

Método alternativo a la modelización gráfica en el cálculo del espacio necesario para crear zonas lineales de aparcamiento en vías urbanas

Francesc Boix i Ricart*

Raúl Alba Molina**

* fb.ricart@gmail.com

** raul.sith@gmail.com

RESUMEN:

-Este método permite calcular numéricamente el espacio necesario para crear zonas lineales de aparcamiento de n plazas sin tener que recurrir a la modelización gráfica. Está diseñado especialmente para encontrar con facilidad las características óptimas de zonas de aparcamiento en vías urbanas con limitaciones de espacio. Este estudio es un análisis trigonométrico de un área de aparcamiento teniendo en cuenta el comportamiento de un vehículo estándar en la maniobra de estacionamiento.

Alternative method to graphic modelization in the calculus of the necessary space to create lineal parking areas in urban ways

ABSTRACT:

-This method allows to calculate numerically the space that is necessary to create lineal parking areas of n places without having to resort to graphic modelization. Is specially designed to easily find out the optimal characteristics for lineal parking areas in urban ways with limitations of space. This study is a trigonometrical analysis of a parking area taking into account the behaviour of an standard vehicle during the parking manoeuvre.

Introducción

Este trabajo pretende ser una herramienta para obtener las características de diseño de un área de aparcamiento sin tener que usar modelos gráficos. Con la propuesta realizada se dispondrá de forma rápida y sencilla, de parámetros básicos para predimensionar un área rectangular de aparcamiento. Se pueden determinar las relaciones entre las medidas y el ángulo de las plazas de aparcamiento, el giro del vehículo implicado, el ancho del carril de circulación y la cantidad que se necesitan para la maniobra de estacionamiento. No se citan otros trabajos, a excepción de “*Arte de proyectar en arquitectura*” (1), del que extraemos el criterio para definir el radio de giro de un vehículo, debido a la falta de referencias explícitas sobre ésta materia. Todo lo se ha encontrado trata de modelos globales de comportamiento de los usuarios a la hora de buscar y encontrar aparcamiento, por ejemplo, en una ciudad. (2)

- 1) Neufert, Ernst. *Arte de proyectar en arquitectura*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2006. p.378-383.
- 2) Existe un artículo que trata el aparcamiento de manera local, escrito por la Doctora Rebecca Hoyle, de la Universidad de Surrey, U.K., titulado “*Requirements for a perfect S-shaped parallel parking manoeuvre in a simple mathematical model*”, pero no trata directamente el tipo de maniobra que se propone en el trabajo presente y además su objeto tiene como protagonista el vehículo en vez del espacio donde éste debe estacionar.

Éste trabajo sirve para calcular el número de plazas de aparcamiento que se pueden conseguir en función de parámetros como por ejemplo las medidas y el ángulo de las plazas de aparcamiento o el radio de giro del vehículo implicado. No da solución al cálculo de espacios de estacionamiento en entornos curvos dado que se formula usando trigonometría. Tampoco soluciona la tarea de elegir la ubicación de las áreas destinadas a ser zonas de aparcamiento.

Hay que tener muy en cuenta que las distancias que sirvan para conocer el espacio disponible para una futura zona de estacionamiento deben ser ortogonales entre sí, dado que los cálculos posteriores se harán usando trigonometría. Este trabajo está pensado para casos generales y por eso las particularidades deberán ser tratadas de manera específica.

Para evitar reiteraciones, a menudo se hablará de *plaza* para referirse a una plaza de aparcamiento.

Se definen las siguientes características: C es el ancho de un carril de circulación, P es el ancho de la plaza, L es la longitud de la plaza, α es el ángulo de la plaza respecto a la dirección de marcha del vehículo, n es el número total de plazas y G es el radio exterior de giro del vehículo.

Palabras clave: estacionamiento, aparcamiento, parking, urban, vía, way

Discusión

Uno de los factores que se deben estudiar para determinar el espacio necesario para crear una zona de aparcamiento es el giro de un vehículo al estacionar, el cual puede ser analizado en la *figura 1*.

El centro del radio de giro del vehículo, E , se traslada en función de la distancia entre I e I' , si $I \neq I'$. Dado que I es el punto en el cual el vehículo deja de girar para entrar de frente dentro de la plaza de aparcamiento, para mantener el mismo radio de giro, E se desplaza para que la distancia $I-I'$ sea igual a la distancia $E-E'$, la cual cosa comporta que la distancia $I-E$ sea equivalente a la distancia $I'-E'$, que es la que define el radio interior de giro del vehículo, G .

El comportamiento del radio exterior de giro se puede obviar, de la misma manera que no se considerará el caso del estacionamiento en cordón dada su particularidad, ya que cuando la recta $I-I'$ se vuelve paralela a la dirección de marcha del vehículo, su distancia se vuelve infinita.

Según el libro “*Arte de proyectar en arquitectura*” (1), el radio exterior de giro, G , es constante. Tomaremos éste criterio para evaluar el comportamiento de un vehículo al estacionar. En éste trabajo no se tratará el giro con radio variable de un vehículo dado que el presente documento pretende ser un modelo de cariz general.

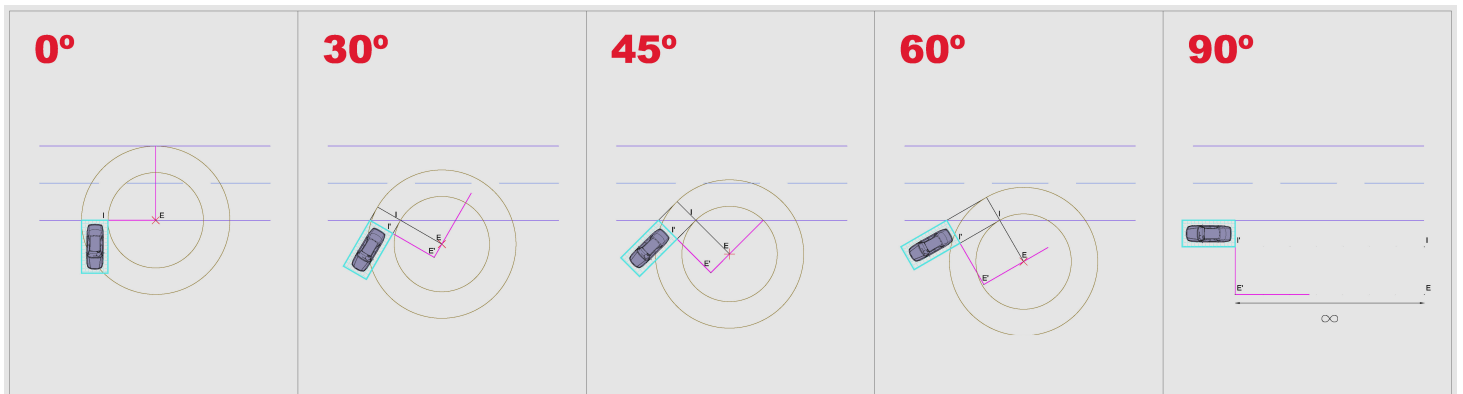


figura 1

Por otro lado, en la *figura 2*, se puede observar que el giro del vehículo tiene lugar entre la perpendicular a su dirección de marcha que pasa por el centro del radio de giro, E , y la prolongación de la recta $I-E$ por valor del ancho de la plaza, P . El ángulo de giro, β , se calcula como $\beta = 90 - \alpha$.

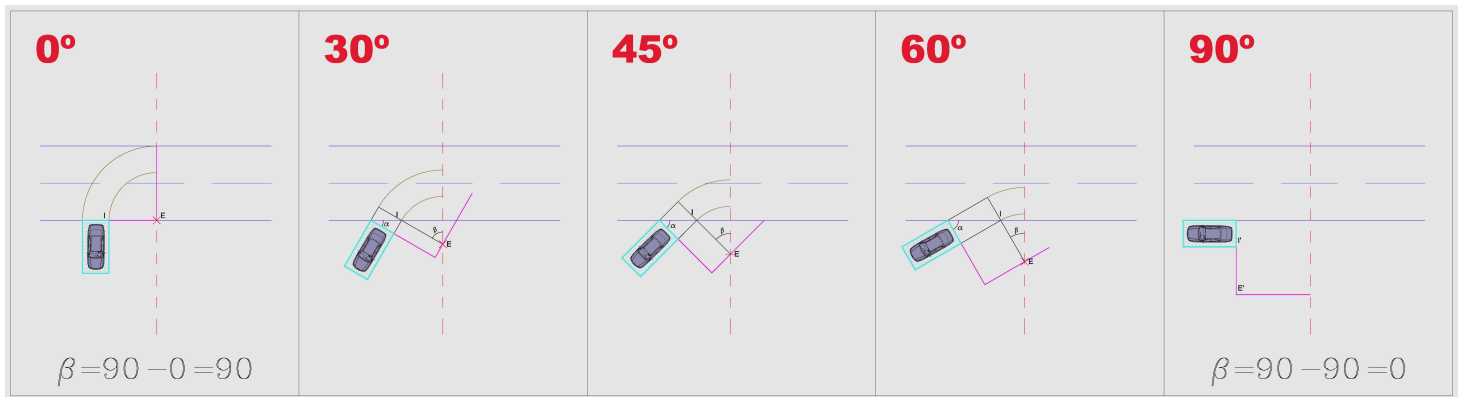


figura 2

Para poder calcular el espacio necesario para crear un determinado tipo de estacionamiento, es necesario conocer dos distancias respecto a la marcha del vehículo: la distancia transversal, a la que llamaremos U , que incluye el giro y el estacionamiento, y la distancia longitudinal, a la que denominaremos Q .

El cálculo de U se hará como suma de dos tramos: el espacio que se usa en el giro y el espacio que ocupa la plaza de aparcamiento en sí. En la *figura 3* se puede observar como se reduce el espacio necesario para lograr el giro a medida que la plaza de aparcamiento se inclina hacia su lado más largo. Llamaremos R al espacio que deja de ser necesario en la maniobra de giro.

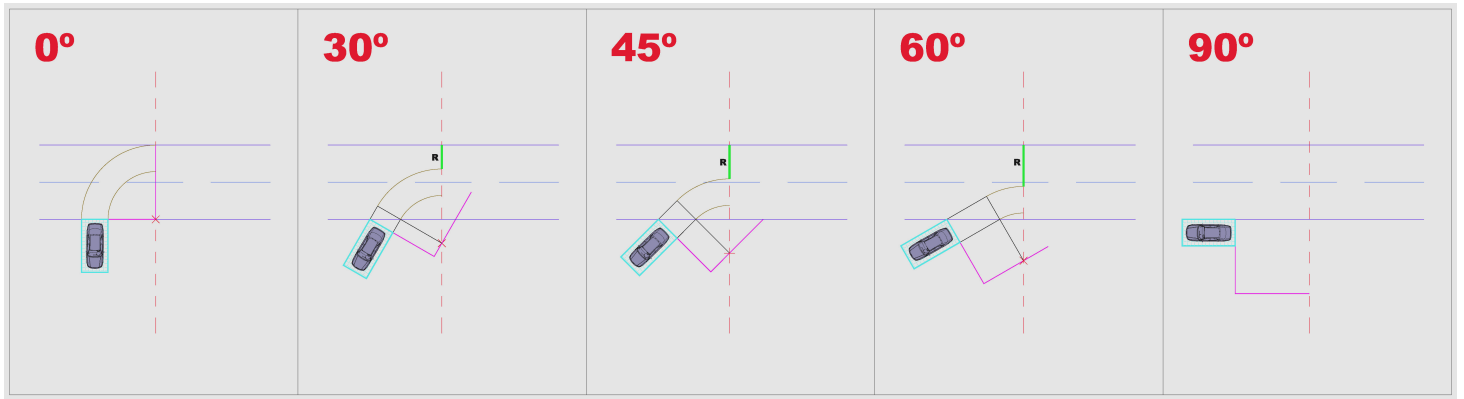


figura 3

Para calcular R se usará una demostración geométrica que permite situar R donde existen elementos para calcularla. En la *figura 4* se trazan dos circunferencias de radio G , con centros E y F , y se hallan H' y H'' que son los puntos en donde estas se cruzan. Estos dos puntos unidos por una recta son la mediatriz de la recta que une E y F , hallando el punto H . En los casos en que $0^\circ < \alpha < 90^\circ$, se puede observar que la distancia $F-F'$, que es R , es la misma que $E-E'$, lo cual nos permite calcular R en la posición $E-E'$, como se puede ver en la *figura 5*.

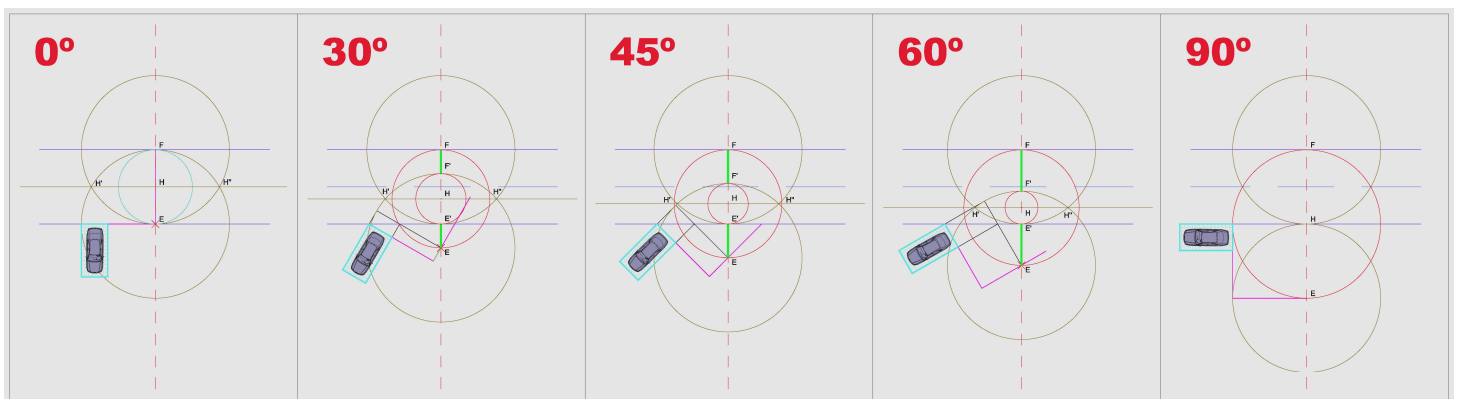


figura 4

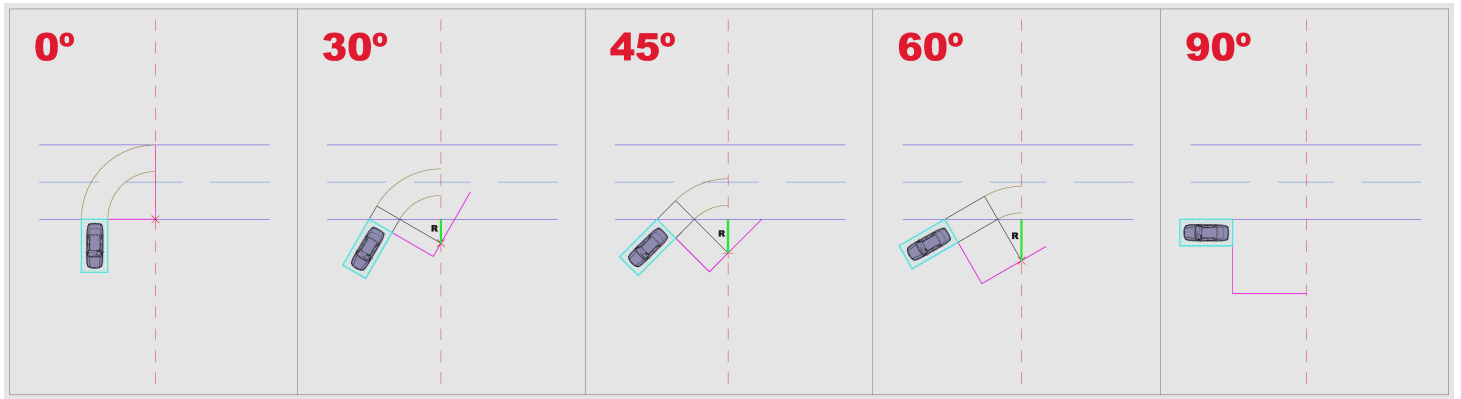


figura 5

En la *figura 6* se pueden observar los elementos necesarios para obtener el valor de R .

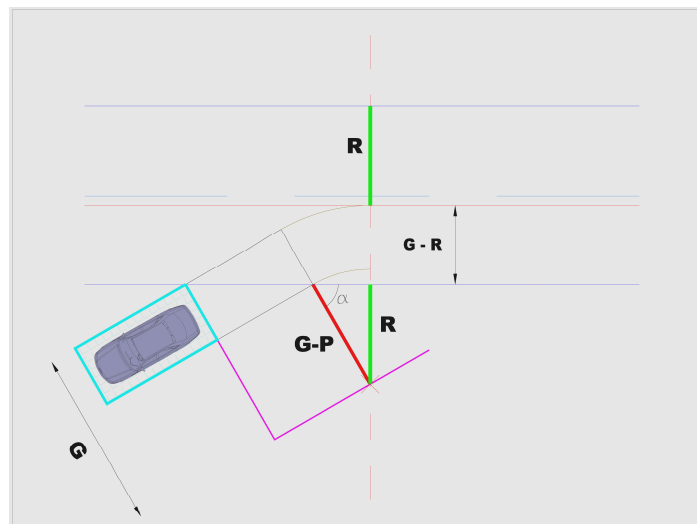


figura 6

$$R = (G - P) \cdot \sin \alpha$$

Una vez calculada R , restándola de G , se tiene el espacio total que se usa en el giro. Llegado éste punto ya se tienen suficientes elementos para calcular el número de carriles que son necesarios para practicar la maniobra de estacionamiento en función de las características particulares de una plaza de aparcamiento dada. El desarrollo de éste cálculo se encuentra en el *anexo 1 (página 16)*.

Queda por calcular el espacio que ocupa la plaza de aparcamiento en sí, S en la *figura 7*, y que se calcula como se ve en las *figuras 8, 9 y 10*.

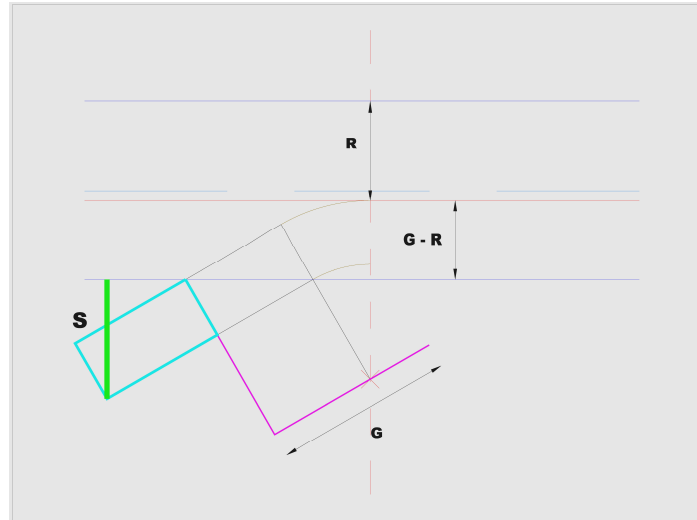


figura 7

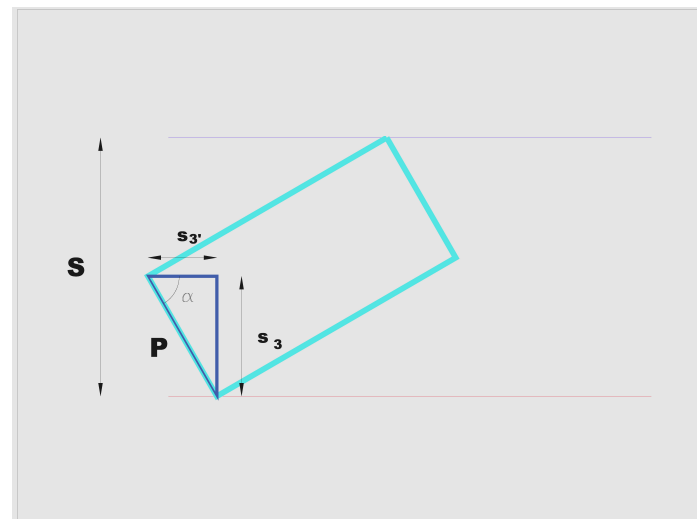


figura 8

$$\sin \alpha = \frac{S_3}{P} \Rightarrow \boxed{s_3 = P \cdot \sin \alpha}$$

$$\cos \alpha = \frac{S_{3'}}{P} \Rightarrow s_{3'} = P \cdot \cos \alpha$$

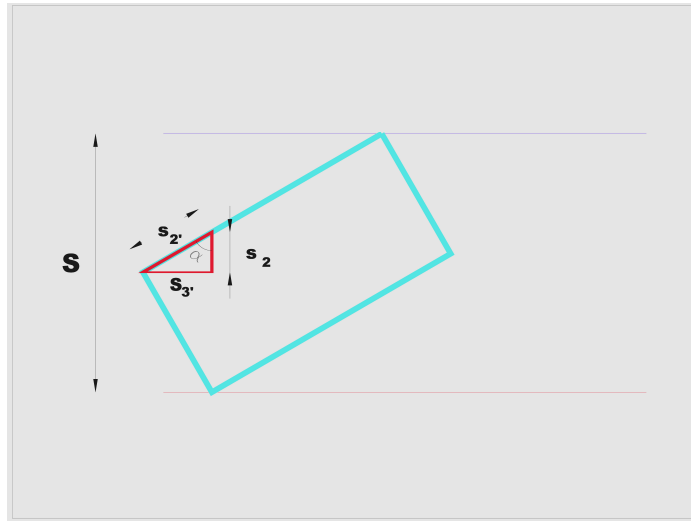


figura 9

$$\tan \alpha = \frac{s_{3'}}{s_2} \Rightarrow \boxed{s_2} = \frac{s_{3'}}{\tan \alpha} = \boxed{\frac{P \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha}}$$

$$\sin \alpha = \frac{s_{3'}}{s_{2'}} \Rightarrow s_{2'} = \frac{s_{3'}}{\sin \alpha} = \frac{P \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

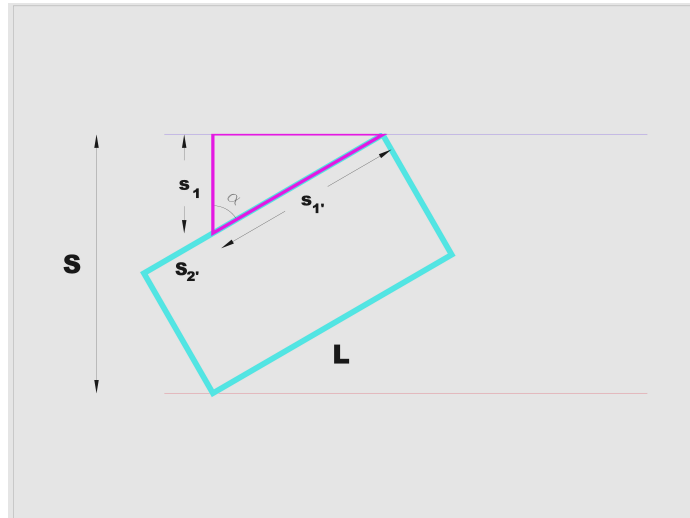


figura 10

$$s_{1'} = L - s_{2'} = L - \frac{P \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$\cos \alpha = \frac{s_1}{s_{1'}} \Rightarrow s_1 = s_{1'} \cdot \cos \alpha = \cos \alpha \cdot \left(L - \frac{P \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha} \right)$$

$$s_1 = L \cdot \cos \alpha - \frac{P \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha}$$

El valor de S se calcula como la suma aritmética de sus tres componentes.

$$S = s_1 + s_2 + s_3$$

$$S = L \cdot \cos \alpha - \frac{P \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha} + \frac{P \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha} + P \cdot \sin \alpha$$

$$S = L \cdot \cos \alpha + P \cdot \sin \alpha$$

Con la suma aritmética de $G-R$ y de S se obtiene el valor de U , como se muestra en la *figura 11*.

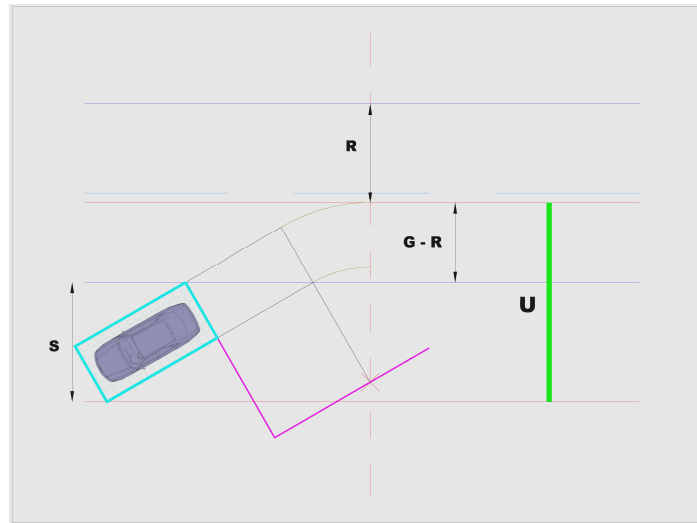


figura 11

$$\boxed{U = G - R + S}$$

Dado que:

$$R = (G - P) \cdot \sin \alpha$$

y

$$S = L \cdot \cos \alpha + P \cdot \sin \alpha$$

Se tiene que:

$$U = G - (G \cdot \sin \alpha - P \cdot \sin \alpha) + P \cdot \sin \alpha + L \cdot \cos \alpha$$

$$U = G - G \cdot \sin \alpha + 2 \cdot P \cdot \sin \alpha + L \cdot \cos \alpha$$

$$\boxed{\boxed{U = G + (2 \cdot P - G) \cdot \sin \alpha + L \cdot \cos \alpha}}$$

Para poder calcular la distancia longitudinal a la marcha del vehículo, Q , analizaremos la *figura 12*:

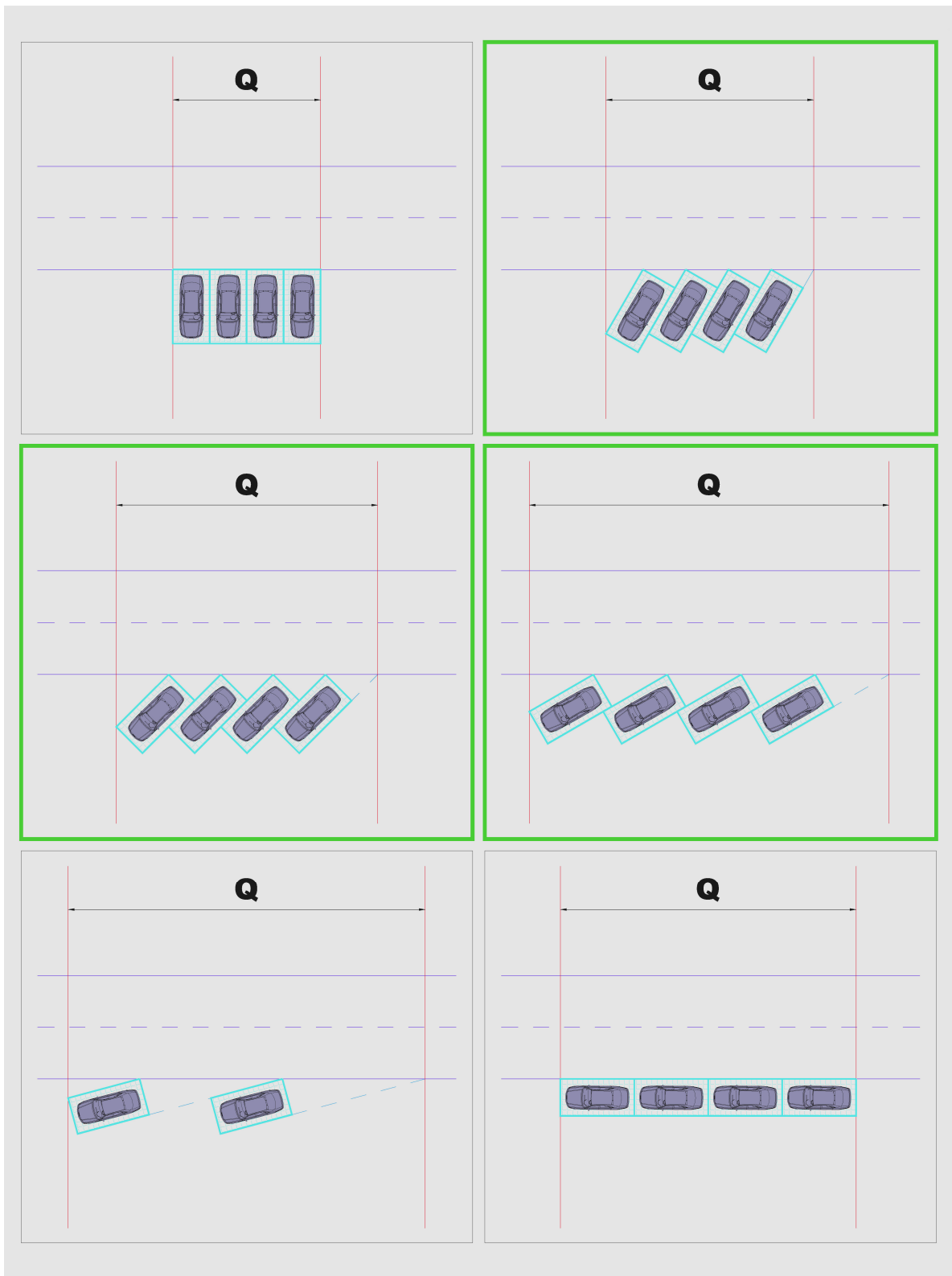


figura 12

Se puede observar en la *figura 12* que los casos primero y último, dada la sencillez de su modelo, y el caso penúltimo, para $\alpha = 75^\circ$, por su naturaleza absurda en cuestiones de optimización del espacio de estacionamiento, no son casos de estudio. Esto nos deja tres casos para estudiar, a pesar que el cálculo de Q deba funcionar en todos los casos. Hay que tener en cuenta que Q , el espacio limitado por las dos líneas rojas en la *figura 13*, incluye también el espacio que necesitan los vehículos para entrar de frente en todas las plazas de aparcamiento. Q es la distancia total, longitudinal respecto a la marcha del vehículo, que se necesita para tener n plazas de aparcamiento.

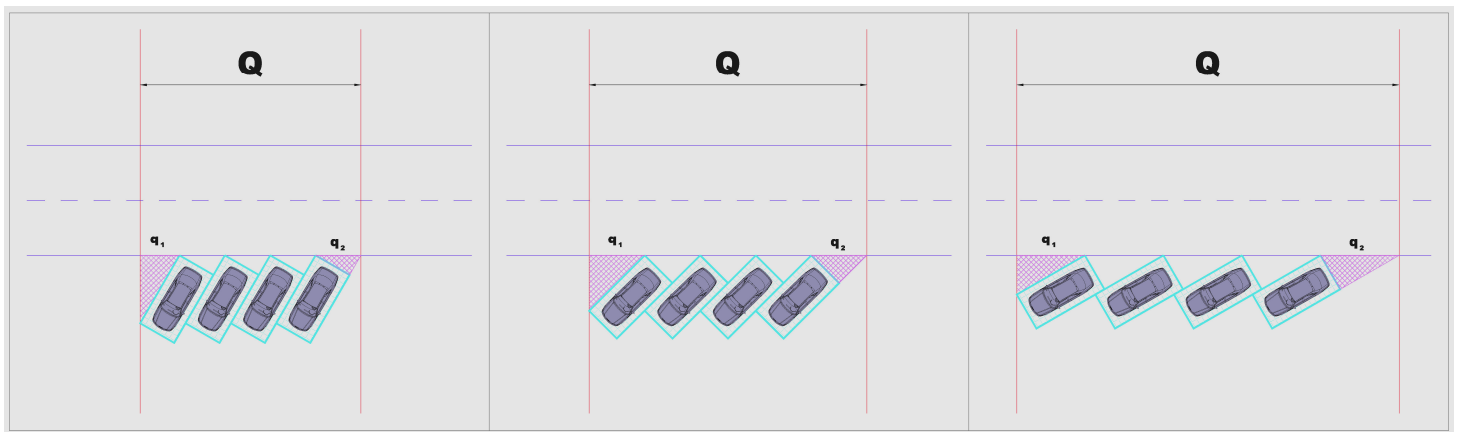


figura 13

Se puede observar en la *figura 13* que se puede extraer una pauta de los tres modelos, en la que el lado q_1 se encuentra una sola vez y el lado q_2 se repite n veces, tantas como plazas de aparcamiento. Entonces se puede afirmar lo siguiente:

$$Q = q_1 + (n \cdot q_2)$$

La figura 14 muestra como llevar a cabo el cálculo de q_1 y q_2 .

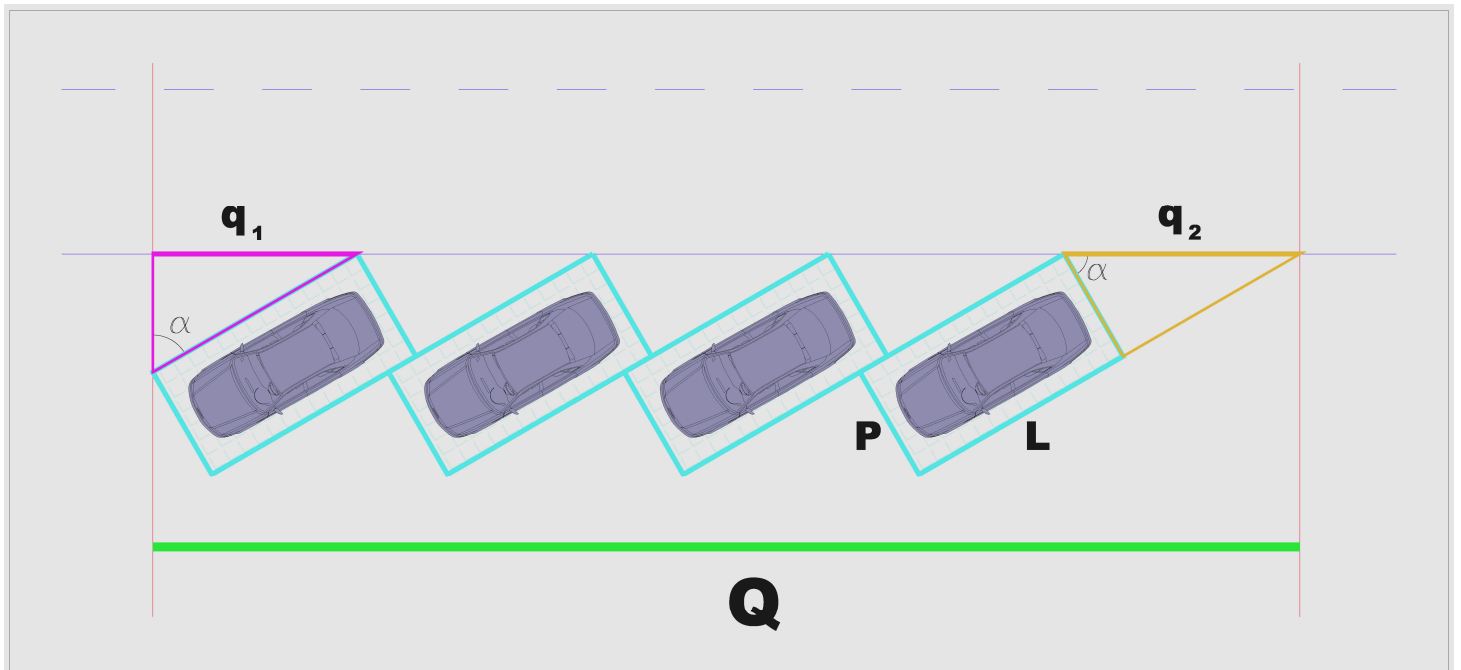


figura 14

$$\sin \alpha = \frac{q_1}{L} \Rightarrow \boxed{q_1 = L \cdot \sin \alpha}$$

$$\cos \alpha = \frac{P}{q_2} \Rightarrow \boxed{q_2 = \frac{P}{\cos \alpha}}$$

$$\boxed{Q = \frac{n \cdot P}{\cos \alpha} + L \cdot \sin \alpha}$$

Una vez se han encontrado las distancias transversal, U , y longitudinal, Q , respecto a la marcha del vehículo, al tratarse de distancias ortogonales entre sí, la multiplicación de ambas resulta ser los metros cuadrados que se emplean en total en la zona de aparcamiento.

Anexo 1

Como se puede observar en la *figura 6*, el espacio que se utiliza en el giro es $G-R$. Si se divide éste valor por el ancho de carril, C , se obtiene el número de carriles que se necesitan para hacer la maniobra de estacionamiento. Llamaremos T a éste número.

$$T = \frac{(G - R)}{C}$$

Para obtener el orden de magnitud de T , resulta interesante ver que los valores que puede tomar $G-R$, siempre que $0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$, están comprendidos entre G y P . De esto se deduce lo siguiente:

$$\frac{G}{C} \geq T \geq \frac{P}{C}$$

Hay que tener en cuenta que para casos muy próximos a $\alpha = 90^\circ$, un vehículo de ancho menor o igual a P podría acceder a la plaza, dado que $G-R \geq P$, pero éste debería realizar un tipo de maniobra de estacionamiento que no está estudiada en éste trabajo. Esto podría conllevar errores de cálculo en las distancias necesarias para practicar correctamente el estacionamiento.

Si se quisiera que el giro se produjese dentro de un solo carril, se tiene que asumir que $T = 1$. Si, y sólo si, $T = 1$, entonces:

$$C = G - R$$

$$\boxed{C = G - ((G - P) \cdot \sin \alpha)}$$

Y de esta igualdad se pueden deducir las siguientes:

a)

$$\sin \alpha = \frac{(G - C)}{(G - P)}$$

$$\boxed{\alpha = \sin^{-1} \left(\frac{(G - C)}{(G - P)} \right)}$$

b)

$$G \cdot (\sin \alpha - 1) = (P \cdot \sin \alpha) - C$$

$$\boxed{G = \frac{(P \cdot \sin \alpha) - C}{\sin \alpha - 1}}$$

En el supuesto que se necesitase crear aparcamiento en batería pero que la distancia disponible fuese inferior a la necesaria para realizar el giro y mantener la longitud de la plaza, se puede reducir el espacio de giro en detrimento de aumentar el ancho de plaza, y en consecuencia, ocupar más espacio longitudinal o reducir el número total de plazas.

En la *figura 15* se puede observar en color verde oscuro la maniobra que tiene que hacer un vehículo en ver reducido el espacio disponible para realizar el giro. También, se puede observar en color naranja la maniobra que haría el mismo vehículo en condiciones óptimas de espacio.

Se definen, J , como la distancia que es necesario reducir de la maniobra de estacionamiento en condiciones óptimas de espacio para poder hacerla en el espacio disponible, y, g , como el radio interior del radio de giro, G .

$$g = G - P$$

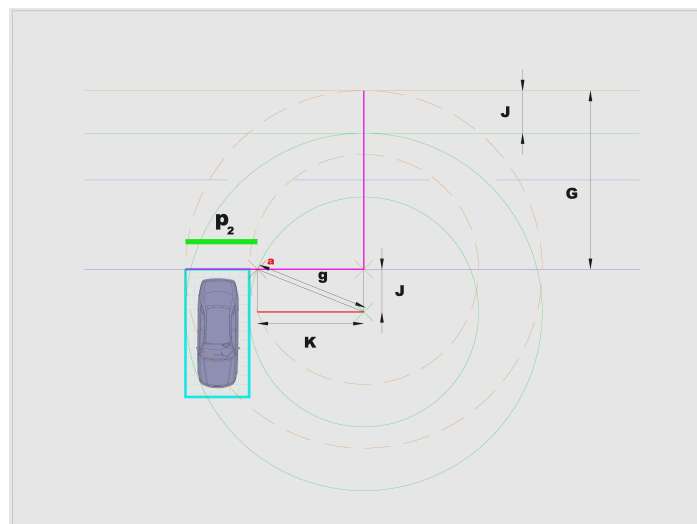


figura 15

En la *figura 15*, el punto en el que el vehículo obligado a hacer la maniobra con un menor espacio de giro entraría en la plaza, a , se encuentra a una distancia, K , del centro del radio de giro, G .

$$K = (g^2 - J^2)^{1/2}$$

A partir del cálculo de K , se puede conocer el nuevo valor que tendrá P , el ancho de plaza, para poder realizar la maniobra de estacionamiento utilizando un menor espacio de giro.

$$P_2 = G - K$$

P , toma el valor de P_2 .