

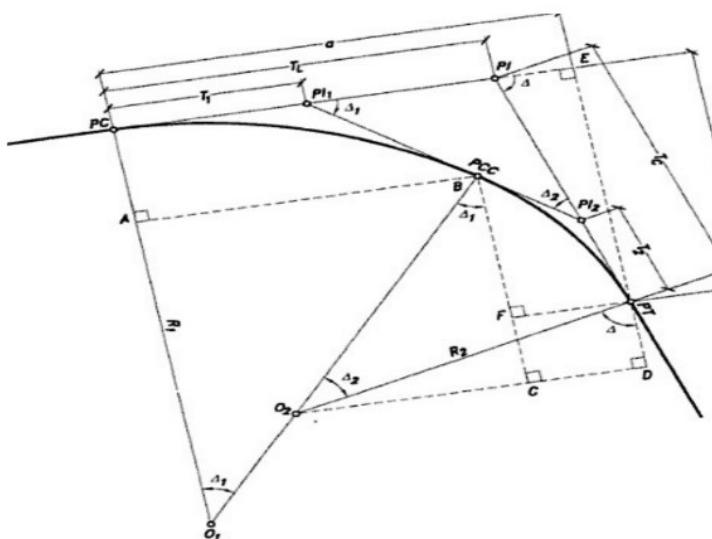
LAS CURVAS CIRCULARES COMPUSTAS

Las curvas circulares compuestas son aquellas que están formadas por dos o más curvas circulares simples.

A pesar de que no son muy comunes, se pueden emplear en terrenos montañosos, cuando se requiere que la carretera quede lo más ajustada posible a la forma del terreno o topografía natural, lo cual reduce el movimiento de tierras. También se puede utilizar cuando existen limitaciones de libertad en el diseño, como por ejemplo, en los accesos a puentes, en los pasos a desnivel y en las intersecciones.

CURVAS CIRCULARES COMPUSTAS DE DOS RADIOS

En la figura aparecen los diferentes elementos geométricos de una curva circular compuesta de dos radios, definidos como:



PI= Punto de intersección de las tangentes

PC=Principio de la curva compuesta.

PT=Fin de la curva compuesta o principio de la tangente

PCC=Punto común de curvas o punto de curvaturas compuestas. Punto donde termina la primera curva circular simple y empieza la segunda.

R1= Radio de la curva de menor curvatura o mayor radio.

R2=Radio de la curva de mayor curvatura o menor radio.

O1= Centro de la curva de mayor radio.

O2= Centro de la curva de menor radio

Δ= Ángulo de deflexión principal

Δ1= Ángulo de deflexión principal de la curva de mayor radio.

Δ2= Ángulo de deflexión principal de la curva de menor radio.

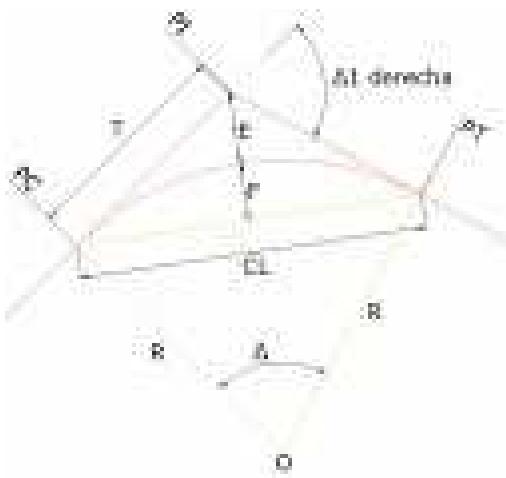
T1=Tangente de la curva de mayor radio.

T2=Tangente de la curva de menor radio.

TL=Tangente larga de la curva circular compuesta

TC=Tangente corta de la curva circular compuesta.

Los elementos geométricos que caracterizan las curvas circulares compuestas son la de las curvas circulares simples por estar constituidos de estas básicamente, entonces podemos definir a las



curvas circulares simples como arcos de circunferencia de un solo radio que son utilizados para unir dos alineamientos rectos de una vía.

Una curva circular simple (CCS) está compuesta de los siguientes elementos:

- Ángulo de deflexión [Δ]: El que se forma con la prolongación de uno de los alineamientos rectos y el siguiente. Puede ser a la izquierda o a la derecha según si está medido en sentido anti-horario o a favor de las manecillas del reloj, respectivamente. Es igual al ángulo central subtendido por el arco (Δ).
- Tangente [T]: Distancia desde el punto de intersección de las tangentes (PI) -los alineamientos rectos también se conocen con el nombre de *tangentes*, si se trata del tramo recto que queda entre dos curvas se le llama *entre tangencia*- hasta cualquiera de los puntos de tangencia de la curva (PC o PT).

$$T = R \cdot \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

- Radio [R]: El de la circunferencia que describe el arco de la curva.

$$R = \frac{T}{\tan\frac{\Delta}{2}}$$

- Cuerda larga [CL]: Línea recta que une al punto de tangencia donde comienza la curva (PC) y al punto de tangencia donde termina (PT).

$$CL = 2 \cdot R \sin \frac{\Delta}{2}$$

- Externa [E]: Distancia desde el PI al punto medio de la curva sobre el arco.

$$E = T \tan \frac{\Delta}{4}$$

$$E = R \left(\frac{1}{\cos(\frac{\Delta}{2})} - 1 \right)$$

- Ordenada Media [M] (o flecha [F]): Distancia desde el punto medio de la curva hasta el punto medio de la cuerda larga.

$$M = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right)$$

- Grado de curvatura [G]: Corresponde al ángulo central subtendido por un arco o una cuerda unidad de determinada longitud, establecida como cuerda unidad (c) o arco unidad (s). Ver más adelante para mayor información.

$$G_c = 2 \arcsin \frac{c}{2R}$$

- Longitud de la curva [L]: Distancia desde el PC hasta el PT recorriendo el arco de la curva, o bien, una poligonal abierta formada por una sucesión de cuerdas rectas de una longitud relativamente corta. Ver más adelante para mayor información.

$$L_c = \frac{c \cdot \Delta}{G_c}$$

CLOTOIDE O ESPIRAL DE EULER

Su expresión más simple es $A^2 = R \times L$

Corresponde a la espiral con más uso en el diseño de carreteras, sus bondades con respecto a otros elementos geométricos curvos, permiten obtener carreteras cómodas, seguras y estéticas

Las principales ventajas de las espirales en alineamientos horizontales son las siguientes:

- Una curva espiral diseñada apropiadamente proporciona una trayectoria natural y fácil de seguir por los conductores, de tal manera que la fuerza centrífuga crece o decrece gradualmente, a medida que el vehículo entra o sale de una curva horizontal

- La longitud de la espiral se emplea para realizar la transición del peralte y la del sobreancho entre la sección transversal en línea recta y la sección transversal completamente peraltada y con sobreancho de la curva

- El desarrollo del peralte se hace en forma progresiva, con lo que se consigue que la pendiente transversal de la calzada sea, en cada punto, la que corresponde al respectivo radio de curvatura.
- La flexibilidad de la clostoide y las muchas combinaciones del radio con la longitud, permiten la adaptación a la topografía, y en la mayoría de los casos la disminución del movimiento de tierras, para obtener trazados más económicos

Con el empleo de las espirales en autopistas y carreteras, se mejora considerablemente la apariencia en relación con curvas circulares únicamente. En efecto, mediante la aplicación de espirales se suprime las discontinuidades notorias al comienzo y al final de la curva circular (téngase en cuenta que sólo se utiliza la parte inicial de la espiral), la cual se distorsiona por el desarrollo del peralte, lo que es de gran ventaja también en el mejoramiento de carreteras existentes.

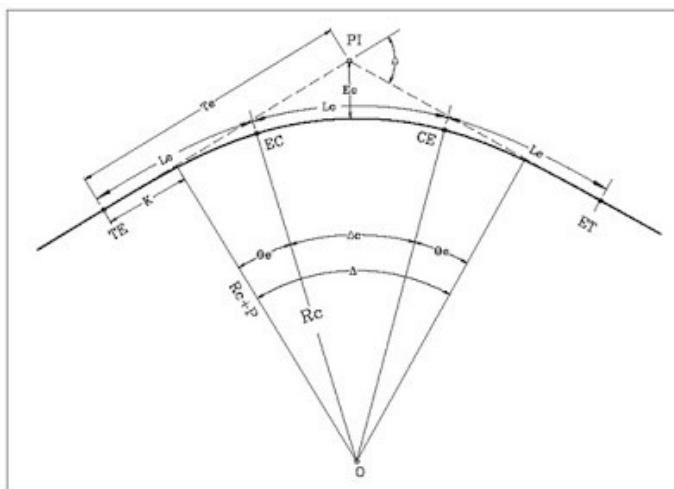


FIG. 01

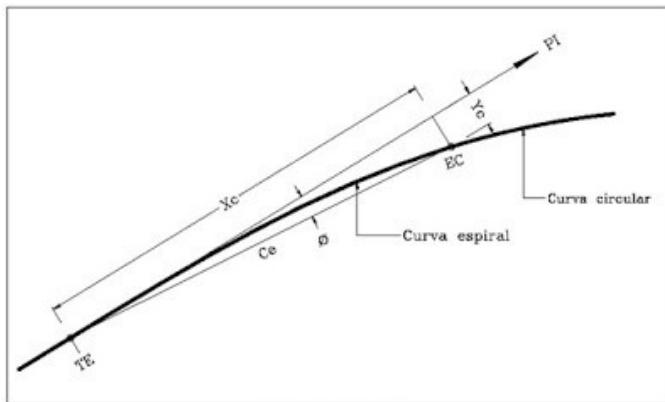


FIG. 02 DETALLE TE-EC.

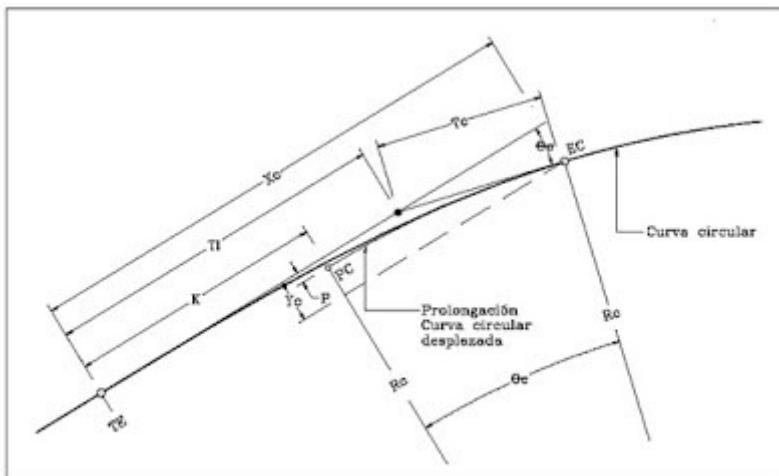


FIG. 03 ELEMENTOS DE LA CURVA DE TRANSICIÓN

TE = Punto de empalme entre la recta y la espiral

EC = Punto de empalme entre la espiral y el arco circular

CE = Punto de empalme entre el arco circular y la espiral

ET = Punto de empalme entre la espiral y la recta

Δ = Deflexión de la curva.

Rc = Radio curva circular

Le = Longitud curva espiral

Θ_e = Delta o deflexión curva espiral

Xc = Coordenada X de la espiral en los puntos EC y CE

Yc = Coordenada Y de la espiral en los puntos EC y CE

P = Disloque = Desplazamiento del arco circular con respecto a la tangente

K = Abscisa Media. Distancia entre el TE y el punto donde se produce el disloque

Te = Tangente de la curva. Distancia TE - PI y PI - ET

Ee = Externa

Tl = Tangente larga. Distancia entre TE o ET y PIe

Tc = Tangente corta. Distancia entre PIe y EC o CE

Ce = Cuerda larga de la espiral. Línea que une TE con EC y CE con ET

Φ = Angulo de la cuerda larga de la espiral

Δ_c = Deflexión de la curva circular

G = Grado de curvatura circular

Lc = Longitud curva circular

Cc = Cuerda larga circular