

RESUMEN

Las rotondas (también conocidas como intersecciones giratorias o glorietas) son un tipo de intersección que se caracteriza por una geometría especial derivada de la forma en que se comunican los tramos que confluyen en ella, ya que lo hacen a través de una calzada anular en la que se establece una circulación giratoria en un solo sentido alrededor de un obstáculo central.

Este tipo de intersección aparece por primera vez a principios del siglo XX como solución a los problemas de congestión del tráfico (del que los automóviles tan solo eran una pequeña proporción) que se daban en las ciudades europeas más importantes. La geometría de estas glorietas permite que se puedan adaptar a multitud de situaciones y, gracias a su particular modo de funcionamiento, implican una reducción en el número de conflictos entre las trayectorias de los vehículos usuarios de la intersección, mejorando la capacidad y la seguridad de ésta en beneficio de una mayor fluidez en el tráfico.

Tras unos inicios prometedores y una generalización posterior, sobretodo en el ámbito urbano, las rotondas sufrieron un proceso paulatino de desplazamiento hacia el exterior de las ciudades. Ello fue consecuencia de que la generalización del automóvil acontecida tras la Segunda Guerra Mundial implicó una serie de cambios en los modos de circulación: el espacio interurbano se hizo mucho más accesible gracias a la proliferación de redes de carreteras mientras que el espacio urbano se saturaba cada vez más. Las glorietas urbanas no escaparon a este fenómeno que, en algunos casos, las llevó a la congestión.

El régimen de prioridad establecido hacía que las incorporaciones a la calzada anular se asimilaran a espacios de trenzado entre vehículos, con lo que para solucionar los problemas de congestión no había más remedio que hacer las rotondas cada vez más grandes, con la consiguiente ocupación de suelo que ello suponía. Este hecho motivó su desuso dentro del medio urbano en el que nacieron.

La inversión de las prioridades propuesta por los ingenieros ingleses solucionó los problemas de autosaturación de las rotondas (que hasta entonces funcionaban con la regla de prioridad común a cualquier intersección). Esta inversión, consistente en que los vehículos entrantes deben ceder el paso a los que circulan por la calzada anular, significó un cambio en la concepción de su funcionamiento, que pasó a entenderse como una serie de intersecciones en "T" con lo que, al no precisarse espacios de trenzado, permitió reducir su tamaño, dándoles de nuevo cabida en el siempre limitado espacio urbano.

La principal ventaja que ofrecen las nuevas rotondas es su versatilidad. Pueden ser de utilidad para una gran variedad de objetivos y pueden adoptar innumerables configuraciones diferentes en función de la necesidad concreta de cada emplazamiento. De hecho, no solo pueden resultar útiles desde el punto de vista del tráfico, sino que se pueden abordar respondiendo a necesidades relacionadas con los costes de implantación o mantenimiento, la seguridad de los usuarios, el impacto ambiental o la búsqueda de plusvalías para las zonas colindantes. Su competitividad radica en las grandes posibilidades que ofrecen a cambio de un coste y una ocupación relativamente reducidos.

Hoy en día asistimos a una generalización en el uso de las rotondas tanto en el espacio urbano como en el interurbano y, sobretodo, en la transición entre ambos, el llamado espacio periurbano o sub-urbano. Esta situación entraña un peligro que consiste en adoptar como estándar una solución válida sólo para un contexto y una problemática determinados, exportándola a otras situaciones completamente diferentes.

A medida que nos hallamos en una zona situada más arriba en la escala de urbanidad (interurbana-periurbana-urbana) se acentúan éstas diferencias. Ello se debe a que dentro del espacio urbano existen multitud de intersecciones en contextos diferentes (transición, conexión entre trama urbana y vía segregada, zona industrial, centro de ciudad, cruce entre dos arterias urbanas de alta capacidad, zonas residenciales, etc...), todos ellos susceptibles de albergar rotondas cuya función puede ser igualmente variada (intersección, conexión, gestión del tráfico, instrumento urbanístico, etc...).

Con esto se presenta una casuística que, añadida a las cargas de tráfico y a la geometría específica de cada lugar, hace de cada intersección un proyecto específico que deberá ser abordado por un equipo pluridisciplinar capaz de detallar las necesidades, los condicionantes y los objetivos del mismo.

ABSTRACT

The roundabouts are a kind of intersection that is characterised by an especial geometry derived on the way their branches are communicated by a ring-shaped road where circulation is established in one-way, rounding a central obstacle.

They first appeared on the early XX'th century as a solution for traffic congestion problems that happened in most of important European cities. The roundabout geometry allows their adaptation to many different situations and, because of their particular mode of operation, they introduce a reduction in number of conflicts between the vehicle's trajectories, improving the capacity and security of the intersection for a better traffic fluidity.

After promising beginnings and their later generalization in cities and towns, roundabouts suffered a gradual displacement out of urban context. It was the consequence of the boom in using cars after the Second World War, and the changes it implied on the modes of circulation: the extending of road networks made countryside more accessible while urban spaces became even more saturated. Urban roundabouts were in most cases congested.

The established priority rule in roundabouts was, at that time, the same that ruled all the intersections. This made that incorporations to the traffic circle were assimilated as braided lanes, so the only way to solve the roundabouts blockage was by making them bigger, taking up more surface from the building land and causing the abandon in using them inside urban environment.

The change in the priority rule proposed by the British engineers resolved the problem of auto blockage in roundabouts. This rule prevented circular intersections from locking up, by not allowing vehicles to enter the intersection until there were sufficient gaps in circulating traffic (the vehicles circulating inside the roundabout has right of way over the entering ones). So, the roundabout doesn't work as a braided lane and it does like a "T" intersection. That permits reducing their size, allowing the return of roundabouts into the always limited urban space.

The main advantage of the new roundabouts is their versatility. They can be used for lots of objectives and can take many different configurations in function of the concrete needs of every emplacement. In fact, they are not only useful for traffic matters, they can also be useful from the point of view of cost, maintenance, security and environment. Their competitiveness lies in the great possibilities that they offer for a relatively low cost and occupation.

Nowadays we are witnessing a generalisation in the use of roundabouts (whether we are talking about urban space as the space between cities, but specially in the transition between both, what is called sub-urban space) existing the risk of exporting a standard solution whatever the case, however this solution is only valid for a specific situation.

The differences between solutions become greater as the roundabout is situated higher in the scale of urbanity (countryside or intercity – transition – town). This is because the urban space presents lots of different contexts where an intersection could be placed (transition, connecting urban mesh with segregated roads, industrial areas, city centre, junctions between two high capacity streets, residential areas, etc...), and all of them are able to hold roundabouts with different functions (intersection, connection, traffic management, town planning instrument, etc...).

All of this, added to traffic charges and the specific geometry of every site, makes every intersection as a specific project, which must be done by a multi-disciplinary team able to detail the needs, the determining factors and its aim.

ÍNDICE

1	OBJETIVOS DE LA TESINA	4
2	INTRODUCCIÓN A LAS INTERSECCIONES GIRATORIAS	5
2.1	Evolución histórica de la rotonda	5
2.1.1	Eugène Hénard y el nacimiento de la intersección giratoria	5
2.1.2	Las primeras rotondas	8
2.1.3	El autobloqueo y la saturación de las rotondas.	9
2.1.4	La prioridad del anillo en las rotondas modernas.	11
2.1.5	Las glorietas en Europa y Estados Unidos.	12
2.1.6	El caso español	15
2.2	Conceptos generales sobre glorietas	15
2.2.1	Definición	15
2.2.2	Funcionamiento	16
2.2.3	Elementos	16
2.2.4	Comportamiento de los usuarios	21
2.2.5	Clasificación	23
2.3	Capacidad	30
2.3.1	Estimación de la capacidad	32
2.4	Seguridad	36
2.4.1	Velocidad	38
2.4.2	Visibilidad	40
2.4.3	Facilidad de comprensión	41
2.4.4	Medidas para acomodar tráfico especiales	42
3	POTENCIAL DE APLICACIÓN Y LIMITACIONES DE LAS ROTONDAS	43
3.1	Ventajas e inconvenientes de las rotondas	43
3.1.1	Tráfico	43
3.1.2	Comprensión por parte del usuario	44
3.1.3	Coste	44
3.1.4	Flexibilidad	45
3.1.5	Seguridad	45
3.1.6	Medioambiente	45
3.2	Ámbito de aplicación	47
3.2.1	Generalidades	47
3.2.2	Medio interurbano	49
3.2.3	Medios suburbanos o periurbanos	49
3.2.4	Medio urbano	49
3.2.5	Resumen	50

4	ROTONDAS URBANAS	51
4.1	Rotondas objeto de estudio	51
4.1.1	Concepto	51
4.1.2	Ubicación	51
4.2	Características de las rotondas urbanas	55
4.2.1	Geometría	55
4.2.2	Capacidad de una rotonda urbana	60
4.2.3	Medidas específicas para los peatones	61
4.2.4	Medidas específicas para los ciclistas	62
4.2.5	Tratamiento paisajístico	62
5	EJEMPLOS DE ROTONDAS URBANAS	64
5.1	Situadas a las puertas de la ciudad	64
5.1.1	Plaça Espanya (Barcelona)	64
5.1.2	Plaça Francesc Macià (Barcelona)	66
5.1.3	Plaça de les Glòries (Barcelona)	67
5.1.4	Plaça Portal de la Pau (Barcelona)	69
5.1.5	Rotonda BV-5001 (Santa Coloma de Gramanet)	70
5.2	En núcleo urbano fuertemente consolidado	71
5.2.1	Plaça de Joan Carles I (Barcelona)	71
5.2.2	Plaça de Mossen Jacint Verdaguer (Barcelona)	73
5.2.3	Intersección entre la Gran Vía de les Corts y el Passeig de Gràcia (Barcelona)	74
5.2.4	Plaça de Tetuan (Barcelona)	75
5.2.5	Plaça del Doctor Letamendi (Barcelona)	77
5.2.6	Plaça d'Antoni Maura (Barcelona)	78
5.2.7	Plaça de Gregori Taumaturg (Barcelona)	80
5.2.8	Plaça de Lluçmajor (Barcelona)	81
5.2.9	Plaça de la Mare de Deu del Pilar (L'Hospitalet de Llobregat)	83
5.2.10	Plaça de la Pubila Casas (L'Hospitalet de Llobregat)	84
5.3	En zonas de gran presencia peatonal	85
5.3.1	Rambla del Raval (Barcelona)	85
5.3.2	Rambla del Poblenou (Barcelona)	86
5.3.3	Plaça d'Eusebi Güell (Barcelona)	88
5.4	En barrio residencial	88
5.4.1	Intersección entre la Avinguda de Pearson y la C/ Joan Alòs (Barcelona)	88
5.4.2	Plaça de Jaume II (Barcelona)	90
5.4.3	Plaça Catalana (Barcelona)	90
5.4.4	Plaça de Mons (Barcelona)	91
5.4.5	Plaça de la Clota (Barcelona)	92
5.4.6	Plaça de Rafael i Plaça de Boticelli (Barcelona)	94
5.4.7	Plaça de la Font Castellana (Barcelona)	95
5.5	En puntos de conexión con rondas y/o vías segregadas	96
5.5.1	Plaça de la Carbonera (Barcelona)	96
5.5.2	Plaça Borràs (Barcelona)	98
5.5.3	Plaça de Karl Marx (Barcelona)	100
5.5.4	Rotonda de Can Caralleu (Barcelona)	101
5.5.5	Plaça d'Ildefons Cerdà (Barcelona)	102
5.5.6	Plaça de Prat de la Riba (Barcelona)	103
5.6	En zonas de uso industrial	105
5.6.1	Rotonda en Sant Adrià del Besòs (Barcelona)	105

5.7	Como elementos del sistema viario periurbano	106
5.7.1	Doble rotonda sobre el río Besòs (Barcelona - Santa Coloma de Gramanet)	106
5.7.2	Rotonda partida c/Cristòfol de Moura (Sant Adrià del Besòs)	107
5.8	En áreas en proceso de urbanización incipiente	109
5.8.1	Plaça de Salvador Dalí (Sant Adrià del Besòs)	109
5.8.2	Plaça del Canigó (Sant Adrià del Besòs)	110
5.9	Otros ejemplos	111
5.9.1	Glorieta de Carlos V	111
5.9.2	Solución en turbina para la intersección entre dos autovías (caso general)	111
5.9.3	Solución de una intersección siguiendo las recomendaciones de 1967	113
5.9.4	Intersección anular	114
5.9.5	El Nudo de la Trinitat (caso particular de enlace viario)	115
5.9.6	Plaza Vs. Rotonda	117
6	FUNCIONES DE LA ROTONDA EN EL ESPACIO URBANO	119
6.1	La rotonda como elemento de intersección	119
6.1.1	Única solución a la intersección	119
6.1.2	Espacios centrales de distribución urbana	120
6.1.3	Conexión entre rondas o travesías con la trama urbana	120
6.2	La rotonda como herramienta de control de tráfico	123
6.2.1	Calmar el tráfico	124
6.2.2	Aumentar la capacidad	124
6.2.3	Reducir los tiempos de espera	125
6.2.4	Mejora de la seguridad	125
6.3	La rotonda como instrumento urbanístico	125
6.3.1	Marcar un hito	125
6.3.2	Permitir cambios de tejido urbano a lo largo de una vía	126
6.3.3	La rotonda como plaza	127
6.4	La rotonda como elemento paisajístico	128
6.4.1	La percepción de la rotonda en el espacio urbano	129
6.4.2	¿Rotondas decorativas?	129
7	RECOMENDACIONES PARA EL PROYECTO DE ROTONDAS URBANAS	131
7.1	Metodología de estudio	131
7.1.1	Análisis de viabilidad	133
7.1.2	Estudio previo o anteproyecto	133
7.1.3	Proyecto constructivo	134
7.1.4	Puesta en obra y ensayos	135
8	CONCLUSIONES	136
9	BIBLIOGRAFÍA	141
9.1	Referencias bibliográficas	141
9.2	Otra bibliografía consultada	142

1 OBJETIVOS DE LA TESINA

La presente Tesina nace con la intención de proporcionar una nueva visión de las intersecciones giratorias, esta vez desde el espacio urbano, en el que se dan una serie de particularidades que, a diferencia de lo que sucede en las rotondas situadas en el espacio interurbano, pueden afectar al diseño de las mismas alejándolo de la solución estándar.

Siendo patente la escasa bibliografía internacional referente a las rotondas urbanas, esta Tesina se presenta como un punto de partida para futuros estudios que deseen profundizar en el análisis de las especiales características de la condición urbana y cómo ésta puede llegar a influir en las rotondas.

Con esta Tesina también se pretende establecer unos principios que sirvan de base para el planteamiento de las nuevas rotondas que se proyecten en el espacio urbano.

Para ello se han seleccionado una serie de rotondas ya construidas y se ha realizado un análisis crítico de su entorno y la función que desempeñan, con el objetivo de detectar errores y aciertos en el diseño que permitan obtener correlaciones válidas entre la correspondencia de éste con la función deseada.

Entre las necesidades básicas del análisis se hace especialmente relevante la de establecer una nueva clasificación de las rotondas desde el punto de vista funcional.

Finalmente se plantea el ambicioso objetivo de sentar las bases o la metodología que permita realizar una serie de recomendaciones a seguir a la hora de diseñar nuevas rotondas urbanas, de modo que se adapten a los requerimientos organizativos y urbanísticos que se les exigen, siempre atendiendo a los condicionantes del entorno y sin faltar a su compromiso funcional.

2 INTRODUCCIÓN A LAS INTERSECCIONES GIRATORIAS

2.1 Evolución histórica de la rotonda

2.1.1 Eugène Hénard y el nacimiento de la intersección giratoria

Las primeras rotondas aparecieron antes de la generalización del automóvil. En las grandes ciudades europeas de finales del siglo XIX ya existían problemas de saturación del tráfico debidos a la enorme cantidad de vehículos que circulaban¹, estos problemas se iniciaban generalmente en las intersecciones como consecuencia de la falta de una regulación de la circulación, de algún accidente², o bien sencillamente porque la intersección llegaba al límite de su capacidad. Los atascos se trasmitían al resto de las vías afluentes a la intersección provocando nuevos problemas.

La organización de la circulación comienza a preocupar a las autoridades de las grandes ciudades europeas de principios del siglo XX, que muestran un interés creciente por hallar soluciones³ al problema de la saturación de las principales vías urbanas.

¹ Sin ir más lejos, tan sólo en la ciudad de París se contabilizaban en 1906 los siguientes vehículos: 9.619 coches particulares, 15.775 vehículos de carga de tracción animal, 2.572 coches públicos (como omnibuses o tranvías), 33.500 coches de todo tipo destinados al comercio y 4.077 automóviles, además de los aproximadamente 165.800 velocípedos, carretas de mano y otros tipos de vehículos con influencia sobre el tráfico. A todo este potencial de vehículos en circulación hay que añadir aquellos provenientes de las afueras, resto de provincias o del extranjero, cuyo recuento parece imposible. Fuente: HÉNARD, E.

² Según el anuario estadístico de París en 1903 se produjeron 3.125 accidentes entre coches.

³ Como el primer semáforo con los colores rojo y verde (que funcionaba como una lámpara de gas) instalado en Westminster (Londres) en 1868. La creación de una brigada de policía especial en París (“bâtons blancs”) o la redacción de la ordenanza general de la policía de París del 10 de julio de 1900 (en cuyo artículo cuarto se especifica que los vehículos deben circular por el lado derecho de calzada) son otros ejemplos de éste interés.

Si bien éstas medidas funcionaron en la mayoría de intersecciones sencillas, no resultaron demasiado útiles en aquellas en las que desembocaban cinco o más calles. Ello se debe al aumento considerable del número de itinerarios posibles y el consecuente aumento de los puntos de conflicto entre trayectorias.

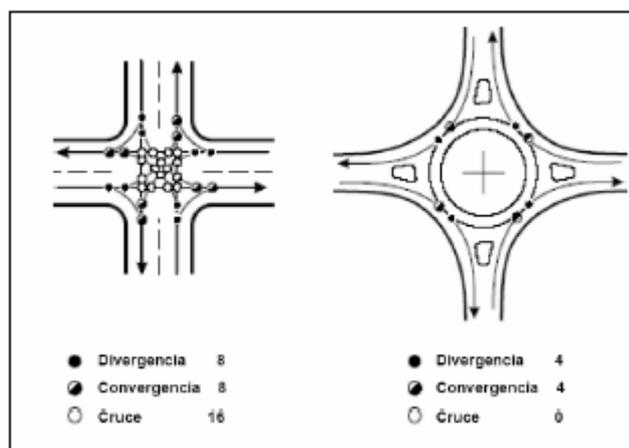


Fig. 2.1: Reducción de los puntos de conflicto en una intersección de cuatro ramales

Históricamente se atribuye a los ingenieros ingleses la concepción por primera vez de una solución en forma de intersección giratoria para resolver los problemas que se han citado. Sin embargo parece que éste mérito se debe al arquitecto francés Eugène Hénard (1849-1923), quién trabajando en el servicio de arquitectura de la ciudad de París, proyectó las primeras glorietas urbanas.



Fig. 2.2: Proyecto de rotonda para la intersección de los "Grands Boulevards" en París, diseñada por E. Hénard.

Existe controversia en este sentido ya que en 1903 William Phelps Eno propuso un sistema de circulación giratoria en un solo sentido alrededor del Columbus Circle en Nueva York, que fue puesto en práctica en 1904. Al parecer ambos urbanistas llegaron a la misma solución de manera independiente, sin embargo existe una diferencia entre los principios expuestos por Hénard y los de Eno: el tamaño del islote central. Mientras Hénard sostiene que el islote central debe tener un diámetro mayor a los 8 metros, Eno recomienda que el islote central sea de acero y con un diámetro del orden del metro y medio a los dos metros.

Hénard demuestra ser un visionario al idear un sistema de enlaces con vías a distinto nivel para solucionar la congestión del tráfico en algunas intersecciones. A pesar de todo, él mismo

reconoce que la solución es excesivamente difícil y costosa y que tan sólo podría aplicarse en determinadas situaciones especiales. Por eso se decide por una solución más simple y elegante, la intersección giratoria.

Además en sus “Estudios de las transformaciones de París” realiza un despiece de los factores que intervienen en la circulación, incluyendo un estudio exhaustivo de los vehículos y el comportamiento de sus conductores, en el que analiza los movimientos que se producen en las intersecciones y clasifica y enumera las interacciones entre trayectorias para cruces con 3, 4, 5 y 6 ramas (en función de si el vehículo abandona la fila, se incorpora a ella o corta la trayectoria de otro vehículo en lo que él denomina un punto de conflicto).

Hénard considera que los problemas de las intersecciones se deben a los puntos de conflicto entre trayectorias y que la solución consiste en suprimirlos o reducirlos al máximo. En su estudio, demuestra que se puede evitar que los vehículos pasen por estos puntos si se les obliga a rodear un obstáculo que los englobe. Forzados a seguir una trayectoria circular alrededor del obstáculo los vehículos solo pueden realizar maniobras de entrada y salida de la fila (movimientos tangenciales), siempre que todos giren en el mismo sentido. De este modo se evitan los peligrosos puntos de conflicto y un solo agente situado en el centro de la intersección podría regular el tráfico sin problemas.

El arquitecto-urbanista francés reconoce que según las condiciones geométricas del lugar, puede resultar imposible adoptar una forma completamente circular para el islote central, según él, en estos casos se puede optar por una geometría elíptica u ovalada, con la condición de que su excentricidad (relación entre semieje menor y mayor de la elipse) sea mayor a 0,75.

A pesar de las ventajas que ofrece este nuevo sistema, que se puede aplicar perfectamente a las líneas de tranvía, existe el inconveniente de la afectación a los peatones, a los que obliga a realizar itinerarios más largos. Para evitar esta situación el arquitecto propone pasos subterráneos para peatones con entradas en las aceras. Pero es consciente del elevado coste de la solución y de los problemas que supondría de cara a la instalación de futuras líneas de metro, por lo que propone que los peatones crucen las calles convencionalmente con la ayuda de refugios, pero sin permitir nunca el acceso a la calzada anular.

Para mejorar la percepción de la intersección giratoria por parte de los vehículos que se aproximan, Hénard propone instalar un sistema de iluminación en el centro de la intersección. Este sistema, reforzado con carteles en forma de flecha que indican claramente el sentido que se debe seguir, constituye la señalización de la glorieta.

Pero las inquietudes de Hénard le llevan a buscar una formulación que permita el correcto dimensionamiento de la intersección ideada por él. Afirma que el diámetro del islote central es un parámetro importante y que no debería ser inferior a 10 metros para facilitar el giro de los vehículos y para que los ángulos de entrada sean suficientemente suaves.

También intuye que el ancho de la calzada anular no puede ser arbitrario, sino que depende del flujo de vehículos que llegan a la intersección. Para ello define los conceptos de **capacidad de una vía de circulación** (cantidad de vehículos de cualquier tipo y tamaño que pasan por una sección de la calzada en un tiempo dado) y el **coeficiente de acumulación** (de llenado o de embotellamiento, que define como el porcentaje de superficie ocupada por los vehículos en una unidad de superficie de la calzada) y, partiendo de dos sencillas hipótesis como son una repartición equitativa de los flujos de entrada entre todas las salidas y la

proporcionalidad entre el ancho de una vía y su capacidad, Hénard demuestra una ley general para el dimensionamiento de la calzada anular: *“El ancho de la calzada anular de la intersección giratoria debe ser igual a la cuarta parte de la suma de los anchos de las calzadas que desembocan en ella”*.

En definitiva, vemos como la intersección giratoria propuesta por Eugène Hénard en 1906 consta de los mismos elementos básicos que las rotondas actuales: calzada anular en torno a un islote central inaccesible, además de las isletas triangulares en los encuentros entre las vías que convergen en la intersección y la propia calzada anular. Estas isletas triangulares cumplen la doble función de reconducir la circulación de los vehículos que entran en la rotonda, reforzando la obligación de seguir un único sentido de giro, además de proporcionar un refugio a los peatones que pretenden cruzar alguna de las vías en un punto próximo a la intersección. Además los motivos que llevan a su implantación coinciden con algunos de los que se utilizan hoy en día: aumento de la capacidad de una intersección, mejora de la seguridad, facilidad de control de la circulación, etc. Si a todo esto le añadimos el primer intento para hallar una formulación que permita un correcto diseño de la geometría de la intersección, podemos afirmar que Hénard es el inventor de la rotonda.

2.1.2 Las primeras rotondas

La implantación de la primera intersección giratoria fue propuesta por Hénard en la intersección formada por las avenidas de Richelieu y Drouot y los boulevards de Montmartre, Hausmann y des Italiens, en París. Finalmente este proyecto no se llevó a cabo, pero Hénard dejó constancia de que en la ciudad de París existían algunas intersecciones que cumplían las condiciones para que su solución fuera susceptible de ser adoptada, por ejemplo aquellas que ya disponían de un monumento central.

De todas maneras en 1907 se instaura la circulación giratoria en sentido único en dos importantes plazas parisinas: la Paza de l'Étoile (hoy Plaza Charles de Gaulle) en torno al Arco del Triunfo y la Plaza de la Nación. Dieciocho años más tarde, en 1925, aparece la primera rotonda inglesa en Aldwych, en el centro de Londres, siguiendo los principios enunciados por Eugène Hénard.

Las rotondas se generalizan en Gran Bretaña y en las colonias inglesas entre 1920 y 1930. Su construcción responde sobretodo a la voluntad de mejorar las condiciones de seguridad. Por ello no solo se acondicionan rotondas urbanas, sino que en el periodo entreguerras también se comienzan a utilizar en los principales cruces de carreteras interurbanas.

Éstas se diseñan con grandes islotes centrales y en algunos casos se conciben como grandes nudos a distinto nivel. La lógica de sus dimensiones se debe a que se considera que los tramos entre una entrada y una salida consecutivas funcionan como zonas de trenzado entre vehículos en las que se producen las interferencias entre las trayectorias por movimientos de incorporación o abandono de la fila, interferencias que aumentan a medida que aumenta el número de filas (podríamos llamarlas carriles) que aparecen en el interior de la calzada anular.

Entre los años treinta y cuarenta se llevan a cabo los primeros ensayos para determinar la capacidad de las rotondas. Los británicos H. Watson, F.G. Royal-Dawson y el norteamericano K. Norman, estudian en diferentes trabajos la dependencia de la capacidad de las rotondas

respecto algunos parámetros como los flujos, el tipo de vehículos, su velocidad y los ángulos de convergencia.

En 1945 A.J. Clayton realiza el primer ensayo de una sección de trenzado que le lleva a proponer una fórmula de la capacidad en la que introduce el **factor de cruce** o de trenzado. Sus trabajos influirán en el diseño de las rotondas hasta diez años más tarde.

En 1955 el “Road Research Laboratory” (Laboratorio de investigación viaria norteamericano) comienza a realizar sus propios ensayos en pistas experimentales que permiten variar las condiciones de diseño (geométricas y de tráfico) de las configuraciones que se van a estudiar. Los investigadores llegan a la conclusión de que la capacidad de una vía de trenzado (Q_w) depende básicamente de cinco parámetros, a saber: la longitud (l) y la anchura (a) de la zona de trenzado, la anchura media entre entrada y salida de la vía (e), el porcentaje de vehículos que realizan la maniobra de trenzado (p) y el tipo de vehículos. La **fórmula de Wardrop** definida en 1957 incluye todos estos parámetros para la determinación de la capacidad y añade una interesante aportación que consiste en utilizar unos coeficientes de equivalencia para ponderar la mayor influencia de los vehículos pesados y la menor de los vehículos a dos ruedas. Se escribe así:

$$Q_w = \frac{K \cdot w \left(l + \frac{e}{w} \right) \left(l - \frac{p}{3} \right)}{l + \frac{w}{l}} \quad [1]$$

dónde K es un coeficiente que varía según las unidades empleadas.

2.1.3 El autobloqueo y la saturación de las rotondas.

Durante el periodo entreguerras las rotondas son el único tipo de intersección en Gran Bretaña para el cual no existe ninguna norma que regule la prioridad. En ellas la circulación funciona por el cruce o trenzado entre los vehículos que circulan por la calzada anular y los que se incorporan a ella o la abandonan. Esto no resulta en modo alguno preocupante debido a la asombrosa cortesía de los conductores ingleses toda vez que los volúmenes de circulación no son demasiado grandes, sobretodo fuera de las grandes ciudades.

No obstante, la generalización del automóvil acontecida tras la segunda guerra mundial conlleva un aumento de estos volúmenes de circulación y el funcionamiento de las rotondas se resiente, sobretodo en horas punta.

Hasta 1966 las rotondas inglesas se rigen por la norma de prioridad a la izquierda (a la derecha en el resto de países). Los vehículos entrantes se aproximan a la rotonda a velocidades mayores que los que circulan en el anillo, forzando la entrada y obligando a éstos a reducir aun más sus velocidades. Este proceso tiende a favorecer la entrada de los vehículos que provienen de una de las ramas de la rotonda por encima de los que ya están en ella, obligándoles incluso a detenerse, lo que provoca una cola en la calzada anular que impide las entradas y salidas y, bajo ciertas circunstancias puede llegar a bloquear todo movimiento.

Hasta esa fecha el cálculo de la capacidad de las intersecciones giratorias se realizaba considerando la calzada como una serie de tramos de trenzado.



Figura 2.3: Una rotonda inglesa saturada. Fuente: MIMEE, H.

La creencia en el funcionamiento de la rotonda como tramos de trenzado se basaba en que debido al sistema de prioridad la mejor manera de facilitar la entrada a los vehículos (y por lo tanto hacer la circulación más fluida) consiste en que la trayectoria de entrada sea lo más tangente posible a la calzada anular, situación que aparentemente es la misma que se da en las incorporaciones con trenzado. En consecuencia la mejor manera de aumentar la capacidad y de paso evitar los problemas de bloqueo consiste en aumentar el tamaño de las rotondas. Con esto se consiguen mayores longitudes de trenzado y, al alargar las distancias entre entradas y salidas, más espacio para que en caso de producirse colas éstas no lleguen a bloquear los accesos.

Sin embargo la implantación de este tipo de rotondas sólo podía llevarse a cabo donde hubiera suficiente espacio disponible. Es por eso que se opta por regular total o parcialmente la circulación de algunas rotondas urbanas mediante semaforización.

Pero la mejor solución al problema del autobloqueo característico de las rotondas se gesta en la década de 1950 a 1960, cuando los ingenieros ingleses comienzan a experimentar con la inversión de las prioridades.

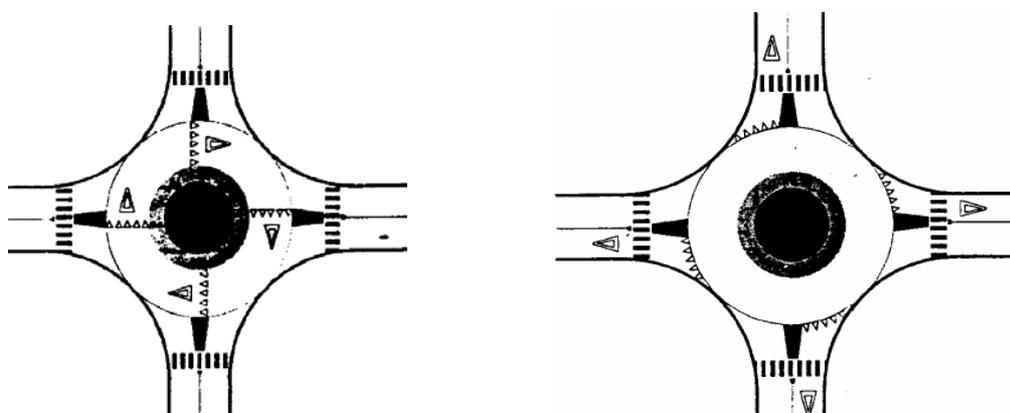


Figura 2.4: Esquema de prioridades en una rotonda, antes y después de la inversión propuesta por los ingleses. Fuente: "Guide Suisse des Giratoires".

2.1.4 La prioridad del anillo en las rotondas modernas.

En 1956 y en colaboración con las autoridades de numerosas localidades que sufrían el colapso de sus rotondas el “Road Research Laboratory” comenzó una serie de ensayos consistentes en la observación del funcionamiento de estas rotondas antes y después de la introducción, de manera experimental, de la regla de prioridad del anillo. Los resultados no pudieron ser más satisfactorios y en noviembre de 1966 después de otra serie de pruebas realizadas sobre 83 rotondas, la prioridad del anillo (Offside Priority Rule), se instaura oficialmente en Gran Bretaña. Francia hace lo propio en 1984 y Suiza en 1987. En España esta regla adopta el carácter de norma en 1990.

A partir de la entrada en vigor del nuevo sistema de prioridad las rotondas pasan a comportarse como una serie intersecciones en “T” lo que anula el sistema tradicional de trenzado y permite reducir la distancia entre entradas y salidas consecutivas, lo que lleva a una disminución significativa de los diámetros de las rotondas. Ha cambiado el diseño de las glorietas, los islotes centrales se hacen más pequeños y las entradas y salidas se abocinan.

Este cambio de concepción facilita la generalización de las rotondas, pues es posible diseñar rotondas más compactas, que requieren mucha menos superficie y que pueden llegar a implantarse en intersecciones existentes en ciudad sin producir afecciones importantes en las edificaciones del entorno (ver figura 2.5).

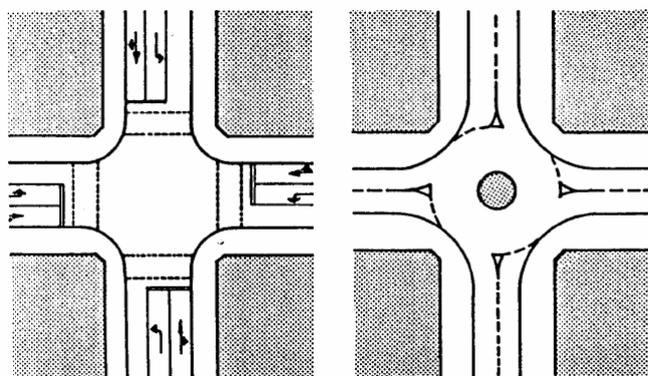


Figura 2.5: Ocupación de una rotonda frente a una intersección convencional.

En 1970, F.C. Blackmore del “Road Research Laboratory” propone una fórmula para calcular la capacidad global de una rotonda moderna que considera como parámetros influyentes un factor de eficacia (K) en función del número de ramas de la rotonda, los anchos (en m) de las calzadas que llegan a la rotonda antes de abocinarse (w) y la superficie (en m²) añadida a la rotonda como consecuencia del abocinamiento de entradas y salidas (A):

$$Q = K \left(\sum w + \sqrt{A} \right) \quad [2]$$

Las observaciones realizadas por el mismo “Transport and Road Research Laboratory” (en adelante TRRL) demostraron en 1973 que el factor de trenzado de Wardrop no tenía ninguna influencia en las rotondas modernas.

El cálculo de la capacidad de las rotondas modernas se presenta como un nuevo problema, ahora ya no interesa tanto conocer la capacidad global de una rotonda como la capacidad de sus entradas. La fórmula de Wardrop, vigente durante muchos años, deja de ser útil y se

sustituye por la **fórmula de Kimber** que permite calcular la capacidad de una entrada (Q_e) y que tiene la forma:

$$Q_e = F - f_c \cdot Q_c \quad [3]$$

que relaciona la capacidad de una entrada con el tráfico circulante entre la entrada a considerar y la inmediatamente anterior en el sentido de giro de la calzada anular (Q_c) mediante las constantes F y f_c que dependen de la geometría de cada rotonda (ancho de la entrada, ancho de la rama de entrada, longitud del abocinamiento de la entrada, diámetro, radio de entrada, ángulo de entrada, ancho de la calzada anular).

En 1975 se conocieron los resultados de un estudio realizado sobre 110 nudos viarios que habían sido reconvertidos en rotondas modernas (más compactas y con prioridad al anillo), este estudio demostró que además de mejorar la capacidad se había conseguido un importante aumento de la seguridad, reduciéndose el número de accidentes (entre un 30 y un 40%) y la gravedad de los mismos.

A partir de 1970 se extiende la utilización de las rotondas a otros países, sobretudo Francia y Australia⁴, apareciendo numerosas publicaciones al respecto⁵.

2.1.5 Las glorietas en Europa y Estados Unidos.

A pesar de los buenos resultados de la experiencia británica con la regla de prioridad del anillo, se creía que la regla general de prioridad a la derecha⁶ estaba demasiado inculcada en los conductores como para que una excepción pudiera ser aplicada con éxito en las glorietas. Sin embargo la mayoría de las pocas glorietas europeas existentes se colapsaba bajo las fuertes cargas de tráfico de las horas punta, mientras que en Gran Bretaña esta situación dejó de producirse a partir de 1966.

Estados Unidos

Las rotondas estadounidenses no se regían por una regla general que definiera las prioridades, cada rotonda se regulaba por un tipo de norma en función del lugar en que ésta se encontraba. En 1913 el estado de Wisconsin adopta de manera generalizada la prioridad a la derecha (o lo que es lo mismo, a las entradas).

De nuevo Eno, en 1929, apuntó los primeros inconvenientes del autobloqueo asociado a altos volúmenes de tráfico cuando se da la prioridad a las entradas. En esta ocasión Eno (considerado el “padre del control del tráfico”) no fue capaz de convencer a los ingenieros de tráfico acerca de la necesidad de invertir las prioridades.

⁴ También, aunque en menor medida en Dinamarca, Suecia, Noruega, Nueva Zelanda, Estados Unidos, Canadá y Japón.

⁵ Sin duda entre los países con mayor número de aportaciones destacan Gran Bretaña a través del “Transport and Road Research Laboratory” (TRRL), Francia, que divide sus publicaciones entre el “Centre d’Etudes des Transports Urbains” (CETUR) y el “Service d’Etudes Techniques des Routes et Autoroutes” (SETRA) y Australia con la “National Association of Australian State Roads Authorities” (NAASRA).

⁶ Inscrita en el artículo 18 de la Convención Internacional de Viena de 1968 y conservada en los acuerdos de Ginebra de 1971.

Por aquel entonces los volúmenes de tráfico no eran preocupantes, pero cuando estos comenzaron a crecer, las advertencias realizadas por Eno se cumplieron. Incomprensiblemente las rotondas, que igual que en Gran Bretaña cada vez eran más grandes, se saturaban.

A partir de la década de los 1950's y como consecuencia del fenómeno del autobloqueo, las rotondas cayeron en desgracia y dejaron de ser utilizadas por los ingenieros norteamericanos.

En 1980, contagiados por el creciente éxito de las rotondas inglesas, una minoría de ingenieros vuelve a apostar por las rotondas, esta vez concebidas según la regla de la prioridad en el anillo. Las dos primeras rotondas modernas de los Estados Unidos se construyen en Summerlin, Florida, en 1990.

Para demostrar la escasa repercusión que hasta la fecha ha tenido este tipo de intersección en un país que está acostumbrado a ir a la cabeza en materia de tráfico, hay que destacar que en 1997 tan solo había en funcionamiento 38 rotondas modernas en todo el territorio de los estados Unidos, frente a las aproximadamente 15.000 con que contaba Francia en el mismo año. Pero esta situación ha cambiado y en los últimos años han ido apareciendo numerosas rotondas modernas en los Estados Unidos.

Veamos que situaciones se dieron en algunos países europeos:

Alemania y Suecia

Si bien es cierto que los primeros estudios sobre la prioridad del anillo se llevaron a cabo por investigadores ingleses, este régimen de prioridad estaba en vigor en todas las intersecciones giratorias de la República Federal Alemana y de Suecia desde principios de la década de los 60. De hecho las rotondas alemanas disponían de una señal especial en las entradas de la rotonda que instaba a los conductores a ceder el paso a los vehículos que circulaban por la calzada anular.

Alemania se niega a abandonar el sistema de prioridad que tan bien funciona en sus rotondas, pero a fin de respetar las directivas internacionales dictadas en Viena y dirigidas a unificar los criterios de señalización retira su señal especial pero la sustituyen por el triángulo invertido (señal de “ceda el paso”).

En Suecia el 3 de septiembre de 1967 se produce un cambio drástico en el sistema general de circulación, se abandona la circulación por la izquierda de la calzada para pasar a circular por la derecha, con lo que se adopta como obligatoria la regla general de prioridad a la derecha en las intersecciones a excepción de las rotondas, en las que se debe respetar la prioridad del anillo.

Francia

Las rotondas francesas han seguido una evolución paralela a las británicas pero más tardía. Recordemos que en la época de Eugène Hénard tan solo una ordenanza policial (que databa de 1900) regulaba la prioridad en las intersecciones y no fue hasta 1925 que esta regla se convirtió en una norma generalizada en el territorio francés⁷.

⁷ A pesar de que ya en 1905 el presidente del Club del Automóvil de Los Vosgos propusiera que la regla de prioridad a la derecha fuera implícita en todas las intersecciones.

El primer paso hacia un cambio en la reglamentación de las prioridades en las rotondas se produce cuando en 1972 una modificación del código de circulación permite que cada ayuntamiento decida el tipo de prioridad que rige sus rotondas urbanas.

Las diferentes experiencias desde 1976 hasta 1983 permiten demostrar que las rotondas regidas por la prioridad al anillo son más seguras y, en general, tienen más capacidad que las intersecciones normales o semaforizadas además de suponer un ahorro importante de combustible.

La prioridad del anillo entra en vigor en Francia el 1 de mayo de 1984. Antes, en febrero del mismo año, se había dictado la obligatoriedad de señalar todas las aproximaciones a rotondas mediante una señal vertical de peligro (triángulo con el vértice hacia arriba, bordes rojos y fondo blanco) con tres flechas dispuestas en círculo que indicaran el sentido de la circulación.

Los buenos resultados cosechados se manifestaron en una constante proliferación de este nuevo tipo de rotonda, algunas grandes rotondas fueron dimensionadas a la baja y muchas intersecciones semaforizadas fueron transformadas. A modo de ejemplo en 1991 el número de rotondas crecía a un ritmo de aproximadamente 1000 cada año.

Suiza

Como el resto de países europeos Suiza sufrió un incremento extraordinario de la motorización y en consecuencia de la cantidad de problemas asociados a la circulación: saturación y accidentes que se daban en su mayoría en las intersecciones.

La búsqueda de soluciones a estos problemas contempló algunas tímidas tentativas de implantación de rotondas “clásicas”, es decir con prioridad a la derecha, que presentaron los mismos problemas que en los países vecinos: se autobloqueaban como consecuencia de tráfico elevados.

Además éstas se concebían como nudos que necesitaban una enorme cantidad de espacio para funcionar correctamente, de ahí que las rotondas no tuvieran demasiado éxito en un país pequeño y muy urbanizado.

En 1964 entra en servicio la primera rotonda suiza según los principios de las grandes rotondas convencionales. Con un diámetro exterior de 150 m y un islote central de 120 m de diámetro y regida según la regla de prioridad a la derecha se convierte en uno de los puntos negros de la ruta Ginebra-Lausana, por lo que en 1974 se decide la inversión de prioridades.

A partir de 1985 se opta por la importación de los modelos ingleses de rotondas compactas, rotondas dobles y mini-rotondas y es en 1987 cuando la prioridad del anillo se adopta de manera oficial en las glorietas suizas.

Suiza pasó de poseer 19 rotondas en 1980 a 220 en 1992 (además de 500 rotondas más en proyecto) el 80% de ellas urbanas.

2.1.6 El caso español

El caso de España no difiere demasiado del de sus vecinos europeos: también se produce un aumento de la motorización, algo más moderado, que se da sobretodo a partir de los años 60 con el acceso de la clase obrera al automóvil gracias a la generalización de vehículos utilitarios como el SEAT 600.

Históricamente se ha optado por el tradicional diseño en cruz para las intersecciones entre carreteras de baja intensidad de tráfico y por la construcción de enlaces en aquellos cruces de carreteras más importantes o autovías y autopistas con el resto de vías. Mientras que las intersecciones urbanas se han diseñado en su mayoría con control semafórico o mediante la prioridad a la derecha.

La popularización de las rotondas acontecida en Europa y debida sobretodo al gran éxito de este tipo de intersección en países como Reino Unido y Francia, no tuvo excesiva repercusión durante la dictadura franquista (1939-1975) y las pocas rotondas que datan de esa época son adecuaciones de intersecciones urbanas que ya disponían de un monumento u otro tipo de obstáculo central o plaza en las que era obligado el sentido giratorio.

El primer intento de introducir este tipo de intersección en nuestro país data de 1974, fecha en la que la 5ª Jefatura Regional de Carreteras redacta el estudio de la Red Arterial Metropolitana (en Cataluña) en el que se plantean cerca de 50 rotondas todavía de dimensiones considerables (siguiendo el criterio de trenzado), que, finalmente, no se llegaron a construir.

La primera glorieta española regida por la prioridad del anillo se construye en Palmanova (Mallorca) en 1976 ya dentro del periodo de transición democrática⁸, desde entonces la implantación de este tipo de intersecciones ha tenido un éxito creciente, más aún desde la instauración generalizada en todo el territorio español de la regla de prioridad del anillo, en 1990.

2.2 Conceptos generales sobre glorietas

2.2.1 Definición

Entendemos como rotonda o glorieta un tipo especial de nudo o intersección, que se caracteriza por la manera en que se tratan los tramos que confluyen en él, ya que se comunican a través de una calzada anular en la que se establece una circulación giratoria alrededor de una isleta central.

De esta manera las trayectorias de los vehículos no se cruzan con trazadas secantes, sino que convergen y divergen tangencialmente, aumentando la seguridad al disminuir los puntos de conflicto.

⁸ La primeras experiencias sobre glorietas modernas en nuestro país tienen lugar en las Islas Baleares, sobretodo en Mallorca e Ibiza, donde se construyeron varias decenas de ellas durante la década de los 80, quedando demostrada su eficacia como refleja Torres Llodrá, J. en el artículo *Intersecciones giratorias en Baleares*, publicado en “Jornadas de Estudio de Ingeniería de Tráfico” Asociación Permanente de los Congresos de Carreteras, Madrid, 1985.

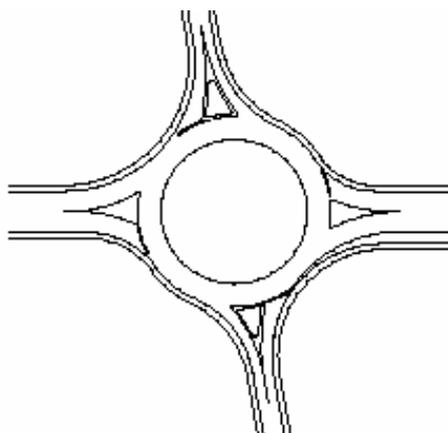


Fig 2.6: Intersección giratoria.

En las rotondas españolas la circulación a través de la calzada anular se realiza en sentido antihorario y, si bien no siempre ha sido así⁹, actualmente esta circulación se considera prioritaria respecto a la de las entradas.

De este modo un vehículo que desee entrar en la glorieta debe ceder el paso a los vehículos que circulen por el interior de la calzada anular, a pesar de que éstos se aproximen desde la izquierda, contradiciendo así la regla general de prioridad a la derecha en las intersecciones.

2.2.2 Funcionamiento

El modo de utilización de este tipo de intersección está íntimamente ligado a su geometría pero también a la especial regla que las rige y que da prioridad a los vehículos circulantes por la calzada anular respecto a aquellos que entran en ella.

Efectivamente cuando un vehículo llega a una intersección de este tipo, sea cual sea la maniobra que va a realizar (girar a derechas, continuar recto, girar a izquierdas o cambiar el sentido) debe, salvo en caso de existir carriles de giro directo, incorporarse a la calzada anular y seguir en ella una circulación giratoria que en España sigue el sentido contrario al de las agujas del reloj. Debido a la prioridad de los vehículos del anillo sobre los vehículos entrantes, éstos deben esperar en la entrada hasta que haya un intervalo entre vehículos circulantes por la calzada anular que les permita incorporarse a ésta con total seguridad.

Otra característica especial del funcionamiento de las glorietas es que, en general, dotan a la intersección de una mayor flexibilidad de itinerarios, posibilitando la corrección de errores y los cambios de sentido además de permitir a los usuarios indecisos dar una vuelta más a la rotonda para asegurarse de qué salida deben utilizar.

2.2.3 Elementos

A continuación se enumeran y se definen los elementos que tienen mayor importancia en el diseño de una intersección giratoria, no solo por geometría, también por funcionalidad, capacidad y seguridad.

⁹ Véase el apartado anterior (2.1 Evolución histórica de la rotonda).

Anillo de circulación

También llamado calzada anular, el anillo de circulación es la zona, generalmente asfaltada, comprendida entre el diámetro exterior de la rotonda y el islote central. En la mayoría de casos adopta una forma de corona circular (menos cuando la rotonda es elíptica).

Como su nombre indica es la zona de la intersección destinada al tránsito de los vehículos en sentido giratorio. La calzada anular recoge el tráfico entrante en la intersección y lo reconduce hacia las salidas, obligando a los vehículos a seguir una circulación giratoria en un único sentido hasta que abandonan la intersección por una de sus salidas.

Todos los estudios, recomendaciones y normativas consultados coinciden en señalar que la anchura de este anillo debe ser constante, si bien no hay consenso a la hora de determinar la relación que debe guardar el número de carriles de la calzada anular con el de las entradas.

Lógicamente la calzada anular debe tener anchura suficiente para recibir el volumen de tráfico de la entrada con mayor capacidad, por lo tanto deberá tener al menos igual número de carriles que los que llegan por la vía más ancha. También debe ser suficientemente ancha para permitir el giro de los vehículos pesados más largos que se prevea que van a circular por ella.

A menudo se dispone un peralte en la calzada anular. Tampoco hay acuerdo sobre cual es el mejor sistema para peraltar la calzada anular. Un peralte hacia el interior facilita la circulación giratoria pero dificulta las salidas y el drenaje de la calzada. Por otro lado un peralte hacia el exterior facilita el drenaje y las conexiones con las entradas y salidas además de no ocasionar demasiados problemas circulatorios debido a las bajas velocidades asociadas a estas intersecciones, sin embargo se debe ir con cuidado ya que a bajas velocidades y con radios de giro reducidos algunos vehículos pesados (por lo general con el centro de gravedad más alto) pueden tener tendencia a volcar si el peralte no es demasiado pequeño. En algunas publicaciones se recomienda adoptar una disposición mixta de peralte con limatesas suaves. Al parecer, la disposición de un peralte hacia el exterior es la que ofrece más ventajas tanto por mantenimiento como por comodidad y funcionalidad.

A modo indicativo unos valores corrientes de la anchura podrían ser de 5 a 6 metros para calzadas de un solo carril, de unos 8 metros en el caso de dos carriles y de hasta 12 metros para tres carriles. Evidentemente todos estos valores están supeditados al del diámetro interior de la calzada y a la existencia o no de una zona transitable en el exterior del islote central.

Se suelen dejar arcenes en el interior y en el exterior de la calzada, si bien éstos no deben ser demasiado anchos para evitar en medida de lo posible la tendencia a la estacionamiento que conllevan, simplemente deben servir como referencia de los límites de la calzada. En el caso en que el islote central sea franqueable o semifranqueable no se dispone de arcén interior.

Islote central

Es la zona no destinada a la circulación de vehículos que queda comprendida en el interior del anillo de circulación, de manera que la calzada anular lo bordea. Suele ser circular y en algunos casos oval o elíptico, siempre que la excentricidad sea mayor a 0,75.

Este islote cumple varias funciones: supone un obstáculo que se encuentra en la dirección que llevan las vías que se aproximan a la intersección por lo que induce a la reducción de la velocidad y al cambio de dirección para evitarlo. Por su tamaño y su ubicación en el interior de la calzada anular introduce cambios forzados en la trayectoria de los vehículos, que unidos a la circulación giratoria en sentido único sirven para evitar los puntos de conflicto por trayectorias secantes.

En algunos casos el islote central dispone de una corona exterior circulable para aquellos vehículos que, por su longitud, no puedan ejecutar la maniobra de circulación giratoria con normalidad al no disponer de espacio suficiente para efectuarla. En estos casos la corona exterior del islote suele estar construida con materiales distintos a los del anillo de circulación y, en ocasiones, con un peralte mayor para diferenciarla de la calzada anular y como método de disuasión para el resto de usuarios ya que no solo se diferencia en el aspecto, sino que también lo hace en la sonoridad y la comodidad de circulación.

España no se caracteriza por el uso de miniglorietas con el islote central totalmente franqueable, sin embargo éstas son comunes en algunos países europeos. Se caracterizan por el hecho de que el islote central no suele representar un obstáculo, sino tan solo una indicación del límite interior de la calzada anular, a menudo se representa el islote mediante señalización horizontal (pintura) por lo que los vehículos más largos pueden pisarlo completamente. Esta solución es útil sobretodo en zonas urbanas en las que se quiera convertir una intersección convencional existente en una intersección giratoria cuando la escasez de espacio disponible impida la construcción de una glorieta de características normales.

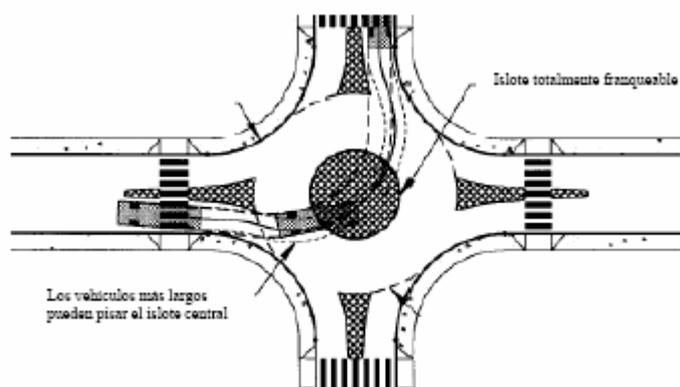


Fig 2.7: Mini-rotonda con islote central totalmente franqueable

El islote central es además una herramienta más para la percepción de la intersección y su adecuación al entorno. En determinadas circunstancias puede ser recomendable la instalación de elementos escultóricos o la plantación de árboles y siempre se le puede dar un tratamiento paisajístico. También se puede usar para situar el alumbrado, aunque por motivos de seguridad se recomienda que, debido al peligro de colisión, de existir una posibilidad manifiesta de que los vehículos irruman accidentalmente en el islote central no se dispongan en el interior del mismo elementos que puedan representar un obstáculo.

Entradas y salidas

La preferencia de los vehículos que circulan por la rotonda respecto aquellos que quieren incorporarse a ella hace que el tratamiento geométrico dado a las entradas sea diferente al de

las salidas y afecte al trazado de las vías que confluyen en la intersección en las proximidades de ésta.

Se llama entrada a la zona de la vía que desemboca en la intersección y que esta separada de ésta por la línea de *Ceda el paso*. Se diseñan de manera que los conductores que se aproximan a la rotonda tomen plena conciencia de la proximidad de la intersección y estén obligados a reducir la velocidad facilitando el cumplimiento de la regla de prioridad del anillo. Esto se consigue curvando la entrada con radios pequeños (10-30 metros).

Por motivos de capacidad ninguna entrada debería tener mayor número de carriles que la calzada anular, en caso contrario podrían producirse colas en las entradas a pesar de no haber tráfico circulando por la calzada anular al que cederle el paso. Por otro lado se ha comprobado que se puede aumentar la capacidad de una entrada añadiéndole más carriles de los que la vía original dispone, esto se consigue mediante el abocinamiento de las entradas.

El diseño de las salidas es completamente diferente, ya que se pretende que la maniobra de abandono de la calzada anular sea lo más expeditiva posible y se realice en las mejores condiciones de seguridad posibles. Para ello hacen falta radios de salida mayores que los de las entradas, así como carriles de salida más anchos. El único inconveniente radica en la problemática que esto supone para los cruces de peatones, de ahí la importancia de conocer a priori los diferentes tráfico previstos, no solo de vehículos, también de peatones, ya que este último puede llegar a influir determinadamente en el diseño de la rotonda. Las salidas también tienen forma abocinada que permita una transición cómoda y segura entre el ancho de la salida y el ancho de la vía.

Isletas deflectoras

Situadas en el punto de unión entre los brazos de la rotonda (o ramas o ramales, que es el nombre que comúnmente se da a las vías que confluyen en la glorieta) acostumbran a tener forma triangular y separan los dos sentidos de circulación del ramal.

Las isletas deflectoras cumplen múltiples funciones: por un lado señalan la proximidad de la rotonda y generan una inflexión en las trayectorias de los vehículos entrantes (y salientes) induciendo a la reducción de la velocidad a la vez que éstos adoptan un ángulo de entrada adecuado con respecto a las trayectorias de circulación de la calzada anular.

Por otra parte las isletas sirven como refugio para el cruce de peatones y para la ubicación de señalización.

Por último también cumplen con la función de crear una separación entre una entrada y la salida inmediatamente anterior que permita que los conductores que desean entrar en la calzada anular tengan una visibilidad adecuada y puedan prever con la antelación suficiente que les permita incorporarse sin peligro si los vehículos que circulan por el interior de la rotonda la abandonan o no.

Señalización y balizamiento

La finalidad principal de la señalización es advertir de la proximidad de la rotonda, de las condiciones extraordinarias de circulación y prioridad que se dan en ella y la de orientar sobre

los posibles destinos o direcciones que se pueden tomar, además de balizar los islotes deflectores, el islote central y los límites de la rotonda.

A medida que un vehículo se aproxima a la rotonda la señalización dispuesta en el ramal debe indicarle como mínimo la proximidad de la intersección (mediante la señal P-4), la obligatoriedad de ceder el paso a los vehículos que circulan por la calzada anular mediante la disposición de una señal vertical de tipo R-1 y la correspondiente señal horizontal de CEDA EL PASO (en el caso de entradas con más de un carril se sitúa otra señal R-1 en la isleta deflectora). Es recomendable la ubicación de señales destinadas a reducir la velocidad de aproximación y la de carteles-esquema con los principales destinos indicados que sirvan de orientación y además ayuden a comprender el funcionamiento de la rotonda.

Las isletas deflectoras sirven también para la ubicación de otro tipo de señales como los carteles-flecha con indicación de destino o dirección de una salida. En el islote central se disponen señales verticales del tipo R-402 que indican el sentido giratorio que se debe seguir.

Es importante que la ubicación tanto en planta como en alzado garantice una correcta percepción por parte de los usuarios de la rotonda a la vez que no represente una molestia, bien por interferencias en la visibilidad, bien por el peligro de impacto.



Fig. 2.8: Señales P-4 (Peligro: glorieta), R-1 (ceda el paso) y R-402 (sentido giratorio obligado)

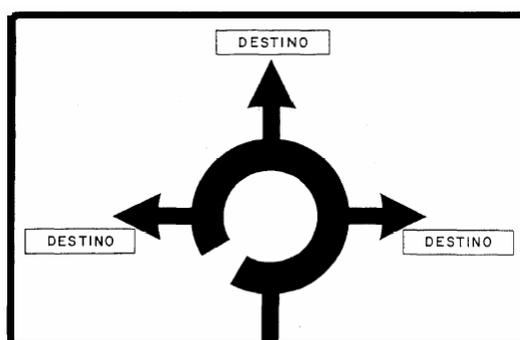


Fig. 2.9: Cartel-esquema en el que se indican las posibles direcciones.

Alumbrado

Es otro de los factores importantes a la hora de proyectar una rotonda y esta íntimamente ligado a la seguridad. Es básico para que de noche la intersección pueda distinguirse a distancia, además debe garantizar una buena visibilidad nocturna tanto en la calzada anular como en las entradas y salidas.

La glorieta representa una obstrucción para el tráfico, por ello es importante que el alumbrado público permita conocer la existencia de la rotonda. Por otro lado existe un peligro añadido que se debe a la geometría y el funcionamiento de la glorieta y es que la curvatura de la

calzada anular a menudo impide advertir la presencia de otros vehículos a través de sus propios faros.

Todavía resulta peor el caso de glorietas sin alumbrado público en zonas urbanas iluminadas, ya que los conductores que se aproximan a la intersección no pueden distinguirla ya que tiene como fondo la zona urbana iluminada, que se convierte en su referencia y su hito exclusivo de orientación.

Por los motivos de seguridad (existe peligro de impacto siempre que haya elementos rígidos dispuestos en el interior del islote central) es recomendable una instalación situada en el perímetro exterior de la rotonda, aunque en determinadas circunstancias puede ser necesario situar la instalación en el interior del islote central.

2.2.4 Comportamiento de los usuarios

La circulación en una rotonda moderna se basa en la prioridad de paso de los vehículos que circulan por el anillo ante los que pretenden entrar en ella procedentes de los accesos.

Señalizar la maniobra de salida con antelación debería ser un hábito entre todos los usuarios que redundaría en una mejora del funcionamiento de la rotonda al proporcionar información sobre la trayectoria del vehículo al resto de usuarios. Esta información es especialmente útil para los vehículos que se aproximan por la entrada inmediatamente siguiente a la salida señalada, pues están esperando un intervalo entre vehículos que les permita entrar en la calzada anular con seguridad.

Pero esta conducta no solo es beneficiosa para la seguridad de vehículos que entran en la rotonda, también lo es para los posibles peatones que desean cruzar por esa salida y que conociendo la maniobra que va a realizar el vehículo, prefieren esperar a que este pase. Además se mejora la fluidez del tráfico y disminuyen las esperas en las entradas a la vez que se aumenta la capacidad.

En las rotondas con más de un carril de entrada y en la calzada anular el uso adecuado de estos carriles también permite optimizar el funcionamiento de la rotonda y su capacidad de absorción de vehículos.

Ejemplos de buena práctica:



Fig. 2.10: giro a derechas.

Si el conductor tiene que tomar la salida situada inmediatamente a la derecha de su entrada:

-Debería acceder a la rotonda por el carril de la derecha.

-Dentro de la rotonda debería permanecer en el carril exterior y señalar la maniobra de salida con el intermitente de giro a la derecha.

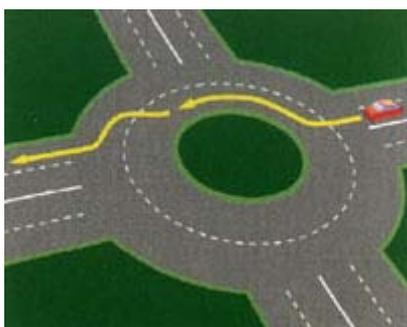


Fig. 2.11: sin cambio de dirección

Cuando desee continuar recto:

-Preferentemente acceder a la rotonda por el carril izquierdo (o central si hay tres carriles). En caso de estar colapsado también se puede utilizar el derecho.

-Una vez en la rotonda:

- Incorporarse al carril interno de la rotonda.
- Señalar con el intermitente derecho una vez superada la salida anterior a la escogida.
- Para salir de la rotonda, desplazarse al carril exterior sin obstaculizar a los vehículos que circulen por éste, entendiéndolo que tienen prioridad. En caso de tener dificultades es preferible dar una vuelta completa a la rotonda y salir con mayor seguridad.



Fig. 2.12: giro a izquierdas.

Cuando la salida se encuentre a la izquierda o se desee realizar un cambio de sentido:

-Acceder a la rotonda por el carril de la izquierda.

-Dentro de la rotonda:

- Incorporarse al carril interno de la rotonda.
- Mantenerse en el carril interno.
- Señalar con el intermitente derecho una vez superada la salida anterior a la escogida
- Para salir de la rotonda, desplazarse al carril exterior sin obstaculizar a los vehículos que circulen por éste, entendiéndolo que tienen prioridad. En caso de tener dificultades es preferible dar una vuelta completa a la rotonda y salir con mayor seguridad.

Entradas en doble circulación

Las entradas en doble circulación, es decir, la entrada de un vehículo a la calzada anular mientras otro vehículo circula por el carril interno de la misma sin que exista el intervalo suficiente entre ambos, sólo pueden darse en glorietas de dos o más carriles.

Este fenómeno es muy esporádico, normalmente llevado a cabo por vehículos que abandonan la glorieta en la siguiente salida y que, en general, aumenta la peligrosidad y la accidentalidad de este tipo de intersecciones (CETUR 1988).

Un estudio llevado a cabo sobre 12 glorietas en la Comunidad de Madrid (DE LA HOZ 1995), comprobó que este tipo de acciones no aportan un incremento significativo a la capacidad de la rotonda ya que las producen menos de un vehículo de cada mil de los entrados en glorietas con anillo de dos o más carriles, mientras que por el contrario sí repercuten en la conflictividad de la intersección, puesto que en un elevado porcentaje de ocasiones van acompañadas de situaciones de inseguridad.

Esperas en el interior del anillo

Este es otro comportamiento irregular que en ocasiones se observa en las glorietas. Consiste en que los vehículos que desean acceder a ella esperen parcial o totalmente dentro del anillo en lugar de hacerlo por detrás de la línea de Ceda el Paso como deberían.

Las motivaciones de este comportamiento pueden proceder tanto del propio diseño de la rotonda como de la personalidad del conductor implicado. De todas maneras para evitar este tipo de comportamientos se recomienda que las glorietas se diseñen con una correcta visibilidad desde la línea de Ceda el Paso, además se considera que las entradas tangentes al anillo o con un ángulo muy abierto y los anillos de circulación con más carriles que la entrada más amplia pueden favorecer este tipo de conductas (DE LA HOZ 1995).

Entradas con escaso intervalo

Son aquellas entradas a calzada anular que algunos vehículos realizan sin que los vehículos que circulan por ella lo hagan con un intervalo que permita la maniobra de incorporación en condiciones de seguridad¹⁰. Este tipo de situaciones suelen estar protagonizadas por vehículos pesados ya que al ser mucho más largos y tener menos capacidad de aceleración que los vehículos ligeros, necesitan un intervalo mucho mayor, que no siempre se da con la suficiente frecuencia.

Entradas en paralelo

Normalmente no producen situaciones de inseguridad, ya que los vehículos que realizan estas entradas suelen abandonar la glorieta por salidas diferentes, por lo que sus trayectorias no se cruzan.

Entradas en paralelo de más filas de vehículos que carriles en la entrada o en el anillo

Evidentemente este tipo de maniobras aumenta el riesgo de accidente, los vehículos no pueden circular correctamente a la vez, por lo que se producen frenazos y aceleraciones. Estas situaciones se dan sobretodo en rotondas congestionadas y en entradas con una entrada mal dimensionada (línea de Ceda el Paso demasiado ancha para el número de carriles de la entrada).

2.2.5 Clasificación

Se pueden establecer numerosísimas clasificaciones distintas en función del aspecto de la rotonda que se desee destacar, se enumeran unas cuantas:

En función del modo de explotación o de funcionamiento:

- Rotondas convencionales que funcionan por trenzado

¹⁰ En este caso no se entiende el intervalo entre dos vehículos de la misma manera que el intervalo crítico o “gap” que se utiliza en el cálculo de la capacidad. Aquí se interpreta como entradas con escaso intervalo aquellas que obligan a frenar a los vehículos que circulan por el anillo, con independencia del tiempo que los separa (De la Hoz 1995).

Son del mismo tipo que las primeras rotondas que se proyectaron en Gran Bretaña en la primera mitad del siglo XX, en las que no existía ninguna regla de prioridad, de manera que las incorporaciones se producen por trenzado entre los vehículos que entran y los que ya circulan por la intersección. Esto último exige que para que no se produzcan problemas de autobloqueo¹¹ las longitudes de trenzado deben ser suficientemente generosas, lo que lleva a que este tipo de rotondas tenga un tamaño considerable.

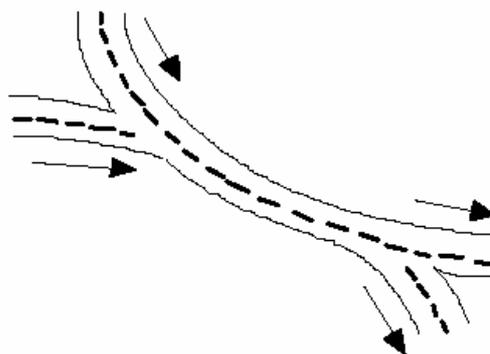


Fig. 2.13: carriles de trenzado.

- Rotondas convencionales con prioridad a la derecha (prioridad a las entradas)

Similares a las anteriores salvo en que se establece la norma genérica de prioridad a la derecha, lo que significa dar prioridad a los vehículos entrantes respecto a los que ya circulan por la calzada anular. El fenómeno del autobloqueo se acentúa por lo que las rotondas tienden a ser más grandes.

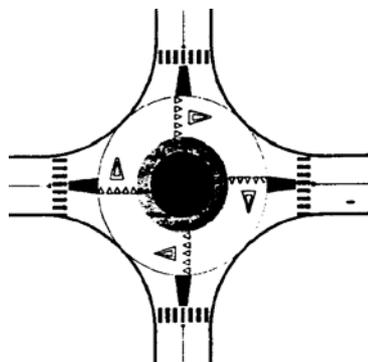


Fig.2.14: Esquema de rotonda con prioridad a las entradas.

Al igual que en el caso anterior este tipo de rotondas son cada vez menos frecuentes.

- Rotondas modernas con prioridad en el anillo

Concebidas como solución al problema del autobloqueo de las rotondas convencionales, la adopción de la regla de prioridad de los vehículos que circulan por la calzada anular frente aquellos que pretenden entrar en ella desde los ramales permitió reducir el tamaño de las rotondas, haciéndolas más compactas.

¹¹ Véase el apartado 2.1.3. “El autobloqueo y la saturación de las rotondas” de esta misma tesina.

Si a todo ello añadimos las nuevas soluciones de diseño destinadas a aumentar la capacidad y la seguridad vemos que, hasta la fecha, las rotondas explotadas de esta manera son las que más éxitos han cosechado, hasta el punto de llegar a convertirse en una solución demasiado estándar, a menudo implantada a la ligera.

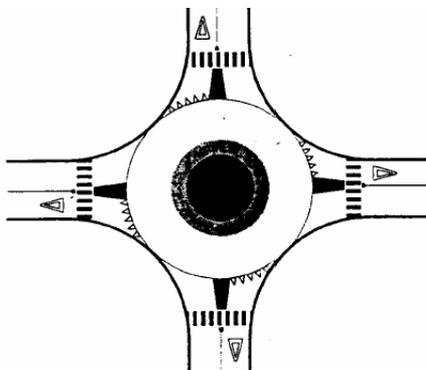


Fig. 2.15: Esquema de rotonda con prioridad al anillo.

- Rotondas convencionales con prioridad en el anillo

Son aquellas rotondas diseñadas para circular según el principio de trenzado (o con prioridad a las entradas) en las que posteriormente se ha instaurado la prioridad del anillo. Como consecuencia suelen tener grandes diámetros, por lo demás su funcionamiento es idéntico al de las rotondas modernas.

- Rotondas semaforizadas.

Las razones para la implantación de una rotonda controlada por semáforos pueden ser varias, pero en general este tipo de rotondas se encuentran en medio urbano y su semaforización guarda relación con las importantes cargas de tráfico que soportan.

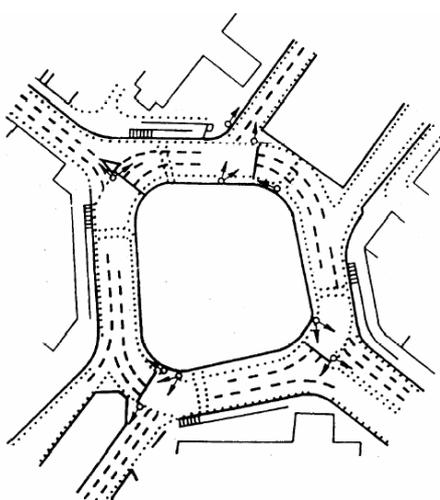


Fig. 2.16: Rotonda semaforizada

En efecto, una rotonda urbana puede sufrir periodos de punta durante los que un flujo dominante de un cierto movimiento impida la incorporación de los vehículos de las otras entradas a la calzada anular. El desequilibrio entre las entradas puede llegar a impedir la autorregulación propia de las glorietas llegando a producirse colas en algunas entradas cuyos

efectos se propaguen hacia atrás. Además este tipo de demoras suelen llevar asociados comportamientos temerarios provocados por la tensión o los nervios por la espera y que pueden acabar por convertirse en un accidente.

En zona urbana existe también un importante tráfico peatonal que también se convierte en usuario de la rotonda y por consiguiente debe ser tenido en cuenta a la hora de proyectarla a fin de garantizar su seguridad y evitar recorridos o esperas innecesarios.

También se puede desear que, por cuestiones de tiempo de recorrido o seguridad en la intersección, cierto tipo de vehículos de transporte público como autobuses o tranvías tengan prioridad en la incorporación a la calzada anular.

Por último también es posible que la rotonda se encuentre en una zona en la que interesa una cierta gestión del tráfico, incompatible con el funcionamiento de la rotonda a no ser que esté semaforizada.

Estos son sólo algunos aspectos de las rotondas en medio urbano que pueden ser solucionados mediante un sistema de señalización luminosa, pero hay que señalar que desde el momento en que se adopta un sistema de este tipo la rotonda deja de funcionar como tal para pasar a ser una intersección convencional entre dos vías de una sola dirección.

Según su geometría:

- Rotondas circulares

Son la gran mayoría de las rotondas. El islote central es un círculo y la calzada anular tiene una anchura constante, ello facilita la comprensión de la intersección por parte de los usuarios además de mejorar la circulación por la calzada anular (se puede mantener la trayectoria circular sin mover el volante de una posición de giro fija).

- Rotondas ovales o elípticas

Son aquellas que por diferentes motivos no pueden seguir una planta circular. Se recomienda que sean elipsoidales y que su excentricidad esté entre $\frac{3}{4}$ y 1.

- Rotondas partidas.

Son un tipo especial de intersección que se utiliza sobretodo entre vías con intensidades de tráfico muy diferentes. No se pueden considerar como rotondas ya que su funcionamiento es completamente diferente al de éstas, en realidad se asemejan más a una intersección convencional. A nivel geométrico la intersección es muy similar a una rotonda salvo por que la calzada de la carretera o vía principal atraviesa el islote central, partiéndolo en dos mitades. Así lo que podría parecer la calzada anular se encuentra interrumpida por la vía principal por la que los vehículos circulan sin pérdida de prioridad. La rotonda tan sólo es rodeada por los vehículos que desean realizar un giro a izquierdas y por los que circulan por la vía secundaria.

Su utilidad radica en que permite las mismas maniobras que la glorieta sin introducir cambios en la trayectoria de los vehículos que desean permanecer en la vía principal. Es por esto por lo que generalmente se ubican fuera de poblado para dar acceso a una carretera de menor

importancia a través de la principal, sin embargo también existen numerosas rotondas de este estilo en zonas urbanas y periurbanas, generalmente semaforizadas.

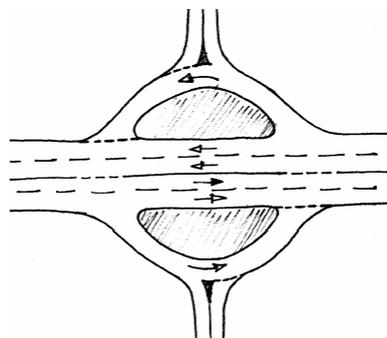


Fig. 2.17: Rotonda partida.

Como principal inconveniente hay que destacar que esta maniobrabilidad no es gratuita, para algunos movimientos es preciso cruzar la vía principal, por la que los vehículos circulan más frecuentemente y a mayores velocidades, con el peligro que ello supone, de ahí que una buena visibilidad y una correcta señalización sean de vital importancia.

- Rotondas dobles

Se utilizan cuando las vías que confluyen en la intersección están demasiado separadas o bien hay un obstáculo entre ellas (como un río, unas vías de ferrocarril o una carretera, por ejemplo).

La rotonda doble no es más que una adaptación del diseño en el que una rotonda que resultaría demasiado grande se transforma en un sistema de dos rotondas contiguas o unidas por un tramo común.

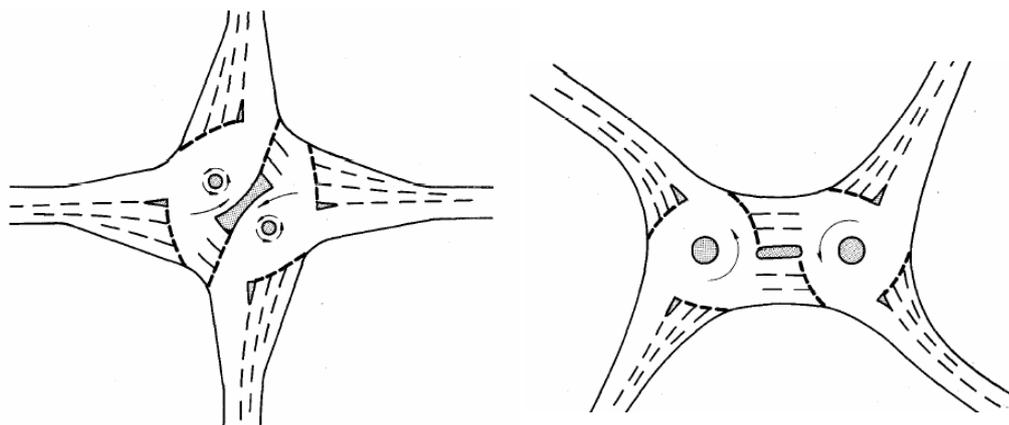


Fig. 2.18: Dos ejemplos de rotondas dobles.

Según los diámetros exterior e interior:

- Grandes rotondas

Son aquellas de diámetro interior muy superior a los 20 metros y diámetro exterior de más de 40 metros. En general son rotondas concebidas para funcionar según el principio del trenzado y que posteriormente han sido convertidas en rotondas modernas.

Existen ejemplos de implantación de rotondas de grandes dimensiones después de la entrada en vigor de la regla de prioridad del anillo. Se utilizan como intersecciones entre vías con elevada velocidad de circulación (en vías interurbanas o en rondas de poblaciones), o en intersecciones entre múltiples vías (caso urbano).

- Rotondas compactas

Son el tipo de glorieta más utilizado, su diámetro interior oscila entre los 4 y los 20 metros, mientras que el diámetro exterior no suele ser menor que 24 metros ni exceder de los 40.

En algunos casos el islote central puede ser franqueable en su periferia, pero nunca totalmente.

- Mini-rotondas

Su uso se da mayoritariamente en zonas fuertemente urbanizadas con edificaciones consolidadas, en las que el espacio disponible escasea. A menudo se utilizan para sustituir una intersección convencional.

Tienen un diámetro interior inferior a 4 metros y un diámetro exterior que no es mayor de 24 metros (comúnmente el diámetro de este tipo de glorietas oscila en torno a los 20 metros). Su islote central puede ser semi o completamente franqueable. Existen mini-rotondas con diámetros exteriores de 14 metros, pero no permiten el cambio de sentido a los vehículos largos.

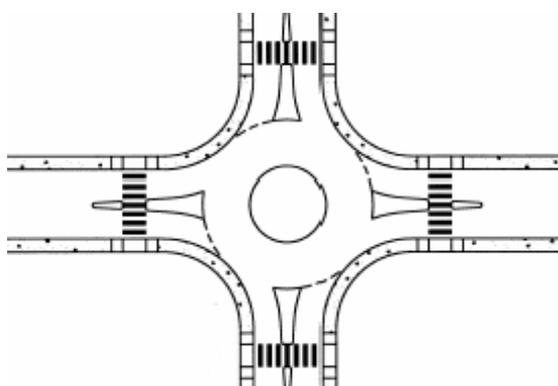


Fig. 2.19: Típica mini-rotonda.

A pesar de su reducido diámetro tienen una capacidad respetable, por el contrario exigen velocidades de circulación reducidas y suelen presentar dificultades para la maniobrabilidad de los vehículos largos a no ser que cuenten con una calzada anular muy amplia.

Según el contexto en el que se ubican:

- Rotondas urbanas

Se pueden encontrar rotondas en todo tipo de zonas urbana, desde las densamente pobladas como las ciudades, a las áreas residenciales o polígonos industriales.

Su característica principal es que las velocidades máximas permitidas en las vías que se cruzan en la intersección son del orden de los 50 km/h. Además se hallan sometidas a tráficos intensos, con periodos de punta muy marcados y con una gran presencia de tráfico peatonal. Pueden ser de cualquier tamaño.

- Rotondas suburbanas o periurbanas

Son rotondas que se ubican en vías de tráfico importante con velocidades elevadas y que normalmente cumplen la función de acceso o de circunvalación de una población o polígono industrial. Actividades que generan importantes volúmenes de desplazamiento como son centros de ocio o grandes superficies se suelen ubicar en las inmediaciones de intersecciones de este tipo, aprovechando las ventajas de accesibilidad que ello supone.

Normalmente son de gran diámetro o bien de tipo compacto pero nunca se utilizan mini-rotondas para este tipo de intersecciones.

- Rotondas fuera de poblado

Son rotondas, casi siempre de tipo compacto, que se utilizan para regular una intersección de tres o cuatro brazos entre dos vías interurbanas. La implantación de una rotonda soluciona los problemas de siniestralidad que se producen en estos puntos al imponer una reducción de velocidades a la vez que aumenta la atención de los conductores.

En la mayoría de casos estas rotondas están desprovistas de cualquier edificación en sus inmediaciones por lo que el tráfico peatonal es prácticamente inexistente.

- Rotondas a distinto nivel

Son glorietas cuyos brazos conectan con vías que cruzan la calzada anular a distinto nivel en uno o más tramos. La calzada anular puede encontrarse elevada (mediante pasos superiores o puentes) o deprimida (mediante pasos inferiores o cajones) respecto la o las vías que une.

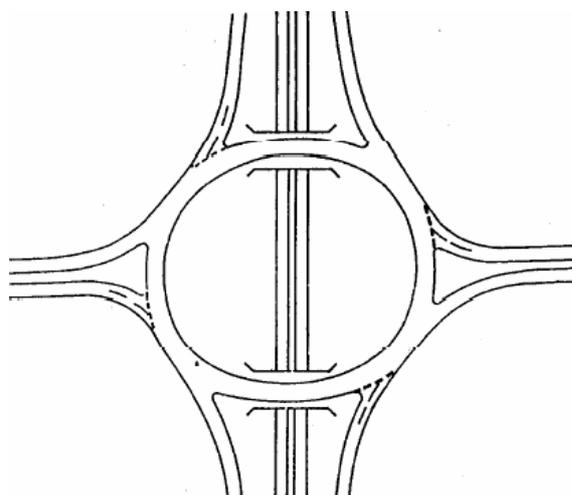


Fig. 2.20: Rotonda de dos puentes.

La más habitual es aquella en la que una vía principal pasa por debajo (o por encima, según el caso) de la calzada anular, situada a la misma cota que la vía secundaria. En esta configuración la vía principal mantiene la prioridad mientras que los accesos a la carretera

secundaria se producen por ramales de salida que conducen a la glorieta, y las entradas procedentes de la vía secundaria se incorporan a través de los ramales de salida de la glorieta.

Esta situación hace que desde el punto de vista de la vía principal las rotondas a distinto nivel se comporten como enlaces, permitiendo además el cambio de sentido, mientras que desde el punto de vista de la vía secundaria sigue tratándose de una intersección giratoria.

Un caso particular es el llamado enlace tipo pesa, a menudo considerado como un tipo de glorieta a distinto nivel, aunque más bien se trata de un caso particular de glorieta doble, a medio camino entre ésta y el enlace tipo diamante, en el que el tramo entre rotondas se cruza a distinto nivel con la vía principal de la que salen (y a la que llegan) algunos de los ramales de las glorietas.

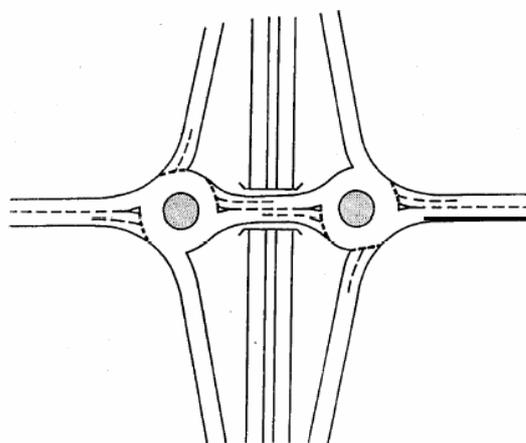


Fig. 2.21: Enlace tipo pesa, con dos rotondas.

2.3 Capacidad

El concepto de capacidad de una glorieta no puede entenderse de la misma manera que para el resto de intersecciones convencionales. Por lo menos no se puede hablar de “capacidad global de una glorieta” porque no existe una correspondencia unívoca entre la geometría de una rotonda y la capacidad global de la misma. Esto se debe a que el comportamiento de los usuarios y la distribución del tráfico influyen de manera determinante en dicha capacidad.

En efecto, supongamos que en una rotonda todos los vehículos abandonan la calzada anular por la salida inmediatamente posterior a la entrada que han utilizado, de esta manera todos los vehículos realizarían un sencillo giro a derechas sin que se produjeran interferencias en la calzada anular, con lo que alcanzaría una capacidad máxima igual a la suma de las capacidades de las entradas (o salidas según cual sea más restrictivo). Sin embargo es evidente que en el caso más real en que los vehículos abandonen la calzada anular por cualquiera de las salidas se producirían interferencias que implicarían una disminución de la capacidad respecto el caso anterior.

Aunque se pudiera cuantificar esta disminución de alguna manera, parece lógico que para cada distribución de tráfico exista una capacidad global de la rotonda. Además sabemos que

una misma rotonda admite un gran abanico de distribuciones de tráfico posibles, por lo tanto parece que hablar de la capacidad global de una glorieta no es de gran utilidad.

Cuando se abandona el modelo que asimila la calzada anular a carriles de trenzado y se pasa a considerar las entradas a la calzada anular como intersecciones en “T”¹² los cálculos de la capacidad se reorientan en la búsqueda de fórmulas que determinen la capacidad de cada una de estas intersecciones en “T” en las que se puede descomponer la glorieta.

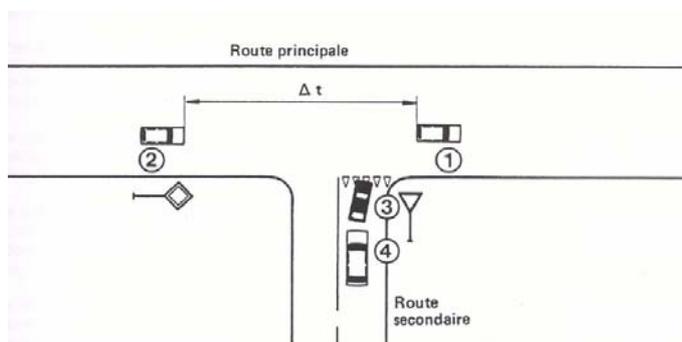


Fig. 2.22: Funcionamiento de una rotonda como intersección en “T”.

Para modelizar la nueva situación se parte de la premisa de que en cada intersección (en cada entrada) se deben tener en cuenta dos tráficos interrelacionados: por un lado el tráfico circulante por la calzada anular y, por otro, el tráfico entrante. La relación entre ambos tráficos debe ser inversa ya que a medida que el tráfico circulante por el anillo crece, la capacidad de entrada de los vehículos en cada intersección (entrada) debe disminuir.

Todo ello lleva a sustituir el concepto de capacidad global de una glorieta por el de **capacidad de una entrada**, para cuyo cálculo se consideran sus características geométricas y el tráfico circulante por el anillo¹³.

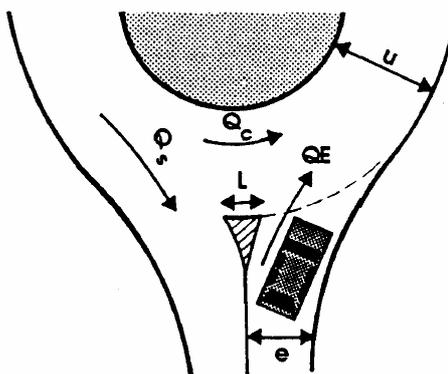


Fig. 2.23: La capacidad de una entrada depende de la geometría de la rotonda y del tráfico circulante.

¹² Modelo que, por otro lado, llevó a la reconsideración de las dimensiones de las rotondas.

¹³ A título informativo hay que añadir que se podría considerar la capacidad global de una rotonda como la suma de capacidades que se da cuando todas las entradas están saturadas. No obstante hay que recordar que cuando se alcanza la máxima capacidad, se produce un aumento del tiempo de espera medio debido a la aparición de colas en las entradas. Es por ello por lo que si se desea trabajar con valores de capacidad global de una intersección giratoria se recomienda utilizar lo que se denomina “capacidad práctica” que se suele tomar como un 80% de la capacidad total.

2.3.1 Estimación de la capacidad

Existen dos tipos de métodos para calcular la capacidad de las rotondas: los métodos empíricos y los métodos probabilistas. Los primeros se basan en el estudio y la observación de numerosas rotondas con sus ramales de acceso en condiciones de saturación (bien sea en el campo, bien en laboratorio de ensayos), y utilizan regresiones estadísticas a partir de los valores de los parámetros geométricos de las rotondas y los conteos de tráfico realizados para establecer las formulas que permiten estimar la capacidad de las rotondas.

Los métodos probabilistas tienen su base en los modelos de aceptación de “**intervalos**” desarrollados en Alemania que consideran que el flujo de tráfico anular (prioritario) está compuesto por vehículos que circulan dejando una cierta distancia entre ellos -intervalo- (generalmente aleatoria, pero que no baja de un valor mínimo) y que los vehículos en espera de entrar a la calzada anular lo hacen solo cuando este intervalo supera un cierto valor que se lo permite.

En función del método aplicado (empírico o probabilística) para calcular la capacidad de una entrada y según sea el origen de cada fórmula (autor, país, ámbito de aplicación, etc...) se tienen en cuenta unos parámetros u otros, así como los diferentes coeficientes que se aplican para calcular el valor de la capacidad de la entrada. Pero todos tienen en cuenta aspectos comunes que tienen una repercusión directa en el valor de ésta capacidad, como por ejemplo considerar el tráfico circulante por la calzada anular o la adopción de coeficientes de equivalencia entre vehículos.

Existen numerosas formulaciones que tratan de adaptarse a la realidad de las situaciones para las que han sido diseñadas y que cuando se aplican en las circunstancias adecuadas, se ajustan bastante a la realidad.

Tabla 2.1: Recapitulación no exhaustiva de los métodos de cálculo de la capacidad de las rotondas

ROTONDAS CONVENCIONALES	ROTONDAS CON PRIORIDAD EN EL ANILLO		FORMULAS UTILIZADAS EN LA ACTUALIDAD	
	VARIAS	CAPACIDAD DE UNA ENTRADA		
		PROBABILISTAS		EMPÍRICAS
HÉNARD (Fr. 1905) CLAYTON (GB. 1945 y 1955) WARDROP (GB. 1957) LEUTZBACH (RFA. 1967)	<u>Capacidad global :</u> BLACKMORE (GB. 1970) <u>Capacidad de una sección de trenzado:</u> WARDROP (GB. 1973) <i>formulación modificada</i>	TANNER (GB. 1962) HARDES (RFA. 1968) McDONALD y ARMITAGE (GB. 1974 y 1978) MÉTODO SUIZO (S. 1977)	Modelo de Harders modificado (F. 1986) CETE D'AIX FÓRMULA UNIFICADA DE KIMBER CETUR-86 SETRA-87	
		PHILBRICK (GB. 1977) GLEN. SUMMER y KIMBER (GB. 1978) KIMBER (GB. 1980) CETUR-86 (Fr. 1986) SETRA-87 (Fr. 1987)		

Fuente: ARAGAO, P.

Sin embargo existe una tendencia generalizada a asimilar ciegamente fórmulas que pueden no ser las más adecuadas para modelizar las situaciones que se darán en la realidad. Es el caso de la inclusión de fórmulas en las normativas de algunos países en los que la idiosincrasia de los conductores o el tipo de rotondas para las que se aplican estas formulaciones no tienen nada que ver con las del país de procedencia¹⁴, lo que lleva a la construcción de rotondas mal dimensionadas (por exceso o por defecto).

Parámetros influyentes en la capacidad de una entrada

La geometría de la entrada es un concepto muy amplio que abarca multitud de parámetros que influyen directamente en la capacidad. En la bibliografía consultada al respecto parece haber acuerdo sobre cuales son los más importantes:

- Número de carriles de entrada.
- Anchura de los carriles en la entrada (a mayor ancho, más capacidad).
- Ángulo de entrada (o ángulo entre las trayectorias de entrada y anular)
- Abocinamiento de la entrada (se pueden utilizar parámetros derivados como la longitud efectiva del abocinamiento o la agudeza del mismo).
- Anchura de la vía de acceso.
- Radio de la entrada.
- Características de la calzada anular (radio exterior, anchura del anillo, nº de carriles, etc...).

De ellos la anchura de los accesos, la anchura de la entrada y la longitud del abocinamiento son los más importantes. El diámetro del islote central también tiene un efecto significativo. Por último el radio de entrada y el ángulo entre trayectorias influyen en menor medida.

El tráfico de la calzada anular también tiene una repercusión importante en la capacidad de una entrada, pero no solo se debe considerar el tráfico que circula directamente por delante de ésta. Existe un porcentaje del tráfico que abandona la calzada anular por la salida inmediatamente anterior y que, de alguna manera, resulta “molesto” a la hora de que los vehículos entrantes realicen la maniobra de incorporación a la calzada anular lo que repercute negativamente en la capacidad de la entrada.

Pero además existen otros factores que influyen en la capacidad de una entrada. Es el caso de la presencia de vehículos pesados: éstos necesitan de un mayor intervalo de paso entre vehículos circulantes por la calzada anular para incorporarse a la misma con lo que si el número de estos vehículos es elevado la capacidad de la entrada se resiente.

El tráfico peatonal también es una variable que no puede ser obviada ya que, como es lógico, cuando el volumen de peatones que cruzan por delante de una entrada o por la salida inmediatamente posterior a ésta es importante, la capacidad de la entrada disminuye, bien sea porque los vehículos entrantes deben ceder el paso a los peatones y no pueden aprovechar todos los intervalos para incorporarse a la calzada anular, bien porque el importante flujo de peatones cruzando una salida haga que los vehículos que quieren abandonar la rotonda se

¹⁴ En las “Conclusiones de la observación de doce glorietas de la Comunidad de Madrid” (DE LA HOZ, C. Y POZUETA, J) se indica que la aplicación de la fórmula francesa del CETUR a las glorietas estudiadas arroja resultados de capacidades teóricas significativamente inferiores a las reales cuando éstas se hallan saturadas.

detengan antes de poder hacerlo llegando a colapsarla e impidiendo la entrada de los vehículos y la circulación por la calzada anular¹⁵.

Además influyen otros factores como los ambientales (falta de visibilidad de noche o por causa de la niebla, pavimento mojado por la lluvia,...) y los llamados psicosociales que engloban toda una serie de comportamientos de los usuarios (prudencia o temeridad, cortesía para con los peatones, aprovechamiento de los intervalos entre vehículos, etc...).

Capacidad global de una glorieta

A pesar de los argumentos en contra de la utilidad de obtener un valor de la capacidad global de una glorieta existe un caso en el que puede resultar interesante e incluso necesario conocer éste valor.

Cuando se desea implantar una glorieta de nueva construcción en una intersección (o modificar una glorieta existente) y se conoce la distribución de las intensidades de tráfico de todas las vías que llegan a ella (incluyendo los movimientos de giro) se puede realizar una modelización de la capacidad de la glorieta mediante un cálculo iterativo. De este modo se puede comprobar de antemano si la glorieta tendrá capacidad suficiente para absorber las cargas de tráfico.

Para ello se debe determinar la capacidad teórica de cada entrada en función de la intensidad de circulación anular que la corta. Luego se debe calcular la intensidad que aporta cada entrada que está condicionada por el tráfico anular que a su vez proviene de las entradas anteriores. Así pues se trata de predecir el equilibrio entre todas las intensidades de las entradas mediante un algoritmo que siga un proceso iterativo.

El proceso comienza asumiendo un tráfico nulo en un tramo de la calzada anular anterior a una entrada. Se debe tomar como intensidad de esta entrada al menor de dos valores: la capacidad de la entrada (calculada mediante la fórmula pertinente) o la intensidad de demanda. Esta intensidad de entrada, una vez restados los vehículos que abandonan la glorieta en la salida siguiente, se convierte en la intensidad de tráfico anular para la próxima entrada, cuya intensidad es igual al menor de los dos valores, intensidad de demanda o capacidad (calculada por la misma fórmula que la entrada anterior). Así se puede calcular el tráfico anular para la próxima entrada, y así sucesivamente a lo largo de toda la glorieta. Una vez completado todo un ciclo, se obtiene la intensidad de circulación anular para la primera entrada con lo que se puede determinar una intensidad de entrada revisada, que es el comienzo de la segunda iteración. Repitiendo todo el proceso y después de varias iteraciones, las intensidades de entrada de cada ramal tienden a converger hacia sus valores finales (MOPU, 1989).

Fórmulas para el cálculo de la capacidad utilizadas en la actualidad

En la elección de un método de cálculo que resulte apropiado para determinar la capacidad de una rotonda se deben tener en cuenta un par de consideraciones previas, y que son de vital

¹⁵ El investigador británico J.D. Griffiths desarrolló una fórmula que permite calcular la capacidad de una vía de circulación en función del tráfico de peatones que la cruza. Esta fórmula ha sido utilizada como base para calcular los efectos que un paso de peatones puede tener en la capacidad de una salida y en la de las entradas precedentes de una rotonda (ver ARAGAO, P. DE. p 58-60).

importancia para que los resultados que se obtengan sean acordes con lo que se puede esperar en la realidad:

- Las fórmulas empíricas se han obtenido a partir de observaciones y medidas de capacidad en rotondas construidas en países donde los principios y las directivas para su diseño pueden no ser las mismas que en otros países. Esto significa que la experiencia y los criterios de los ingenieros del país de origen de las fórmulas se traducen en disposiciones geométricas y otras particularidades que no tienen por que estar presentes en las rotondas proyectadas en otros países.
- El desarrollo de algunos métodos de cálculo y su validación ha sido efectuada en países en los que los automovilistas están acostumbrados a este tipo de intersección por lo que su comportamiento se encuentra, generalmente, adaptado a ellas. Esto influye en parámetros de ajuste como la longitud de los intervalos aceptados, el ralentizamiento a la entrada de la rotonda, respeto de las normas de prioridad, etc., que pueden influir en la validez de la fórmula se aplican en otros países menos acostumbrados a las glorietas.

- Fórmula de Harders adaptada a las rotondas por el “CETE d’Aix” (Centro de estudios técnicos de Aix, Francia)¹⁶

La fórmula de Harders sigue un modelo probabilista según los llamados **métodos de aceptación de intervalos** para estimar la capacidad de las intersecciones sin semaforizar basándose en una llegada aleatoria de los vehículos al punto de conflicto (según una distribución de Poisson). Harders considera un flujo principal y uno secundario que está a la espera de que se produzca un intervalo suficiente entre dos vehículos consecutivos del principal para unirse a éste. Para modelizar este comportamiento introduce los conceptos de **intervalo crítico** (intervalo mínimo entre dos vehículos del flujo principal para que un vehículo secundario situado justo tras la línea de ceda pueda incorporarse al flujo principal) e **intervalo complementario** (intervalo mínimo para que el segundo vehículo que está en espera pueda entrar en la intersección siguiendo inmediatamente al vehículo secundario que tenía delante y que ha encontrado un intervalo suficiente).

La aplicación de la fórmula original de Harders a las rotondas con prioridad al anillo ha resultado ser totalmente inadecuada. Ésta se corresponde con la capacidad teórica de una intersección en T para giros simples a la derecha con un intervalo crítico (t_c) de 5,2 seg y un intervalo complementario (t_f) de 2,7 seg y que considera que un 50% del tráfico saliente como molesto, valores todos ellos muy altos. En efecto, el porcentaje de tráfico molesto depende de la geometría del anillo de circulación y de la propia salida (a pesar de todo un 50% es un valor muy elevado), además los valores dados a los intervalos corresponden a los de una intersección en T perpendicular y no se adaptan a la geometría de las rotondas (con trayectorias de entrada más tangenciales).

Todo ello se traduce en una infravaloración de la capacidad de las rotondas. Por ello el CETE d’Aix propone una adaptación del método de Harders consistente en una elección juiciosa del valor de los parámetros intervalo crítico e intervalo mínimo en función del lugar de implantación de la rotonda y de las características del tráfico.

¹⁶ En el Apéndice 1 que acompaña a esta tesina se incluyen ésta y las siguientes fórmulas comentadas a continuación.

La propuesta del CETE d'Aix contempla un intervalo crítico de 4,5 seg. y 2,5 seg. para el secundario. Además en el caso de rotondas de dimensiones reducidas en un contexto urbano estos valores se pueden reducir hasta 4 y 2,3 seg. respectivamente (pero siempre teniendo cuidado de la presencia de peatones que tienen una influencia importante en la capacidad). Por el contrario en el caso de rotondas sub-urbanas o periurbanas la fuerte presencia de vehículos pesados puede llevar a aumentar estos valores hasta los 5 seg. para el intervalo crítico y 3 seg. para el secundario.

También establece unas correcciones para el tráfico circulante en función de las dimensiones de la rotonda (diámetro del islote central y anchura del anillo de circulación).

- Fórmula unificada de Kimber

Es fruto de la unificación de las fórmulas empíricas obtenidas por el TRRL inglés. El TRRL propone una relación lineal entre el flujo en la entrada y el flujo anular a la derecha de ésta.

La fórmula unificada de Kimber establecida en 1980 permite calcular la capacidad de una entrada de una rotonda¹⁷.

- Fórmula del SETRA para rotondas interurbanas

También se trata de fórmulas empíricas obtenidas a partir de numerosos ensayos realizados en Francia, en su mayoría en rotondas situadas en zona peri urbana o interurbana.

Al contrario que la fórmula de Kimber, ésta considera importante el tráfico saliente, pero tiene en cuenta menos características geométricas.

El SETRA (Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes) propone un método simple para el cálculo de la capacidad de una entrada que tan solo tiene en cuenta el tráfico molesto (que es una combinación del tráfico circulante y el tráfico saliente), la anchura de la entrada, de la isleta deflectora y del anillo de circulación, así como el tipo de vehículos para los que establece coeficientes de equivalencia. De todos estos parámetros el más importante es la anchura de la entrada.

Hay que señalar que pese a que la fórmula no incluye algunos parámetros como el abocinamiento o el ángulo de incidencia de la entrada esto no implica que no tengan repercusión en la capacidad.

2.4 Seguridad

En este apartado se engloban diversos aspectos bajo un mismo punto de vista, el de la seguridad de TODOS los usuarios de la rotonda ya que a menudo se tiende a concebir este tipo de intersecciones únicamente desde el punto de vista de los automóviles. Sin embargo existen otros tipos de usuarios que en ocasiones no son tenidos en cuenta, lo cual agrava su situación en materia de seguridad.

¹⁷ Hay que destacar que la fórmula unificada de Kimber no tiene en cuenta específicamente el efecto del tráfico saliente por un ramal para el cálculo de la capacidad de la entrada situada en el mismo ramal.

En el relativamente corto espacio de tiempo que llevan utilizándose, las rotondas (sobre todo las llamadas rotondas modernas o regidas por la prioridad de la calzada anular) han demostrado su superioridad en cuanto al nivel de seguridad respecto las intersecciones convencionales con o sin semaforizar¹⁸.

Esta reducción se debe, básicamente a cuatro motivos:

- La organización de la circulación en un único sentido giratorio entraña una reducción espectacular de los puntos de conflicto. No hay que olvidar que la mayoría de accidentes que se producen en las intersecciones se deben a maniobras relacionadas con los giros a la izquierda (que generalmente implican cruces de trayectorias –puntos de conflicto secantes–), maniobras que no tienen cabida en las intersecciones giratorias debido a la geometría y funcionamiento de las mismas. (Ver figura 2.1 y tabla 2.2.)
- La moderación de las velocidades impuesta, tanto en las entradas como en la calzada anular y en las salidas, que tiende a la homogeneización y que beneficia a los vehículos más lentos (como los camiones), muchas veces protagonistas de accidentes en las intersecciones convencionales.
- La pérdida de prioridad de todas las entradas (en efecto, al no priorizar ningún tráfico la rotonda acaba con todo tipo de jerarquía en las vías que confluyen en ella).
- Una mayor atención por parte de todos sus usuarios.

Tabla 2.2: Tipología de los conflictos entre trayectorias en intersecciones.

Tipo de intersección	3 brazos	4 brazos	5 brazos	6 brazos
Número de itinerarios	6	12	20	30
Conflictos por convergencia	3	4	5	6
Conflictos por divergencia	3	4	5	6
Conflictos secantes	3	16	50	120
Número total de conflictos	9	24	60	132

Fuente: HÉNARD

¹⁸ Avalan este comentario estudios realizados en varios países sobre intersecciones convertidas en rotondas. En ellos se muestra como el número de accidentes y el de víctimas mortales se reduce considerablemente tras la implantación del nuevo tipo de intersección. Se nombran a continuación los principales estudios llevados a cabo en :

- Holanda: C. Schoon y J. van Minnen, en “The Safety of Roundabouts in the Netherlands”, publicado por el Institute for Road Safety Research en 1992 estudian 181 rotondas que antes eran intersecciones y que presentan reducciones del 51% en el número de accidentes y del 72% en la gravedad de los mismos (estas cifras son menores en el caso de los ciclistas con reducciones del 44%).
- Australia: R.T. Tudge publicó en 1990 un estudio llamado “Accidents at Roundabouts in New South Wales” realizado sobre 230 rotondas australianas que presentaron una disminución del 41% en el número de accidentes, reduciéndose asimismo su gravedad.
- Alemania: Werner Brilon analizó en 1996 34 intersecciones convertidas en rotondas modernas. Los accidentes se habían reducido un 40%.
- Francia: El Centre D’Etudes Techniques de l’Equipement de l’Ouest realizó en 1986 un estudio sobre 83 rotondas que concluye destacando las mejoras que se obtienen en materia de seguridad al cambiar una intersección convencional por una rotonda, a la vez que indica que estas mejoras se ven incrementadas por la regla de prioridad del anillo.

Los principales factores que influyen en la seguridad global de una rotonda son la visibilidad y la velocidad, pero existen muchos otros factores (relacionados o no con estos dos) que deben ser considerados en el diseño¹⁹ (como por ejemplo la señalización).

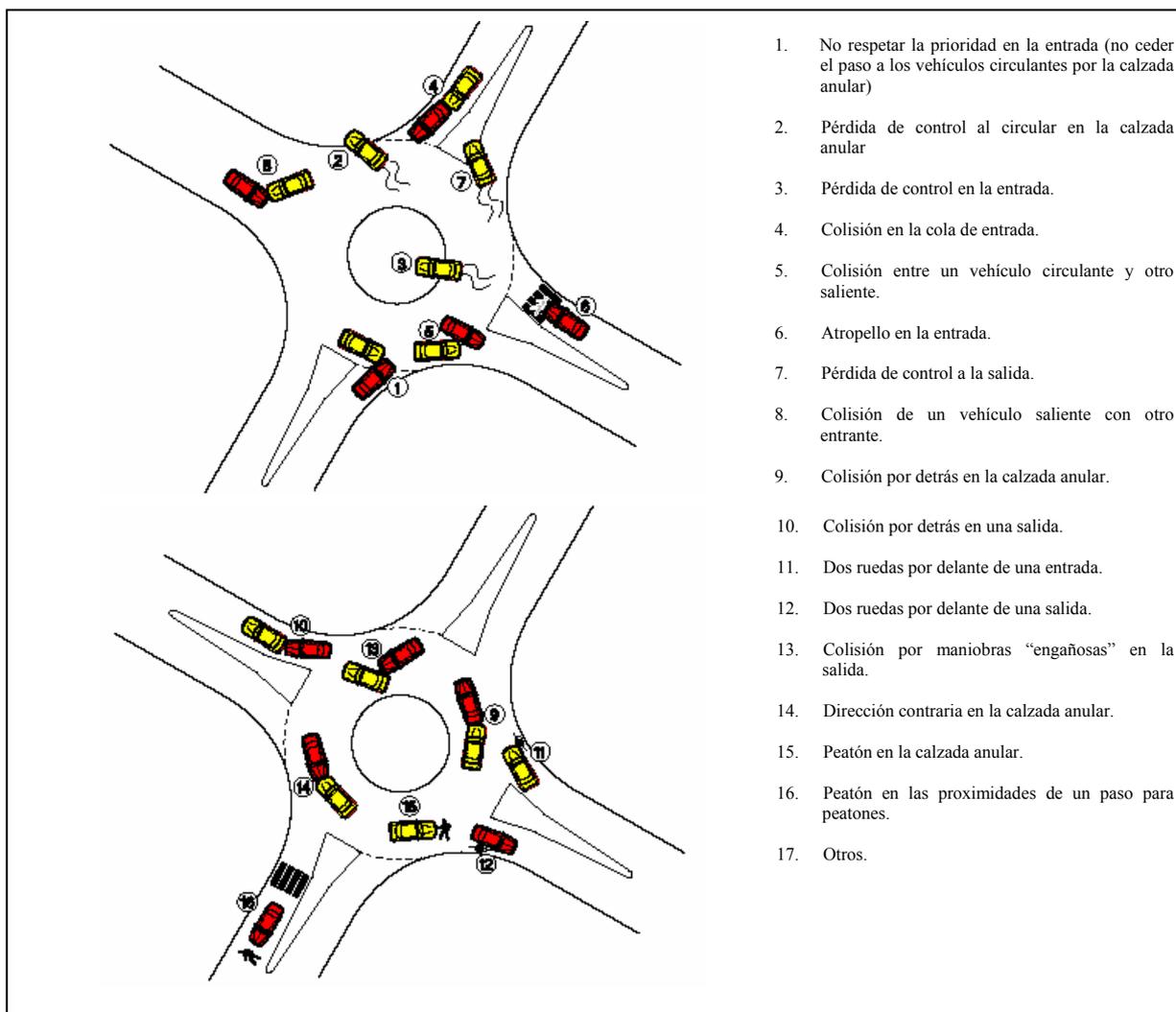


Fig. 2.24: Accidentes tipo en las rotondas. Fuente: Bared, J.G. K.Kennedy. "Safety Impacts of Modern Roundabouts" Capítulo 28, The Traffic Safety Toolbox: A Primer on Traffic Safety. Institute of Transportation Engineer. 2000.

2.4.1 Velocidad

El exceso de velocidad es una de las causas de accidentes más comunes. Cuanto mayor es la velocidad de un vehículo mayor será la distancia que necesita para detenerse por completo, no solo por la distancia de frenado, sino también por el espacio recorrido durante el tiempo de reacción.

Además como consecuencia del llamado efecto túnel, el campo visual de un conductor es más restringido cuando este circula a velocidades elevadas que cuando sigue una marcha más lenta.

¹⁹ En 1984 G. Maycock y R.D May publicaron a través del TRRL un informe titulado "Accidents at 4-arms roundabouts" en el que se analizan las causas de los accidentes que se producen en las rotondas.

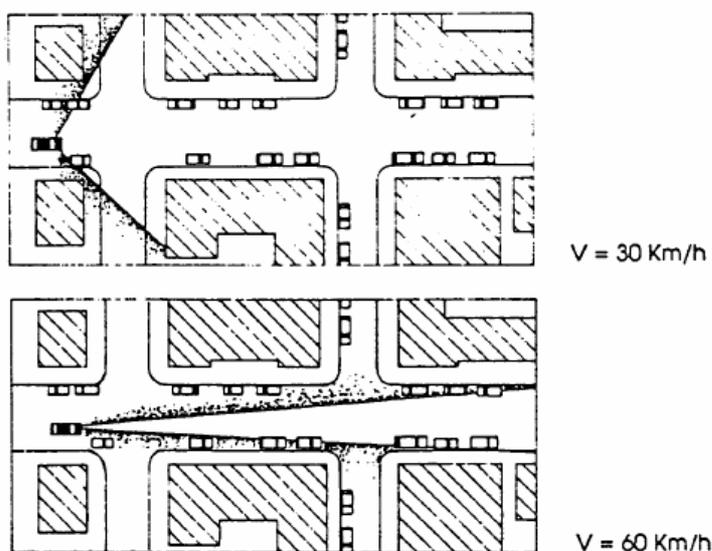


Fig. 2.25 Efecto túnel debido al aumento de la velocidad.

La gravedad de los accidentes también depende directamente de la velocidad de los vehículos implicados, y en el caso de atropellos la velocidad del vehículo juega un papel importantísimo en las consecuencias para el peatón (ver tabla 2.3).

Tabla 2.3: Consecuencias para un peatón atropellado, en función de la velocidad.

Velocidad del vehículo	Consecuencias para el peatón
0 – 20 Km/h	Contusiones leves
20 – 30 Km/h	Contusiones y lesiones sin gravedad
30 – 40 Km/h	Contusiones graves. Posibilidad de invalidez o muerte
40 – 55 Km/h	Invalidez. Con frecuencia casos mortales
+ de 55 Km/h	Casi siempre accidentes mortales

Fuente: Profesor Claude GOT, Institut de Reserches Ortopédiques de l'Hôpital R.Poicaré, en Garches (Hauts-de-Seine, Francia).

Las rotondas ejercen un efecto de reducción de la velocidad que se debe sobretodo a que sus características geométricas imponen una deflexión en las trayectorias.

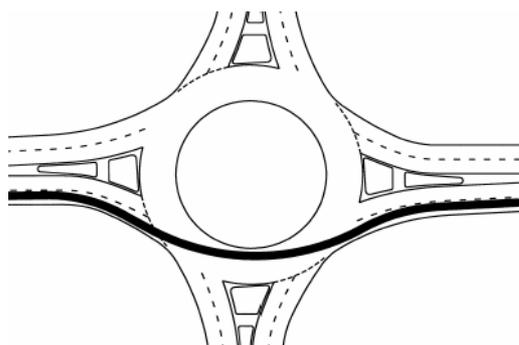


Fig. 2.26: Deflexión impuesta en las trayectorias

En efecto, la forma curva de las entradas, el radio de la calzada anular con el obstáculo que representa el islote central (que debe ser rodeado por los vehículos) y el contrarradio impuesto a la salida, son factores que obligan al conductor a modificar su trayectoria, no para evitar una colisión con otros vehículos sino por su propio instinto de seguridad que le impulsa a no salir de la vía de circulación y a esquivar los obstáculos.

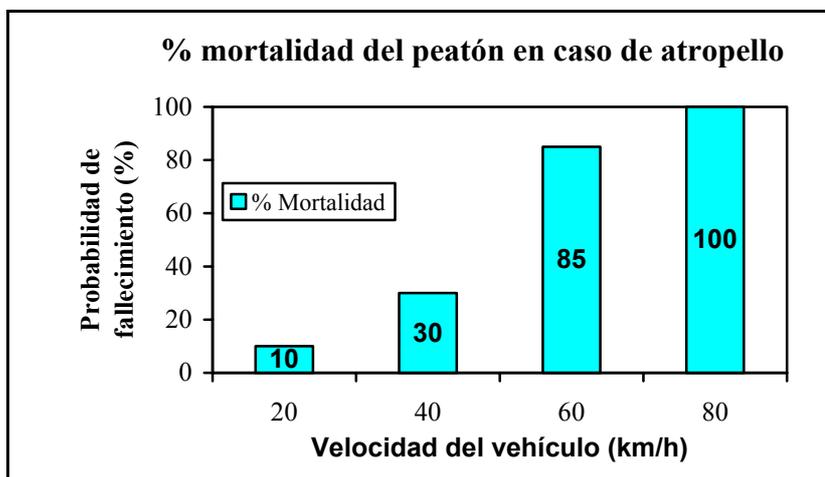


Fig. 2.27: Porcentaje de mortalidad en atropellos en función de la velocidad
Fuente: SANZ ALDUÁN, A.

La regla de prioridad en el anillo refuerza aún más esta reducción de la velocidad en la aproximación a las entradas pues los vehículos que se acercan a la intersección deben reducir su velocidad para controlar el tráfico que circula por la calzada anular y en caso de ser necesario, poder detenerse a tiempo para cederle el paso.

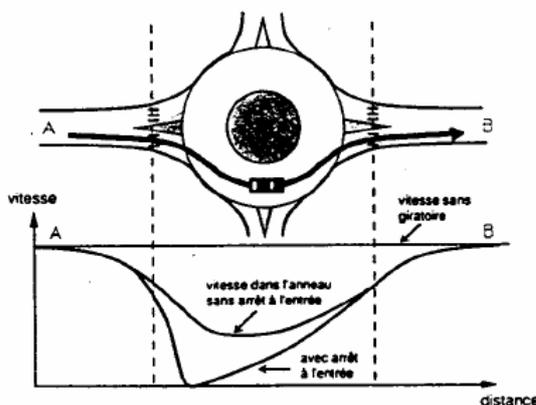


Fig. 2.28: Reducción de la velocidad a la entrada en una rotonda.

2.4.2 Visibilidad

La visibilidad es importante para la seguridad desde diferentes perspectivas. Por un lado es necesario que la rotonda sea reconocible a distancia suficiente de manera que los conductores puedan adecuar su velocidad. La rotonda debe ser visible tanto de día como de noche, por lo que un correcto alumbrado es fundamental para la visibilidad nocturna en la rotonda.

También es deseable que el tratamiento paisajístico del conjunto de la intersección contribuya a su reconocimiento como intersección giratoria desde una cierta distancia.

Por otro lado es de vital importancia que los vehículos que llegan a las entradas tengan visibilidad suficiente, tanto hacia la izquierda como hacia la derecha, para apreciar la presencia y las velocidades de los otros usuarios y maniobrar en consecuencia, por lo tanto se debe procurar que las plantaciones o el propio desarrollo de las edificaciones (en zona urbana) no actúen como obstáculos que limiten esta visibilidad.

En las zonas en las que exista tráfico peatonal se debe procurar que los pasos de peatones sean visibles por los vehículos que circulan por la calzada anular antes de realizar la maniobra de salida.

2.4.3 Facilidad de comprensión

La seguridad de una rotonda también depende en gran medida del grado de comprensión que sus usuarios adquieran sobre su funcionamiento. Es por ello que la búsqueda de soluciones o métodos que hagan más comprensible la intersección giratoria es un elemento clave en la seguridad de los que la utilizan.

Hoy en día utilizar una intersección giratoria ya no nos supone ninguna novedad pues la mayoría de conductores cree estar acostumbrado a ellas, sin embargo son frecuentes diversos tipos de comportamientos inadecuados que empeoran la seguridad²⁰, además durante los primeros días de uso de las rotondas de nueva construcción algunos conductores pueden desorientarse con relativa facilidad.

Es por eso por lo que es importante una correcta “legibilidad” de la intersección giratoria en tres niveles:

- Un primer nivel de comprensión del funcionamiento de las rotondas en general y del comportamiento que se debe seguir para realizar una maniobra en particular y que puede verse reforzado por la señalización, pero sobretodo mediante campañas de educación vial y concienciación de la población.
- El segundo nivel radica en la identificación de la intersección como giratoria que podríamos llamar de “percepción de aproximación”. Es trabajo del proyectista que a medida que los conductores se aproximen a una intersección se vea y se entienda si ésta es una rotonda para que así puedan adaptar su comportamiento y reducir la velocidad. Se consigue mediante señalización vertical y horizontal, iluminación, tratamiento paisajístico tanto del islote central como del entorno de la rotonda, y también mediante la corrección en el trazado no solo de la propia rotonda sino también de los accesos.
- Por último existe la comprensión particular o interna de la rotonda en concreto, su geometría y su funcionamiento así como los itinerarios posibles. Para ello el proyectista se sirve de la utilización de señales de orientación como carteles esquema y carteles flecha que sean simples y a la vez garanticen una comprensión instantánea de la información que contienen.²¹

²⁰ Ver el apartado 2.2.4 “comportamiento de los usuarios”.

²¹ Hay que recordar que se pretende mejorar la seguridad: si estos carteles no dieran una información clara e inmediatamente entendible podrían provocar la confusión de algunos conductores lo que aumenta el riesgo de accidente en la rotonda.

2.4.4 Medidas para acomodar tráfico especiales

A menudo se tiende a infravalorar la presencia de otro tipo de usuarios que no sean vehículos automóviles de cuatro ruedas con la incidencia que este hecho tiene en el diseño de las mismas. Sin embargo los problemas de seguridad asociados a vehículos de dos ruedas, peatones y vehículos largos o pesados no deben ser menospreciados ya que representan un elevado porcentaje de los accidentes acontecidos en este tipo de intersecciones a pesar de no ser el tipo de usuario más numeroso.

La problemática derivada de la presencia de peatones y ciclistas es más común en las áreas urbanas y periurbanas, por lo que me remito al capítulo de esta misma tesina dedicado a las rotondas urbanas, en el que se trata los problemas que provoca la presencia de este grupo de usuarios más débiles.

Evidentemente las rotondas interurbanas también son susceptibles de ser utilizadas por ciclistas y peatones. En esta situación se debe estudiar cada caso por separado ya que la solución que se debe aportar depende en gran medida de la continuidad o la discontinuidad en la llegada de automóviles a la intersección y del volumen de tráfico peatonal o de dos ruedas esperados.

Las medidas que se pueden tomar van desde no realizar ninguna actuación hasta la instalación de pasos a distinto nivel o semáforos que funcionan cuando son pulsados.

El caso de los vehículos pesados tiene otro tipo de influencia en la seguridad. En general, este tipo de vehículos es más lento que el resto por lo que se pueden producir situaciones de inseguridad cuando éstos se incorporan al flujo anular con un intervalo ajustado.

Sin embargo existe otro tipo de problema: el de los vehículos pesados que vuelcan o pierden su carga en glorietas. Aún no se ha hallado una relación clara de estas situaciones con el diseño de las rotondas. Mientras que los accidentes con víctimas para este tipo de vehículo son escasos, son mucho más frecuentes los accidentes con sólo daños a terceros. La pérdida de la carga causa frecuentemente gran congestión, demoras y gastos de limpieza, especialmente en las intersecciones más importantes.

La experiencia²² demuestra que donde se presentan estos problemas se dan una o varias de las siguientes circunstancias:

- Inadecuada inflexión de entrada, que conduce a altas velocidades.
- Largos tramos rectos en la calzada anular, que conducen a curvas inesperadas y cerradas.
- Giros bruscos a la salida.
- Cambios bruscos en la pendiente transversal de la calzada anular.
- Contraperalte en la parte exterior de la calzada anular.

Para algunos tipos de vehículos se presentan estos problemas aun a bajas velocidades²³.

²² “Recomendaciones sobre Glorietas”. MOPU, Mayo de 1989.

²³ Han volcado vehículos articulados cuyo centro de gravedad estaba a más de 2,5 m del suelo, con radios de 20 m a una velocidad tan baja como 25 km/h.

3 POTENCIAL DE APLICACIÓN Y LIMITACIONES DE LAS ROTONDAS

3.1 Ventajas e inconvenientes de las rotondas

La generalización de la utilización de las rotondas en Europa sobretodo en los últimos 20 años obedece a las ventajas que ofrecen respecto otro tipo de soluciones a la hora de resolver determinados tipos de intersecciones.

La principal ventaja que ofrecen las glorietas es la versatilidad ya que pueden ser de utilidad para una gran variedad de objetivos y pueden adoptar innumerables configuraciones diferentes en función de la necesidad concreta de cada emplazamiento. En efecto, no solo pueden resultar útiles desde el punto de vista del tráfico, sino que se pueden abordar respondiendo a necesidades relacionadas con los costes de implantación o mantenimiento, la seguridad de los usuarios, el impacto ambiental o la búsqueda de plusvalías para las zonas colindantes. Su competitividad radica en las grandes posibilidades que ofrecen a cambio de un coste y una ocupación relativamente reducidos.

3.1.1 Tráfico

Como aspecto fundamental que la sitúa en una posición ventajosa respecto al resto de intersecciones hay que señalar que debido a su geometría y a su modo de funcionamiento la glorietta resuelve automáticamente todos los movimientos posibles en una intersección, incluidos los cambios de sentido y la rectificación de errores.

Además numerosos estudios realizados antes y después de la implantación de una rotonda han demostrado su superior capacidad frente al resto de intersecciones a nivel, incluida las semaforizadas y constatando una reducción del tiempo de espera en hora punta.

Sin embargo todo ello está supeditado a que las condiciones de implantación sean las adecuadas, ya que de no ser así, la rotonda podría revelarse como una mala solución para algunos casos concretos, llegándose a producir congestiones y retrasos como consecuencia de una decisión equivocada.

Como posibles inconvenientes hay que decir que las glorietas provocan la pérdida de prioridad en todas las vías que confluyen en ellas, imponen una reducción de las velocidades (y en algunos casos esperas que provocan un cierto retraso a todos los conductores aunque el tiempo medio de espera pueda resultar menor), además de evitar el establecimiento de jerarquías viarias.

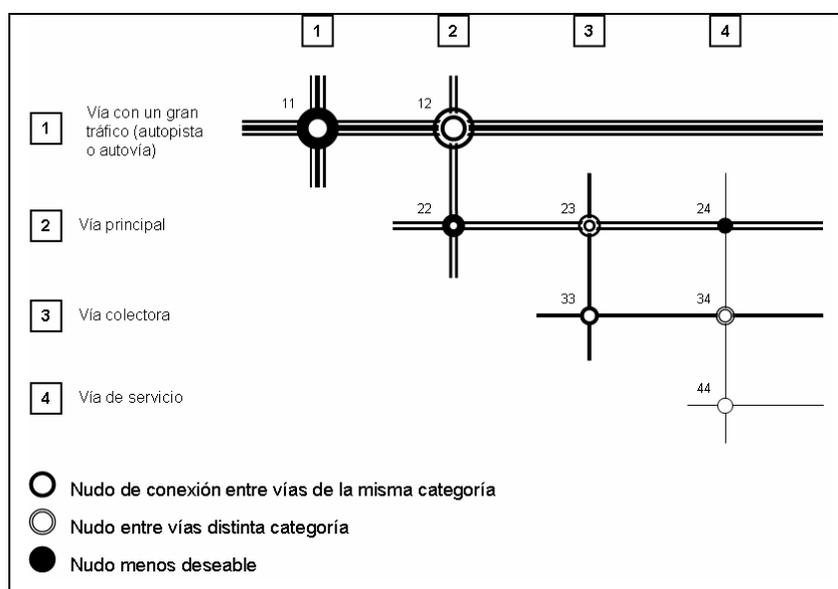


Fig. 3.1: Jerarquía de los nudos viarios. Fuente: "Guide Suisse des giratoires"

3.1.2 Comprensión por parte del usuario

La práctica totalidad de las glorietas tiene la misma estructura y funciona de la misma manera (con la prioridad al anillo) por lo que todas ellas responden a un esquema común y conocido que coloca a los conductores en una situación inmejorable para utilizarlas.

3.1.3 Coste

En este sentido resulta imposible pronunciarse, pues todo depende de la situación particular de cada implantación y del tipo de intersección con la que se le compare.

Se puede afirmar que los costes de mantenimiento y control son reducidos y que la ocupación de terreno es claramente inferior a la de los enlaces a distinto nivel y algo superior a la de las intersecciones convencionales (pero en muchos casos no resulta significativa ver figura 3.2)

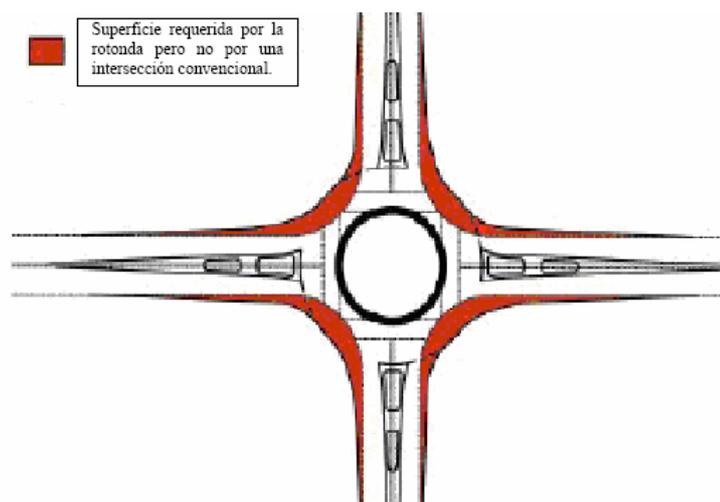


Fig. 3.2: Ocupación de una rotonda frente una intersección urbana

3.1.4 Flexibilidad

Se las considera como una solución “blanda” pues en general permiten la incorporación de nuevas vías, suponen una reserva de suelo que a veces permite la construcción de enlaces a distinto nivel en caso de que los tráficos aumentaran y por último siempre cabe la solución de semaforizarla para adaptarla a nuevas exigencias del tráfico (necesidad de regulaciones horarias o aumento del tráfico de peatones, por ejemplo).

3.1.5 Seguridad

Parece haber una coincidencia total en los resultados de las investigaciones llevadas a cabo en este campo y todas ellas apuntan en la misma dirección: las glorietas resultan claramente más seguras para los automovilistas que cualquier otro tipo de intersección, no solo en cuanto al número de accidentes sino también en la gravedad de éstos.

En cuanto a la seguridad de los peatones y vehículos de dos ruedas existen dudas acerca de la superior seguridad de las rotondas respecto otras intersecciones, sin embargo las recomendaciones de diseño cada vez inciden más y mejor en hallar soluciones para mejorar la seguridad de éstos usuarios.

3.1.6 Medioambiente

Las rotondas permiten un tratamiento paisajístico que no solo mejora la percepción de ésta por parte de los automovilistas sino que contribuye a mejorar el medio visual en el que se enmarca. Además las rotondas urbanas tienen la capacidad de producir un aumento de la calidad urbanística del medio adyacente.

Por otro lado reducen las emisiones de gases y el consumo de combustible a la vez que descienden los niveles de ruido.

Tabla 3.1: Ventajas e inconvenientes de las rotondas.

CRITERIO	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Seguridad	El nivel medio de seguridad es más alto que en una intersección convencional	En una rotonda de nueva implantación se pueden producir algunos accidentes motivados por la confusión de los conductores que no estén familiarizados con este tipo de intersecciones.
	La moderación de las velocidades contribuye a esta mayor seguridad	
	La integración del tráfico secundario al principal se realiza con más seguridad.	
Accidentes	Reducción del número y de la gravedad de los accidentes respecto las intersecciones convencionales	Aumento relativo de las colisiones por detrás
	Daños materiales menos importantes	
	Se evitan colisiones a 90°	
	No permiten el giro a la izquierda, que suele protagonizar los accidentes de consecuencias más graves	Aumento relativo de los accidentes por trayectorias convergentes
	Reducción de los puntos de conflicto en la intersección	
	Permite alejar los puntos de conflicto	
Eficacia	En general reducen el tiempo medio de espera	En general no son eficaces cuando las diferencias entre el tráfico principal y el secundario son mayores a un orden de magnitud
	Buena fluidez del tráfico en condiciones normales y con diferencias de tráfico no superiores a un orden de magnitud.	
	Facilitan los intercambios y giros sin que la fluidez del tráfico se resienta.	Pierden mucha eficacia cuando se hallan cerca de su máxima capacidad
	Son el único tipo de intersección que soluciona satisfactoriamente el cruce de más de cuatro ramas.	
Circulación	Se pueden realizar giros de 180°	Menor confort de los usuarios: pérdida de prioridad, deflexión de las trayectorias, reducción de la velocidad...
	Permiten corregir errores en la toma de decisiones sobre el itinerario	
	Facilitan (en la mayoría de casos los giros de los vehículos más largos.	
Tráfico	Capacidad de autorregulación	No permiten una gestión voluntaria del tráfico
	Su elevada capacidad permite disponer de una reserva para acomodar puntas de demanda, y evitar en muchos casos el recurso a la ordenación por semáforos.	
	Pueden utilizarse como una medida para “calmar” el tráfico.	
Peatones	Mayor seguridad en vías de doble sentido gracias al refugio que proporcionan las isletas deflectoras.	Aumento de la longitud de sus itinerarios
		Los cruces por zonas no destinadas a los peatones son más peligrosos
		Perdida de atención por parte de los conductores
		Los vehículos no suelen detenerse en los pasos de peatones lo que provoca un sentimiento de inseguridad por parte de los peatones
		Dificultades para las personas con problemas de visión
Ciclistas		Aumento de la longitud de sus itinerarios
		Perdida de atención por parte de los conductores

		Sentimiento de inseguridad por parte de los ciclistas A menudo, los ciclistas se comportan de manera indebida en la calzada anular, lo que aumenta el riesgo de accidente.
Estructuración del espacio	Mejora de la estructuración y puesta en valor del espacio circundante	Pérdida de la jerarquía de las vías más importantes.
	Posibilidad de introducir un cambio en el carácter de las vías que llegan.	En función del caso pueden ocupar un espacio ligeramente mayor que una intersección convencional.
Medioambiente	Disminución de la contaminación acústica	Mayor ocupación de suelo.
	Menor polución por emisión de gases	
	Posibilidad de tratamiento paisajístico	
	Menor impacto visual	
	Disminución del consumo de combustible	
Costes	En función del tamaño pueden ser más baratas que las intersecciones normales.	En función del tamaño pueden ser más caras que las intersecciones normales.
	Menos costes de mantenimiento	Mayor repercusión del coste del terreno.

Fuente: Elaboración propia

3.2 Ámbito de aplicación

Del análisis de su funcionamiento y de la experiencia internacional al respecto se deduce que el empleo de rotondas como una solución específica a la intersección entre dos o más vías es más eficaz en unas condiciones que en otras.

3.2.1 Generalidades

Las rotondas resultan especialmente indicadas cuando las intensidades de la circulación en los tramos que a ella acceden son del mismo orden de magnitud, o si los tráficlos de giro (bien a izquierdas con lo que debe rodearse casi toda la rotonda, bien a derechas en los que la calzada anular se abandona casi inmediatamente) predominan sobre los de paso.

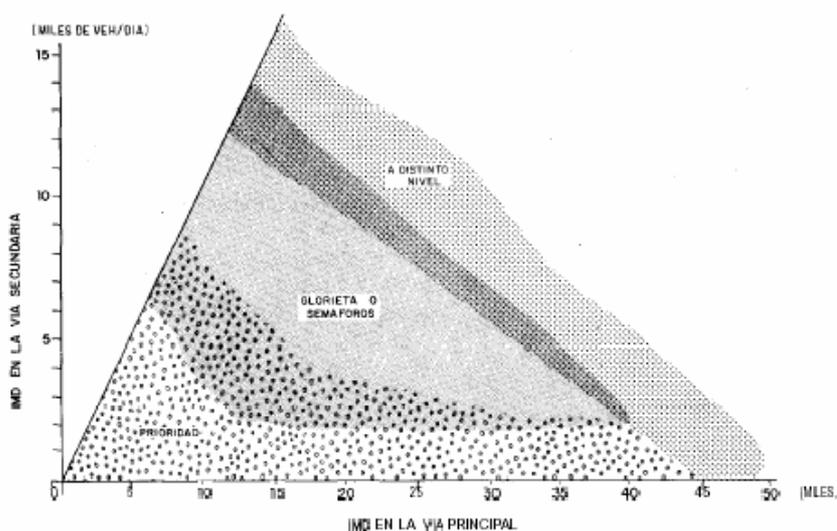


Fig. 3.3: Tipo de intersección apropiado según la intensidad de circulación en un nudo de tres ramas.
Fuente: MOPU "Recomendaciones sobre glorietas"

Por el contrario, si alguno de los movimientos de paso es predominante o existe una diferencia de uno o más ordenes de magnitud entre las intensidades de las ramas que acceden a la rotonda, no resulta conveniente la implantación de una glorieta ya que las demoras que impone no resultan justificadas.

Las glorietas, con la pérdida de prioridad que imponen a todas las vías que en ellas confluyen, son intersecciones muy adecuadas para marcar cambios en el régimen de circulación. En particular resultan muy útiles:

- Para realizar la transición del régimen de circulación de campo abierto al régimen urbano.
- Para conformar el punto de entrada a un núcleo urbano o a un área, sea ésta residencial, industrial o comercial.
- Como reductores de velocidad, en general.

Funcionan adecuadamente con muy diversas configuraciones (3, 4, 5 o más ramales), diferentes ángulos de entrada (resuelven ángulos de encuentro de todo tipo) y distintas localizaciones (a nivel, elevadas, etc) y a menudo son el único tipo de solución capaz de resolver geoméricamente una intersección.

Las glorietas experimentan problemas de funcionamiento y, en particular, de seguridad, con una presencia significativa de peatones, cuyos recorridos penalizan. Asimismo, se les considera peligrosas para los ciclistas. Por ello, los pasos de peatones y ciclistas por las glorietas, especialmente las urbanas, deben estudiarse con especial atención.

No se adaptan bien al régimen del tráfico semaforzado, es decir a la llegada de "emboladas" de vehículos. Resultan de muy difícil compatibilidad con los carriles de funcionamiento reversible o con las plataformas reservadas al transporte público además de plantear el problema de la localización de las paradas.

Tampoco resultan útiles en vías en las que se desee que los flujos de tráfico sean rápidos y sin interrupciones.

Las glorietas dobles y las glorietas a distinto nivel son de utilidad para resolver las intersecciones de autovías o autopistas con vías de la red principal y locales colectoras, en secciones constreñidas, particularmente cuando van en desmonte o elevadas.

Las intersecciones anulares, aunque exigen complejos sistemas de prioridad, se han mostrado eficaces en intersecciones con fuertes intensidades de circulación, aumentando la capacidad de las glorietas previamente existentes.

La regulación semafórica de las glorietas puede ser interesante para solucionar problemas concretos de congestión en hora punta, cuando la descompensación entre el tráfico de los ramales de acceso puede llegar a impedir el paso de la corriente minoritaria, volviendo posteriormente al funcionamiento automático sin regulación. Este tipo de regulación puede ser necesaria en áreas urbanas y en aquellas con importante tránsito de peatones.

3.2.2 Medio interurbano

Deben utilizarse con precaución ya que suponen una interrupción brusca del flujo de circulación e impiden la prioridad de una vía sobre las otras. Por todo ello resultan desaconsejables en aquellas vías en las que se desee mantener una circulación constante y a altas velocidades (evidentemente no deben ubicarse en autopistas ni autovías). Sin embargo han resultado de gran utilidad en la intersección de carreteras rurales de muy variada velocidad específica, contribuyendo a mejorar la seguridad de la intersección.

3.2.3 Medios suburbanos o periurbanos

De las ventajas y generalidades señaladas más arriba se deduce que las rotondas resultan especialmente indicadas para resolver intersecciones situadas en un ámbito periurbano que es un medio de transición en casi todos los sentidos: entre la carretera y la calle, entre la circulación continua y la discontinua, entre las velocidades elevadas y las reducidas y un ámbito en el que los aspectos ambientales y formales adquieren una mayor importancia.

La experiencia internacional ha servido para comprobar la eficacia de las rotondas en las intersecciones entre una carretera o vía de circunvalación y los accesos a una población, para actuar como distribuidor tras una salida de autovía o autopista, como punto final de una carretera de la red urbana, como puerta de entrada a una población o como distribuidor a la entrada de una zona industrial.

3.2.4 Medio urbano

Las glorietas con prioridad al anillo y sin regulación semafórica pueden ser de utilidad y resultar eficaces, bien como elementos distribuidores, bien como sistemas de gestión del tráfico y reducción de la velocidad, sobretudo en zonas residenciales. Sin embargo la presencia de fuertes tráfico peatonales o la existencia de intersecciones reguladas por semáforos en las proximidades pueden llegar a restarles eficacia o exigir su semaforización.

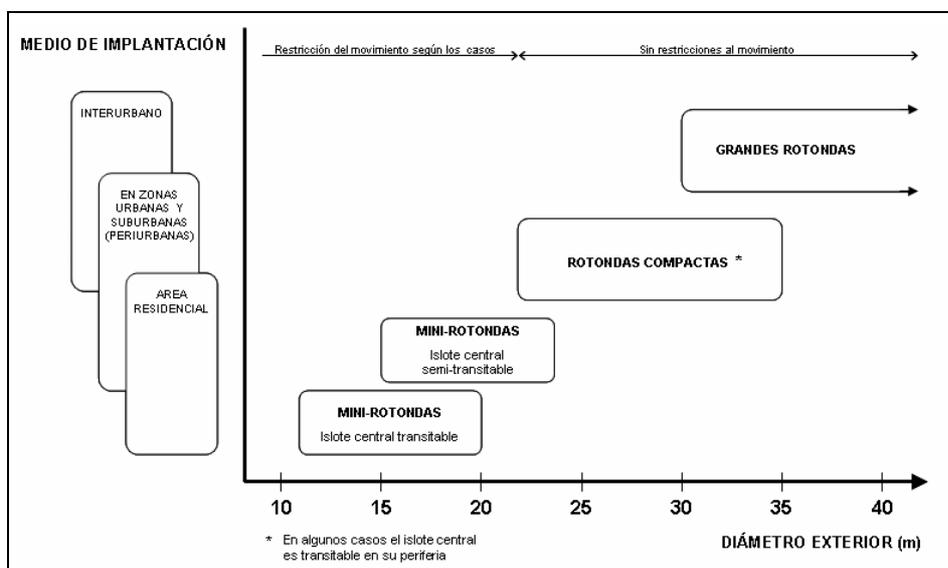


Fig. 3.4: Tipologías de rotondas en función del medio de implantación. Fuente: “Guide Suisse des giratoires”.

3.2.5 Resumen

Tabla 3.2

Criterios para la implantación de rotondas	
Circunstancias	Observaciones
En intersecciones en las que hay una importante proporción de giros a la izquierda.	En este caso la rotonda evita que se realice una de las maniobras más peligrosas según los especialistas en seguridad viaria.
En intersecciones de más de cuatro ramas	En ocasiones, la rotonda es la única solución posible.
En las intersecciones existentes en las que se detectan un gran número de accidentes por cruce de trayectorias i/o giros	
En los cruces de vías interurbanas o en medio rural en las que las velocidades son demasiado altas.	De esta manera se consigue reducir las velocidades sin necesidad de que los vehículos se detengan.
En los cruces de arterias urbanas o suburbanas en las que las velocidades son demasiado elevadas.	De la misma manera se evitan los accidentes, a menudo mortales, por saltarse un semáforo en rojo.
En las intersecciones en forma de "T" donde el tráfico principal gira a la derecha.	
En las intersecciones en que dos vías importantes se cruzan en forma de "Y" o "X".	
En nuevas implantaciones, cuando se prevé un fuerte volumen de vehículos y la distribución de los tráficos es incierta.	
En cruces en los que los volúmenes de tráfico de los distintos ejes son del mismo orden.	Así funciona mejor la autorregulación de la rotonda.
Para reducir la velocidad, "calmando" el tráfico a la entrada de una zona residencial.	
Cuando se desee introducir un cambio en la sección o en el carácter de una vía.	Por ejemplo a la entrada de una población.
Para mejorar la situación urbanística alrededor de una intersección existente en zonas urbanas.	
Cuando interese definir claramente un punto de intersección.	
Criterios para la no implantación de rotondas	
Circunstancias	Observaciones
En lugares en los que no haya espacio suficiente.	Según qué tipos de rotondas no necesitan demasiado espacio (p.e.: las miniglorietas) pero están condicionadas al tipo de vías y al lugar de implantación.
En las intersecciones en las que los volúmenes de tráfico estén desproporcionados.	En este caso la implantación de una rotonda podría agravar los problemas por la congestión de las vías con menor carga de tráfico.
En las intersecciones en las que haya que combinar un importante tráfico de vehículos con una fuerte presencia de tráfico peatonal.	
Cuando un sistema de señalización semafórica ofrezca mejores resultados que la solución rotonda.	
En intersecciones en las que sean necesarias vías reversibles.	
Cuando se desee regular el tráfico.	P.e.: para dar prioridad a los transportes públicos.
En zonas en las que exista una regularización semafórica.	Esta situación provoca la llegada de vehículos a la rotonda en forma de oleadas.
Cuando no se desea que las vías pierdan su jerarquía.	

Fuente: Elaboración propia

4 ROTONDAS URBANAS

4.1 Rotondas objeto de estudio

4.1.1 Concepto

Entendemos por rotonda urbana toda aquella intersección dotada de un obstáculo central, materialmente infranqueable y rodeado por una calzada anular con sentido de circulación giratorio a derechas sobre la que confluyen varias calles, que se rige por una especial regla de prioridad según la cual los vehículos que pretendan entrar en la calzada anular deben ceder el paso a los que ya se encuentran en ella.

En este estudio se han observado numerosas configuraciones reguladas por otro tipo de prioridad (por ejemplo mediante semáforos), que estrictamente hablando no son rotondas, pero sin embargo se han considerado susceptibles de análisis.

4.1.2 Ubicación

Una rotonda “urbana” puede encontrarse en diferentes situaciones y contextos: centro de población, en zona residencial (dispersa o compacta), en zonas industriales, a la entrada de una ciudad o pueblo, etc.

Según la situación sus características (dimensiones, tratamiento de las entradas y salidas, acondicionamiento paisajístico, etc.) pueden presentar aspectos más o menos urbanos:

- Rotonda a la entrada de una población:

La intersección señala el punto en el que se produce el cambio de medio, pasando del campo a la entrada en núcleo urbano. La rotonda sirve como hito para indicar a los conductores que están abandonando un tipo de medio por otro y sirve para recordar que se establece una diferencia también en el modo de circulación.

- Rotonda a la salida de una vía urbana segregada:

A menudo las travesías urbanas o las rondas de población (que se hallan segregadas con respecto a la malla urbana) utilizan rotondas situadas a distinto nivel en las entradas y salidas, creando una serie de nodos que “pinchan” en vías colectoras importantes permitiendo la conexión de éstas con el resto de la trama urbana.



Fig. 4.1: Vías segregadas de la trama urbana de una ciudad y nexo de unión tipo, en forma de rotonda.

- Rotonda en zona industrial:

En la entrada a una zona industrial volumen de circulación que se aproxima a la rotonda procedente de las vías de largo recorrido suele ser muy importante (recoge una gran parte del tráfico de vehículos ligeros y pesados de todo el polígono) y se produce a velocidades elevadas. Así el principal problema radica en conseguir una buena fluidez de tráfico a la vez que unas buenas condiciones de seguridad. Generalmente existe poco tráfico de peatones y ciclistas (exceptuando si la intersección se halla próxima a algún núcleo de atracción de este tipo de usuarios como centros comerciales).



Fig. 4.2: Diferentes tipos de rotondas en una zona industrial

Otro tipo de rotondas, más pequeñas, se establecen en las intersecciones entre calles menos importantes del polígono en función de la composición del tráfico y del deseo de regulación o no del mismo (Ver figura 4.2).

- Rotonda en ciudad entre vías de gran intensidad de tráfico:

La circulación general es importante, incluyendo peatones, ciclistas y ciclomotores, por lo que el diseño de la rotonda debe resultar de un compromiso entre una buena capacidad y seguridad para los usuarios más débiles. A su vez, se puede reforzar el carácter emblemático generando un espacio de calidad paisajística.

- Rotonda en ciudad (simple punto de giro):

La ordenación de la circulación precisa de una intersección giratoria. Esto puede ser debido a diversos motivos: los giros a izquierdas representen una parte importante del tráfico de la intersección, puede que no se desee una regulación semaforzada o bien que se quiera introducir un punto en el que se permita el cambio de sentido...



Fig. 4.3: Mini-rotonda en Palma de Mallorca.

- Rotonda en centro de ciudad (plaza):

En el centro de la ciudad la intersección se convierte en un lugar público que ordena el espacio circundante. La gente se puede reunir en terrazas alrededor de la calzada anular o bien en parques o plazas situados en el islote central. Los monumentos centrales refuerzan el urbanismo del lugar.



Fig. 4.4: Plaça Lluçmajor (Barcelona).

- Rotonda en zona urbanizada entre vías poco transitadas:

Al existir un reducido volumen de vehículos que circulan por la intersección, esta puede adoptar características que favorezcan a los peatones, como por ejemplo la reducción de la anchura de las entradas y salidas y de la calzada anular, e incluso, permitir el acceso al islote central (en el que se puede crear un espacio de ocio para los ciudadanos).

- Rotonda en zona residencial (barrio periférico o urbanización residencial):

Las rotondas situadas en las urbanizaciones residenciales permiten una regulación automática de la circulación en las intersecciones (no se necesitan semáforos) a la vez que proporcionan seguridad y tranquilidad a sus habitantes (las rotondas obligan a reducir la velocidad de los automóviles a la vez que reducen las emisiones de gases y ruidos).



Fig. 4.5: Rotondas en Vallirana (Barcelona), en zona urbana con la clara función de calmar el tráfico obligando a reducir las velocidades para así aumentar la seguridad.



Fig. 4.6: Diferencias entre dos rotondas en Vallirana (Barcelona), ambas en la misma zona residencial.

4.2 Características de las rotondas urbanas

4.2.1 Geometría

Es importante remarcar la diversidad de las tipologías de rotondas que se dan en el medio urbano, lo que se traduce en la imposibilidad de dictar una normativa específica que tenga en cuenta toda la casuística que abarca la elección de un determinado diseño y se recomienda que sea el proyectista, en cada caso, quien decida qué características deberá tener la nueva rotonda, siempre atendiendo a los condicionantes del lugar y a las necesidades específicas que debe resolver la nueva intersección.

Esto hace que todo lo que se expone a continuación tenga un carácter vago y/o superfluo ya que no son más que unas directrices a tener en cuenta y no una serie de normativas que se tiene que seguir a rajatabla.

Evidentemente las características de la nueva rotonda no serán las mismas para una intersección entre dos vías importantes de alta capacidad y en las que se circula a velocidades elevadas (que normalmente se encuentran en la entrada de un población o dando servicio a un polígono industrial y en la que los tipos de tráfico pueden ser de paso, de intercambio o local y además puede existir un importante porcentaje de vehículos pesados, mientras que las bicicletas y los peatones son relativamente escasos), que para una intersección en medio urbano sobre la que confluyen dos vías circuladas a velocidades reducidas, que se hallan principalmente en el centro de una población o en zonas residenciales.

En medio urbano, por ejemplo en la reconversión de una intersección convencional en giratoria, los condicionantes impuestos por el lugar (ocupación de espacio limitada, repartición de las ramas existente,...) autorizan una cierta permisividad en la elección de las características geométricas de la rotonda siempre y cuando tengan en cuenta a los peatones y ciclistas e induzcan a los automovilistas a respetar el régimen de prioridad y de circulación en la rotonda.

Islote central

En general se recomienda que sea de forma circular por razones de dominio y/o de interdistancia entre las diferentes ramas, o bien oval o elíptica siempre que su excentricidad sea moderada (se recomienda una relación entre el diámetro menor y el diámetro mayor superior a 0,75²⁴). De todos modos el islote central puede adoptar formas muy diversas como sucede en algunos casos de acondicionamientos como plaza o en situaciones que así lo exigían debido a la disposición de los ramales.

Un valor medio del tamaño del islote central es el comprendido entre los 20 y los 40 metros de diámetro. Para diámetros superiores a 40 metros la rotonda puede ser considerada como grande y del mismo modo rotondas con diámetros del islote central inferiores a 20 metros se pueden considerar pequeñas.

²⁴ Una excentricidad entre $\frac{3}{4}$ y 1 es preferible a una más marcada ya que de este modo los cambios de curvatura en la calzada anular no son tan bruscos y además las velocidades resultan ser más bajas. Sin embargo en los ejemplos estudiados se han detectado excentricidades cercanas a 0,5 en rotondas que funcionaban perfectamente.

La reducción del diámetro del islote central aporta una serie de ventajas que son a menudo determinantes:

- Menor ocupación del suelo y aportación de un mayor carácter urbano.
- Reducción en la distancia a recorrer por los peatones y ciclistas.
- Menor velocidad de los vehículos circulantes por el anillo, lo que redundará en una mayor seguridad para los peatones y ciclistas.
- Coste más bajo.

Mientras que los criterios que llevan a proyectar una rotonda con un diámetro mayor son:

- El desnivel de la intersección.
- Un importante número de ramales a empalmar.
- Una repartición molesta o desigual de los ramales.
- La decisión de establecer una actuación urbana que se salga de las escalas dimensionales corrientes.
- La voluntad de realizar un acondicionamiento monumental.
- Indirectamente un volumen de tráfico muy importante, ya que la fluidez del mismo dependerá no solo del número de carriles sino que por razones geométricas puede ser necesario un aumento del radio.

En la práctica no existe limitación inferior a la reducción del diámetro de un islote central, el único problema reside en que se debe mantener el espíritu de intersección giratoria y de circulación alrededor de un obstáculo central, cosa que no siempre resulta fácil ya que pequeños diámetros del islote central pueden inducir a trayectorias muy tangentes con lo que la reducción de velocidades no es efectiva.

El tratamiento paisajístico del islote central (plantaciones, esculturas, movimientos de tierras, etc...) permite mejorar la percepción lejana de la intersección.

A este respecto es importante señalar que cuando la velocidad de circulación de las vías es alta es peligroso implantar obstáculos rígidos o duros en el islote (por ejemplo árboles de tronco grueso y alto, columnas de iluminación, esculturas...) ya que uno de los accidentes más frecuentes en las rotondas es la pérdida de control del vehículo con invasión del islote central. Sin embargo este problema no es importante en medio urbano, donde las velocidades son bajas.

Sí resulta recomendable para las rotondas con islotes pequeños marcar la periferia del mismo con algún tipo de pintura o pavimento especial que lo diferencie del resto de la calzada anular pero a la vez sea transitable, de manera que los vehículos más largos puedan efectuar las maniobras de giro mientras que los usuarios de los vehículos ligeros perciban la imposición de un islote más grande con lo que se evitan las trayectorias directas.

Calzada anular

La elección del número de vías de la calzada anular se debe principalmente a:

- Al número de carriles de las vías a empalmar.
- Al tráfico.
- Al giro de los vehículos.
- A la decisión del acondicionamiento.

La anchura de la calzada anular será de:

- 5-6 metros para un solo carril²⁵.
- 8 metros es el óptimo para calzadas con dos carriles.
- 11-12 metros permite la utilización de tres carriles en el anillo.

Generalmente un aumento en la anchura de la calzada anular se debe traducir en un aumento de la capacidad general de la rotonda²⁶.

A pesar de que no es una práctica generalizada y algunas recomendaciones europeas no lo aprueban creo que es importante que se señale la separación longitudinal entre carriles de la calzada anular mediante líneas blancas discontinuas, así como los límites interior y exterior de la misma mediante línea blanca continua. De esta manera se consigue guiar a los vehículos evitando las trayectorias demasiado directas.

Peralte

Se recomienda un peralte del 2 al 3 % hacia el exterior de la calzada anular, de esta manera:

- Se mejora la percepción de la calzada anular.
- Se facilita el acuerdo con las calzadas de los ramales.
- Se evitan los cambios de peralte, a menudo molestos para los vehículos pesados.
- Se facilita el drenaje (es más sencillo recoger las aguas de lluvia en la periferia que en el centro del islote).

Perfil longitudinal

Preferiblemente debería ser llano, pero en función de la situación se deberá adaptar al perfil del terreno, eso sí, se recomienda encarecidamente que la calzada anular esté en un solo plano. En el caso extremo las pendientes y rampas de la calzada anular resultantes no deberían superar el 3%. De todos modos es prioritario un buen acuerdo entre la calzada anular y la de las vías que confluyen en ella por lo que se puede llegar a situaciones en las que el perfil longitudinal de la calzada anular sea más pendiente.

Ramales

Es preferible que se de una repartición regular entre los ramales entorno al anillo, mientras que se desaconseja que una entrada y la siguiente salida se encuentren muy próximas.

Es conveniente comprobar que una salida no se encuentra alineada directamente con una salida a fin de que el obstáculo central imponga una deflexión en la trayectoria reduciendo así la velocidad en la aproximación y en el interior de la intersección.

También es importante el aspecto paisajístico de los ramales en la aproximación a la rotonda ya que éste debe poner de manifiesto la existencia de la intersección (por ejemplo mediante la interrupción en la línea de vegetación situada en los márgenes).

²⁵ Excepto si se trata de una mini-rotonda, en cuyo caso se deberá contar con que el radio del islote central es muy pequeño y no permite el giro de vehículos largos, por lo que se tendrá que considerar un anillo más ancho.

²⁶ Es inútil diseñar una rotonda con dos carriles en el anillo de circulación cuando ninguna de las vías de acceso tiene más de un carril de entrada.

Entradas

El diseño de una entrada debe, por un lado, incitar a los usuarios a reducir la velocidad de aproximación a la rotonda y, por otro, permitir el paso del tráfico con una buena fluidez²⁷.

En la mayoría de los casos el eje de los ramales de acceso pasa por el centro de la rotonda o cerca de él, por eso se debe evitar que la entrada de vehículos se produzca demasiado tangencial al mismo y se debe inducir una deflexión en la trayectoria, no solo dentro de la calzada anular para reducir la velocidad, sino antes de entrar en ella ya que no solo se consigue una disminución en la velocidad de aproximación sino que se facilita la incorporación de los vehículos a la circulación giratoria.

A menudo se implantan isletas deflectoras para conseguir los efectos del párrafo anterior, además:

- Aseguran el guiado del vehículo.
- Incitan la reducción de velocidades en la aproximación y el respeto al régimen de prioridad.
- Señalan la aproximación a la intersección.
- Permiten el cruce de los peatones en dos tiempos.

Se recomienda que las entradas se produzcan en curva con un radio interior comprendido entre los 15 y los 20 metros, evitándose radios mayores, con esto se consigue que los vehículos entrantes reduzcan su velocidad a fin de ceder el paso a los que ya circulan por el anillo y, además también se facilita su incorporación a la calzada anular ya que esta se produce de manera tangencial.

El número de carriles en la entrada depende de:

- Las previsiones de tráfico
- El contexto de la intersección (condicionantes del lugar, tipo de vía, etc...)
- El perfil transversal del ramal en concreto.

Es preferible, siempre que los volúmenes de tráfico lo permitan, que las entradas tengan un solo carril, de esta manera se incita a los conductores a reducir la velocidad, facilitando a la vez el cruce de los peatones. Sin embargo muy a menudo las condiciones del tráfico obligan a disponer de mayor número de carriles en las entradas:

- En vías de más de un carril por sentido es conveniente mantener el mismo número de carriles en la entrada que en el resto del ramal.
- Cuando los tráficos son importantes o la entrada se halla próxima a la saturación resulta conveniente aplicar un abocinamiento en la entrada, aumentando el número de carriles con respecto a los del resto del ramal.

La anchura estándar de un carril de entrada se sitúa entre los 3 y los 4 metros (siendo preferibles los carriles de 4 metros, que garantizan una mayor capacidad de la entrada), aunque es posible que en ciertos casos se deban adoptar anchuras mayores en aras de permitir el giro de los vehículos más largos.

²⁷ Estos dos objetivos no siempre son compatibles.

Salidas

El diseño de las salidas debe permitir que los vehículos circulantes por el anillo puedan abandonarlo sin producir ninguna alteración en el resto de vehículos que circulan por el, todo esto también sin incitar a un aumento de la velocidad al abandonar la calzada anular.

Según la importancia del tráfico pueden realizarse salidas con uno o dos carriles, pero son extrañas las salidas con más de dos carriles de salida.

Los radios de salida suelen ser algo mayores que los de las entradas y están en el rango comprendido entre los 20 y los 30 metros, dependiendo de las características del lugar, el volumen del tráfico de peatones y el de vehículos largos²⁸.

La anchura aconsejada para una salida de un solo carril es de 5 metros en el punto en que se abandona la calzada anular, pero se recomienda que la salida también sea abocinada, creándose así una transición hacia la anchura definitiva del ramal (es absurdo mantener una anchura de 5 metros a lo largo de toda la salida). Para salidas con dos carriles puede ser suficiente una anchura de 8 a 9 metros.

Semáforos

Una intersección de geometría similar a la giratoria pero que esté regulada por semáforos no funciona como una rotonda y por lo tanto no puede ser considerada como tal²⁹.

La geometría de una intersección giratoria regulada por semáforos puede ser algo diferente a la de una rotonda convencional regulada por el sistema de prioridad al anillo. Ello se debe a que la capacidad de las entradas depende de factores algo diferentes. Cuando la rotonda está regulada por semáforos lo que prima es la capacidad de almacenamiento de vehículos en espera y la facilidad con la que éstos se incorpora a la calzada anular (fluidez) teniendo en cuenta que al estar semaforizada no deben esperar a que se produzca un intervalo entre vehículos, ni que tampoco tienen que reducir su velocidad de aproximación a la rotonda (siempre que el semáforo esté verde). Esto se manifiesta claramente en el diseño de las entradas que pueden estar ampliamente dimensionadas ya que autorizan las trayectorias directas sin imponer las restricciones de velocidad que se derivarían de la pérdida de prioridad.

La colocación de semáforos en una rotonda puede obedecer a diversos motivos, pero los tres más frecuentes son:

- Garantizar la posibilidad de entrada a los vehículos procedentes de ramales secundarios que se ven taponados por el paso continuado de vehículos por delante de sus entradas³⁰.
- Adaptar la intersección a una circulación acorde con el resto de la trama urbana, en la que se desea una gestión voluntaria de la circulación.
- Permitir el cruce de un gran volumen de peatones.

²⁸ Cuando el tráfico de peatones es importante se recomiendan radios pequeños, mientras que si la rotonda tiene un gran tamaño y el porcentaje de vehículos pesados es grande es mejor que la salida tenga un radio mayor (p.e. 40 metros).

²⁹ Ya hemos comentado en numerosas ocasiones que en el caso de estar regulada por semáforos, una intersección giratoria se convierte en una intersección en "T" semaforizada.

³⁰ En éste caso puede que la rotonda no esté bien diseñada o que ése no sea el lugar adecuado para ubicar una.

4.2.2 Capacidad de una rotonda urbana

En este apartado sólo se incluyen las rotondas que funcionan según la regla de prioridad al anillo. No se tienen en cuenta las rotondas que se hallan reguladas por semáforos (hay que recordar que las rotondas que funcionan según un régimen de prioridad al anillo evitan, en principio, el bloqueo de la intersección y, bajo ciertas condiciones, permiten capacidades globales iguales o mayores a las que ofrecería una intersección semaforizada o bien clásica, prioridad a la derecha).

Este régimen de prioridad presenta ciertos inconvenientes que se deben a la uniformidad relativa que proporciona a los diferentes tráficos que se presentan, ya sea en calidad (de paso, de cambio, local...), en cantidad (veh/h) o en tipología (turismos, dos ruedas, vehículos pesados). A su vez, la prioridad del anillo puede favorecer a los peatones, pero, igualmente, éstos pueden producir el bloqueo de los vehículos entrantes. Todo esto tiene una repercusión difícilmente cuantificable en el cálculo de la capacidad de una rotonda urbana.

Cálculo de la capacidad de una rotonda urbana³¹

- El método CETUR-86 (Francia)

El CETUR (Centre d'Etudes des Transports Urbains, ahora CERTU) propone un método simplificado para el cálculo de la capacidad de una entrada en una glorieta, preferiblemente en medio urbano, que se inspira en los estudios del CETE d'Aix.

Al parecer ésta es una fórmula particularmente bien adaptada a la estimación de la capacidad de las rotondas compactas con una sola vía de circulación por entrada y una anchura media de 8 m para el anillo de circulación³² (habitualmente utilizadas en medio urbano). Si las condiciones no se corresponden con estas hipótesis hace falta realizar unas transformaciones para convertirlas en una situación equivalente (p.e. calculando un tráfico circulante equivalente o “tráfico prioritario de referencia” y un tráfico entrante equivalente o “tráfico secundario de referencia”).

El método CETUR-86 consiste en una mejora de la tradicional **regla de los 1500** que indica que para que una entrada de una rotonda funcione correctamente la suma de los tráficos entrante y molesto debe ser inferior a 1500 vehículos ligeros por hora.

- Método Suizo (VSS 3/89):

Tras un análisis profundo, la guía suiza de las rotondas concluye que el tráfico saliente no tiene ningún efecto sobre la capacidad de la entrada de una rotonda urbana y se pronuncia por dos fórmulas lineales (la capacidad de la entrada es función únicamente del tráfico circulante por delante de dicha entrada).

³¹ Para un mayor detalle de estos métodos consultar el Apéndice “Fórmulas para la estimación de la capacidad” que acompaña a esta Tesina.

³² A pesar de que para anchuras del anillo alrededor de 8 metros es posible tener dos carriles de circulación en el anillo, no es común observar circulaciones en dos filas diferenciadas.

El campo de aplicación de este método se reduce a las rotondas urbanas compactas con diámetros exteriores comprendidos entre los 25 y los 40 metros y un solo carril en el anillo de circulación y dos supuestos (uno para cada fórmula): el primero en condiciones de tráfico y geometría estándar, y el segundo con tráfico elevado (más de 1000 veh/h) y/o entrada con una vía reservada para el transporte público o bien entrada abocinada pero sin subdivisión en más carriles de entrada.

El método propone factores de equivalencia para los distintos tipos de vehículos (y factores de corrección para adaptar la fórmula a otras geometrías, como por ejemplo entradas con dos carriles) y además permite calcular una primera aproximación sobre los tiempos de espera medios en la entrada.

Capacidad de una rotonda frente la de una intersección semaforizada

No existe un estudio sistemático avalado por conteos de tráfico suficientes que permita afirmar que las rotondas tienen mayor capacidad que una intersección semaforizada, cosa que probablemente no sea cierta o solo lo sea bajo ciertas circunstancias³³.

Pero en aquellas situaciones en que la solución rotonda está especialmente recomendada (ver capítulo 3 “Potencial de aplicación y limitaciones de la rotonda”) se podría aventurar que es superior, en capacidad, que la solución intersección semaforizada³⁴.

4.2.3 Medidas específicas para los peatones

Es de destacar que, a menudo, la decisión a la hora de determinar las características de una rotonda depende de la existencia de tráfico de peatones y del volumen del mismo. De hecho una rotonda es de por si (y por su propia geometría) un inconveniente para los peatones, a los que obliga a realizar desplazamientos más largos, sitúa en una posición de mayor inseguridad ante la salida de los vehículos y además inutiliza el espacio central de la intersección. Es por todo esto por lo que, desde el punto de vista del peatón, es preferible una intersección normal o regulada por semáforos antes que una intersección giratoria.

Antes de implantar una nueva rotonda se debe realizar un análisis de tráfico en el que también se incluya un diagnóstico del volumen del tráfico peatonal esperado, teniendo en cuenta:

- El entorno de la intersección.
- Polos generadores de desplazamientos peatonales (centros comerciales, equipamientos escolares o de ocio,...)

³³ Por ejemplo, podría creerse que una rotonda situada en un cruce en el que exista un fuerte tráfico de paso en los dos sentidos (hecho que suele suceder cuando la rotonda se inserta en un eje principal) no permitiría la incorporación de los tráficos secundarios. Sin embargo se ha comprobado que esto tan solo sucede cuando la rotonda se halla cerca de su máxima capacidad, mientras que funciona correctamente en circunstancias normales que justifiquen la presencia de la rotonda: tráfico secundario del mismo orden de magnitud que el principal y porcentajes relativos de giros a derechas e izquierdas.

³⁴ Se recomienda consultar los trabajos del investigador alemán Werner Brilon (*Der Kreisverkehr – eine vergessene Knotenpunktform – in Strassen, Verkehrstechnik*, FET 6/1984, p.208, 215), que comparó la capacidad de rotondas e intersecciones semaforizadas que ocupaban una misma superficie. Brilon llegó a la conclusión que para una intersección entre dos vías con una distribución simétrica de tráficos y con un porcentaje de giros a derechas del 20% y de giros a izquierdas del 10% o del 30%, los tiempos de espera en una rotonda (de uno o dos carriles por vía) son inferiores a los de una intersección semaforizada de las mismas características (bien sea de dos o de cuatro fases).

- Conteos del tráfico de peatones o previsión de la presencia de peatones en sectores de nueva construcción.
- Observación y reposición de los itinerarios seguidos por los peatones y que se ven afectados por la nueva rotonda.

Tener en cuenta la existencia de los peatones suele influir en la geometría de la rotonda, no solo en el tamaño de la misma ni en el diseño de las entradas a fin de reducir las velocidades de los vehículos sino también en la inclusión de acondicionamientos especiales para peatones. Éstos afectan generalmente al cruce de los ramales de acceso en las proximidades de la calzada anular y a los itinerarios alrededor de la misma. La calidad de estos acondicionamientos resulta importante para:

- que los peatones hagan uso de los mismos, lo que redundará en una mayor seguridad para ellos al utilizar itinerarios y espacios especialmente diseñados y protegidos.
- evitar invasiones de la calzada anular y el islote central.
- compensar el incremento en la distancia a recorrer.

4.2.4 Medidas específicas para los ciclistas

Del mismo modo que para los peatones se pueden establecer medidas que protejan el tráfico de bicicletas, que puede llegar a ser considerable en algunos puntos de los núcleos urbanos, sobretodo para dar continuidad a los “carriles bici”.

La medida más importante consiste en reservar un itinerario para bicicletas alrededor de la calzada anular y siempre por el exterior. Existen dos tipos de soluciones: una banda integrada en el exterior de la calzada anular y al mismo nivel que ésta y que solo se diferencia bien por líneas separadoras pintadas en el suelo, bien por un cambio en el color, en el material o en la textura del pavimento. La otra solución consiste en un carril paralelo a la calzada anular pero separado físicamente de ésta, bien mediante un bordillo rígido o bien por estar situado a distinto nivel.

Igual que sucedía para las medidas específicas para el tráfico peatonal se deben realizar estudios de tráfico de bicicletas para determinar la necesidad o no de efectuar medidas específicas para los vehículos de dos ruedas y la naturaleza de las mismas.

4.2.5 Tratamiento paisajístico

La especial particularidad de las rotondas y las implicaciones para el lugar en las que se sitúan, exigen que se considere un tratamiento específico para cada una de ellas cuya finalidad puede ser muy variada y cambia en función del contexto en el que se ubica la rotonda.

El tratamiento paisajístico refuerza la funcionalidad y la urbanidad del lugar:

- favorece la percepción de la intersección.
- permite señalar cambios en el espacio urbano.
- permite la coexistencia de diferentes usos y funciones en la rotonda y sus alrededores y la de distintos usuarios.
- crea puntos de referencia dentro de la población (señalando lugares importantes como cruces entre avenidas o la entrada al poblado).

- convierte la intersección en un lugar agradable y más atractivo para los ciudadanos.
- identifica un espacio público, pudiendo marcar una pérdida de linealidad, una frontera entre barrios, una puerta, un símbolo especial, una plaza...

5 EJEMPLOS DE ROTONDAS URBANAS

5.1 Situadas a las puertas de la ciudad

5.1.1 Plaça Espanya (Barcelona)

La historia de esta plaza sitúa sus orígenes en la exposición internacional celebrada en Barcelona en el año 1929. Su concepción sigue los principios expuestos por Eugene Hénard para solucionar la intersección entre los grandes Boulevards de París.



Fig. 5.1: Plaça d'Espanya en Barcelona.

Geometría:

Es una rotonda de grandes dimensiones en la que convergen 5 vías de distintas características pero de similar importancia.

En la actualidad, el fuerte tráfico que soporta y la importancia relativa que dentro de este tráfico tienen los peatones y los ciclistas ha llevado a la necesidad de semaforizarla, situando una línea de detención dentro del anillo de circulación antes de cada entrada. Con esto se consigue la coordinación entre tráficos y la adaptación de la rotonda al régimen de tráfico urbano de vehículos, que llegan a esta intersección a emboladas debido a la regulación semafórica de las vías que en ella convergen.

Las entradas y salidas se realizan siguiendo radios distintos, colaborando en la reducción de la velocidad en las entradas y a la expeditividad de la maniobra de salida. A ello también colaboran las isletas deflectoras, que se han adaptado creando descansos para el fuerte tráfico peatonal.

Es de un tamaño considerable (diámetro exterior: 105 m. diámetro del islote central: aprox. 70 m. anchura del anillo de circulación: aprox. 20 m. Número de carriles en el anillo de circulación: hasta 6)

Urbanismo y entorno

La Plaça d'Espanya se encuentra ubicada en el límite entre los barrios de l'Eixample y de Sants-Montjuic. Esta situación va más allá de la administrativa y queda patente con la simple observación de las tramas urbanas de ambos barrios. La división se produce mediante la calle Tarragona y la Avinguda del Paral·lel, actuando la rotonda como rótula entre estos dos ejes.

El hotel Plaza (edificio comprendido entre la calle Tarragona y la carretera de la Creu Coberta) y la esquina adyacente (entre la Carretera de la Creu Coberta y la Gran Vía) no cumplen el esquema de fachada en círculo concéntrico al de la plaza con lo que el entorno se ve desmejorado, sin embargo esta es una de las principales utilidades de las rotondas ya que permiten integrar distintos tejidos urbanos a través de las vías que confluyen en ellas.

El tráfico de vehículos más importante es el que sigue el eje de la Gran Vía y por lo tanto se ha construido un paso inferior directo para evitar los retrasos y acumulaciones que supondría el hecho de pasar por la rotonda.

Funciones

La Plaça d'Espanya, como sucede en la mayoría de las rotondas que veremos, no obedece a una única función. La principal, más allá de la de simple intersección, es la de crear un espacio de referencia que sirva como marco o como hito para la entrada al conjunto de la Feria de Barcelona, construido con motivo de la Exposición Internacional. La llegada desde las zonas "habitadas" al recinto Ferial de Montjuic, con la rotonda monumental al pie mismo de la montaña, provoca un efecto impactante al que contribuye la fuente construida por Jujol.

Sin embargo la rotonda también contribuye a la "causa urbana" con la función de bisagra o rótula entre la calle Tarragona y la Avinguda del Paral·lel (que como hemos dicho antes constituyen el límite entre dos barrios de estructuras completamente diferentes), a la vez que permite introducir un cambio de carácter entre la Avinguda del Paral·lel y su continuación natural en la carretera de la Creu Robertta.

5.1.2 Plaça Francesc Macià (Barcelona)

Del mismo modo que sucede con la Plaça d'Espanya, la Plaça Francesc Macià es una rotonda histórica, concebida en un momento del pasado en el que los criterios para la concepción de rotondas eran otros (y en el que sus funciones podían ser muy diferentes a las actuales), por lo que se ha tenido que ir adaptando a las nuevas necesidades de tráfico.

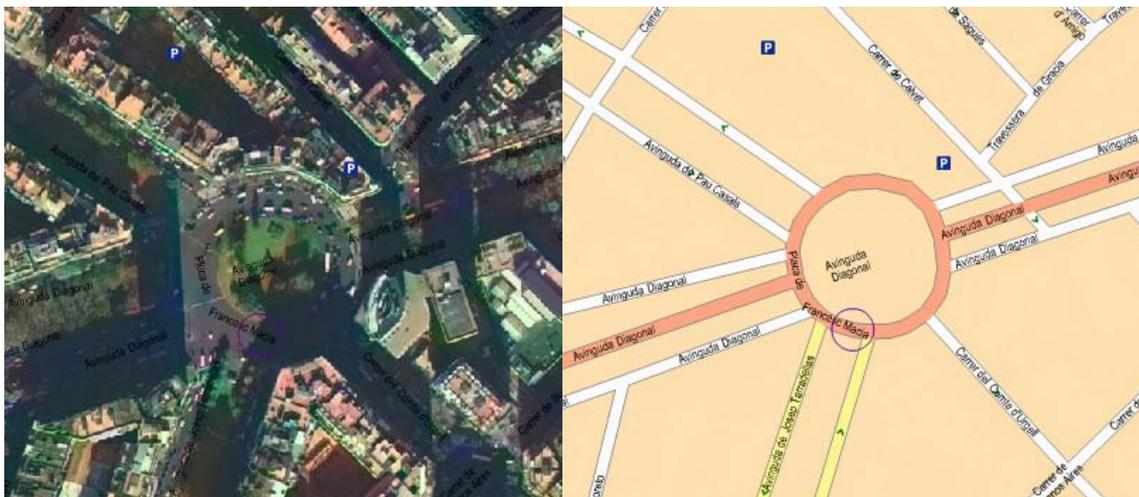


Fig. 5.2: Plaça Francesc Macià en Barcelona.

Geometria

También es una rotonda de gran tamaño (dimensiones aproximadas del diámetro exterior: 110 m. diámetro del islote central: 65 m. anchura del anillo de circulación: 22 m. Número de carriles en el anillo de circulación: hasta 5), proyectada según los criterios de la época (años 30) dictados por Hénard.

Las isletas deflectoras están pintadas en el suelo.

Es importante mencionar la banda ciclista que rodea la plaza por el sur (entre el anillo de circulación y la acera) y que da continuidad al carril bici que sigue el eje de la Diagonal).

Urbanismo y entorno

La plaza queda ubicada en el vértice en que coinciden los barrios de Les Corts, Sarrià-Sant Gervasi y l'Eixample, tres barrios con una estructura viaria diferente pero que se articulan entorno a la Diagonal y a la Avinguda de Josep Tarradelles, que representan los límites dos a dos entre barrios.

Además, la plaza sirve de inicio (o final, según se mire) de una vía colectora como la calle Urgell, el paseo que forma la Avinguda Josep Tarradelles³⁵ y el de la Avinguda de Pau Casals³⁶.

³⁵ que comunica directamente con la Estación de Sants y con la Plaza España a través de la calle Tarragona formando un grafo de conexión entre la Avinguda Diagonal y la Gran vía con nodos en las rotondas de Francesc Macià y la Plaça d'Espanya.

³⁶ Que lleva a los Jardines del poeta Eduard Marquina, en el Turó Parc.

El respeto a la forma curva de las fachadas de los edificios que rodean la plaza mejora la percepción de la misma en cuanto a su importancia y la convierte en un espacio público fuertemente demandado (del que los comercios han dado buena cuenta), que se ve mejorado por la actuación paisajística en el interior de la plaza, en línea de la frondosidad del arbolado de la Diagonal.

Funciones

La plaça Francesc Macià es un claro ejemplo de cómo una rotonda puede mejorar el entorno que la rodea, creando un espacio abierto y de mayor calidad que una intersección convencional. Evidentemente no son menos importantes otras funciones como la de intersección pura y dura o la de punto de coincidencia entre tres barrios con unas mallas viarias diferentes.

Este último es, sin duda, el principal aspecto que tenemos que tener en cuenta para su análisis ya que no se trata de un hecho casual. En el momento de construcción de la rotonda el barrio de Les Corts y el de Sarrià-Sant Gervasi no tenían la extensión que tienen actualmente y, seguramente, no habían llegado a juntarse con el barrio de l'Eixample con lo que, de este modo, la rotonda de Francesc Macià quedaba situada a las puertas de la ciudad de Barcelona de aquel momento.

Esto todavía queda patente en la configuración de la Diagonal a Oeste y Este de la plaza. En el tramo Oeste la Diagonal es más amplia y los tramos entre semáforos más largos (inconscientemente, pese a estar limitada a 50 Km/h, este tramo de la Diagonal parece invitar a un tipo de circulación más rápida, como una transición entre la velocidad de fuera de poblado a la de zona urbana). En el tramo Este, una vez pasada la plaza, la Diagonal se hace más angosta, pierde los carriles reversibles y los tramos entre semáforos son más cortos, además los edificios se hallan más cerca de la calzada, contribuyendo todo ello a una sensación más “urbana” y a la moderación de la velocidad.

El tratamiento paisajístico del islote central tiene en cuenta esta variación en la sección de la Diagonal a ambos lados de la plaza y fue diseñado específicamente para minimizar la sensación visual de la pérdida de la línea de arbolado.

Por último hay que señalar que entre la rotonda de Francesc Macià y la plaça de Jaume I (en el cruce con el Paseo de Gracia) los carriles centrales de la Diagonal se convierten en una vía prácticamente segregada y que no puede abandonarse más que en uno de los dos extremos, por lo que a las funciones anteriores hay que sumar la de espacio de distribución urbana.

5.1.3 Plaça de les Glòries (Barcelona)

La Plaça de les Glòries se ubica en la intersección tres de las vías más importantes de Barcelona: la Avinguda Diagonal, la Gran Vía de les Corts Catalanes y la Avinguda Meridiana, de modo que por su situación debería ser uno de los nodos urbanos más importantes de la ciudad.

La solución definitiva a la intersección es relativamente reciente, sin embargo ya en el Plan Macià (de 1934) se planteaba una intersección giratoria a nivel más un enlace a distinto nivel con carriles de conexión directos (Ver figura 5.4).



Fig. 5.3: Plaça de les Glòries en Barcelona.

Geometria

La plaza está estructurada de una forma muy peculiar, pues se trata de tres diferentes anillos de circulación (el interior es circular y los dos exteriores ovalados) conectados de manera que desde el anillo exterior se puede acceder al interior y de éste, a su vez, se puede acceder al intermedio y a un aparcamiento situado debajo (ver fotografías adjuntas).

Urbanismo y entorno

La segregación de las vías “rápidas” en altura y por el exterior de la rotonda (en lugar de por el interior como sugería el Plan Macià) y la utilización del espacio bajo estas para emplazar un aparcamiento cubierto, ha restado transparencia a la solución propuesta inicialmente, aislando totalmente el parque interior (de un uso escasísimo) y no ha contribuido a mejorar el entorno como se supone que una intervención urbana de estas características debería hacer.

El entorno más cercano a la rotonda se halla degradado, probablemente como consecuencia de haber perdido la condición de plaza para pasar a tratarse de un enlace de carreteras.

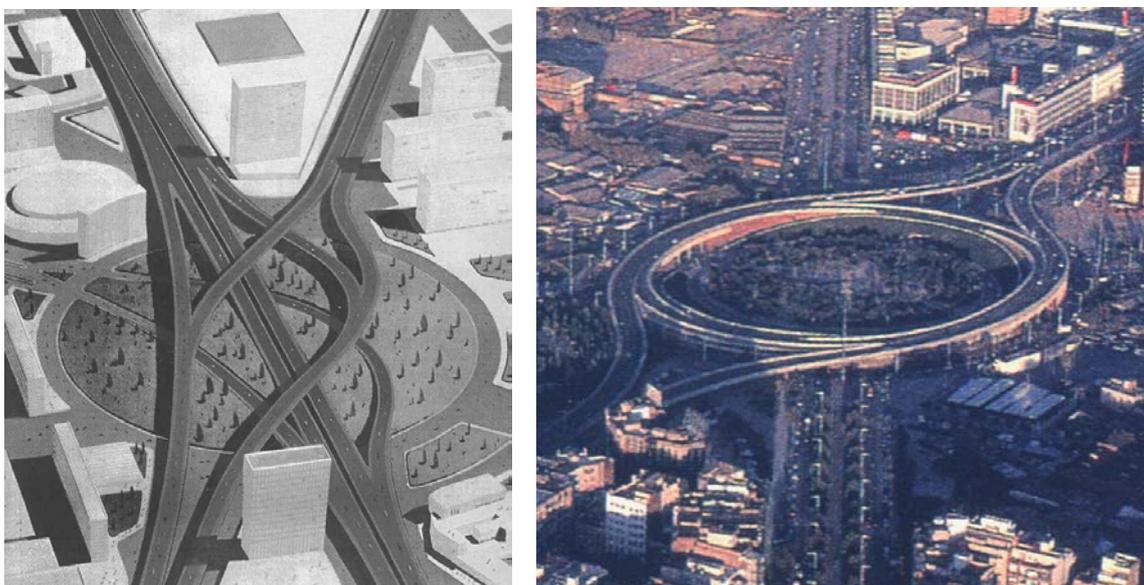


Fig. 5.4: Proyecto de la Plaça de les Glòries según el Plan Macià (1934) y fotografía actual.

Funciones

Sus dimensiones son extraordinarias para tratarse de una rotonda urbana y son más propias de un enlace viario. En realidad este concepto no está tan alejado de la realidad ya que en esta rotonda se agrupan dos tipos diferentes de tráfico: la circulación principal que se lleva a cabo siguiendo el eje de la Gran Vía a través del anillo intermedio y otra circulación, no menos importante³⁷, que se produce siguiendo el anillo exterior y que es la que actúa propiamente como rotonda.

Los problemas de tráfico que afectan al anillo exterior son patentes (sobretudo en hora punta) desde el momento de su inauguración, por ello la rotonda ya fue proyectada con semáforos, a pesar de lo cual sigue hallándose colapsado demasiado a menudo.

Por su situación su función debería ser la de lugar de referencia y espacio para la mejora de las condiciones urbanas de los alrededores (demasiado castigados por la confluencia de tres vías con volúmenes de tráfico tan importantes) además de servir como nodo de intercambio entre las vías que a ella concurren.

En realidad solo sirve como punto en el que se produce un cambio de carácter en una de las vías que acceden a ella, ya que la Gran Vía pasa de ser una importante arteria colectora a convertirse en travesía urbana, mientras que el resto de las funciones que se le suponen las realiza deficientemente.

5.1.4 Plaça Portal de la Pau (Barcelona)

Es la plaza que contiene el famoso monumento a Colón y que se encuentra al final de las Ramblas, dónde éstas llegan al mar. A partir de las Olimpiadas de Barcelona y la reconversión del “Port Vell” en una zona de ocio (lúdico-turístico) con la inauguración del centro comercial Maremagnum y el Aquarium de Barcelona y la construcción de la pasarela que comunica ambos con la plaza del Portal de la Pau, se incrementa todavía más el tráfico de peatones que, procedentes de las Ramblas, llegan hasta el mar.



Fig. 5.5: Plaça Portal de la Pau con el monumento a Colón, en Barcelona.

³⁷ Sobretudo ahora que se ha prolongado la Avinguda Diagonal hasta el mar, actuación englobada dentro de las obras del Fórum 2004 y que ha contribuido a dinamizar el distrito de Sant Martí.

Geometría

Tiene forma elíptica (radio mayor 60 m. radio menor 40 m. aprox.), pensada para facilitar el tráfico de paso del Passeig de Josep Carcer al Passeig de Colón y viceversa.

La rotonda se halla semaforizada, sobretodo para permitir el paso de los viandantes que procedentes del espacio central de la rambla, cruzan la plaza por el centro, pasando al lado del monumento-mirador. Este monumento es obra de Gaietà Buigas i Monravà que lo construyó en 1886, la estatua tiene 7 metros de altura. El conjunto del monumento alcanza los 51,30 m de altura, el Descubridor indica con su dedo índice la dirección de las Américas.

Urbanismo y entorno

Situada al final de la calle que probablemente soporte el mayor volumen de tráfico peatonal de Barcelona (quizás tan solo se le puedan comparar el del Portal de l'Àngel o el Passeig de Gràcia) y rodeada de edificios significativos (la Aduana de Barcelona, las Atarazanas y el Museo marítimo, la Delegación del Ministerio de Defensa o la Comandancia Militar además del edificio "las Golondrinas" del Puerto de Barcelona) el contexto en el que se encuentra la plaza sólo puede completarse con presencia del Mar a la espalda.

Vemos así como la rotonda está claramente ubicada en un entorno especial que hace que el lugar sea remarcable de algún modo.

Funciones

Pues bien, la rotonda y concretamente el monumento a Colón sirven como punto de referencia a peatones y conductores que circulan por las Ramblas o el paseo marítimo de Barcelona, que les indica en qué lugar se produce la intersección y pone de manifiesto la relevancia del lugar y su proximidad al mar.

5.1.5 Rotonda BV-5001 (Santa Coloma de Gramanet)

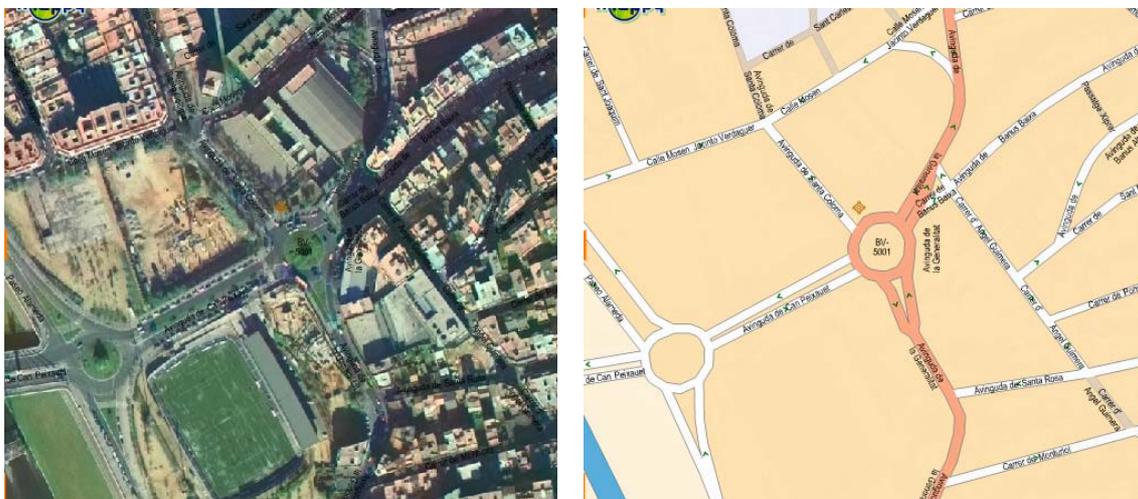


Fig. 5.6: Rotonda en Santa Coloma de Gramanet

Geometría

Es una rotonda compacta de dimensiones estándar. La rotonda es circular, pero es interesante observar cómo se ha realizado un tratamiento diferenciado para cada entrada y salida, atendiendo a las necesidades del tráfico y a las características de cada una de las vías de acceso.

Urbanismo y entorno

Su situación al final de un corto paseo que conecta la ciudad de Santa Coloma con uno de los viaductos que pasando sobre el río Besòs comunica con Barcelona, supone el límite del contexto periurbano-interurbano (de extensión muy reducida ya que tan solo se extiende a lo largo de pocos centenares de metros) con el espacio urbano consolidado de Santa Coloma.

A ambos lados del paseo de llegada/salida existe una amplia zona despejada, que se ha conseguido en parte por la instalación de equipamientos deportivos y zonas verdes y que favorece el efecto de antesala de la urbanización que produce la instalación de la rotonda.

Funciones

Por su situación se puede alegar que su principal función, que no la única, es la de puerta de ciudad, ya que marca un cambio en el medio de circulación que es apreciado por todos los conductores de vehículos. Además este cambio de contexto obliga a la reconversión de las vías que entran y salen de la rotonda para adaptarse a él.

Es por eso que se observan diferencias en el tratamiento de la entrada y la salida de la Av. de la Generalitat en función de en qué parte de la rotonda nos encontremos. En el tramo en que se halla “fuera del contexto urbanizado” se supone que los vehículos circulan más rápido y deben reducir la velocidad al aproximarse a la rotonda, por otro lado también es conveniente permitir la salida rápida de aquellos vehículos que abandonen el núcleo urbano por esta vía. Todo esto ha sido solucionado con la ubicación de una isleta deflectora que tiene en cuenta éstos y otros aspectos como la composición del tráfico y los itinerarios más relevantes.

5.2 En núcleo urbano fuertemente consolidado

5.2.1 Plaça de Joan Carles I (Barcelona)

Situación

Se halla en la intersección entre la Avinguda Diagonal, el Passeig de Gràcia y la calle Còrsega y no se trata de una rotonda propiamente dicha, ya que la circulación giratoria a su alrededor no está permitida.

Geometría

Tiene forma circular y sus dimensiones son relativamente reducidas (islote central de entre 10 y 15 m de diámetro).

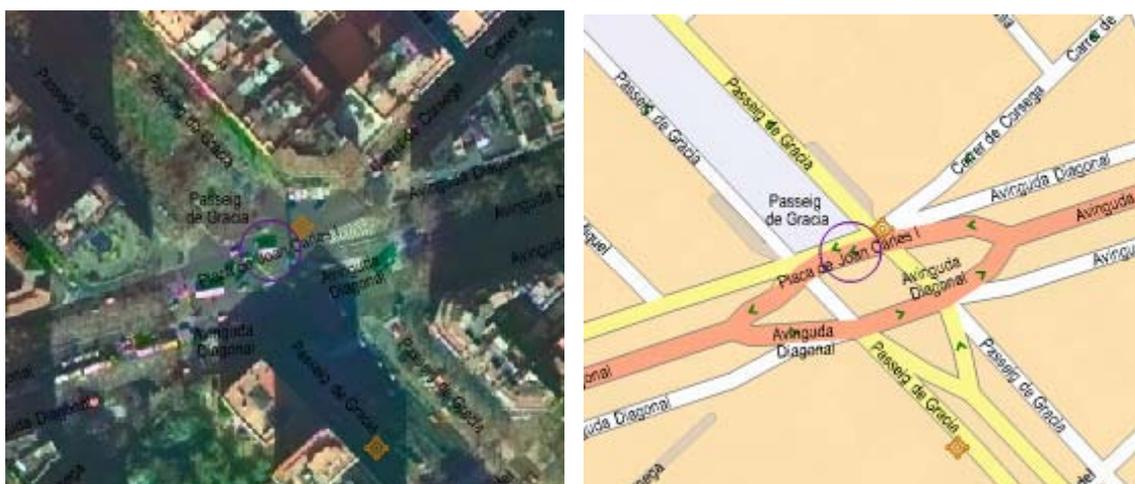


Fig. 5.7: Plaça de Joan Carles I en Barcelona.

Por su tamaño y su situación relativa dentro de la intersección, el islote central no obliga a una importante deflexión en la trayectoria de los vehículos que siguen la Diagonal en dirección al Mar, pero si que lo hace en aquellos que van en sentido contrario o bien que desde la calle Còrsega deseen pasar a la Diagonal.

Urbanismo y entorno

La plaza está situada exactamente en el punto en el que se unen dos tejidos urbanos claramente diferenciados (que se corresponden con los barrios del Eixample y de Gràcia).

En una primera observación vemos como el Passeig de Gràcia se introduce en el barrio de Gràcia (con una malla urbana muy diferente) mediante su continuación en forma de los Jardins de Salvador Espriu, que introducen un cambio de sección, pero que sirven de portal de entrada a la calle Gran de Gràcia.

Funciones

Como venimos señalando en el análisis de los casos anteriores, una misma rotonda puede obedecer a distintas necesidades y tener diferentes funciones con una importancia relativa que es la que determina su clasificación. En este caso se combinan las funciones de Lugar de referencia, Intersección y Cambio de sección en una de las vías que confluyen a ella.

Esta última función es la más relevante de todas las que cumple la Plaça de Jaume I, y es consecuencia de la continuación del Passeig de Gràcia que, siendo una calle del Eixample Cerdà, penetra el barrio de Gràcia, que tiene una estructura distinta.

La ubicación de la plaza en forma de rotonda sirve para marcar el lugar en el que se produce el cambio de sección del Passeig de Gràcia, y a la vez soluciona el problema de la intersección con seis ramas. No obstante, la distribución de los tráficos dominantes, la peculiaridad de los carriles laterales de la Diagonal y la importancia del tráfico de peatones y de vehículos de transporte público han llevado primero a la necesidad de semaforización y segundo a la de rediseñar el funcionamiento de la intersección, que deja de ser una rotonda.

En otro sentido hay que destacar que la plaza resulta muy útil para ordenar la circulación a su alrededor pero que esto a la vez produce efectos contrarios puesto que la tipología en forma

de rotonda induce a error a los conductores que no están familiarizados con la intersección y que creen que los movimientos permitidos son los mismos que para una glorieta (semaforizada o no).

5.2.2 Plaça de Mossen Jacint Verdaguer (Barcelona)

Está en la intersección formada por la Avinguda Diagonal y el Passeig de Sant Joan, con la particularidad que a este mismo punto también confluye la calle Mallorca.



Fig. 5.8: Plaça de Mossen Jacint Verdaguer en Barcelona.

Geometría

Las características de las calles que interseccionan en este punto son idénticas a las que lo hacen en la Plaça de Jaume I. Del mismo modo, las dimensiones y geometría de la rotonda son muy similares a aquella.

Se trata de una intersección en “X” (entre la Avinguda Diagonal y el Passeig de Sant Joan) a la que se añade una nueva vía (la calle Mallorca) formando ángulo recto con una de las otras dos y con el punto de cruce algo desplazado respecto al de la “X”, y que se ha solucionado como una rotonda mediante la colocación de un obstáculo central de planta circular.

El obstáculo que hace de islote central tiene un radio de 20 m, y consiste en un conjunto monumental.

Urbanismo y entorno

Urbanísticamente hablando, la plaza se halla en un contexto claramente homogéneo que se corresponde con la cuadrícula del Eixample de Barcelona, en el que la tipología del Passeig de Sant Joan, que es una vía de doble sentido de circulación, y la de la Diagonal, que además de ser una vía con dos sentidos de circulación tiene calzadas laterales y una dirección diagonal a la cuadrícula del Eixample, son las principales anomalías.

Evidentemente no se trata de una intersección común del Eixample de Barcelona. En éste la mayoría de las calles tienen un sentido de circulación único y forman una malla cuadrangular,

por lo que las intersecciones reguladas por semáforos o sencillamente por la regla de la prioridad a la derecha son más eficientes que las rotondas.

Hay que destacar que las esquinas achaflanadas proporcionan a las intersecciones del Eixample espacio más que suficiente para situar mini-rotondas, pero éstas no tendrían razón de ser mientras ninguno de los ramales de la intersección fuera de doble sentido de circulación.

Funciones

Con esta plaza sucede exactamente lo mismo que con la Plaça de Jaume I comentada anteriormente. Ambas configuraciones son calcadas (ver planos adjuntos) y la única diferencia estriba en el hecho de que la Plaça de Jacint Verdaguer no se halla en el límite entre dos barrios.

Sin embargo en el Passeig de Sant Joan se produce un cambio de carácter ya que pasa de ser una vía para el tráfico rodado a convertirse en un agradable paseo peatonal, por lo que, si bien tiene la misma función que la rotonda del caso anterior, las motivaciones son diferentes.

Su funcionamiento también es idéntico al de la Plaça de Jaume I y se han tenido que restringir algunos giros a la vez que la intersección era semaforizada, todo ello para evitar que la Avenida Diagonal (que es la vía que soporta mayor tráfico de paso) se viera colapsada por los giros a izquierdas. Estos giros desde la Diagonal solo podrían ser permitidos si la rotonda no estuviera regulada por semáforos (cosa que hoy por hoy resulta inviable debido a la fuerte presencia peatonal y a que todas las calles que confluyen en la intersección ya están reguladas por semáforos) ya que, en caso contrario, se producirían colas de espera dentro de la misma rotonda que interrumpirían el tráfico de paso, colapsando la Diagonal en uno e incluso en los dos sentidos.

5.2.3 Intersección entre la Gran Vía de les Corts y el Passeig de Gràcia (Barcelona)

La configuración del espacio en el cual se inserta es muy parecida a otras rotondas que se han tratado anteriormente (Plaça de Jaume I y Plaça Verdaguer), pero presenta diferencias en cuanto a la geometría y a las funciones que realiza.

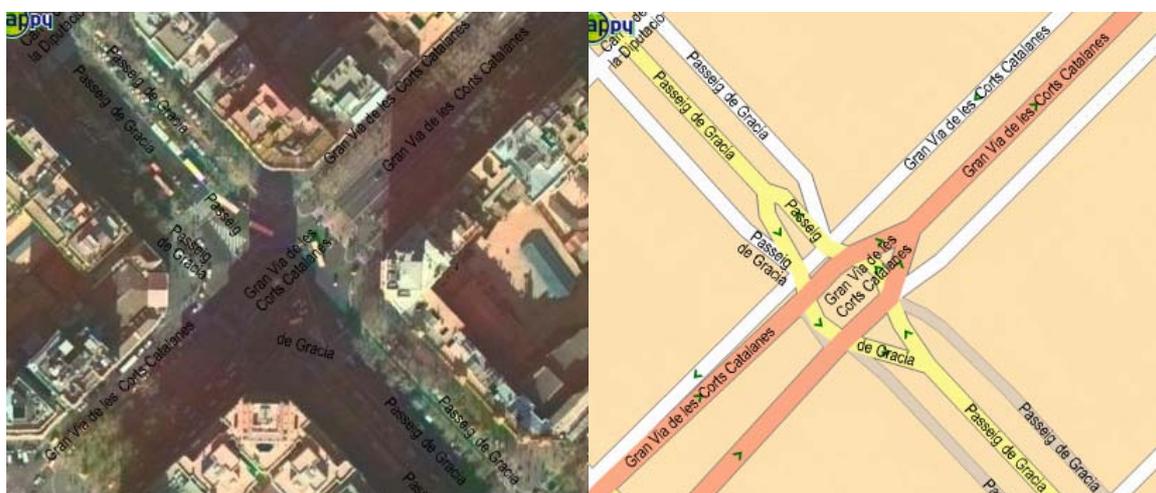


Fig. 5.9: Intersección entre la Gran Vía de les Corts y el Passeig de Gràcia en Barcelona.

Geometría

En realidad no se trata de una rotonda, actualmente la gestión del tráfico (de los sentidos del tráfico) y la señalización, no permiten realizar maniobras de giro completo (y en según qué disentidos tampoco permite el giro a izquierdas), sin embargo en el pasado sí pudo comportarse como rotonda y, en caso de ser necesario, podría volver a convertirse en intersección giratoria tan solo con unos pequeños cambios.

Actualmente es un cruce con un obstáculo central circular de reducidas dimensiones (entre 12 y 15 metros de diámetro del islote central), en forma de fuente ornamental.

La intersección entre los ramales de acceso (en este caso el Passeig de Gràcia y la Gran Vía de les Corts) se produce en ángulo recto, si bien las entradas y salidas están dispuestas en curva forzada por las isletas deflectoras pintadas en el pavimento.

Urbanismo y entorno

El contexto es claramente urbano, típico de la cuadrícula del Eixample aunque las dos calles que se cruzan presentan particularidades sobretodo en cuanto a sección tipo.

La intersección soporta una gran cantidad de vehículos, pero no funciona como rotonda ya que no es posible realizar un giro completo.

Funciones

Básicamente su función es la de distribuir el tráfico de vehículos (ayudada por semáforos) permitiendo los giros a izquierdas desde la Gran Vía al Passeig de Gràcia, y también la de señalar un cruce importante diferenciándolo del resto de intersecciones que se dan dentro de la malla cuadriculada y repetitiva del Eixample.

5.2.4 Plaça de Tetuan (Barcelona)

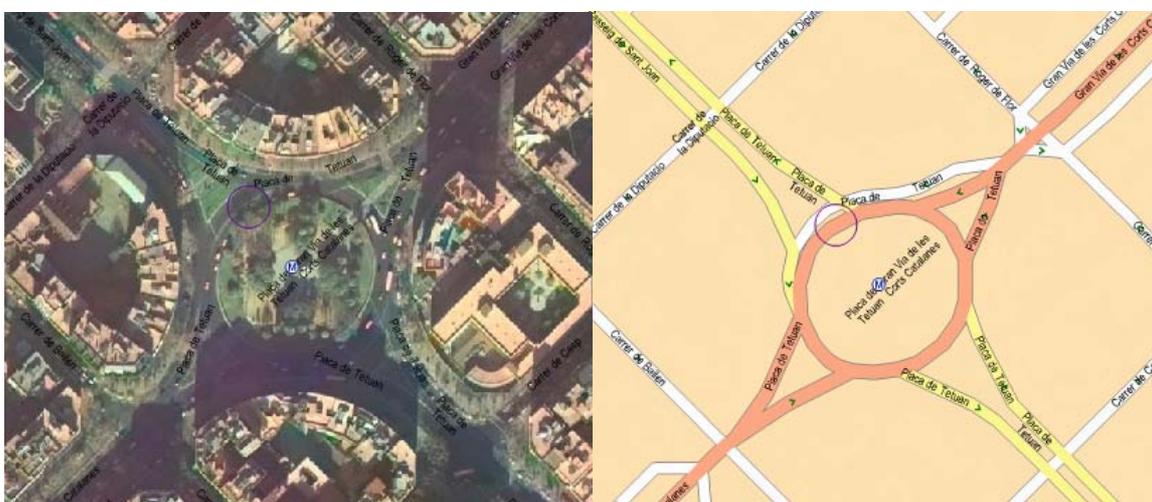


Fig. 5.10: Plaça Tetuán de Barcelona

El nombre de esta plaza data de la conquista de Tetuán por parte de los españoles a mediados del siglo XIX, en pleno proceso de construcción del ensanche barcelonés según los principios propuestos por el ingeniero Ildefons Cerdà.

La Plaça Tetuán se encuentra en la intersección entre el Passeig de Sant Joan y la Gran Vía de les Corts Catalanes y, si bien ambas son calles importantes del Eixample de Barcelona, tienen características diferentes.

Geometría

Para ser una rotonda incluida en una trama urbana tan densa y tan marcada como la del ensanche de Barcelona sus dimensiones resultan sorprendentes. No es de extrañar que se deseara construir un espacio emblemático en la intersección entre dos de las calles más importantes del Eixample.

Se trata de una rotonda de cuatro ramas (se cruzan dos calles en ángulo recto) con el islote central es ligeramente elíptico (radio mayor de 80m y radio menor de unos 70 m, resultando una excentricidad de 0,85, aproximadamente).

Ni las entradas ni las salidas están abocinadas, pero están dispuestas en curva para facilitar la incorporación y la salida del anillo de circulación, que dispone de tres carriles.

El anillo de circulación presenta una particularidad que lo hace especial. Ésta consiste en que una parte del anillo permite la circulación en doble sentido. Esto es debido a la necesidad de dotar de continuidad al tráfico de la Gran Vía de les Corts dónde la mayoría del tráfico de vehículos (todos los carriles centrales y todo un lateral) se produce en un solo sentido, mientras que solo una pequeña parte (el otro lateral) lo hace en el sentido contrario. De esta forma, y gracias a la regulación semafórica, aparece una dualidad en el funcionamiento del anillo, que en un caso permite la circulación giratoria alrededor del islote central y en el otro funciona como si se tratase de una rotonda partida.

Urbanismo y entorno

La rotonda está inmersa en pleno Eixample barcelonés, en la intersección entre dos de sus calles más significativas.

El tamaño de la plaza introduce una anomalía en el sistema normal de cruces achaflanados entre calles del ensanche cuadrículado de Barcelona. Para dar cabida a la rotonda, las cuatro islas de casas que la circundan ven redondeadas sus esquinas, creando un espacio que favorece la trayectoria de los vehículos al adaptarse a la geometría de las isletas deflectoras y las entradas y salidas.

Tanto el Passeig de Sant Joan como la Gran Vía de les Corts soportan un importante tráfico peatonal, por eso las aceras que circundan la rotonda son tan amplias.

Además el islote central es accesible para los peatones y en su interior se hallan los jardines del Doctor Robert, creando un espacio verde y de descanso (ambos tan escasos en el Eixample) muy apreciado por los vecinos.

Funciones

Por su forma y tamaño recuerda a las primeras rotondas proyectadas por Hénard, lo que sugiere que en su origen se trataba de una solución al cruce entre dos avenidas importantes, que siguiendo los criterios de la época, se proyectaba con monumentalidad para remarcar la intersección.

Sin embargo se ha debido adaptar a la situación moderna, en la que ha cambiado la distribución de tráfico de la Gran Vía, y en la que el Passeig de Sant Joan ha perdido importancia en cuanto al volumen de circulación de vehículos.

Actualmente la rotonda sigue teniendo una importancia relativa en varios aspectos. Soluciona la intersección entre dos calles que no tienen la configuración típica del ensanche de Barcelona³⁸, sirviendo a la vez de referencia al passeig de Sant Joan, que es la principal avenida que lleva hasta el Passeig de Lluís Companys, dónde se encuentra el monumento del Arc del Triomf y que sirve de antesala del Parc de la Ciutadella.

Por otro lado es una rotonda monumental que contribuye a mejorar el espacio urbano no solo en las fachadas de los edificios dispuestos a su alrededor sino que en el conjunto del ensanche barcelonés porque representa una de las escasas islas verdes y además al permitir el acceso de los peatones a su interior cumple con muchas de las funciones de una plaza urbana, eso sí, aislada del conjunto.

5.2.5 Plaça del Doctor Letamendi (Barcelona)



Fig. 5.11: Plaça del Doctor Letamendi de Barcelona

Obviamente la Plaça del Doctor Letamendi no es ningún tipo de rotonda, pero se comenta en esta Tesina porque comparte alguna de sus funciones sin necesidad de seguir la misma geometría.

³⁸ Por poner solo un ejemplo basta con remarcar que ambas son de doble sentido y, como ya se ha mencionado anteriormente, si las calles del Eixample fueran de doble sentido probablemente la mejor manera de solucionar las intersecciones sería instalar rotondas.

Geometría

Es una plaza encajada en una intersección típica del Eixample de Barcelona, con dos calles (c/Aragó y c/ Enric Granados) de un solo sentido que se cruzan en ángulo recto y en la que los chaflanes se han recortado, haciéndose más generosos, para obtener un espacio mayor.

La plaza tiene forma cuadrada orientada con sus diagonales sobre la traza de las calles. La calle Aragón la divide en dos mitades triangulares, mientras que la calle d'Enric Granados queda cortada por la plaza, pero obtiene su continuidad del vial perimetral que rodea a ésta.

Urbanismo y entorno

Se encuentra en pleno Eixample de Barcelona, con sus calles de un solo sentido en forma de cuadrícula perfecta, que, como ya se ha comentado con anterioridad, no es el entorno urbanístico más adecuado para la ubicación de una rotonda.

La calle Aragón es uno de los ejes viarios más importantes de la ciudad y soporta un importantísimo volumen de tráfico. Por el contrario, la calle Enric Granados ha ido perdiendo importancia paulatinamente hasta la actualidad en la que se ha convertido en una calle de uso casi peatonal.

A este hecho puede haber contribuido ampliamente la situación de la plaza que interrumpe el tráfico de la calle Enric Granados y también la propia configuración de la calle con inicio por debajo de la Diagonal y final en la Universidad de Barcelona, justo por encima de la Gran Vía.

Funciones

Básicamente es la de crear un espacio urbano de calidad dentro de la ciudad en una zona en la que escasean los parques, pero también hace a las veces de elemento de interrupción del tráfico en la modesta (a nivel de tráfico de vehículos) calle de Enric Granados antes de encontrarse con la importante calle Aragón.

Estas funciones podrían ser llevadas a cabo por una intersección giratoria, pero los condicionantes del lugar aconsejan la utilización de otro tipo de intersección (como es el caso).

Ya se ha comentado la problemática que presenta el ensanche de Barcelona a la hora de situar rotondas en las intersecciones, pues bien, a ésta hay que añadir el hecho de que la relación entre tráfico seguramente sea superior a un orden de magnitud, con lo cual se desaconseja aún más la solución giratoria.

5.2.6 Plaça d'Antoni Maura (Barcelona)

Se encuentra en la intersección entre Vía Laietana y la Avinguda de Francesc Cambó (la Avinguda de la Catedral es básicamente peatonal), en lo que podríamos denominar el casco antiguo de Barcelona.



Fig. 5.12: Plaça d'Antoni Maura, en Barcelona

Geometría

Sigue la tipología de rotonda partida con forma sensiblemente elíptica, dejando preferencia de paso a la Via Laietana, por lo que no puede considerarse exactamente una rotonda sino otro tipo de intersección, pero guiándonos por su forma y el resto de sus características (a excepción del régimen de prioridad y la forma particular del islote central) puede ser reconocida como una tipología especial de rotonda urbana³⁹.

Urbanismo y entorno

El entorno más inmediato que rodea a la plaza forma parte de la Barcelona más antigua ya que se halla ubicada muy cerca del corazón del distrito de Ciutat Vella. Se trata de una zona que, en líneas generales, sigue los cánones de la ciudad medieval, de calles angostas e irregulares, salvo excepciones como la calle Ferran y la calle Princesa que son consecuencia de las actuaciones urbanísticas de los siglos XVIII y XIX.

Funciones

La particularidad de la Vía Laietana, que es la principal vía de comunicación entre el Port Vell (puerto viejo) de Barcelona y el Eixample (ensanche), radica en que es una calle muy regular (es completamente recta) y soporta un tráfico mayoritariamente de paso⁴⁰.

Uno de los principales problemas para los vehículos que presenta la Vía Laietana es que una vez dentro de ella éstos están obligados a seguirla de un extremo a otro (siempre que su intención no sea la de penetrar en el entramado tejido del barrio del Born o del Barri Gòtic).

³⁹ Las rotondas llamadas “partidas” son habituales de los contextos periurbanos y pueden ser muy útiles para efectuar maniobras como el cambio de sentido, o los giros a izquierdas. Sin embargo requieren de un concienzudo análisis de tráfico, ya que en ciertas situaciones pueden resultar contraproducentes al empeorar la seguridad de la intersección por lo que a menudo es más conveniente regularlas mediante semáforos.

⁴⁰ Evidentemente también actúa como vía colectora/distribuidora que recoge los vehículos provenientes de las bocacalles de los barrios del Born y del Barri Gòtic, pero éste es un volumen mucho menor que el que representa el tráfico de paso Eixample-Port Vell (o Cinturó del Litoral, una de las vías de ronda que, como su nombre indica, rodea Barcelona siguiendo la línea de costa), o viceversa.

La existencia de la Plaça d'Antoni Maura permite efectuar la maniobra de cambio de sentido a aquellos vehículos que lo deseen sin introducir molestias significativas en el tráfico principal, siendo esta su principal función.

Como sucede con la práctica totalidad de las rotondas, la Plaça d'Antoni Maura también tiene otras funciones secundarias: Sirve de hito de referencia al señalar el cruce de la Vía Laietana con la Avinguda de la Catedral, que es un paseo peatonal con una gran importancia turística para la ciudad de Barcelona, y la Avinguda de Francesc Cambó, que lleva al mercado de Santa Catalina. A su vez mejora no solo la percepción del lugar sino que pone en valor la propia intersección al mejorar sus condiciones urbanísticas⁴¹ y también permite una transición visual agradable desde la Avinguda de la Catedral a la Avinguda de Francesc Cambó (con una sección tipo muy diferente).

5.2.7 Plaça de Gregori Taumaturg (Barcelona)

Es una rotonda situada en el barrio de Sarrià-Sant Gervasi, en la intersección entre cinco calles (Santa Fe de Nou Màxic, Ganduxer, Francesc Pérez i Cabrero y Johann Sebastian Bach), cuatro de ellas de sentido único.

Su característica más remarcable y que la hace única en Barcelona es que en el interior del islote central existe una iglesia construida con forma elíptica.



Fig. 5.13: Plaça de Gregori Taumaturg, en Barcelona

Geometría

La rotonda en sí es elíptica. Llegan a ella cinco ramales de manera asimétrica.

La rotonda está semaforizada, pero en vista de sus características y del tráfico que soporta, podría funcionar perfectamente con un régimen de prioridad al anillo sin que esto repercutiera ni en su funcionamiento ni en su seguridad, ni siquiera en la de los peatones.

⁴¹ El ensanchamiento que introduce en la Vía Laietana es aprovechado por edificios importantes que también se aprovechan de la mejora en la calidad paisajística que ofrece el ajardinamiento de los islotes.

Urbanismo y entorno

La rotonda se encuentra en un punto en el que se produce una transición en el tipo edificatorio. La calle de Johann Sebastian Bach supone un límite entre edificación maciza (en bloques que se adaptan a la forma de la cuadrícula, ocupándola por completo) y otro tipo edificatorio más disperso (por bloques que se alinean por fachada, pero que crean espacios entre ellos).

De todas maneras se trata de un entorno densamente urbanizado y este cambio en las tipologías no se puede apreciar en la rotonda ya que los edificios la envuelven sin que permitan discernir a qué tipo corresponden.

La iglesia del interior de la rotonda toma la forma elíptica de la misma y se presenta como una edificación maciza que interrumpe las visuales y consecuentemente elimina la mejora en la calidad urbanística de la intersección que vendría asociada con la implantación de una rotonda convencional. Ello se debe a la completa pérdida de la sensación de espacio, ya que la mole del edificio convierte en angosto un espacio que debería ser diáfano al no establecer ninguna distinción entre el espacio que rodea al anillo de circulación del que rodea a las calles de aproximación.

Funciones

Por su situación están descartadas las funciones de puerta de ciudad o de hito de referencia.

Por otro lado la edificación central impide que se tengan en cuenta la función ornamental o la de mejora de la calidad urbanística del lugar.

Así pues, la construcción de la rotonda solo puede justificarse como un espacio de distribución de tráfico o como una extravagancia del planeamiento urbanístico⁴².

Sin embargo también cabe considerar la posibilidad de que su principal función (juntamente con la de solucionar una intersección entre 5 calles) sea la de introducir un cambio en la orientación de la calle Ganduxer, actuando así como charnela o bisagra.

5.2.8 Plaça de Lluçmajor (Barcelona)

Se trata de una de las rotondas urbanas de Barcelona mejor proyectadas, tanto por su necesidad como por su diseño (su geometría y la disposición de todos los elementos de la glorieta han sido tratados de acuerdo a las necesidades del lugar, utilizando una solución específica y adaptada en vez de acudir a soluciones estándar).

Geometría

Es una rotonda circular de un tamaño compacto (el diámetro del islote central es de unos 20 m y la anchura del anillo de circulación es también de 20 m aproximadamente), que soluciona la intersección entre cuatro calles de doble sentido (tres de ellas separadas por mediana) y la de

⁴² La semaforización de la rotonda y el hecho de que tan solo una de las calles que llegan a ella sea de doble sentido apuntan con más fuerza a esta última posibilidad

dos calles más de uso peatonal. La intersección entre éstas no se produce de forma regular ni concéntrica, pero al no ser una situación extrema la rotonda palia estos problemas.

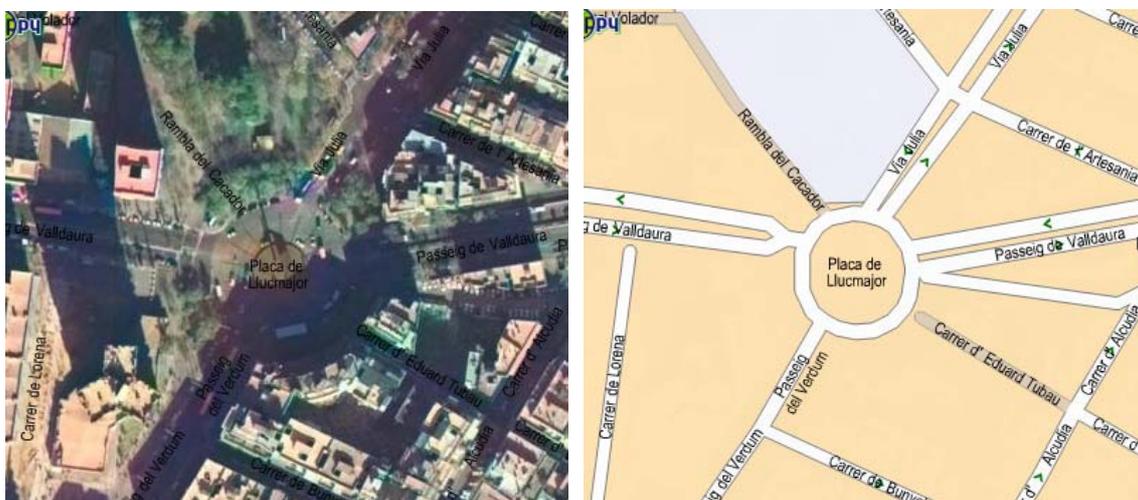


Fig. 5.14: Plaça Lluçmajor, de Barcelona

El elemento escultórico del interior de la rotonda y el tratamiento especial del pavimento, siguiendo un dibujo geométrico radial y concéntrico, creado con un juego de materiales contribuye a la percepción global de la intersección por lo que no se ha necesitado un tratamiento diferenciando de las entradas y las salidas, sino que las calles encajan naturalmente en la geometría circular de la plaza.

Es muy importante el tratamiento que se ha dado a los itinerarios de los peatones, integrándolos en el concepto de rotonda. Basta con fijarse en los pasos de peatones dispuestos en curva y que son la continuación de unos caminos (también curvos) flanqueados por árboles y arbustos que invitan a los peatones a circular por ellos en condiciones de seguridad sin necesidad de efectuar desplazamientos excesivos.

Urbanismo y entorno

La rotonda se encuentra en el punto en que se cruzan el eje Passeig del Vedum- Vía Júlia, que representa un borde entre distintas tramas urbanísticas, con el Passeig de Valldaura, que por sí mismo ya es una vía de borde, que separa dos organizaciones urbanísticas diferenciadas.

Los vértices entrecalles se han adaptado a la situación de la rotonda generando espacios abiertos como pequeñas plazas o jardines y adoptando fachadas cóncavas cuando los edificios se encontraban muy próximos al anillo de circulación.

Resulta curioso observar como cada parte de la rotonda se adapta al espacio que la rodea, por ejemplo la zona de aparcamiento en el mismo anillo de circulación en frente de la fachada curva o el carril concéntrico al anillo de circulación pero segregado con respecto a este que recoge los pocos vehículos que puedan llegar a la intersección procedentes de una de las calles peatonales.

Llama la atención que en la intersección entre las calles Simancas, Amadeo Vives y Belchite, y en la que se produce entre las calles Simancas, Antiga Travessia y Empuries, no exista ninguna rotonda. No se explica esta ausencia más que por el hecho de que no es necesaria la presencia de ninguna rotonda, pero sí que es cierto que serviría para la homogeneización de los criterios urbanísticos y que la configuración de ambas intersecciones es ideal para la colocación de una glorieta.

5.3 En zonas de gran presencia peatonal

5.3.1 Rambla del Raval (Barcelona)

La Rambla del Raval es un paseo abierto recientemente en el corazón del barrio del mismo nombre. La actuación urbanística que se llevó a cabo se incluye en la política de renovación y mejora del casco antiguo de Barcelona y consistió en el derribo de una serie de edificaciones con el fin de crear un espacio público de calidad dentro de una de las zonas más marginadas de la capital barcelonesa, que actuara como eje articulador de la vida social y comercial del barrio.

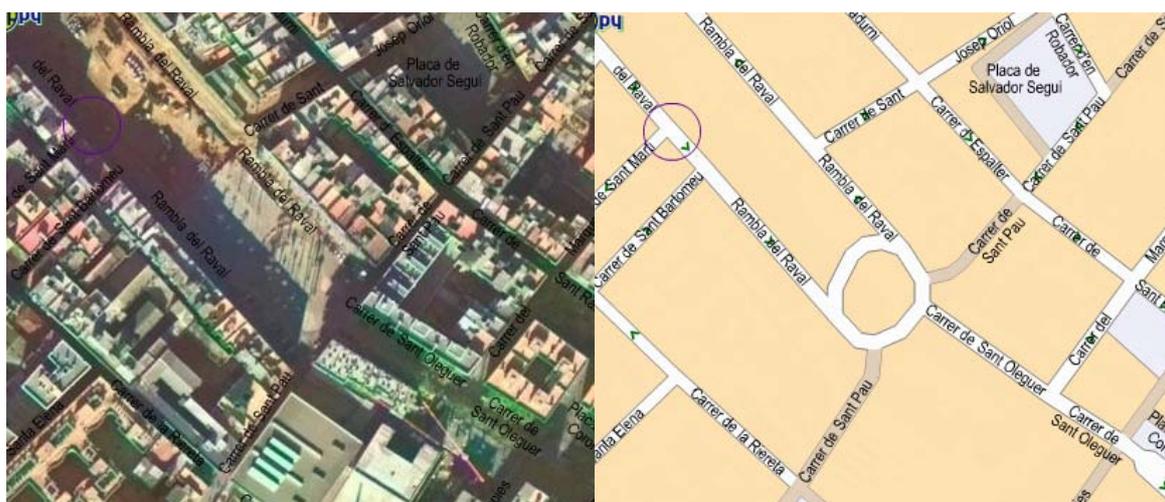


Fig. 5.17: Rambla del Raval de Barcelona.

Geometría

La Rambla del Raval es un paseo peatonal de unos XXX metros de anchura por TTTT m de longitud con dos carriles situados a ambos lados y que finalizan en sendas rotondas en los extremos del paseo.

Estas rotondas están adaptadas al fuerte tráfico peatonal y al relativamente poco volumen de tráfico de vehículos (el Raval no es precisamente un espacio amable para la circulación de coches y camiones), por ello su funcionamiento no se corresponde con el habitual de las rotondas: los peatones prosiguen con su itinerario peatonal a través de la rotonda, cruzando el anillo de circulación y apropiándose del islote central (que está especialmente diseñado para este cometido, e incluso dispone de bancos) y el régimen de prioridad se halla invertido en el tramo del anillo que se encuentra entre el islote central y el paseo peatonal, favoreciendo el movimiento de los vehículos alrededor de toda la Rambla a modo de circo romano por encima

de los movimientos giratorios en las rotondas de cabecera, destinados básicamente a los giros a izquierdas.

Urbanismo y entorno

La Rambla se encuentra dentro de una malla irregular de calles angostas y edificios en mal estado de conservación, de manera que su presencia se convierte en un polo de atracción de gran importancia para las relaciones sociales no solo a nivel interno del barrio sino que también ejerce un magnetismo que traspasa las fronteras del Raval y ejerce su influencia allende la ciudad.

Funciones

La única función que se les puede atribuir a las dos rotondas de cabecera es la de permitir los giros a izquierdas y dotar de continuidad al poco tráfico que llega por las calles situadas en los extremos de la Rambla, evitando a los vehículos el tener que realizar un giro completo alrededor de todo el paseo, con el retraso y el colapso innecesarios que ello supondría.

De otro modo la Rambla podría adoptar la tipología de paseo con una vía colectora perimetral, en cuyo caso no cabría la necesidad de situar las dos rotondas en los extremos.

5.3.2 Rambla del Poblenou (Barcelona)

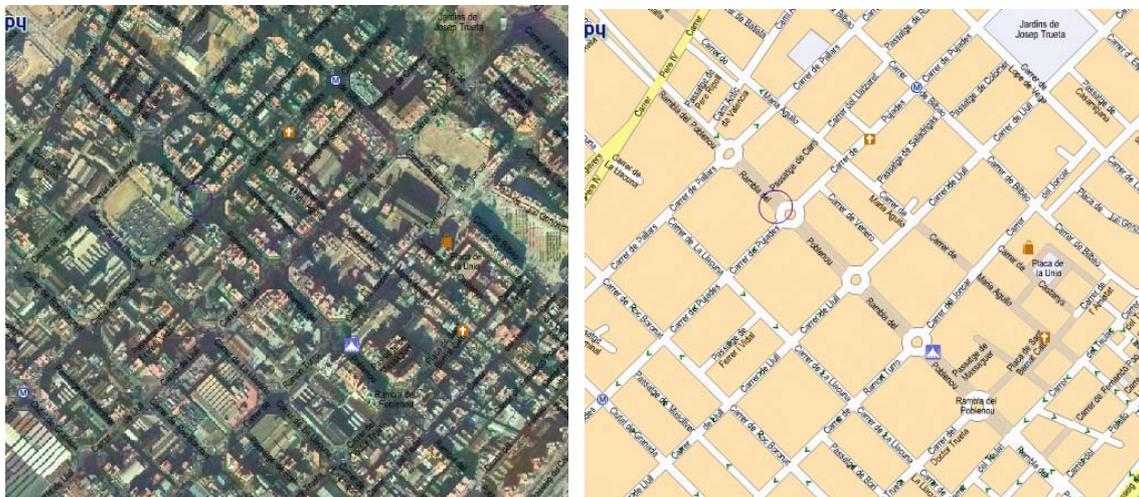


Fig. 5.18: Rambla del Poblenou de Barcelona.

El Poblenou es una zona del Eixample de Barcelona en la que históricamente se han combinado los usos residenciales y los industriales. En los últimos años toda la zona está sufriendo una transformación con el objetivo de mejorar las condiciones urbanísticas para hacer de ella un espacio más habitable, sustituyendo las antiguas fábricas por oficinas destinadas a albergar actividades relacionadas con las nuevas tecnologías y nuevos bloques de viviendas para dar respuesta a la creciente demanda de residencia en la ciudad condal.

La creación de un paseo como la Rambla del Poblenou genera un corredor peatonal en el que no solo el tráfico rodado se autorestringe, sino que se crean toda una serie de intangibles que se traducen en un aumento de la “calidad urbana”, sobretodo desde el punto de vista de los

habitantes del barrio, lo que induce un incremento de la habitabilidad a lo largo de todo el paseo y alrededores.

Geometría

La Rambla del Poblenou es una calle recta con un paseo central y dos carriles laterales, uno a cada lado del paseo, que permiten la circulación de vehículos en los dos sentidos.

Se trata de una calle del Eixample y por lo tanto las intersecciones con el resto de calles se producen perpendicularmente, pero presentan la particularidad de que se han solucionado en forma de intersección giratoria. Este hecho resulta curioso porque en la misma ciudad de Barcelona existen ejemplos de calles que presentan condiciones similares (como las que se dan en la Rambla Catalunya, por poner un ejemplo), en las que no se ha optado por una solución mediante rotondas.

Todas las rotondas que se encuentran en la Rambla obedecen a una configuración similar a la de la figura 6.6. Se trata de rotondas compactas de dimensiones cercanas a los 25 o 30 metros de diámetro del islote central y un solo carril de casi 8 metros de ancho en el anillo de circulación, en el que por cierto, se permite el estacionamiento de vehículos. Las rotondas existentes a lo largo de la Rambla no presentan ningún otro elemento típico de este tipo de intersecciones (a excepción del islote central que obliga a realizar un movimiento giratorio a su alrededor), como por ejemplo las isletas deflectoras.

La Rambla del Poblenou es una calle básicamente peatonal y por eso se prioriza el itinerario de estos usuarios por encima del de los vehículos. Para ello el islote central se hace accesible dando continuidad al paseo y llegando a formar parte del mismo.

Urbanismo y entorno

En la imagen también se observa como el entorno más inmediato de la rotonda no se adapta a su forma circular (basta con observar la geometría del anillo de circulación, que en el exterior tiene la forma del típico cuadrado orientado según sus diagonales resultante del achaflanamiento de los vértices de la intersección entre dos calles perpendiculares y que es característico del ensanche de Barcelona)

Funciones

Las rotondas de la Rambla del Poblenou presentan unas circunstancias diferentes a las del Raval, ya que éstas, además de soportar un mayor volumen de vehículos, deben servir de intersección para las calles transversales que la cruzan.

Sin embargo, el paseo se debe a los peatones por lo que las intersecciones con las calles transversales suponen una interrupción en el itinerario de éstos. Para priorizar el tráfico peatonal sobre el de los vehículos se ha dispuesto esta serie de rotondas que obligan a los últimos a reducir su velocidad a medida que se aproximan a la intersección con la Rambla.

Por eso su función, más que la de solucionar una intersección o la de crear un espacio urbano de calidad, es la de introducir un obstáculo en la circulación transversal de vehículos que obliga a éstos a reducir la velocidad de aproximación, lo que redundará en una mayor seguridad para los peatones. Es lo que se conoce por “calmar el tráfico”.

Geometría

Tiene forma elipsoidal con el diámetro mayor orientado en el sentido de la calle del Viaducto de Vallcarca. Esta forma se debe a que la mayoría del tráfico sigue la dirección Viaducto de Vallcarca-Passeig de la Mare de Déu del Coll y al desplazamiento relativo de las calles que llegan a la intersección perpendiculares al este eje, ya que el islote central tiene como finalidad introducir una deflexión en las trayectorias que obliga a reducir la velocidad de los vehículos que entran en la rotonda.

Sus dimensiones son relativamente reducidas (el diámetro mayor del islote central es de unos 18 metros y su diámetro menor de 7 m), para adaptarse a su entorno y al volumen de circulación que sufre.

Urbanismo y entorno

Se encuentra en una zona básicamente residencial, y de la misma manera que sucede con la Plaça de Gregori Taumaturg, también está situada en una calle que sirve de límite entre dos zonas de tipologías de edificación diferenciadas.

Funciones

Son básicamente dos, servir como elemento de distribución de tráfico solucionando una intersección a priori complicada y la de introducir un elemento que obliga a reducir la velocidad de los vehículos, “calmando” el tráfico.

También se le puede atribuir las funciones de puerta de barrio (ya que está ubicada en el punto en el que uno de los accesos principales a éste se bifurca, sirviendo como lugar de referencia) y la de charnela (introduciendo un cambio de dirección en el eje principal Viaducto de Vallcarca- Passeig de la Mare de Déu del Coll)

5.4.5 Plaça de la Clota (Barcelona)

Se encuentra uno de los extremos del parque de la Vall d’Hebrón, que fue una de las sedes Olímpicas de los juegos de Barcelona’92, recogiendo varias calles que la rodean comunicándola con la ciudad.

Geometría

Es una rotonda circular de grandes dimensiones ya que el islote central tiene un diámetro de 60 metros y su diámetro exterior es de aproximadamente 80 metros. La calzada anular tiene anchura suficiente para dos carriles de circulación y el estacionamiento está permitido a ambos lados de la misma.

El interior del islote central es accesible a los peatones desde dos puntos diferentes.

La geometría de una de sus entradas y salidas presenta algunas anomalías que son dignas de mención (ver plano adjunto figura 5.24). Se trata de una entrada y salida conjunta para dos calles en la que se produce un efecto extraño ya que se cruzan la salida de la rotonda hacia la

calle de la Granja Vella con la entrada a la rotonda desde la Avinguda del Cardenal Vidal i Barraquer.

La sensación aparente que crea la configuración de esta entrada/salida es la de una tremenda inseguridad a los vehículos que abandona la rotonda en dirección a la calle de la Granja Vella. Esta situación se podría haber evitado de tres maneras: con un diseño de las entradas mejor adaptado, mediante el desplazamiento del centro de la rotonda o con la ubicación de una rotonda doble.

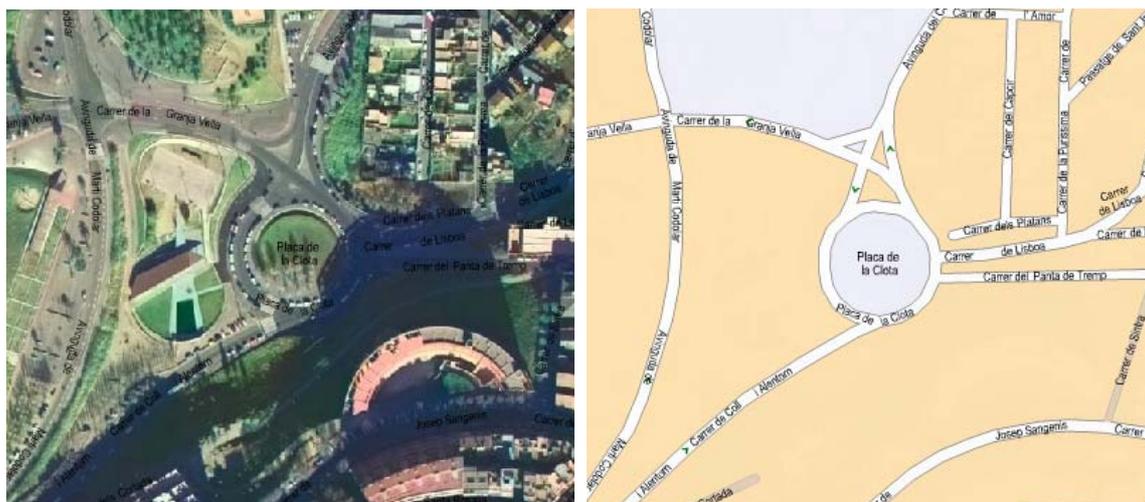


Fig. 5.24: Plaça de La Clota en Barcelona.

Urbanismo y entorno

La plaza de la Clota se encuentra en un punto en el que se produce una transición entre usos, pasando de los equipamientos deportivos rodeados de espacios verdes a la zona de viviendas plurifamiliares.

La geometría circular se halla presente en todo el entorno, no solo en las piscinas adyacentes a la plaza, sino que también se encuentran trazas de este gusto por la línea curva en el diseño del trazado viario y, sobretodo, en la fachada del edificio de viviendas situado enfrente de la plaza.

Funciones

La Plaça de la Clota recoge en solo punto las diferentes calles que rodean y atraviesan el Parc de la Vall d'Hebrón (algunas de ellas provenientes del otro lado de las rondas) desde (o hacia, según se mire) ese punto otra calle se interna en la trama urbana situada al pié de dicho parque.

En cierta manera, la plaza de la Clota tiene una función doble ya que no solo ejerce como punto de reunión/nacimiento para diferentes vías de la zona, pues esa sería una función únicamente de distribución y en realidad también actúa como hito o puerta de ciudad, al indicar el cambio de contexto que se produce al pasar de un medio urbano denso a otro medio, también urbano, pero mucho más diáfano y con unos usos completamente diferentes.

5.4.6 Plaça de Rafael i Plaça de Boticelli (Barcelona)

La Plaça de Boticelli y la Plaça de Rafael, también conocida como Plaça de l'Estatut, forman parte de un conjunto de nuevas rotondas asociadas a la Avinguda de l'Estatut de Catalunya, aparecida en la época de la Barcelona Olímpica para comunicar el centro de la ciudad con la zona deportiva de Horta y la Vall d'Hebrón.



Fig. 5.25: Plaça de Rafael en Barcelona.

Geometria

Son dos rotondas que se ubican en contextos parecidos, pero que deben responder a situaciones distintas y de ahí sus diferentes características.

La Plaza Boticelli es completamente circular, de un diámetro interior (del islote central) de unos 50 metros y un diámetro exterior de aproximadamente 80 metros. A ella llegan cuatro calles de doble sentido, pero de sección tipo completamente diferentes y distribución de entradas y salidas irregular a lo largo de la circunferencia de la rotonda. Las cuatro calles tienen una entidad similar, pero sobre ellas destaca la Avinguda de l'Estatut, por ser la que comunica las rondas entre sí.

La Plaça de Rafael presenta una geometría entre ovalada y elíptica fruto de la intención de dotar de continuidad al tráfico de vehículos a lo largo del eje de la Avinguda del Estatut de Catalunya, en un intento de mantener la jerarquía de esta calle de tráfico de largo recorrido (en un sentido relativo) con respecto del resto de calles que llegan a la intersección (C/ Riera de Marcel·lí y c/ Juan de Ávila, c/ de Porto y c/ de la Plana) y que son de tráfico más local.

Urbanismo y entorno

La Avinguda de l'Estatut no sigue un trazado recto y está configurada en forma de dos calzadas separadas por una mediana ajardinada amplísima y de ancho variable, de manera que las dos calzadas no son paralelas.

A su vez, la Avinguda de l'Estatut actúa como límite entre un área residencial y otra destinada a albergar equipamientos deportivos y es la vía que comunica la Ronda del Guinardó con la

Ronda de Dalt y el Passeig de la Vall d'Hebrón a través del túnel de la Rovira, por lo que se trata de una vía de gran importancia dentro del esquema viario de la ciudad.

Funciones

Las dos plazas tienen una función común ya que al estar situadas en los extremos de una vía colectora actúan como los nodos de un grafo viario que permiten la intersección con otros caminos y la distribución del tráfico⁴³.

Pero además cada una de las rotondas responde a otras necesidades específicas, por ejemplo, la Plaça de Boticelli funciona sobre todo como un punto de reunión/distribución de las diversas vías que forman el tejido viario de la Vall d'Hebrón con la Avinguda de l'Estatut de Catalunya, que es la vía de conexión con la ciudad.

Sin embargo, la Plaça de Rafael tiene sentido tan sólo como componente de el sistema bipolar del que hablábamos anteriormente y para dar servicio a algunas calles de ámbito local, reduciendo los desplazamientos innecesarios a los vecinos.

5.4.7 Plaça de la Font Castellana (Barcelona)

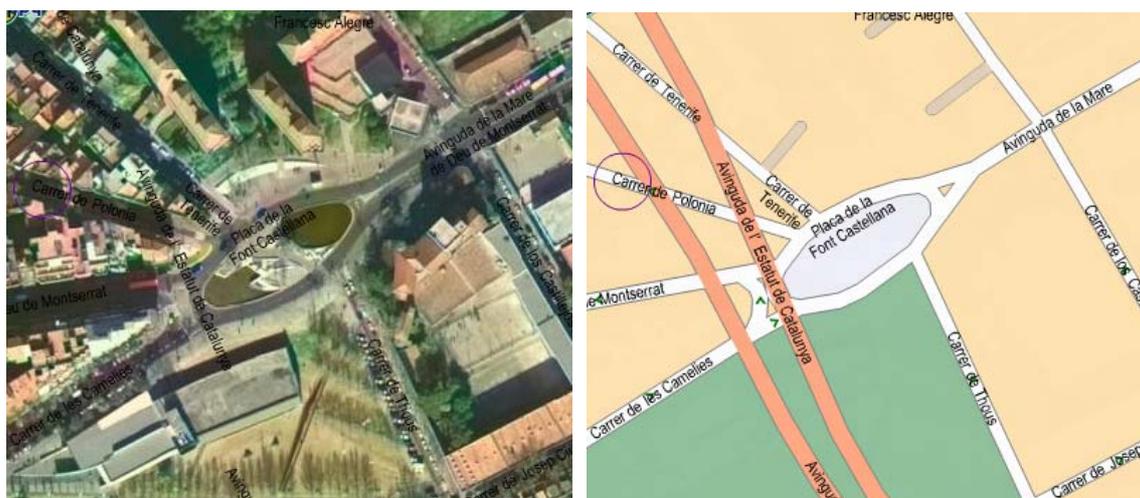


Fig. 5.26: Plaça de la Font Castellana en Barcelona.

Geometría

Es una intersección entre seis calles de distinta importancia, pero que no se cortan en un único punto, sino que lo hacen irregularmente en puntos del interior de la plaza y de ahí proviene su forma elipsoidal.

La excentricidad de la elipse que defina la plaza es muy baja (la relación entre diámetro menor y diámetro mayor es inferior a 0.75, que es la cifra que recomiendan la mayor parte de

⁴³ Es un caso similar al que se da en la Rambla del Raval, en el que aparece un sistema formado por un paseo o vía de dos sentidos con calzadas separadas y que en sus extremos tiene dos rotondas que sirven para recoger/distribuir el tráfico en cabecera de la avenida y, a la vez, para permitir los cambios de sentido y los giros a izquierdas.

la literatura especializada), pero se encuentra justificada por la importancia de la continuidad en el eje c/ de les Camèlies – Avinguda de Montserrat, del que la elipse hereda la orientación.

La distribución de las calles que confluyen en la intersección también es especial y tiene influencia en la forma de la plaza ya que cuatro de ellas se encuentran en el primer cuadrante de la misma.

Urbanismo y entorno

Se encuentra en un vértice del cuadrado formado por el Parc de les Aigües (concretamente es adyacente a los Jardins d'Hiroshima), en el que se produce un cambio en la ocupación urbanística del espacio: la plaza se halla en el punto en el que se encuentran una zona verde con una zona residencial densa y otra dispersa.

Funciones

Obedece principalmente a la necesidad de solucionar la intersección entre seis calles sin utilizar semáforos, pero también sirve como lugar de referencia para señalar una transición entre las tipologías de ocupación edificatoria y como introductora de los cambios en el trazado de una calle principal.

5.5 En puntos de conexión con rondas y/o vías segregadas

5.5.1 Plaça de la Carbonera (Barcelona)

Desde la plaza de Espanya y en dirección a la estatua de Colom, está la avenida del Paral·lel, inaugurada en 1894, destinada a ser famosa y sinónimo de diversión, el Montmartre de Barcelona. En ella encontrareis el Molino (un music hall), y varios teatros más.

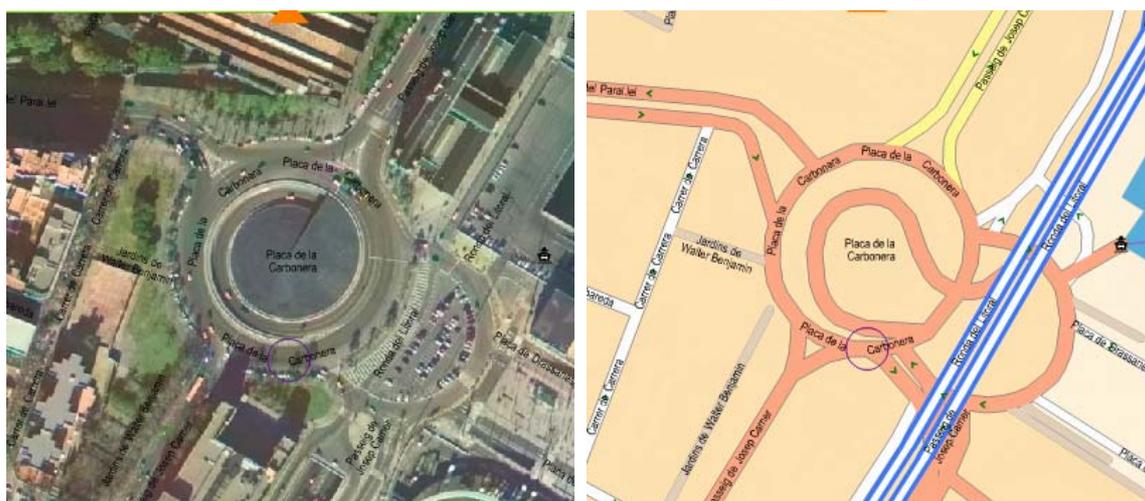


Fig. 5.27: Plaça de la Carbonera en Barcelona.

Situada en la intersección entre el Passeig de Josep Carner y la Avinguda del Paral·lel esta rotonda soporta la mayor parte del tráfico de turismos que van de la Terminal de pasajeros del puerto de Barcelona al centro de la ciudad y viceversa.

Geometría

Se trata de una rotonda circular de grandes dimensiones, que sigue muchas de las recomendaciones sobre rotondas modernas, sobretodo en cuanto al abocinamiento de las entradas y salidas así como su disposición en curva para favorecer que las incorporaciones y los abandonos de la calzada anular (que en algunos tramos llega a tener hasta cinco carriles de circulación) se realicen en las mejores condiciones de seguridad⁴⁴.

La principal señal de identidad de esta plaza y su particularidad como rotonda es que tiene una original incorporación a la calzada anular procedente de una vía segregada que discurre enterrada a otro nivel. Esta incorporación se produce en forma de rampa helicoidal por el interior del anillo de circulación, es decir, por el límite mismo del islote central (ver fotografía adjunta) y es la que condiciona el tamaño del mismo por motivos de trazado.

Urbanismo y entorno

La intersección se halla en el vértice que forman la montaña de Montjuic, el puerto y la ciudad, por lo que el contexto en el que se encuentra la plaza está lleno de contrastes. Pese a todo se trata de un medio básicamente urbano, con trazas de zona industrial transmitidas a través del Passeig de Josep Carner y las instalaciones y edificios portuarios.

A ambos lados de la plaza, en el lado del mar se sitúan las terminales de pasajeros del puerto de Barcelona, con el edificio del World Trade Center de Barcelona, justo en medio de ambas al final de una avenida que tiene su inicio en la misma plaza, con lo que la rotonda actúa como “puerta de entrada” a este espacio especial, efecto que queda remarcado por la instalación de una espectacular escultura de arcos de acero, que viene a complementar la inexistencia de decoración del islote central de la rotonda.

La plantación de palmeras en todo el perímetro exterior de la rotonda recuerda su situación de proximidad al mar.

La rotonda está semaforizada debido al importante tráfico de vehículos que soporta y a que éste tráfico se da mayoritariamente entre contextos en los que la circulación ya está regulada por semáforos (a excepción del tráfico proveniente de la Ronda Litoral).

Funciones

La situación de la plaza en la intersección entre una vía colectora eminentemente urbana como es el Paral·lel con otra vía que básicamente tiene un carácter más industrial (conecta la zona de actividades logísticas del puerto con la ciudad) hace necesaria la implantación de una rotonda, ya que de esta manera no sólo se soluciona la intersección sino que se favorece la transición entre diferentes contextos.

Por otro lado el acceso a la ciudad desde la Ronda Litoral (una vía rápida segregada) con su peculiar configuración en forma de rampa helicoidal hace que la rotonda actúe como “puerta

⁴⁴ Esto es con radios menores en las entradas para obligara a los vehículos a reducir su velocidad y mayores en las salidas para favorecer la expeditividad de la maniobra.

de ciudad⁴⁵, pero con la particularidad de ser una variación del tipo estudiado en apartados anteriores⁴⁵.

En esta variación de la rotonda como punto de referencia que marca la entrada a una ciudad desde una vía segregada es un caso muy común, tanto en variantes de poblaciones o polígonos industriales como en las rondas u otras vías rápidas segregadas (y que generalmente discurren a distinto nivel en las cercanías de la intersección). Con esta solución se pueden generar salidas que, desde las vías segregadas, “pinchen” en la trama urbana (y concretamente en las vías colectoras/distribuidoras más importantes) para generar accesos a la ciudad en los puntos dónde más falta hacen y donde resultan más efectivos.

Además, la implantación de una monumental escultura (de la que carece el islote central) en uno de los laterales de la glorieta, favorece el que se remarque la importancia del lugar en que se ubica la rotonda⁴⁶.

En resumen se trata de una rotonda urbana que aglutina tres funciones diferentes y todas al mismo nivel de importancia, por lo que se trata de una rotonda polivalente cuya implantación está triplemente justificada.

5.5.2 Plaça Borràs (Barcelona)

Esta intersección se halla en la zona alta de Barcelona, en la falda de la Serra de Collserola. Su construcción (ver fotografía) data de la época Olímpica (Barcelona'92), durante la cual se construyeron numerosas infraestructuras en toda la ciudad, entre ellas las rondas.

Geometría

Se trata de una rotonda de las llamadas de “dos puentes”, que consiste en una rotonda elevada respecto una de las vías que confluyen a ella y cuya conexión con ésta se realiza a través de carriles de aceleración y de deceleración en rampa (para salvar el desnivel).

En este caso concreto la rotonda tiene tres niveles en lugar de los dos niveles habituales, ya que la intersección se produce entre dos vías segregadas que aprovechan el punto de cruce para ubicar su conexión con la trama viaria de la ciudad.

Con esta solución (más propia de un enlace de carreteras que de una intersección urbana) se permite la comunicación de las dos vías segregadas entre sí y con la ciudad (ver plano croquis).

Sus dimensiones son la de una rotonda compacta⁴⁷, ya que pese a existir gran cantidad de espacio disponible no es necesario que la rotonda adquiera mayores proporciones.

⁴⁵ Este nuevo tipo de “puerta de Ciudad” está asociado a las rondas de ciudades y travesías urbanas ya que suelen ser vías rápidas que para conectarse a la trama urbana utilizan rotondas que permiten introducir un cambio de contexto y que, a la vez, resuelven los problemas geométricos que presentan las intersecciones de las calles urbanas con estas vías segregadas, generalmente a distinto nivel.

⁴⁶ De hecho la plaza actúa como marco de entrada al “World Trade Center” de Barcelona y a las estaciones marítimas de pasajeros, a la vez que señala la intersección entre dos importantes vías.

⁴⁷ Tiene un diámetro exterior de 60 m, tres carriles de circulación y un diámetro interior de 35 m



Fig. 5.28: Plaça Borràs en Barcelona.

Urbanismo y entorno

Por su situación en una de las partes más altas y alejadas del centro y del crecimiento urbano del ensanche, la rotonda se encuentra en una zona mayoritariamente residencial con edificios aislados y equipamientos.

Como la mayoría de rotondas de este tipo y que obedecen a las mismas funciones, se halla en la intersección entre una vía segregada (en este caso la Ronda de Dalt) con una importante vía colectora que penetra en el tejido urbano de la ciudad acercando a los vehículos que circulaban por la “variante” al mismo centro de la población (en este caso la Vía Augusta, que también discurre segregada).

Funciones

Esta solución es una de las más habituales en las salidas de las rondas de ciudad o travesías urbanas (discurran o no a distinto nivel que el resto de calles de la trama urbana), ya que permite la continuidad del tráfico en los dos sentidos de la vía rápida que se mantiene segregada y no pierde ni el carácter ni la jerarquía que tenía.

Ello se debe a la dualidad de este tipo de rotondas ya que se comporta como intersección para las calles del continuo urbano, mientras que funciona como enlace viario desde el punto de vista de la vía segregada.

La Ronda de Dalt crea un efecto de barrera entre las zonas situadas en el interior y al exterior de la misma y es gracias a sus carriles laterales y a la existencia de pasos superiores que se palia esta desconexión (ya que sirven para comunicar ambos lados entre sí). En este caso las rotondas juegan un importante papel ya no solo desde el punto de vista de los usuarios de la Ronda (a la que dotan de salidas-entradas comunicándola con la ciudad), sino desde el punto de vista de los vecinos de sendas riberas de la Ronda, ya que generan unas zonas de paso y conexión con los carriles laterales que la permeabilizan.

5.5.3 Plaça de Karl Marx (Barcelona)

La construcción de la Plaça de Kart Marx se remonta a los mismos orígenes que la Plaça Borràs comentada anteriormente.

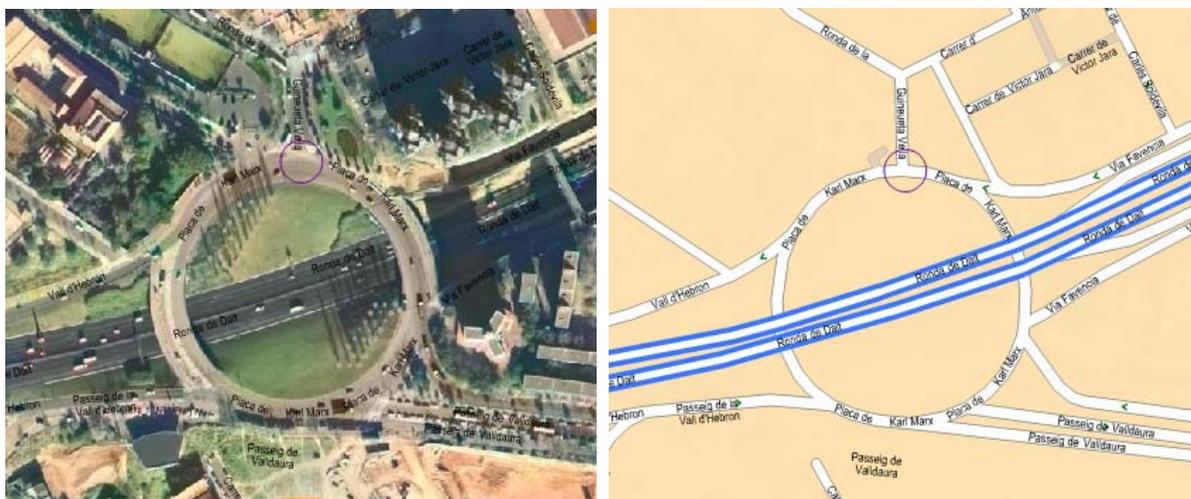


Fig. 5.29: Plaça de Kart Marx en Barcelona.

Geometria

Tiene unas dimensiones extraordinarias para tratarse de una rotonda de dos puentes como las que se pueden encontrar a lo largo de toda la Ronda de Dalt de Barcelona y recuerda más a las antiguas rotondas extraurbanas proyectadas según el criterio de trenzado.

Las dimensiones del anillo de circulación y el tratamiento de la conexión de los distintos ramales con el mismo implican una importante separación entre entradas y salidas por lo que se mejoran las condiciones de seguridad y se contribuye a la fluidez de las incorporaciones.

Urbanismo y entorno

La rotonda se encuentra sobre la Ronda de Dalt, en el punto en que se adentra en Nou Barris, en la falda de Collserola.

Tres importantes paseos convergen en ella: el Passeig de Valldaura, el de la Vall d'Hebrón y la Vía Favència. Estos dos últimos son carriles laterales de la Ronda de Dalt que actúan como colectores de las diferentes calles secantes que encuentran continuidad en ellos⁴⁸ (y que a la vez son los accesos desde y hacia la Ronda de Dalt), mientras que el primero es una vía que lleva el tráfico hacia el corazón de Nou Barris (y su intersección con la Vía Júlia en la Plaça Lluçmajor).

Funciones

Su principal función es la de dotar a la Ronda de Dalt de un punto de conexión con el barrio de Nou Barris, permitiendo a la vez una conexión efectiva entre los diferentes paseos que convergen en ella, por lo que hay que añadirle la función de distribución de tráfico, que,

⁴⁸ de lo contrario se verían interrumpidos por la Ronda.

Urbanismo y entorno

La rotonda se encuentra en el límite entre el término municipal de Barcelona y el de l'Hospitalet de Llobregat, justo en la intersección entre la Gran Vía de les Corts Catalanes y la Ronda del Mig.

El entorno circundante es eminentemente industrial, pero a escasos metros de la rotonda en la continuación de la Gran Vía hacia el centro de Barcelona se va convirtiendo en un entorno residencial al pie de la montaña de Montjuic.

Funciones

La plaza está situada en el punto en el que la Autovía de Barcelona a Castelldefels pierde su condición de vía rápida para convertirse en vía urbana (la Gran Vía), por lo que la rotonda sirve como un elemento de señalización y advertencia de la inminencia del cambio. Sin embargo este cambio no se produce de inmediato en la Gran Vía, que pasa por debajo de la rotonda y continúa siendo una vía segregada (pero que gradualmente va adquiriendo un carácter urbano a medida que se aproxima a la Plaça d'Espanya).

En el otro eje importante (la Ronda del Mig) si que se produce un cambio importante ya que pasa de ser un eje principalmente urbano como la Rambla de Badal (que se complementa con la segregada Ronda del Mig, que está cubierta hasta llegar a la Plaça Cerdà) a convertirse en el Passeig de la Zona Franca, que se fusiona con la Ronda del Mig, desapareciendo la segregación y pasando a ser una vía de un carácter más industrial.

En resumen vemos que se dan tres funciones importantes en esta misma rotonda. La principal es la de punto de conexión entre una vía rápida con otro eje importante de la ciudad.

La segunda es la de lugar de referencia como puerta de ciudad y señalizador del cambio de carácter en una vía (que pasa de ser interurbana a ser urbana en el caso de la Gran Vía) y en el tejido urbano que la rodea.

También sirve para introducir un cambio de sección en el otro eje. A partir de la rotonda la Rambla de Badal (vía eminentemente urbana) se fusiona con la Ronda del Mig (que es una vía rápida segregada) para convertirse en el Passeig de la Zona Franca, donde pasa a ser una vía urbana-industrial y se mantiene la condición de vía de ronda, pero sin estar segregada del resto de la trama urbana.

5.5.6 Plaça de Prat de la Riba (Barcelona)

Se encuentra en el límite entre los distritos de Sarrià-Sant Gervasi y Les Corts, en el punto en el que se cruzan la calle Numància y la Avinguda de Sarrià con la Ronda del Mig (precisamente en ese punto pasa de llamarse Gran Vía de Carles III a ser la Ronda del General Mitre).

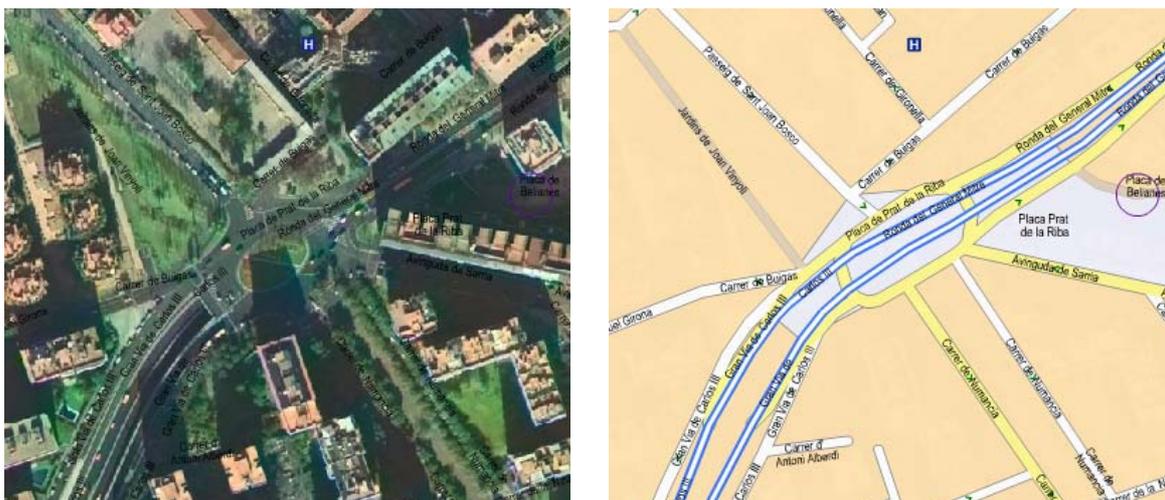


Fig. 5.32: Plaça Prat de la Riba, en Barcelona.

Geometría

Es una plaza elíptica cuyo islote central tiene unas dimensiones aproximadas de 40 metros para el radio mayor y 25 metros para el menor, por lo que la relación entre radios es menor a la recomendada. El anillo de circulación tiene anchura suficiente hasta para cuatro carriles (anchura aproximada de 15 metros).

Se halla en una intersección entre 7 calles pero se soluciona mediante una rotonda elíptica con cinco brazos asimétricos y sus correspondientes entradas y salidas.

La Ronda del Mig pasa por debajo de la plaza, que se encuentra al mismo nivel que el resto de calles que llegan a la intersección.

Su geometría elíptica no se corresponde con ninguna necesidad específica y, aparentemente, se antoja como un criterio de diseño.

Urbanismo y entorno

A pesar de encontrarse a caballo entre dos barrios, la tipología de ocupación del suelo residencial es homogénea en todo el entorno de la intersección y se trata de bloques plurifamiliares aislados y rodeados de amplios espacios abiertos y zonas verdes.

Es una zona bastante transitada por peatones lo que ha contribuido a que la rotonda haya tenido que ser semafORIZADA juntamente con la necesidad de coordinar el tráfico para evitar que el eje Avinguda de Sarrià – c/ de Joan Bosco llegara a impedir la incorporación de los vehículos procedentes de la Ronda del General Mitre.

Funciones

Se trata de una de las rotondas más versátiles del viario de Barcelona, y probablemente una de las que soporta mayor volumen de tráfico.

Representa la última salida a la superficie de la Gran Vía de Carles III (vía segregada) antes de convertirse en la Ronda del General Mitre y comunica ambas con la trama urbana de la

ciudad mediante la Avinguda de Sarrià y la calle Numància para comunicar con el Eixample y el barrio de Les Corts respectivamente, y mediante la c/ Manuel Girona como vía de comunicación con la zona de Pedralbes.

Su función es principalmente la de servir como nodo de repartición ya que, exceptuando el itinerario Avinguda de Sarrià – c/ de Joan Bosco, el tráfico entrante por cada una de las ramas se distribuye por el resto de salidas en proporciones que son del mismo orden de magnitud.

5.6 En zonas de uso industrial

5.6.1 Rotonda en Sant Adrià del Besòs (Barcelona)



Fig. 5.33: Rotonda a Sant Adrià del Besòs.

Geometría

Es la típica rotonda que podemos encontrar en un polígono industrial. Totalmente circular, con calles en ángulo recto, siguiendo la tipología de rotonda compacta.

En la fotografía aérea se puede observar que no existen isletas deflectoras pero que los propios conductores siguen trayectorias similares a las que éstas impondrían. Para constatar este hecho es suficiente fijarse en las marcas del pavimento, que aparece sucio allí donde los vehículos no circulan y ver que las formas que aparecen se asemejan a las de isletas deflectoras.

Como es habitual en este tipo de intersecciones en polígonos industriales, el aspecto paisajístico no es determinante. El islote central está plantado⁵⁰, pero muy pobremente y sin ningún elemento especial de decoración, arbolado o iluminación⁵⁰.

Urbanismo y entorno

Se encuentra en un contexto urbano totalmente industrial, con malla rectangular y las fachadas de las edificaciones industriales alineadas con la vía pública

⁵⁰ De todas maneras innecesario porque la rotonda no pretende servir para identificar el lugar.

llegan) de ella. Las entradas y salidas a la vía que sigue la traza del río se parecen más a las se dan en medio interurbano y periurbano, con isletas deflectoras mayores e introducción de curvatura a medida que la vía se aproxima a la rotonda. En el caso de la vía que penetra en el núcleo de Santa Coloma es similar al del viaducto, ya que se trata de una calle recta con calzadas separadas por una pequeña mediana y que tiene un carácter mucho más urbano.

Urbanismo y entorno

Ambas rotondas se hallan en una zona poco poblada, en concreto la de Barcelona se inserta en un área industrial y la de Santa Coloma, en una zona dónde se encuentran varios equipamientos deportivos.

La presencia del río Besòs y de las vías que discurren por ambas riberas resultan determinantes en la configuración del espacio urbano a lo largo de todo su recorrido creando un efecto de barrera que rompe la continuidad de las tramas urbanas. Este espacio es ideal para la ubicación de infraestructuras de circunvalación ya que el propio río crea un corredor natural.

Los viaductos sobre el río son los elementos de cosido que proporcionan el medio de comunicación entre riberas y los puntos de intersección entre las vías de circunvalación y de cosido son lugares privilegiados a nivel de comunicación y se convierten en nodos importantes del grafo viario.

Funciones

Es por eso que la ubicación de sendas rotondas en un lugar tan señalado obedece a la necesidad de ubicar un elemento de distribución de tráfico que sirve como nodo de comunicación.

Esto queda patente en el caso de la primera rotonda (la Plaça Monterrey), para la que son válidos todos los principios funcionales expuestos con anterioridad en casos de rotondas que sirven como puntos de conexión de vías segregadas con la trama urbana de la ciudad.

En el caso de la rotonda de Santa Coloma sus funciones se decantan más por las propias de una intersección en medio periurbano, unidas a la de señalar un lugar importante como es el inicio de un viaducto que comunica dos núcleos separados en este caso por un río.

El sistema conjunto formado por las dos rotondas también tiene una función clara ya que permite los cambios de sentido que sirven para corregir errores, impidiendo que los conductores que cometan uno se vean obligados a entrar en un núcleo urbano sin desearlo.

5.7.2 Rotonda partida c/Cristòfol de Moura (Sant Adrià del Besòs)

Geometría

Este es un caso típico de rotonda partida que se da sobretudo en el ámbito periurbano, cerca de zonas industriales. En esta ocasión la rotonda se encuentra en la intersección entre una vía importante que desde Barcelona tiene continuidad hacia el otro lado del río, atravesando Sant Adrià del Besòs y llegando a Badalona.

En el tramo proveniente de Barcelona la vía principal dispone de sendos carriles laterales separados del principal y que vienen a morir a la rotonda, es decir, no tienen continuidad en sentido Badalona. Estos carriles son utilizados como incorporación directa por los usuarios de los ramales secundarios de la intersección.



Fig. 5.35: Rotonda partida c/Cristòfol de Moura a Sant Adrià del Besòs.

Urbanismo y entorno

Esta rotonda se halla en la intersección entre la c/ Cristòfol de Moura y la c/ de Moratín y la carretera de La Catalana, en Sant Adrià del Besòs, en el margen derecho del río Besòs. El entorno es claramente periurbano. Se trata de una zona comprendida entre una estructura viaria tan importante como la ronda litoral y el río Besòs, quedando así confinado e impedido su crecimiento, por lo que existe una fuerte tendencia a degradarse urbanísticamente hablando.

En su entorno más inmediato tan solo se observan terrenos sin ningún uso (esperando ser ocupados) y una serie de naves industriales.

Funciones

Con este tipo de intersección se pretende que la vía principal mantenga su jerarquía con respecto las otras dos que llegan a la rotonda ya que al pasar por el medio del islote central, dividiéndolo en dos mitades, no se introduce ninguna interrupción en su tráfico. Sin embargo estas rotondas no suelen funcionar bien ya que existe un desequilibrio muy marcado entre el eje principal y los secundarios, que podrían llegar a verse colapsados al no encontrar los vehículos un lapso que les permita atravesar el flujo principal en condiciones de seguridad.

5.8 En áreas en proceso de urbanización incipiente

5.8.1 Plaça de Salvador Dalí (Sant Adrià del Besòs)



Fig. 5.36: Plaça de Salvador Dalí a Sant Adrià del Besòs.

Geometria

No se trata de la típica rotonda que sirve para dar servicio a una vía segregada de largo recorrido o rápida, permitiendo que conecte con el resto de calles del entrono urbano por el que pasa.

En este caso se trata de una rotonda de 5 ramas, dos de las cuales pertenecen a una vía con un gran porcentaje de vehículos que desean seguir por ésta, sin efectuar ningún cambio de dirección.

Para permitir esto sin que se produzcan interferencias innecesarias en el resto de itinerarios y para no saturar a la rotonda se ha construido un paso inferior de manera que aquellos vehículos que deseen permanecer en la Avinguda de Pi i Margall.

Urbanismo y entorno

La rotonda se inserta en un contexto urbano en expansión. En la figura adjunta se puede observar como un parque y los edificios de viviendas llegan hasta la misma intersección, pero también como existen terrenos yermos y sin edificar al otro lado de la Avinguda de Pi i Margall, que crea un límite entre la zona construida y la que todavía no lo está.

Funciones

Su función es única y exclusivamente la de distribución de tráfico, al tratarse de una rotonda ubicada en el límite de una zona en expansión no existe demasiado tráfico de peatones, pero éste debería haberse tenido en cuenta de cara al futuro, ya que más adelante puede tratarse de una zona en la que la presencia peatonal sea elevada.

5.8.2 Plaça del Canigó (Sant Adrià del Besòs)



Fig. 5.37: Plaça del Canigó a Sant Adrià del Besòs.

Geometría

En este caso nos encontramos ante una rotonda que se encuentra ubicada junto a una zona donde el crecimiento está impedido por la existencia del río Besòs, que llega incluso a introducir cambios en la geometría de la rotonda, que no es del todo circular.

La rotonda no está siquiera acondicionada, no dispone de señalización ni de iluminación, el anillo de circulación no está completamente cerrado ni asfaltado del todo, el islote central no ha sido tratado paisajísticamente...

Urbanismo y entorno

Se halla en una zona en la que se encuentran urbanización residencial, urbanización industrial, terreno yermo, zona fluvial e infraestructuras viarias, pero la presión urbanística hará que, tarde o temprano, los espacios libres adyacentes a la rotonda sean ocupados por construcciones de carácter residencial o industrial.

Funciones

Actualmente el anillo de circulación no se ha completado y la rotonda no funciona como tal, sino que solo sirve como reserva de espacio para ubicar, en el futuro, una rotonda que suponga a la vez una plaza que proporcione un espacio de calidad urbana atractiva para los vecinos de la zona.

A la rotonda llegan cinco calles, todas ellas sin continuidad, por lo que en un futuro, la rotonda se comportará como un “cul de sac” que permitirá cambiar de sentido y pasar de una calle a otra.

5.9 Otros ejemplos

5.9.1 Glorieta de Carlos V

Conocida popularmente como la glorieta de Atocha, la glorieta de Carlos V es uno de los enclaves de tráfico más importantes de la ciudad. Se encuentra en un lugar en el que estuvo una de las antiguas puertas de la cerca de Madrid y representa el paradigma de las actuaciones urbanísticas en forma de glorietas de nueva implantación.

Inaugurado en 1968, el sistema de pasos a distinto nivel que ocupaba el espacio de la plaza de Atocha fue denominado comúnmente como “scalextric de Atocha” por la multitud de vías que lo constituían y que recordaban las del popular juego de carreras de coches a escala.



Fig. 5.38: Antes y después en de la Plaza del Emperador Carlos V, Madrid.

Además de presentar problemas de circulación, la mastodóntica combinación de estructuras ocultaba de la vista uno de los vestíbulos urbanos más atractivos de la capital española, en el que convergían nada menos que el Paseo del Prado con el Parque del Retiro, el casco antiguo de la Ciudad, la estación de trenes de Atocha y el ministerio de Agricultura.

Su demolición en 1985, permitió recuperar la "fuente de la alcachofa" y abrir este espacio a la circulación mixta de peatones y vehículos mediante una rotonda semafORIZADA que recoge todas las vías en un mismo nivel, lo que no solo ha mejorado las condiciones del tráfico, sino que también ha supuesto una mejora del entorno a nivel urbanístico, al convertirse un espacio degradado en un espacio de calidad.

Actualmente todas las vías se congregan en una sola glorieta de dimensiones relativamente reducidas, con un diámetro del islote central que ronda los 40 metros y hasta 6 carriles de circulación en la calzada anular, según el tramo.

Existen multitud de casos similares en otras ciudades, que podrían solucionarse de la misma manera, con lo que se ganaría en calidad urbanística.

5.9.2 Solución en turbina para la intersección entre dos autovías (caso general)

En los cruces entre grandes vías interurbanas como autovías y autopistas se prohíben las intersecciones al mismo nivel, que supondrían una interrupción en el flujo de vehículos y un peligro para sus usuarios.

En su lugar se proyectan enlaces a distinto nivel que, manteniendo la continuidad en la circulación, permitan la conexión entre ambas vías con un menor riesgo de accidentes y, generalmente, con una mayor capacidad de absorción de vehículos.

A continuación se muestra el típico caso de “turbina” viaria que permite pasar a la otra vía con giro directo a derechas y semidirecto a izquierdas. Este tipo de nudo exige la construcción de multitud de estructuras de paso y a menudo representa un problema para los usuarios que no están habituados a utilizarlo a la hora de decidir el itinerario a seguir.



Fig. 5.39: Ejemplo de turbina viaria en una intersección entre autovías.

Esta configuración presenta otros problemas como la ocupación de suelo o el impacto visual, además tampoco admite errores ni vacilaciones en la toma de decisiones de los conductores. Es por eso que si su construcción no está suficientemente justificada por un estudio de tráfico que así lo recomiende se deberían estudiar otras posibilidades de enlace.

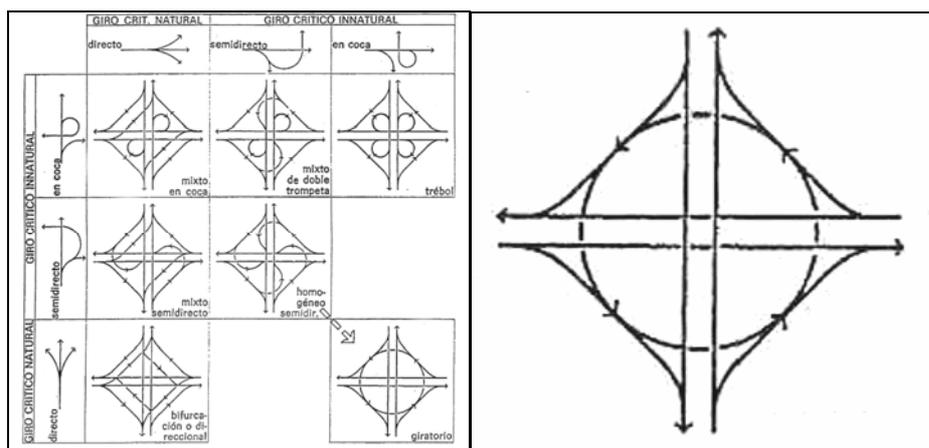


Fig. 5.40: Tipos de nudos viarios en función de la naturaleza de los giros y esquema de enlace giratorio.
Fuente: "Nudos de Carreteras".

Para situaciones en las que los movimientos entre las dos vías sean débiles se deberían estudiar otras posibles soluciones, en concreto la construcción de un anillo de circulación de grandes dimensiones y que permita efectuar todos los movimientos y corregir errores (ver figura 5.40).

5.9.3 Solución de una intersección siguiendo las recomendaciones de 1967

A continuación se presenta el diseño de una intersección entre seis vías, solucionada siguiendo a rajatabla las recomendaciones para el proyecto de intersecciones de 1967.

La figura 5.41 hace referencia a la intersección entre una vía importante que es cruzada por otras dos vías sensiblemente paralelas pero que se hallan separadas entre sí y que adopta una tipología específica para permitir todos los movimientos (todo según las “Recomendaciones para el proyecto de intersecciones” publicadas por el MOPU en 1967).

Vemos que la vía principal tiene prioridad de paso con respecto a las otras dos, lo que obliga a disponer señales de “STOP” en casi todos los cruces, hecho que podría llevar al colapso de la intersección para situaciones cercanas a la capacidad máxima.

El único punto a favor de esta propuesta es que se realiza al mismo nivel y que permite todos los movimientos, con los giros que se producen de manera natural y directa. Además existe la posibilidad de realizar cambios de sentido gracias a la ubicación de un obstáculo central alrededor del cual se ha habilitado un recorrido de giro.

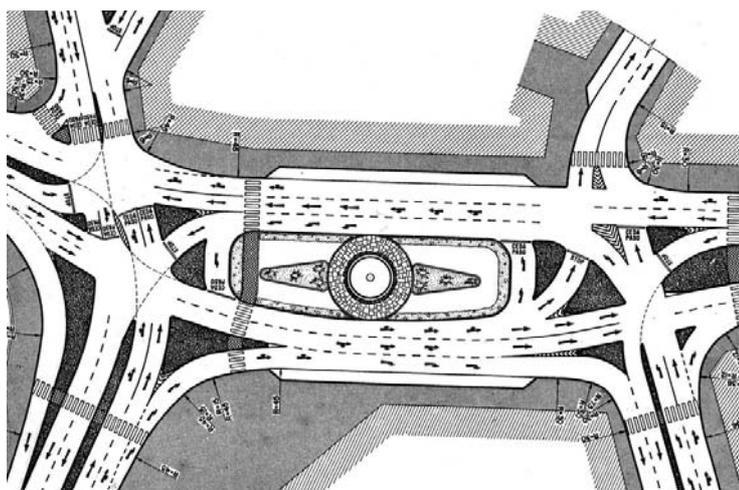


Fig. 5.41: Resultado de la aplicación estricta de las “recomendaciones” para una intersección.

Observando el obstáculo y el anillo de circulación vienen a la mente imágenes de rotondas que son, por lo menos en apariencia, más comprensibles, con un funcionamiento mucho más sencillo que la intersección de la que hablamos y seguramente muchísimo más seguras al reducirse ostensiblemente los puntos de conflicto.

Una solución mediante intersección giratoria o una doble rotonda sería mucho más adecuada, no solo por su simplicidad sino también por las mejoras en seguridad, ahorro de tiempo y combustible y la reducción en las emisiones sonoras que supondría. Tan solo debería tenerse en cuenta la posibilidad de mantener la prioridad del eje principal (prioridad que se vería truncada por la presencia de las rotondas) mediante la construcción de un paso a distinto nivel, por ejemplo enterrado.

5.9.4 Intersección anular

Una intersección anular “es una glorieta en la que la circulación habitual en sentido único alrededor de la isleta central ha sido reemplazada por una circulación en doble sentido, con miniglorietas de tres ramales o semáforos en cada acceso a la calzada anular.”⁵¹

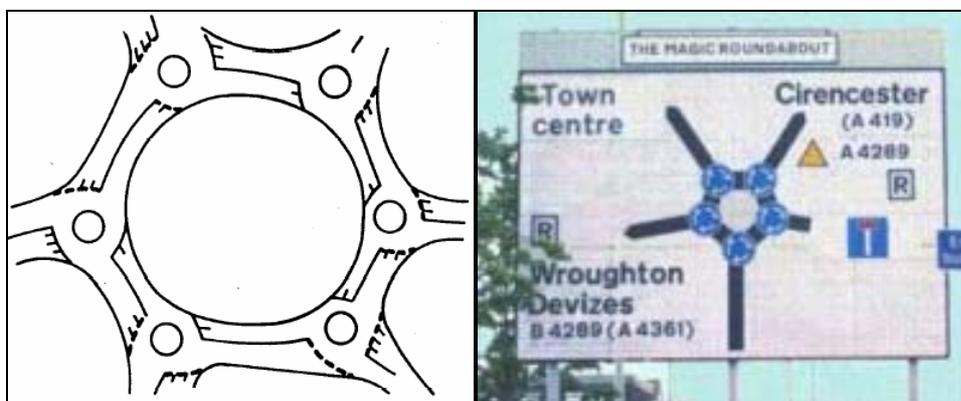


Fig. 5.42: Esquema de una intersección anular y ejemplo de señalización.

Su funcionamiento es aparentemente contrario al sistema habitual en una rotonda ya que los vehículos que circulan por la calzada anular deben ceder el paso a los que desean incorporarse a ella. Esto se debe a que estas entradas se producen a través de miniglorietas de las que la calzada anular de la intersección anular no es más que otro brazo. Visto de este modo la anterior definición no es del todo correcta, ya que una intersección anular no es una glorieta, en realidad es una sucesión de glorietas (ver figura 5.42) que permite reducir las distancias de recorrido con respecto a las que se darían en caso de mantener la glorieta como convencional con prioridad en el anillo. De hecho un vehículo que entra en una intersección anular puede elegir entre girar a la derecha o a la izquierda en función de la salida que vaya a tomar.



Fig. 5.43: La "Rotonda Mágica" es uno de los ejemplos de intersección anular que existe en el Reino Unido.

Al parecer este tipo de intersección resulta ser una solución eficaz para la conversión de las grandes glorietas convencionales que funcionaban por trenzado, solucionando sus problemas de congestión, por desgracia no existen demasiados ejemplos que permitan reafirmar esta teoría.⁵²

⁵¹ Según la definición dada en las Recomendaciones sobre Glorietas publicada por el MOPU en 1989, pag. 16.

⁵² En Gran Bretaña existen varias intersecciones de este tipo de las que la "Rotonda Mágica" de Swidon es la más famosa.

Los ingenieros ingleses las han recomendado bajo ciertas situaciones excepcionales y siempre tras haber realizado un estudio con rotondas de ensayo, por lo que su uso generalizado para resolver los problemas que presentan otras rotondas de gran tamaño no es recomendable. Además hay que recordar que el carácter, la cortesía y el modo de conducir de los británicos no tiene igual en el resto del mundo⁵³ por lo que exportar soluciones de este tipo a otros países podría ser contraproducente.

5.9.5 El Nudo de la Trinitat (caso particular de enlace viario)

El Nus de la Trinitat (nudo de la Trinitat) es un enlace viario situado a la salida de la ciudad de Barcelona y que permite comunicar entre sí la Ronda Litoral, la Ronda de Dalt, la B-20 (Barcelona-Mataró), la C-17 (Barcelona-Puigcerdà), la C-58 (Barcelona-Manresa) y la C-33 (Barcelona-Girona-Francia). Es por lo tanto uno de los enlaces viarios más importantes de la ciudad.

El enlace ocupa una enorme extensión de terreno situada al pie del Turó de la Trinitat entre el barrio del mismo nombre (del que toma el nombre el enlace), el río Besòs y la playa de vías del ferrocarril. Este enclave es el único con espacio disponible antes del corredor del río Besòs que, juntamente con el del Llobregat es el más importante en cuanto a las infraestructuras de transporte (carreteras, ferrocarriles, abastecimiento de agua, líneas eléctricas, etc...) se refiere.

Su morfología sufrió numerosos cambios a lo largo de todo el proceso de diseño, en parte para dar respuesta a las necesidades del tráfico y en parte para adaptarlo a los criterios de los técnicos y a los condicionantes del lugar, que distaron de ser constantes.



Fig. 5.44: Ejemplos del diseño del enlace en dos etapas distintas del proceso

En la figura 5.44 podemos observar dos diseños distintos que finalmente no fueron llevados a cabo. En el primero (a la izquierda) se trata de un enlace viario al más puro estilo americano, sin tener en cuenta el carácter semiurbano del lugar y sin explotar el potencial de espacio disponible. Esta primera solución consiste en un entramado de cruces a distinto nivel con ramales de bifurcación y comunicación e introduce la filosofía del enlace viario interurbano en el contexto de la ciudad.

⁵³ El hecho de que en el Reino Unido se las conozca como "rotondas mágicas" contribuye a que los conductores reconozcan la anomalía en el funcionamiento de la intersección.

En la misma figura 5.44 se muestra una segunda solución (a la derecha). En esta se puede observar un cambio radical en la concepción del enlace. Por primera vez aparece un anillo de circulación integrador que permite realizar cambios de sentido (también existen caminos directos para los itinerarios más sobrecargados que evitan la pérdida de prioridad que supone la entrada a una rotonda). Esta nueva configuración resulta más acorde con los criterios integradores y es más respetuosa a nivel visual y social, por primera vez el trazado se adapta para respetar una industria existente, además la necesidad de longitudes de trenzado adecuadas hace que el anillo de circulación se haga más grande y en consecuencia se disponga de un enorme espacio central susceptible de ser aprovechado, esto lleva a la consideración de hacer el anillo de circulación algo permeable, hecho que se puede conseguir mediante un tramo porticado o en falso túnel y que permita la accesibilidad al espacio central desde el barrio de la Trinitat.

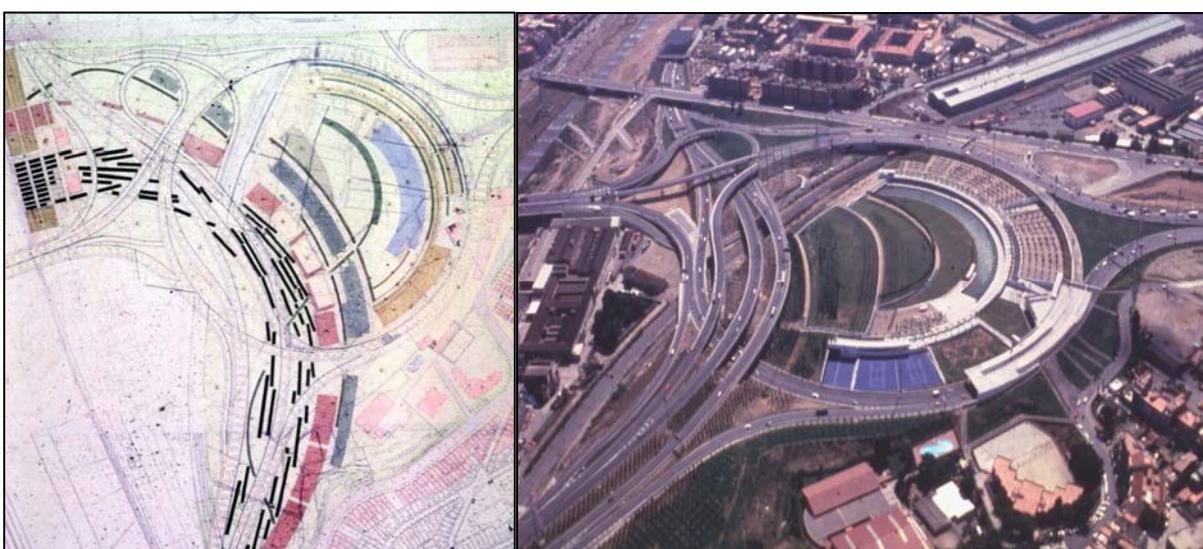


Fig. 5.45: Idea propuesta con anillo de circulación y enlace construido según la solución final.

A menudo sucede que por diversos motivos, una buena idea nunca se lleva a cabo por ser ésta tergiversada y la solución final adquiere aspectos formales de ésta pero que ni le son propios ni le corresponden. Éste el caso del Nus de la Trinitat. La solución intermedia (la que proponía la construcción de una gran rotonda central) además de ser una propuesta que funcionaba a nivel circulatorio (¡hasta permitía los cambios de sentido!) estando en consonancia con el carácter quasiurbano del lugar, incluía la posibilidad de que el propio barrio de la Trinitat invadiera el espacio central con su crecimiento (ver figura 5.45 izquierda).

Sin embargo algo se perdió por el camino y finalmente la solución definitiva consiste en un enlace que ha heredado la forma circular pero que no permite realizar un giro completo (ver figura 5.45 derecha) con lo cual la forma heredada pierde todo el sentido. Ésta última solución ni siquiera ha comprendido la política de aprovechamiento del espacio central, éste se ha convertido en parque con un pequeño equipamiento deportivo, malgastándose así una oportunidad integradora y de crecimiento para el barrio.

5.9.6 Plaza Vs. Rotonda

En los últimos tiempos ha aparecido una tendencia generalizada a solucionar todas las intersecciones urbanas que requerían de una cierta sensibilidad urbana, o una mejora del espacio circundante, mediante la implantación masiva y repetitiva de rotondas.

Sin embargo cada problema específico requiere una solución particular y no todo tiene porqué hacerse con rotondas.



Fig. 5.46: Proyecto de una plaza en lugar de una rotonda.

Este es el caso del ejemplo que se muestra en la figura 5.46. La configuración de las calles es idónea para la implantación de una rotonda de tres ramas, sin embargo se perdía la posibilidad de ubicar un espacio central accesible y de mayor calidad aún que una rotonda, una verdadera plaza.



Fig. 5.47: Plaza urbana rodeada de calles. El espacio creado es un oasis de tranquilidad en plena ciudad.

En este caso concreto también se establece una circulación giratoria alrededor de la plaza, pero con un régimen diferente al de las glorietas y que favorece mucho más a los peatones, los itinerarios de éstos están priorizados y el espacio central se hace accesible. Con el modelado del terreno, que sitúa el espacio central de la plaza a un nivel más bajo que el de las calles de alrededor (ver figura 5.47), la plantación de una vegetación adecuada y un buen proyecto de diseño del pavimento y el mobiliario urbano se consigue una sensación de recogimiento,

protección y aislamiento además de una calidad estética que hacen de la plaza un espacio muy valorado por los habitantes del lugar.

Con este ejemplo se quiere señalar que no se debe tender a soluciones estándar que contribuyen a homogeneizar las actuaciones urbanas, con lo que se pierden oportunidades de realizar urbanismo de calidad a medida de cada situación, la rotonda no es la panacea del urbanismo.

6 FUNCIONES DE LA ROTONDA EN EL ESPACIO URBANO

Utilizar una rotonda como solución a una intersección debe ser la consecuencia lógica de la búsqueda de unos objetivos que ésta debe cumplir y que la sitúan en una posición ventajosa con respecto a una intersección habitual (con semáforos, mediante preselecciones o con prioridad a la derecha). La consecución de estos objetivos se convierte de este modo en la función de la rotonda en el lugar concreto que ocupa. Entre estas funciones podemos destacar las siguientes:

6.1 La rotonda como elemento de intersección

La principal misión de estas rotondas es la de garantizar el correcto funcionamiento de la intersección.

No existe una correspondencia clara entre esta función y una cierta tipología específica. La geometría de la rotonda se adapta a cada intersección, pudiendo adoptar formas circulares o elípticas dependiendo de los itinerarios prioritarios y la disposición de las calles que convergen en la intersección: a mayor número de ramales o mayor separación de éstos, más grande será la rotonda.

6.1.1 Única solución a la intersección

A menudo la mejor, si no la única, solución posible para una intersección resulta ser la giratoria. Para intersecciones de cinco o más ramas la superioridad de la rotonda es manifiesta incluso cuando ésta está regulada por semáforos.

La práctica de resolver intersecciones de más de cuatro ramales mediante una glorieta con semáforos está muy extendida (sobretudo en el contexto urbano) ya que es más sencilla de ejecutar y más fácil de regular que otro tipo de intersección. Ello se debe a que la intersección se reduce a una serie de intersecciones en "T" con la vía prioritaria de un solo sentido. Además con la solución giratoria se reducen los puntos de conflicto y su funcionamiento es muy intuitivo y universalmente conocido por todos los conductores.

Por otro lado la ubicación de una rotonda implica la homogeneización de todos los accesos de las calles que llegan a la intersección, lo cual facilita la inserción de diferentes vías con distintas características, lo que también posibilita introducir cambios de sección en una misma vía a ambos lados de la rotonda.

6.1.2 Espacios centrales de distribución urbana

La flexibilidad de itinerarios que ofrecen las glorietas han llevado a los urbanistas a utilizarlas en aquellos puntos en los que se desea recoger el tráfico procedente de distintas calles y canalizarlo por una sola vía o viceversa, a partir de una sola vía colectora repartir todo su tráfico al llegar a una rotonda que actúa como nodo de distribución. Es el caso que se da a la entrada y salida de algunos túneles y viaductos urbanos (como en el caso comentado en el apartado 5.4.6).

Sin embargo también se utilizan en contextos urbanos mucho más caracterizados, como por ejemplo el ensanche de una población, como centros de una trama viaria radial (ver figura 5.13).

6.1.3 Conexión entre rondas o travesías con la trama urbana

El aumento de la población y el crecimiento de las ciudades, juntamente con la generalización del uso del automóvil han llevado a un conflicto urbano entre éste y la ciudad.

Efectivamente a finales del siglo XX los niveles de tráfico han llegado a unos niveles insostenibles en la ciudad, que ha tenido que inventar nuevas formas para deshacerse del tráfico molesto.

Entre éstas destacan las variantes de las poblaciones, que no son nada más que nuevas carreteras que, antes de llegar a la entrada de la población, desvían el tráfico de paso o de largo recorrido evitando que penetre en el interior del núcleo, ahorrando molestias innecesarias a los vecinos y mejorando los tiempos de recorrido de los vehículos que las utilizan (y que no tienen que recorrer un tramo urbano con las limitaciones en la velocidad que esto supone) dejando la antigua carretera que se adentra en el pueblo como un calle de acceso o de tráfico local.

Normalmente éstas variantes suelen incluir enlaces con caminos u otras carreteras secundarias que conectan con el pueblo haciendo que el territorio comprendido entre la variante y la población gane puntos de comunicación, lo que genera un impulso de crecimiento que orienta la tendencia expansiva del pueblo en dirección a la variante (ver figura 6.1)

De esta manera en el futuro los enlaces de la variante con las carreteras secundarias acaban por convertirse en puntos de conexión con la futura trama viaria de la población. Por este motivo, si las previsiones de crecimiento así lo indican, es recomendable proyectar estos enlaces teniendo en cuenta el papel que pueden tener en el futuro, pero sin dejar de entender cual es su función actual.

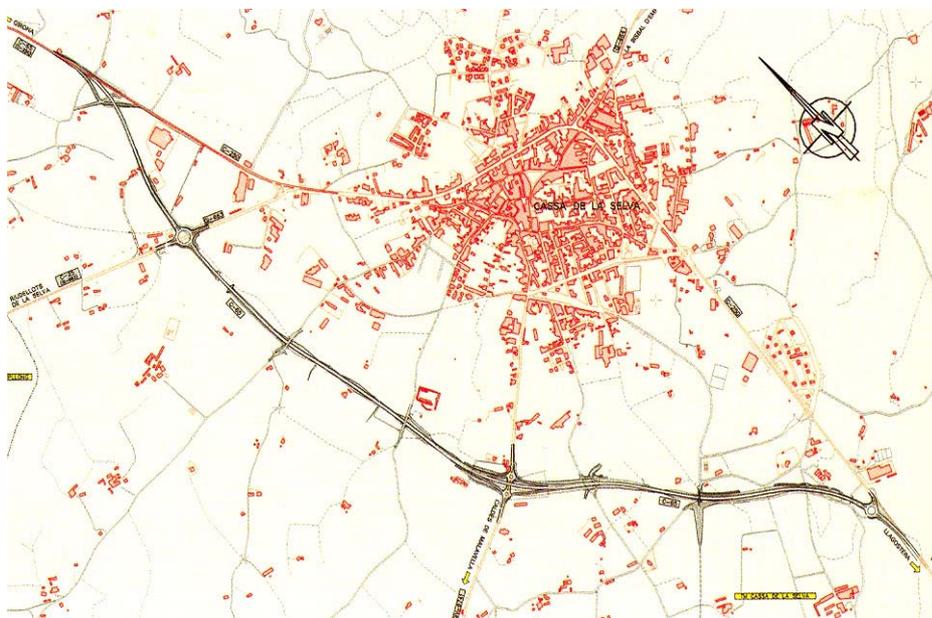


Fig. 6.1: Variante de una población, se aprecian los diferentes enlaces de conexión.

En el caso de las ciudades más grandes este problema también se ha puesto de manifiesto, haciéndose necesarias unas vías de ronda que rodeen la ciudad o unas travesías que permitan que las vías interurbanas más importantes penetren en la ciudad permitiendo el tráfico de paso o de largo recorrido, pero permitiendo también acceder a la ciudad mediante conexiones con el resto de la trama urbana (ver figura 6.2).

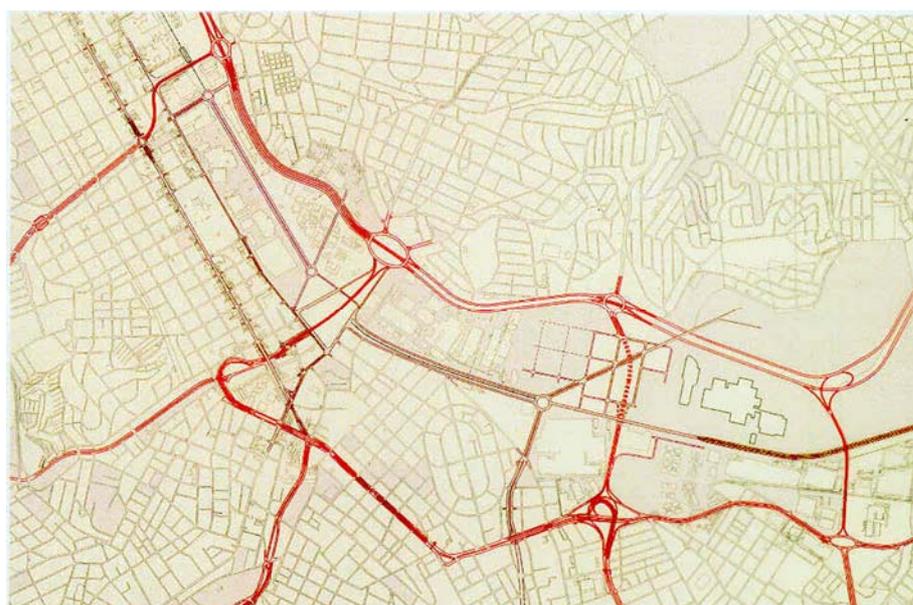


Fig. 6.2: Vías segregadas y de largo recorrido en una trama urbana.

Para permitir la circulación a velocidades mayores a las del resto del viario urbano estas travessías urbanas y vías de ronda deben estar segregadas del resto de calles de la ciudad, pero a la vez deben permitir la conexión con las más importantes de estas calles. En la mayoría de los casos la disposición de estas vías rápidas se ha realizado a distinto nivel (generalmente más bajo que el de las calles circundantes), esto ha llevado a la búsqueda de soluciones compatibles para resolver el problema de conexión.

La ubicación a distinto nivel, la falta de espacio, la diferencia entre usos y usuarios y los distintos modos de circulación que se dan entre las vías rápidas segregadas que discurren por terreno urbano y las propias calles de la ciudad ofrecen un problema a la hora de realizar una conexión eficiente entre ambas, sin embargo la rotonda con sus especiales características, parece el medio ideal para resolver tal conflicto (ver figura 6.3).



Fig. 6.3: Conexión viaria entre dos carreteras utilizando una vía segregada a su paso por una población. A lo largo de toda la traza se observan diferentes tipos y tamaños de rotondas en función de las necesidades.

La rotonda ocupa mucho menos espacio que un enlace directo y es, además, mucho más compatible con el entorno urbano. Por otro lado la pérdida de prioridad que introduce sirve para efectuar cambios en el modo de circulación entre los ramales de entrada y los de salida (permite pasar de una circulación continua típica de las vías interurbanas a una circulación "discontinua" más característica de contexto urbano) y posibilita su utilización por parte de cualquier tipo de usuario.

Las rotondas se convierten así en el enlace por excelencia de las rondas "pinchando" el entramado urbano y generando entradas a la ciudad, permitiendo a los vehículos que circulan por estas vías segregadas emerger a la superficie (ver figura 6.4) para penetrar en la ciudad a través de las arterias colectoras más importantes y viceversa, desde la ciudad crear puntos de salida hacia las vías interurbanas sin necesidad atravesar toda la población.



Fig. 6.4: Plaça Borràs en fase de construcción y Plaça de la Carbonera antes de la construcción del “World Trade Center” ambas en Barcelona, conectadas con la Ronda de Dalt y la Ronda Litoral, respectivamente. Las dos son claros ejemplos de cómo las rotondas generan puntos donde los vehículos pueden “emerger” a la superficie y conectar con la trama de la ciudad a partir de una vía de ronda situada a distinto nivel.

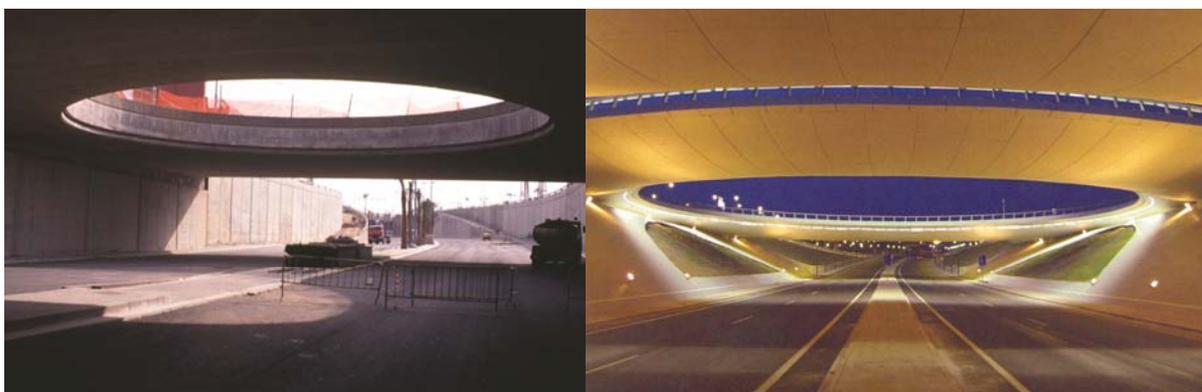


Fig. 6.5: Dos ejemplos distintos de cómo tratar el diseño de las rotondas elevadas sobre una vía segregada en función del espacio y de los recursos disponibles. A la izquierda Ronda en Barcelona, a la derecha autovía en Pamplona.

6.2 La rotonda como herramienta de control de tráfico

Debido a sus cualidades geométricas y su particular modo de funcionamiento, las rotondas han sido aprovechadas en ciudad como elementos pasivos de gestión del tráfico.

La autogestión del tráfico es una cualidad inherente a las rotondas que se deriva de la pérdida de prioridad. Por eso tampoco se puede hallar ningún tipo de geometría que se corresponda con las rotondas que desempeñan una función de control de tráfico.

Por lo general se trata de rotondas circulares y de tamaño compacto, salvo en el caso de las rotondas con la función de obligar a reducir la velocidad de los vehículos con la finalidad de proteger a los peatones y disminuir el nivel de ruidos, en cuyo caso es más común la utilización de mini-glorietas.

6.2.1 Calmar el tráfico

En las zonas residenciales o centros urbanos con gran presencia de peatones se puede utilizar, entre otras medidas, la implantación sistemática de rotondas compactas o mini-rotondas para provocar la reducción de la velocidad de los vehículos en su aproximación e, incluso, para disuadir a los vehículos de usar ese itinerario demasiado penalizado.

Las rotondas también están recomendadas donde además de garantizar la seguridad de los peatones se desee mantener unas condiciones ambientales relacionadas con el bajo volumen de circulación de vehículos o la reducción de su velocidad. Este conjunto de factores, unidos a la conducta menos agresiva de los conductores (no suelen producirse ni aceleraciones ni frenadas bruscas) comportan una reducción de las emisiones sonoras a la vez que un menor consumo de combustible.



Fig. 6.6: Rotonda típica en paseo peatonal, a la izquierda en la Rambla del Poblenou (Barcelona) y a la derecha en la Avinguda del Ferrocarril (Terrassa).

En zonas urbanas densas dónde el tráfico peatonal es elevado y concretamente en ramblas y paseos, se ha observado la tendencia a ubicar rotondas de este tipo en aquellas intersecciones "inevitables" para la continuidad de la trama viaria⁵⁴. Por norma general estas rotondas se consideran parte integrante del paseo y por tanto del itinerario peatonal, con lo que el islote central se hace accesible, creándose un espacio abierto en medio del paseo (ver figura 6.6).

6.2.2 Aumentar la capacidad

En otros casos es posible que se den las condiciones óptimas para la implantación de una rotonda⁵⁵ y se desee ofrecer un aumento de la capacidad en la intersección. La reducción de los puntos de conflicto y la velocidad reducida facilitan la aparición de intervalos entre vehículos que permiten las nuevas incorporaciones. Por norma general el aumento de la capacidad conseguido al implantar una nueva rotonda es tanto mayor cuantos más ramales lleguen a la intersección.

⁵⁴ en muchos paseos éstas intersecciones desaparecen con lo que se obliga a los vehículos a rodear todo el paseo o bien a buscar caminos alternativos.

⁵⁵ que como hemos visto anteriormente tiene mayor capacidad que una intersección semaforizada.

6.2.3 Reducir los tiempos de espera

Además de los trabajos de W.Brilon en este sentido, hay que destacar que la “autogestión circulatoria” asociada a las rotondas garantiza menores tiempos de espera medios, sobretudo en horas valle, ya que se eliminan las esperas innecesarias que de otro modo serían obligadas por la presencia de semáforos.

6.2.4 Mejora de la seguridad

En intersecciones conflictivas la mejor solución puede ser la implantación de una rotonda (siempre que esto sea posible) ya que aumentan las condiciones de seguridad para los vehículos por los motivos anteriormente descritos (circulación en un único sentido, eliminación de los conflictos secantes y reducción de la velocidad).

Además la eliminación de los tiempos de espera innecesarios (en horas valle) contribuye a que los conductores no pierdan la paciencia y entren en la intersección en condiciones de inseguridad.

Es cierto que la rotonda no contribuye a mejorar la seguridad de los ciclistas y que todavía no hay acuerdo sobre si resultan positivas o no para los peatones, sin embargo existen medidas específicas que se pueden tomar para mejorar la seguridad de estos otros usuarios.

6.3 La rotonda como instrumento urbanístico

Convertir una intersección urbana en una intersección giratoria también puede obedecer a criterios puramente urbanísticos, más allá de conceptos puramente ingenieriles.

En este caso las rotondas pueden adoptar cualquier tipología posible, la geometría puede ir más allá de las típicas formas circulares, elípticas y ovaladas y el acondicionamiento paisajístico del entorno de la rotonda y del islote central pueden ser de lo más variado.

6.3.1 Marcar un hito

Una rotonda puede situarse a las puertas de una población, para actuar como punto de referencia o lugar indicador del cambio que se va a producir en el medio por el que los vehículos están circulando al pasar de un medio interurbano que se caracteriza por una velocidad elevada y un régimen de circulación continuo a un medio urbano, en el que la circulación se realiza a velocidades mucho más bajas y no sigue un régimen continuo, si no por emboladas.

Se pueden utilizar rotondas para señalar casi cualquier cosa que se desee dentro de la trama organizativa de la ciudad: una intersección importante dentro de la red viaria urbana, la entrada a un barrio residencial, una zona de equipamientos...



Fig. 6.7: Rotonda que indica la entrada a una población.

En general el hecho de interrumpir la linealidad de la circulación (y si la rotonda no está semaforizada también la prioridad) genera de por sí una alteración en los conductores que se añade a la caracterización paisajística del conjunto de la rotonda y a la perturbación en la malla urbana para remarcar el lugar de la intersección, con lo que la rotonda se convierte en un importante instrumento para los urbanistas.

El espacio disponible en el islote central se puede utilizar para realizar actuaciones paisajísticas o ubicar monumentos que sirvan para reforzar el carácter referencial o señalizador de la rotonda al facilitar la identificación de ésta⁵⁶.

6.3.2 Permitir cambios de tejido urbano a lo largo de una vía

Existen diferentes tipos de calle en función de su relación con el tejido urbano en el que se encuentran. De este modo encontramos vías de borde, de diferenciación entre tejidos y de soldadura entre ellos, pero también existe un tipo de vía que establece la continuidad entre tejidos diferentes a través de su penetración en ellos. Éste último tipo de calles suponen una continuidad de recorridos con soluciones de ordenación transversal muy distintas en cada tramo para cuya solución de continuidad se utilizan muy a menudo plazas de transición (HERCE, M.).

Estas plazas precisan de soluciones muy diferentes adaptadas a cada caso, pero al situarse en el límite físico entre dos tramas urbanas diferenciadas, casi siempre implican cambios en la sección de las vías a las que quieren dotar de continuidad.

A menudo se utilizan rotondas no solo para señalar la transición entre distintos tipos de tejido urbano, si no para actuar como charnela entre los cambios de sección que se producen en la vía que los atraviesa (ver figura 6.8)⁵⁷.

⁵⁶ Ver “La rotonda como plaza”, artículo del arquitecto Alberto Corazón, publicado en la revista *Diseño de la Ciudad*, número 31 p.10-14. en el que se explica el caso del municipio mallorquín de Calvià, dónde las nuevas rotondas proyectadas han sido señalizadas mediante gigantescos números para contribuir a su identificación universal y que así puedan utilizarse como referencia clara.

⁵⁷ La figura 6.8 se corresponde con la plaza de Jaume I, en la intersección entre el Passeig de Gràcia y la Av. Diagonal de Barcelona y es un claro ejemplo de cómo las rotondas pueden actuar como plazas de transición para los ejes viarios que atraviesan diferentes tejidos urbanos. Para más información consultar Herce, M. y Miró, J. “El soporte infraestructural de la ciudad” Edicions UPC. Barcelona, 2002. pags 23-28.



Fig. 6.8: Trama urbana alrededor de la Plaça de Joan Carles I.
Fuente: HERCE, M.

6.3.3 La rotonda como plaza

En general la utilización de una rotonda urbana suele comportar una mejora en la calidad global del entorno en el que se encuentra, se utilizan glorietas para remarcar la importancia urbanística de un lugar ya que, además de tener otras funciones, contribuyen a mejorar la calidad urbanística de las zonas circundantes (ver figura 6.9).

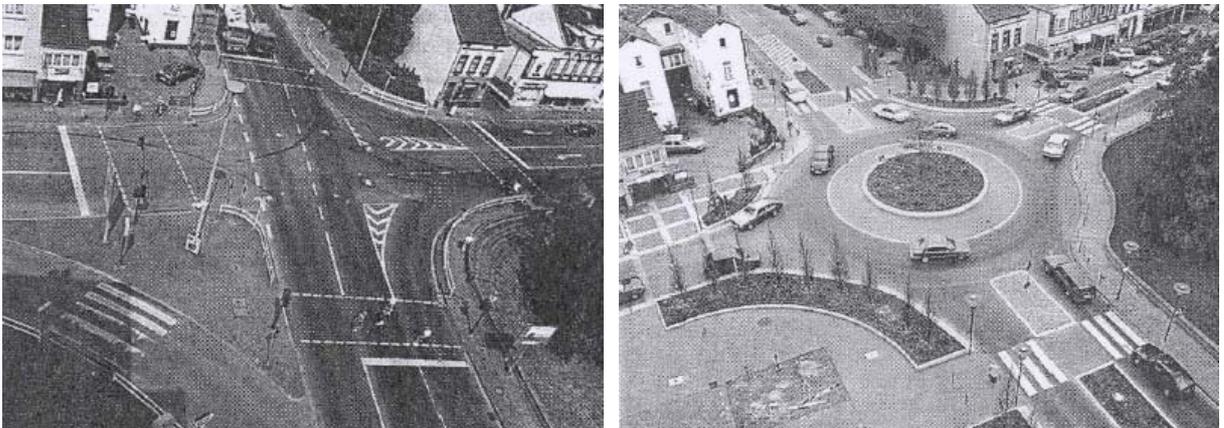


Fig. 6.9: Vista antes y después de la construcción de una nueva rotonda en el lugar de una intersección existente en Brühl, Alemania. Queda patente la mejora de calidad urbanística que ha introducido la nueva actuación.
Fuente: GEORGES JACQUEMART, P.E.



Fig. 6.10: Plaza Wilson en Toulouse. Fuente: ALONZO, E.

Los urbanistas se sirven del tratamiento paisajístico y arquitectónico del islote central de las rotondas, llegando incluso a erigir monumentos en su interior, para potenciar el carácter urbano del lugar en que se insertan.

En otros casos la demanda de espacios libres, lleva a los proyectistas a permitir el acceso al islote central, en cuyo interior se diseñan parques o plazas que se convierten en sustitutos de los habituales parques y plazas que habían sido desplazados por la presión urbanística y la necesidad de suelo para vivienda.

Por eso los alrededores de la rotonda, al ganar calidad urbana, se convierten en espacios muy deseados por los ciudadanos y, por ende, de multitud de actividades que pretenden aprovecharse de la mejora.

6.4 La rotonda como elemento paisajístico

Las intersecciones giratorias son elementos del viario urbano que por sus especiales características y necesidades demandan un tratamiento específico que responda a sus objetivos globales teniendo en cuenta su relación que el medio que los rodea.

Jugando con el acondicionamiento de los ramales que llegan a la intersección y el tratamiento paisajístico del islote central se pueden conseguir la percepción lejana de la rotonda a medida que los vehículos se aproximan a ella, la integración de ésta con el medio que la rodea, la mejora de la calidad urbanística del lugar mediante la implantación de un espacio de calidad paisajística, escultórica o arquitectónica...



Fig. 6.11: Proyecto paisajístico de una rotonda en St. Chamas. Fuente: ALONZO, E.

Las características del lugar en que se implanta una rotonda (liberación de un espacio central y el potencial de acondicionamientos cualitativos que se permiten: composiciones vegetales y/o minerales, erigir monumentos, situar obras de arte, ubicar fuentes ornamentales,...) la

señalan como marco de acogida para las composiciones más modernas, cuya identidad se distingue de la imagen global de la vía⁵⁸.

Esto ha hecho que a menudo se abuse de la libertad de expresión proporcionada, apareciendo auténticos despropósitos esculturales en los islotes centrales de muchas rotondas, sobretodo a la entrada de pequeñas y medianas poblaciones, contribuyendo a que acabe por perderse el sentido del auténtico propósito de la rotonda original.

Los acondicionamientos paisajísticos deberían:

- Reforzar la funcionalidad y la urbanidad del lugar:
 1. favoreciendo la percepción al aproximarse a la intersección y una vez dentro de ella.
 2. Señalando el cambio de medio.
 3. Asegurando la coexistencia de varias funciones.
 4. Canalizando los recorridos de los peatones.
- Participar en el confort físico y psíquico de los ciudadanos:
 1. Convirtiendo el espacio que rodea a las rotondas en un lugar más atractivo y agradable.
 2. Atenuando los ruidos y ofreciendo refugio frente al sol, el viento, ...
 3. Ocultando aquellos elementos urbanos que no resulten atractivos o interesantes.
- Identificar el lugar, caracterizando el espacio público:
 1. Identificándolo como lugar de ruptura o de relación.
 2. Marcando el sitio como frontera, puerta, símbolo, señal, plaza,...

6.4.1 La percepción de la rotonda en el espacio urbano

En el contexto urbano, tan saturado de elementos verticales como las fachadas de los edificios, carteles publicitarios, elementos de señalización y de iluminación, se precisa de un contraste mayor para que los conductores puedan apreciar a tiempo la existencia de la rotonda. Por ello resulta importante hacer que ésta destaque por encima del entorno, para lo que se pueden realizar multitud de intervenciones destinadas a resaltar su presencia.

6.4.2 ¿Rotondas decorativas?

Las rotondas ofrecen una formidable oportunidad de promoción y difusión artística debido a su enorme número de usuarios potenciales que se convierten en críticos de un arte contemporáneo, muchas veces tan comprometido como controvertido y que no siempre cuenta con la aprobación de la mayoría.

El principal problema, sin embargo, no radica en la falta de cultura o de sensibilidad de los usuarios de las rotondas ni en que estos sean considerados incapaces de apreciar una expresión artística que está fuera de su comprensión (además son los usuarios de las rotondas

⁵⁸ Las distintas plantaciones de vegetación, los efectos que se pueden conseguir mediante la iluminación, los movimientos de tierras, la implantación de esculturas u otros elementos arquitectónicos e, incluso, la elección del mobiliario urbano, hacen de las rotondas, y más concretamente de su islote central, un atractivo lienzo en blanco para la expresión artística de gran formato.

los que día tras día se encuentran cara a cara con este arte), si no más bien, a que existe la tendencia a crear obras de arte que no tienen en cuenta la particularidad del lugar en el que van a ser instaladas y que tan solo son una muestra de la megalomanía de su creador.



Fig. 6.12. Obra de la empresa Sam'inox para el festival de rotondas de Châteu-Gontier.
Fuente: ALONZO, E.

En mi opinión cada rotonda puede albergar multitud de acondicionamientos diferentes (la solución nunca es única), pero éste no se puede dejar al azar, si no que debe tener en cuenta los objetivos, las características y las necesidades del lugar en el que se va a llevar a cabo.

7 RECOMENDACIONES PARA EL PROYECTO DE ROTONDAS URBANAS

“La enorme diversidad de situaciones urbanas (y rurales) y la enorme variedad de características dimensionales y funcionales, hacen de cada rotonda un proyecto específico para dar respuesta a unas necesidades, unos condicionantes y unos objetivos claros y precisos y previamente definidos” (CETUR, 98).

En este capítulo se presenta una metodología a seguir para la realización de una intersección giratoria de nueva construcción o la transformación de una intersección convencional existente en rotonda.

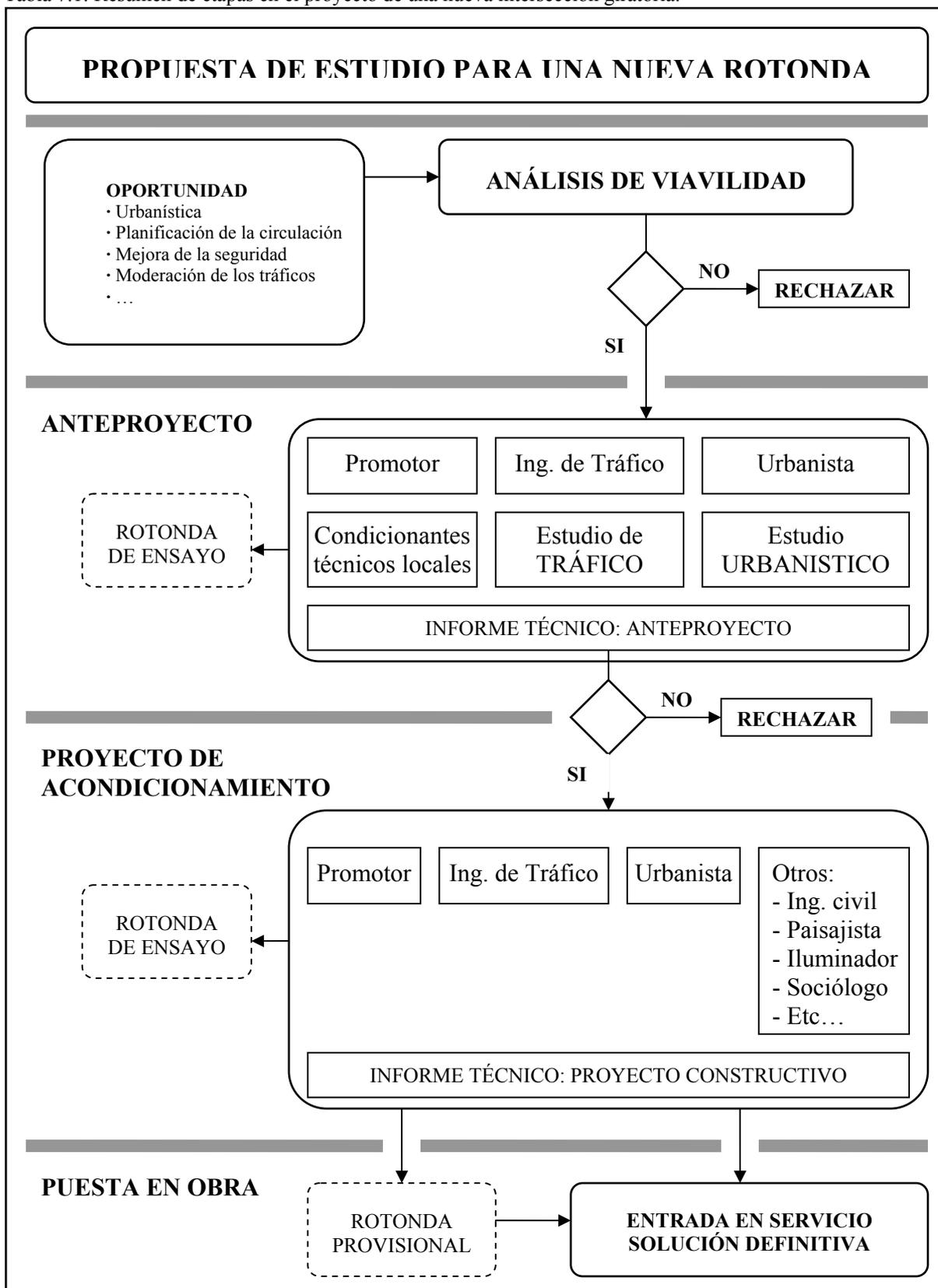
7.1 Metodología de estudio

La concepción y puesta en servicio de una rotonda exige la colaboración de un equipo pluridisciplinar que atienda a las cuestiones básicas que debe resolver la solución, encontrando un equilibrio entre las funciones puramente de tráfico o de circulación con el medio en el que se inserta la rotonda, es decir, con las funciones urbanísticas.

El estudio debe tener en cuenta por lo menos los siguientes aspectos:

- Los tráficos, tanto en lo que refiere a sus volúmenes como a su composición y distribución (turismos, dos ruedas, peatones, vehículos pesados, tráfico local, tráfico de paso, porcentaje de giros a izquierdas...)
- El espacio en el que se inserta la nueva rotonda.
- El tipo y la función de las vías que confluyen en la intersección.

Tabla 7.1: Resumen de etapas en el proyecto de una nueva intersección giratoria.



Fuente: Guide Suisse des Giratoires.

7.1.1 Análisis de viabilidad

Antes de acometer el estudio completo y detallado de la rotonda se recomienda proceder a la realización de un estudio de factibilidad o viabilidad. Básicamente el estudio consiste en atender una serie de datos acerca de la posibilidad física de implantar una rotonda en la intersección que se está estudiando. Los datos que se deben estudiar son simples: topografía, configuración del espacio, geometría y capacidad de la intersección.

El objetivo de este análisis es encajar geométricamente una rotonda con un carril por entrada y otro por salida y un solo carril en el anillo de circulación. Tras el análisis de viabilidad se debe poder responder a las siguientes cuestiones:

- ¿Se dispone de espacio para implantar una rotonda?
- ¿El número, la dirección y los ángulos de convergencia de los ramales permiten una intersección de este tipo?
- ¿La topografía del lugar es compatible con la construcción de una rotonda?

Si el análisis arroja un resultado positivo se podrá pasar a la siguiente etapa de anteproyecto o estudio previo.

7.1.2 Estudio previo o anteproyecto

A menudo las soluciones en forma de rotonda presentan incompatibilidades entre el punto de vista circulatorio y el urbanístico. Otras veces sucede que solo existe una solución geométrica posible, pero que se barajan varias posibilidades a la hora de definir su tratamiento paisajístico. Por eso el anteproyecto de una rotonda debe ser interactivo (actúan muchísimos agentes, pero como mínimo ingenieros de tráfico, urbanistas y los servicios técnicos locales) e iterativo (la identificación de los problemas y la búsqueda de soluciones están interrelacionados).

En la etapa de anteproyecto se necesita información de tipo urbanístico (qué condicionantes y objetivos urbanísticos se desea lograr y que orientaran el estudio hacia aspectos concretos de distribuciones espaciales y relaciones con el entorno), de tráfico (situación actual y futura, fluctuaciones de los flujos, composición y distribución del tráfico...) y los condicionantes y obligaciones técnicas de la localidad en la que se proyectará la nueva rotonda (por ejemplo drenaje superficial, señalización, reparaciones...).

El objetivo del anteproyecto es obtener un consenso que permita marcar las directrices del futuro proyecto teniendo en cuenta:

- La determinación de los criterios a seguir y los objetivos a conseguir con la implantación de la nueva rotonda.
- Las alternativas que se presentan considerando los condicionantes del lugar.
- Preselección de una serie de soluciones suficientemente buenas como para ser sometidas a una evaluación multicriterio.

Evaluación de las alternativas

Cada estudio debe establecer una lista de criterios y objetivos adaptados a la problemática particular del mismo. Se debe huir de la idea de establecer una lista estandarizada, válida para cualquier caso.

La elección de estos criterios y de los objetivos es una cuestión delicada y susceptible de influir en los resultados por lo que se debe acometer ésta con la máxima diligencia y profesionalidad, intentando distinguir los que realmente son importantes de los que son superfluos o innecesarios.

Generalmente se pueden agrupar en:

- Criterios de circulación (análisis de capacidad, fluidez, adaptación al transporte público, regulación del tráfico, tiempos de espera, situación actual y previsible, función de la intersección dentro de la red viaria, jerarquía de las ramas,)
- Criterios de seguridad (seguridad general o específica de los peatones o ciclistas, itinerarios para peatones, bandas ciclistas, velocidades de acceso, visibilidad, percepción de la intersección,...)
- Criterios urbanísticos (son de carácter cualitativo, por ejemplo: contexto de la intersección, organización y modelos de crecimiento, las características físicas de las ramas, las actividades que se dan en el entorno, las funciones que desempeñan las vías que confluyen en ella, la percepción a medida que se aproxima a la intersección, la practica del espacio urbano...)
- Facilidad de puesta en obra (por motivos técnicos, sociales, jurídicos, administrativos,...)
- Estimación de los costes (implantación, mantenimiento, costes sociales, beneficios sociales,...)

7.1.3 Proyecto constructivo

Una vez decidida mediante un análisis multicriterio cual es la mejor alternativa de las propuestas en el estudio previo, el proyecto de acondicionamiento desarrollará esta propuesta hasta un grado de definición que permita la correcta ejecución de las obras necesarias para su construcción.

El proyecto constructivo es mucho más detallado que el estudio previo y al centrarse en una sola alternativa se permite afinar mucho más es aspectos que podrían haber sido obviados en las anteriores etapas. Aparecen nuevas cuestiones que afectan global y parcialmente a la implantación, por lo que es necesaria la participación de un equipo aún más amplio.

En el proyecto constructivo se definen:

- La geometría exacta, global y de detalle de la rotonda.
- La señalización de código horizontal, vertical y de orientación.
- La iluminación de la intersección.
- El mobiliario urbano.
- El desvío y la reposición de los servicios afectados y la instalación de los que sean necesarios.
- El drenaje de la intersección.
- El tratamiento paisajístico (jardinería, escultura, pavimentos...)
- Etc...

7.1.4 Puesta en obra y ensayos

Aparentemente simple, esta etapa final del proceso requiere de un análisis previo a la hora de definir la secuencia de actuaciones e intervenciones que tendrá por resultado la puesta en servicio de la rotonda.

Se deben estudiar la ejecución por etapas, la necesidad de mantener el tráfico en la intersección durante el periodo de obras, la sensibilización de la población e incluso, la necesidad de realizar ensayos.

8 CONCLUSIONES

De la redacción de esta Tesina se extraen una serie de conclusiones relacionadas con las rotondas urbanas.

Las rotondas no tan solo son prácticas como intersecciones en el medio interurbano, también tienen características que las hacen especialmente recomendables para ser instaladas en la transición entre las vías interurbanas y el entramado viario de los pueblos y ciudades, es lo que se conoce por rotondas suburbanas, que tan buenos resultados han venido ofreciendo⁵⁹.

Las cualidades de la rotonda y sus utilidades en el medio urbano fueron descubiertas a principios del siglo XX y desde entonces han sido aprovechadas y testeadas para intentar introducir mejoras en su concepción y diseño que repercutieran en beneficio no solo del tráfico, si no también del entorno en el que se instalaban.

El proceso de búsqueda y de investigación bibliográfica ha puesto de manifiesto la vasta cantidad de información, recomendaciones y normativa existente en cuanto a rotondas interurbanas y peri o sub-urbanas, pero a la vez ha demostrado la escasa literatura internacional por lo que respecta a las rotondas en el medio urbano, limitándose a dos países (Francia y Suiza) los que han redactado unas recomendaciones al respecto y que tan solo marcan unas directrices a seguir por el equipo que debe afrontar la decisión de implantar una rotonda y la redacción del correspondiente proyecto de diseño.

Esta imposibilidad de presentar una normativa específica se debe, en parte, a la multitud de condicionantes y situaciones diferentes que se pueden dar en el medio urbano y que hace que

⁵⁹ Se recomienda encarecidamente la lectura del trabajo de DE LA HOZ, C. y POZUETA, J. “Recomendaciones para el diseño de glorietas en carreteras suburbanas”. Madrid, Dirección General de Transportes. En el que se hace un estudio exhaustivo de las rotondas en el medio suburbano.

la resolución de toda la casuística resultante se convierta en un trabajo ciclópeo que, además, plantearía la paradoja de ofrecer soluciones generalizadas para problemas que no necesariamente tienen por qué ser estándares.

En esta Tesina se demuestra que las rotondas se pueden adaptar a cualquier contexto dentro del medio urbano y que esta adaptación no obedece tanto al medio en sí como a las necesidades específicas de cada implantación.

Con el trabajo de análisis de las rotondas existentes en la ciudad de Barcelona se ha conseguido definir una clasificación funcional de las rotondas urbanas obedeciendo a los papeles que desempeñan dentro de una intersección concreta. Además ha quedado patente la imposibilidad de establecer una correspondencia entre la función de una rotonda, sus características geométricas y el contexto en el que se ubica.

La clasificación funcional propuesta queda como sigue:

- Elementos de intersección:
 - Como única solución a la intersección.
 - Como espacios centrales de distribución.
 - Nodos de conexión entre vías de ronda o travesías con el resto de la trama urbana.

- Herramientas de gestión del tráfico:
 - Para calmar el tráfico.
 - Para aumentar la capacidad de la intersección.
 - Para reducir los tiempos de espera.
 - Para mejorar la seguridad.

- Instrumento urbanístico:
 - Lugar de referencia que sirve para marcar un hito o como parte de un recorrido.
 - Que permite introducir cambios de tejido urbano a lo largo de una vía, actuando como charnela.
 - Convirtiendo la intersección en plaza.

- Elemento decorativo o paisajístico:
 - Que mejora la percepción de la intersección.
 - Lienzo en blanco para la expresión artística.

Finalmente se ofrecen unas recomendaciones a modo de esquema en el que se indica la metodología que se debería seguir para acometer el proyecto de una intersección giratoria en medio urbano.

Además, fuera del ámbito general se pueden extraer otras conclusiones concretas relacionadas con la organización de la circulación en las rotondas:

- Hemos visto que cuando las rotondas se hallan en calles importantes del centro de la ciudad en la mayor parte de los casos se hallan semaforizadas para adaptar su funcionamiento al del resto del entramado viario urbano, y sin embargo este hecho no afecta a sus funciones con excepción de las de gestión de la circulación.

- En rotondas semaforizadas con vías con un importante tráfico de paso siguiendo uno de los ejes no se pueden permitir los giros a izquierdas, de lo contrario la intersección podría saturarse extendiendo las colas más allá de la rotonda y llegando a las ramas de la misma. Permitir los giros a izquierdas implicaría la necesidad de interrumpir alternativamente uno de los dos sentidos y la de reestudiar toda la regulación semafórica del entorno.

- En las intersecciones entre calles del Eixample de Barcelona no aparecen rotondas salvo cuando al menos una de ellas es de doble sentido. Esto se debe a que en intersecciones entre dos vías de un solo sentido de circulación los puntos de conflicto se reducen a dos por convergencia y uno por cruce (frente a los 8 por convergencia y 16 por cruce que tendría la intersección en el supuesto de que ambas vías fueran de doble sentido), por lo que un sistema de prioridad a la derecha o mediante semáforos sería más que suficiente para regular la intersección.

A continuación se presenta un cuadro comparativo en el que se muestran las principales diferencias entre las rotondas urbanas y el resto de intersecciones giratorias:

	GEOMETRÍA	
	SEGÚN NORMATIVAS Y RECOMENDACIONES	EN ROTONDAS URBANAS
Tamaño	<p>Las rotondas admiten todo tipo de tamaños según sus necesidades y las funciones que deban desempeñar:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Mini-glorietas islote central franqueable: $14 < D < 20$ m · Mini-glorietas con islote central semi-franqueable: $18 < D < 24$ m · Compactas: $22 < D < 35$ m · Grandes: $D > 32$ a 40 m <p>Las velocidades de circulación y la exigencia de grandes capacidades con buenas condiciones de fluidez exigen que la rotonda tenga mayor espacio entre ramales, aumentando la longitud de trenzado y, consecuentemente, el tamaño de la rotonda.</p>	<p>El tamaño está muy condicionado por la geometría de la intersección y la escasez de espacio disponible.</p> <p>Aumentar el tamaño de la rotonda es incompatible con la escasez de espacio y con la función de calmar el tráfico, ya que induce a un incremento de la velocidad de los vehículos.</p>
Islote central	<p>Se recomienda que sea circular o bien elíptico u oval pero con una excentricidad (relación entre el diámetro menor y el mayor) mayor a 0,75, para no introducir cambios de curvatura en la trayectoria de los vehículos.</p>	<p>En zona urbana se admiten excentricidades inferiores a 0,75 con el fin de potenciar algún eje de recorrido o bien porque la geometría de la intersección y la distribución de los ramales así lo exige. Estas excentricidades mayores son posibles ya que al encontrarse en medio urbano las velocidades de los vehículos son más bajas y por lo tanto éstos no se ven tan afectados por los cambios bruscos en la curvatura de la calzada anular.</p>

<p>Anchura carriles</p>	<p>Las anchuras recomendadas para la calzada anular son básicamente las mismas. Quizás en el medio urbano se pueda ser menos restrictivo a causa de las limitaciones de superficie disponible:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Achura de 5 a 6 metros para anillos de un solo carril. · 8 metros para dos carriles. · De 11 a 12 metros para 3 carriles. · De 3,5 a 4 metros por carril para anillos con más de tres carriles (no habituales fuera del espacio urbano). 	
<p>Peralte</p>	<p>No existe consenso sobre si éste debe ser hacia el exterior o hacia el interior de la calzada anular:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Exterior: - favorece el drenaje. - mejora la percepción. · Interior: - aumenta la velocidad. - mejora la fluidez? 	<p>Se recomienda que el peralte sea de un 3% hacia el exterior de la calzada anular.</p>
<p>Perfil long.</p>	<p>En todos los casos es preferible que el anillo de circulación se encuentre en un solo plano.</p>	
<p>Distrib. ramales</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Modificación de los ejes de las vías que confluyen en la intersección en las cercanías de ésta para conseguir una repartición regular de las entradas y salidas de la calzada anular. · Imposición de deflexiones en las trayectorias de aproximación. 	<ul style="list-style-type: none"> · Repartición de los ramales variable y a menudo desigual en función de la geometría de la intersección (generalmente no es posible modificar los ejes de los ramales). · No suele existir imposición de deflexiones en las trayectorias de aproximación ya la rigidez de la trama urbana obliga a seguir el trazado original de los ramales .
<p>Entradas</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Radios de curvatura de entre 10 y 30 metros con lo que se consigue una reducción de la velocidad de aproximación a la vez que un ángulo adecuado para la incorporación a la circulación anular. · Anchura de 4 metros por carril de entrada más el abocinamiento correspondiente. · Siempre isletas deflectoras que separan entradas de salidas y ayudan a canalizar el tráfico y guiar las trayectorias. 	<ul style="list-style-type: none"> · A menudo la falta de espacio hace que no sea posible introducir curvatura en la entrada o que esta se haga con radios más pequeños (menores a 20 metros). Esta curvatura se consigue mediante el abocinamiento producido por la modificación de las aceras. · Anchura de 3 a 4 metros por carril de entrada en función de la anchura de la vía de entrada y del espacio disponible. · A veces no es posible ubicar isletas deflectoras, pero siempre es deseable su existencia ya que sirven de resguardo para el cruce de peatones, mejorando la seguridad de éstos.
<p>Salidas</p>	<p>Radios de curvatura mayores de 30 metros y anchuras del orden de 5 metros por carril para favorecer la expeditividad de la maniobra de abandono de la calzada anular.</p>	<p>Radios de entre 20 y 30 metros y anchuras de carril de entre 4 y 5 metros siempre que sea posible. No es tan importante la expeditividad de la maniobra de salida ya que puede ser contraproducente en cuanto a la seguridad de los peatones.</p>

Semáforos	Nunca fuera de poblado, solo en rotondas partidas.	Muy habituales en las rotondas urbanas, sobretodo en ciudades grandes, por diversos motivos: <ul style="list-style-type: none"> · Elevado volumen de tráfico peatonal. · Desequilibrios de los tráficos de circulación entre diversos ramales superiores al orden de magnitud. · Distribución muy desigual en los volúmenes de circulación en periodos punta. · Adaptación a la ordenación semafórica de la zona. · Para aumentar la seguridad.
CAPACIDAD		
ROTONDAS NO URBANAS		EN ROTONDAS URBANAS
Se tiende a aumentar la capacidad de una rotonda incrementando su tamaño a la vez que buscando una óptima disposición y diseño de sus entradas y salidas (mejora de capacidad a través de una geometría correcta). Las rotondas fuera de poblado disponen de mayor libertad para lograr este objetivo.	La capacidad se ve mermada por la fuerte presencia peatonal y la llegada del tráfico por emboladas, con una distribución de flujos variable.	
SEGURIDAD		
ROTONDAS NO URBANAS		EN ROTONDAS URBANAS
Mejoran la seguridad de sus usuarios, que son mayoritariamente automóviles.	<ul style="list-style-type: none"> · Mejoran la seguridad de los vehículos. · Disminuye la seguridad de los peatones y los ciclistas. <p>Para paliar la merma en la seguridad de peatones y ciclistas se deben disponer medidas específicas para acondicionar este tipo de tráficos.</p>	
TRATAMIENTO PAISAJÍSTICO		
ROTONDAS NO URBANAS		EN ROTONDAS URBANAS
La importancia del tratamiento paisajístico radica en la necesidad de mejorar la percepción lejana de la intersección y en contribuir a reforzar el carácter identificador de un lugar por sí mismo o como parte de un recorrido.	El tratamiento paisajístico mejora la calidad urbana de la intersección a la vez que contribuye a adaptar la rotonda a su entorno más inmediato y a incrementar el valor del espacio circundante.	

9 BIBLIOGRAFÍA

9.1 Referencias bibliográficas

ALONZO, E. “Du rond-point au giratoire”. Éditions Parenthèses / Éditions du Certu. Marsella, 2005.

ARAGAO, P. DE. “Les carrefours giratoires”. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. Département de Génie Civil. Institut des Transports et de Planification. Lausanne, Septiembre de 1988.

AYUNTAMIENTO DE MADRID. “Instrucción Vía Pública. Ficha 5.3: Intersecciones giratorias o glorietas”. Madrid, diciembre 2000.

CETUR. “Conception des carrefours a sens giratoire implantés en milieu urbain”. Centre d’Etudes des Transports Urbains. Bagneux, 1988.

DE LA HOZ, C. Y POZUETA, J. “Análisis del funcionamiento de intersecciones giratorias: conclusiones de la observación de 12 glorietas de la Comunidad de Madrid”. Comunidad de Madrid. Consejería de Transportes. Dirección General de Carreteras. Madrid, 1995.

DE LA HOZ, C. y POZUETA, J. “Recomendaciones para el diseño de glorietas en carreteras suburbanas”. Madrid, Dirección General de Transportes.

GEORGES JACQUEMART, P.E. “Modern Roundabout Practice in the United States”. NCHRP Synthesis 264. Transportation Research Board. Washington, D.C. 1998

HENARD, E.A. “Etudes sur les transformations de Paris et autres écrits sur l’urbanisme”. Librairies – Imprimeries Réunies, Paris, 1906 (reeditado por Editions L’Equerre, Paris, 1988)

HERCE, M. y MIRO, J. “El soporte infraestructural de la ciudad”. Edicions UPC. Barcelona, 2002.

INSTITUT CATALA DE SEGURETAT VIARIA. “Dossier Tècnic de Seguretat Viària. Les Rotondes”. Generalitat de Catalunya, Departament de Governació, Barcelona, desembre 1992.

INSTITUT DES TRANSPORTS ET DE PLANIFICATION. “Guide suisse des giratoires”. Lausanne, Febrero de 1991

MIMEE, H. “L’amenagement de carrefours giratoires sur les routes du Québec”. Ensayo presentado en la Université Laval, 1997.

MOPU. “Recomendaciones sobre glorietas”. Textos de la Dirección General de Carreteras. Madrid, Mayo de 1989.

SANZ ALDUÁN, A. “Calmar el Tráfico” Serie Monografías. Ministerio de Fomento. Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo. Madrid, 1998.

U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. “Roundabouts: an informational guide”. EEUU, Junio 2000.

9.2 Otra bibliografía consultada

“Carrefours giratoires. Les nouvelles directives néerlandaises”. Assotiation Mondial de la Route. Francia, 01/01/99.

“Carreteras urbanas, recomendaciones para su planeamiento y proyecto”. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Madrid, 1991.

“Consideracions geomètriques i funcionals a les rotondes”. Generalitat de Catalunya. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Direcció General de Carreteres.

“Criteris generals en el disseny de rotondes”. Generalitat de Catalunya. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Direcció General de Carreteres.

“Experiencia de diseño de glorietas en la Comunidad Autónoma de Madrid”. Colección Rutas. Asociación Técnica de Ingenieros. Madrid, 01/01/90.

“Fuentes ornamentales en rotondas”. Diseño de la ciudad nº 43, pág. 53-65. 2004.

“Glorietas en Baleares de 1976 a 1989”. Colección Rutas. Asociación Técnica de Ingenieros. Madrid, 01/01/90.

“Iluminación de rotondas”. Diseño de la ciudad nº 45, pág. 131-133. 2004.

“Jornada técnica sobre glorietas en carreteras suburbanas”. Colección Rutas. Asociación Técnica de Ingenieros. Madrid, 01/01/90.

“La influencia de la implantación de glorietas en los accidentes”. Colección Rutas. Asociación Técnica de Ingenieros. Madrid, 01/01/99.

“La rotonda como plaza”. Diseño de la ciudad nº 31, pág. 10-14. 2001.

“Las glorietas, un tipo de intersección subvalorada en España”. Colección Rutas. Asociación Técnica de Ingenieros. Madrid, 01/01/90.

“Les carrefours plans sur routes interurbaines. Carrefours giratoires”. Ministère de l’Urbanisme du Logement et des Transports des Routes et Autoroutes.

“Nudos de carreteras – Normativas y tendencias actuales”. Asociación Española de la Carretera. Madrid, 2002.

“Recomendaciones para el proyecto de enlaces”. Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales. División de Planes y Tráfico. Madrid, 1968.

“Recomendaciones para el proyecto de intersecciones”. Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Carreteras. Madrid, 1967.

“Recomendaciones para el proyecto y el diseño del viario urbano”. Ministerio de Fomento. Madrid, 2000.

“Recomendaciones sobre glorietas”. Instrucciones de Construcción. Serie Normativas.

“Recomendaciones sobre glorietas”. Ministerio de Fomento. Madrid, 1999.

APÉNDICE:

FÓRMULAS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD

Fórmula unificada de Kimber

Kimber aglutina la experiencia de muchos años de ensayos realizados por el TRRL en Gran Bretaña y propone una fórmula unificada para el cálculo de la capacidad de una entrada de una rotonda.

Cálculo de la capacidad de una entrada

La fórmula de Kimber es una expresión lineal que permite calcular la capacidad de una entrada en función de su geometría y del tráfico circulante enfrente de dicha entrada:

$$C = K(F - f_c Q_c) \quad \text{veh/h} \quad [1]$$

Q_c es el tráfico circulante y viene determinado por los conteos de tráfico (o por prognosis o previsiones de tráfico) mientras que F y f_c son constantes dependientes de la geometría y K un factor de corrección¹ para tener en cuenta los valores del radio y del ángulo de entrada ϕ .

$$K = 1 - 0,00347(\phi - 30^\circ) - 0,978\left(\frac{1}{r} - 0,05\right)$$

$$F = 303x$$

$$f_c = 0,21 t_D (1 + 0,2 x_s)$$

con:

$$x = v + \frac{e - v}{1 + 2S}$$

$$S = \frac{e - v}{l}$$

$$t_D = 1 + \frac{0,5}{1 + e^{\frac{D-60}{10}}}$$

Se puede resumir en una ecuación simplificada:

$$C = 303 x - 0,21 t_D (1 + 0,2 x) \cdot Q_c \quad [2]$$

¹ La mayoría de los ensayos efectuados por el TRRL se realizaron en rotondas con radios de entrada muy próximos a los 20 m y ángulos de entrada cercanos a los 30°.

Dónde e representa el ancho de la entrada, r el radio de la entrada, v el ancho de la vía antes del abocinamiento de la entrada y D el diámetro del círculo inscrito en la rotonda (diámetro exterior)².

Efecto de los parámetros geométricos

Kimber reagrupa las características geométricas en cuatro categorías según la importancia de los efectos que sus variaciones producen sobre la capacidad de una entrada:

- Parámetros más influyentes: anchura de la entrada (e) y las características del abocinamiento (S).
- Parámetros medianamente influyentes: el diámetro del círculo inscrito (D).
- Parámetros poco influyentes: el ángulo de entrada (ϕ) y el radio de la entrada (r)
- Parámetros sin influencia apreciable: el ancho del anillo de circulación (u) y la anchura de la sección de trenzado (w).

El propio Kimber estima que la fórmula tiene una precisión del orden de $\pm 15\%$.

Método de Harders

Harders en 1968 puso a punto un modelo probabilista de estimación de la capacidad de las intersecciones sin semaforizar basándose en una llegada aleatoria de los vehículos al punto de conflicto según una distribución de Poisson.

Para modelizar este comportamiento introduce los conceptos de **intervalo crítico** (t_g) e **intervalo complementario** (t_f):

- El intervalo crítico es el intervalo mínimo entre dos vehículos del flujo principal para que un vehículo secundario situado justo tras la línea de ceda pueda incorporarse al flujo principal.
- Por intervalo complementario se entiende intervalo mínimo para que el segundo vehículo que está en espera pueda entrar en la intersección siguiendo inmediatamente al vehículo secundario que tenía delante y que ha encontrado un intervalo suficiente.

Fórmula de Harders

La fórmula de Harders estima la capacidad C de una entrada secundaria de una intersección en función del tráfico del flujo principal.

$$C = F \cdot e^{-\beta} \cdot \frac{Q_g}{e^\alpha - 1} \quad \text{veh/h} \quad [3]$$

con:

² Atención! en la fórmula para el cálculo de t_D “ e ” representa el número neperiano ($e=2,71828\dots$) y no como en el resto de fórmulas, dónde representa la anchura de la entrada en metros.

$$\alpha = \frac{Q_g}{3600} \cdot t_f$$

$$\beta = \frac{Q_g}{3600} (t_g - t_f)$$

$$F = 1 - Q_g^2 \cdot 10^{-7}$$

Q_g = suma de los tráficos principales molestos para la entrada considerada (veh/h).

t_g y t_f en segundos.

F es un factor introducido por Harders para tener en cuenta las dispersiones de t_g y t_f (efecto negligible)

La probabilidad de que en un instante dado haya algún vehículo de la corriente secundaria esperando en la entrada viene dado por:

$$p_0 = \frac{C - Q_e}{C - \gamma \cdot Q_e} \quad [4]$$

con:

C = capacidad de la vía secundaria, dada por la fórmula [3]

Q_e = demanda efectiva del flujo secundario utilizado.

$$\gamma = e^{-\frac{1}{3600}(Q_g \cdot t_g + Q_e \cdot t_f)}$$

La probabilidad de que no haya más de n vehículos esperando viene dada por:

$$p_n = p_0 (1 - p_0)^n \quad [5]$$

La probabilidad de que haya n o más vehículos en la cola viene dada por:

$$s_n = (1 - p_0)^n \quad [6]$$

El tiempo medio de espera de un vehículo en el ramal secundario es:

$$t_{med} = \frac{3600 (1 - \gamma)}{C - Q_e} \quad \text{en segundos} \quad [7]$$

El número medio de vehículos en la cola es:

$$n_{med} = Q_e \frac{1-\gamma}{C-Q_e} = \frac{Q_e}{3600} \cdot t_{med} \quad [8]$$

Adaptación al caso de las rotondas (por el CETE d'Aix)

Harders no estudió en ningún momento el caso particular de las rotondas. La curva que propone se corresponde con la de una intersección en T y que lleva asociados unos valores de 5,2 segundos para t_g y de 2,7 para t_f .

El CETE d'Aix (Francia) propone una adaptación del método de Harders consistente en una elección juiciosa del valor de los parámetros intervalo crítico e intervalo mínimo en función del lugar de implantación de la rotonda y de las características del tráfico.

Elección de los intervalos crítico y complementario

Diversos estudios han demostrado que un porcentaje considerable de conductores aceptan intervalos más pequeños que 5,2 segundos³.

Por lo que respecta al intervalo complementario el valor numérico de 2 segundos parece ser el límite teórico de un flujo secundario que se inserta en otro prioritario mediante un giro a derechas cuando este flujo prioritario es nulo.

El CETE d'Aix propone los siguientes valores:

- $t_g = 4,5$ segundos
- $t_f = 2,5$ segundos

Sin embargo el CETUR recomienda que los valores de t_g y t_f se escojan en función del lugar de implantación de la rotonda, así como de las características del tráfico:

- Para una rotonda urbana (generalmente de dimensiones más reducidas) y después de realizar un pre-cálculo con los valores estándares del CETE d'Aix, pueden proponerse intervalos de aceptación más pequeños (por ejemplo 4 segundos para t_g y 2,3 para t_f) y observar como afectan éstos a la capacidad⁴.
- Si la rotonda se halla en medio periurbano, donde suele haber una fuerte presencia de vehículos pesados, se deberían tener en cuenta intervalos más grandes para el cálculo (por ejemplo 5 segundos para t_g y 3 para t_f).
- También pueden medirse intervalos de aceptación en rotondas ya construidas de características similares a aquella de la que se desea calcular la capacidad.

Determinación del tráfico molesto

Las maniobras que realizan los vehículos que circulan por el anillo para abandonar la rotonda no son siempre claramente percibidas por los vehículos que desean incorporarse al tráfico anular por la entrada inmediatamente siguiente. Esto conlleva que no se aprovechen todos los intervalos posibles.

³ Análisis realizados entre 1974 y 1988 permiten afirmar que el intervalo crítico se puede situar entre 3,2 y 4,5 segundos.

⁴ No hay que olvidar que en áreas urbanas puede haber un tráfico peatonal importante cuyos efectos en la capacidad no deben despreciarse (sobre todo por su influencia en la utilización de los intervalos disponibles).

El método de Harders considera que un 50% de los vehículos que abandonan la rotonda resultan molestos para los vehículos que desean entrar en la rotonda por la entrada contigua. Por otro lado el CETE d'Aix propone que se tomen valores desde el 5%, en el caso más favorable, al 30% en el más desfavorable⁵.

El CETE d'Aix también propone un factor de corrección para las rotondas de dimensiones más reducidas (diámetros exteriores del orden de 26 a 46 m) de manera que se tome un Q_c del 90% del real.

Para el caso de entradas con dos carriles⁶ el CETE d'Aix propone un aumento de la capacidad de un 40%.

Fórmula del SETRA para rotondas interurbanas

El SETRA (Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes) publicó en 1987 un método simple para el cálculo de la capacidad de una entrada de una rotonda, basado en una importante campaña de observaciones llevada a cabo en rotondas interurbanas francesas en estado de saturación.

Fórmula de capacidad

La fórmula establecida por el SETRA para las rotondas urbanas es la siguiente:

$$C = (1330 - 0,7 \cdot Q_g) \cdot (1 + 0,1 \cdot (e - 3,5)) \quad \text{veh/h} \quad [9]$$

con:

C = capacidad de la entrada en veh/h.

Q_g = tráfico molesto en veh/h, que es una combinación del tráfico circulante Q_c y del tráfico saliente Q_s .

e = anchura de la entrada (medida en la línea de ceda) en metros.

Las observaciones realizadas por el SETRA han llevado a la conclusión que una parte del tráfico saliente de la calzada anular resulta molesto para los vehículos que esperan para entrar por la entrada situada inmediatamente a continuación por lo que la capacidad de dicha entrada se resiente. Sin embargo también se ha observado que el efecto de este tráfico saliente es menor cuando la isleta deflectora (o islote separador) es más ancha⁷.

La parte del tráfico saliente que debe tenerse en cuenta es:

⁵ Esto es cuando no existe isleta deflectora.

⁶ La fórmula de Harders hace referencia a entradas con un solo carril.

⁷ Al parecer el tráfico saliente deja de tener influencia significativa sobre la capacidad de la entrada situada en la misma rama cuando la anchura de la isleta deflectora supera los 15 metros.

$$Q'_s = Q_s \left(\frac{15-L}{15} \right) \quad \text{veh/h}$$

dónde L es la anchura de la isleta deflectora en metros.

Siendo u la anchura en metros del anillo de circulación, el tráfico molesto viene dado por la siguiente expresión:

$$Q_g = \left(Q_c + \frac{2}{3} Q'_s \right) \cdot [1 - 0,085 (u - 8)] \quad \text{veh/h} \quad [10]$$

De este modo el valor de Q_g que se debe introducir en la fórmula de la capacidad [9] viene dado por la expresión [10].

Efecto de los parámetros geométricos

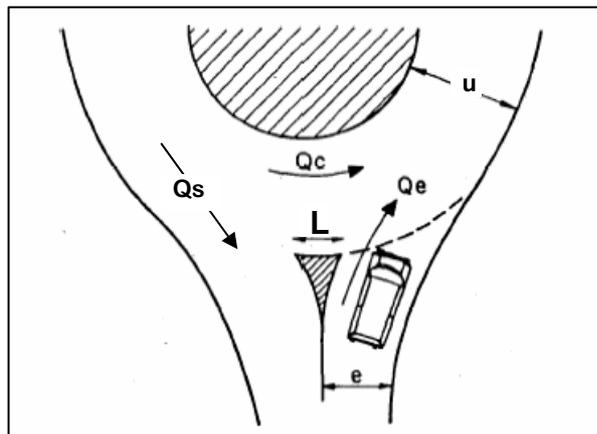


Figura 1: Identificación de los parámetros geométricos

La fórmula del SETRA hace intervenir explícitamente algunos parámetros geométricos en el cálculo de la capacidad como la anchura de la entrada, la del anillo de circulación y la de la isleta deflectora que separa las vías de entrada y salida a la calzada anular de un mismo ramal.

La variable más importante es la anchura de la entrada, cada metro suplementario por encima de una anchura estándar de 3,5 metros implica un aumento del 10% en la capacidad de la entrada.

Según el SETRA las variaciones en el radio del islote central tienen muy poca influencia, pero recuerda que radios inferiores a los 12 metros⁸ pueden tener consecuencias negativas en absoluto despreciables.

⁸ Hay recordar que el SETRA es el organismo que se encarga de las vías interurbanas, de ahí que radios del islote central de 12 m, exageradamente grandes para las rotondas compactas utilizadas comúnmente en medio urbano, sean considerados radios pequeños.

Método del CETUR para el cálculo de la capacidad de las glorietas.

El CETUR (Centre d'Etudes des Transports Urbains), hoy en día llamado CERTU, es un organismo dependiente del Ministerio francés de Infraestructuras y Transportes que viene a ser el equivalente del SETRA para el ámbito urbano.

En 1986 propuso un método simplificado de cálculo de la capacidad que se inspira en los estudios del CETE d'Aix (descritos anteriormente). El conocido como "método CETUR-86" es una fórmula para hallar la capacidad de una entrada de una rotonda en la que la circulación anular se produce en una sola fila y la entrada tiene un solo carril. Si no se cumplen estas condiciones debe recurrirse a transformaciones para convertirla a una situación equivalente.

El método CETUR-86 consiste en una mejora de la tradicional **regla de los 1500** que indica que para que una entrada de una rotonda funcione correctamente la suma de los tráfico entrante y molesto debe ser inferior a 1500 vehículos ligeros por hora.

Determinación del tráfico molesto

Tráfico saliente

Como ya se ha mencionado anteriormente la idea de considerar una parte del tráfico como saliente no es nueva y está sobradamente fundamentada.

En el método CETUR-86 se tienen en cuenta como molestos unos porcentajes de tráfico saliente que van del 0% para el caso más favorable (isleta deflectora muy grande y/o vía de salida especialmente acondicionada) al 30% para la peor situación posible (esto es, en ausencia de isleta deflectora), pero igualmente deben tenerse en cuenta la visibilidad, las dimensiones del islote central y las velocidades practicadas.

Tráfico circulante

Debido a que el método CETUR-86 solo tiene en cuenta aquellas rotondas con circulación anular en una sola fila, se debe calcular un tráfico circulante equivalente (llamado "tráfico prioritario de referencia") cuando la circulación en el anillo se produce en dos filas.

Este tráfico circulante equivalente no se puede calcular dividiendo el tráfico total circulante entre el número de vías de circulación, sino que se deben tener en cuenta otras consideraciones:

- En **rotondas urbanas de tamaño reducido** (radio del islote central comprendido entre 5 y 15 m, lo que implica rotondas de diámetros que van de 26 a 46 m) el CETUR se inspira en el método del CETE d'Aix y considera que el tráfico prioritario de referencia es del orden del 90 % del tráfico total.
- Para **grandes rotondas** (radio del islote central de unos 30 m, es decir rotondas de más de 75 metros) según el CETE d'Aix recomienda un utilizar tráfico prioritario de referencia igual al 70 % del tráfico total.

Anchura de la entrada

Si la entrada de la rotonda está constituida por dos carriles, el volumen de tráfico admisible por la entrada aumenta aproximadamente un 40 % (respecto una entrada con un solo carril), esto fija el tráfico secundario de referencia en un 70 % del tráfico secundario total.

Recta de capacidad del CETUR

Tras numerosas observaciones el CETUR decidió ajustar una recta por su simplicidad de cálculo. Esta recta resulta como sigue:

- Para un tráfico molesto nulo, el tráfico entrante resulta ser el máximo y para una entrada de una sola vía la capacidad es de 1500 veh/h (lo que equivale a intervalos entre vehículos de 2,4 segundos).
- Si el tráfico molesto Q_g supera los 1800 veh/h se considera que el tráfico entrante es nulo (entrada saturada).

Con lo que la fórmula de la capacidad del CETUR es:

$$C = 1500 - \frac{5}{6} \cdot Q_g \quad \text{veh/h} \quad [11]$$

Método de la guía suiza de rotondas para el cálculo de capacidad de rotondas urbanas.

La guía suiza de las rotondas propone un método para el cálculo de la capacidad de rotondas que se basa en el mandato de investigación VSS 3/89. De este documento se extrae una fórmula muy sencilla para el cálculo de la capacidad de una entrada en una rotonda urbana que se expone a continuación.

La fórmula considera que el único tráfico que influye en la capacidad de la entrada es el que pasa por delante de esta (Q_c).

Capacidad de una entrada

La capacidad de una entrada con un solo carril C_{e1} se puede calcular mediante la fórmula general **CR1** o mediante la fórmula especial **CR2**:

Fórmula general CR1

$$C_{e1} = 1300 - 0,75 \times Q_c \quad (\text{veh/h}) \quad [12]$$

de aplicación en rotondas urbanas compactas (diámetro exterior entre 25 y 40 metros), con anillo de circulación de un solo carril y condiciones de tráfico y geometría estándar.

Fórmula especial CR2

$$C_{e1} = 1450 - 0,95 \times Q_c \quad (\text{veh/h}) \quad [13]$$

de aplicación en rotondas urbanas compactas (diámetro exterior entre 25 y 40 metros), con anillo de circulación de un solo carril y entrada con una vía reservada para el transporte público o entrada abocinada pero sin división en dos carriles. También para tráfico de entrada elevados (más de 1000 veh/h).

Capacidad de una entrada con dos carriles

$$C_{e2} = 1,4 \times C_{e1} \quad (\text{veh/h}) \quad [14]$$

Equivalencias entre vehículos

1 dos ruedas = 0,5 vehículos ligeros o turismos (veh)

1 camión = 1 semi-remolque = 1 vehículo articulado = 2 vehículos (veh)

Tiempo de espera medio

$$T_m \text{ (seg)} = (2000 + 2 \times Q_c) / (C_{e1} - Q_e) \quad [15]$$

con C_{e1} (o C_{e2}) calculado según CR1 o CR2 y Q_e tráfico efectivo de la entrada (veh/h).