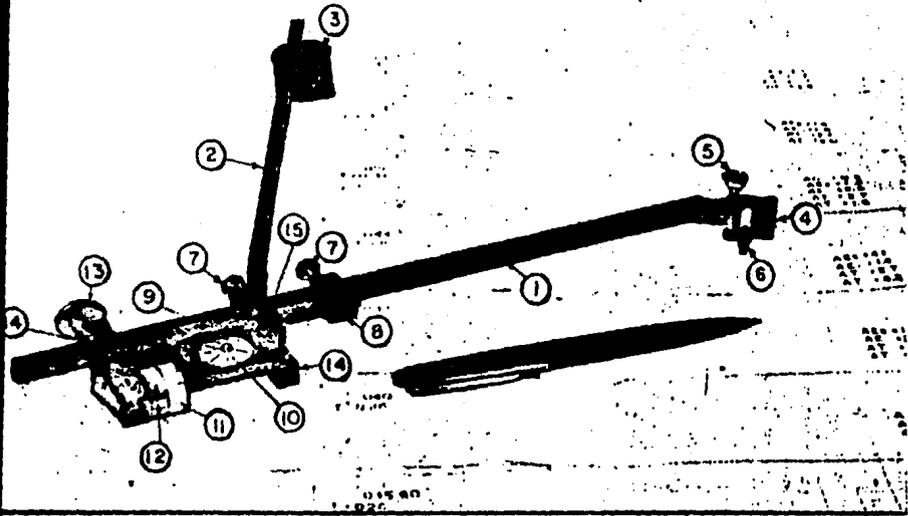
b) Método del planímetro. De los distintos tipos de planímetros existentes, el polar de brazo ajustable es el más empleado y se describe a continuación:

El instrumento (fig. 3.2) se apoya en la mesa en cuatro puntos: tres de ellas pertenecen al brazo traser (1) y son: la rueda de deslizamiento (13), la guía trasera (5) con la que se sigue el contorno de la figura por arcar y el tambor (11), que está graduado en 100 partes y es en el que se toman las lecturas en unidades; tiene junto un nonio (12) que aproxima al décimo. El cuarto punto de apoyo en la mesa es el polo (3) que queda fijo a ella por una punta de aguja

y corresponde al brazo polar (2). Ambos brazos se unen a través de una articulación (15) en el soporte (14). Este soporte lleva el tambor, el nonio y un disco graduado (10) que marca el número completo de vueltas del tambor. El brazo trazador está graduado para que se pueda poner el índice (9) del soporte frente al valor debido, valor que dependerá de la escala a que esté el dibujo; hay también ciertos valores, constantes del aparato, para dar los centímetros cuadrados en las unidades del tambor. Para que el índice quede en la posición exacta, primero se mueve a mano el soporte sobre el brazo graduado hasta que el índice quede aproximadamente frente al valor debido; se aprieta uno de los tornillos para fijar el soporte al brazo; después se mueve el índice girando el tornillo sinfín del soporte y apreciando, con ayuda del nonio, la lectura en la graduación; estando ya en la correcta, se aprieta el segundo tornillo para mantener fijo el soporte.

Teniendo en cuenta que la escala del papel milimétrico puede no corresponder a las dimensiones nominales, sea por una impresión defectuosa o por condiciones climatológicas, es norma práctica, antes de efectuar las mediciones de áreas, ajustar el planímetro para obtener las áreas correctas.

Para determinar el área, se fija el polo en el punto conveniente y se coloca la guía trazadora en uno de los vértices del polígono, se toma la lectura inicial y se sigue el perímetro de la figura con la guía hasta volver al punto de partida, haciéndose una nueva lectura; la diferencia entre estas lecturas multiplicadas por una constante, será el área buscada; para comprobar el dato obtenido se repite la operación, debiendo estar la diferencia entre ambos resultados dentro de la tolerancia establecida. Cuando el polo se coloca fuera de la sección y el perímetro de ésta es recorrido por la guía trazadora



- | | | |
|-------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| 1. Bravo trazador | 6. Tornillo protector | 11. Tambor medidor |
| 2. Brazo polar | 7. Tornillos de sujeción | 12. Nonio |
| 3. Polo | 8. Tornillo de ajuste | 13. Rueda de balanceo y deallzamiento |
| 4. Perilla móvil | 9. Control de vernier | 14. Soporte |
| 5. Guía trazadora | 10. Contador de carátula | 15. Articulación |

Figura 3.2. Planímetro Polar.

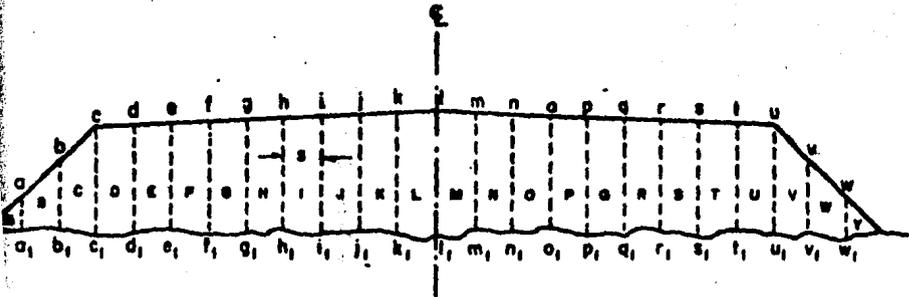


Figura 3.3. Determinación de áreas, método gráfico.

en el sentido de las manecillas del reloj, la lectura final será mayor que la inicial y el número de vueltas que da el tambor será positivo, o sea que el tambor gira hacia adelante; si el perímetro se recorre en sentido opuesto, la lectura final será menor que la inicial.

c) Método gráfico. Este método se usa principalmente para el arreado de las secciones de construcción del proyecto de un camino. En la fig. 3.3 la sección en terraplén mostrada ha sido dividida en trapecios y dos triángulos extremos, mediante líneas verticales a una separación constante.

El área de la sección es igual a la suma de las áreas parciales.

$$AT = \left(\frac{a}{2}\right)S + \left(\frac{a+b}{2}\right)S + \left(\frac{b+c}{2}\right)S + \left(\frac{c+d}{2}\right)S \\ + \left(\frac{d+e}{2}\right)S + \left(\frac{e+f}{2}\right)S + \left(\frac{f+g}{2}\right)S + \dots$$

o lo que es lo mismo, siendo constante S:

$$AT = S \left[\left(\frac{a}{2}\right) + \left(\frac{a+b}{2}\right) + \left(\frac{b+c}{2}\right) + \left(\frac{c+d}{2}\right) + \left(\frac{d+e}{2}\right) \right. \\ \left. + \left(\frac{e+f}{2}\right) + \left(\frac{f+g}{2}\right) + \dots \right]$$

a sea:

$$AT = S \left[\left(\frac{2a}{2}\right) + \left(\frac{2b}{2}\right) + \left(\frac{2c}{2}\right) + \left(\frac{2d}{2}\right) + \left(\frac{2e}{2}\right) + \left(\frac{2f}{2}\right) + \left(\frac{2g}{2}\right) + \dots \right]$$

por lo tanto:

$$AT = S (a + b + c + d + e + f + g + \dots)$$

La aplicación del método gráfico, basada en esta expresión, consiste en acumular las distancias aa' , bb' , cc' , dd' ,

marcándolas en una tirilla de papel; una vez efectuada la operación en toda la sección, la distancia entre las marcas extremas en la tirilla, multiplicada por la equidistancia S , define el área total de la sección.

De los tres métodos para arrear antes mencionados, el primero proporcionará resultados exactos, su mayor utilidad se alcanzará cuando las áreas de los polígonos sean calculadas con la ayuda de una computadora o de una calculadora programable. Si el cálculo se hace manualmente, el método analítico puede resultar muy elaborado; sin embargo puede simplificarse escogiendo un sistema de ejes adecuado.

El segundo método (el del planímetro) nos ofrece una forma fácil y rápida de obtener el área del polígono en cuestión, aunque no con resultados exactos, lo que causará cierta incertidumbre; todo dependerá de la precisión y cuidados con que el operador del planímetro realice el arreado. Este método es recomendable emplearlo donde no se requiera conocer con toda precisión el valor del área y/o donde también ésta se desee conocer en forma rápida.

El tercer método es también un método que arrojará resultados inexactos; como ya se mencionó, se usa para el cálculo de secciones transversales de construcción, y para que la expresión que este método emplea sea exacta, se necesita que las líneas verticales coincidan en todos los casos con los puntos de cambio de pendiente del terreno y con los cerros, hombros y centro de la línea de la sección, lo que no siempre sucede; el error que se origina es función de la equidistancia S y lógicamente será menor conforme S sea más pequeña.

La necesidad de calcular el área de ciertos polígonos, se presenta en varias etapas del proyecto; una de ellas es cuando se desea determinar el derecho de vía por

adquirir dentro del cual se habrá de alojar la geometría que nuestro proyecto de la intersección reclama. Entendiéndose por derecho de vía a la faja que se requiere para la construcción, ampliación, protección y en general para el uso adecuado de esa vía y de sus servicios auxiliares. Su ancho será requerido para satisfacer esas necesidades. En general, conviene que el ancho del derecho de vía sea uniforme, pero habrá casos en que para alojar intersecciones, bancos de materiales, taludes de corte o terraplén y servicios auxiliares, se requiera disponer de un mayor ancho. Determinar el área de este derecho de vía con la mayor exactitud posible constituye un lineamiento sano en la elaboración del presupuesto de nuestro proyecto de la intersección; máxime, si consideramos que el derecho de vía es uno de los mayores costos en la mayoría de las construcciones y mejoras de los caminos, siendo además el gasto de este concepto el que en algunas ocasiones iguala o supera al destinado a la propia construcción, y más aún, de toda la serie de problemas legales entre el gobierno y los particulares y de las implicaciones sociales, políticas y económicas que traen consigo las afectaciones a propiedades residenciales o comerciales enteras de un alto valor.

Ante estos hechos, como ya se menciona anteriormente, surge la necesidad de determinar el área del derecho de vía con la mayor exactitud posible. De los tres métodos de área anteriormente expuestos, el que por su naturaleza se adecuó a esta necesidad y además reunió los elementos idóneos para elaborar con él un programa para calculadora programable resultó ser el método analítico. El programa, al que se ha llamado "AREA", fué elaborado con el método analítico, y constituye la esencia del presente capítulo. En el siguiente inciso se describirán más ampliamente los alcances de dicho programa.

3.3. DESCRIPCION GENERAL.

Los incisos siguientes contienen la información que deberá conocer el lector, a fin de que pueda utilizar adecuadamente el programa llamado "AREA". Mediante la utilización de este programa, el usuario podrá realizar el cálculo del área de un polígono conociendo las coordenadas de sus vértices, pudiéndose adicionar o restar a este valor, las áreas de otros polígonos, o bien, las de ciertos segmentos circulares.

Para poder hacer uso del programa "AREA" será necesario ubicar a nuestra solución geométrica en un sistema de ejes cartesianos de manera que podamos alimentar al programa con las coordenadas de los vértices del polígono. En el caso en que se desee determinar el área total del derecho de vía del proyecto de una intersección, contenida en lo que podría denominarse como un perímetro envolvente integrado no sólo por lados rectos sino también por lados curvos; primero se calculará el área de una poligonal cerrada conociendo previamente las coordenadas de sus vértices, para después adicionarle o restarle las áreas de ciertos segmentos circulares que son consecuencia de las curvas simples que forman parte también del perímetro envolvente.

Otra aplicación entre otras del programa "AREA" en el proyecto de intersecciones es aquella de gran utilidad para fines de presupuesto y pago de obra; ya que previamente a la determinación de los volúmenes de tierra tanto en corte como en terraplén, antes será menester calcular el área de las distintas porciones consideradas en el proyecto de las secciones de construcción. Siendo evidente en esta etapa, la aplicación del programa.

En resumen, puede decirse que los alcances del programa

"AREA" no sólo atañen al cálculo del área del derecho de vía o de secciones de construcción, sino que por su estructura se extiende y orienta a todas aquellas áreas de polígonos susceptibles de ser calculadas mediante las coordenadas de sus vértices. Cabe también destacar el hecho de que el valor de estas áreas, podrá variar cuando se les adicionen o resten áreas de otros polígonos, o la de ciertos segmentos circulares, siendo este último, el caso en que se tenga una curva simple en alguno(s) de los lados del perímetro o contorno envolvente.

Los incisos que más adelante se describirán con mayor detalle se han dispuesto en el siguiente orden: primeramente, se presentará el algoritmo de solución utilizado en el programa "AREA"; dicho algoritmo, contiene las expresiones matemáticas que habrán de ser ejecutadas por la calculadora, siguiendo un esquema de proceso lógico de cálculo.

En segundo lugar se explicarán cuáles son los datos de entrada necesarios para poder utilizar adecuadamente el programa "AREA", y cuáles los datos de salida (resultados) que obtendremos de la aplicación del mismo.

Seguidamente a los datos de entrada y de salida, mediante un diagrama de flujo, se tendrá una semblanza gráfica del programa "AREA", mostrándose la secuencia de ejecución de las diferentes etapas de cálculo que se ha ordenado ejecutar a la máquina, y la interrelación entre las distintas partes que integran dicho programa.

Como cuarto punto, haciendo uso de la impresora, se presentará un listado con la codificación del programa "AREA". En este listado, aparecerán impresas todas las instrucciones de que consta el mencionado programa, en un lenguaje propio de la máquina calculadora.

El siguiente punto expuesto, contendrá las instrucciones del usuario, es decir, las indicaciones que deberá seguir el usuario, a fin de que realice una correcta aplicación del programa "AREA".

Como último punto, mediante la solución de un ejemplo de aplicación, se espera que ahora en una forma práctica y objetiva, se logren conjuntar los puntos anteriormente expuestos y con ello alcanzar cabalmente los objetivos señalados.

Para finalizar, en el apéndice A se cuenta con una breve pero útil metodología para la solución de un problema con ayuda de una calculadora programable. Y en el apéndice B aparece la simbología utilizada en la realización del diagrama de flujo.

3.4 ALGORITMO DE SOLUCION

El conjunto de expresiones matemáticas utilizadas en la elaboración del programa "AREA", y que sustentan la estructura del presente algoritmo, son las que a continuación se muestran:

$$1.- A.POL = -\sum_{i=0}^n \frac{(Y_{i+1} - Y_i)(X_{i+1} + X_i)}{2}$$

$$2.- M = R [1 - \cos (DEF/2)]$$

$$3.- CL = 2R \operatorname{sen} (DEF/2)$$

$$4.- A.SC = \frac{\pi \cdot R^2 \cdot DEF}{360} - \frac{(R-M)CL}{2}$$

Donde:

A.POL = Área del polígono

(X_i, Y_i) = Coordenadas del vértice i del polígono.

M = Ordenada media.

R = Radio de la curva circular.

DEF = Angulo de deflexión.

CL = Cuerda larga.

A.SC = Área del segmento circular.

3.5 DATOS DE ENTRADA Y DE SALIDA

3.5.1 DATOS DE ENTRADA:

El primer paso que debe realizarse para operar el programa "AREA", consiste en proporcionar los datos básicos necesarios que iniciarán el proceso de cálculo contenido en su algoritmo de solución. A continuación se muestran cuáles son estos datos:

a) Coordenadas de la poligonal cerrada $((X_i, Y_i))$. Son todos los pares de coordenadas de los vértices de la poligonal. Estas coordenadas deberán ser tecleadas una por una, eligiéndose para ello como primer par de coordenadas el de cualquier vértice de la poligonal cerrada; las posteriores coordenadas se ingresarán al programa siguiendo el mismo sentido que el de las manecillas del reloj, convirtiéndose el primer punto escogido en el último ingresado. Cabe señalar que si las coordenadas de la poligonal se ingresan en sentido contrario al de las manecillas del reloj, el valor del área así calculado se manejará en los cálculos sucesivos del programa con signo negativo. Sin embargo, esta variante resulta de utilidad cuando se desea realizar adiciones o sustracciones de polígonos; para ello, el valor de área del primer polígono calculado es almacenado en un registro de memoria del programa, de manera que el área calculada del siguiente polígono pueda adicionarse (ingresando las coordenadas de sus vértices siguiendo el mismo sentido que el de las manecillas del reloj) o bien, restarse (ingresando las coordenadas de sus vértices siguiendo un sentido contrario al de las manecillas del reloj) a dicho valor almacenado.

b) Radio y deflexión (R, DEF). Cuando la figura que se pretende arrear sea para determinar el derecho de vía por adquirir de la solución geométrica de una intersección, el área

total por obtener quedará contenida dentro de un perímetro envolvente, que estará integrado no sólo por tramos rectos sino también por tramos curvos, es decir, curvas simples de las que habrá necesidad de calcularse el área de ciertos segmentos circulares. Por ello deberá introducirse al programa, cuando éste sea el caso, los valores del radio y la deflexión de la curva en cuestión. Quedando entonces dividido en dos etapas el proceso de cálculo para la obtención del área total del derecho de vía; en la primera etapa, contando con todos los valores de las coordenadas, se calculará el área de una poligonal cerrada; y en la segunda etapa, a este valor de área, se le adicionará o restará (según la convención de la fig. 3.4, para determinar si la curva es cóncava o convexa) el valor de los segmentos circulares.

3.5.2 DATOS DE SALIDA

El programa "AREA" podrá mostrar a través de sus diferentes etapas de cálculo los siguientes resultados:

- a) Área de la poligonal cerrada (A.POL). Integrada únicamente por lados rectos.
- b) Área de un segmento circular (A.SC).
- c) Área total de la poligonal (A.TOT). Es el área total contenida en el perímetro envolvente, ya sea que éste haya estado integrado únicamente por lados rectos, o bien, por lados rectos y curvas.

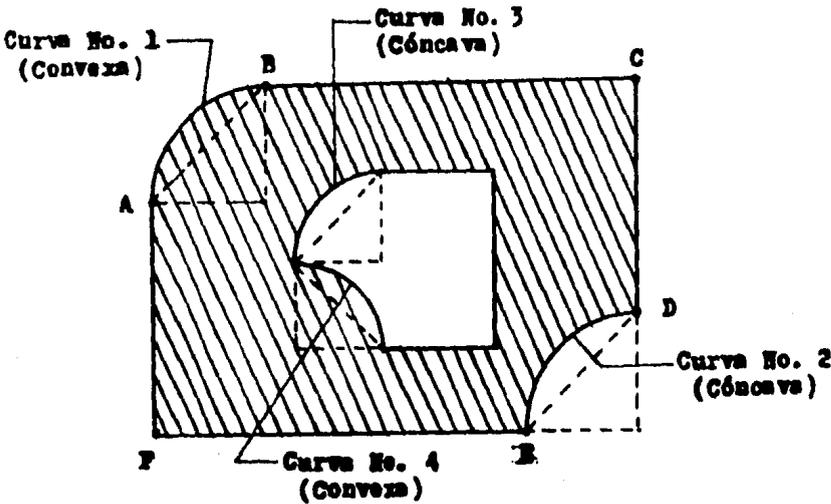


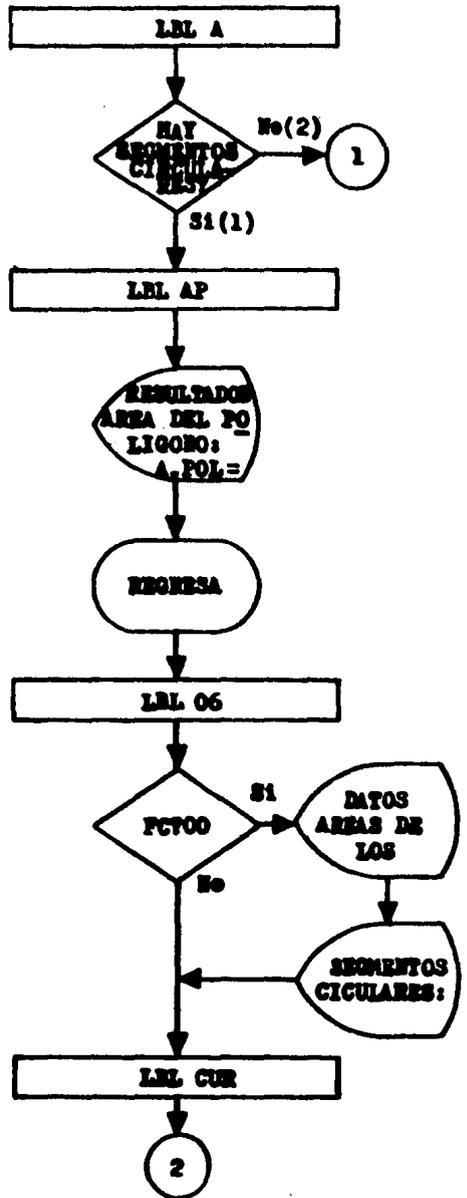
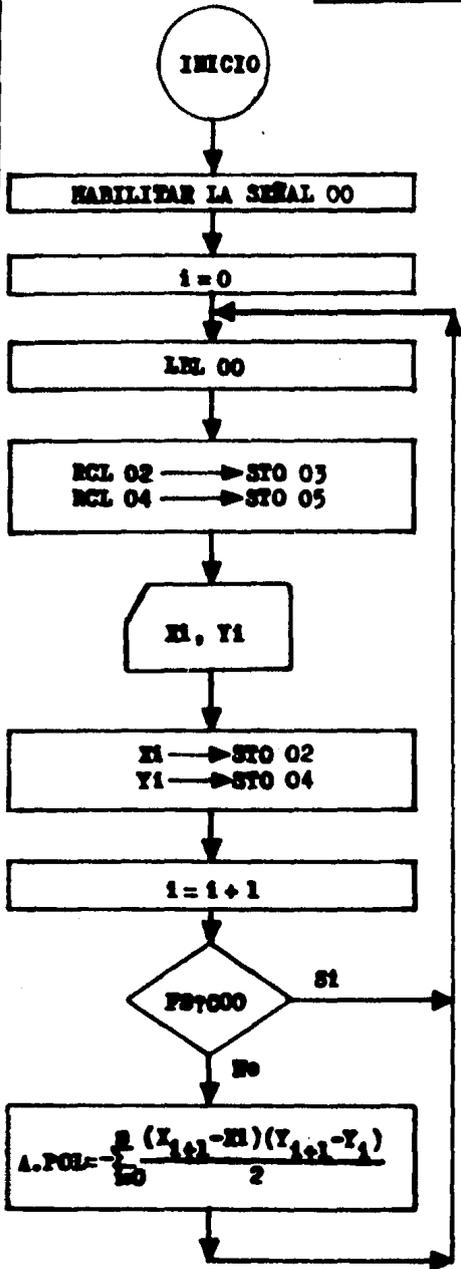
Figura 3.4.- La figura muestra la convención para determinar si la curva simple en cuestión será considerada para fines de ardeado, como cóncava o convexa. Si quisiéramos calcular el área rayada de la fig. husca 3.4, surgiría la necesidad de regular la adición o sustracción de los cuatro segmentos circulares que en ella aparecen, al área del polígono de vértices A, B, C, D, E y F. Pero, para poder determinar cuáles segmentos deberán adicionarse y cuáles restarse, consideremos a dicha área rayada delimitada por dos perímetros: uno exterior y otro interior. Para el perímetro exterior, la convención utilizada para determinar si la curva es cóncava o convexa es la siguiente; la curva 1, contenida en el contorno exterior, se ha considerado como convexa, pues si ésta se mira exteriormente al perímetro que la contiene, se notará su parte más prominente en el medio y que decrecerá hacia los bordes o extremos. La curva 2, se ha considerado como cóncava, pues si ésta también se mira exteriormente al contorno que la contiene, se notará más deprimida en el medio que por las orillas. Para el perímetro interior que delimita al husco de la fig. 3.4, la convención utilizada para determinar la concavidad o convexidad de la curva, no difiere mucho que para la del perímetro exterior; ya que ahora, en lugar de

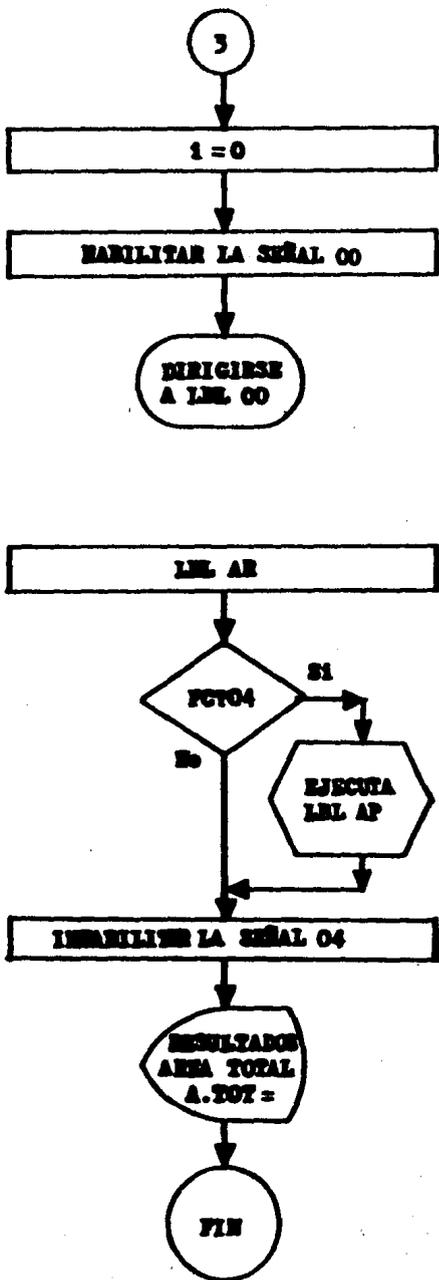
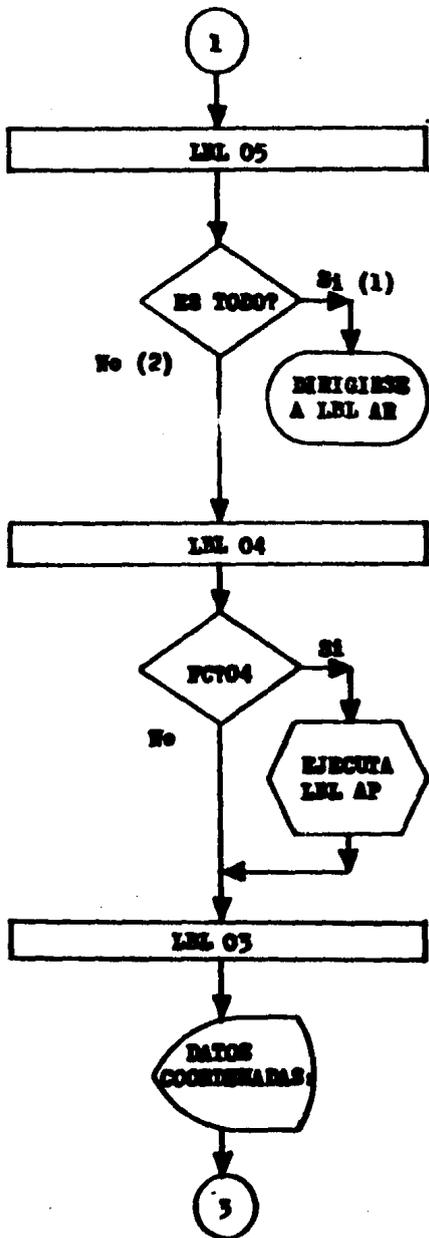
ver a la curva en cuestión exteriormente al perímetro que la contiene, la veremos interiormente a ésta. En consecuencia, la curva 3 contenida en el perímetro interior, se ha considerado como cóncava. Y la curva número 4, como convexa.

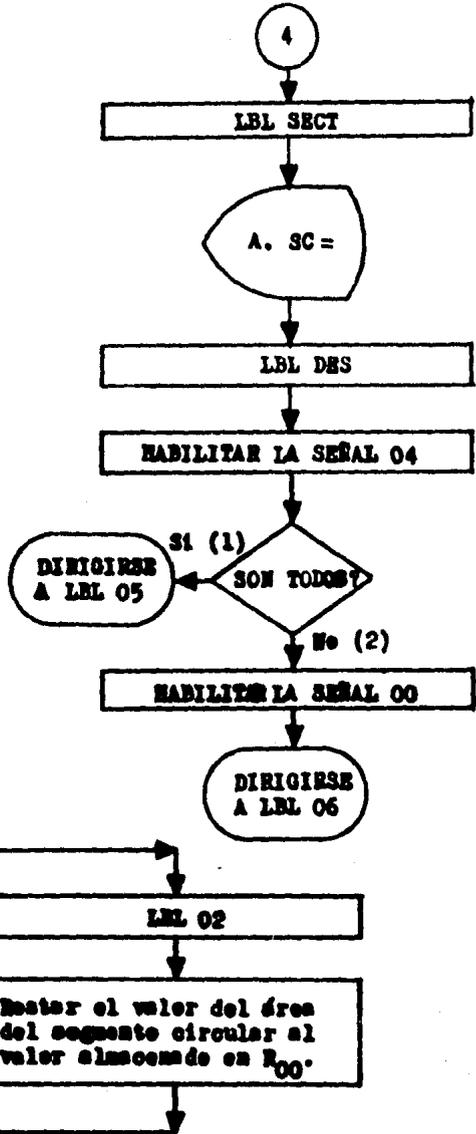
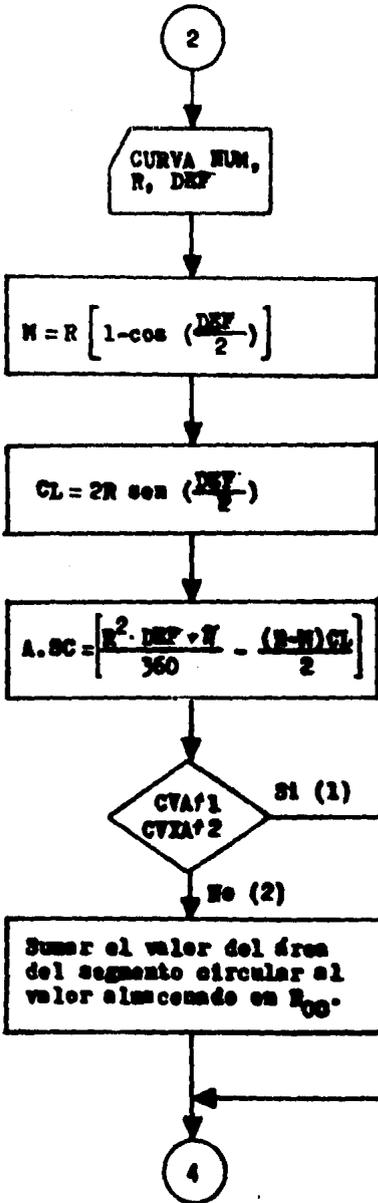
Hétese, que si hubiesemos aplicado la convención del perímetro exterior a las curvas 3 y 4 del perímetro interior, éstas en lugar de haberse considerado como cóncava y convexa, se hubiesen considerado como convexa y cóncava respectivamente. Por ello, debe tenerse especial cuidado para elegir la convención correcta.

Al estar haciendo uso del programa "AREA", si determinamos por alguna de las dos convenciones anteriormente expuestas que la curva en cuestión es cóncava, el valor de su segmento circular, será restado al área del polígono que la contiene. Pero si determinamos que dicha curva es convexa, su segmento ahora, será sumado también, al área del polígono que la contiene.

3.6 DIAGRAMA DE FLUJO
DEL PROGRAMA "AREA".







3.7 LISTADO DEL
PROGRAMA
AREA

01+LBL "AREA"	49 SF 29	95 PROMPT
02 7	50 ARCL 04	96 *DEF="
03 XEQ "REM?"	51 AVIEW	97 ARCL X
04 CF 00	52 STO 04	98 AVIEW
05 CF 01	53 ADV	99 HR
06 CF 02	54 1	100 STO 02
07 CF 03	55 ST+ 01	101 RCL 01
08 CF 04	56 FS?C 00	102 RCL 02
09 SF 12	57 GTO 00	103 2
10 "AREA DE UN"	58 RCL 02	104 /
11 AVIEW	59 RCL 03	105 COS
12 " POLIGONO."	60 +	106 CHS
13 AVIEW	61 RCL 04	107 1
14 ADV	62 RCL 05	108 +
15 ADV	63 -	109 *
16 SF 04	64 *	110 FIX 2
17 XEQ 03	65 2	111 STO 03
18 XEQ "IN"	66 /	112 RCL 01
	67 ST- 00	113 2
19+LBL 00	68 ST- 06	114 *
20 RCL 02	69 GTO 00	115 RCL 02
21 STO 03		116 2
22 RCL 04	70+LBL 04	117 /
23 STO 05	71 FC? 04	118 SIN
24 FIX 0	72 XEQ "AP"	119 *
25 CF 29	73 0	120 STO 04
26 "X"	74 STO 06	121 RCL 01
27 ARCL 01	75 ADV	122 XY2
28 "t=?"	76 XEQ 03	123 RCL 02
29 PROMPT	77 0	124 *
30 STO 02	78 STO 01	125 PI
31 "X"	79 SF 00	126 *
32 ARCL 01	80 GTO 00	127 360
33 "t="		128 /
34 FIX 4	81+LBL 01	129 RCL 01
35 SF 29	82 ADV	130 RCL 03
36 ARCL 02		131 -
37 AVIEW	83+LBL 06	132 RCL 04
38 "Y"	84 FC? 00	133 *
39 FIX 0	85 XEQ "AS"	134 2
40 CF 29	86 XEQ "CUR"	135 /
41 ARCL 01	87 "R=?"	136 -
42 "t=?"	88 PROMPT	137 STO 05
43 PROMPT	89 "R="	138 "CVAR1 CVAR2"
44 STO 04	90 ARCL X	139 PROMPT
45 "Y"	91 AVIEW	140 1
46 ARCL 01	92 STO 01	141 X=Y?
47 "t="	93 FIX 4	142 GTO 02
48 FIX 4	94 *DEF=?"	143 RCL 05

144 ST+ 00
145 SF 02
146 XER "SECT"
147 CF 02
148 GTO "RES"

149+LBL 02
150 RCL 05
151 ST- 00
152 XER "SECT"

153+LBL "RES"
154 SF 04
155 ADV
156 "SUN TODOS?"
157 PROMPT
158 "SIPI NOY2"
159 PROMPT
160 I
161 X-Y?
162 GTO 05
163 SF 00
164 GTO 06

165+LBL 03
166 SF 12
167 FC? 04
168 ADV
169 CF 04
170 "DATOS"
171 AVIEN
172 "COORDENADAS:"
173 AVIEN
174 CF 12
175 ADV
176 RTH

177+LBL 0
178 SF 01
179 FIX 2
180 "NOY SEC. CIRCUL"
181 "TARES?"
182 PROMPT
183 "SIPI NOY2"
184 PROMPT
185 I
186 X-Y?
187 GTO "AP"

188+LBL 05
189 CF 01
190 "ES TODO?"
191 PROMPT
192 "SIPI NOY2"
193 PROMPT
194 I
195 X-Y?
196 GTO "AR"
197 GTO 04

198+LBL "CUR"
199 CF 29
200 FIX 0
201 "CURVA NOV?"
202 PROMPT
203 "CURVA NOV"
204 ARCL X
205 "I:"
206 AVIEN
207 SF 29
208 FIX 2
209 CF 00
210 RTH

211+LBL "IN"
212 0
213 STO 00
214 STO 06
215 STO 01
216 SF 00
217 RTH

218+LBL "REN?"
219+LBL "RN"
220 SF 27
221 "SIZE)-"
222 ARCL X
223 SF 25
224 I
225 -
226 RCL IND X
227 FC? 25
228 PROMPT
229 RTH

230+LBL "SECT"
231 XER "R"
232 "A.SC"
233 FC? 02
234 "I"
235 ARCL X
236 AVIEN
237 PROMPT
238 RTH

239+LBL "AP"
240 XER "R"
241 "AREA DEL POLIGO"
242 "HO:"
243 AVIEN
244 "A.POL="

245 ARCL 06
246 AVIEN
247 PROMPT
248 FS?C 01
249 GTO 01
250 RTH
251+LBL "AS"
252 XER "D"
253 "AREAS DE LOS SE"
254 "MENTOS"
255 AVIEN
256 "CIRCULARES"
257 "I:"
258 AVIEN
259 ADV
260 RTH

261+LBL "D"
262 SF 12
263 "DATOS"
264 AVIEN
265 CF 12
266 RTH

267+LBL "R"
268 SF 12
269 "RESULTADOS"
270 AVIEN
271 CF 12
272 RTH

273+LBL "AR"
274 FC? 04
275 XER "AP"
276 CF 04
277 ADV
278 ADV
279 XER "R"
280 SF 12

281 "AREA TOTAL:"
282 AVIEN
283 ADV
284 CF 12
285 "A.TOT"
286 ARCL 00
287 AVIEN
288 END.

3.8 INSTRUCCIONES DEL USUARIO

A continuación, se muestran los pasos que debe seguir el usuario, a fin de que pueda operar correctamente el programa "A - REA", utilizando para ello el lenguaje propio de la calculadora.

SIZE ≥ 7

PASO 1.- Ejecución del programa "AREA"

INGRESAR: YES ALPHA AREA ALPHA

PANTALLA: XO = ?

PASO 2.- Ingreso de las coordenadas de la poligonal cerrada.

Si las coordenadas se ingresan siguiendo el mismo sentido que el de las manecillas del reloj, el área del polígono aparecerá positiva. Pero si éstas son ingresadas en el sentido contrario, entonces, el área de dicho polígono se mostrará con signo negativo. En el paso 4 inciso a, y en el paso 5 incisos a y b, se mostrará esta observación en el resultado del cálculo del área de un polígono.

INGRESAR: Valor de XO R/S

PANTALLA: YO = ?

INGRESAR: Valor de YO R/S

PANTALLA: X1 = ?

INGRESAR: Valor de X1 R/S

PANTALLA: Y1 = ?

INGRESAR: Valor de Y1 R/S

⋮
⋮
⋮

PANTALLA: Xn = ?

INGRESAR: Valor de la abscisa del último vértice del polígono (valor de XO) R/S

PANTALLA: Yn = ?

INGRESAR: Valor de la ordenada Yn del último vértice del polígono (valor de YO) R/S

PASO 3.- Previamente a que se muestre la cifra calculada del área del polígono, se preguntará si existen segmentos circulares por arcar, es decir, si el perímetro envolvente que encierra el área total por determinar contiene alguna curva simple.

INGRESAR: A

PANTALLA: HAY SEG. CIRCULARES? R/S

PANTALLA: SI ≠ 1 NO ≠ 2

PASO 4.- Si existen segmentos circulares ingresaremos el número 1 (véase el inciso a de este paso); en caso contrario, ingresaremos el número 2 (véase el inciso b de este paso):

a) Si hay segmentos circulares:

INGRESAR: 1 R/S

PANTALLA: RESULTADOS

ÁREA DEL POLÍGONO:

A.POL = ± (Valor del área del polígono). R/S

PANTALLA: DATOS

ÁREAS DE LOS SEGMENTOS CIRCULARES:

CURVA HUN? (continuar con el paso 6)

b) No hay segmentos circulares:

INGRESAR: 2 R/S

PANTALLA: ES TODO? R/S

PANTALLA: SI ≠ 1 NO ≠ 2

PASO 5.- Si ya no queda ningún polígono por arcar, ingresaremos el número 1 (véase el inciso a de este paso). Pero si todavía hay alguno, entonces ingresaremos el número 2 (véase el inciso b de este paso).

a) Ya no hay ningún polígono por arcar:

INGRESAR: 1 R/S

PANTALLA: RESULTADOS

PANTALLA: AREA DEL POLIGONO

A.POL = \pm (Valor del área del polígono) **R/S**

PANTALLA: AREA TOTAL:

A.TOT = Valor del área total contenida en perímetro envolvente. (Fin del programa "AREA").

b) Aún hay polígono(s) por arear:

INGRESAR: 2 **R/S**

PANTALLA: RESULTADOS

AREA DEL POLIGONO:

A.POL = \pm (Valor del área del polígono) **R/S**

PANTALLA: DATOS

COORDENADAS

XG = Y (continuar con el paso 2).

PASO 6.- Para tener un mejor control de los datos que se ingresan al programa, en este paso, se pregunta el número que le fué asignado a la curva simple en el proyecto. Si ésta no tiene, entonces, el usuario podrá identificarla con el número que guste:

INGRESAR: Número asignado a la curva **R/S**

PANTALLA: CURVA NUM _ :

R = ?

PASO 7.- Ingresar los valores del radio y la deflexión de la curva; ésta última, deberá ingresarse en grados sexagesimales, con el formato en fracción decimal, en grados, minutos y segundos:

INGRESAR: Valor del radio **R/S**

PANTALLA: DEF = ?

INGRESAR: Valor de la deflexión **R/S**

PANTALLA: CVA \uparrow 1 CVXA \uparrow 2

PASO 8.- Si la curva es cóncava (CVA), ingresaremos el número 1 (véase el inciso a de este paso); si la curva es convexa (CVXA), ingresaremos el número 2 (véase el inciso b de este paso). (Véase también, la convención de la fig. 3.4 para determinar si la curva es cóncava o convexa):

a) La curva es cóncava. En este inciso, el resultado del área del segmento circular, siempre aparecerá con signo negativo, como indicación a que el área de este segmento será restada a la del polígono que lo contiene:

INGRESAR: 1 R/S

PANTALLA: RESULTADOS

A.SC = -(Valor del área del segmento circular)

R/S

PANTALLA: SON TODOS? R/S

PANTALLA: SI ≠ 1 NO ≠ 2 (continuar con el paso 9).

b) La curva es convexa. En este inciso, el resultado del área del segmento circular, siempre aparecerá con signo positivo, como indicación a que el área de este segmento será sumada a la del polígono que lo contiene:

INGRESAR: 2 R/S

PANTALLA: RESULTADOS

A.SC = Valor del área del segmento circular R/S

PANTALLA: SON TODOS? R/S

PANTALLA: SI ≠ 1 NO ≠ 2

PASO 9.- Si ya son todos los segmentos circulares por arear, se ingresará el número 1 (véase el inciso a de este paso). Si la respuesta es negativa, entonces, se ingresará el número 2 (véase el inciso b de este paso):

a) Ya no hay segmento(s) circular(es) por arear:

INGRESAR: 1 R/S

PANTALLA: ES TODO? R/S

PANTALLA: SI ≠ 1 NO ≠ 2

Si optamos por ingresar el número 1, deberemos continuar

a partir del aviso "AREA TOTAL" del paso 5, inciso a. Si por el contrario, optamos por ingresar el número 2, entonces, deberemos continuar a partir del aviso "DATOS" del paso 5, inciso b.

b) Aún hay segmento(s) circular(es) por arcar:

INGRESAR: 2 R/S (continuar con el paso 6).

3.9 EJEMPLOS DE APLICACION

EJEMPLO DE APLICACION No 1:

Se desea calcular el área rayada de la fig. 3.5, haciendo uso del program "AREA". Las coordenadas de sus vértices se indican en la misma, y los datos de las curvas 1 y 2, se muestran en la tabla 3.1.

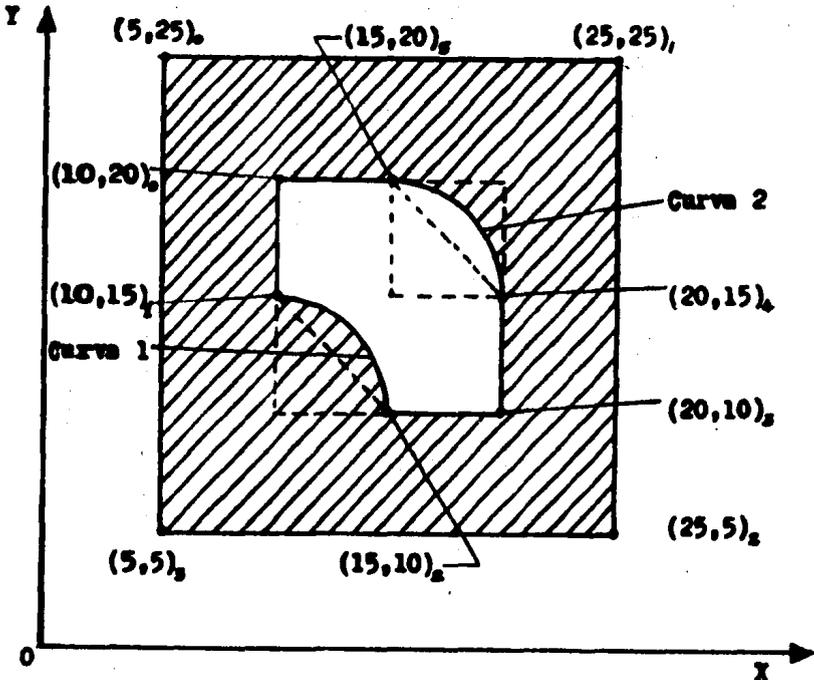


Figura 3.5.

CURVA No.	RADIO	DEFLEXION	CURVA:
			CONCAVA (CVA) CONVEJA (CVXA)
1	5	90 00'	CVXA
2	5	90 00'	CVA

TABLA 3.1

SOLUCION:

Se puede considerar que el área rayada de la fig. 3.5 está constituida por la figura a, menos la figura b, como se muestra a continuación:

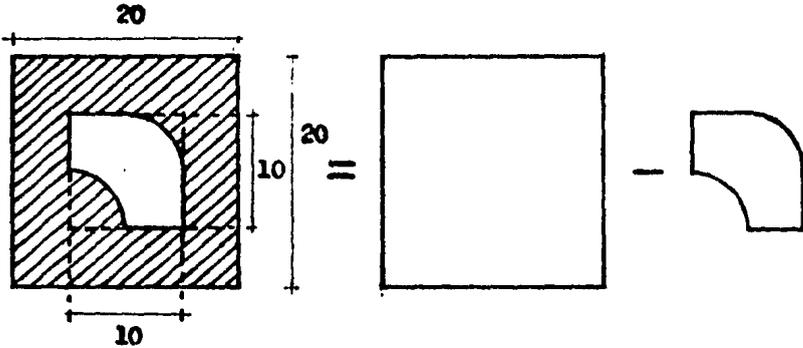


FIGURA 3.5 = FIGURA a - FIGURA b

Para poder arrear la fig. a mediante la utilización del programa "AREA", bastará ingresar las coordenadas de los vértices de este cuadrado de 20 X 20 unidades, siguiendo el mismo sentido de que el de las manecillas del reloj.

El cálculo del área de la figura b, se hará en dos partes:

en la primera se calculará el área del polígono compuesto únicamente por lados rectos; para ello, bastará ingresar las coordenadas correspondientes que aparecen en la fig. 3.5, pero ahora siguiendo un sentido contrario al de las manecillas del reloj, ya que el valor de esta área deberá restarse al ya calculado de la figura a.

En la segunda parte del areado de la figura b, se calcularán las áreas de los dos segmentos circulares correspondientes a las curvas simples 1 y 2. Siendo el segmento 1 convexo, y el 2 cóncavo, según la convención de la fig. 3.4.

De esta manera, el área total rayada que aparece en la fig. 3.5, será la que se obtenga de la diferencia entre el área de la figura a, menos el área de la figura b.

Por último, habiendo ejecutado el programa "AREA" y mediante la utilización de la impresora, se adjunta un listado con la solución del presente ejemplo de aplicación.

REQ "AREA"
AREA DE UN
POLIGONO.

DATOS
COORDENADAS :

X0=?
5 RUN
X0=5.0000
Y0=?
25 RUN
Y0=25.0000
X1=?
25 RUN
X1=25.0000
Y1=?
25 RUN
Y1=25.0000
X2=?
25 RUN
X2=25.0000
Y2=?
5 RUN
Y2=5.0000
X3=?
5 RUN
X3=5.0000
Y3=?
5 RUN
Y3=5.0000
X4=?
5 RUN
X4=5.0000
Y4=?
25 RUN
Y4=25.0000

REQ A
HAY SEG. CIRCULARES?
S111 NO12
2.00 RUN
ES TODO?
RUN
S111 NO12
2.00 RUN

RESULTADOS
AREA DEL POLIGONO:
A.POL=400.00

RUN

DATOS
COORDENADAS :

X0=?
10 RUN
X0=10.0000
Y0=?
20 RUN
Y0=20.0000
X1=?
10 RUN
X1=10.0000
Y1=?
15 RUN
Y1=15.0000
X2=?
15 RUN
X2=15.0000
Y2=?
10 RUN
Y2=10.0000
X3=?
20 RUN
X3=20.0000
Y3=?
10 RUN
Y3=10.0000
X4=?
20 RUN
X4=20.0000
Y4=?
15 RUN
Y4=15.0000
X5=?
15 RUN
X5=15.0000
Y5=?
20 RUN
Y5=20.0000
X6=?
10 RUN
X6=10.0000
Y6=?
20 RUN
Y6=20.0000
X7=?

REQ A
HAY SEG. CIRCULARES?
S111 NO12
1.00 RUN

RESULTADOS
AREA DEL POLIGONO:
A.POL=75.00

RUN

DATOS
AREAS DE LOS SEGMENTOS
CIRCULARES:

CURVA NUM?
CURVA NUM 1 :
R=?
5.00 RUN
R=5.00
DEF=?
90.0000 RUN
DEF=90.0000
CVX11 CVX12
2.00 RUN

RESULTADOS
A.SC=7.13

RUN

SON TODOS?

RUN

S111 NO12
2.00 RUN

CURVA NUM?
2 RUN

CURVA NUM 2 :
R=?
5.00 RUN

R=5.00
DEF=?
90.0000 RUN

DEF=90.0000
CVX11 CVX12
1.00 RUN

RESULTADOS
A.SC=7.13

RUN

SON TODOS?
RUN

S111 NO12
1.00 RUN

ES TODO?
RUN

S111 NO12
1.00 RUN

RESULTADOS
AREA TOTAL :

A.TOT=325.00

EJEMPLO DE APLICACION No. 2

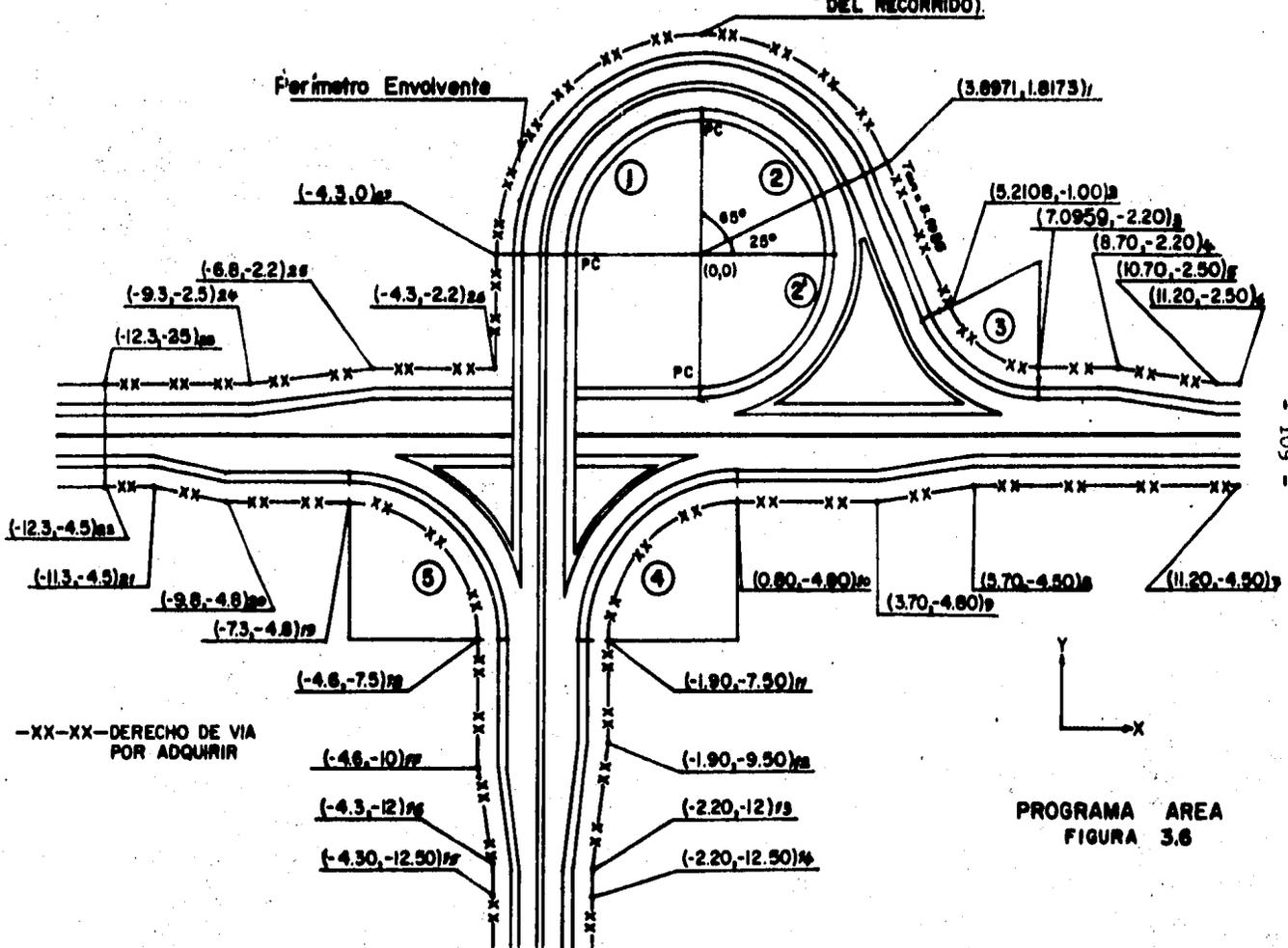
Se desea calcular el área total del derecho de vía por adquirir de la intersección a desnivel mostrada en la figura 3.6, dicha área se encuentra contenida en el perímetro envolvente identificado por la línea que simboliza los límites del derecho de vía por adquirir. En la figura aparecen también, las coordenadas de los puntos que habrán de alimentar el programa "AREA". Por último, los datos de las curvas son mostrados en la tabla 3.2.

CURVA No	RADIO	DEFLEXION	CURVA:	
			CONCAVA	CVA
			CONVEJA	CVXA
1	4.30	90 00'		CVXA
2	4.30	65 00'		CVXA
3	2.08	65 00'		CVA
4	2.70	90 00'		CVA
5	2.70	90 00'		CVA

Tabla 3.2

Habiendo ejecutado el programa "AREA", y mediante la utilización de la impresora, se adjunta un listado con la solución del presente ejemplo de aplicación.

(0,4.3) PUNTO DE INICIO DEL RECORRIDO



AREA DE UN
POLIGONO.

DATOS
COORDENADAS:

X0=0.0000	X13=-2.2000
Y0=4.3000	Y13=-11.0000
X1=3.8971	X14=-2.2000
Y1=1.2173	Y14=-12.5000
X2=5.2100	X15=-4.3000
Y2=-1.0000	Y15=-12.5000
X3=7.0959	X16=-4.3000
Y3=-2.2000	Y16=-12.0000
X4=8.7000	X17=-4.6000
Y4=-2.2000	Y17=-10.0000
X5=10.7000	X18=-4.6000
Y5=-2.5000	Y18=-7.5000
X6=11.2000	X19=-7.3000
Y6=-2.5000	Y19=-4.8000
X7=11.2000	X20=-9.8000
Y7=-4.5000	Y20=-4.8000
X8=5.7000	X21=-11.3000
Y8=-4.5000	Y21=-4.5000
X9=3.7000	X22=-12.3000
Y9=-4.0000	Y22=-4.5000
X10=0.0000	X23=-12.3000
Y10=-4.0000	Y23=-2.5000
X11=-1.5000	X24=-9.3000
Y11=-7.5000	Y24=-2.5000
X12=-1.9000	X25=-6.9000
Y12=-9.5000	Y25=-2.2000
	X26=-4.3000
	Y26=-2.2000
	X27=-4.3000
	Y27=0.0000
	X28=0.0000
	Y28=4.3000

RESULTADOS
AREA DEL POLIGONO

A.POL=127.76

RESULTADOS

AREA DEL POLIGONO:

A.POL=127.76

DATOS

AREAS DE LOS SEGMENTOS
CIRCULARES.

CURVA NUM 1 :

R=4.30

DEF=90.0000

RESULTADOS

A.SC=5.28

CURVA NUM 2 :

R=4.30

DEF=65.0000

RESULTADOS

A.SC=2.11

CURVA NUM 3 :

R=2.00

DEF=65.0000

RESULTADOS

A.SC=-0.49

CURVA NUM 4 :

R=2.70

DEF=90.0000

RESULTADOS

A.SC=-2.00

CURVA NUM 5 :

R=2.70

DEF=90.0000

RESULTADOS

A.SC=-2.00

RESULTADOS

AREA TOTAL :

A.TOT=130.49

CAPITULO IV

PROGRAMA PARA EL CALCULO DE LA PLANTA DE GALIBOS.

4.1 OBJETIVO.

El conjunto de apartados de que consta este capítulo tiene como primordial objetivo proporcionar al lector en una forma objetiva y breve, la información necesaria para la correcta utilización de los programas para calculadora llamados: "PGA", "PGB" y "PGC". Los cuales se han elaborado con el deseo de ayudar en la realización de la planta de galibos de una intersección. En la zona de la misma, los caminos que se cruzan podrán tener un alineamiento horizontal en tangente, o en curva simple. Originándose en consecuencia tres casos:

Caso A: Intersección de dos caminos con sus alineamientos horizontales en tangente. Este caso será resuelto por el programa "PGA".

Caso B: Intersección de un camino con alineamiento horizontal en tangente con uno en curva simple. Este caso será resuelto por el programa "PGB".

Caso C: Intersección de dos caminos con sus alineamientos horizontales en curva simple. Este caso será resuelto por el programa "PGC".

Mediante la utilización de estos programas podremos determinar en una forma exacta, entre otros resultados, los cadenamientos y coordenadas que ubican los puntos críticos donde se quiera conocer la altura mínima o galibo vertical de diseño de una intersección a desnivel.

4.2. INTRODUCCION

Cuando un entronque a nivel no tenga la capacidad suficiente para alojar los movimientos de la intersección, y cuando el índice de accidentes de tránsito en la misma ha probado que los volúmenes son demasiado altos para que coexistan al mismo nivel, será necesario tener una intersección a desnivel donde las corrientes de tránsito pasen por la misma y a un nivel diferente.

La estructura que permitirá el tránsito simultáneo y la separación de niveles, deberá adaptarse a los alineamientos horizontal y vertical, así como a la sección transversal de las vías que se cruzan, puesto que la estructura debe subordinarse al camino y no el camino a la estructura.

El proyectista deberá determinar los claros y gálibos de diseño de la estructura de acuerdo con las disposiciones establecidas por las autoridades competentes. Asimismo, tocante a su ancho, altura y ubicación, habrá de ajustarse a los requerimientos federales, estatales o locales según sea el caso; de manera que los vehículos que transiten por el camino inferior, libren la estructura del camino superior con toda seguridad. Pero para poder asegurar que ésto así suceda, es decir, que el gálibo mínimo de diseño se cumple en todos los puntos críticos, antes será necesario realizar una serie de cálculos, ajustes y consideraciones enmarcadas en una etapa de proyecto conocida con el nombre de "Cálculo de la Planta de Gálibos de una Intersección".

En esta etapa de cálculo, deberán determinarse los cadenamientos precisos de los puntos de interés en que se revisarán los gálibos de una intersección. Por esta razón y con la intención de ayudar a los proyectistas relacionados con el tema y personas afines en los cálculos de esta etapa, se han elaborado los programas llamados "PGA", "PGB" y "PGC", con los cuales podrán calcularse dichos puntos y cadenamientos con un considera-

ble ahorro de tiempo y esfuerzo.

El proceso de cálculo de una planta de gálibos consiste a grandes rasgos en lo siguiente: primeramente se definen las rasantes de los caminos que se cruzan. Para ello, antes deberemos conocer la altura máxima de diseño en la zona del gálibo para que tentativamente ajustemos las rasantes de ambos caminos a tal gálibo en dicha zona. Cabe aclarar que el gálibo de diseño al que nos referiremos en lo sucesivo de esta explicación, será el medido desde la rasante del camino inferior hasta la rasante del camino superior; ésto significa que en dicho gálibo se involucran la suma de dos distancias verticales: la primera, medida desde la rasante del camino inferior hasta el lecho inferior de la estructura, más la segunda, medida desde el lecho inferior de la estructura hasta la rasante del camino superior (espesor de la superestructura). Los ajustes de las rasantes estarán supeditados a las condiciones que gobiernan el proyecto; usualmente estas condiciones pueden caer en alguno de los tres casos siguientes:

- 1.- La influencia de la topografía es predominante y el proyecto debe adaptarse a ella.
- 2.- La topografía no favorece ningún proyecto en particular.
- 3.- Las especificaciones relativas al alineamiento horizontal y vertical de uno de los caminos son lo suficientemente importantes para no subordinarlas a la topografía y probablemente para elegir un proyecto que no se ajuste a ella.

Como regla general, el proyecto que mejor se adapta a la topografía existente será el más agradable y el más económico de construir y mantener. La excepción a esta regla se presenta cuando debe darse preferencia al camino principal donde el tránsito puede ser tan intenso y con un porcentaje tan alto de vehículos pesados, que deban evitarse los columpios y crestas

en su alineamiento vertical y el proyecto del camino secundario se subordina al perfil del camino principal, que sufrirá sólo ligeros ajustes para ayudar a adaptar el camino secundario a la topografía.

En la mayoría de los casos, los proyectistas se ven obligados por economía a elaborar proyectos que se ajusten a la topografía existente.

Después de haber ajustado las rasantes de los caminos en sus perfiles correspondientes, se procede a revisar el gálibo de diseño en los puntos donde se tenga una diferencia de altura mínima, es decir, en los puntos conocidos como críticos. La altura en dichos puntos, generalmente corresponde a los puntos de mayor elevación del camino inferior, y a los de menor elevación del camino superior. La ubicación de los mencionados puntos críticos y de cualquier otro, mediante sus coordenadas y cadenamientos podrá calcularse utilizando alguno de los programas "PGA", "POB" y "PGC" según sea el caso que se presente. Teniéndose en esta etapa de cálculo de la planta de gálibos la ya mencionada a ayuda que dichos programas pueden brindar al calculista. Conocida la ubicación de dichos puntos, se procede ahora a determinar en cada uno de ellos el gálibo al que están separados los dos caminos que se cruzan. Con cada uno de los cadenamamientos que ubican al punto de cruce en cuestión y referidos a sus respectivos ejes de proyecto de los caminos; se busca en los perfiles correspondientes las elevaciones que dicho punto tiene a nivel de la rasante para ambos caminos. Las elevaciones así determinadas no serán las definitivas e reales, a menos que el punto en cuestión se encuentre sobre ambos ejes de los caminos.

El cálculo de las elevaciones reales en este punto, deberá realizarse considerando lo siguiente: a) separación a la que se encuentra dicho punto de los ejes de proyecto; b) ancho de la sección; c) sobreelevación o bombeo; d) tangente longitudinal; e) ampliación, y f) sobrecancho de los caminos.

La diferencia de estas elevaciones reales así calculadas nos definirá la distancia vertical o gálibo al que estarán separados los dos caminos en dicho punto.

En forma análoga a lo anteriormente explicado se calcula rá para cada uno de los demás puntos restantes su correspon- diente distancia vertical. Los gálibos así calculados, podrán resultar ser mayores, menores o iguales que el gálibo permisi- ble de diseño, entonces, si lo amerita, deberán reajustarse las rasantes de los caminos en la zona de cruce; ya sea que se modifique la inferior o la superior según convenga. Si por el contrario, todos los puntos cumplen con el gálibo de diseño, solo restará entonces, vaciarse la información de los puntos de cruce que fueron de nuestro interés analizar, en un plano que contenga en planta el dibujo de la zona de intersección de los caminos a la escala 1:100. En dicho plano, conocido con el nom- bre de "Planta de Gálibos", se mostrarán los dos caminos que se intersecan, las dimensiones de sus respectivas secciones transversales, y para cada uno de los puntos de cruce en que se quiera verificar el gálibo de diseño, deberán indicarse los cad- ernamientos que ubican al punto en cuestión, referidos a los respectivos ejes de los caminos.

Se indicarán también, las elevaciones que dichos puntos tienen tanto para el camino inferior como para el superior; así como la diferencia de estas dos elevaciones que definirán la distancia vertical a que estarán separados ambos caminos (que deberá cumplir con el gálibo, permisible de diseño). También deberá aparecer la sobreelevación y/o bombazos de los mismos.

Las figuras 4.5, 4.9 y 4.11 complementan lo anteriormente expuesto; mostrando en planta la intersección de dos caminos cu- ya consecuencia son cinco puntos de cruce que por su ubicación, son generalmente considerados como puntos críticos en que se ame- rita la revisión del gálibo de diseño.

A continuación se muestran las especificaciones concernientes a los espacios libres laterales y verticales permisibles para un paso a desnivel. Pero antes, cabe hacer mención que los pasos a desnivel se clasifican en dos tipos, de acuerdo con la ubicación relativa entre las vías que los forman, ellos son:

a) Pasos superiores. Son aquellos en los que el camino pasa arriba de otra vía de comunicación terrestre.

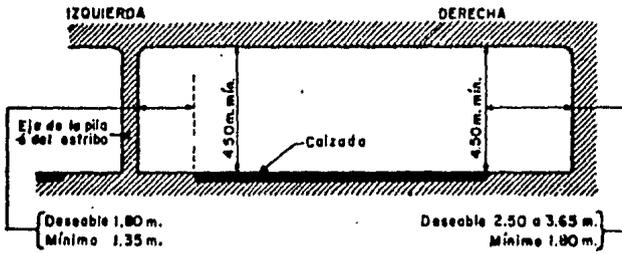
b) Pasos inferiores. Son aquellos en que el camino pasa abajo de otra vía de comunicación terrestre.

ESPECIFICACIONES (1).

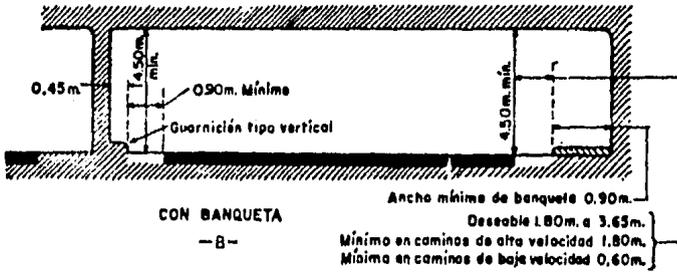
Pasos Inferiores:

En la fig. 4.1 se indican los espacios libres laterales y verticales para un paso inferior. Se ha visto que el efecto de los objetos verticales a los lados del camino tiene poca o ninguna influencia en el comportamiento del tránsito cuando se hallan a 1.80 m o más de la orilla de la calzada. De ahí que este valor debe considerarse como el espacio libre lateral mínimo desde la orilla de la calzada hasta el estribo, pila o elemento estructural correspondiente, aunque algunas veces es necesario aumentar este espacio en el lado interno de las curvas, con objeto de proporcionar la distancia de visibilidad requerida. Para autopistas con cuerpos separados en las que sea posible proyectar una pila para la estructura en la faja central, el espacio libre lateral en el lado izquierdo de cada cuerpo puede reducirse, ya que los conductores van sentados en lado izquierdo del vehículo, esta reducción puede llegar hasta un mínimo 1.35m siendo recomendable conservar el espacio libre lateral de 1.80m. La fig. 4.1A muestra un paso inferior en el que el camino tiene acotamiento a la derecha y existe una pila central a la izquier-

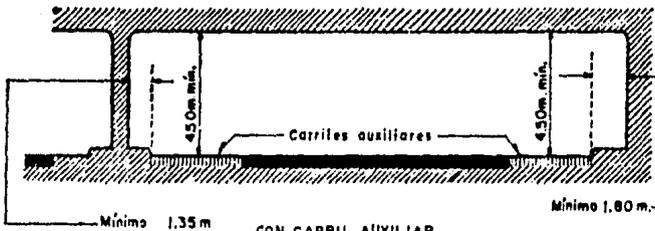
(1) "Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras", Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, México, 1977 pp. 635-640



CON ACOTAMIENTO
-A-



CON BANQUETA
-B-



CON CARRIL AUXILIAR
-C-

Figura 4.1. Espacios libres laterales y verticales para pasos inferiores.

da del cuerpo.

En caso de proyectarse banquetas a través del paso inferior, fig. 4.1B, estas deben tener un ancho mínimo de 0.90 m y cuando el tránsito de peatones sea considerable, el ancho estará comprendido entre 1.20 y 1.80 m. La distancia entre la orilla de la calzada y la guarnición de la banqueta debe ser de 1.80 m como mínimo, para caminos de alta velocidad y de 0.60 m para caminos de menor importancia. Para el lado izquierdo, cuando se trate de cuerpos separados, se proporcionará el espacio mínimo de 1.35 m pudiéndose colocar una guarnición vertical de 0.45 m del paño interior de la pila, quedando un espacio mínimo de la guarnición a la orilla de la calzada de 0.90 m.

En la fig. 4.1C se ilustra el caso en que se proporcionan carriles auxiliares bajo la estructura, la orilla externa del carril auxiliar debe considerarse como la orilla de la calzada. Debido a que en los carriles auxiliares la velocidad es más baja y los conductores aceptan mayores restricciones, los valores mínimos indicados para los espacios libres laterales son los recomendables en estos casos.

La altura libre vertical de todas las estructuras para pasos inferiores debe ser por lo menos de 4.50 m en todo el ancho de los carriles de tránsito incluyendo los acotamientos. Esta dimensión considera la altura máxima de los vehículos de motor actuales y prevé la posibilidad de una sobre carpeta.

Pasos Superiores.

Para los pasos superiores el espacio libre vertical no está limitado y el espacio horizontal está supeditado a la ubicación de las guarniciones y parapetos.

La sección normal del camino incluyendo los acotamientos,

debe conservarse en todas las estructuras de pasos superiores. En la fig. 4.2 se indican los espacios libres laterales mínimos y deseables para las estructuras de pasos superiores en los diferentes tipos de carreteras.

PASOS PARA PEATONES Y GANADO

a) Pasos superiores. En la fig. 4.3A se indican las dimensiones mínimas para la estructura del cruce de una carretera que pasa por arriba, con una vía para peatones y ganado que pase por abajo. Este tipo de obras generalmente se proyecta para las carreteras de acceso controlado y para los caminos con altos volúmenes de tránsito y frecuentes cruces con peatones y ganado.

b) Pasos inferiores. Cuando sea necesario proporcionar un paso inferior para peatones y ganado deberá proyectarse considerando un ancho libre que permita el paso de un vehículo. (Ver el inciso de pasos para vehículos).

Existen caminos en los que es necesario proporcionar pasos a desnivel para peatones exclusivamente, éstos pueden ser inferiores o superiores, los cuales pueden llevar escaleras o rampas de acceso.

En la mayoría de los casos es preferible proyectar pasos para peatones en los cuales la carretera pase por abajo y los peatones por arriba, ya que en los pasos superiores los peatones tienen que pasar por abajo de la carretera, a través de subterráneos que no invitan a su uso o infunden temor sobre todo cuando no están iluminados. En los pasos inferiores el desnivel es mayor que en los pasos superiores, por lo que algunas veces se hace necesario restringir el cruce a nivel con mallas

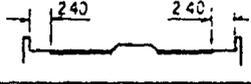
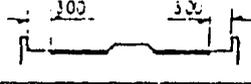
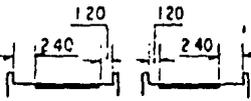
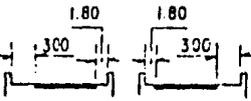
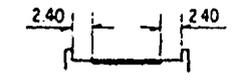
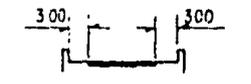
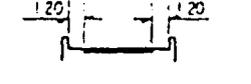
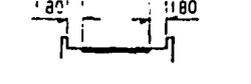
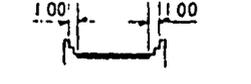
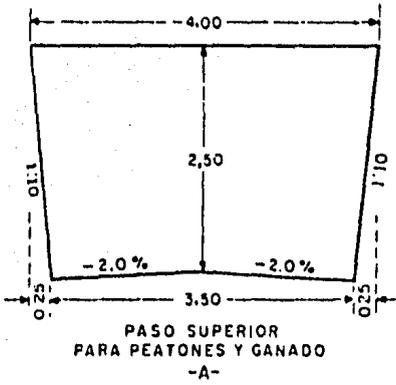
TIPO DE CARRETERA	ANCHO DE LA ESTRUCTURA	
	MINIMO	DESEABLE
CARRETERA DIVIDIDA DE 4 CARRILES CON ESTRUCTURA SIMPLE		
CARRETERA DIVIDIDA DE 4 CARRILES CON DOBLE ESTRUCTURA		
CARRETERA PRINCIPAL DE 2 CARRILES		
CARRETERA SECUNDARIA DE 2 CARRILES		
CARRETERA DE BAJO VOLUMEN		

Figura 4.2. Espacios libres laterales en pasos superiores.



NOTA: Estas dimensiones corresponden a las del camino secundario

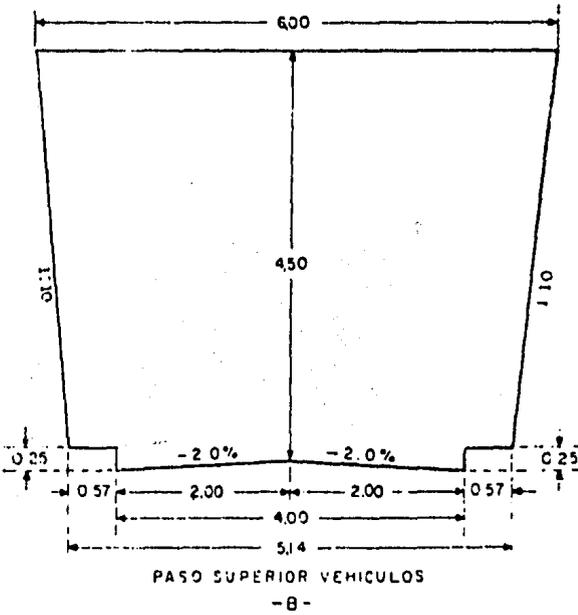


Figura 4.3. Espacios libres laterales y verticales.

de alambre obligando al peatón a usar la escalera. El ancho libre de estos pasos depende del número de peatones, pero como mínimo debe ser de 1.50 m, lo cual permite que se camine cómodamente incluso portando bultos.

PASOS PARA VEHICULOS

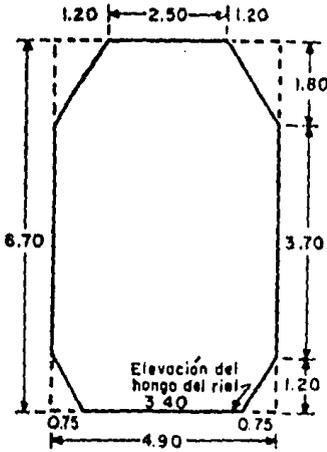
En la fig. 4.3B se indican las dimensiones mínimas de un paso superior para vehículos, el cual se utiliza cuando el camino que pasa por abajo es de bajas especificaciones, permitiéndose en el paso un solo carril de circulación. Estas dimensiones deben considerarse, cuando se trate de proyectar pasos para maquinaria agrícola.

Para paso inferior y tratándose de un camino secundario como el anterior, la anchura libre mínima deberá ser de 4.00m.

Para ambos casos, cuando el camino secundario tenga mejores especificaciones que las citadas, es de recomendarse que dentro del paso se conserve el mismo ancho del camino, para lo cual al proyectar la estructura, deberá tomarse en cuenta los criterios referentes al camino principal antes mencionado.

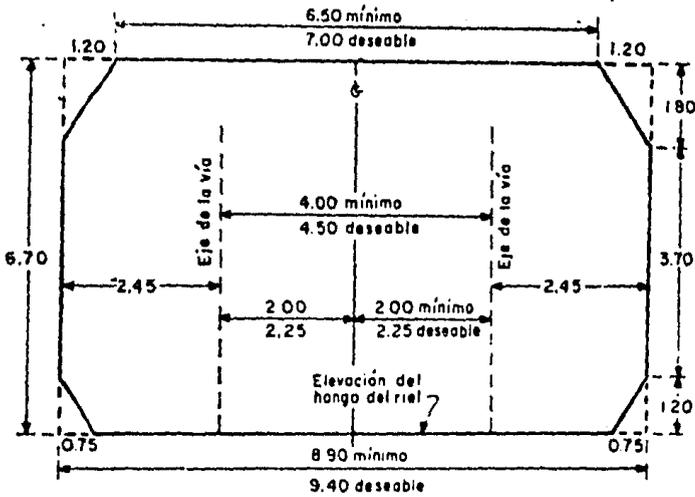
PASOS PARA FERROCARRIL

En la fig. 4.4 se indican los espacios libres horizontales y verticales necesarios para un paso superior para ferrocarril de una o dos vías. Las normas mencionadas para el alineamiento vertical de la carretera son aplicables en este tipo de pasos.



NOTA: Las dimensiones indicadas son aplicables cuando el F.C. está en tangente.

PASO SUPERIOR DE F.C.



PASO SUPERIOR DE F.C.

Figura 4.4. Paso superior para ferrocarril.

4.3 CASO A: INTERSECCION DE DOS CAMINOS CON SUS ALINEAMIENTOS HORIZONTALES EN TANGENTE.

4.3.1 Descripción general

Los incisos siguientes, contienen la información que debe-
ra conocer el lector, a fin de que pueda utilizar adecuadamente
el programa llamado "PGA" (Planta de Gálivos caso A). Este pro-
grama está orientado a ayudar en la elaboración de la planta de
gálivos de dos caminos que se intersectan, y cuyo alineamiento
horizontal de ambos, en la zona de cruce es en tangente (case A).

Mediante la utilización de este programa, el usuario podrá
obtener el valor de los cadenamientos y las coordenadas del pun-
to exacto en que ocurre la intersección entre ejes, o bien, de
rectas paralelas separadas a cierta distancia de los mismos.

Los incisos que más adelante se describirán con mayor deta-
lle se han dispuesto en el siguiente orden: primeramente, se
presentará el algoritmo utilizado en el programa "PGA" que dará
solución al ya mencionado caso A; dicho algoritmo consta de las
expresiones matemáticas deducidas de la geometría analítica que
habrán de ser ejecutadas por la calculadora, siguiendo un esque-
ma de proceso lógico de cálculo.

En segundo lugar se explicarán cuáles son los datos de en-
trada necesarios para poder utilizar adecuadamente el programa
"PGA", y cuáles, los datos de salida (resultados) que obtendre-
con la aplicación del mismo.

Seguidamente a los datos de entrada y de salida, mediante
un diagrama de flujo se tendrá una semblanza gráfica del progra-
ma "PGA", mostrándose la secuencia de ejecución de las diferen-
tes etapas de cálculo que se ha ordenado ejecutar a la máquina,
y la interrelación entre las distintas partes que integran dicho
programa.

Como cuarto punto, haciendo uso de la impresora, se presentará un listado con la codificación de los programas "PGA" y "COMP"; considerando a este último como un complemento necesario para la ejecución del primero. En este listado aparecerán impresas todas las instrucciones de que constan los mencionados programas, en un lenguaje propio de la máquina calculadora.

El siguiente punto expuesto, contendrá las instrucciones del usuario, es decir, las indicaciones que deberá seguir el usuario, a fin de que realice una correcta aplicación del programa "PGA".

Como último punto, mediante la solución de un ejemplo de aplicación al caso A, se espera que ahora en una forma práctica y objetiva, se logren conjuntar los puntos anteriormente expuestos y con ello alcanzar cabalmente los objetivos señalados al principio de este capítulo.

Para finalizar, en el apéndice A se cuenta con una breve pero útil metodología para la solución de un problema con ayuda de una calculadora programable. En el apéndice B aparece la simbología utilizada en la realización del diagrama de flujo. Y en el apéndice C, aparece la deducción de las expresiones matemáticas utilizadas en la solución del presente caso A.

4.3.2 Algoritmo de solución

El conjunto de expresiones matemáticas utilizadas para la solución del caso A, y que sustentan la estructura del presente algoritmo, son las que a continuación se muestran:

1.- $MA = \tan(90^\circ - AZ1)$

2.- $MB = \tan (90^\circ - AZ2)$

3.- $XA = SEPa \left[\sin (AZ1 + 90^\circ) \right] + X1$

4.- $YA = SEPa \left[\cos (AZ1 + 90^\circ) \right] + Y1$

5.- $ba = YA - MA \cdot XA$

6.- $XB = SEpb \left[\sin (AZ2 + 90^\circ) \right] + X2$

7.- $YB = SEpb \left[\cos (AZ2 + 90^\circ) \right] + Y2$

8.- $bb = YB - MB \cdot XB$

9.- $Xn = \frac{bB - ba}{MA - MB}$

10.- $Yn = MA \cdot Xn + ba$

11.- $CADa = \sqrt{(Xn - XA)^2 + (Yn - YA)^2} + PSTa$

12.- $CADb = \sqrt{(Xn - XB)^2 + (Yn - YB)^2} + PSTb$

Donde:

MA = Pendiente de la tangente del eje de proyecto del camino A

$AZ1$ = Azimut de la tangente del eje A

MB = Pendiente de la tangente del eje de proyecto del camino B

$AZ2$ = Azimut de la tangente del eje B

(XA, YA) = Coordenadas de un punto sobre la tangente a intersectarse paralela al eje A

$SEPa$ = Distancia de separación del punto de cruce al eje A

$(X1, Y1)$ = Coordenadas del punto de referencia, contenido en la tangente del eje A

ba = Ordenada al origen de la tangente a intersectarse, paralela al eje A

(XB, YB) = Coordenadas de un punto sobre la tangente a intersectarse, paralela al eje B

$SEpb$ = Distancia de separación del punto de cruce al eje B

$(X2, Y2)$ = Coordenadas del punto de referencia contenido en la tangente del eje B

bB = Ordenada al origen de la tangente a intersectarse paralela al eje B

$(Xn, Yn)_i$ = Coordenadas de la intersección de dos rectas en el punto i

$CADa$ = Cadenamiento del punto i de intersección referido al eje A

$PSTa$ = Cadenamiento del punto de referencia contenido en la tangente del eje A

$CADb$ = Cadenamiento del punto i de intersección referido al eje B

$PSTb$ = Cadenamiento del punto de referencia contenido en la tangente del eje B

4.3.3 Datos de entrada y de salida

4.3.3.1 Datos de entrada

Antes de ingresar los datos que habrán de alimentar el programa "PGA", y con el fin de referir correctamente los datos a cada uno de los caminos que se cruzan, deberá definirse a cuál de los ejes de los dos caminos involucrados en el cruce se le identificará como eje A o como eje B. Por lo general, se le asigna la letra A al eje de proyecto del camino principal y la letra B al de menor importancia o secundario. Pero finalmente, dicha elección pedrá el usuario realizarla a su gusto.

A continuación se presentan los datos básicos necesarios que deberán suministrarse al programa "PGA" para cada uno de los ejes:

Datos del eje A:

a) Coordenadas del punto de referencia contenido en la

tangente del eje A ((X1,Y1)).

b) Azimut de la tangente del eje A (AZ1).

c) Ordenamiento del punto de referencia contenido en la tangente del eje A (PSTa).

d) Distancia de separación del punto de cruce al eje A (SEPa).

Datos del eje B:

a) Coordenadas del punto de referencia contenido en la tangente del eje B ((X2,Y2)).

b) Azimut de la tangente del eje B (AZ2).

c) Ordenamiento del punto de referencia contenido en la tangente del eje B (PSTb).

d) Distancia de separación del punto de cruce al eje B (SEPB).

4.3.3.2 DATOS DE SALIDA

El programa "TGA" mostrará a través de sus diferentes etapas de cálculo los siguientes resultados :

a) Angulo de desviamiento formado por los dos ejes de proyección de los caminos que se cruzan (\angle).

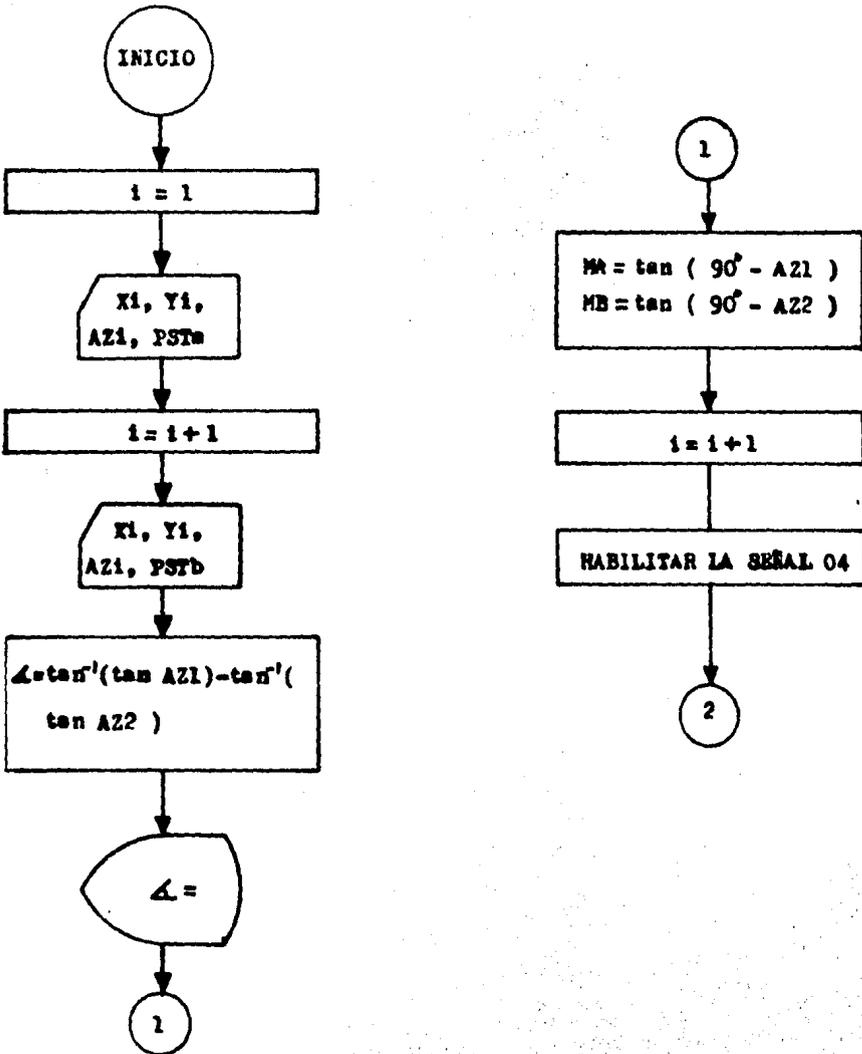
b) Coordenadas del punto i de intersección ((Xn,Yn)i).

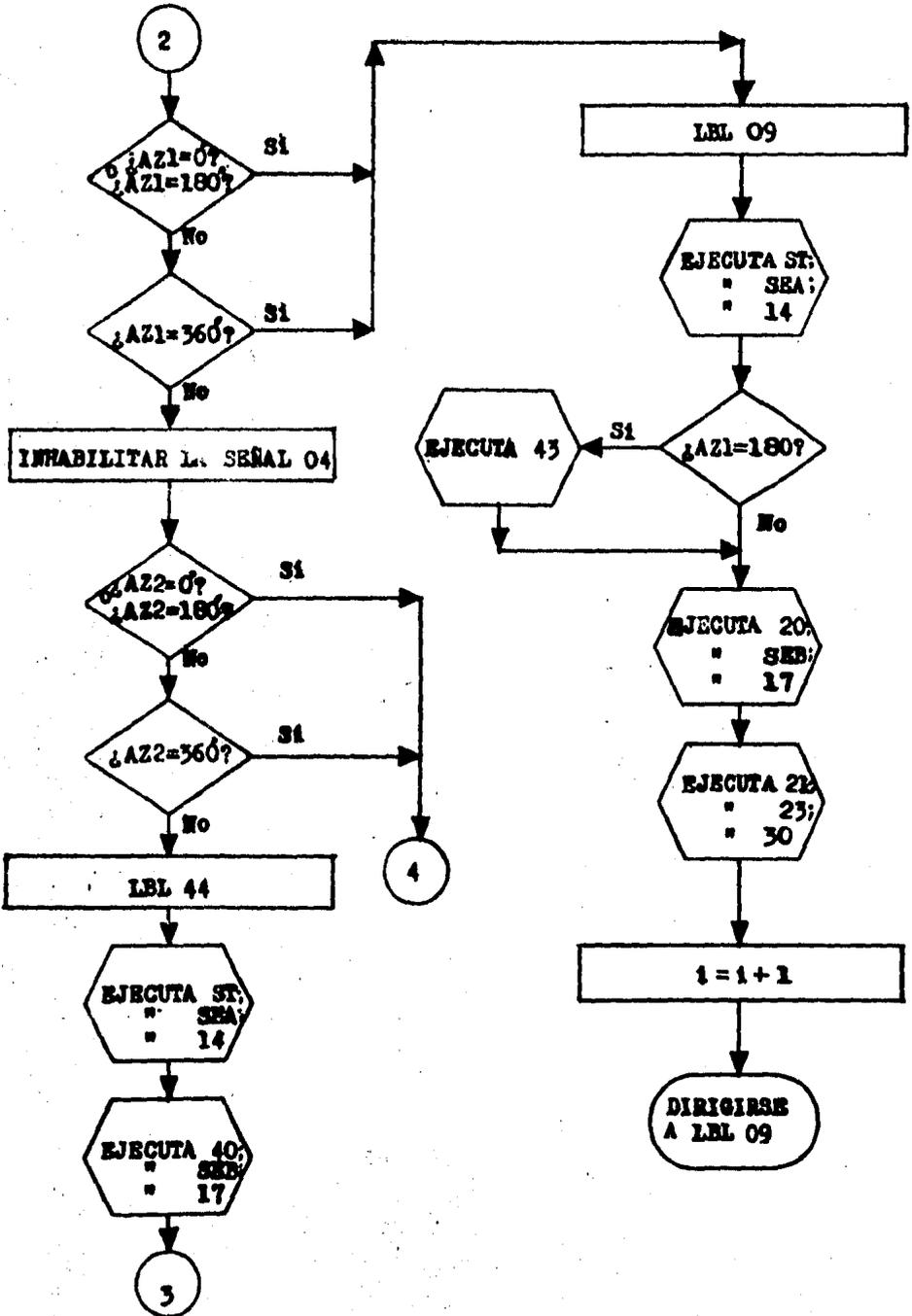
c) Ordenamiento del punto i de intersección referido al eje A (CADa).

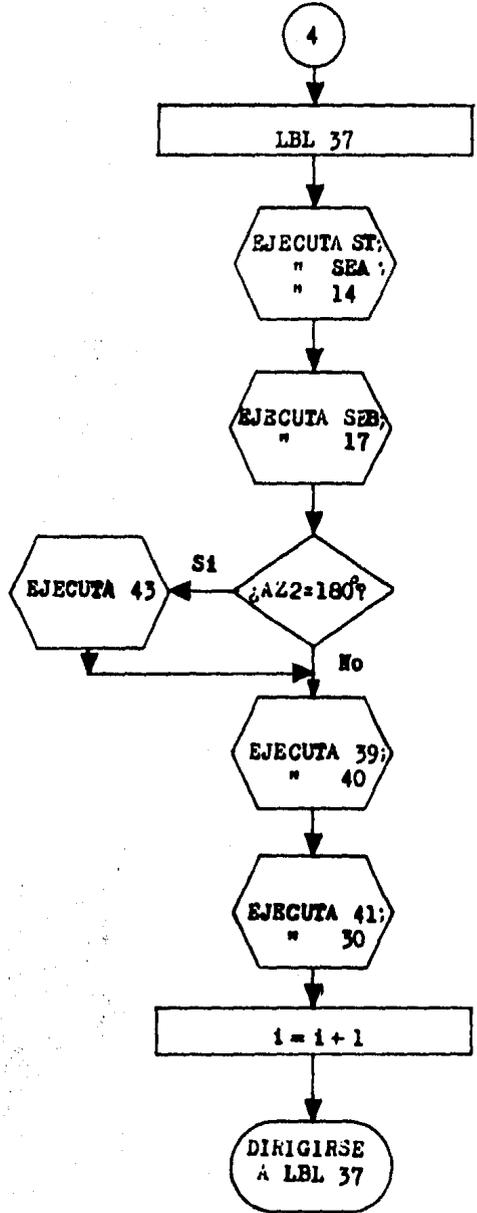
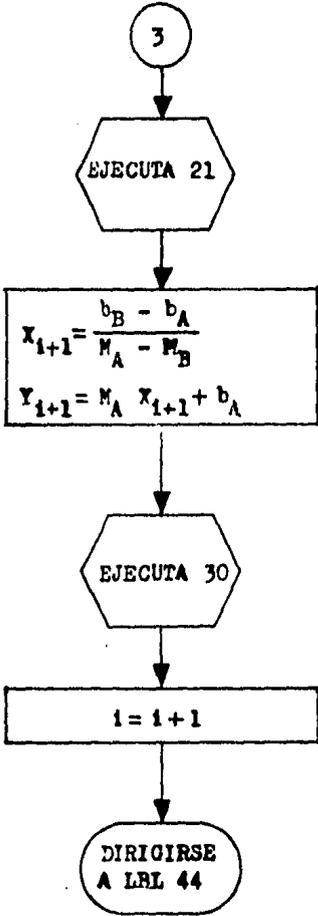
d) Ordenamiento del punto i de intersección referido al eje B (CADb).

4.3.4 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA "PGA"

(CASO A: INTERSECCION DE DOS CAMINOS EN TANGENTE).







LBL 14

$$= SEP a [\text{sen}(AZ1+90^\circ)] + X1$$

$$= SEP a [\text{cos}(AZ1+90^\circ)] + Y1$$

REGRESA

LBL 17

$$X_B = SEP b [\text{sen}(AZ2+90^\circ)] + X2$$

$$Y_B = SEP b [\text{cos}(AZ2+90^\circ)] + Y2$$

REGRESA

LBL 20

$$X_{i+1} = X1 + SEP a$$

REGRESA

LBL 21

$$b_B = Y_B - M_B \cdot X_B$$

REGRESA

LBL 23

$$Y_{i+1} = M_B \cdot X_{i+1} + b_B$$

REGRESA

LBL 30

RESULTADOS:
 $X_{i+1} =$
 $Y_{i+1} =$

$$CADa = \sqrt{(X_{i+1} - X_A)^2 + (Y_{i+1} - Y_A)^2} + PSTa$$
$$CADb = \sqrt{(X_{i+1} - X_B)^2 + (Y_{i+1} - Y_B)^2} + PSTb$$

CADa =
CADb =

REGRESA

LBL 39

$$X_{i+1} = X_2 + SEPb$$

REGRESA

LBL 40

$$b_A = Y_A - M_A \cdot X_A$$

REGRESA

LBL 41

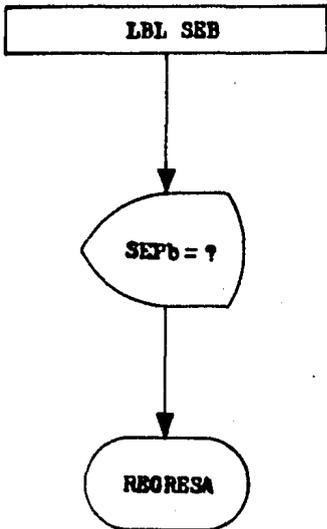
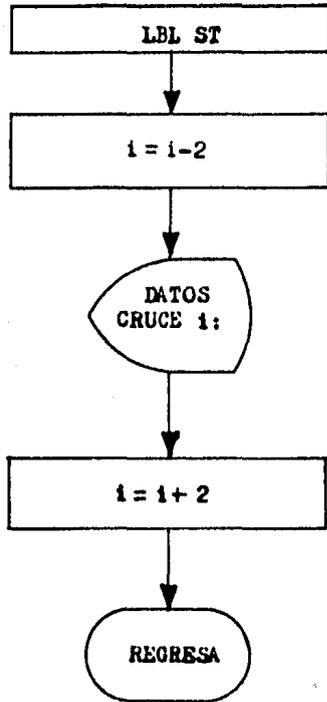
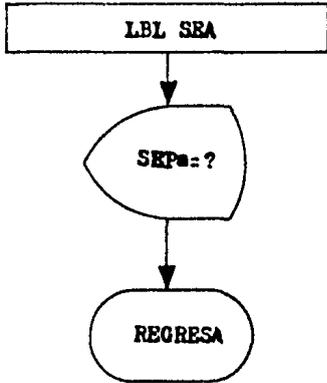
$$Y_{i+1} = M_A \cdot X_{i+1} + b_A$$

REGRESA

LBL 43

$$\begin{matrix} \circ & -(SEP_a) \\ & -(SEP_b) \end{matrix}$$

REGRESA



4.3.5 LISTADO DEL PROGRAMA
PGA:

01•LEL•PGA*	53 STO 00	104 X=Y?	152 RTN	202 STO 12
02 26	54 XEQ 14	105 XEQ 43		203 PTN
03 XEQ *REM?*	55 XEQ 40	106 XEQ 39	153•LBL 30	
04 XEQ *S1*	56 XEQ *SEB*	107 XEQ 40	154 SF 21	204•LBL 41
05 SF 00	57 STO 00	108 XEQ 41	155 CF 02	205 RCL 23
06 XEQ *0*	58 XEQ 17	109 ADV	156 SF 03	206 RCL 17
07 XEQ *XY*	59 XEQ 21	110 XEQ *RE*	157 RCL 17	207 *
08 SF 01	60 RCL 05	111 XEQ 30	158 XEQ *X*	208 RCL 12
09 XEQ *PS*	61 RCL 12	112 TONE 9	159 RCL 18	209 +
10 RCL 03	62 -	113 GTO 37	160 XEQ *Y*	210 STO 18
11 STO 04	63 RCL 23		161 RCL 11	211 RTN
12 XEQ *PS•*	64 RCL 24	114•LBL 14	162 -	
13 RCL 03	65 -	115 RCL 04	163 X12	212•LBL 43
14 STO 06	66 /	116 STO 03	164 RCL 17	213 RCL 00
15 TAN	67 STO 17	117 XEQ *XP*	165 RCL 10	214 CHS
16 ATAN	68 XEQ 41	118 STO 10	166 -	215 STO 00
17 RCL 04	69 ADV	119 X<Y	167 X12	216 RTN
18 TAN	70 XEQ *RE*	120 STO 11	168 +	
19 ATAN	71 XEQ 30	121 RTN	169 SQRT	217•LBL 45
20 -	72 TONE 9		170 RCL 13	218 RCL 93
21 ABS	73 GTO 44	122•LBL 17	171 +	219 0
22 HMS		123 SF 00	172 XEQ *CA*	220 X=Y?
23 SF 21	74•LBL 09	124 RCL 06	173 RCL 10	221 GTO 46
24 ADV	75 XEQ *ST*	125 STO 03	174 RCL 16	222 X<Y
25 *Δ=*	76 XEQ *SEA*	126 XEQ *XP*	175 -	223 100
26 XEQ *AB*	77 STO 00	127 STO 15	176 X12	224 X=Y?
27 90	78 XEQ 14	128 X<Y	177 RCL 17	225 GTO 46
28 ENTER†	79 RCL 04	129 STO 16	178 RCL 15	226 X<Y
29 ENTER†	80 100	130 RTN	179 -	227 360
30 RCL 04	81 X=Y?		180 X12	228 X=Y?
31 -	82 XEQ 43	131•LBL 20	181 +	229 GTO 46
32 TAN	83 XEQ 20	132 RCL 01	182 SQRT	230 RTN
33 STO 23	84 XEQ *SEB*	133 RCL 00	183 RCL 25	
34 RDW	85 STO 00	134 +	184 +	231•LBL 46
35 RCL 06	86 XEQ 17	135 STO 17	185 XEQ *CA•*	232 FS?C 04
36 -	87 XEQ 21	136 RTN	186 1	233 GTO 09
37 TAN	88 XEQ 23		187 ST+ 22	234 GTO 37
38 STO 24	89 ADV	137•LBL 21	188 ADV	235 END
39 1	90 XEQ *RE*	138 RCL 16	189 RTN	
40 ST+ 22	91 XEQ 30	139 RCL 24		
41 SF 04	92 TONE 9	140 RCL 15	190•LBL 39	
42 RCL 04	93 GTO 09	141 *	191 RCL 00	
43 STO 03		142 -	192 RCL 00	
44 XEQ 45	94•LBL 37	143 STO 05	193 +	
45 CF 04	95 XEQ *ST*	144 RTN	194 STO 17	
46 RCL 06	96 XEQ *SEA*		195 RTN	
47 STO 03	97 STO 00	145•LBL 23		
48 XEQ 45	98 XEQ 14	146 RCL 24	196•LBL 40	
	99 XEQ *SEB*	147 RCL 17	197 RCL 11	
49•LBL 44	100 STO 00	148 *	198 RCL 23	
50 CF 04	101 XEQ 17	149 PCL 05	199 RCL 10	
51 XEQ *ST*	102 RCL 06	150 +	200 *	
52 XEQ *SEA*	103 100	151 STO 18	201 -	

LISTADO DEL
PROGRAMA
COMP

01*LBL *COMP*		106 SF 12	159*LBL *SEA*	211 FS?C 03
02*LBL *AE*	53*LBL *DA*	107 XEQ *DA*	160 *SEPa=?	217 RTN
03 ARCL Y	54 *DATOS *	108 *EJE B *	161 PROMPT	213 SF 02
04 AVIEW	55 RTN	109 AVIEW	162 *SEPa=*	214 RTN
05 RTN		110 CF 12	163 XEQ *AB*	
	56*LBL *O*	111 XEQ *XY*	164 RTN	215*LBL *XP*
06*LBL *AZ*	57 ADV	112 XEQ *AZ*		216 90
07 *AZ*	58 SF 12	113 HR	165*LBL *SEB*	217 RCL 03
08 XEQ *C*	59 *CASO*	114 STO 0?	166 *SEPB=?	218 +
09 FS?C 02	60 FS? 00	115 FC? 01	167 PROMPT	219 ENTER↑
10 GTO *AZ*	61 *+ A *	116 *PCb=?	168 *SEPB=*	220 ENTER↑
11 SF 02	62 FS? 00	117 FS? 01	169 XEQ *AB*	221 COS
12 RTN	63 AVIEW	118 *PSTb=?	170 RTN	222 RCL 00
	64 FS?C 00	119 PROMPT		223 FS? 01
13*LBL *C*	65 *RECTA-RECTA*	120 STO 25	171*LBL *SI*	224 CHS
14 CF 29	66 FS? 01	121 FC? 01	172 SF 12	225 *
15 FIX 0	67 *+ B:*	122 *PCb=*	173 SF 27	226 FC? 00
16 ARCL 22	68 FS? 01	123 FS?C 01	174 * CALCULO DE*	227 RCL 02
17 *+*	69 AVIEW	124 *PSTb=*	175 AVIEW	228 FS? 00
18 FIX 4	70 FS?C 01	125 XEQ *AB*	176 *LA PLANTA DE*	229 RCL 09
19 SF 29	71 *RECTA-CURVA*	126 RTN	177 AVIEW	230 +
20 FS? 02	72 FS? 02		178 * GALIBOS.*	231 X<>Y
21 *+?	73 *+ C:*	127*LBL *PT*	179 AVIEW	232 SIN
22 FC? 02	74 FS? 02	128 ADV	180 CF 00	233 RCL 00
23 XEQ *AB*	75 AVIEW	129 SF 12	181 CF 01	234 FS?C 01
24 FC? 02	76 FS?C 02	130 XEQ *AB*	182 CF 02	235 CHS
25 RTN	77 *CURVA-CURVA*	131 AVIEW	183 CF 03	236 *
26 PROMPT	78 AVIEW	132 FIX 0	184 CF 04	237 FC? 00
27 RTN	79 ADV	133 CF 29	185 CF 05	238 RCL 01
	80 XEQ *DA*	134 * CRUCE*	186 CF 06	239 FS?C 00
28*LBL *CA*	81 *EJE A:*	135 ARCL 22	187 CF 07	240 RCL 08
29 FIX 2	82 AVIEW	136 *+ *	188 RTN	241 +
30 *CADa=*	83 CF 12	137 AVIEW		242 RTN
31 XEQ *AB*	84 RTN	138 FIX 4	189*LBL *ST*	
32 RTN		139 SF 29	190 I	243*LBL *XY*
	85*LBL *PS*	140 CF 12	191 ST- 22	244 SF 02
33*LBL *CA*	86 XEQ *AZ*	141 PTN	192 ST- 22	245 I
34 FIX 2	87 HR		193 XEQ *PT*	246 STO 22
35 *CADb=*	88 STO 03	142*LBL *PE*	194 I	247 XEQ *X*
36 XEQ *AB*	89 FC? 01	143 SF 12	195 ST+ 22	248 STO 02
37 RTN	90 *PCa=?	144 *RESULTADOS *	196 ST+ 22	249 RMN
	91 FS? 01	145 AVIEW	197 RTN	250 STO 01
38*LBL *CP*	92 *PSTa=?	146 CF 12		251 RTN
39 I	93 PROMPT	147 PTN	198*LBL *X*	
40 ST- 22	94 STO 13		199 *X*	252*LBL *XY*
41 ST- 22	95 FC? 01	148*LBL *PEM?*	200 XEQ *C*	253 I
42 XEQ *PT*	96 *PCa=*	149 SF 27	201 FS?C 02	254 ST+ 22
43 0	97 FS? 01	150 *SIZE=*	202 GTO *X*	255 XEQ *X*
44 STO Y	98 *PSTa=*	151 ARCL Y	203 FS? 03	256 STO 09
45 *SEPa=*	99 XEQ *AB*	152 SF 25	204 PTN	257 STO 24
46 XEQ *AB*	100 FC? 0:	153 I	205 SF 02	258 RMN
47 *SEPB=*	101 XEQ *PA*	154 -		259 STO 08
48 XEQ *AB*	102 RTN	155 RCL IND Y	206*LBL *Y*	260 STO 23
49 I		156 FC?C 25	207 *Y*	261 END
50 ST+ 22	103*LBL *PS*	157 PROMPT	208 XEQ *C*	
51 ST+ 22	104 SF 02	158 RTN	209 FS?C 02	
52 RTN	105 ADV		210 STO *Y*	

4.3.6 INSTRUCCIONES DEL USUARIO

El programa "PGA" necesita para poder ser utilizado la ayuda de otro programa llamado "COMP" que lo complementa, am**os** programas deberán ingresarse conjuntamente a la memoria de programa de la calculadora; de lo contrario no podrá ejecutarse el programa "PGA".

A continuación se muestran los pasos que deberá seguir el usuario, a fin de que pueda operar correctamente dicho programa, utilizando para ello el lenguaje propio de la calculadora.

SIZE= 26

PASO 1.- Ejecución del programa "PGA"

INGRESAR:

PANTALLA: CALCULO DE LA PLANTA DE GALIBOS.
CASO A:
RECTA-RECTA
DATOS EJE A:
X1= ?

PASO 2.- Ingresar el primer dato del eje A: valor de la abscisa del punto de referencia contenido en la tangente del eje de proyecto del camino A:

INGRESAR: Valor de X1

PANTALLA: Y1 = ?

PASO 3.- Ingresar el valor de la ordenada del punto de referencia, contenido en la tangente del eje A:

INGRESAR: Valor de Y1

PANTALLA: AZ1 = ?

PASO 4.- Ingresar el valor del azimut de la tangente del eje A, en grados sexagesimales con el formato en fracción decimal, en grados, minutos y segundos:

INGRESAR: Valor del AZ1 R/S

PANTALLA: PSTa = ?

PASO 5.- Ingresar el valor del cadenamiento del punto de referencia contenido en la tangente del eje A:

INGRESAR: Valor del PSTa R/S

PANTALLA: DATOS EJE B:
X2 = ?

PASO 6.- Ingresar el primer dato del eje B: valor de la abscisa del punto de referencia contenido en la tangente del eje B:

INGRESAR: Valor de X2 R/S

PANTALLA: Y2 = ?

PASO 7.- Ingresar el valor de la ordenada del punto de referencia contenido en la tangente del eje B:

INGRESAR: Valor de Y2 R/S

PANTALLA: AZ2 = ?

PASO 8.- Ingresar el valor del azimut de la tangente del eje B, en grados sexagesimales con el formato en fracción decimal, en grados, minutos y segundos :

INGRESAR: Valor del AZ2 R/S

PANTALLA: PSTb = ?

PASO 9.- Ingresar el valor del cadenamiento del punto de referencia contenido en la tangente del eje B:

INGRESAR: Valor del PSTb R/S

PANTALLA: Δ = Valor del ángulo de esviamiento formado por los ejes de proyecto de los caminos que se cruzan. Exhibido en grados sexagesimales con el formato en fracción decimal, en grados, minutos y segundos. Con dicho valor, se comprobará el ángulo de esviamiento entre los dos caminos que se cruzan.

R/S

PANTALLA: DATOS $\boxed{R/S}$ †
PANTALLA: CRUCE 1: $\boxed{R/S}$ †
PANTALLA: SEPa = ?

PASO 10.- Ingresar la distancia de separación del punto de cruce al eje A. Esta distancia podrá tener un signo negativo o positivo, su elección se realizará de la siguiente forma: si desde el punto de coordenadas (XA,YA) (punto sobre la tangente a intersectarse paralela al eje A, cuyo cadenamiento es el mismo que el del PSTa) dirigimos nuestra visual hacia el punto de cruce; y vemos de esta manera que la recta en cuestión involucrada en el cruce está del lado izquierdo del eje A, entonces, consideraremos la separación con signo negativo. Pero si la vemos del lado derecho, habremos de considerarla con signo positivo. Cabe señalar que si la recta por intersectarse es el propio eje A, entonces, la separación será igual a cero.

INGRESAR: Valor de SEPa $\boxed{R/S}$
PANTALLA: SEPa = Valor de SEPa $\boxed{R/S}$ †
PANTALLA: SEpb = ?

PASO 11.- Ingresar la distancia de separación del punto de cruce al eje B. Esta distancia al igual que para el camino A, podrá tener un signo negativo o positivo, su elección se realizará de la siguiente forma: si desde el punto de coordenadas (XB,YB) (punto sobre la tangente a intersectarse paralela al eje B, cuyo cadenamiento es el mismo que el del PSTb) dirigimos nuestra visual hacia el punto de cruce; y vemos de esta manera que la recta en cuestión involucrada en el cruce está del lado izquierdo del eje B, entonces, consideraremos la separación con signo negativo. Pero si la vemos del lado derecho, habremos de considerarla con signo positivo. Cabe señalar que si la recta por intersectarse es el propio eje B, entonces, la separación será igual a cero:

INGRESAR: Valor de SEpb $\boxed{R/S}$
PANTALLA: SEpb = Valor de SEpb $\boxed{R/S}$ †
PANTALLA: RESULTADOS $\boxed{R/S}$ †

PANTALLA: $X_n =$ Valor de la abscisa del punto i de cruce
 $\boxed{R/S}$ †

PANTALLA: $Y_n =$ Valor de la ordenada del punto i de cruce
 $\boxed{R/S}$ †

PANTALLA: $CAD_n =$ Valor del cadenamiento del punto i de intersección, referido al eje A $\boxed{R/S}$ †

PANTALLA: $CAD_b =$ Valor del cadenamiento del punto i de intersección, referido al eje B $\boxed{R/S}$ †

PANTALLA: DATOS $\boxed{R/S}$ †

PANTALLA: CRUCE i $\boxed{R/S}$ †

PANTALLA: $SEP_n = ?$

PASO 12.- Hasta el paso 11 inclusive, el proceso de cálculo para determinar un punto de cruce concluye. Pero después de oír una señal sonora emitida por la calculadora, se volverá a iniciar dicho proceso para el siguiente punto de cruce; para lo cual, deberán ingresarse las distancias de separación a las que se encuentra el nuevo punto de cruce de los ejes A y B, SEP_n y SEP_b respectivamente; para ello, continuaremos con la ejecución del programa a partir del paso 10.

† No habrá necesidad de oprimir la tecla $\boxed{R/S}$ cuando la impresora se encuentre conectada a la calculadora.

4.3.7 EJEMPLO DE APLICACION

Con la intención de poner en práctica la información precedente, enfocada a la correcta utilización del programa "PGA", se presenta en este inciso, la solución de un ejemplo de aplicación.

La fig. 4.5 muestra dos caminos que se cruzan en tangente (camino A y camino B). Se desea determinar para cada uno de los cinco puntos de cruce que en ella aparecen: los cadenamientos referidos a los respectivos ejes de cada camino y las coordenadas del punto exacto en que ocurren dichas intersecciones.

A continuación se muestran los datos necesarios para la ejecución del programa "PGA", los cuales, también aparecen en dicha figura.

Datos del eje A:

- a) Coordenadas del punto de referencia de la tangente del eje A: $(X_1, Y_1) = (10,750.1217, 10970.4712)$
- b) Azimut de la tangente del eje A: $AZ_1 = 71^\circ 28' 17''$
- c) Cadenamiento del punto de referencia de la tangente del eje A: $PST_a = 1 + 750.38$

Datos del eje B:

- a) Coordenadas del punto de referencia de la tangente del eje B: $(X_2, Y_2) = (11,050.8274, 10,870.2482)$
- b) Azimut de la tangente del eje B: $AZ_2 = 316^\circ 05' 16''$
- c) Cadenamiento del punto de referenciade la tangente del eje B: $PST_b = 1 + 100.82$

Por último, habiendo ejecutado el programa "PGA" y mediante la utilización de la impresora, se adjunta un listado con la solución del presente ejemplo de aplicación.

EJEMPLO DE APLICACION AL CASO A
INTERSECCION DE DOS CAMINOS EN TANGENTE.

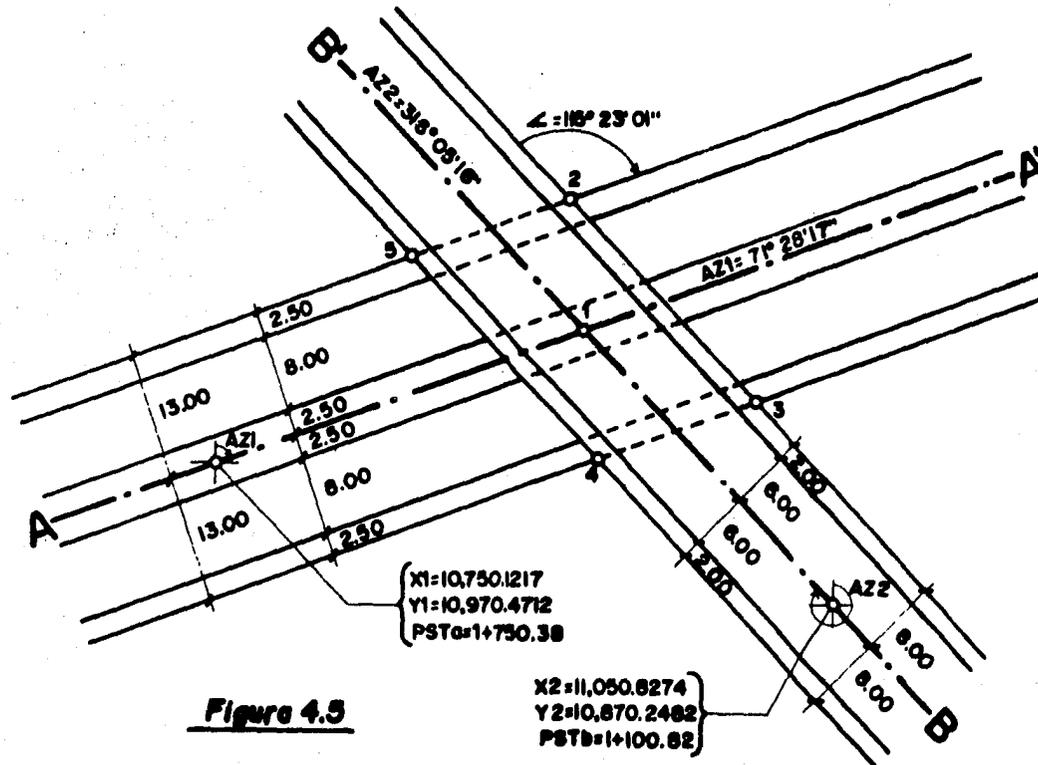


Figure 4.5

NEG *PGA*
CALCULO DE
LA PLANTA DE
GALIBOS.

CASO A:
RECTA-RECTA

DATOS EJE A:

X1=?
10,750.1217 RUN
X1=10,750.1217
Y1=?
10,970.4712 RUN
Y1=10,970.4712
AZ1=?
71.2017 RUN
AZ1=71.2017
PSTa=?
1,750.3000 RUN
PSTa=1,750.3000

DATOS EJE B:

X2=?
11,050.8274 RUN
X2=11,050.8274
Y2=?
10,870.2482 RUN
Y2=10,870.2482
AZ2=?
316.0516 RUN
AZ2=316.0516
PSTb=?
1,100.8200 RUN
PSTb=1,100.8200
z=115.2301

DATOS
CRUCE 1:

SEPa=?
0.0000 RUN
SEPa=0.0000
SEPb=?
0.0000 RUN
SEPb=0.0000

RESULTADOS:

X3=10,904.5203
Y3=11,022.0100
CADa=1,913.22
CADb=1,711.77

DATOS
CRUCE 2:

SEPa=?
-13.0000 RUN
SEPa=-13.0000
SEPb=?
8.0000 RUN
SEPb=8.0000

RESULTADOS:

X4=10,902.9371
Y4=11,035.3981
CADa=1,915.91
CADb=1,322.36

DATOS
CRUCE 3:

SEPa=?
13.0000 RUN
SEPa=13.0000
SEPb=?
8.0000 RUN
SEPb=8.0000

RESULTADOS:

X5=10,922.0965
Y5=11,014.6661
CADa=1,920.24
CADb=1,293.53

DATOS
CRUCE 4:

SEPa=?
13.0000 RUN
SEPa=13.0000
SEPb=?
-8.0000 RUN
SEPb=-8.0000

RESULTADOS:

X6=10,906.1048
Y6=11,009.0383
CADa=1,910.53
CADb=1,301.18

DATOS
CRUCE 5:

SEPa=?
-13.0000 RUN
SEPa=-13.0000
SEPb=?
-8.0000 RUN
SEPb=-8.0000

RESULTADOS:

X7=10,800.1454
Y7=11,029.7703
CADa=1,090.20
CADb=1,329.90

**CALCULO DE
LA PLANTA DE
GALIBOS.**

**CASO A:
RECTA-RECTA**

DATOS EJE A :

X1=10.750.1217
Y1=10.970.4712
AZ1=71.2817
PSTa=1.750.3000

DATOS EJE B :

X2=11.050.8274
Y2=10.870.2482
AZ2=316.0516
PSTb=1.100.8200

z=115.2301

**DATOS
CRUCE1 :**

SEPa=0.0000
SEPB=0.0000

RESULTADOS :

X3=10.904.5209
Y3=11.022.2182
CADa=1.913.22
CADb=1.311.77

**DATOS
CRUCE2 :**

SEPa=-13.0000
SEPB=8.0000

RESULTADOS :

X4=10.982.9371
Y4=11.035.3961
CADa=1.915.91
CADb=1.322.36

**DATOS
CRUCE3 :**

SEPa=13.0000
SEPB=8.0000

RESULTADOS :

X5=10.922.8965
Y5=11.014.6661
CADa=1.928.24
CADb=1.293.59

**DATOS
CRUCE4 :**

SEPa=13.0000
SEPB=-8.0000

RESULTADOS :

X6=10.906.1846
Y6=11.009.0383
CADa=1.918.53
CADb=1.301.18

**DATOS
CRUCE5 :**

SEPa=-13.0000
SEPB=-8.0000

RESULTADOS :

X7=10.886.1454
Y7=11.029.7783
CADa=1.898.28
CADb=1.329.96

4.4 CASO B: INTERSECCION DE UN CAMINO CON ALINEAMIENTO HORIZONTAL EN TANGENTE CON UNO EN CURVA SIMPLE.

4.4.1 DESCRIPCION GENERAL

Los incisos siguientes, contienen la información que deberá conocer el lector, a fin de que pueda utilizar adecuadamente el programa llamado "PGB" (Planta de Gálidos caso B). Este programa está orientado a ayudar en la elaboración de la planta de gálidos de dos caminos que se cruzan, uno con alineamiento horizontal en tangente y otro en curva simple (caso B).

Mediante la utilización de este programa, el usuario podrá obtener las coordenadas del centro de la curva simple, la deflexión y la longitud de curva que definirán el cadenamiento del cruce en cuestión referido al eje del camino en curva simple (eje A); también podrán determinarse el cadenamiento del punto de cruce referido al eje cuyo alineamiento horizontal está en tangente (eje B), y las coordenadas en el punto exacto en que ocurre dicha intersección.

Los incisos que más adelante se describirán con mayor detalle se han dispuesto en el siguiente orden: primeramente se presentará el algoritmo utilizado en el programa "PGB" que dará solución al ya mencionado caso B; dicho algoritmo consta de las expresiones matemáticas deducidas de la geometría analítica que habrán de ser ejecutadas por la calculadora, siguiendo un esquema de proceso lógico de cálculo.

En segundo lugar, se explicarán cuáles son los datos de entrada necesarios para poder utilizar adecuadamente el programa "PGB", y cuáles, los datos de salida (resultados) que obtendremos de la aplicación del mismo.

Seguidamente a los datos de entrada y de salida, mediante un diagrama de flujo se tendrá una semblanza gráfica del progr

ma "PGB", mostrándose la secuencia de ejecución de las diferentes etapas de cálculo que se ha ordenado ejecutar a la máquina, y la interrelación entre las distintas partes que integran el programa.

Como cuarto punto, haciendo uso de la impresora, se presentará un listado con la codificación de los programas "PGB", "COMP" y "COMPA", considerando a estos dos últimos como complementos necesarios para la ejecución del primero. En este listado aparecerán impresas todas las instrucciones de que constan los mencionados programas, en un lenguaje propio de la máquina calculadora.

El siguiente punto expuesto, contendrá las instrucciones del usuario, es decir, las indicaciones que deberá seguir el usuario, a fin de que realice una correcta aplicación del programa "PGB".

Como último punto, mediante la solución de un ejemplo de aplicación al caso B, se espera que ahora en una forma práctica y objetiva, se logren conjuntar los puntos anteriormente expuestos y con ello alcanzar cabalmente los objetivos señalados al principio de este capítulo.

Para finalizar, en el apéndice A se cuenta con una breve pero útil metodología para la solución de un problema con ayuda de una calculadora programable. En el apéndice B, aparece la simbología utilizada en la realización del diagrama de flujo. Y en el apéndice C, se muestra la deducción de las expresiones matemáticas utilizadas en la solución del presente caso B.

4.4.2 ALGORITMO DE SOLUCION

La estructura del algoritmo de solución contiene expresiones propias de la geometría analítica y de la trigonometría: las primeras se desprenden del caso conocido como intersección de una circunferencia con una recta (véanse las expresiones de la 5 a la 13). Pero cuando el valor del azimut de la recta tangente a intersectarse (AZ3) tenga un valor igual a 0° , 180° o 360° , el valor de la pendiente de esta recta quedará indefinido, por lo que la solución mediante la geometría analítica no podrá aplicarse, así que para dar solución a esta variante del caso B, se ha hecho uso de la trigonometría (véanse las expresiones de la 21 a la 32) específicamente de la ley de los senos.

La representación gráfica de las siguientes expresiones la constituyen dos figuras: la fig. 4.6 corresponde a la solución mediante la geometría analítica, y la fig. 4.7 que corresponde a la solución mediante la trigonometría.

A continuación, se presentan las expresiones que sustentan la estructura de dicho algoritmo de solución:

- 1.- $X_p = SEPb [\text{sen } (AZ3 + 90^\circ)] + X3$
- 2.- $Y_p = SEPb [\text{cos } (AZ3 + 90^\circ)] + Y3$
- 3.- $X2 = R1 [\text{sen } (AZ1 + 90^\circ)] + X1$
- 4.- $Y2 = R1 [\text{cos } (AZ1 + 90^\circ)] + Y1$
- 5.- $M = \tan (90^\circ - AZ3)$
- 6.- $b = Y3 - MX3$
- 7.- $A = 1 + M^2$
- 8.- $B = 2 (Mb - Mk - h)$
- 9.- $C = h^2 + k^2 + b^2 - 2bk - R^2$

10.- $J = B^2 - 4AC$

11.- $X = \frac{-B \pm \sqrt{J}}{2A}$

12.- $X' = \frac{-B - \sqrt{J}}{2A}$

13.- $Y_n = MX_n + b$

14.- $E = \sqrt{(X_p - X_n)^2 + (Y_p - Y_n)^2}$

15.- $F = \sqrt{(X_p - X_n)^2 + (Y_p - Y_n)^2}$

16.- $L = \sqrt{(X_n - X_l)^2 + (Y_n - Y_l)^2}$

17.- $DEFa = \cos^{-1} \left(\frac{R^2 - R_l^2 - L^2}{2 R R_l} \right)$

18.- $Lc = \frac{DEFa \cdot R_l \cdot \pi}{180^\circ}$

19.- $CADa = PCa + Lc$

20.- $\begin{cases} CADb = PSTb + E \\ CADb = PSTb + F \end{cases}$

21.- $MB = \left| \frac{Y_2 - Y_p}{X_2 - X_p} \right|$

22.- $P = 90^\circ - \tan^{-1} MB$

23.- $Q = \sin^{-1} \left(\frac{D \sin P}{R} \right)$

24.- $T = 180^\circ - Q - P$

25.- $Q^* = 180^\circ - Q$

26.- $T^* = 180^\circ - P - Q^*$

27.- $E = \frac{R \sin T^*}{\sin P}$

28.- $F = \frac{R \sin T}{\sin P}$

29.- $\theta_l = 90^\circ - AZJ$

30.- Conversión de las coordenadas (E, θ_1) y (F, θ_1) , a coordenadas rectangulares (XR, YR) .

31.- $X_n = X_3 + XR$

32.- $Y_n = Y_3 + YR$

Donde:

(X_p, Y_p) = Coordenadas de un punto sobre la tangente a intersectarse, paralela al eje B.

SEPB = Distancia de separación del punto de cruce al eje B.

AZ3 = Azimut de la tangente del eje B.

(X_3, Y_3) = Coordenadas del punto de referencia, contenido en la tangente del eje B.

$(X_2, Y_2) = (h, k)$ = Coordenadas del centro de la curva simple .

R1 = Radio de la curva simple, medido desde el centro de la misma, hasta el eje A.

PCa = Cadenamiento del punto en donde comienza la curva simple contenida en el eje A.

AZ1 = Azimut de la recta tangente (subtangente de la curva) en el punto PCa.

(X_1, Y_1) = Coordenadas del punto PCa.

M = Pendiente de la tangente del eje B.

b = Ordenada al origen de la tangente a intersectarse paralela al eje B.

A, B y C = Coeficientes de la ecuación de segundo grado.

R = Radio de la curva a intersectarse

X, X² = Raíces de la ecuación de segundo grado

$(X_n, Y_n)_1$ = Coordenadas de la intersección entre la curva y la tangente en el punto 1.

E = Distancia entre el punto de coordenadas (X_p, Y_p) y el primer punto de intersección (X_n, Y_n) .

F = Distancia entre el punto de coordenadas (X_p, Y_p) y el segundo punto de intersección de coordenadas (X_n, Y_n) .

L = Distancia entre el punto PCa y el punto de intersección de coordenadas (X_n, Y_n)

DEPa = Angulo de deflexión entre el PCa y el punto de intersección de coordenadas (Xn,Yn).

Lc = Longitud de la curva medida sobre el eje A, desde el PCa hasta el punto de intersección de coordenadas (Xn,Yn).

CADa = Cadensamiento del punto de intersección referido al eje A.

CADb = Cadensamiento del punto de intersección referido al eje B.

PSTb = Cadensamiento del punto de referencia (X3,Y3).

MB = Pendiente de la recta que va del punto de coordenadas (Xp,Yp) al centro de la curva.

P, Q, T, Q*, y ** = Son los ángulos interiores del triángulo o blicuángulo mostrado en la fig. 4.7

θ_1 = Angulo formado por el eje positivo de las abscisas y la recta tangente a intersectarse.

4.4.3 DATOS DE ENTRADA Y DE SALIDA

4.4.3.1 DATOS DE ENTRADA

Antes de ingresar los datos que habrán de alimentar el programa "POB", debe señalarse que para la utilización del mismo, y en lo sucesivo de esta explicación al caso B ; el eje del camino en curva simple siempre se identificará como eje A, y el eje del camino en tangente como eje B.

A continuación se presentan los datos básicos necesarios que deberán suministrarse al programa "POB".

Datos del eje A:

- a) Coordenadas del PCa de la curva ((X1,Y1)).
- b) Azimut de la recta tangente al punto PCa (AZ1).
- c) Cadensamiento de PCa de la curva (PCa).

d) Radio de la curva simple (R1). Cabe mencionar que este radio deberá ser siempre el medido desde el centro de la curva hasta el eje A; ya que el primer punto de cruce calculado será el punto donde se intersecten los ejes A y B.

e) Cuadrante en el que se ubica el PCa de la curva (CUAD). Véase la convención mostrada en la fig. 4.8.

f) Distancia de separación del punto de cruce al eje A (SEPa).

Datos del eje B:

a) Coordenadas del punto de referencia, contenido en la tangente del eje B ((X3,Y3)).

b) Azimut de la tangente del eje B (AZ3).

c) Cadernamiento del punto de referencia contenido en la tangente del eje B (PSTb).

d) Distancia de separación del punto de cruce al eje B (SEPb).

4.4.3.2 DATOS DE SALIDA

El programa "PGB" mostrará a través de sus diferentes etapas de cálculo los siguientes resultados:

a) Coordenadas del centro de la curva ((X2,Y2) (h,k)).

b) Coordenadas del punto i de intersección ((Xn,Yn)i).

c) Angulo de deflexión medido desde el PCa hasta el punto i de intersección (DEPa).

d) Longitud de la curva, medida sobre el eje A; desde el PCa hasta el punto i de intersección (Lc).

e) Cadernamiento del punto i de intersección referido al eje A (CADa).

f) Cadernamiento del punto i de intersección referido al eje B (CADb).

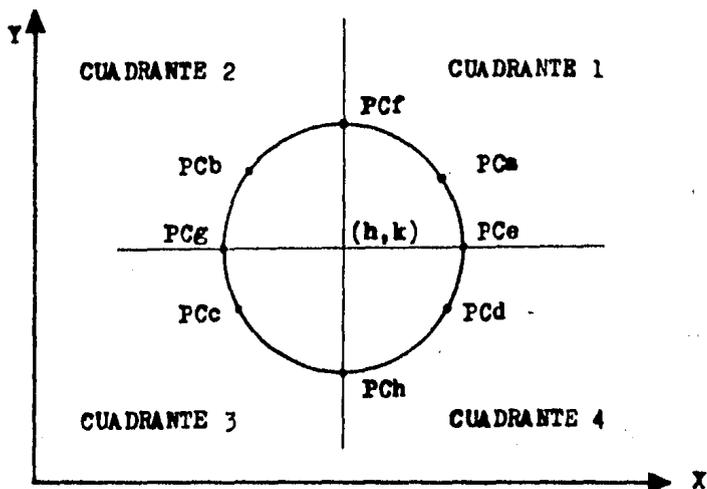
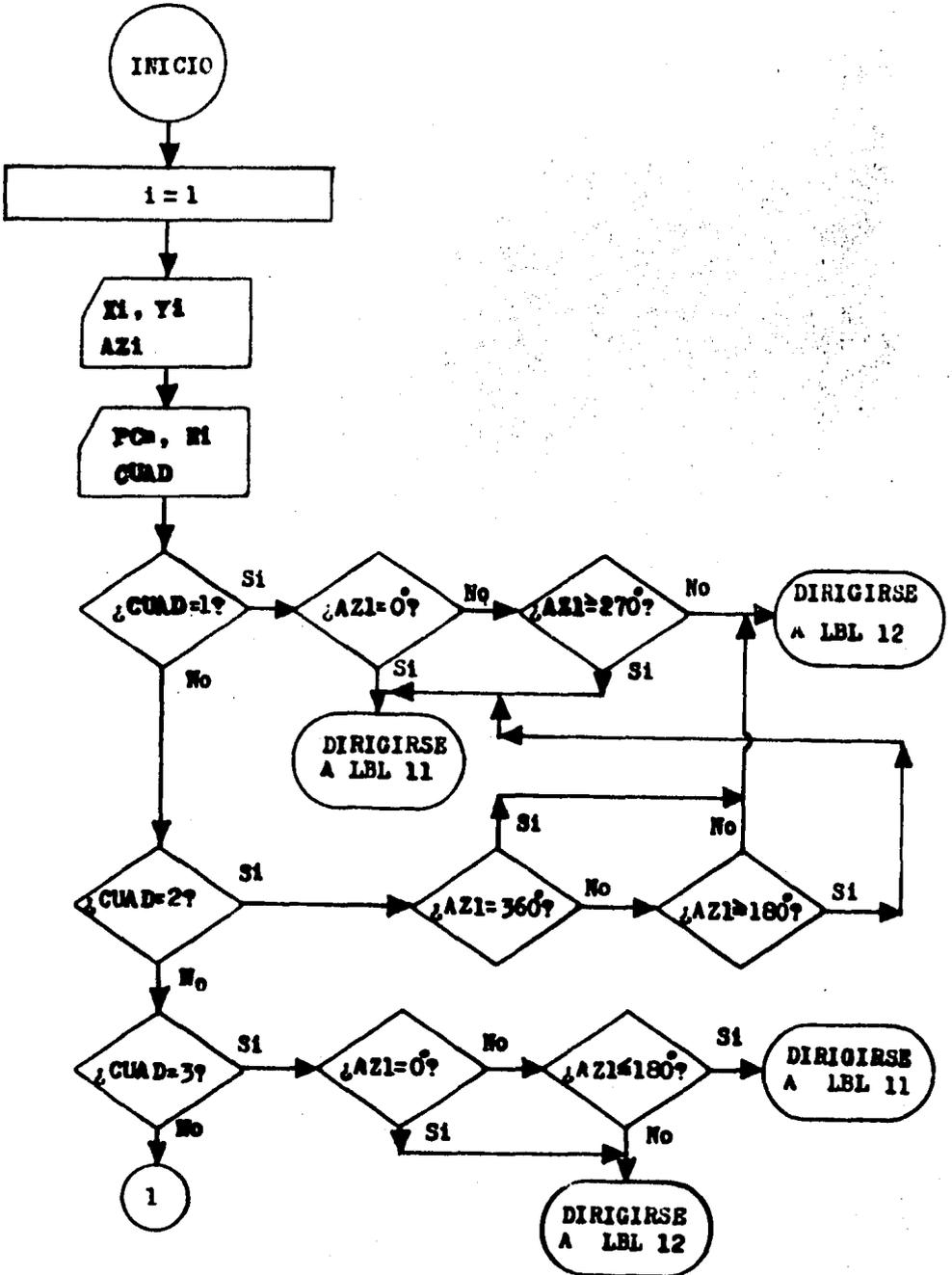


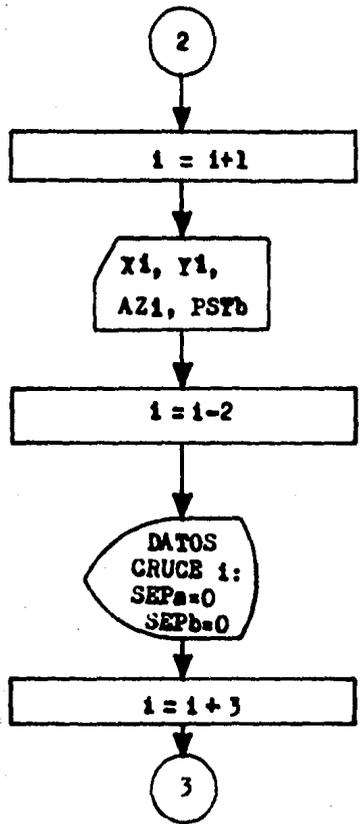
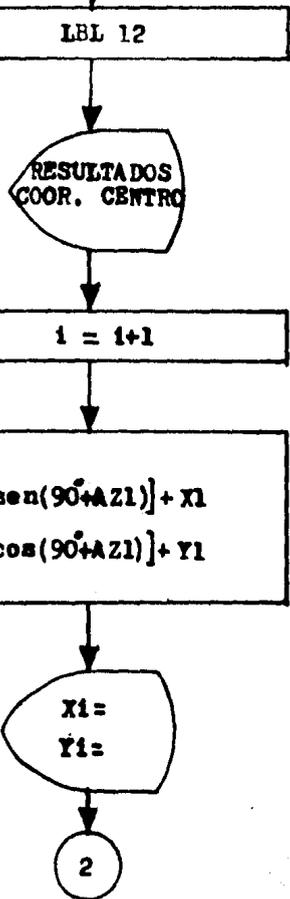
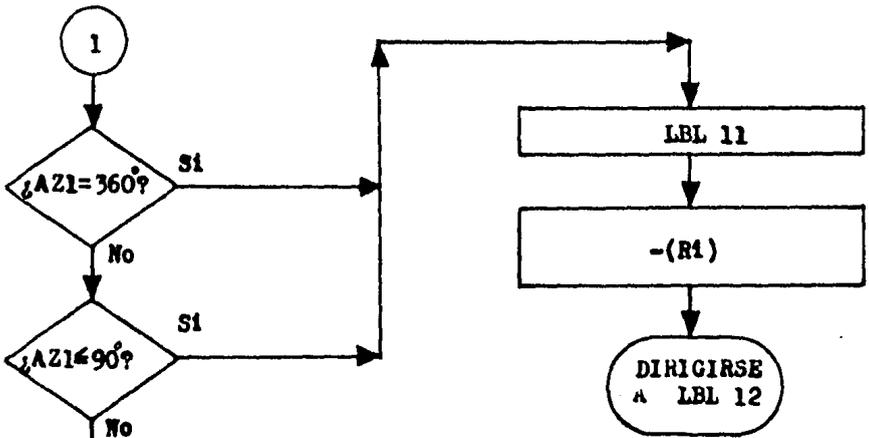
Figura 4.8. La figura muestra la convención para determinar el cuadrante en que habremos de ubicar al PC de la curva en cuestión; la cual, será una porción de la circunferencia que aparece en la presente figura. En ella aparecen dibujados en el plano de la circunferencia, dos rectas perpendiculares cuya intersección es el centro de la misma. Las rectas dividen al plano de dicha circunferencia en cuatro cuadrantes, los cuales están numerados y ubicados bajo la misma convención utilizada en la geometría analítica, es decir, del 1 al 4 y siguiendo un sentido contrario al de las manecillas del reloj.

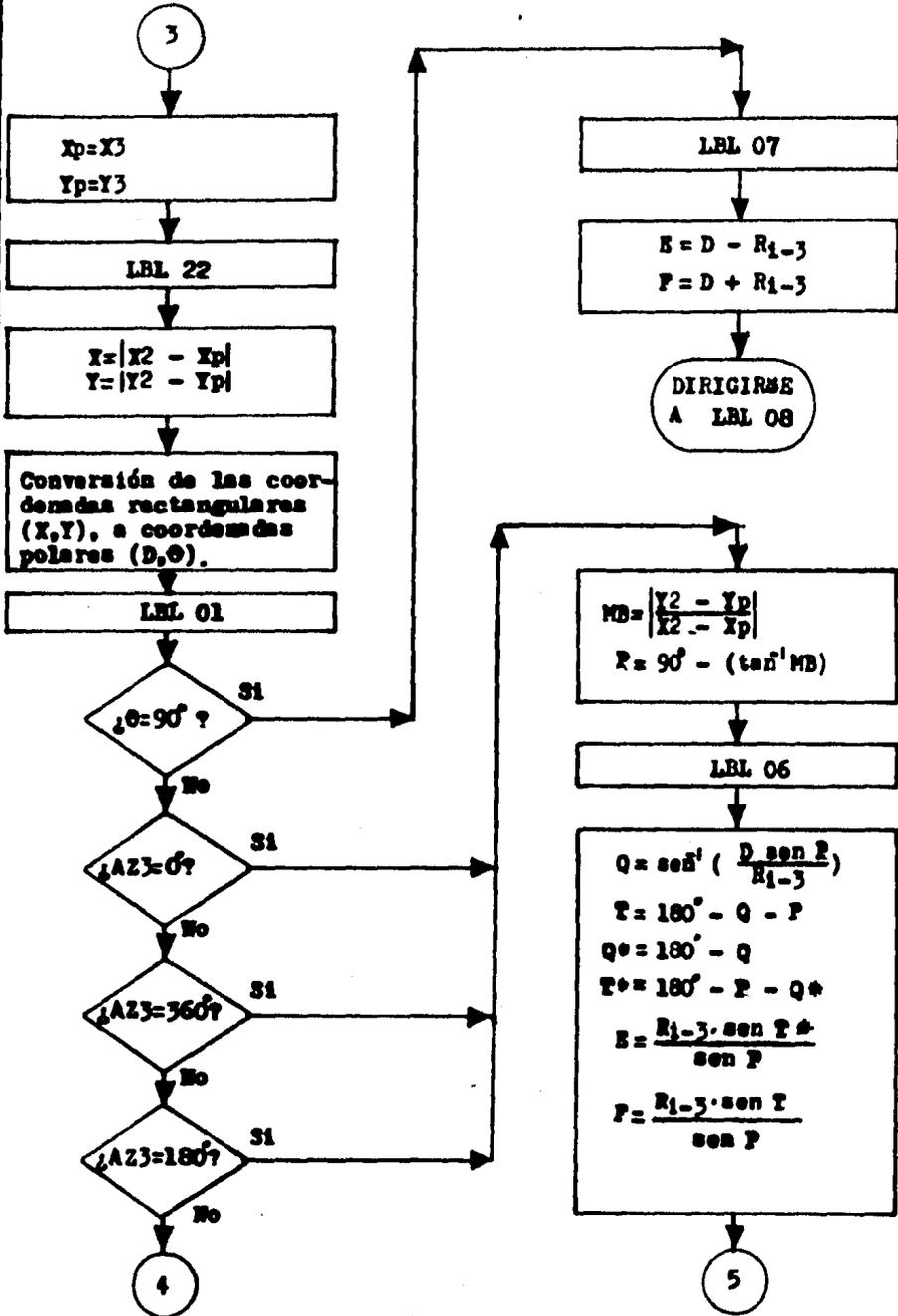
Así, bajo esta convención, los PC que aparecen en la figura, se encuentran ubicados en los siguientes cuadrantes: el PCa, está considerado en el cuadrante 1; el PCb en el segundo cuadrante; el PCc en el cuadrante 3; el PCd en el cuadrante 4; el PCe, por pertenecer a la recta horizontal que pasa por el centro de la circunferencia y que además es paralelo al eje de las abscisas, podrá ser considerado en cualquiera de sus cuadrantes contiguos, es decir, en el cuadrante 1 ó 4; el PCh por pertenecer a la recta vertical que pasa por el centro de la circunferencia y que además es paralela al eje de las ordenadas, podrá ser considerada en cualquiera de sus cuadrantes contiguos, es decir, en los cuadrantes 1 ó 2; el PCg, por la misma razón que para el PCe, podrá ubicarse tanto en el cuadrante 2 como en el 3; por último, el PCh podrá ubicarse tanto en el cuadrante 3 como en el 4.

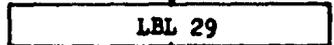
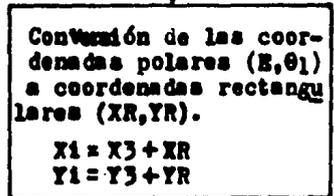
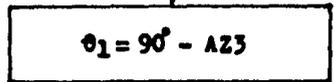
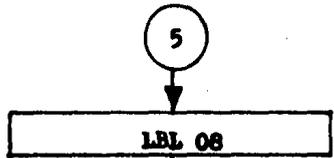
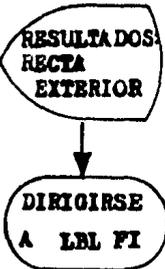
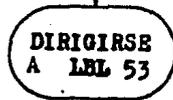
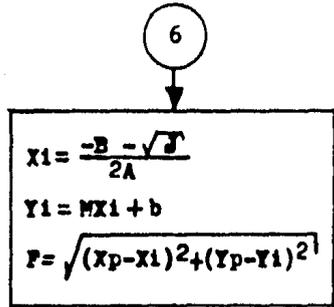
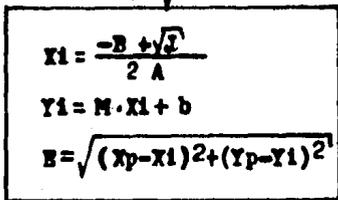
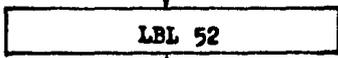
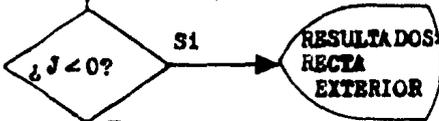
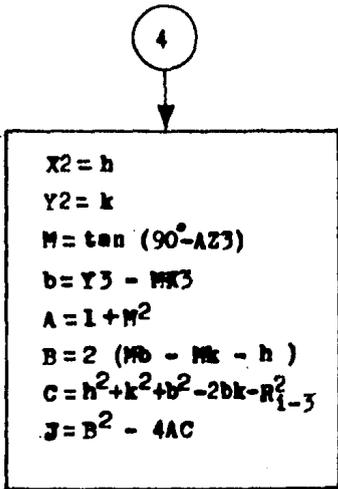
4.4.4 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA "PGB"

(CASO B: INTERSECCION DE UN CAMINO EN TANGENTE CON UNO EN CURVA).









7

RESULTADOS:
X1=
Y1=

$$DEFa = \cos^{-1} \left\{ \frac{R_{1-3}^2 + R_1^2 - [(X1-X1)^2 + (Y1-Y1)^2]}{2 R_{1-3} R_1} \right\}$$
$$Lc = \frac{DEFa \cdot R_1 \cdot \pi}{180}$$
$$CADa = PCa + Lc$$
$$CAdb = PSTb + E$$

DEFa=
Lc=
CADa=
CAdb=

REGRESA

$$\theta_1 = 90^\circ - AZ3$$

Conversión de las coordenadas polares (P, θ_1) a coordenadas rectangulares (XR, YR).
X1 = X3 + XR
Y1 = Y3 + YR

8

8

LBL 53

RESULTADOS
X1=
Y1=

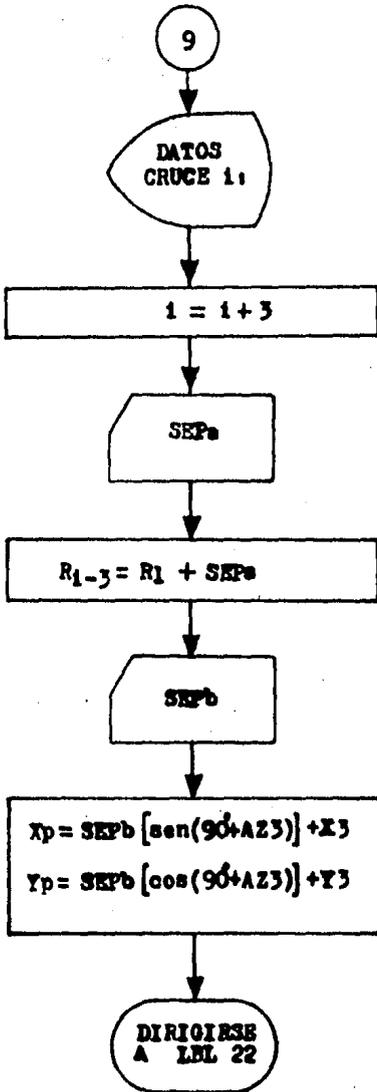
$$DEFa = \cos^{-1} \left\{ \frac{R_{1-3}^2 + R_1^2 - [(X1-X1)^2 + (Y1-Y1)^2]}{2 R_{1-3} R_1} \right\}$$
$$Lc = \frac{DEFa \cdot R_1 \cdot \pi}{180}$$
$$CADa = PCa + Lc$$
$$CAdb = PSTb + F$$

DEFa=
Lc=
CADa=
CAdb=

LBL FI

$$1 = 1 - 2$$

9



4.45. LISTADO DEL
PROGRAMA
PGB:

01*LBL *PGB*	51 ADV	102 RCL 04
02 XEQ *S1*	52 XEQ *Y*	103 -
03 26	53 X<Y	104 2
04 XEQ *REM?*	54 XEQ *Y*	105 *
05 SF 01	55 ADV	106 STO 16
06 XEQ *O*	56 XEQ *CAD*	107 RCL 04
07 XEQ *XY*	57 XEQ *LC*	108 X12
08 XEQ *PS*	58 RCL 25	109 RCL 05
09 STO 00	59 RCL 20	110 X12
10 STO 07	60 +	111 +
11 XEQ *S13*	61 XEQ *CA**	112 RCL 12
12 SF 01	62 GTO *F1*	113 X12
13 XEQ *PS**		114 +
14 ADV	63*LBL *S1*	115 RCL 12
15 XEQ *CR*	64 90	116 RCL 05
16 1	65 RCL 11	117 *
17 ST+ 22	66 X=Y?	118 2
18 XEQ *S22*	67 GTO 07	119 *
	68 0	120 -
19*LBL 29	69 RCL 03	121 RCL 00
20 X<Y	70 X=Y?	122 X12
21 SF 03	71 GTO 47	123 -
22 CF 02	72 360	124 STO 15
23 ADV	73 X=Y?	125 RCL 16
24 XEQ *RE*	74 GTO 47	126 X12
25 XEQ *X*	75 X<Y	127 RCL 18
26 X<Y	76 100	128 RCL 15
27 XEQ *Y*	77 X=Y?	129 *
28 ADV	78 GTO 47	130 4
29 XEQ *CAD*	79 90	131 *
30 XEQ *LC*	80 PCL 03	132 -
31 RCL 25	81 -	133 STO 17
32 RCL 19	82 TAN	134 X<0?
33 +	83 STO 06	135 GTO 51
34 XEQ *CA**	84 RCL 23	
35 FS? 00	85 *	136*LBL 52
36 RTN	86 RCL 24	137 RCL 17
37 RCL 06	87 X<Y	138 SORT
38 RCL 20	88 -	139 RCL 16
39 P-R	89 STO 12	140 CMS
40 RCL 23	90 RCL 06	141 X<Y
41 +	91 X12	142 FC? 00
42 STO 14	92 1	143 -
43 X<Y	93 +	144 FS? 00
44 RCL 24	94 STO 18	145 +
45 +	95 PCL 06	146 RCL 18
46 STO 15	96 PCL 12	147 2
	97 *	148 *
47*LBL 53	98 RCL 06	149 /
48 SF 03	99 PCL 05	150 STO 14
49 X<Y	100 *	151 RCL 06
50 CF 02	101 -	152 RCL 14

153 +
154 RCL 12
155 +
156 STO 15
157 RCL 23
158 RCL 14
159 -
160 X↑2
161 RCL 24
162 RCL 15
163 -
164 X↑2
165 +
166 SQR
167 FC? 00
168 STO 19
169 FS? 00
170 STO 20
171 RCL 14
172 RCL 15
173 FS?C 00
174 RTN
175 SF 00
176 XEQ 29
177 XEQ 52
178 GTO 53

179*LBL 47
180 SF 00
181 XEQ 48
182 ATAN
183 90
184 X<Y
185 -
186 STO 14
187 GTO 06

188*LBL 48
189 RCL 05
190 RCL 24
191 -
192 RCL 04
193 RCL 23
194 -
195 /
196 FS?C 00
197 ABS
198 STO 12
199 RTN

200*LBL 51
201 ADV

202 XEQ "RE"
203 * RECTA EXTERIOR*
204 AVIEW
205 GTO "FI"

206*LBL 02
207 SF 00
208 XEQ "XP"
209 STO 23
210 X<Y
211 STO 24
212 RTN

213*LBL 06
214 RCL 14
215 SIN
216 RCL 10
217 *
218 RCL 00
219 /
220 ASIN
221 STO 15
222 100
223 X<Y
224 -
225 RCL 14
226 -
227 STO 16
228 100
229 RCL 15
230 -
231 STO 17
232 100
233 RCL 14
234 -
235 RCL 17
236 -
237 STO 18
238 SIN
239 RCL 00
240 *
241 RCL 14
242 SIN
243 /
244 STO 19
245 RCL 16
246 SIN
247 RCL 00
248 *
249 RCL 14
250 SIN
251 /

252 STO 20
253 RCL 19
254 -
255 ABS
256 STO 21
257 GTO 00

258*LBL 07
259 RCL 10
260 RCL 00
261 -
262 STO 19
263 RCL 10
264 RCL 00
265 +
266 STO 20
267 GTO 00

268*LBL 08
269 90
270 RCL 03
271 -
272 STO 06
273 RCL 19
274 P-R
275 RCL 23
276 +
277 STO 14
278 X<Y
279 RCL 24
280 +
281 STO 15
282 RTN

283*LBL "FI"
284 TONE 9
285 SF 04
286 SF 05
287 SF 02
288 ADV
289 XEQ "ST"
290 ST+ 22
291 FIX 3
292 XEQ "SEA"
293 RCL 07
294 +
295 STO 21
296 XEQ "SEB"
297 STO 00
298 XEQ 02
299 RCL 21
300 STO 00
301 XEQ "S22"
302 GTO 29
303 END

- 162 -
LISTADO DEL
PROGRAMA
COMP

01*LBL *COMP*		106 SF 12	159*LBL *SEA*	211 FS?C 03
02*LBL *AB*	53*LBL *DA*	107 XEQ *DA*	160 *SEPb=?	212 RTN
03 ARCL X	54 *DATOS *	108 *FEJE B:*	161 PROMPT	213 SF 02
04 AVIEW	55 RTN	109 AVIEW	162 *SEPa=*	214 RTN
05 RTN		110 CF 12	163 XEQ *AB*	
	56*LBL *0*	111 XEQ *XY*	164 RTN	215*LBL *XP*
06*LBL *AZ*	57 ADV	112 XEQ *AZ*		216 90
07 *AZ*	58 SF 12	113 HR	165*LBL *SEB*	217 RCL 03
08 XEQ *C*	59 *CASO*	114 STO 03	166 *SEPb=?	218 +
09 FS?C 02	60 FS? 00	115 FC? 01	167 PROMPT	219 ENTER†
10 GTO *AZ*	61 *+ A:*	116 *PCb=?*	168 *SEPb=*	220 ENTER†
11 SF 02	62 FS? 00	117 FS? 01	169 XEQ *AB*	221 COS
12 RTN	63 AVIEW	118 *PSTb=?*	170 RTN	222 RCL 00
	64 FS?C 00	119 PROMPT		223 FS? 01
13*LBL *C*	65 *RECTA-RECTA*	120 STO 25	171*LBL *SI*	224 CHS
14 CF 29	66 FS? 01	121 FC? 01	172 SF 12	225 *
15 FIX 0	67 *+ B:*	122 *PCb=*	173 SF 27	226 FC? 00
16 ARCL 22	68 FS? 01	123 FS?C 01	174 * CALCULO DE*	227 RCL 02
17 *+ =*	69 AVIEW	124 *PSTb=*	175 AVIEW	228 FS? 00
18 FIX 4	70 FS?C 01	125 XEQ *AB*	176 *LA PLANTA DE*	229 RCL 09
19 SF 29	71 *RECTA-CURVA*	126 RTN	177 AVIEW	230 +
20 FS? 02	72 FC? 02		178 * GALIBOS.*	231 X<Y
21 *F?*	73 *+ C:*	127*LBL *PT*	179 AVIEW	232 SIN
22 FC? 02	74 FS? 02	128 ADV	180 CF 00	233 RCL 00
23 XEQ *AB*	75 AVIEW	129 SF 12	181 CF 01	234 FS?C 01
24 FC? 02	76 FS?C 02	130 XEQ *DA*	182 CF 02	235 CHS
25 RTN	77 *CURVA-CURVA*	131 AVIEW	183 CF 03	236 *
26 PROMPT	78 AVIEW	132 FIX 0	184 CF 04	237 FC? 00
27 RTN	79 ADV	133 CF 29	185 CF 05	238 RCL 01
	80 XEQ *DA*	134 * CRUCE*	186 CF 06	239 FS?C 00
28*LBL *CA*	81 *FEJE A:*	135 ARCL 22	187 CF 07	240 RCL 00
29 FIX 2	82 AVIEW	136 *+ :*	188 RTN	241 +
30 *CADa=*	83 CF 12	137 AVIEW		242 RTN
31 XEQ *AB*	84 RTN	138 FIX 4	189*LBL *ST*	
32 RTN		139 SF 29	190 1	243*LBL *XY*
	85*LBL *PS*	140 CF 12	191 ST- 22	244 SF 02
33*LBL *CA*	86 XEQ *AZ*	141 RTN	192 ST- 22	245 1
34 FIX 2	87 HR		193 XEQ *PT*	246 STO 22
35 *CADb=*	88 STO 03	142*LBL *RE*	194 1	247 XEQ *X*
36 XEQ *AB*	89 FC? 01	143 SF 12	195 ST+ 22	248 STO 02
37 RTN	90 *PCa=?*	144 *RESULTADOS:*	196 ST+ 22	249 RDN
	91 FS? 01	145 AVIEW	197 RTN	250 STO 01
38*LBL *CR*	92 *PSTa=?*	146 CF 12		251 RTN
39 1	93 PROMPT	147 RTN	198*LBL *X*	
40 ST- 22	94 STO 13		199 *X*	252*LBL *XY*
41 ST- 22	95 FC? 01	148*LBL *REM?*	200 XEQ *C*	253 1
42 XEQ *PT*	96 *PCa=*	149 SF 27	201 FS?C 02	254 ST+ 22
43 0	97 FS? 01	150 *SIZE>=*	202 GTO *X*	255 XEQ *X*
44 STO X	98 *PSTa=*	151 ARCL X	203 FS? 03	256 STO 03
45 *SEPa=*	99 XEQ *AB*	152 SF 25	204 RTN	257 STO 24
46 XEQ *AB*	100 FC? 01	153 1	205 SF 02	258 RDN
47 *SEPb=*	101 XEQ *RA*	154 -		259 STO 00
48 XEQ *AB*	102 RTN	155 RCL IND X	206*LBL *Y*	260 STO 23
49 1		156 FC?C 25	207 *Y*	261 END
50 ST+ 22	103*LBL *PS*	157 PROMPT	208 XEQ *C*	
51 ST+ 22	104 SF 02	158 RTN	209 FS?C 02	
52 RTN	105 ADV		210 GTO *Y*	

LISTADO DEL
PROGRAMA
COMPA:

01*LBL *COMPA*	51*LBL *S13*	104 RCL 07	157 +
02*LBL *S3*	52 *CUAD=?*	105 RCL 07	158 CF 02
03 0	53 PROMPT	106 *	159 XEQ *CA*
04 RCL 03	54 FIX 0	107 2	160 RTN
05 X=Y?	55 CF 29	108 *	
06 GTO *S11*	56 *CUAD=?*	109 /	161*LBL *RA*
07 270	57 XEQ *AB*	110 ACOS	162 *R*
08 X<Y?	58 SF 29	111 HMS	163 XEQ *C*
09 GTO *S11*	59 FIX 4	112 FIX 4	164 FS?C 02
10 GTO *S12*	60 I	113 RTN	165 GTO *RA*
	61 X=Y?		166 SF 02
11*LBL *S4*	62 GTO *S3*	114*LBL *S22*	167 END
12 360	63 X<Y	115 RCL 05	
13 RCL 03	64 2	116 RCL 24	
14 X=Y?	65 X=Y?	117 -	
15 GTO *S12*	66 GTO *S4*	118 FC? 06	
16 100	67 X<Y	119 ABS	
17 X<Y?	68 3	120 RCL 04	
18 GTO *S11*	69 X=Y?	121 RCL 23	
19 GTO *S12*	70 GTO *S5*	122 -	
	71 360	123 FC? 06	
20*LBL *S5*	72 RCL 03	124 ABS	
21 0	73 X=Y?	125 R-P	
22 RCL 03	74 GTO *S11*	126 STO 10	
23 X=Y?	75 90	127 FS? 06	
24 GTO *S12*	76 X<Y	128 ADV	
25 100	77 X<Y?	129 FS? 06	
26 X<Y	78 GTO *S11*	130 XEQ *RE*	
27 X<Y?	79 GTO *S12*	131 FIX 3	
28 GTO *S11*		132 X<Y	
29 GTO *S12*	80*LBL *CAD*	133 STO 11	
	81 RCL 14	134 FS?C 06	
30*LBL *S11*	82 RCL 01	135 RTN	
31 SF 01	83 -	136 GTO *S1*	
	84 X+2		
32*LBL *S12*	85 RCL 15	137*LBL *LC*	
33 ADV	86 RCL 02	138 FIX 4	
34 XEQ *RE*	87 -	139 FC? 02	
35 *COOR. CENTRO:*	88 X+2	140 *DEFa=*	
36 AVIEW	89 +	141 FS?C 02	
37 I		142 *DEFb=*	
38 ST+ 22	90*LBL *S19*	143 XEQ *AB*	
39 XEQ *XP*	91 RCL 07	144 MR	
40 FS?C 04	92 X+2	145 FIX 3	
41 RTN	93 X<Y	146 RCL 07	
42 SF 21	94 -	147 *	
43 STO 04	95 FC? 05	148 PI	
44 SF 03	96 RCL 07	149 *	
45 CF 02	97 FS? 05	150 100	
46 XEQ *Y*	98 RCL 00	151	
47 X<Y	99 X+2	152 *Lc=*	
48 STO 05	100 +	153 XEQ *AB*	
49 XEQ *Y*	101 FS? 05	154 FS? 03	
50 RTN	102 RCL 00	155 PTN	
	103 FC? 05	156 RCL 13	

4.4.6 INSTRUCCIONES DEL USUARIO

El programa "PGB" necesita para ser utilizado la ayuda de otros dos programas llamados "COMP" y "COMPA" que lo complementan. Estos tres programas en conjunto deberán ingresarse a la memoria de programa de la calculadora, de lo contrario, el programa "PGB" no podrá ejecutarse.

A continuación se muestran los pasos que deberá seguir el usuario, a fin de que pueda operar correctamente el programa "PGB", utilizando para ello el lenguaje propio de la calculadora.

SIZE ≥ 26

PASO 1.- Ejecución del programa "PGB"

INGRESAR: PGB
PANTALLA: CALCULO DE LA PLANTA DE GALIBOS.
CASO B:
RECTA-CURVA
DATOS EJE A:
X1 = ?

PASO 2.- Ingreso del primer dato del eje A: valor de la abscisa del PCa:

INGRESAR: Valor de X1
PANTALLA: Y1 = ?

PASO 3.- Ingresar el valor de la ordenada del PCa:

INGRESAR: Valor de Y1
PANTALLA: AZ1 = ?

PASO 4.- Ingresar el azimut de la recta tangente al punto PCa de la curva; en grados sexagesimales, con el formato en fracción decimal, en grados minutos y segundos.

INGRESAR: Valor del A21
PANTALLA: PCa = ?

PASO 5.- Ingresar el cadenamiento del PCa de la curva:

INGRESAR: Valor del PCa
PANTALLA: R1 = ?

PASO 6.- Ingresar el radio de la curva simple:

INGRESAR: Valor de R1
PANTALLA: CUAD = ?

PASO 7.- Ingresar el cuadrante en que se ubica el PCa de la curva. (Véase la convención de la fig. 4.8):

INGRESAR: No. del cuadrante

PANTALLA: RESULTADOS:
COOR. CENTRO:
X2 = Valor de la abscisa del centro de la curva †

PANTALLA: Y2 = Valor de la ordenada del centro de la curva †

PANTALLA: DATOS EJE B: †

PANTALLA: X3 = ?

PASO 8.- Ingresar el primer dato del eje B: ingreso de la abscisa del punto de referencia contenido en la tangente del eje B:

INGRESAR: Valor de X3

PANTALLA: X3 = Valor de X3 †

PANTALLA: Y3 = ?

PASO 9.- Ingresar la ordenada del punto de referencia contenido en la tangente del eje B:

INGRESAR: Valor de Y3 R/S
PANTALLA: Y3 = Valor de Y3 R/S †
PANTALLA: AZ3 = ?

PASO 10.- Ingresar el valor del azimut de la recta tangente del eje B, en grados sexagesimales, con el formato en fracción decimal, en grados, minutos y segundos:

INGRESAR: Valor del AZ3 R/S
PANTALLA: AZ3 = Valor del AZ3 R/S †
PANTALLA: PSTb = ?

PASO 11.- Ingresar el cadenamiento del punto de referencia contenido en la tangente del eje B:

INGRESAR: Valor del PSTb R/S
PANTALLA: PSTb = Valor del PSTb R/S †
PANTALLA: DATOS R/S †
PANTALLA: CRUCE 1 : R/S †
PANTALLA: SEPa = 0 R/S †
PANTALLA: SEPb = 0 R/S †

Como puede verse al final de este paso, el programa ha asignado una separación del punto de cruce tanto al eje A como al eje B igual a cero. Ello se debe a que en el presente programa "PGB", el primer punto de cruce calculado siempre será el producido por la intersección de los ejes A y B.

PASO 12.- En este paso se presentan los resultados del punto de cruce en cuestión, pudiendo ser de dos tipos:

a) Si la recta no toca a la curva en ninguno de sus puntos, entonces las soluciones son imaginarias, y en la pantalla aparecerán como resultados los siguientes mensajes;

PANTALLA: RESULTADOS R/S †
PANTALLA: RECTA EXTERIOR R/S †

(Continuar con el paso 13)

b) Si la recta resulta ser secante (dos puntos de intersección) o tangente (un solo punto de intersección) a la curva, entonces, aparecerán en pantalla los siguientes resultados:

- PANTALLA: RESULTADOS: $\boxed{R/S} \downarrow$
- PANTALLA: $X_n =$ Valor de la abscisa del primer punto de intersección $\boxed{R/S} \downarrow$
- PANTALLA: $Y_n =$ Valor de la ordenada del primer punto de intersección $\boxed{R/S} \downarrow$
- PANTALLA: $DEF_a =$ Angulo de deflexión entre el PCA de la curva y el punto de intersección en cuestión. Mostrado en grados sexagesimales con el formato en fracción decimal, en grados, minutos y segundos. $\boxed{R/S} \downarrow$
- PANTALLA: $L_c =$ Valor de la longitud de curva, medida sobre el eje A; desde el PCA de la curva hasta el punto de cruce en cuestión $\boxed{R/S} \downarrow$
- PANTALLA: $CAD_a =$ Valor del cadenasamiento del punto de intersección, referido al eje A $\boxed{R/S} \downarrow$
- PANTALLA: $CAD_b =$ Valor del cadenasamiento del punto de intersección, referido al eje B $\boxed{R/S} \downarrow$

A continuación, se muestran los resultados de la segunda solución del cruce de una recta con una curva. Ello significa, que si los siguientes resultados son diferentes a los de la primera solución, entonces, la recta resultó ser secante a la curva. Pero si ambas soluciones son iguales, la recta fué tangente a la misma.

- PANTALLA: $X_n =$ Valor de la abscisa del segundo punto de intersección $\boxed{R/S} \downarrow$
- PANTALLA: $Y_n =$ Valor de la ordenada del segundo punto de intersección $\boxed{R/S} \downarrow$
- PANTALLA: $DEF_a =$ Angulo de deflexión entre el PCA de la curva y el punto de cruce en cuestión. Mostrado en grados sexagesimales con el formato en fracción decimal, en grados, minutos y segundos. $\boxed{R/S} \downarrow$

PANTALLA: L_c = Valor de la longitud de la curva, medida sobre el eje A, desde el PCa de la curva hasta el punto de cruce en cuestión $\boxed{R/S}$ †

PANTALLA: CADa = Valor del cadenamiento del punto de intersección referido al eje A $\boxed{R/S}$ †

PANTALLA: CADb = Valor del cadenamiento del punto de intersección referido al eje B $\boxed{R/S}$ †

PANTALLA: DATOS $\boxed{R/S}$ †

PANTALLA: CRUCE 1 : $\boxed{R/S}$ †

PANTALLA: SEPa = ?

ASO 13.- Hasta el paso 12 inclusive, el proceso de cálculo para determinar un punto de cruce concluye. Pero después de oír una señal sonora emitida por la calculadora, se volverá a iniciar dicho proceso para el siguiente punto de cruce; para ello, deberán ingresarse las distancias de separación a las que se encuentra el nuevo punto de cruce de los ejes A y B, SEPa y SEPb respectivamente.

La distancia de separación a la que se encuentra dicho punto de intersección del eje A, podrá ingresarse con signo negativo o positivo. Será negativo, si la nueva curva concéntrica a intersectarse es de un radio menor al medido del centro de la curva al eje A (R_1). La separación será positiva, si la nueva curva concéntrica a intersectarse es de un radio mayor que R_1 .

Por lo que se refiere a la distancia de separación a la que se encuentra el nuevo punto de cruce del eje B (SEPb), ésta también podrá tener un signo positivo o negativo, su elección se hará de la siguiente forma: si desde el punto de coordenadas (X_p, Y_p) (punto sobre la tangente a intersectarse, paralela al eje B, cuyo cadenamiento es el mismo que el del PSTb) dirigimos nuestra visual hacia el punto de cruce; y vemos de esta manera que la recta en cuestión involucrada en el cruce está del lado izquierdo del eje B, entonces, consideraremos la separación con signo negativo. Pero si la vemos del lado derecho, habremos de considerarla con signo positivo. Cabe señalar que si la recta por intersectarse es el propio eje B, entonces, la separación será igual a cero.

INGRESAR: Valor de SEPa
PANTALLA: SEPa = Valor de SEPa †
PANTALLA: SEPb = ?
INGRESAR: Valor de SEPb
PANTALLA: SEPb = Valor de SEPb †

(Continuar con el paso 12)

† No habrá necesidad de oprimir la tecla cuando la impresora se encuentre conectada a la calculadora.

4.4.7 EJEMPLO DE APLICACION

Con la intención de poner en práctica la información precedente, enfocada a la correcta utilización del programa "PGB", se presenta en este punto la solución de un ejemplo de aplicación.

La fig. 4.9 muestra la intersección de un camino en tangente con uno en curva simple, camino A y camino B respectivamente. Se desea determinar lo siguiente:

a) Coordenadas del centro de la curva (X_2, Y_2) .

Y para cada uno de los cinco puntos de cruce que en dicha figura aparecen:

b) Coordenadas del punto de intersección (X_n, Y_n) .

c) Angulo de deflexión (DEF_n) .

d) Longitud de la curva (L_c) .

e) Cadenamiento del punto de intersección referido al eje A (CAD_A) .

f) Cadenamiento del punto de intersección referido al eje B (CAD_B) .

A continuación se muestran los datos necesarios para la ejecución del programa "PGB", los cuales, también aparecen en dicha figura:

Datos del eje A:

a) Coordenadas del PCa de la curva:

$$(X_1, Y_1) = (10,080.2134, 10,100.1217)$$

b) Azimut de la recta tangente en el punto PCa:

$$AZ_1 = 180^\circ 00' 00''$$

c) Cadenamiento del PCa de la curva:

$$PCa = 0 + 090.70$$

EJEMPLO DE APLICACION AL CASO B
INTERSECCION DE UN CAMINO EN TANGENTE
CON UNO EN CURVA.

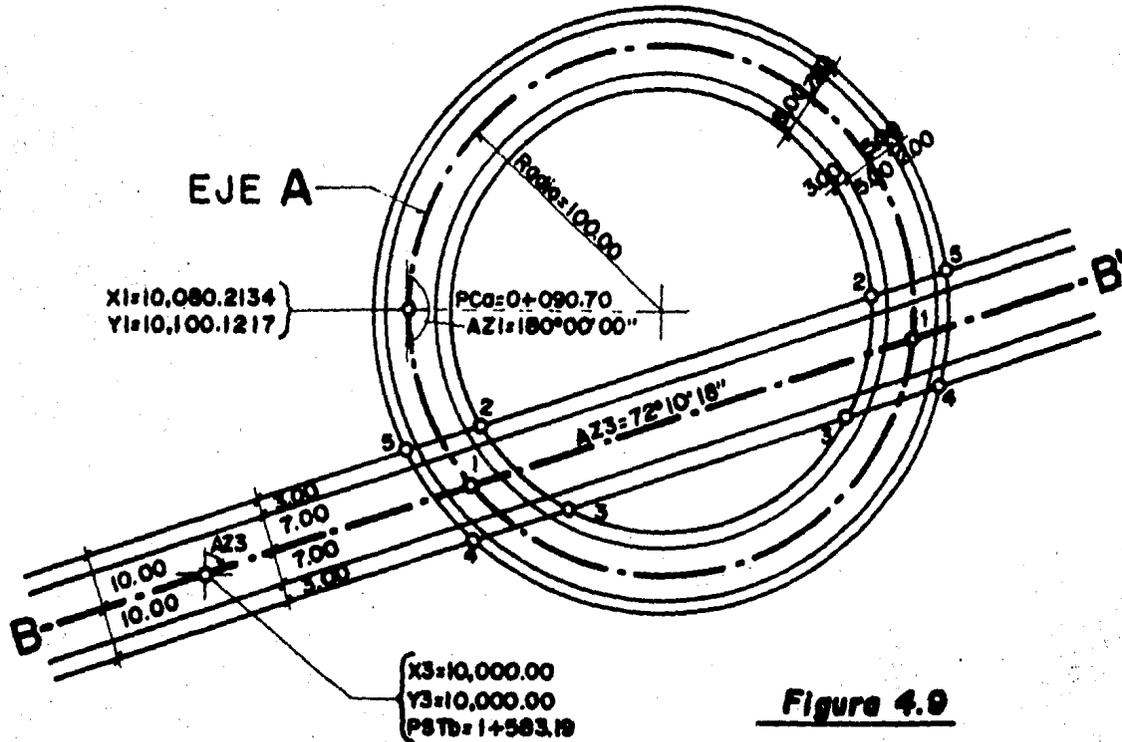


Figure 4.9

d) Radio de la curva:

$$R1 = 100.00$$

Datos del eje B:

a) Coordenadas del punto de referencia sobre la tangente del eje B :

$$(X3, Y3) = (10,000.00 , 10,000.00)$$

b) Azimut de la tangente del eje B:

$$AZ3 = 72^{\circ} 10' 18''$$

c) Ordenamiento del punto de referencia, contenido en la tangente del eje B:

$$PSTb = 1 + 583.19$$

Por último, habiendo ejecutado el programa "PGB", y mediante la utilización de la impresora, se adjunta un listado con la solución del presente ejemplo de aplicación.

XEQ *PGO*
CALCULO DE
LA PLANTA DE
GALIBOS.

CASO B:
RECTA-CURVA

DATOS EJE A:

X1=?
10,000.2134 RUN
Y1=10,000.2134
Y1=?
10,100.1217 RUN
Y1=10,100.1217
AZ1=?
100.0000 RUN
AZ1=100.0000
FC3=?
90.7000 RUN
PCa=90.7000
PJ=?
100.0000 RUN
P1=100.0000
CURD=?
2.0000 RUN
CURD=2

RESULTADOS:

COORD. CENTRO:
X2=10,100.2134
Y2=10,100.1217

DATOS EJE B:

X3=?
10,000.0000 RUN
X3=10,000.0000
Y3=?
10,000.0000 RUN
Y3=10,000.0000
AZ3=?
72.1018 RUN
AZ3=72.1018
PSTb=?
1,503.1900 RUN
PSTb=1,503.1900

DATOS
CRUCE1:

SEPa=0.0000
SEPB=0.0000

RESULTADOS:

X4=10,105.3106
Y4=10,033.6690

DEF3=41.2935
Lc=72.419
CADa=163.12
CADb=1,693.01

X4=10,279.6942
Y4=10,089.9526

DEFa=174.0916
Lc=303.957
CADa=394.66
CADb=1,876.99

DATOS
CRUCE2:

SEPa=?
-8.000 RUN
SEPa=-8.000
SEPB=?
-10.000 RUN
SEPB=-10.000

RESULTADOS:

X5=10,106.6915
Y5=10,044.6176

DEFa=36.5704
Lc=64.492
CADa=155.19
CADb=1,698.48

X5=10,272.1900
Y5=10,090.0436

DEFa=170.4236
Lc=311.908
CADa=402.61
CADb=1,872.33

DATOS
CRUCE3.

SEP_a=? -8.000 RUN
SEP_a=-8.000
SEP_b=? 10.000 RUN
SEP_b=10.000

RESULTADOS :

X6=10,122,1321
Y6=10,028,7745

DEF_a=50,5107
Lc=88,753
CAD_a=179,45
CAD_b=1,709,27

X6=10,260,9961
Y6=10,076,0675

DEF_a=164,4004
Lc=287,632
CAD_a=370,33
CAD_b=1,062,54

DATOS
CRUCE4 :

SEP_a=? 7.000 RUN
SEP_a=7,000
SEP_b=? 10.000 RUN
SEP_b=10,000

RESULTADOS :

X7=10,105,5785
Y7=10,023,4507

DEF_a=45,4615
Lc=79,805
CAD_a=170,56
CAD_b=1,690,88

X7=10,285,5497
Y7=10,081,3313

DEF_a=169,5249
Lc=296,497
CAD_a=307,20
CAD_b=1,079,93

DATOS
CRUCES :

SEP_a=? 7.000 RUN
SEP_a=7,000
SEP_b=? -10.000 RUN
SEP_b=-10,000

RESULTADOS :

X8=10,091,7634
Y8=10,039,9972

DEF_a=34,1117
Lc=59,669
CAD_a=150,37
CAD_b=1,682,74

X8=10,207,1701
Y8=10,102,8639

DEF_a=170,3132
Lc=311,536
CAD_a=402,29
CAD_b=1,000,07

**CALCULO DE
LA PLANTA DE
GALIBOS.**

**CASO B:
RECTA-CURVA**

DATOS EJE A:

X1=10,000.2134
Y1=10,100.1217
A21=100.0000
PCa=90.7000
R1=100.0000
CUAD=2

RESULTADOS:

COOR. CENTRO
X2=10,180.2134
Y2=10,100.1217

DATOS EJE B:

X3=10,000.0000
Y3=10,000.0000
A23=72.1018
PSTb=1,583.1900

**DATOS
CRUCE 1:**

SEPa=0.0000
SEpb=0.0000

RESULTADOS:

X4=10,105.3106
Y4=10,033.8690

DEFa=41.2935
Lc=72.419
CADa=163.12
CADb=1,693.81

X4=10,279.6942
Y4=10,009.9526

DEFa=174.0916
Lc=303.957
CADa=394.66
CADb=1,876.99

**DATOS
CRUCE 2:**

SEPa=-8.000
SEpb=-10.000

RESULTADOS:

X5=10,106.6915
Y5=10,044.8176

DEFa=36.5704
Lc=64.492
CADa=155.19
CADb=1,698.48

X5=10,272.1900
Y5=10,090.0436

DEFa=178.4236
Lc=311.900
CADa=402.61
CADb=1,872.33

**DATOS
CRUCE 3:**

SEPa=-8.000
SEpb=10.000

RESULTADOS:

X6=10,122.1321
Y6=10,028.7745

DEFa=50.5107
Lc=88.753
CADa=179.45
CADb=1,700.27

X6=10,268.9961
Y6=10,076.0075

DEFa=164.4804
Lc=287.632
CADa=378.33
CADb=1,862.54

**DATOS
CRUCE 4:**

SEPa=7.000
SEpb=10.000

RESULTADOS:

X7=10,105.5785
Y7=10,023.4507

DEFa=45.4615
Lc=79.805
CADa=170.56
CADb=1,690.88

X7=10,285.5497
Y7=10,081.3313

DEFa=169.5249
Lc=296.497
CADa=387.20
CADb=1,879.93

**DATOS
CRUCE 5:**

SEPa=7.000
SEpb=-10.000

RESULTADOS:

X8=10,091.7034
Y8=10,039.9972

DEFa=34.1117
Lc=59.669
CADa=156.37
CADb=1,682.74

X8=10,287.1781
Y8=10,102.8639

DEFa=178.3132
Lc=311.586
CADa=402.29
CADb=1,888.07

4.5 CASO C: INTERSECCION DE DOS CAMINOS CON SUS ALINEAMIENTOS HORIZONTALES EN CURVA SIMPLE.

4.5.1 DESCRIPCION GENERAL.

Los incisos siguientes, contienen la información que deberá conocer el lector, a fin de que pueda utilizar adecuadamente el programa llamado "PGC" (Planta de Gálidos caso C). Este programa está orientado a ayudar en la elaboración de la planta de Gálidos de dos caminos que se intersectan en curva (caso C).

Mediante la utilización de este programa, el usuario podrá obtener las coordenadas del punto exacto en que ocurre el cruce de los dos caminos en curva (camino A y camino B); así como las deflexiones y las longitudes de curvas que definirán los cadenamientos de cruce en cuestión, referidos respectivamente a los ejes de cada uno de los caminos que se cruzan.

Los incisos que más adelante se describirán con mayor detalle se han dispuesto en el siguiente orden: primeramente se presentará el algoritmo utilizado en el programa "PGC", que dará solución al ya mencionado caso C; dicho algoritmo consta de las expresiones matemáticas que habrán de ser ejecutadas por la calculadora, siguiendo un esquema de proceso lógico de cálculo.

En segundo lugar, se explicará cuáles son los datos de entrada necesarios para poder utilizar adecuadamente el programa "PGC", y cuáles, los datos de salida (resultados) que obtendremos de la aplicación del mismo.

Seguidamente a los datos de entrada y de salida, mediante un diagrama de flujo se tendrá una semblanza gráfica, del programa "PGC", mostrándose la secuencia de ejecución de las diferentes etapas de cálculo que se ha ordenado ejecutar a la calculadora, y la interrelación entre las distintas partes que integran el programa.

Como cuarto punto, haciendo uso de la impresora, se presentará un listado con la codificación de los programas "PGC", "COMP" y "COMPA", considerando a estos dos últimos como complementos necesarios para la ejecución del primero. En este listado aparecerán todas las instrucciones de que constan los mencionados programas, escritas en el lenguaje propio de la calculadora.

El siguiente punto expuesto, contendrá las instrucciones del usuario, es decir, las indicaciones que deberá seguir el usuario, a fin de que realice una correcta aplicación del programa "PGC".

Como último punto, mediante la solución de un ejemplo de aplicación al caso C; se espera que ahora en una forma práctica y objetiva, se logren conjuntar los puntos anteriormente expuestos y con ello alcanzar cabalmente los objetivos señalados al principio de este capítulo.

Para finalizar, en el apéndice A se cuenta con una breve pero útil metodología para la solución de un problema con ayuda de una calculadora programable. Y en el apéndice B, aparece la simbología utilizada en la realización del diagrama de flujo.

4.5.2 ALGORITMO DE SOLUCION.

El conjunto de expresiones matemáticas destinadas a la solución del caso C, y que sustentan la estructura del presente algoritmo son las que a continuación se muestran:

- 1.- $X2 = R1 [\text{sen } (AZ1 + 90^\circ)] + X1$
- 2.- $Y2 = R1 [\text{cos } (AZ1 + 90^\circ)] + Y1$
- 3.- $X4 = R3 [\text{sen } (AZ3 + 90^\circ)] + X3$
- 4.- $Y4 = R3 [\text{cos } (AZ3 + 90^\circ)] + Y3$
- 5.- $X = X2 - X4$
- 6.- $Y = Y2 - Y4$
- 7.- Conversión de las coordenadas rectangulares (X,Y) a coordenadas polares (D,θ)
- 8.- $A = \cos^{-1} \left(\frac{D^2 + Rb^2 - Rn^2}{2 \cdot Rb \cdot D} \right)$
- 9.- $\theta1 = \theta + A$
- 10.- Conversión de las coordenadas polares (Rb,θ1) a coordenadas rectangulares (XR,YR).
- 11.- $Xn = XR + X4$
- 12.- $Yn = YR + Y4$
- 13.- $L = \sqrt{(Xn - X1)^2 + (Yn - Y1)^2}$
- 14.- $DEPa = \cos^{-1} \left(\frac{Rn^2 + R1^2 - L^2}{2 \cdot Rn \cdot R1} \right)$
- 15.- $Loa = \frac{R1 \cdot DEPa \cdot \pi}{180}$
- 16.- $CADa = PCa + Loa$
- 17.- $M = \sqrt{(Xn - X3)^2 + (Yn - Y3)^2}$
- 18.- $DEPb = \cos^{-1} \left(\frac{Rb^2 + R3^2 - M^2}{2 \cdot Rb \cdot R3} \right)$

$$19.- Lcb = \frac{DEFb \cdot R3 \cdot \pi}{180}$$

$$20.- CADb = PCb + Lcb$$

Donde:

(X2,Y2) = Coordenadas del centro de la curva simple del eje A.

R1 = Radio de la curva simple, medido desde el centro de la misma hasta el eje A.

PCa = Cadenamiento del punto en donde comienza la curva simple contenida en el eje A.

AZ1 = Azimut de la recta tangente en el punto PCa.

(X1,Y1) = Coordenadas del punto PCa

(X4,Y4) = Coordenadas del centro de la curva simple del eje B.

R3 = Radio de la curva, medido desde el centro de la misma hasta el eje B.

PCb = Cadenamiento del punto en donde comienza la curva simple contenida en el eje B.

AZ3 = Azimut de la recta tangente en el punto PCb.

(X3,Y3) = Coordenadas del punto PCb.

X = Distancia de separación horizontal (referida al eje de las X) entre los centros de las dos curvas a intersectarse.

Y = Distancia de separación vertical (referida al eje de las Y) entre los centros de las dos curvas a intersectarse.

A = Angulo formado entre la recta que une a los centros de las dos curvas, y la recta que une al centro de la curva a intersectarse del camino B con el punto de intersección de ambas curvas.

D = Distancia de separación entre los centros de las dos curvas a intersectarse.

Rb = Radio de la curva a intersectarse del camino B.

Ra = Radio de la curva a intersectarse del camino A.

$(X_n, Y_n)_i$ = Coordenadas del punto i en que se intersectan las dos curvas.

L = Distancia de separación entre el punto de cruce de coordenadas (X_n, Y_n) y el punto del PCa de coordenadas (X_l, Y_l) .

DEF_a = Angulo de deflexión entre el punto del PCa y el punto de intersección de coordenadas (X_n, Y_n) .

L_{ca} = Longitud de la curva, medida sobre el eje A, desde el PCa hasta el punto de intersección de coordenadas (X_n, Y_n) .

CAD_a = Cadenamiento del punto de intersección referido al eje A.

M = Distancia de separación entre el punto de cruce de coordenadas (X_n, Y_n) y el punto PCb de coordenadas (X_3, Y_3)

DEF_b = Angulo de deflexión entre el punto del PCb y el punto de intersección de coordenadas (X_n, Y_n) .

L_{cb} = Longitud de la curva, medida sobre el eje B, desde el PCb hasta el punto de intersección de coordenadas (X_n, Y_n) .

CAD_b = Cadenamiento del punto de intersección referido al eje B.

La representación gráfica de las expresiones precedentes se presentan en la fig. 4.10.

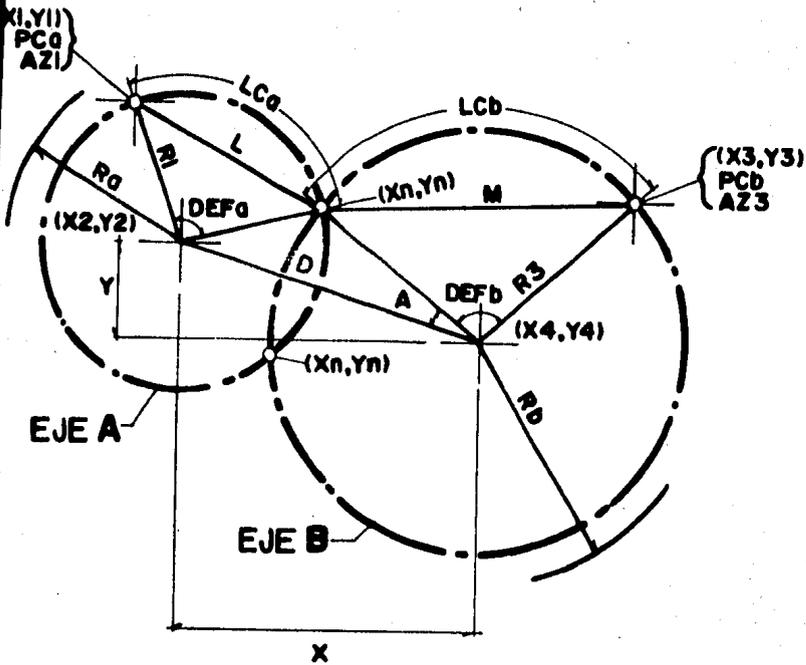


Figure 4.10

4.5.3 DATOS DE ENTRADA Y DE SALIDA

4.5.3.1 DATOS DE ENTRADA:

Antes de ingresar los datos que habrán de alimentar al programa "PGC", y con el fin de referirlos correctamente a cada uno de los caminos que se cruzan, primero deberá definirse a cuál de los dos ejes de los caminos involucrados en el cruce se le identificará como eje A o como eje B. Por lo general, se le asigna la letra A al eje de proyecto del camino principal y la letra B al de menor importancia o secundario. Pero finalmente, dicha elección podrá el usuario realizarla a su gusto.

A continuación, se presentan los datos básicos necesarios que deberán suministrarse al programa "PGC" para cada uno de los ejes:

Datos del eje A:

- a) Coordenadas del PCa de la curva ((X1,Y1)).
- b) Azimut de la recta tangente al punto PCa (AZ1).
- c) Cademamiento del PCa de la curva (PCa)
- d) Radio de la curva simple (R1). Medido desde el centro de la curva hasta el eje A; ya que el primer punto de cruce calculado será el punto donde se intersecten los ejes A y B.
- e) Cuadrante en el que se ubica el PCa de la curva (CUAD). (Véase la convención mostrada en la fig. 4.8).
- f) Distancia de separación del punto de cruce al eje A (SEPa).

Datos del eje B:

- a) Coordenadas del PCb de la curva ((X3,Y3)).
- b) Azimut de la recta tangente al punto PCb (AZ3).
- c) Cademamiento del PCb de la curva (PCb).

d) Radio de la curva simple ($R3$). El cual deberá ser siempre el medido desde el centro de la curva hasta el eje B.

e) Cuadrante en el que se ubica el PCb de la curva (CUAD). (Véase la convención mostrada en la fig. 4.8).

f) Distancia de separación del punto de cruce al eje B (SEPb).

4.5.3.2 DATOS DE SALIDA:

El programa "PGC" mostrará a través de sus diferentes etapas de cálculo los siguientes resultados:

a) Coordenadas del centro de la curva simple del eje A ($(X2, Y2)$).

b) Coordenadas del centro de la curva simple del eje B ($(X4, Y4)$).

c) Coordenadas del punto en que se intersectan las dos curvas ((Xn, Yn)).

d) Angulo de deflexión entre el punto del PCa y el punto de intersección de coordenadas (Xn, Yn) (DEPa).

e) Longitud de curva, medida sobre el eje A, desde el PCa hasta el punto de intersección de coordenadas (Xn, Yn) (Lc).

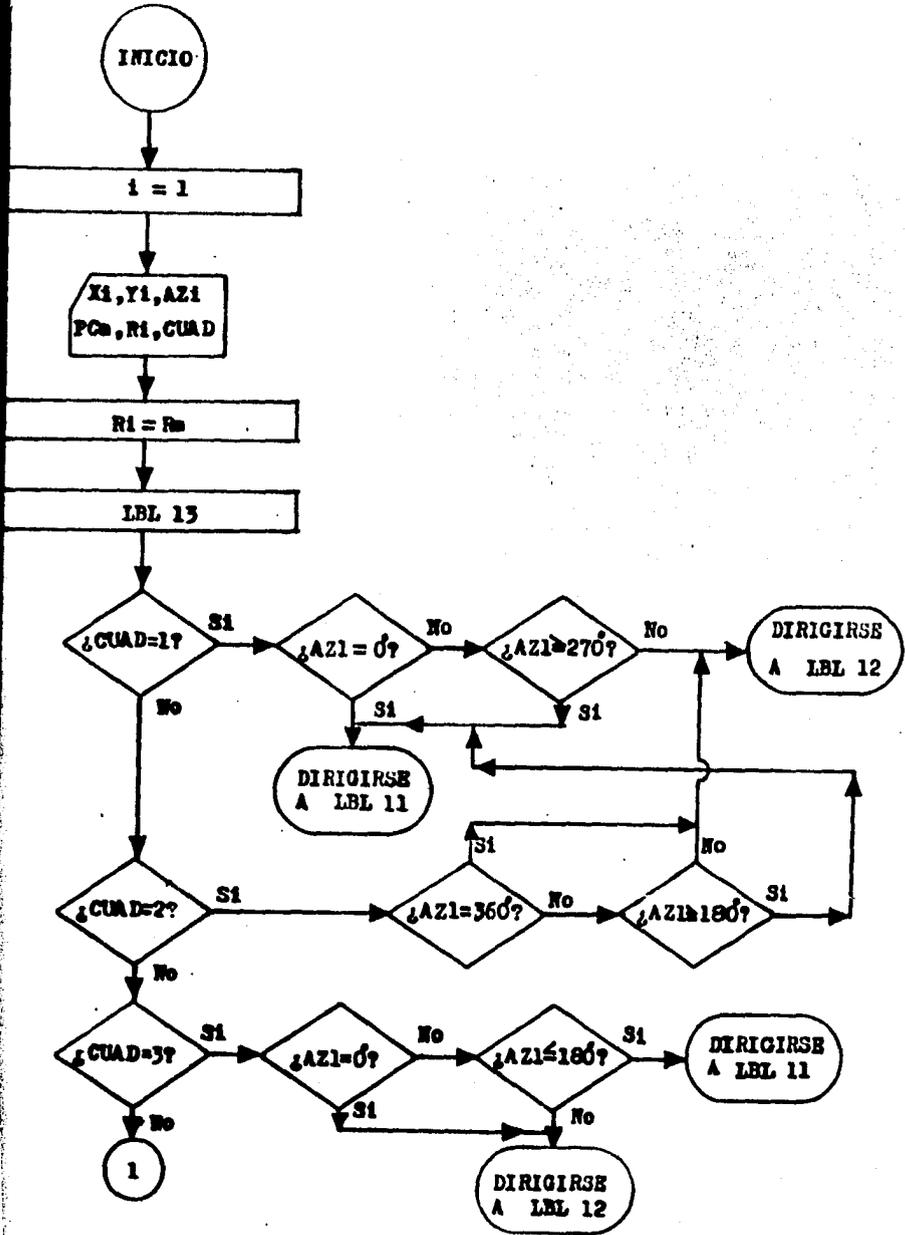
f) Cademamiento del punto de intersección referido al eje A (CADa).

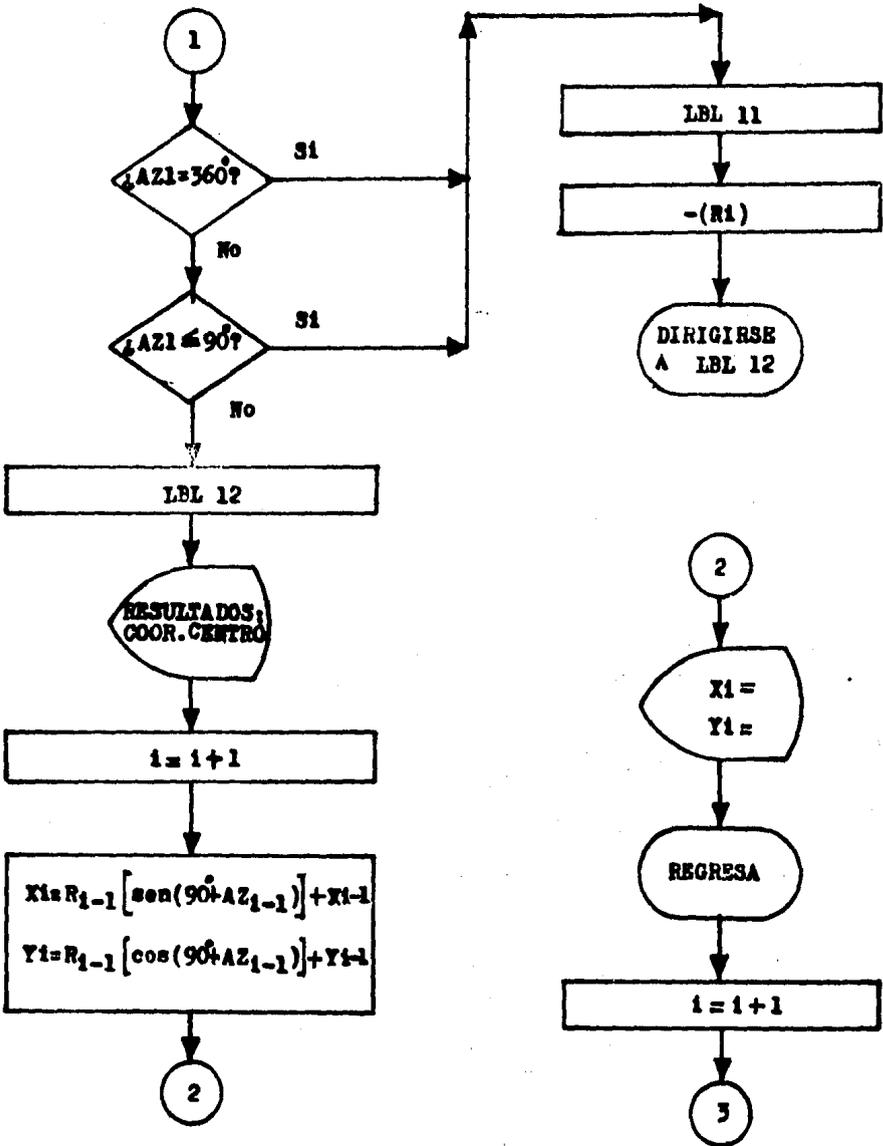
g) Angulo de deflexión entre el punto del PCb y el punto de intersección de coordenadas (Xn, Yn) (DEPb).

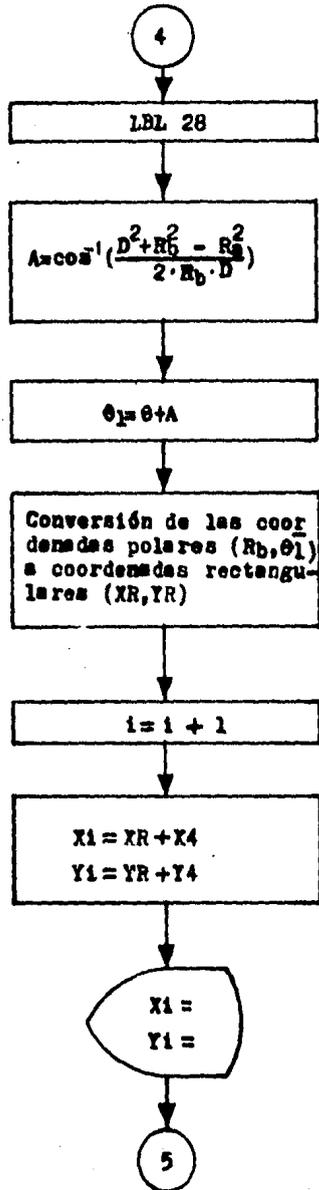
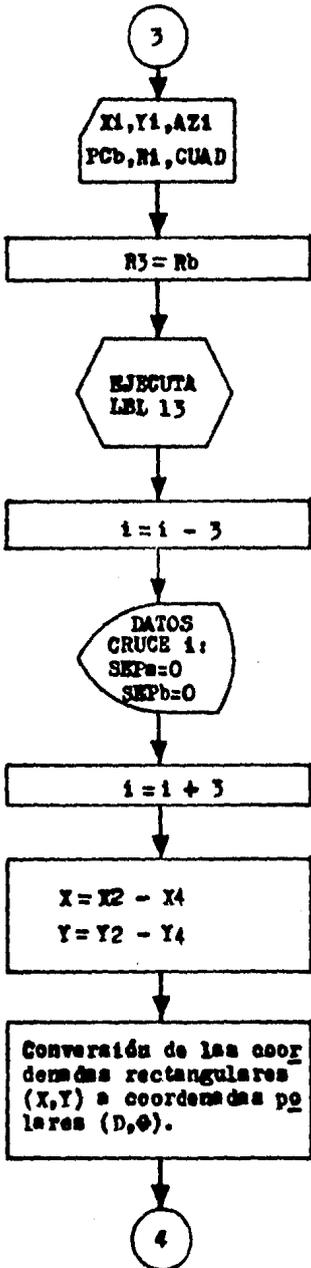
h) Longitud de la curva, medida sobre el eje B, desde el PCb hasta el punto de intersección de coordenadas (Xn, Yn) (Lc).

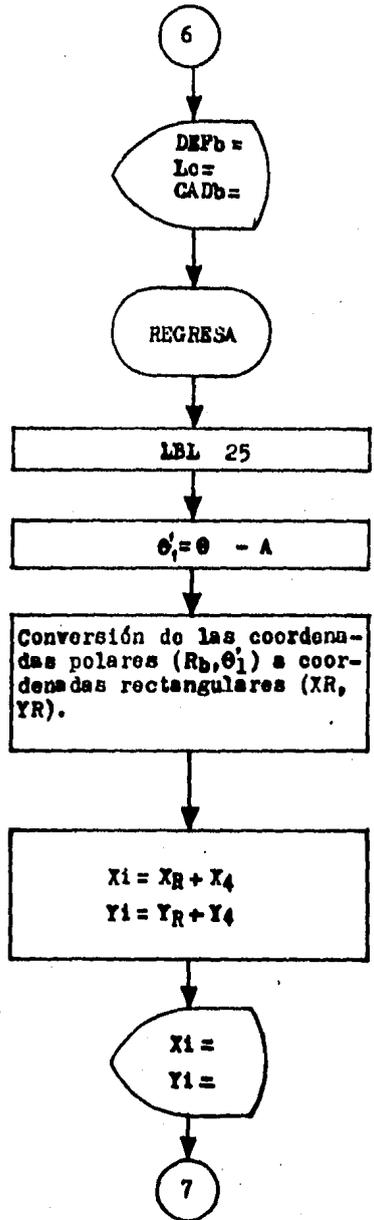
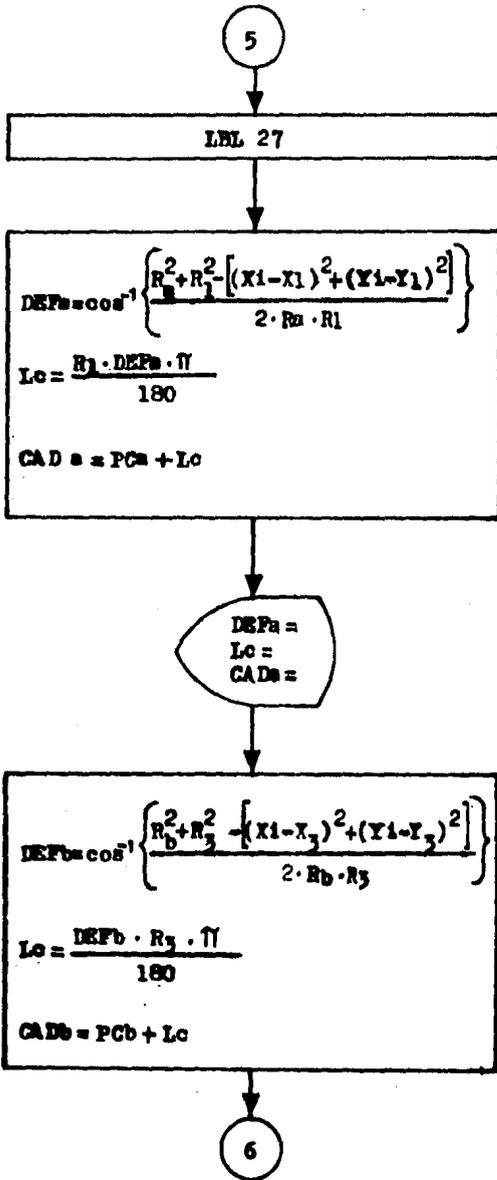
i) Cademamiento del punto de intersección referido al eje B (CADb).

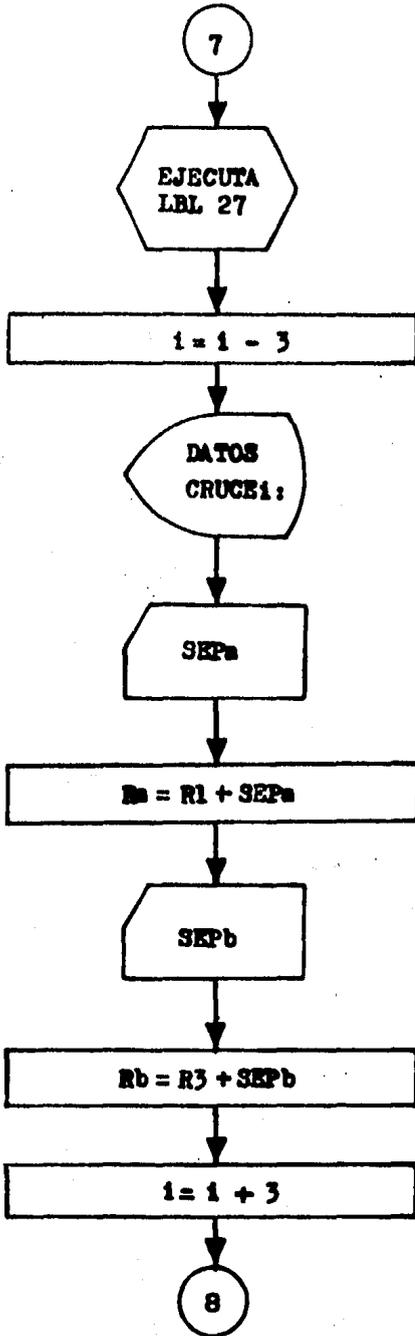
4.5.4 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA "FGC"
(CASO C: INTERSECCION DE DOS CAMINOS EN CURVA),











4.5.5 LISTADO DEL
PROGRAMA
PGC :

01*LBL *PGC*	51 SF 02	100 XEQ 33	146 RCL 08
02 XEQ *SI*	52 XEQ 27	101 GTO 36	147 STO 01
03 28	53 XEQ *CA*		148 RCL 09
04 XEQ *REN?*	54 SF 00	102*LBL 24	149 STO 02
05 SF 02	55 ADV	103 RCL 16	150 RCL 26
06 XEQ *O*	56 XEQ 25	104 RCL 23	151 STO 07
07 XEQ *XY*	57 XEQ 24	105 +	152 RCL 25
08 XEQ *PS*	58 XEQ 32	106 STO 14	153 STO 13
09 STO 12	59 XEQ 27	107 SF 03	154 RTN
10 STO 00	60 XEQ *CA*	108 CF 02	
11 XEQ *S13*	61 XEQ 26	109 XEQ *X*	155*LBL 27
12 XEQ *PS*	62 SF 02	110 RCL 17	156 XEQ *CAD*
13 XEQ *RA*	63 XEQ 27	111 RCL 24	157 SF 03
14 STO 26	64 XEQ *CA*	112 +	158 ADV
15 STO 00		113 STO 15	159 XEQ *LC*
16 SF 00	65*LBL 36	114 XEQ *Y*	160 RCL 13
17 SF 04	66 ADV	115 RTN	161 +
18 XEQ *S13*	67 TONE 9		162 RTN
19 STO 23	68 I	116*LBL 20	
20 SF 03	69 ST- 22	117 RCL 10	163*LBL 32
21 CF 02	70 ST- 22	118 STO 07	164 RCL 10
22 XEQ *X*	71 ST- 22	119 X<Y	165 STO 01
23 X<Y	72 XEQ *PT*	120 XEQ *S19*	166 RCL 19
24 STO 24	73 SF 02	121 CF 05	167 STO 02
25 XEQ *Y*	74 XEQ *SEA*	122 HR	168 RCL 12
26 I	75 RCL 12	123 STO 06	169 STO 07
27 ST- 22	76 +		170 RCL 20
28 ADV	77 STO 21	124*LBL 25	171 STO 13
29 XEQ *CR*	78 SF 02	125 RCL 11	172 RTN
30 I	79 XEQ *SEB*	126 RCL 06	
31 ST+ 22	80 RCL 26	127 FC? 00	173*LBL 33
32 SF 06	81 +	128 +	174 XEQ 32
33 XEQ *S22*	82 STO 27	129 FS? 00	175 RCL 21
34 SF 05	83 STO 00	130 -	176 STO 00
35 RCL 26	84 I	131 FS? 07	177 SF 05
36 STO 00	85 ST+ 22	132 RCL 27	178 XEQ 27
37 RCL 12	86 ST+ 22	133 FC? 07	179 XEQ *CA*
38 X+2	87 ST+ 22	134 RCL 00	180 XEQ 26
39 XEQ 20	88 RCL 21	135 P-R	181 RCL 27
40 RCL 12	89 X+2	136 STO 16	182 STO 00
41 STO 07	90 SF 05	137 X<Y	183 SF 02
42 XEQ 27	91 SF 07	138 STO 17	184 XEQ 27
43 XEQ *CA*	92 ADV	139 FS?C 00	185 XEQ *CA*
44 RCL 01	93 XEQ *RE*	140 RTN	186 END
45 STO 10	94 XEQ 20	141 I	
46 RCL 02	95 XEQ 33	142 ST+ 22	
47 STO 19	96 SF 00	143 XEQ 24	
48 RCL 13	97 ADV	144 RTN	
49 STO 20	98 XEQ 25		
50 XEQ 26	99 XEQ 24	145*LBL 26	

- 190 -
LISTA DEL
PROGRAMA
COMP

1*LBL *COMP*		106 SF 12	159*LBL *SEA*	211 FS?C 03
02*LBL *AB*	53*LBL *DA*	107 XEQ *DA*	160 *SEPa=?	212 RTN
03 ARCL X	54 *DATOS *	108 *FEJE B:*	161 PROMPT	213 SF 02
04 AVIEW	55 RTN	109 AVIEW	162 *SEPa=*	214 RTN
05 RTN		110 CF 12	163 XEQ *AB*	
	56*LBL *O*	111 XEQ *XY*	164 RTN	215*LBL *XP*
06*LBL *AZ*	57 ADV	112 XEQ *AZ*		216 90
07 *AZ*	58 SF 12	113 HR	165*LBL *SEB*	217 RCL 03
08 XEQ *C*	59 *CASO*	114 STO 03	166 *SEpb=?	218 +
09 FS?C 02	60 FS? 00	115 FC? 01	167 PROMPT	219 ENTER†
10 GTO *AZ*	61 *F A:*	116 *Pcb=?	168 *SEpb=*	220 ENTER†
11 SF 02	62 FS? 00	117 FS? 01	169 XEQ *AB*	221 COS
12 RTN	63 AVIEW	118 *PSTb=?	170 RTN	222 RCL 00
	64 FS?C 00	119 PROMPT		223 FS? 01
13*LBL *C*	65 *RECTA-RECTA*	120 STO 25	171*LBL *SI*	224 CHS
14 CF 29	66 FS? 01	121 FC? 01	172 SF 12	225 *
15 FIX 0	67 *F B:*	122 *Pcb=*	173 SF 27	226 FC? 00
16 ARCL 22	68 FS? 01	123 FS?C 01	174 * CALCULO DE*	227 RCL 02
17 *f=*	69 AVIEW	124 *PSTb=*	175 AVIEW	228 FS? 00
18 FIX 4	70 FS?C 01	125 XEQ *AB*	176 *LA PLANTA DE*	229 RCL 09
19 SF 29	71 *CURVA-CURVA*	126 RTN	177 AVIEW	230 +
20 FS? 02	72 FS? 02		178 * GALIBOS.*	231 X<>Y
21 *f?*	73 *F C*	127*LBL *PT*	179 AVIEW	232 SIN
22 FC? 02	74 FS? 02	128 ADV	180 CF 00	233 RCL 00
23 XEQ *AB*	75 AVIEW	129 SF 12	181 CF 01	234 FS?C 01
24 FC? 02	76 FS?C 02	130 XEQ *DA*	182 CF 02	235 CHS
25 RTN	77 *CURVA-CURVA*	131 AVIEW	183 CF 03	236 *
26 PROMPT	78 AVIEW	132 FIX 0	184 CF 04	237 FC? 00
27 RTN	79 ADV	133 CF 29	185 CF 05	238 RCL 01
	80 XEQ *DA*	134 * CRUCE*	186 CF 06	239 FS?C 00
28*LBL *CA*	81 *FEJE A:*	135 ARCL 22	187 CF 07	240 RCL 08
29 FIX 2	82 AVIEW	136 *f:*	188 RTN	241 +
30 *CADa=*	83 CF 12	137 AVIEW		242 RTN
31 XEQ *AB*	84 RTN	138 FIX 4	189*LBL *ST*	
32 RTN		139 SF 29	190 I	243*LBL *XY*
	85*LBL *PS*	140 CF 12	191 ST- 22	244 SF 02
33*LBL *CA*	86 XEQ *AZ*	141 RTN	192 ST- 22	245 I
34 FIX 2	87 HR		193 XEQ *PT*	246 STO 22
35 *CADb=*	88 STO 03	142*LBL *RE*	194 I	247 XEQ *X*
36 XEQ *AB*	89 FC? 01	143 SF 12	195 ST+ 22	248 STO 02
37 RTN	90 *PCa=?	144 *RESULTADOS:*	196 ST+ 22	249 RDN
	91 FS? 01	145 AVIEW	197 RTN	250 STO 01
38*LBL *CR*	92 *PSTa=?	146 CF 12		251 RTN
39 I	93 PROMPT	147 RTN	198*LBL *X*	
40 ST- 22	94 STO 13		199 *X*	252*LBL *XY*
41 ST- 22	95 FC? 01	148*LBL *REN?*	200 XEQ *C*	253 I
42 XEQ *PT*	96 *PCa=*	149 SF 27	201 FS?C 02	254 ST+ 22
43 0	97 FS? 01	150 *SIZE>=*	202 GTO *X*	255 XEQ *X*
44 STO X	98 *PSTa=*	151 ARCL X	203 FS? 03	256 STO 09
45 *SEPa=*	99 XEQ *AB*	152 SF 25	204 RTN	257 STO 24
46 XEQ *AB*	100 FC? 01	153 I	205 SF 02	258 RDN
47 *SEpb=*	101 XEQ *RA*	154 -		259 STO 08
48 XEQ *AB*	102 RTN	155 RCL IND X	206*LBL *Y*	260 STO 23
49 I		156 FC?C 25	207 *Y*	261 END
50 ST+ 22	103*LBL *PS*	157 PROMPT	208 XEQ *C*	
51 ST+ 22	104 SF 02	158 RTN	209 FS?C 02	
52 RTN	105 ADV		210 GTO *Y*	

- 191 -
 LISTADO DEL
 PROGRAMA
 COMPA:

81*LBL *COMPA*	51*LBL *S13*	104 RCL 07	157 +
02*LBL *S3*	52 *CUAD=?*	105 RCL 07	158 CF 02
03 0	53 PROMPT	106 *	159 XEQ *CA*
04 RCL 03	54 FIX 0	107 2	160 RTN
05 X=Y?	55 CF 29	108 *	
06 GTO *S11*	56 *CUAD=?*	109 /	161*LBL *RA*
07 270	57 XEQ *AB*	110 ACOS	162 "R"
08 X=Y?	58 SF 29	111 HMS	163 XEQ *C**
09 GTO *S11*	59 FIX 4	112 FIX 4	164 FS?C 02
10 GTO *S12*	60 1	113 RTN	165 GTO *RA*
	61 X=Y?		166 SF 02
11*LBL *S4*	62 GTO *S3*	114*LBL *S22*	167 END
12 360	63 X<Y	115 RCL 05	
13 RCL 03	64 2	116 RCL 24	
14 X=Y?	65 X=Y?	117 -	
15 GTO *S12*	66 GTO *S4*	118 FC? 06	
16 100	67 X<Y	119 ABS	
17 X=Y?	68 3	120 RCL 04	
18 GTO *S11*	69 X=Y?	121 RCL 23	
19 GTO *S12*	70 GTO *S5*	122 -	
	71 360	123 FC? 06	
20*LBL *S5*	72 RCL 03	124 ABS	
21 0	73 X=Y?	125 R-P	
22 RCL 03	74 GTO *S11*	126 STO 10	
23 X=Y?	75 90	127 FS? 06	
24 GTO *S12*	76 X<Y	128 ADV	
25 100	77 X<Y?	129 FS? 06	
26 X<Y	78 GTO *S11*	130 XEQ *RE*	
27 X=Y?	79 GTO *S12*	131 FIX 3	
28 GTO *S11*		132 X<Y	
29 GTO *S12*	80*LBL *CAD*	133 STO 11	
	81 RCL 14	134 FS?C 06	
30*LBL *S11*	82 RCL 01	135 RTN	
31 SF 01	83 -	136 GTO *S1*	
	84 X↑2		
32*LBL *S12*	85 RCL 15	137*LBL *LC*	
33 ADV	86 RCL 02	138 FIX 4	
34 XEQ *RE*	87 -	139 FC? 02	
35 *COOR. CENTRO:*	88 X↑2	140 *DEFa=*	
36 AVIEW	89 +	141 FS?C 02	
37 1		142 *DEFb=*	
38 ST+ 22	90*LBL *S19*	143 XEQ *AB*	
39 XEQ *XP*	91 RCL 07	144 HR	
40 FS?C 04	92 X↑2	145 FIX 3	
41 RTN	93 X<Y	146 RCL 07	
42 SF 21	94 -	147 *	
43 STO 04	95 FC? 05	148 PI	
44 SF 03	96 RCL 07	149 *	
45 CF 02	97 FS? 05	150 100	
46 XEQ *X*	98 RCL 00	151 /	
47 X<Y	99 X↑2	152 *Lc=*	
48 STO 05	100 +	153 XEQ *AB*	
49 XEQ *Y*	101 FS? 05	154 FS? 03	
50 RTN	102 RCL 00	155 RTN	
	103 FC? 05	156 RCL 13	

4.5.6 INSTRUCCIONES DEL USUARIO

El programa "PGC" necesita para ser utilizado la ayuda de otros dos programas llamados "COMP" y "COMPA" que lo complementan. Estos tres programas en conjunto, deberán ingresarse a la memoria de programa de la calculadora, de lo contrario, el programa "PGC" no podrá ejecutarse.

A continuación, se muestran los pasos que deberá seguir el usuario, a fin de que pueda operar correctamente el programa "PGC", utilizando para ello el lenguaje propio de la calculadora.

SIZE = 28

PASO 1.- Ejecución del programa "PGC" :

INGRESAR: XEQ ALPHA PGC ALPHA
PANTALLA: CALCULO DE LA PLANTA DE GALIBOS.
CASO C:
CURVA-CURVA
DATOS EJE A:
X1 = ?

PASO 2.- Ingreso del primer dato del eje A: valor de la abscisa del punto PCa:

INGRESAR: Valor de X1 R/S
PANTALLA: Y1 = ?

PASO 3.- Ingresar la ordenada del punto PCa:

INGRESAR: valor de Y1 R/S
PANTALLA: AZ1 = ?

PASO 4.- Ingresar el valor del azimut de la recta tangente al PCa de la curva; en grados sexagesimales, con el formato en fracción decimal, en grados, minutos y segundos:

INGRESAR: Valor del AZ1 R/S

PANTALLA: PCa = ?

PASO 5.- Ingresar el cadenamiento del PCa de la curva:

INGRESAR: Valor del PCa

PANTALLA: R1 = ?

PASO 6.- Ingresar el radio de la curva contenida en el eje A:

INGRESAR: Valor de R1

PANTALLA: CUAD = ?

PASO 7.- Ingresar el cuadrante en que se ubica el PCa de la curva. (Véase la convención de la fig. 4.8):

INGRESAR: No. de cuadrante

PANTALLA: RESULTADOS:
COOR. CENTRO:

X2 = Valor de la abscisa del centro de la curva

↓

PANTALLA: Y2 = Valor de la ordenada del centro de la curva

↓

PANTALLA: DATOS EJE B: ↓

PANTALLA: X3 = ?

PASO 8.- Ingresar el primer dato del eje B: valor de la abscisa del punto en el PCb:

INGRESAR: Valor de X3

PANTALLA: X3 = Valor de X3 ↓

PANTALLA: Y3 = ?

PASO 9.- Ingresar la ordenada del punto PCb:

INGRESAR: Valor de Y3

PANTALLA: Y3 = Valor de Y3 ↓

PANTALLA: AZ3 = ?

PASO 10.- Ingresar el valor del azimut de la recta tangente al PCb de la curva; en grados sexagesimales, con el formato en fracción decimal, en grados, minutos y segundos:

INGRESAR: Valor del AZ3 $\boxed{R/S}$
PANTALLA: AZ3 = Valor del AZ3 $\boxed{R/S} \downarrow$
PANTALLA: PCb = ?

PASO 11.- Ingresar el cadenamiento del PCb de la curva:

INGRESAR: Valor del PCb $\boxed{R/S}$
PANTALLA: PCb = Valor del PCb $\boxed{R/S} \downarrow$
PANTALLA: R3 = ?

PASO 12.- Ingresar el radio de la curva contenida en el eje B:

INGRESAR: Valor de R3 $\boxed{R/S}$
PANTALLA: R3 = Valor de R3 $\boxed{R/S} \downarrow$
PANTALLA: CUAD = ?

PASO 13.- Ingreso del cuadrante en que se ubica el PCb. (Véase la convención de la fig. 4.8).

INGRESAR: No de cuadrante $\boxed{R/S}$
PANTALLA: CUAD = No de cuadrante $\boxed{R/S} \downarrow$
PANTALLA: RESULTADOS: $\boxed{R/S} *$
PANTALLA: COOR. CENTRO: $\boxed{R/S} *$
PANTALLA: X4 = Valor de la abscisa del centro de la curva contenida en el eje B $\boxed{R/S} *$
PANTALLA: Y4 = Valor de la ordenada del centro de la curva contenida en el eje B $\boxed{R/S} *$
PANTALLA: DATOS $\boxed{R/S} \downarrow$
PANTALLA: CRUCE 1 $\boxed{R/S} *$
PANTALLA: SEPa = 0 $\boxed{R/S} *$
PANTALLA: SEpb = 0 $\boxed{R/S} *$

Como puede verse al final de este paso, el programa ha asignado una separación del punto de cruce tanto al eje A como al eje B igual a cero, ello se debe a que en el presente programa, el primer punto de cruce calculado siempre será el producido por la intersección de ambos ejes.

PASO 14.- En este paso se presentan los resultados del punto de cruce en cuestión :

- PANTALLA: RESULTADOS: $\boxed{R/S}$ ↓
- PANTALLA: X_n = Valor de la abscisa del primer punto de intersección $\boxed{R/S}$ ↓
- PANTALLA: Y_n = Valor de la ordenada del primer punto de intersección $\boxed{R/S}$ ↓
- PANTALLA: DEFa = Angulo de deflexión entre el punto PCa de la curva y el punto de cruce en cuestión. Mostrado en grados sexagesimales, con el formato en fracción decimal, en grados, minutos y segundos $\boxed{R/S}$ ↓
- PANTALLA: Lc = Valor de la longitud de la curva, medida sobre el eje A, desde el PCa de la curva hasta el punto de cruce en cuestión $\boxed{R/S}$ ↓
- PANTALLA: CADa = Valor del cadenamiento del punto de intersección referido al eje A $\boxed{R/S}$ ↓
- PANTALLA: DEFb = Angulo de deflexión entre el punto PCb de la curva y el punto de cruce en cuestión. Mostrado en grados sexagesimales, con el formato en fracción decimal, en grados, minutos y segundos. $\boxed{R/S}$ ↓
- PANTALLA: Lc = Valor de la longitud de la curva, medida sobre el eje B, desde el PCb hasta el punto de cruce en cuestión $\boxed{R/S}$ ↓
- PANTALLA: CADb = Valor del cadenamiento del punto de intersección referido al eje B $\boxed{R/S}$ ↓

A continuación se muestran los resultados de la segunda solución del cruce entre curvas. Ello significa que si los siguientes resultados son diferentes a los de la primera solución, entonces, las curvas que se cruzan son secantes. Pero si ambas soluciones son iguales, implicaría que las curvas son tangentes.

PANTALLA: $X_n =$ Valor de la abscisa del segundo punto de cruce $\boxed{R/S} \downarrow$

PANTALLA: $Y_n =$ Valor de la ordenada del segundo punto de cruce $\boxed{R/S} \downarrow$

PANTALLA: $DEF_a =$ Angulo de deflexión entre el PC_a y el punto de cruce en cuestión. Mostrado en grados sexagesimales con el formato en fracción decimal, en grados, minutos y segundos $\boxed{R/S} \downarrow$

PANTALLA: $L_c =$ Valor de la longitud de curva, medida sobre el eje A; desde el PC_a de la curva hasta el punto de cruce en cuestión $\boxed{R/S} \downarrow$

PANTALLA: $CAD_a =$ Valor del cadenamiento del punto de intersección referido al eje A $\boxed{R/S} \downarrow$

PANTALLA: $DEF_b =$ Valor del angulo de deflexión entre el PC_b de la curva y el punto de cruce en cuestión. Mostrado en grados sexagesimales con el formato en fracción decimal, en grados, minutos y segundos. $\boxed{R/S} \downarrow$

PANTALLA: $L_c =$ Valor de la longitud de curva, medida sobre el eje B, desde el PC_b hasta el punto de cruce en cuestión. $\boxed{R/S} \downarrow$

PANTALLA: $CAD_b =$ Valor del cadenamiento del punto de intersección referido al eje B $\boxed{R/S} \downarrow$

PANTALLA: DATOS $\boxed{R/S} \downarrow$

PANTALLA: CRUCE 1: $\boxed{R/S} \downarrow$

PANTALLA: $SEPa = ?$

PASO 15.- Hasta el anterior paso 14 inclusive, el proceso de

cálculo para determinar un punto de cruce concluye. Pero después de oír una señal sonora emitida por la calculadora, se volverá a iniciar dicho proceso para el siguiente punto de cruce; para ello deberán ingresarse las distancias de separación a las que se encuentra el nuevo punto de cruce de los ejes A y B, SEPa y SEPb respectivamente.

La distancia de separación a la que se encuentra dicho punto de intersección del eje A, podrá ingresarse con signo negativo o positivo; será negativo, si la nueva curva concéntrica a intersectarse es de un radio menor al medido del centro de la curva al eje A (R1). La separación será positiva, si la nueva curva concéntrica a intersectarse es de un radio mayor que R1.

Por lo que se refiere a la distancia de separación a la que se encuentra el nuevo punto de cruce del eje B (SEPb), ésta también podrá tener un signo positivo o negativo, su elección se hará igual que para la anteriormente descrita SEPa; sólo que para el ingreso de SEPb con signo negativo, la nueva curva concéntrica a intersectarse deberá tener un radio menor al medido del centro de la curva al eje B (R3). Y SEPb será positiva, si la nueva curva concéntrica a intersectarse es de un radio mayor que R3.

INGRESAR: Valor de SEPa

PANTALLA: SEPa = Valor de SEPa ↓

PANTALLA: SEPb = ?

INGRESAR: Valor de SEPb

PANTALLA: SEPb = Valor de SEPb ↓

(Continuar con el paso 14)

↓ No habrá necesidad de oprimir la tecla cuando la impresora se encuentre conectada a la calculadora.

5.7 EJEMPLO DE APLICACION

Con la intención de poner en práctica la información precedente, enfocada a la correcta utilización del programa "PGC", se presenta en este inciso la solución de un ejemplo de aplicación.

La fig. 4.11 muestra la intersección de dos caminos con sus alineamientos horizontales en curva simple. Se desea determinar lo siguiente:

a) Coordenadas de los centros de las dos curvas que se intersectan, contenidas en los ejes A y B respectivamente:

$(X2, Y2)$ y $(X4, Y4)$.

Y para cada uno de los cinco puntos de intersección que en dicha figura aparecen:

b) Coordenadas del punto de intersección en cuestión: (Xn, Yn) .

c) Angulo de deflexión: $(DEFa)$ y $(DEFb)$.

d) Longitud de la curva: (Lc) .

e) Cadenamiento del punto de intersección referido al eje A: $(CADA)$.

f) Cadenamiento del punto de intersección referido al eje B: $(CADb)$.

A continuación, se muestran los datos necesarios para la ejecución del programa "PGC", los cuales, también aparecen en dicha figura.

Datos del eje A:

a) Coordenadas del PCA de la curva:

$(X1, Y1) = (10, 100.00, 10, 200.00)$

b) Azimut de la recta tangente en el PCA:

$AZ1 = 90^{\circ} 00' 00''$

EJEMPLO DE APLICACION AL CASO C
(INTERSECCION DE DOS CAMINOS EN CURVA).

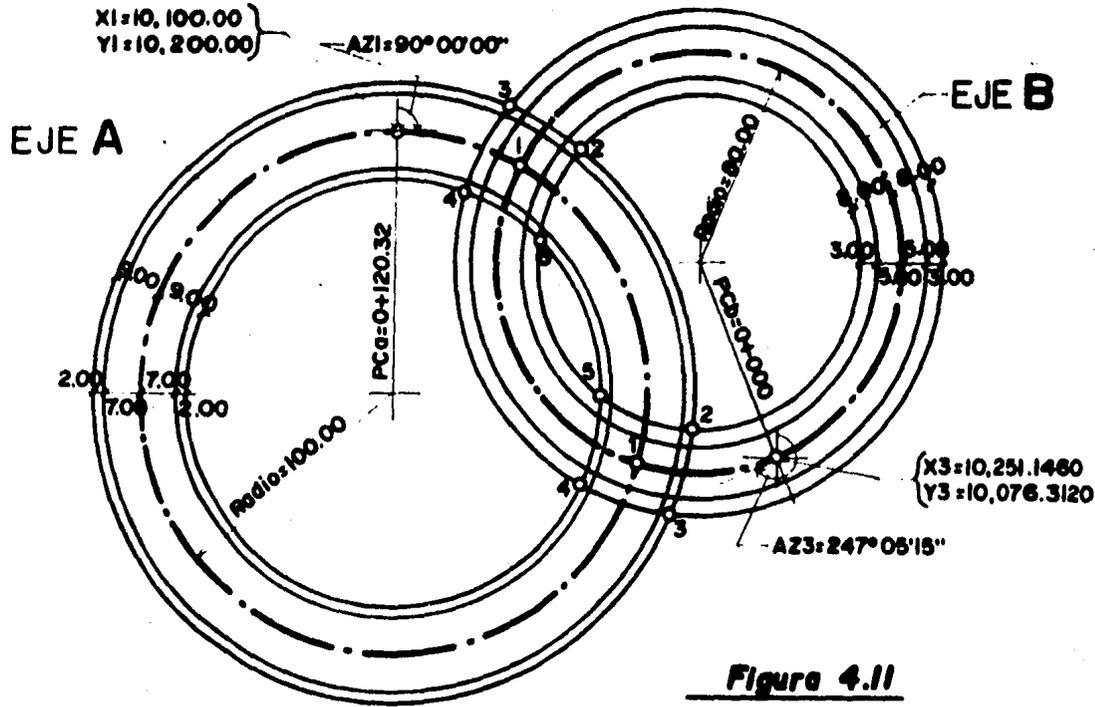


Figure 4.11

c) Cadenamiento del PCa de la curva:

$$PCa = 0 + 120.32$$

d) Radio de la curva:

$$R1 = 100.00$$

datos del eje B:

a) Coordenadas del PCb:

$$(X3, Y3) = (10, 251.1460, 10, 076.3120)$$

b) Azimut de la recta tangente en el PCb:

$$AZ3 = 247^{\circ} 05' 15''$$

c) Cadenamiento del PCb:

$$PCb = 0 + 000$$

d) Radio de la curva:

$$R3 = 80.00$$

Por último, habiendo ejecutado el programa "PGC" y mediante la utilización de la impresora, se adjunta un listado con la solución del presente ejemplo de aplicación.

REQ. PCC*
CALCULO DE
LA PLANTA DE
GALIBOS.

CASO C:
CURVA-CURVA

DATOS EJE A:

X1=?
10,100.0000 RUN
X1=10,100.0000
Y1=?
10,200.0000 RUN
Y1=10,200.0000
AZ1=?
90.0000 RUN
AZ1=90.0000
PCa=?
120.3200 RUN
PCa=120.3200
R1=?
100.0000 RUN
R1=100.0000
CUAD=?
1.0000 RUN
CUAD=1

RESULTADOS

COORD. CENTRO:
X2=10,100.0000
Y2=10,100.0000

DATOS EJE B:

X3=?
10,251.1460 RUN
X3=10,251.1460
Y3=?
10,076.3120 RUN
Y3=10,076.3120
AZ3=?
247.0515 RUN
AZ3=247.0515
PCb=?
0.0000 RUN
PCb=0.0000
R3=?
80.0000 RUN
R3=80.0000
CUAD=?
4.0000 RUN
CUAD=4

RESULTADOS:

COORD. CENTRO:
X4=10,220.0000
Y4=10,150.0000

DATOS
CRUCE 1:

SEPa=0.0000
SEPB=0.0000

RESULTADOS:

X5=10,196.4382
Y5=10,073.5485
DEFa=105.2017
Lc=103.850
CADa=304.17
DEFb=40.0229
Lc=55.908
CADb=55.91

X5=10,149.1240
Y5=10,187.1024

DEFa=29.2520
Lc=51.351
CADa=171.67

DEFb=140.3236
Lc=196.236
CADb=196.24

DATOS
CRUCE 2:

SEPa=?
9.0000 RUN
SEPa=9.0000
SEPB=?
-8.0000 RUN
SEPB=-8.0000

RESULTADOS:

X6=10,206.9940
Y6=10,079.1845

DEFa=101.0033
Lc=176.294
CADa=296.61

DEFb=33.1910
Lc=46.523
CADb=46.52

X6=10,160.5567
Y6=10,190.6292

DEFa=33.4503
Lc=58.907
CADa=179.23

DEFb=147.1557
Lc=205.622
CADb=205.62

DATOS

CRUCE3 :

SEP a=? 9.0000 RUN
SEP a=9.0000
SEP b=? 8.0000 RUN
SEP b=8.0000

RESULTADOS :

X7=10.202.7705
Y7=10.063.7016

DEF a=109.2706
Lc=191.029
CAD a=311.35

DEF b=34.1153
Lc=47.749
CAD b=47.75

X7=10.146.5966
Y7=10.198.5381

DEF a=25.1831
Lc=44.172
CAD a=164.49

DEF b=146.2314
Lc=204.395
CAD b=204.40

DATOS

CRUCE4 :

SEP a=? -9.0000 RUN
SEP a=-9.0000
SEP b=? 8.0000 RUN
SEP b=8.0000

RESULTADOS :

X8=10.185.5635
Y8=10.069.0178

DEF a=109.5418
Lc=191.821
CAD a=312.14

DEF b=45.5658
Lc=64.158
CAD b=64.16

X8=10.138.2496
Y8=10.182.5710

DEF a=24.5118
Lc=43.388
CAD a=163.70

DEF b=134.3809
Lc=187.987
CAD b=187.99

DATOS

CRUCES :

SEP a=? -9.0000 RUN
SEP a=-9.0000
SEP b=? -8.0000 RUN
SEP b=-8.0000

RESULTADOS :

X9=10.109.7020
Y9=10.004.6052

DEF a=99.4119
Lc=173.990
CAD a=294.31

DEF b=47.4753
Lc=66.738
CAD b=66.74

X9=10.152.2885
Y9=10.174.4776

DEF a=35.0418
Lc=61.211
CAD a=181.53

DEF b=132.4714
Lc=185.406
CAD b=185.41

**CALCULO DE
LA PLANTA DE
GALIBOS.**

- 203 -

**CASO C:
CURVA-CURVA**

DATOS EJE A :

X1=10,100,0000
Y1=10,200,0000
AZ1=90,0000
PCa=120,3200
R1=100,0000
CUAD=1

RESULTADOS :

COORD. CENTRO
X2=10,100,0000
Y2=10,100,0000

DATOS EJE B :

X3=10,251,1400
Y3=10,076,3120
AZ3=247,0515
PCb=0,0000
R3=00,0000
CUAD=4

RESULTADOS :

COORD. CENTRO
X4=10,220,0000
Y4=10,150,0000

**DATOS
CRUCE 1 :**

SEPa=0,0000
SEPB=0,0000

RESULTADOS :

X5=10,196,4302
Y5=10,073,5405

DEFa=105,2017
Lc=103,850
CADa=304,17

DEFb=40,0229
Lc=55,908
CADb=55,91

X5=10,149,1240
Y5=10,107,1024

DEFa=29,2520
Lc=51,351
CADa=171,67

DEFb=140,3230
Lc=196,236
CADb=196,24

DATOS

CRUCE 2 :

SEPa=9,0000
SEPB=-0,0000

RESULTADOS :

X6=10,206,9940
Y6=10,079,1045

DEFa=101,0033
Lc=176,294
CADa=296,61

DEFb=33,1910
Lc=46,523
CADb=46,52

X6=10,160,5507
Y6=10,190,6292

DEFa=33,4503
Lc=50,907
CADa=179,23

DEFb=147,1557
Lc=205,622
CADb=205,62

DATOS

CRUCE 3 :

SEPa=9,0000
SEPB=0,0000

RESULTADOS :

X7=10,202,7705
Y7=10,063,7016

DEFa=109,2706
Lc=191,029
CADa=311,35

DEFb=34,1153
Lc=47,749
CADb=47,75

X7=10,146,5966
Y7=10,190,5301

DEFa=25,1031
Lc=44,172
CADa=164,49

DEFb=146,2314
Lc=204,395
CADb=204,40

DATOS

CRUCE 4 :

SEPa=-9,0000
SEPB=0,0000

RESULTADOS :

X8=10,105,5635
Y8=10,069,0170

DEFa=109,5418
Lc=191,021
CADa=312,14

DEFb=45,5650
Lc=64,150
CADb=64,16

X8=10,130,2496
Y8=10,102,5710

DEFa=24,5110
Lc=43,300
CADa=163,70

DEFb=134,3000
Lc=107,907
CADb=107,99

DATOS

CRUCE 5 :

SEPa=-9,0000
SEPB=-0,0000

RESULTADOS :

X9=10,109,7020
Y9=10,004,6852

DEFa=99,4119
Lc=173,990
CADa=294,31

DEFb=47,4753
Lc=66,730
CADb=66,74

X9=10,152,2005
Y9=10,174,4776

DEFa=35,0418
Lc=61,211
CADa=101,53

DEFb=132,4714
Lc=105,406
CADb=105,41

CAPITULO V CONCLUSIONES

Como signo de los tiempos que transcurren se advierte que la utilización masiva de las técnicas propias de la automatización constituyen una herramienta de trabajo insoslayable para el ingeniero actual. Tal es el caso de la calculadora programable, cuya aplicación en el proyecto geométrico de carreteras ha quedado de manifiesto en los capítulos precedentes.

En el capítulo III de esta tesis, se pudo evaluar que el cálculo del área de un polígono mediante sus coordenadas paso a paso, con papel y lápiz, resulta no ser un cálculo rápido ni tampoco exento de errores; ya que mientras mayor sea el número de vértices que componen el polígono, más laborioso resultará el proceso de cálculo y más propenso se estará de cometer algún error.

Asimismo, en el capítulo IV se tiene otra aplicación de la calculadora programable, pero ahora como auxiliar en el cálculo de la planta de gálibos de una intersección. Contándose en este capítulo para dichos fines, con la ayuda de tres programas identificados con los nombres: "PGA", "PGB" y "PGC".

En ambos capítulos, se ha podido aquilatar el beneficio que se obtiene con la utilización de estos cuatro programas para calculadora. Con su ayuda, los cálculos se han realizado con una mayor eficacia, precisión y con un considerable ahorro de tiempo.

En comparación, si resolvemos los ejemplos de aplicación números uno y dos del capítulo III paso a paso y con papel y lápiz, nos ocuparán un tiempo de más o menos dos horas y media; mientras que con la ayuda del programa "AREA", dichos ejemplos quedarán resueltos en aproximadamente 30 minutos.

De la misma manera, la utilización de los programas "PGA", "PGB" y "PGC", nos ofrecen un substancial ahorro de tiempo. Si resolvemos los tres ejemplos de aplicación del capítulo IV paso a pa

so, éstos nos ocuparán un tiempo de más o menos diez horas; mientras que con la ayuda de dichos programas, los ejemplos se resolverán aproximadamente en una hora.

El número de aplicaciones de la calculadora programable en el proyecto geométrico de carreteras vistas en esta tesis, todavía no ha llegado a su término; quedan aún muchos casos en ésta y otras ramas de la ingeniería civil donde puede aplicarse la calculadora programable. De hecho, en la actualidad, los ingenieros y otros profesionales con necesidades afines utilizan ya la calculadora programable como una gran herramienta en la solución de tantos y variados casos que se necesitarían varias páginas sólo para enumerarlos. Rápidamente se convierte en un medio de gran ayuda para la resolución de problemas. Siendo posible aplicar con ella una amplia variedad de poderosas técnicas matemáticas, puesto que la calculadora hará todas las laboriosas operaciones con rapidez y a un costo razonable. La calculadora programable resulta ser también, accesible económicamente, permitiendo tener una de ellas siempre a nuestro alcance, sin tener que esperar turno de entrada ni para introducir nuestro programa ni para ponerlo en funcionamiento.

La calculadora programable, como pudo comprobarse en sus aplicaciones, con los capítulos III y IV redujeron a un mínimo el trabajo rutinario, repetitivo y tedioso del ingeniero. Lo cual trae como consecuencia inmediata, una reducción muy considerable en el número requerido de horas-ingeniero. No indica que el ingeniero ya no tenga que hacer cálculos con lápiz y papel, todavía tiene que hacerlo, pero ya no lo hará por periodos prolongados.

La capacidad de ahorro de trabajo de la calculadora programable produce otro beneficio. Antes de que hubiera estas máquinas, los ingenieros se veían obligados a hacer simplificaciones burdas e inconvenientes en sus modelos matemáticos. Hay una razón muy práctica para tal simplificación: obtener ecuaciones que puedan resolverse en un lapso razonable. Lo anterior es esencialmente

práctico cuando se está bajo la presión de tener que resolver un problema lo más rápido posible, lo cual es típico en la ingeniería. Pero ahora, con la calculadora programable, es posible que emplee el modelo más complicado y aproveche la oportunidad de hacer cálculos más exactos.

Evidentemente, habrá muchas nuevas aplicaciones y numerosas ampliaciones de las existentes. De modo que hay un abundante número de oportunidades y retos para el estudiante actual.

Es útil considerar a un ingeniero y a la calculadora que utiliza como una sociedad en la que se complementan el hombre y la máquina, realizando cada uno las funciones para las que está mejor adaptado. El ser humano no tiene sustituto en la invención, el razonamiento, el reconocimiento de configuraciones y el aprovechamiento de la experiencia. Se adapta rápidamente a una notable variedad de trabajos. Es insuperable para trabajos relativamente cortos debido a que su tiempo de preparación (o sea, el necesario para tener a la mano lápiz y papel) es generalmente breve.

En contraste, la calculadora programable realiza trabajos repetitivos y rutinarios con eficacia y precisión, sin fastidio o fatiga y mucho más rápido que los seres humanos. Necesita que se le den instrucciones una sola vez y después la sigue cualquier número de veces sin apartarse de ellas ni un ápice. Tiene una memoria perfecta para un sinnúmero de detalles, y tal memoria no se llena de información inútil, pues cuando se le ordena olvidar, lo hace instantánea y completamente.

A medida que se mejoren las calculadoras programables y sus programas, las máquinas librarán a los ingenieros cada vez más de trabajos repetitivos y rutinarios, permitiéndoles tener más tiempo para el pensamiento creador y analítico. Así, pues, la frontera entre lo que los seres humanos hacen mejor y lo que las calculadoras programables hacen mejor se desplaza gradualmente pero en beneficio del ingeniero.

APENDICE A

METODOLOGIA PARA LA SOLUCION DE UN PROBLEMA CON AYUDA DE UNA CALCULADORA PROGRAMABLE.

1.- Definición del problema.

Pijar con claridad, exactitud y precisión el problema por resolver.

2.- Planteamiento del problema.

Determinación de los datos con que se cuenta, identificación de las variables y resultados que se desean obtener.

3.- Desarrollo del método de cálculo o algoritmo.

Definición de un esquema de proceso de cálculo que contenga las operaciones necesarias para efectuar una aplicación numérica en función de las posibilidades de cálculo y de programación de calculadora.

4.- Elaboración de un diagrama de flujo.

Consistirá en la representación simbólica de nuestro algoritmo de solución.

5.- Control de los registros de almacenamiento de datos.

Selección de las memorias que se utilizarán para almacenar y recuperar manualmente, números y series AIFA, para su uso posterior en los cálculos del programa. Conviene que se anote el destino de cada uno de los registros utilizados.

6.- Codificación del diagrama de flujo.

Será la interpretación a lenguaje de máquina de nuestro diagrama de flujo, es decir, a instrucciones de programa.

7.- Almacenamiento del programa en la memoria de la calculadora.

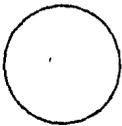
- 8.- Comprobación del programa.
- 9.- Modificación del programa en caso necesario.
- 10.- Grabación en tarjetas magnéticas o en cassette del programa.
- 11.- Información complementaria que documente el programa.

APENDICE B

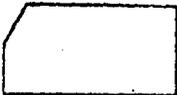
SIMBOLOGIA CONVENCIONAL EN LA ELABORACION DE LOS DIAGRAMAS DE FLUJO.

Los diagramas de flujo son bocetos de la forma que un programa resuelve un problema; son en otras palabras, una semblanza simbólica del algoritmo de solución. Cuando el programa es extenso, resulta muy fácil "perdersé" en alguna de sus partes. Un diagrama de flujo podrá ayudar a diseñar los programas dividiéndolos en pequeños grupos de instrucciones.

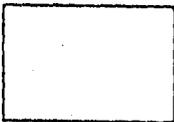
Los diagramas de flujo pueden ser tan simples o detallados como uno lo desee. Se dibujan linealmente, de arriba hacia abajo. Representan el flujo general del programa desde el comienzo hasta el fin. Aunque los símbolos que se utilizan en los diagramas de flujo pueden ser varios, en el presente trabajo de tesis se ha utilizado la siguiente convención.



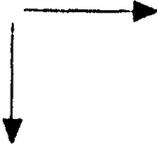
Inicio o final del programa o proceso.



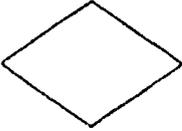
Lectura de datos.



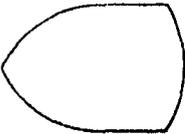
Bloque de proceso. Ejecución de operaciones.



Flujo del programa.



Proposición condicional o de decisión.



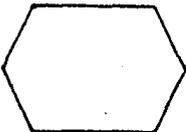
Exhibición, exhibición e impresión o sólo impresión de resultados.



Conector.



Retorno de subrutinas.



Ejecución de una subrutina.

APENDICE C

En este apéndice se presenta la deducción de las expresiones utilizadas para resolver los casos:

Caso A: Intersección de dos rectas.

Caso B: Intersección de una recta con una circunferencia.

Sea el caso A:

Las ecuaciones que definen a las dos rectas que se intersectan son respectivamente las dos siguientes:

$$y = m_1 \cdot x + b_1 \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$y = m_2 \cdot x + b_2 \quad \dots\dots\dots(2)$$

Igualando las ecuaciones (1) y (2) se tiene:

$$m_1 \cdot x + b_1 = m_2 \cdot x + b_2$$

despejando la variable x:

$$x(m_1 - m_2) = b_2 - b_1$$

$$x = \frac{b_2 - b_1}{m_1 - m_2} \quad \dots\dots\dots(3)$$

y sustituyendo la ecuación (3) en (1):

$$y = m_1 \left(\frac{b_2 - b_1}{m_1 - m_2} \right) + b_1 \quad \dots\dots\dots(4)$$

Por lo tanto, las ecuaciones (3) y (4) son las coordenadas del punto en que se intersectan las dos rectas.

Sea el caso B:

$$y = mx + b \dots\dots(1) \text{ (Ecuación de la recta)}$$

$$(x-h)^2 + (y-k)^2 = r^2 \dots\dots(2) \text{ (Ecuación de la circunferencia)}$$

Sustituyendo la ecuación (1) en la (2) y desarrollando términos:

$$(x-h)^2 + [(mx+b) - k]^2 = r^2$$

$$x^2 - 2hx + h^2 + (mx+b)^2 - 2(mx+b)k + k^2 = r^2$$

$$x^2 - 2hx + h^2 + m^2x^2 + 2mbx + b^2 - 2mkx - 2bk + k^2 = r^2$$

$$x^2 + m^2x^2 + 2mbx - 2mkx - 2hx + h^2 + k^2 + b^2 - 2bk = r^2$$

$$(x^2 + m^2x^2) + (2mbx - 2mkx - 2hx) + (h^2 + k^2 + b^2 - 2bk - r^2) = 0$$

$$x^2(1+m^2) + 2x(mb - mk - h) + (h^2 + k^2 + b^2 - 2bk - r^2) = 0$$

$$\text{Si: } A = 1 + m^2$$

$$B = 2(mb - mk - h)$$

$$C = h^2 + k^2 + b^2 - 2bk - r^2$$

tendremos la siguiente ecuación de segundo grado

$$Ax^2 + Bx + C = 0$$

cuya solución determinará las abscisas de los puntos en que la recta se intersecta con la circunferencia. Las ordenadas se obtendrán sustituyendo los valores de x en la ecuación (1).

BIBLIOGRAFÍA.

- AYRES, FRANK. Trigonometría plana y esférica. México, ed. McGraw-Hill, 1977.
- CAL Y MAYOR, RAFAEL. Ingeniería de tránsito. México, ed. Representaciones y servicios de ingeniería, 1978.
- CARBONEL, VICENTE. Geometría Analítica. México, ed. Colección textos universitarios, 1983.
- CENTRO DE EDUCACION CONTINUA. Proyecto geométrico de vialidad. México, Centro de educación continua, 1977.
- COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES Y ASOCIACION MEXICANA DE INGENIERIA DE TRANSITO A.C.. Apuntes del curso "Estudio y proyecto de intersecciones a nivel y a desnivel". México, Colegio de ingenieros civiles, 1982.
- HEWLETT-PACKARD. Manual del usuario y Guía de programación. Brasil, Hewlett-Packard Company, 1980.
- KINDLE H, JOSEPH. Geometría analítica. México, ed. McGraw-Hill, 1982.
- MICROCOMPUTADORAS Y SERVICIOS DE INGENIERIA. Apuntes del curso "Programación de calculadoras Texas Instruments 58, 58C y 59". México, Microcomputadoras y servicios de ingeniería, 1983.
- OGLESBY H, CLARKSON. Ingeniería de carreteras. México, ed. C.E.C.S.A., 1980.

SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS. Manual de proyecto geométrico de carreteras. México, S.A.H.O.P., 1977.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y OBRAS PUBLICAS. Especificaciones generales para proyecto geométrico. México, S.C.O.P., 1958.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES. Normas técnicas para el proyecto de puentes carreteros, Tomo I. México, S.C.T., 1984.

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS. VI Seminario de ingeniería de tránsito. Monterrey, N.L., S.O.P., 1972.