



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA.  
UNIVERSIDAD DE SEVILLA**

**RESUMEN  
TESIS DOCTORAL**

**DISEÑO Y APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA EL  
DESARROLLO DE PLANES DE TRANSPORTES SOSTENIBLES EN  
CENTROS UNIVERSITARIOS.**

Francisco Lucas García

Tutor: Jesús Racero Moreno

Departamento de Organización Industrial y Gestión de Empresas

Escuela Técnica Superior de Ingenieros

Universidad de Sevilla

Camino de los Descubrimientos s/n. 41092 Sevilla España.

## **INDICE**

<b>1. INTRODUCCION .....</b>	<b>2</b>
<b>2. ANTECEDENTES .....</b>	<b>2</b>
<b>3. HIPOTESIS Y OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
<b>4. METODOLOGIA Y PLAN DE TRABAJO .....</b>	<b>5</b>
<b>5. DISEÑO DE LA METODOLOGÍA PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA MOVILIDAD A CAMPUS UNIVERSITARIOS. ....</b>	<b>6</b>
<b>5.1. ETAPAS A SEGUIR EN LA CAPTURA DE DATOS:.....</b>	<b>7</b>
<b>5.2. TÉCNICAS PARA CAPTURA DE DATOS: .....</b>	<b>7</b>
<b>6. DIAGNÓSTICO DE LA MOVILIDAD APLICADO AL CAMPUS UNIVERSITARIO DE REINA MERCEDES. ....</b>	<b>8</b>
<b>6.1. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN. ....</b>	<b>9</b>
<b>6.2. EL ACCESO POR BICICLETA.....</b>	<b>11</b>
<b>6.3. ACCESO POR TRANSPORTE PÚBLICO.....</b>	<b>11</b>
<b>6.4. LA DISTRIBUCIÓN DE LOS APARCAMIENTOS EN LA ZONA: .....</b>	<b>12</b>
<b>6.5. LA LOCALIZACIÓN DE PASO DE PEATONES Y ESTRUCTURA DEL ACERADO:.....</b>	<b>13</b>
<b>6.6. ANALISIS DE LA TOMA DE DATOS.....</b>	<b>14</b>
<b>7. CONCLUSIONES Y EXTENSIONES. ....</b>	<b>20</b>
<b>7.1.- PUBLICACIONES.....</b>	<b>21</b>
<b>8. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>22</b>

## **1. INTRODUCCION**

El presente proyecto de tesis se enmarca en una línea de trabajo sobre el “Estudio y Diseño de Planes de Movilidad Urbana Sostenible”. En concreto, dentro de las líneas del programa oficial de doctorado del Departamento de Organización Industrial y Gestión de Empresas, esta tesis podría incluirse dentro de la línea de investigación “Movilidad Sostenible”.

La tesis se desarrollara dentro de un marco de trabajo basado en el estudio de métodos de diseño aproximados, sobre un conjunto de problemas perteneciente a la movilidad urbana sostenible, denominados “Planes de Movilidad”, los cuales se enfocan al diseño de un problema de reasignación de medios y recursos para la movilidad en el entorno de Centros Universitarios.

## **2. ANTECEDENTES**

La movilidad sostenible es el sistema equilibrado que debe garantizar un modelo económico, medioambiental y social por el cual nuestro sistema de transporte tenga las mínimas repercusiones negativas. Para ello se debe tender al desarrollo de una sociedad que evoluciones hacia modelos de bajo consumo energético.

Las costumbres y las ciudades son diferentes unas de otras, al igual que los desplazamiento individuales de las personas varían de unos a otros dentro de una misma ciudad, por ello las soluciones de movilidad para una ciudad determinada no se puede generalizar ósea los patrones de comportamiento en la movilidad de una ciudad o entorno, no se puede definir como una solución común.

Los diferentes proyectos encaminados al estudio de la movilidad tienen como objetivo final, la reducción de los contaminantes fósiles, con la consiguiente disminución de gases de efectos invernaderos, perjudiciales para la salud pública.

El transporte por carretera es el mayor contribuyente al calentamiento desde finales del XIX, seguido de la aviación.

Un buen sistema de transporte público permite mitigar la exclusión social, dando la posibilidad a todos los ciudadanos de desplazarse y la posibilidad de acceder a todos los bienes y necesidades.

Independientemente de las consecuencias derivadas de la emisión de gases al medio ambiente, el transporte genera otra serie efectos adversos en la vida de las personas. El tráfico en las ciudades genera el 80% del ruido. Gran cantidad de la población se encuentra soportando niveles de ruido por

encima de los niveles aconsejados por la Organización mundial de la Salud (55 dB), e incluso niveles por encima de 65 dB a partir del cual se considera que puede tener graves consecuencias para la salud.

Ante la necesidad de reducir el impacto negativo del transporte surgen el concepto de movilidad sostenible que es la base para el desarrollo de los **planes de movilidad urbana sostenible (PMUS)** y planes de transporte.

Algunos países han desarrollado sus propias guías de transporte, que incluye criterios de SOSTENIBILIDAD. Por ejemplo, en Francia, la primera guía de plan de transporte se desarrolló durante 1982 y la última versión incluye el análisis de la sostenibilidad (BAUCIRE, 2007). La PDU (Plan de déplacements. Urbains, ADEME / CERTU 2001) son obligatorias y revisables cada cinco años. En Reino Unido, la guía se llama plan de transporte local (LTP, 2007), que se aplica en áreas urbanas de la ciudad y el objetivo de esta guía se caracteriza por los indicadores de las evaluaciones, por último otros países, como en Italia, describen planes de transportes, que son planes que se revisan cada diez años.

<b>PDU (Francia)</b>	<b>LTP (Reino Unido) • (primeros LTP 2001-2005)</b>	<b>PUM (Italia)</b>
Obligatorio para ciudades de > 100.000 Hab.		•Obligatorios para ciudades y Áreas Metropolitanas > 100.000 hab
Se redacta para periodos de 5 y 10 años.	Establecen estrategias de transporte integrado a 5 años.	Plan a largo plazo: 10 años • Contiene diferentes sub-planes (1 por modo de transporte).
Evaluación obligatoria 10 años después de su adopción.	Revisadas por LTA, y anualmente por un auditor independiente (distribución \$) • APR (informes anuales de seguimiento del plan) • Indicadores para evaluar el cumplimiento del plan.	Revisión bianual.
Aprobado por las autoridades locales responsables de la organización del transporte público (AOTU).		
Define los principio de organización del transporte en la ciudad, circulación y aparcamiento para conseguir una coordinación de todos los modos promoviendo los más eficientes y menos contaminantes.	Plan general de organización del transporte con especial interés en la participación de todos los grupos sensibles y gran participación ciudadana.	• Falta de desarrollo reglamentario y de un marco de financiación poco desarrollados.
Normativa vigente: - LOTI (1982), ley básica de los PDUs. - LAURE (1996), convierte los PDU en obligatorios para aglomeraciones > 100.000 habit. - SRU (2000), obliga a que los PDU traten la seguridad de los desplazamientos, y contemplan sistema de tarificación integrada.	• Regulación: - Libro Blanco del Transporte (1998), introduce los LTP con el fin de conseguir un transporte integrado. - Ley de Transporte (2000), otorga a las LTA competencias para llevar a cabo los LTP. - Guidance on Full LTP (2000), detalla la preparación de los LTP. (Full Guidance on Local Transport Plans: Second Edition, para 2006-2011).	• Marco Regulatorio: - Plan Nacional de Transporte (2000) y Ley 340/2000, definen la metodología para preparar y diseñar los PUM. - Regulación de la planificación del transporte. urbano está en fase de transición

**Tabla 1 - Resumen Metodología de planes Transportaciones en Europa**

Diferentes países han desarrollado planes de transportes sostenibles; estos planes se caracterizan por la descripción de acciones orientadas a la sostenibilidad. También muchas de las acciones propuestas no incluyen indicadores de seguimiento para su evolución, y no indica el impacto de su implementación.

Los planes de transportes o guía desarrollada por el IDAE, describen una serie de acciones asociadas a la demanda, donde se pretende desarrollar e implementar estrategias orientadas a cambiar los hábitos de movilidad. Estas estrategias deben ser atractivas para buscar un uso más racional del vehículo privado y fomentar los modos de transporte más sostenibles.

Los planes de transporte a campus universitarios son muy similares a los planes de Transportes a trabajadores. Las fases y las actividades son similares en términos, debido a que en estos planes son comparables los viajes de los trabajadores y los viajes de los estudiantes (ROBUSTE, 2011; ROZAS, 2007; TOOR, 2004; COLOMER, 2010).

### **3. HIPOTESIS Y OBJETIVOS**

Actualmente la sociedad se encuentra en un momento de especial sensibilidad con los temas referentes al ámbito ambiental y huella ecológica. Desde un punto de vista local las autoridades con apoyo de las instituciones nacionales y europeas, con tratados ratificados a nivel mundial, se proponen objetivos para la minimización del daño que la actividad humana genera sobre su entorno a nivel local y a mayor escala a nivel global.

El crecimiento de la movilidad y el aumento de la ineficiencia en el transporte han conducido al desarrollo de planes de movilidad urbana sostenible cuyo objetivo es analizar, proponer e implementar medidas que aumente la eficiencia energética y reduzcan las emisiones contaminantes como consecuencia de la movilidad.

Aunque actualmente existe una guía para la elaboración de planes de movilidad urbana sostenible y planes de transporte, estos no reflejan con precisión los trabajos a realizar. Al ser una guía abierta implica que los planes de movilidad desarrollados en diferentes municipios en muchos casos son propios, no comparables entre sí y con tareas diferenciadas que en muchos casos brillan por su ausencia. Así mismo, la guía recomienda su utilización en poblaciones superiores a 50.000 habitantes quedando un hueco en aquellas poblaciones con inferior población.

**El objetivo principal del proyecto de tesis se basa en el analizar, diseñar, implementar e integrar diversas metodologías para el estudio de la movilidad con criterios de sostenibilidad y aplicable a centros atradores/generadores en el ámbito educativo.**

#### **4. METODOLOGIA Y PLAN DE TRABAJO**

Uno de los principales resultados perseguidos consiste en conseguir una guía/metodología estandarizada que sirva de referencia en el ámbito local y municipal para la elaboración de estudios energéticos y ambientales debido al transporte urbano. Toda esta elaboración genera una documentación de manera que se obtiene un proyecto completo de estudio con los resultados, análisis, planos...

Finalmente y como aplicación de la metodología desarrollada se realiza un **estudio de un Plan de Movilidad Urbana Sostenible, en el entorno de Centros Universitarios**, en una localidad, a modo de ejemplo. Éste, sigue el modelo de la guía desarrollada, persiguiendo los objetivos pretendidos en el plan y desarrollando cada una de las etapas explicadas con anterioridad, mediante la selección de herramientas adecuadas en cada caso, con la finalidad de obtener un documento resumen del proyecto, válido para la entrega como documentación final.

Un objetivo que se estructura en diferentes etapas, la primera consiste en una revisión exhaustiva de las diferentes modalidades existentes de este tipo de estudios en el ámbito europeo, enmarcado en una política más global. Una vez situados en el contexto del proyecto, conociendo las principales directivas nacionales, se desarrolla una serie de objetivos con el fin de desarrollar una guía didáctica de estudio con la que se pueda desarrollar un plan de movilidad sin conocer de manera profunda el tema.

- **Definición e estandarización de las principales fases para el desarrollo completo de un plan de movilidad urbana sostenible.** La estandarización permite un seguimiento sencillo de todo el proceso paso a paso.
- **Identificación, descripción y funcionalidades de las etapas de cada fase.** Las etapas están estructuradas en procesos indicando las fuentes de información y las tareas que se deben realizar para la consecución de cada fase.
- Todas estas etapas están unidas de manera biunívoca con unas herramientas que permiten la realización de las etapas. Así se describen las herramientas a seguir en cada una de las etapas y metodología de uso de esas herramientas ejemplificando en la mayoría de los casos la metodología a seguir.

- Diseño del plan de documentación asociado a cada fase y al plan de movilidad general.
- Estas fases van programadas y desarrolladas mediante un seguimiento de los recursos necesarios y monitorización de los trabajos en el horizonte temporal en el cual se desarrolla. Este seguimiento se elabora para dotar de la información pertinente a las autoridades y seguimiento propio del proceso. De esta manera se detalla cómo se ha de realizar el seguimiento de las etapas y fases para su estudio.

## 5. DISEÑO DE LA METODOLOGÍA PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA MOVILIDAD A CAMPUS UNIVERSITARIOS.

El proyecto trata de elaborar un plan integral de transporte a Centros Universitarios; Dicho plan se engloba dentro de la categoría de los estudios básicos de planes de movilidad urbana sostenible o planes de transporte a trabajadores, como consecuencia que son centros de trabajo y centro de estudio. Los planes de transporte a trabajadores son los que más se asemejan en cuanto al desplazamiento de alumnos a los centros universitarios.

En primer lugar se hace un estudio de viabilidad y necesidades del proyecto; para ello se realiza una captura de datos realizada a través de técnicas específicas.

- Las etapas en la elaboración del diagnóstico de la movilidad a un campus universitario contiene seis fases:



Figura 1.- Etapas para el diagnóstico de la movilidad

## **5.1. Etapas a seguir en la captura de datos:**

### **1. Datos socio-económicos de la zona**

### **2. Usos de suelos**

#### **▪ Inventario de la oferta**

- Red viaria.
- Viario, indicando sus características: longitud de la vía y ancho del acerado, continuidad para hacer otras vías, carriles y sentido de circulación, flujos circulatorios y centros atractores/generadores de flujos circulatorios.
- Intersecciones.
- Aparcamientos, haciendo descripción de todos los tipos que podemos encontrar: de vía pública (libres, de pago, de uso exclusivo a residentes, rotación o zona O.R.A), estacionamientos subterráneos o en edificaciones (públicos, privados, privados de uso público) y estaciones para personas con movilidad reducida.
- Transporte público.
- Itinerarios peatonales.
- Distribución de mercancías.

### **3. Inventario de la demanda**

### **4. Tomas de contaminación puntual**

## **5.2. Técnicas para captura de datos:**

### **1. Localización y adquisición de mapas del terreno**

### **2. Digitalización del viario**

### **3. Generación de mapas de campo**

### **4. Diseño de fichas de datos**

### **5. Diseño del plan de encuestas de movilidad.**

### **6. Diseño de la metodología de obtención del inventario energético y ambiental.**

El objetivo perseguido es cuantificar el impacto ambiental que provoca la movilidad en el centro de trabajo, para a partir de ahí establecer objetivos y compromisos de reducción, todo ello asociado a las propuestas de mejora de la movilidad que se vayan a diseñar e implementar.

A Continuación se muestra un esquema general de la metodología de cálculo.



## 6.1. Tratamiento de la información.

En la recogida de la información se ha caracterizado la zona de acuerdo al número de estudiantes, número de profesores, horarios mañana/tarde de acceso a dichas clases, así como el origen desde donde se desplaza dicha población. Todo esto ayudará a estudiar de forma detallada el flujo de personas que acceden al campus.

En primer lugar para el estudio de la zona, se ha realizado una digitalización del viario, que consiste en identificar, organizar y asignar la información gráfica proporcionada en las fotos aéreas o callejeras con información no gráfica característica de los elementos que componen el viario. El proceso de digitalización de viario consiste en modelar el viario mediante un grafo dirigido donde los vértices se corresponden a intersecciones y los arcos a tramos de calles, uno por cada sentido de circulación. Cada vértice es identificado por un número unívoco y un arco por dos vértices o nodo que se denominan origen y destino en función del sentido de circulación.

La digitalización se ha estructurado en tres zonas. El viario se ha transformado en un grafo dirigido donde las aristas corresponden a secciones de calles y los vértices a intersecciones entre secciones de calles. Las zonas definidas están orientadas de norte a sur:

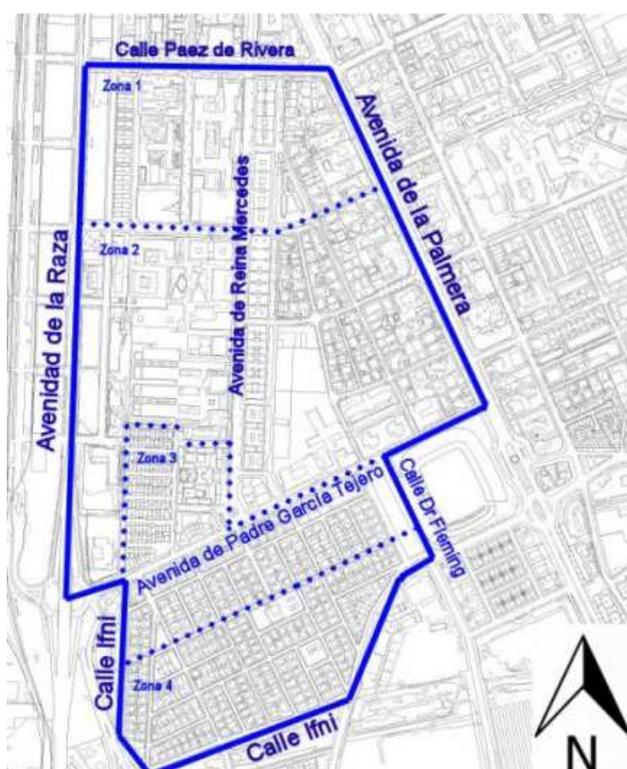


Figura 2. División del área de estudio en zonas

**Zona 1:** Correspondiente al norte de Reina Mercedes y delimitada al norte por la calle Paéz de Rivera (vértices o nodos 1,2,3,4 y 5), al este por la avenida de la Palmera (nodos 1,20) al oeste por la avenida de la Raza (6,87) y al Sur por las calles Profesor García González(12,13,14,15,87) y Tramontana (20,9,10,11).

**Zona 2:** Parte central de la zona de estudio limitada al norte por las calles Profesor García González y Tramontana, al este por la continuación de la avenida de la Palmera (nodos 19,29 y 37) al oeste por la continuación de la avenida de la Raza (87,88,89) y al sur por la avenida del Padre García Tejero (22,23,...37).

**Zona 3 y 4:** Zona Sur de la zona objeto de estudio las calles corresponde al barrio de Heliópolis, zona residencial caracterizada por un entramado de calles foco de aparcamientos de estudiantes. Esta macro zona se ha dividido en dos partes la parte más cercana a los centros universitarios y la zona más al sur y por tanto más alejada.

En resumen, la digitalización del viario supone un total de 103 vértices (figura 28) o intersecciones y aproximadamente 200 tramos o secciones entre intersecciones.

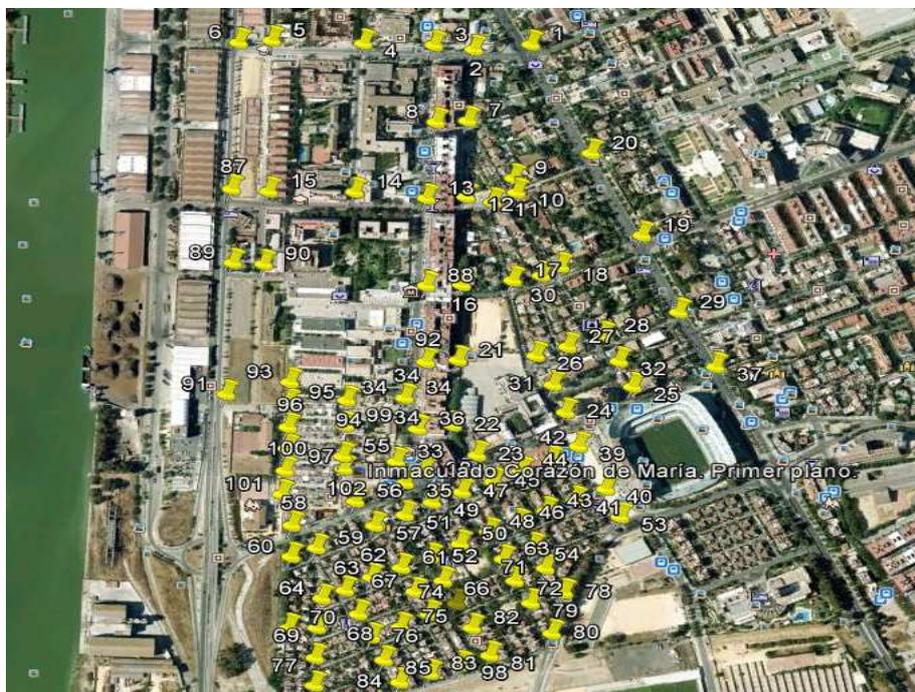


Figura 5.-Asignación total de nodos

## **6.2. El acceso por bicicleta.**

Ha sido un punto importante a analizar, gran parte de la población aprovechan el servicio SEVICI, o su bicicleta particular para acceder a dicha zona. La oferta que SEVICI ofrece a dicha zona es la siguiente:

Nº estación	Nº de bornetas
132	20
40	30
126	25
146	20
145	20
153	27
Total	142

**Tabla 1. Información sobre estaciones y bornetas de Sevici en Reina Mercedes**

En cuanto a ciclistas, el campus cuenta con dos grandes ciclistas más otros tres de menor tamaño. Estos son los siguientes:

- Ciclista de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática (ETSII).
- Ciclista central del Campus de Reina Mercedes.
- Ciclista del Centro de Investigación Tecnológica e Innovación (CITIUS).
- Ciclista Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica (EUAT)
- Ciclista Escuela Técnica Superior de Arquitectura (ETSA).

## **6.3. Acceso por transporte público.**

El campus cuenta con un total de dos líneas de autobús, la número 6 y la número 34 que comparten en la propia avenida 2 paradas. Otras líneas anexas son la 2, y la 1.



Figura 3. Paradas de autobús

La frecuencia de dichas líneas son: 6-10 minutos para la línea 6, 4-7 minutos para la línea 34 y 8-12 minutos para la línea 2.

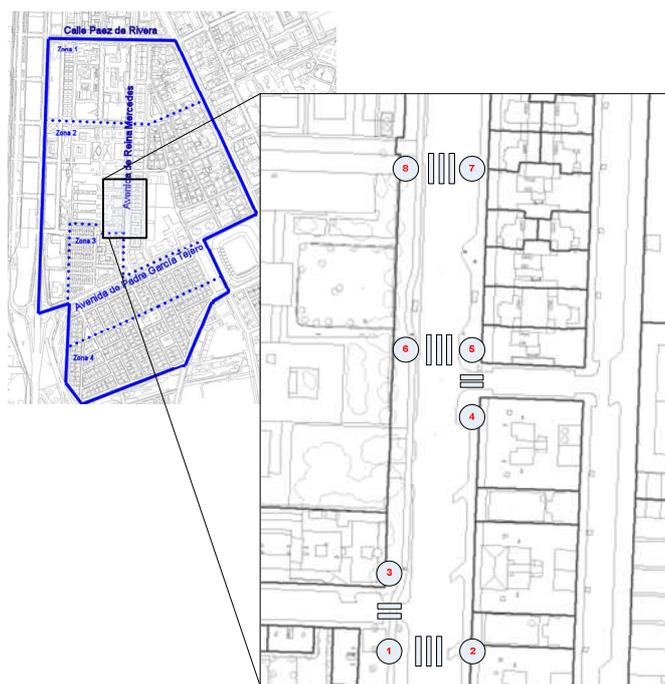
#### 6.4. La distribución de los aparcamientos en la zona:



Figura 7.-Distribución de aparcamientos en el campus de Reina Mercedes

- 1.-Campus Universitario de Reina Mercedes: Aparcamiento de 140 plazas situado a las espaldas de la escuela Técnica de Ingeniería en Informática y una extensión de 4400 metros cuadrados.
- 2.-Aparcamiento General: Entre la Facultad de Física y el Comedor Universitario. Con aproximadamente 280 plazas de aparcamiento Y una extensión de 6700 metros cuadrados.
- 3.-Aparcamiento Avenida de la Raza. Con un total de 190 plazas y una superficie de 4300 metros cuadrados.
- 4.-Aparcamiento Escuela Superior de Ingeniería Informática. Situado en la parte delantera cuanta con 50plazas y una superficie de 1000 metros cuadrados.
- 5.-Zona reservada para bicicletas: aparcamiento del edificio C.I.T.I.U.S. y patio de la E.T.S. de Arquitectura. 75 plazas de aparcamiento para vehículos con aproximadamente 2500 metros cuadrados de espacio (Figura 23, aparcamiento 3)

#### **6.5. La localización de paso de peatones y estructura del acerado:**



**Figura 8.- Localización de pasos de peatones.-**

**Las intersecciones y accesos** son 2 vías principales de acceso, la primera situada al este que corresponde con la avenida de la Palmera, que conecta con el campus a través de dos entradas, una al norte a través de la calle Paez de Ribera y otra al Sur también a través de la Avenida Padre García Tejero. El segundo punto de acceso a la zona se encuentra al Oeste, en concreto la avenida de la Raza de donde se dispone de tres puntos de

acceso al campus, a través de la Avenida Padre García Tejero y Paez de Ribera y la calle Profesor García González.

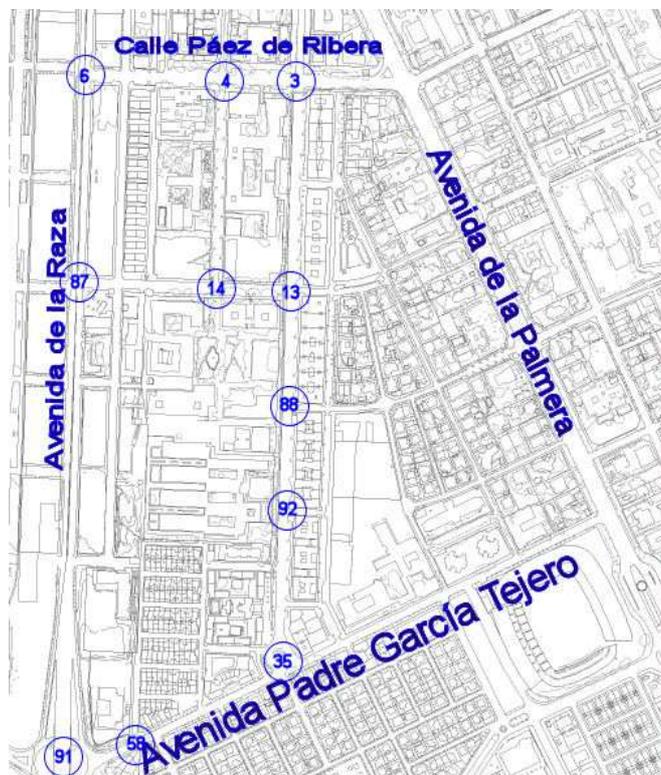


Figura 9.- Localización de intersecciones de la zona de estudio

Las intersecciones de acceso a considerar han sido ajustadas a una ficha de toma de datos que tienen como objetivo conocer a diversas horas del día los flujos o intensidad de vehículos. La red base empleada para diferenciar las intersecciones se muestra en la siguiente figura. Por cada intersección seleccionada se define una ficha de toma de datos donde aparece el mapa de situación, la intersección con los giros permitidos representados y una tabla que sirve de base para indicar la hora y por cada giro el número de vehículos que en 5 minutos ha realizado la maniobra.

## 6.6. Análisis de la toma de datos.

Se ha **elaborado una campaña de encuestas** orientada a trabajadores y alumnos, en la que se ha realizado un análisis de la movilidad de los trabajadores y alumnos de los diferentes centros. El número de encuestas a realizar distribuido por centros con un nivel de confianza del 95% y una precisión del 90% es:

FACULTAD	ALUMNOS MATRICULADOS	Tamaño de muestra
Biología	1724	48
Farmacia	2318	48
Física	393	44
Matemáticas	550	45
Química	715	46
Arquitectura	3427	48
ETSII	2734	48
Ingeniería de edificación	2523	49
<b>TOTAL</b>	<b>14384</b>	

**Tabla 2. Recomendaciones sobre tamaño muestral para encuestas de movilidad**

Los Aparcamientos en la zona de estudio está dividida por zonas, así mismo la primera zona a considerar es la disposición de aparcamientos y por aparcamiento que provee la universidad. La disponibilidad de aparcamientos en la zona queda reflejada en la tabla con aproximadamente 4100 aparcamientos, solo en el área limitada por este estudio.

Aparcamientos Universidad	735	
Zona 1	417	628
Zona 2	918	511
Zona 3y4	0	869
<b>TOTAL</b>	<b>2170</b>	<b>1998</b>

**Tabla 3. Plazas de aparcamientos por zonas**

Para estudiar la movilidad al campus, se ha realizado una distribución modal donde se analiza tanto la procedencia de la población que acude al campus, el medio de transporte que emplean, así como la franja horaria del desplazamiento. La siguiente gráfica muestra una representación de dicha movilidad.

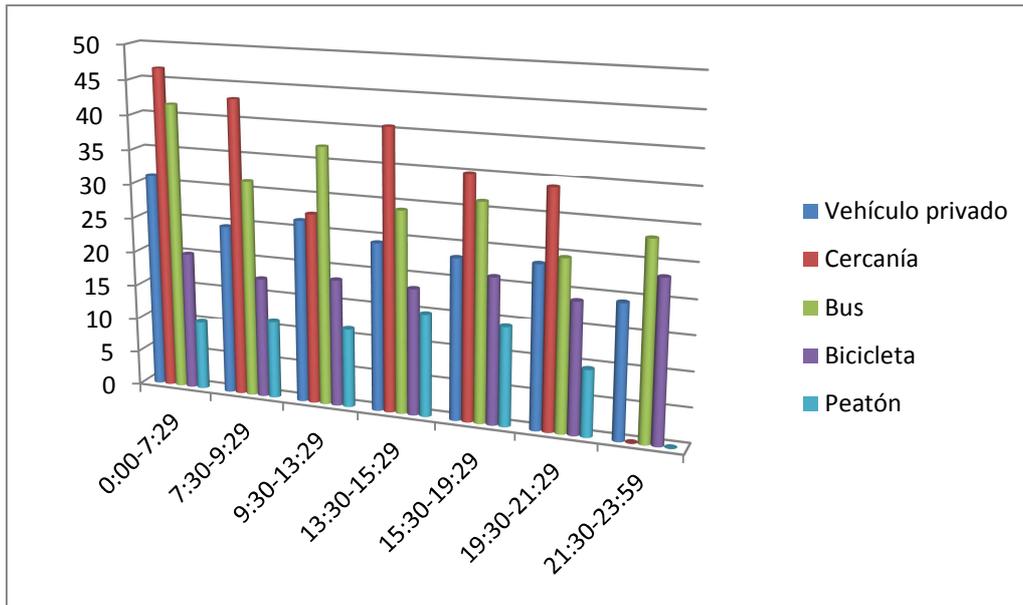


Figura 10.- Tiempo de viaje en base a la hora de salida

En cuanto a los aparcamientos, se analiza de acuerdo al ratio de alumnos por aparcamiento, el lugar (parking universitario o zonas anexas), horario y tiempo que permanece aparcado el coche. El tiempo de aparcamiento es un factor importante a considerar a la hora de elección del vehículo privado, el coste de aparcamiento, el tiempo de aparcamiento (sumado al tiempo total de viaje) y la distancia al destino son los principales factores que los conductores consideran y comparan para considerar el cambio de modo de transporte.

Analizando el transporte público, se ve que una de las principales alternativas al vehículo privado es este medio, así como aumentar el nivel de ocupación de los vehículos, en el campus el 80% de las personas están dispuestas a compartir coche, siendo del 66% el conjunto de personas que no utilizan el transporte público. Analizando por otra parte horarios del mismo, se ve que la línea más utilizada es la 6 en hora pico de mañana y la línea 34 en horas pico o de mayor intensidad por la tarde. Finalmente, se ha evaluado las causas por la cual no se selecciona el modo de transporte público para el desplazamiento hacia el campus, los resultados obtenidos demuestra la facilidad y comodidad que tiene el vehículo privado para acceder al campus.

Analizando el tráfico en cuanto a su intensidad, se muestra que los mayores valores se encuentran en las principales avenidas de estudio y a lo largo de la mañana.

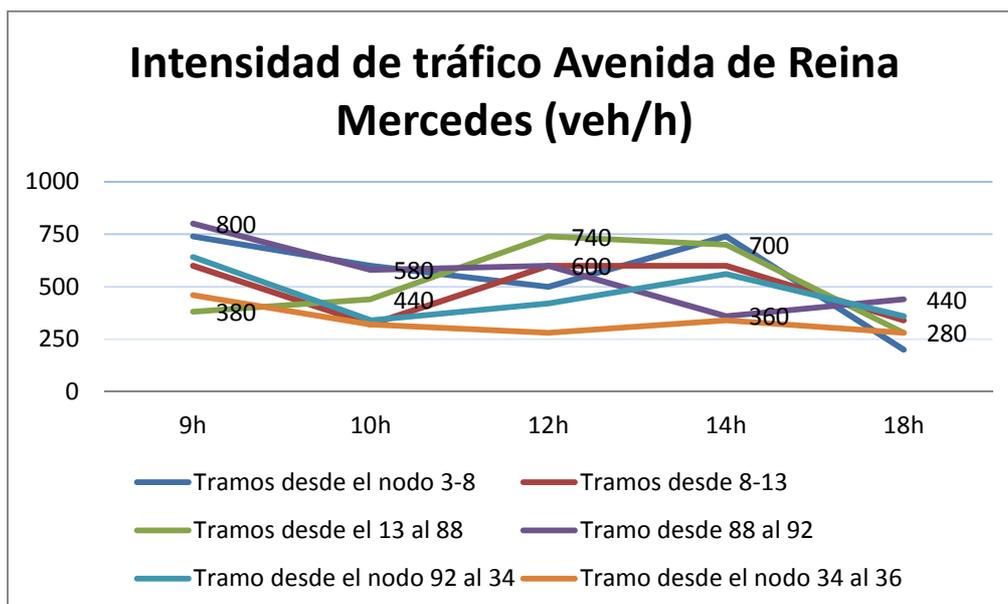


Figura 11.- Flujo de coches en la avenida de Reina Mercedes

Analizando la movilidad peatonal se muestra que el mayor pico se encuentra entre las 12-14h, y en cuanto a la movilidad ciclista, la bicicleta propia y el servicio público de bicicletas reflejan un reparto de uso del 50% entre los usuarios de la bicicleta. Es destacable indicar que aquellos centros con cercanía a estaciones del servicio público de bicicleta tienen una mayor utilización del mismo. Las principales causas por la cual a muchos de los que se desplazan a Reina Mercedes no utilizan la bicicleta es como consecuencia del tiempo de viaje, teniendo gran importancia la disponibilidad de vestuarios y el esfuerzo en el desplazamiento.

El inventario energético y ambiental recogido se basa en un método Top-Down o agregado ampliado donde en base al número de alumnos matriculados por centro, la distribución modal y la distancia media recorrida se puede establecer las emisiones y consumo medio de combustible. Como puede observarse, en la última década el parque ha sufrido lo que se conoce como “el fenómeno de dieselización” consistente en el aumento del número de vehículos que emplean el diesel como combustible. En relación al transporte público se ha procedido al análisis del parque de autobuses, encontrando que la distribución de vehículos se centra en dos tipos, gas natural y biodiesel.

Es por todo lo expuesto anteriormente que dicho proyecto trata de analizar de manera detallada:

- **análisis modal.-** Por facultades se han hecho estudios de modos de movilidad, siguiendo todas la misma tendencia;

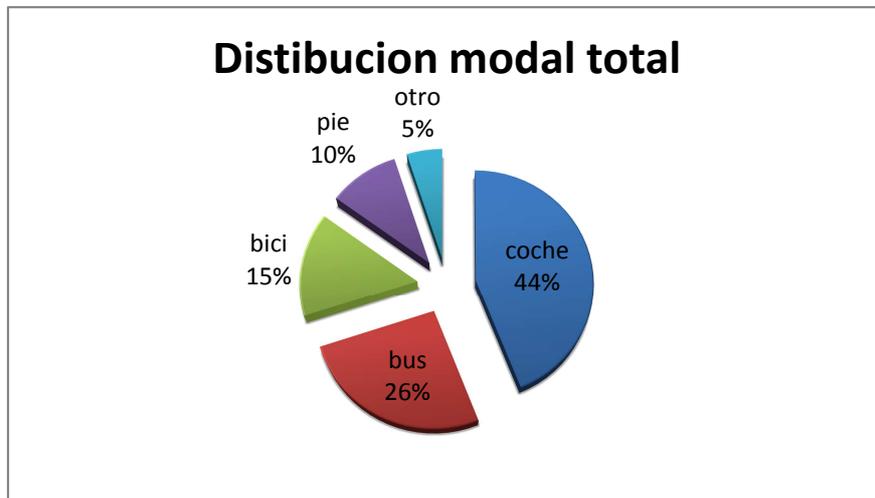


Figura 4.- Distribución modal total

- **análisis de los desplazamientos.-** se miran tiempos de desplazamiento y la franja horaria. Se concluye que el horario de mañana es el predominante frente al horario de tarde, y el tiempo de transporte en todos los medios, oscila en torno a los 20-30min.
- **análisis de aparcamientos.-** predomina el aparcamiento dentro de la universidad, estando el mayor índice de ocupación a lo largo de la mañana. Los modos de aparcamiento también se han analizado, indicando que la zona 2 y zona 1, las más próximas a los centros de destino las que presentan mayor índice de indisciplina, así mismo el tipo de indisciplina que mayor se produce es el aparcamiento en doble fila, mientras que el resto de indisciplina como aparcamiento en paso de peatones o paradas de autobús es la que le sigue.
- **análisis de transporte público.-** este se ha realizado en cuanto al nº de subidas y bajadas en cada parada, franja horaria y datos correspondientes a cada línea.
- **análisis del tráfico.-** se evalúa el flujo de coches en cuanto su intensidad de tráfico, que como se ha dicho sube desde 10-14h en su mayor pico.
- **análisis de la movilidad peatonal.-** se centra en conocer la capacidad de la vía en los desplazamientos peatonales así como analizar los puntos conflictivos que el peatón en su desplazamiento tiene con otros modos de transporte. Será importante analizar el flujo de peatones, densidad peatonal, espacio del peatón; esto influirá de manera notable a la hora del diseño de infraestructuras peatonales.

- **análisis de la movilidad ciclista.**- Los rasgos principales de una red de vías ciclistas se deducen de la combinación de los siguientes criterios: usuario tipo, funcionalidad, extensión, conectividad y aprovechamiento de la infraestructura existente. Con ello se llega a un análisis estructurado del uso de la bicicleta:

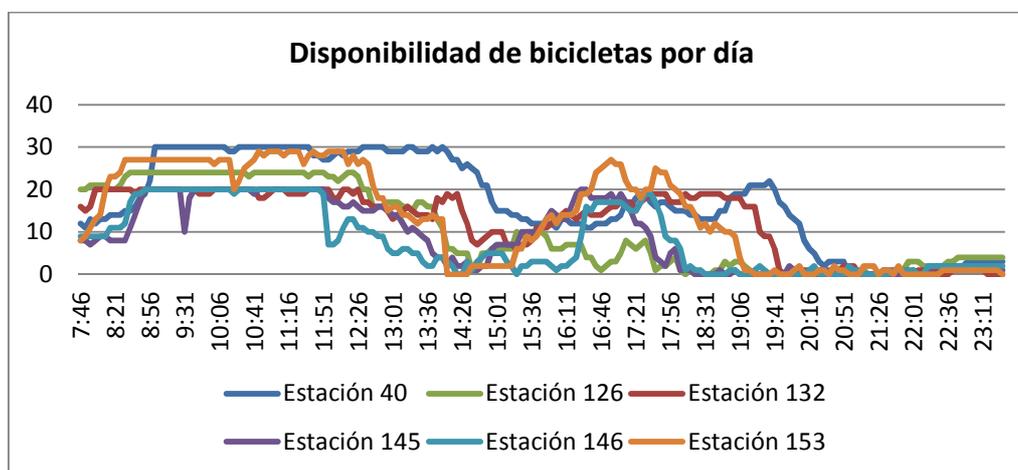


Figura 13.- Distribución de bicicletas por día.

- **inventario energético y ambiental.**- El último apartado tiene como objetivo describir el inventario energético de forma desagregada por centro y alumno, de tal forma que permita comparar en base a los datos las emisiones y consumo energético de cada escuela y su aportación al total. La distribución de las emisiones por tipología de medio de transporte indica que el 82% de las emisiones de CO<sub>2</sub> corresponden al vehículo privado.

	Inventario Ambiental (Toneladas)				Inventario Energético				
					Litros		Tep		
	Co <sub>2</sub>	Co	Hc	NO <sub>x</sub>	Gasolina/Gas	Gasóleo	Gasolina	Gasóleo	Total
Arquitectura	4,543	0,345	0,051	0,033	781,112	1025,332	0,639	0,881	1,520
Biología	1,679	0,124	0,018	0,012	281,986	372,737	0,231	0,320	0,551
ETSII	2,794	0,185	0,029	0,022	467,725	637,673	0,388	0,541	0,929
Farmacia	1,283	0,096	0,014	0,009	217,313	286,282	0,178	0,246	0,424
Física	0,423	0,031	0,005	0,003	71,284	95,507	0,058	0,082	0,140
Ing. de la Edificación	2,461	0,170	0,027	0,019	415,494	560,113	0,343	0,477	0,820
Matemáticas	0,457	0,032	0,005	0,003	72,499	100,387	0,059	0,086	0,146
Química	0,843	0,065	0,010	0,006	145,170	189,899	0,118	0,163	0,282
<b>Total Campus</b>	<b>14,483</b>	<b>1,047</b>	<b>0,159</b>	<b>0,108</b>	<b>2452,583</b>	<b>3267,929</b>	<b>2,014</b>	<b>2,797</b>	<b>4,811</b>

Tabla 4.- Inventario ambiental por día en el campus de Reina Mercedes

Así mismo se realiza un estudio económico del impacto energético y ambiental en la zona de forma agregada y desagregada por persona.

	Coste Ambiental en Euros(Día)					
	Total			Alumno		
	Co2	Co	NOx	Co2	Co	NOx
Arquitectura	113.5792	8.6177	113.4120	0.0413	0.0031	0.0412
Biología	41.9701	3.0884	41.7031	0.0340	0.0025	0.0338
ETSII	69.8443	4.6202	76.9049	0.0342	0.0023	0.0376
Farmacia	32.0829	2.4013	31.7035	0.0323	0.0024	0.0319
Física	10.5693	0.7731	10.6406	0.0345	0.0025	0.0347
Ing. de la Edificación	61.5370	4.2509	65.8703	0.0312	0.0022	0.0334
Matemáticas	11.4232	0.8104	10.7465	0.0251	0.0018	0.0236
Química	21.0700	1.6219	20.7525	0.0414	0.0032	0.0407
<b>Total</b>	<b>362.0761</b>	<b>26.1840</b>	<b>371.7333</b>	<b>0.2739</b>	<b>0.0200</b>	<b>0.2770</b>

**Tabla 1.- Costes ambientales de los desplazamientos a los centros de Reina Mercedes.**

## 7. CONCLUSIONES Y EXTENSIONES.

Se puede concluir que la movilidad urbana es un importante factor de crecimiento y empleo hoy en día, pero a su vez causa un fuerte impacto sobre el desarrollo sostenible. La tarea difícil que todo el mundo se plantea es conciliar el desarrollo económico de las ciudades con la mejora de la calidad de vida y la protección medioambiental. Es por ello que un estudio medio-ambiental y de impacto sobre toda construcción que se haga hoy en día, resulta necesario y fundamental.

Las principales extensiones al proyecto reside en dos bloques fundamentales, el primer bloque trata de propuesta de mejora de la movilidad y accesibilidad al campus con criterios de sostenibilidad (Ayudas al transporte, políticas de coche compartido, cursos de conducción eficiente y mejora de la información sobre movilidad sostenible); el segundo bloque centrado en un sistema de seguimiento y monitorización (fijar las herramientas y técnicas que de forma periódica revise el sistema).

En resumen, el plan tiene por finalidad encontrar repuesta a los principales problemas de movilidad que se presentan en el Campus de reina mercedes y su entorno, un área que tras el paso de los años camina hacia la congestión por el crecimiento de la motorización y el uso de los vehículos con mayor emisión de contaminantes cada día. El Plan tiende a mantener y en lo posible, incrementar la participación del transporte colectivo y del individual no contaminante en la satisfacción de la movilidad.

## 7.1.- Publicaciones

Una vez terminada este proyecto de tesis doctoral, se ha elaborado los siguientes artículos:

- **Análisis de la movilidad en campus universitarios integrados en zonas urbanas.**  
**Revista DYNA INGENIERIA, con factor de impacto JCR 0.2 (ISSN 2.0012-7361- Año 2015).**



- **Sustainable transport analysis in University Campus integrated in urban areas.**  
**XVIII Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito Transporte y Logística 2014 (PANAM 2014)**, celebrado en la ciudad de Santander en Junio de 2014. (ISBN: 978-84-617-0085-1)
- **Metodología de análisis de la movilidad sostenible a centros educativos.**  
**X congreso de ingeniería del transporte. CIT 2012**, celebrado en Granada los días 20, 21 y 22 de junio del 2012. (ISBN: 978-84-338-5402-5)

## 8. BIBLIOGRAFIA.

Aparcamientos. Sistema de información geográfica sobre aparcamientos en superficie. ([http://www.parkopedia.es/aparcamiento/garaje/reina\\_mercedes/41012/seville/](http://www.parkopedia.es/aparcamiento/garaje/reina_mercedes/41012/seville/), último acceso 19/11/2012)

BAUCIRE. F., 2007, *la mobilité au centre de l'urbain*, *Compte rendu de la journée de la d'étude sur la mobilité et développement urbain organisée par l'ADP*.

BAVOUX, J.J., BEAUCIRE. F., CHAPELON. L., ZEMBRI. P., 2005, *Géographie des transports*, Paris, Armand Colin

BONNAFOUS.A., PATIER-MARQUE. D., PLASSARD. F., 1981, *Mobilité et vie quotidienne*, collection L.E.T.

Cálculo del coste de utilización del vehículo privado. ([http://www.espormadrid.es/2011/10/una-herramienta-para-calcularel.html?utm\\_source=twitterfeed&utm\\_medium=twitter&utm\\_campaign=Feed%3A+espormadrid+%28es+por+madrid%29](http://www.espormadrid.es/2011/10/una-herramienta-para-calcularel.html?utm_source=twitterfeed&utm_medium=twitter&utm_campaign=Feed%3A+espormadrid+%28es+por+madrid%29), último acceso octubre 2012)

Chavez M<sup>a</sup> José Gonzáله Antonio, Navas Cristina, Revuelta M<sup>a</sup> Pastora. *Estudio de movilidad en los campus universitarios de Reina Mercedes y Ramón y Cajal*. Universidad de Sevilla 2009

ESTRATEGIA ESPAÑOLA DE MOVILIDAD SOSTENIBLE. Ministerio de Fomento. (<http://www.fomento.gob.es/NR/ronlyres/149186F7-0EDB-4991-93DD-CFB76DD85CD1/46435/EstrategiaMovilidadSostenible.pdf>; último acceso, Junio, 2012)

Guía práctica PTT para la elaboración e implantación de planes de transporte al centro de trabajo (IDAE)

Guía de movilidad sostenible para la empresa responsable. Fundación movilidad, Ayto Madrid. 2009.

[http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web/menuitem.a5664a214f73c3df81d8899661525ea0/?vgnextoid=f460f2bea21f7210VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnnextchannel=f1e61e18aeb59110VgnVCM1000000624e50aRCRD&lr=lang\\_es&vgnsecoid=c9371ea9561f7210VgnVCM1000001325e50a](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web/menuitem.a5664a214f73c3df81d8899661525ea0/?vgnextoid=f460f2bea21f7210VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnnextchannel=f1e61e18aeb59110VgnVCM1000000624e50aRCRD&lr=lang_es&vgnsecoid=c9371ea9561f7210VgnVCM1000001325e50a)

<http://www.diariodesevilla.es/article/sevilla/1184906/frio/y/humo/provocan/una/nube/negra/vuelva/cubrir/sevilla.html>

-<http://www.idae.es/index.php/id.663/reلمenu.332/mod.pags/mem.dettall>

*Plan de Transporte metropolitano del área de Sevilla: Plan de movilidad sostenible SOSTENIBLE. Consejería de obras públicas y transportes. Junta de Andalucía. 2007*

*Parque de vehículos por tipos, provincias y carburantes. Dirección General de Tráfico. ([http://www.dgt.es/portal/es/seguridad\\_vial/estadistica/parque\\_vehiculos/por\\_provincia\\_tipo\\_y\\_carburante/](http://www.dgt.es/portal/es/seguridad_vial/estadistica/parque_vehiculos/por_provincia_tipo_y_carburante/) última visita, Junio 2012)*

*Precios de carburantes en España en 2011. Ministerio de Industria y turismo. (<http://www.minetur.gob.es/energia/petroleo/Precios/Informes/InformesAnuales/InformesAnuales/comparacion20102011.pdf>, último acceso Junio 2012)*

*RED DE VIGILANCIA Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL AIRE DE ANDALUCIA ([http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/atmosfera/informes\\_siva/feb12/se120214.htm](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/atmosfera/informes_siva/feb12/se120214.htm); último acceso Mayo, 2012)*

*Robusté Francesc. Plan de movilidad sostenible de los campus Norte y Sur de la UPC. 2011. Centro para el desarrollo Técnico Industrial (CENIT)*

*Rozas José Fermín. Movilidad sostenible en el Campus Miguel de Unamuno de la Universidad de Salamanca. Congreso Nacional de Medio Ambiente, Conama 9, 2009.*

*Colomer José, Plan de transporte para la Universidad Politécnica de Valencia: Campus de Alcoy Instituto de transporte y territorio. Universidad de Valencia.*

*Will Toor, 2004. Transportation & Sustainable Campus Communities. Issues, Examples, Solutions.. ISBN:1-55963-922-9.*

### **Libros de referencia.**

- [Ade09] ADEME/CERTU. *Plans de déplacements urbains et marchandises en vile. Réflexions à destinations des élus.* ADEME/CERTÚ 2001.
- [Adf01] ADF, 2001, Le département dans le nouveau contexte territorial et institutionnel. Analyses et propositions d'actions pour une valorisation des politiques départementales, Septiembre 2001.
- [Bañ09] LUIS BAÑÓN BLAZQUEZ 1999 *Manual de Carreteras.*
- [Cet80] “*Guide du Bruit des Transports Terrestres - Prévission des niveaux sonores*”, CETUR, 1980
- [Eme07] EMEP/CORINAIR *Emission Inventory Guidebook* 2007.
- [Eme09 ] EMEP/EEA *Air pollutant emission inventory guidebook* 2009
- [IDA06] “*PMUS: Guía práctica para la elaboración de planes de movilidad urbana sostenible.*” IDAE 2006 Isbn-13: 978-84-86850-98-2 Isbn-10: 84-86850-98-3.
- [May90] ADOLF D. MAY. *Traffic flow fundamentals* Prentice Hall 1990
- [Pach07] IPCC, 2007: *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo de redacción principal: Pachauri,R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza.

- [Val07] FLOREZ VALERO, Carlos Fabián and GONZALEZ RODRIGUEZ, Rafael Alberto. “A comparative analysis of calculating sample size for carrying out household surveys when constructing a passenger origin-destiny matrix between a sample design and applying a population percentage.” *Ing. Investig.*, Jan./Apr. 2007, vol.27, no.1, p.106-114. ISSN 0120-5609.
- [Hcm00] HCM Highway Capacity Manual. National Research Council. Washington D.C. 2000.
- [Zac95] ZACHARIADIS, T. and Z. SAMARAS, 1995, *Comparison of microscale and macroscale traffic emission estimation tools* : DGV, COPERT and KEMIS.

### **Publicaciones consultadas**

- [Bada08] BADA TOMAS, MANUEL “Diseño de una metodología de elaboración de un plan de movilidad sostenible para centros de trabajo”
- [Ce03] COMISIÓN EUROPEA. *RECOMENDACIÓN DE LA COMISIÓN de 6 de agosto de 2003 relativa a las Orientaciones sobre los métodos de cálculo provisionales revisados para el ruido industrial, procedente de aeronaves, del tráfico rodado y ferroviario, y los datos de emisiones correspondientes [notificada con el número C(2003) 2807]* (Texto pertinente a efectos del EEE) (2003/613/CE)
- [Con09] *Conminato interministeriale de la programacione economica*. Piano generale dei trasporte e della logistica. Deliberacione n. 113/200. Roma 2000.
- [Glob] James Hansen, Makiko Sato, Reto Ruedy, Andrew Lacis, and Valdar Oinas Global warming in the twenty-first century: An alternative scenario.
- [Gonz03] GONZALEZ ALVAREZ, ANTONIO *El plan de desplazamientos urbanos de parís y su región. Descripción del plan y análisis de los dispositivos de concertación. Documento presentado en el XIIº Congreso Latinoamericano del Transporte Público y Urbano (Bogotá, 27-31 de Octubre de 2003)*
- [IEA07] International Energy Agency Key words 2007
- [Man96] Tesis doctoral: MANZANO ARONDO, VICENTE *Tamaño optimo de muestra para investigación por encuestas* Sevilla 1996
- [PER05] Plan de energías renovables 2005-2010. Consejo de ministros del 25 de Agosto de 2005.
- [Pia07] Ministero dei Trasporti “PIANO GENERALE DELLA MOBILITÀ” (Legge Finanziaria 2007)
- [Race] RACERO MORENO, JESUS *Estudio e Implementación para la Estimación de Emisiones Acústicas debidas al Tráfico Urbano*
- [Rod06] RODRIGUEZ LOPEZ, BEATRIZ “Un país en marcha” 2006
- [Tec] RACERO MORENO, JESÚS; EGUÍA SALINAS, IGNACIO; GUERRERO LOPEZ, FERNANDO; BADA TOMÁS, MANUEL; ESCÁMEZ BERENGUER, JESÚS *Técnicas y herramientas de evaluación de estrategias para la movilidad sostenible.*

- [Val07] FLÓRES VALERO, CARLOS FABIÁN; GONZÁLEZ RODRIGUEZ, CARLOS FABIÁN Revista ingeniería e investigación VOL. 27 No.1, ABRIL DE 2007 (106-114) *A comparative analysis of calculating sample size for carrying out household surveys when constructing a passenger origin-destiny matrix between a sample design and applying a population percentage.* Comisión ed las comunidades europeas. Bruselas, 25.9.2007

### **Referencias electrónicas.**

- [Bah09] Página del consorcio de transporte de la Bahía de Cádiz.  
<http://www.cmtbc.es/>
- [Calg09] Página del plan urbano de movilidad de la ciudad de Calgari.  
<http://www.pumcomunecagliari.it/glossario.php>
- [Camb09] Pagina web con artículos referidos al cambio climático.  
<http://www.cambioclimatico.com/>  
<http://www.cambioclimatico.org/index.php?q=contenido/clima-tiempo-y-calentamiento-global>
- [Carr09] Página con información sobre las estaciones de aforo e información sobre las vías.  
<http://www.carreteros.org/ccaa/legislacion/carreteras/pv/normativa/5.htm>
- [Cons09] Página web del Consorcio de transporte de Sevilla.  
<http://www.consorciotransportes-sevilla.com>
- [Eea09] Página con la información EMEPCORINAIR de contaminantes.  
<http://www.eea.europa.eu/publications/EMEPCORINAIR5/page016.html>
- [Elt09] Servicio de información europea de transporte local.  
<http://www.eltis.org/Vorlage.phtml?sprache=en>
- [Eur09] Pagina Web europea de estudios:  
<http://ec.europa.eu>  
<http://ec.europa.eu/environment/pubs/studies.htm>  
[http://ec.europa.eu/environment/enveco/climate\\_change/sectoral\\_objectives.ht](http://ec.europa.eu/environment/enveco/climate_change/sectoral_objectives.ht)
- [Euro09] Norma de homologación de vehículos de los estados miembros de la unión europea.  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31970L0156:ES:HTML>
- [Eus09] Pagina europea sobre estadísticas de la que se obtienen información de los contaminantes  
[http://www.eustat.es/elem/ele0002500/tbl0002554\\_c.html](http://www.eustat.es/elem/ele0002500/tbl0002554_c.html)
- [Gre09] Pagina Web de recolección de estudios internacionales.  
<http://www.greenfacts.org>  
<http://www.greenfacts.org/es/cambio-climatico-ie4/index.htm#1>
- [Ipc09] Página web del *Intenational Panel on Climatic Change*  
<http://www.ipcc.ch>
- [Inf09] Informe di síntesis del cambio climático  
[http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_sp.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf)
- [Fac09] Artículo relacionado con la movilidad sostenible.  
<http://www.lafactoriaweb.com/articulos/thorson5.htm#>
- [Fom09] Pagina del ministerio de fomento. Información y tablas de datos de las estadísticas de MOVILIA.  
[www.fomento.es](http://www.fomento.es)
- [Fund09] Fundación con información sobre movilidad.  
<http://www.fundacionmovilidad.es>

- [Gov09] Página principal del gobierno francés de transporte.  
[http://www.environnement.gouv.fr/gobierno francés transporte](http://www.environnement.gouv.fr/gobierno%20franc%C3%A9s%20transporte)
- [Junt09] Página web de la consejería de Medio ambiente de la Junta de Andalucía.  
<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web/>
- [Lpt09] Guía de los planes de locales de transportes del Reino Unido.  
<http://www.dft.gov.uk/pgr/regional/ltp/guidance/fltp/agoodpracticeguideforthed eve3656>
- [Mar09] Página con referencias a los contaminantes atmosféricos.  
[www.imarcano.com/reecursos/contamin/catmosf2c.html](http://www.imarcano.com/reecursos/contamin/catmosf2c.html)
- [Nav09] **Página web con información de movilidad ciclista de Navarra:**  
[http://www.crana.org/archivos/movilidad/bicicleta/plan\\_director\\_de\\_la\\_bicicleta /28\\_12\\_2006/3%20Diagn%C3%B3stico%20Movilidad%20ciclista.pdf](http://www.crana.org/archivos/movilidad/bicicleta/plan_director_de_la_bicicleta /28_12_2006/3%20Diagn%C3%B3stico%20Movilidad%20ciclista.pdf)
- [Pduif09] Página del PDU de la ile de France.  
[www.pduif.org](http://www.pduif.org)
- [Qua09] Página de Quadrex con sensores y aforadores de tráfico.  
[http://www.quadrex.es/C01\\_Producto.php](http://www.quadrex.es/C01_Producto.php)
- [Racc09] **Artículo relacionado con la movilidad ciclista.**  
[www.racc.es/movilidad ciclista](http://www.racc.es/movilidad_ciclista)
- [Sic09] Sistema de Información sobre Contaminación Acústica.  
<http://sicaweb.cedex.es/PMapas.php>
- [Sima09] Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía.  
<http://www.juntadeandalucia.es:9002/sima/index.htm>
- [Sist09] Página sobre técnicas de gestión de tráfico y sensores en el pavimento.  
<http://www.sistemasdepesaje.com/sensores-en-pavimento.html>
- [Stat09] Página de estadísticas europea.  
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home>
- [Stif09] Página de planas de desplazamiento en Francia.  
[www.stif-idf.fr](http://www.stif-idf.fr)
- [Tdm09] Pagina estadística de consumos de combustible en Europa.  
<http://www.vtpi.org/tdm/tdm80.htm>
- [Tel09] **Página sobre aforadores.**  
<http://telnos.es/>