



Proyecto Fin de Carrera

Aplicación web para un calculador dinámico de rutas óptimas en entornos urbanos para bicicletas en la ciudad de Zaragoza

Autor

Daniel Gómez Ramos

Director

Emilio Larrodé Pellicer

Escuela de Ingeniería y Arquitectura (EINA)

2011

ÍNDICE

1 Introducción	3
1.1 Contexto social y justificación	3
1.2 Objetivos	4
1.3 Alcance	5
1.4 Estructura	6
2 Desarrollo del proyecto	7
2.1 Estudio de calculadores	7
2.2 Estudio del PFC	8
2.2.1 Modelado y problemática del grafo	9
2.2.2 Funcionamiento base de datos	10
2.3 Proceso de creación del grafo	10
2.3.1 Creación del grafo	10
2.3.2 Almacenamiento del grafo	11
2.3.3 Pruebas	14
2.4 Definición de la prioridad y los pesos de aristas	14
2.5 Desarrollo de aplicaciones con API Google Maps	15
2.6 Desarrollo página web	16
2.6.1 Contenidos	16
2.6.2 Diseño	17
2.6.3 Programación	19
2.6.4 Modo de utilización del calculador	19
2.6.5 Ruta tranquila y ruta rápida	20
2.6.6 Posicionamiento y alojamiento	22
2.7 Presentación y puesta en servicio de la web Bizitel	22
3 Conclusiones y análisis	23
3.1 Conclusiones	23
3.2 Análisis	24
4 Bibliografía	27
Anexo A: Estudio de los calculadores existentes	
Anexo B: Programas empleados	
Anexo C: Calendario, hitos y sucesos	
Depósito electrónico en Zaguan	

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Contexto social y justificación

En los últimos años el uso de la bicicleta como medio de transporte urbano ha experimentado un auge sin precedentes. Apenas hace unos años el número de desplazamientos en bicicletas en la ciudad de Zaragoza representaba menos del 0.5%. En el año 2010 los últimos datos del Barómetro de la Bicicleta de Zaragoza indican que ese porcentaje ha aumentado hasta el 3%, lo que supone entorno a los 60.000 desplazamientos diarios.

Las causas de este aumento las encontramos en varios factores: En primer lugar, el trabajo que en defensa del uso de la bicicleta vienen haciendo las organizaciones ecologistas desde hace más de 20 años en esta ciudad. En segundo lugar, las medidas de construcción de infraestructuras ciclistas y pacificación del tráfico a motor que han creado condiciones favorables para el uso de la bicicleta. Por último y muy importante, la concienciación de una gran parte de la ciudadanía; tanto por la necesidad de un cambio de modelo de transporte urbano, como por la verificación de las bondades y ventajas de la bicicleta frente a otros medios.

La incorporación de nuevos usuarios de la bicicleta conlleva la demanda de nuevos y mejores servicios. Algunos de ellos como los aparcamientos para bicicletas, construcción de nuevos carriles bici, implantación de un servicio público de bicicletas y la creación de un centro de promoción de la bicicleta (La Ciudad de las Bicis).

En general, gran parte de los nuevos usuarios de la bicicleta realizan sus desplazamientos principalmente a aquellos lugares de diario cuyas rutas conocen bien para acceder de forma tranquila, y segura. En aquellos casos en los que tienen la necesidad de desplazarse a destinos distintos de sus rutas diarias, encuentran el problema de desconocer que carriles-bici y calles pacificadas pueden utilizar. Este hecho hace que opten por otros medios de transporte como el autobús y el coche.

Con ánimo de dar solución a este problema y facilitar que todos los ciclistas urbanos puedan planificar rutas seguras para sus desplazamientos se ha desarrollado este proyecto fin de carrera, Bizitel. Se trata de una aplicación web cuya principal herramienta es un calculador de itinerarios ciclistas para la ciudad de Zaragoza. Junto con el calculador, la web pretende ser un portal de referencia con información útil como localización de aparcabicis, tiendas y talleres de bicicletas, informes sobre movilidad, normativa, consejos de circulación y enlaces de interés.

Son varias las ciudades europeas y españolas que ya han desarrollado su propio calculador de rutas para cubrir esta necesidad de los usuarios. Entre

ellas ciudades referentes en el transporte en bicicleta como Berlín, Londres o Vitoria-Gasteiz.

1.2. Objetivos

El objetivo marcado con este proyecto es dotar a Zaragoza de una nueva herramienta con la que favorecer y potenciar el uso de la bicicleta entre sus ciudadanos. Se pretende que Bizitel haga accesible toda la ciudad para los ciclistas, en especial para los nuevos usuarios que encuentran mayores dificultades.

Entre las utilidades de Bizitel para alcanzar este objetivo, se encuentran:

-Calculador de itinerarios ciclistas en la ciudad de Zaragoza: Se trata de una aplicación web donde los usuarios pueden planificar sus desplazamientos. De esta forma, el usuario introduce en un buscador el punto de origen y de destino y el calculador muestra por pantalla:

- El trazado de la ruta sobre un mapa de Google Maps.
- Listado de instrucciones de circulación y su posicionamiento sobre el mapa.
- ofrece información sobre ubicación de aparcabicis, tiendas y talleres de bicicletas.
- Para el cálculo de la ruta se pueden seleccionar dos tipos de modalidades: ruta tranquila (realizada bajo criterios de circulación ciclista; es decir, se prioriza el uso de carriles-bici y calles 30); o ruta rápida (donde todos los viales tienen la misma consideración).

-Apartados de noticias relativas a la bicicleta y a la movilidad urbana sostenible.

-Mapas de transporte. Sección donde se encuentran mapas oficiales de carriles bicis, calles 30, líneas diurnas de autobuses urbanos, línea del tranvía. Se busca con ello ofrecer al usuario amplia información sobre medios de transporte para moverse por la ciudad.

La elaboración de este proyecto se ha llevado a cabo dentro del Grupo de Investigación en Transportes y Logística (GITEL) del área de ingeniería mecánica de la Universidad de Zaragoza, bajo la dirección de Emilio Larrodé Pellicer. La entidad impulsora del proyecto es el centro social de la bicicleta La Ciudad de las Bicis, en especial su gerente Arturo Sancho Royo. Además de colaborar becando este proyecto, también han colaborado con su trabajo e interés en distintas partes del proyecto.

Bizitel se ha desarrollado a partir del proyecto final de carrera de ingeniería informática “*sistema web de información geográfica adaptado para el cálculo dinámico de rutas óptimas en entornos urbanos*” de Jorge Muñoz Nieto, y de una primera versión de Bizitel para el barrio del Actur desarrollada por Alberto Fraile del Pozo.

1.3. Alcance

El trabajo desarrollado ha consistido en la adaptación de este proyecto a las características particulares de la circulación en bicicleta, y a la implementación de nuevas utilidades.

El funcionamiento del calculador consiste en un algoritmo que resuelve el camino entre dos nodos de un grafo que representa la ciudad.

La ciudad (sus calles e intersecciones) se modela mediante un grafo dirigido y con pesos. Para su desarrollo ha sido necesario trazar las calles e intersecciones a través de aristas y nodos. A cada arista se le ha asignado un peso en función del tipo de vial, y cada nombre de calle queda asignado a su vez al grupo de aristas que la forman. El almacenamiento del grafo se ha hecho mediante una base de datos MySQL y gestionada con el administrador de bases de datos PHPmyAdmin. Ha sido necesaria la definición de 5 tablas para su almacenaje.

- Tabla Aristas que contiene las aristas del grafo definidas por el nodo Origen, el nodo Destino, el nodo Antecesor y las instrucciones de circulación que se deben realizar al recorrer dicha arista.
- Tabla Nodo donde están almacenados todos los nodos que conforman la ciudad definidos por sus coordenadas geográficas.
- Tabla Arista-Peso, donde quedan definidos los pesos que se asignan a cada arista en función del tipo de vial del que se trate, y se asocia cada arista a la calle con la que corresponde.
- Tabla Calles, que contiene el listado de las calles de Zaragoza, su ubicación por distritos y la asignación de un número de identificación.

Un algoritmo basado en Dijkstra es el encargado de resolver el camino entre dos nodos dados utilizando la información almacenada en la base de datos.

La ruta calculada se representa sobre un mapa de Google Maps. Toda la información y las utilidades que se muestran sobre el mapa se han desarrollado a través de la API (Application Programming Interface) de Google Maps. Esto es, el trazado de la ruta mediante polylíneas; indicadores de ubicación de inicio; final de ruta y realización de instrucciones de circulación; ubicación de aparcabicis, tiendas y talleres de bicicletas.

Parte importante de la adaptación del proyecto a las peculiaridades de la circulación en bicicleta ha sido la definición de los pesos que se asignan a cada tipo de vial para conseguir un resultado óptimo entre seguridad y distancia. La prioridad se ha establecido en el siguiente orden: carril-bici, calle 30 o pacificada, avenidas con límite de velocidad 50 km/h.

La parte final del proyecto ha consistido en la construcción de la página web donde alojar el calculador de itinerarios y el resto de apartados con información útil. Para su implementación se ha usado HTML, CSS, JavaScript, PHP, SQL y XML. Se han definido 6 apartados en la web:

- Proyecto, donde se explica la motivación y justificación para desarrollar el Bizitel.
- Instrucciones de utilización del calculador.
- Noticias, apartado dedicado a las noticias entorno a la bicicleta y la movilidad sostenible en Zaragoza.
- Mapas de transporte donde encontrar mapas sobre carriles bici, calles 30, líneas diurnas del autobús urbano y del tranvía, para la organización de la movilidad de los usuarios.
- Sugerencias. Un formulario permite a los usuarios informar de cualquier tipo de error que detecten en el calculador así como hacer sugerencias para su mejora. Así se consigue una interacción con los usuarios para hacer de Bizitel una herramienta participativa.
- Enlaces, a organizaciones e instituciones de interés.

1.4. Estructura

La presente memoria se estructura en cuatro apartados diferentes. El apartado que sigue a la introducción contiene la descripción de todo el trabajo realizado a lo largo del proyecto. Se divide en sub-apartados que corresponden a las distintas tareas en las que se ha trabajado. Las principales son el estudio del arte, trazado y almacenaje del grafo, desarrollo de aplicaciones para el calculador, y diseño y desarrollo de la página web. El tercer apartado corresponde al análisis y las conclusiones. En él se expone las conclusiones que se extraen del proyecto y su análisis global, problemas encontrados durante la realización, habilidades desarrolladas y aprendidas, así como usos futuros. El cuarto apartado corresponde a la bibliografía y referencias empleadas.

El documento de los anexos incluye algunos de los documentos y materiales generados durante el trabajo. Es el caso del estudio de otros calculadores ya existentes, la descripción de las herramientas informáticas y software utilizado para desarrollar el proyecto, y el calendario de hitos y sucesos. En el depósito electrónico del proyecto en Zaguan se incluye además, los códigos de las aplicaciones creadas, mapas del grafo de todos los distritos

de Zaragoza, archivos de todas las tablas de la base de datos, y el código fuente de toda la página web.

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

En este apartado se describe todo el trabajo realizado a lo largo de todo el proyecto desde los estudios iniciales a su puesta en marcha. A modo resumen los pasos han sido los siguientes: Estudio de otros calculadores de rutas ya existentes; estudio y conocimiento del PFC desarrollado por Jorge Muñoz; Creación del grafo de la ciudad sobre mapas de papel; almacenamiento del grafo en una base de datos; banco de pruebas; definición de prioridad de viales mediante pesos; desarrollo de aplicaciones para el calculador; desarrollo de la página web; alojamiento y posicionamiento; presentación y puesta en marcha.

2.1. Estudio de calculadores

Estudio del estado del arte de calculadores ya existentes.

El primer paso a la hora de diseñar un calculador ha sido el estudio de otros calculadores similares ya existentes. Este trabajo previo ha permitido conocer y tomar ideas de las distintas maneras en las que se puede presentar la información al usuario, así como conocer qué tipo de utilidades resultan de interés en un calculador de itinerarios ciclistas.

En este apartado se incluyen las características principales desarrolladas en calculadores y planificadores de otras ciudades y que son deseables en una herramienta de este tipo. El estudio se ha realizado sobre los siguientes calculadores:

- Route planner for cyclists in Berlin (<http://www.bbbike.de>)
- Cycle journey planner London(<http://cyclejourneyplanner.tfl.gov.uk/cycle>)
- Ciclo rutas de Vitoria
- Via Michelin (<http://www.viamichelin.es>)
- Ride the City (<http://www.ridethecity.com>)

El estudio completo con las características y la descripción de cada uno de los calculadores se puede consultar en el Anexo A.

Las principales características extraídas de las conclusiones del estudio y que servirán como referencia para el desarrollo de este proyecto son las siguientes:

- Se constata que la representación gráfica de la ruta sobre un mapa debe ocupar el espacio principal, permitir la interacción con el usuario (zoom, desplazamiento), y que resulta ser la mejor fuente de información de la ruta.
- Las instrucciones de circulación son un apoyo fundamental al mapa. Deben ser claras y concisas. Dentro de la página deben ocupar un espacio bien visible y amplio.
- Resulta muy interesante ofrecer información adicional sobre el mapa, relativa a la bici, como situación de aparcabicis y tiendas de bicicletas.
- Diferenciar los tipos de viales por los que se circula; bien mediante distintos colores sobre la ruta, bien en las instrucciones de circulación.
- Mostrar la distancia a recorrer de la ruta calculada y/o el tiempo estimado.
- Los calculadores más avanzados como los de Berlín, Londres y Vitoria, permiten seleccionar entre varios tipos de rutas para crear los itinerarios. Los principales modos son la ruta rápida y la ruta de seguridad.

2.2. Estudio y compresión del PFC "*sistema web de información geográfica adaptado para el cálculo dinámico de rutas óptimas en entornos urbanos*".

El proyecto se ha desarrollado a partir del PFC de Ingeniería Informática “Sistema web de información geográfica adaptado para el cálculo dinámico de rutas óptimas en entornos urbanos”, elaborado por Jorge Muñoz Nieto. Este proyecto consistió en crear las bases informáticas para el desarrollo del sistema de cálculo, esto es, el algoritmo, plantilla de las bases de datos MySQL, protocolos de comunicación e interacción entre el usuario y los servidores de la aplicación (PHP, XML, AJAX), aplicaciones con API Google Maps, y diversos modos de cálculo de rutas (multirutas, rutas por nodos). La utilidad final de este proyecto era poder ser utilizada para otros trabajos del Grupo de Investigación en Transporte y Logística. Bizitel toma el relevo de ese proyecto para desarrollar dicha herramienta y crear una aplicación de utilidad para Zaragoza.

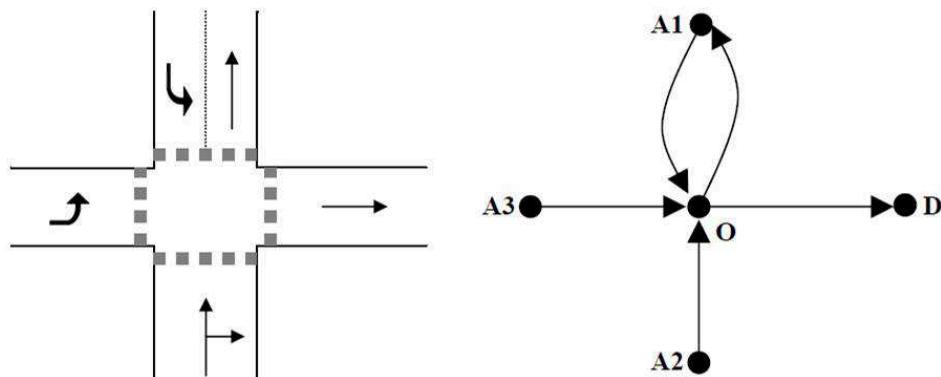
Por este motivo de manera previa a la realización del proyecto ha sido necesario estudiar el PFC y familiarizarse con las tecnologías y herramientas en él utilizadas.

En primer lugar con la gestión de bases de datos MySQL y con la herramienta de administración PHPmyAdmin. En segundo lugar con la API de Google Maps para crear aplicaciones en los mapas. Y por último la compresión del Código HTML y Javascript.

2.2.1. Modelado y problemática del grafo

Las calles y avenidas de una ciudad se pueden modelar mediante un grafo dirigido y con pesos. Las aristas representan las calles y avenidas. Los nodos tienen una doble función. Representan el origen y final de las aristas, y físicamente se corresponde con las intersecciones. Los sentidos de circulación quedan definidos al dar dirección a las aristas, es decir, definir el sentido en el que se pueden recorrer. Con los pesos asignados a cada arista se define el tipo de vial. Un grafo sencillo de este estilo permite representar el trazado físico de una ciudad. Sin embargo, esta forma de representación no tiene en cuenta las restricciones derivadas de las normas de circulación y de las acciones permitidas en los cruces.

La solución adoptada para poder representar todas las variables de la circulación y de las intersecciones, es definir cada arista mediante su nodo origen, nodo destino y el nodo antecesor del que procede. Incluir los nodos antecesores desde los que se puede acceder a una arista permite definir aquellas acciones de circulación que se pueden realizar, es decir, se definen los casos en los cuales una arista se puede recorrer en función del nodo del que se proceda. Esto aumenta la complejidad del grafo y el número de nodos y aristas necesarios. En la imagen 1 se muestra un ejemplo de un cruce sencillo, el grafo asociado a dicho cruce y el listado de nodos y aristas necesario para definirlo.



Esquema y definición de un cruce. Imagen nº1

ORIGEN	DESTINO
O	A1
O	D
A1	O
A2	O
A3	O

Tabla 1: Grafo sencillo.

ORIGEN	DESTINO	ANTECESOR
O	A1	A2
O	A1	A3
O	D	A2
O	D	A1
A1	O	AntA1
A2	O	AntA2
A3	O	AntA3

Tabla 2: Grafo complejo

Se trata de un cruce con unas restricciones de tráfico muy sencillas, y sin embargo se puede observar que el número de inserciones necesarias para definirlo ha aumentado considerablemente. De 10 datos necesarios para un grafo sencillo (*Tabla 1*) se ha pasado a necesitar 21 datos en el grafo complejo (*Tabla 2*).

En el primer caso el caso físico está bien representado, pero no existen restricciones de circulación y por ello es posible recorrer todas las aristas desde cualquiera de los nodos. En el grafo complejo la inserción del nodo antecesor permite definir en qué casos se puede recorrer una arista, en función de cuál sea el nodo desde el que se accede.

El trazado del grafo se ha realizado en papel sobre mapas de los distintos distritos de Zaragoza. Estos mapas constituyen la base y la clave para posteriormente trasladar el grafo a una base de datos. Para su almacenamiento informático se ha utilizado una base de datos MySQL administrada mediante PhpmyAdmin. Son necesarias dos bases de datos una para cada tipo de ruta, tranquila o rápida. Cada base de datos a su vez contiene cinco tablas cuyas atribuciones y datos se han creado.

2.2.2. Funcionamiento de la base de datos

Las bases de datos MySQL permiten el almacenamiento de los datos necesarios para la definición del grafo de la ciudad. Estos datos recogidos en tablas son accesibles a través de llamadas y funciones desde el código HTML y PHP para su lectura y ejecución mediante el algoritmo basado en Dijkstra.

2.3. Proceso de creación del grafo de la ciudad de Zaragoza

2.3.1. Creación del grafo

Se puede considerar el mallado de la ciudad como una de las piezas básicas del proyecto y una de las más laboriosas. El mallado, o creación del grafo, consiste en representar todas las calles de Zaragoza mediante nodos y aristas, teniendo en consideración las restricciones de las normas de tráfico y circulación.

En primer lugar se ha dispuesto de planos en papel de todos los distritos de Zaragoza. El mallado se ha realizado dibujando y nombrando sobre ellos los nodos y aristas. A cada nodo dibujado se le ha asignado un número de identificación, y a cada una de las aristas se le ha añadido una flecha que indica el sentido en el que se recorre.

Durante la realización del proyecto ha sido necesario consultar y cotejar constantemente los planos. Se trata de la plasmación física del mapa y la única

forma de poder interpretar el grafo, ya que asocia gráficamente las aristas y nodos a las calles. Resultaría prácticamente imposible visualizar el grafo a través de la base de datos. Por ser una parte indispensable para poder desarrollar el resto de trabajos, se incluye una copia de dichos planos en los anexos depositados en Zaguán.

En su elaboración se ha utilizado el SIG del callejero de Zaragoza de la web del Ayuntamiento, Google Maps y su aplicación Street View, y cierto trabajo de campo.

Varios de los calculadores y planificadores de rutas ciclistas estudiados utilizan las bases de datos y la representación gráfica que ofrecen los creadores de mapas como Google o TeleAtlas. Esto supone un ahorro de tiempo muy importante. Sin embargo estos trazados no incluyen entre sus viales a los carriles-bici. Aquellos calculadores que ofrecen la opción de utilizar los carriles bici, muestran que han creado sus propios mallados de la ciudad. Crear un mallado y un grafo propio de la ciudad implica la dedicación de mucho tiempo en su elaboración, pero ofrece la ventaja de poder ser el gestor de tu base de datos. De esta manera uno es dueño de su trabajo y posibilita poder mantener actualizadas las incidencias de la ciudad.

Una de las utilidades implementadas en el calculador consiste en ofrecer la posibilidad de realizar búsqueda de rutas entre lugares de interés ciudadano. Son muchas las ocasiones en las que se desconoce el nombre de la calle en la que se ubica un centro de interés ciudadano. Se ha pensado en incluir aquellos centros que por su actividad resultan importantes para los ciudadanos (sanidad, cultura, ocio) y aquellos que, por el tipo de actividad que en ellos se desarrolla, atraen a un público que usa la bicicleta. Los centros de interés incluidos son, hospitales, centros de salud, centros deportivos municipales, bibliotecas, centros culturales y cívicos, y facultades de la universidad de Zaragoza. De esta forma se consigue mejorar las posibilidades de los usuarios para buscar sus itinerarios. El número total de centros insertados en la base de datos asciende a 77.

2.3.2. Almacenamiento del grafo

El administrador PhPmyAdmin para bases de datos MySQL ofrece un interfaz de trabajo sencillo y cómodo para su gestión. Mediante esta herramienta se han creado las bases de datos, las tablas contenidas en cada una, y se han definido los campos de cada tabla y sus atributos. Se ha utilizado la versión PhPmyAdmin 3.2.4.

Como ya se ha comentado, se han creado dos bases de datos. Una para cada uno de los tipos de rutas, es decir, tranquila y rápida. Las tablas creadas son las mismas para ambas. Estas son:

- Tabla nodos: define todos los nodos de la ciudad mediante sus coordenadas geográficas y un número identificador asociado al número de distrito al que corresponde. Ha sido necesario la inserción de 2800 nodos para la definición del trazado de las calles de Zaragoza.
- Tabla aristas: en ella se define cada arista a través de los campos nodo Origen, nodo Destino y nodo Antecesor. Contiene también las instrucciones de circulación asociadas a cada arista. El número de aristas que conforman el grafo de Zaragoza asciende a 8300.
- Tabla pesos aristas: define el peso que se asigna a cada arista en función del tipo de vial que le corresponde. Además contiene el número que se asocia a la calle a la que pertenece cada arista. Se han insertado 5120 pesos de aristas. El peso se asigna a la arista definida solo por su nodo origen y su nodo destino; de esta forma el peso se asigna a todas las aristas con ese origen y destino, independientemente de los diferentes nodos antecesores. Por ello el número de aristas-peso es inferior al de aristas.
- Tabla calles: Contiene el nombre de las calles y de los lugares de interés de Zaragoza junto con un número que las identifica y el distrito al que pertenecen. Se han incluido un total de 1130 calles de Zaragoza.
- Tabla palabra clave: Contiene las palabras más significativas de cada nombre de calle para ser utilizada por el motor (algoritmo) de búsqueda cuando el usuario introduce las direcciones de origen y destino.

El procedimiento seguido ha consistido en almacenar el grafo por distritos. Una vez almacenado un distrito y sus distritos contiguos se ha realizado la inserción de las aristas y nodos necesarios para establecer los enlaces. El grafo de la margen izquierda se ha rehecho por completo. Para los distritos de la margen derecha se ha optado por aprovechar parte del trabajo que se había realizado en el anterior proyecto. Se ha comprobado que esta segunda opción lleva más tiempo que rehacer el trabajo de nuevo, ya que el grafo anterior era bastante esquemático y ha necesitado de muchos nuevos nodos y aristas para trazar bien las calles. Para ello primero ha habido que interpretar el grafo anterior, y sobre él realizar las inserciones y correcciones necesarias.

A continuación se muestra un ejemplo del trabajo y los pasos necesarios para el almacenamiento de una arista del grafo dentro de la base de datos. Se pone por caso el de una arista en el distrito 50018 cuyo nodo Origen es el 18120, nodo Destino 18119 y nodo Antecesor 18121.

- Inserción de los nodos: Cada nodo se define mediante un número idNodo cuyas dos primeras cifras indican el distrito al que pertenece y las siguientes son el número de nodo que ocupa en ese distrito. Otro número, idNodoAlg, corresponde al número que se le asigna dentro de

todo el grafo. La posición del nodo en el mapa se define mediante sus coordenadas, latitud y longitud.

Campo	Tipo	Función	Nulo	Valor
idNodo	int(11)		▼	18120
idNodoAlg	int(11)		▼	2428
latitud	float(10,6)		▼	41.673592
longitud	float(10,6)		▼	-0.889812
nombre	varchar(12)		▼	nodo 18120

Campo	Tipo	Función	Nulo	Valor
idNodo	int(11)		▼	18119
idNodoAlg	int(11)		▼	2427
latitud	float(10,6)		▼	41.673878
longitud	float(10,6)		▼	-0.889391
nombre	varchar(12)		▼	nodo 18119

Campo	Tipo	Función	Nulo	Valor
idNodo	int(11)		▼	18121
idNodoAlg	int(11)		▼	2429
latitud	float(10,6)		▼	41.673603
longitud	float(10,6)		▼	-0.890332
nombre	varchar(12)		▼	nodo 18121

- Definición de la arista: La arista queda definida por su nodo Origen, nodo Destino y nodo Antecesor al origen. En esta misma tabla se asigna la instrucción de circulación cuando se recorre dicha arista.

Campo	Tipo	Función	Nulo	Valor
nodoO	int(11)		▼	18120
nodoD	int(11)		▼	18119
nodoA	int(11)		▼	18121
accion	varchar(100)		▼	<input type="checkbox"/> Incorpórese a C/ María Zambrano

- Asignación del peso a la arista y la calle: En la tabla aristapeso se asigna el valor del peso para cada arista en función del tipo de vial de que se trate. Se asigna también un número que corresponde a la calle a la cual pertenece dicha arista.

Campo	Tipo	Función	Nulo	Valor
nodoO	int(11)		▼	18120
nodoD	int(11)		▼	18119
peso	float		▼	2
calle	int(11)		▼	<input type="checkbox"/> 9

- Definición de una calle: Una calle se define por el número de distrito al que pertenece, su nombre y un número de identificación.

Campo	Tipo	Función	Nulo	Valor
idCalle	int(11)		▼	9
nombre	varchar(60)		▼	Calle de la Poetisa María Zambrano
cp	int(11)		▼	50018

2.3.3. Pruebas

A lo largo de todo el proceso de creación del grafo y de su almacenaje en la base de datos ha sido necesario llevar a cabo un completo proceso de comprobación. Debido a la gran cantidad de datos y al elevado número de inserciones necesarias para almacenarlos, resulta fácil cometer errores. Para verificar que el grafo introducido en la base de datos corresponde con el grafo modelado se ha seguido el siguiente procedimiento de pruebas y control. Para cada conjunto de aristas, nodos, pesos y calles introducido se ha comprobado que el calculador las reconoce y las utiliza en sus recorridos. Los conjuntos de evaluación han sido calles, cruces o manzanas. Para cada distrito se han realizado pruebas de funcionamiento. Finalmente con todo el conjunto de la ciudad se ha hecho una batería de pruebas entre todos los barrios, de esta forma se comprueba que los enlaces funcionen correctamente. Para las pruebas se ha usado el calculador normal y sobretodo un modo de búsqueda mediante nodos que solo es accesible para el desarrollador.

2.4. Definición de la prioridad y los pesos de aristas

Para el desarrollo de las rutas tranquilas se ha definido la prioridad de los tipos de viales desde el punto de vista de la movilidad ciclista urbana. Por su seguridad y tranquilidad los carriles-bici son viales de mayor prioridad. Las calles 30 con prioridad ciclistas son las segundas en preferencia por tratarse de espacios pacificados donde el ciclista tiene preferencia frente al automóvil y la velocidad es reducida. En último lugar de prioridad están las grandes avenidas de varios carriles y con velocidad de circulación 50km/h, que por sus características son las menos deseables para circular.

Con esta escala de prioridad se han establecido los pesos de las aristas. Por la definición del algoritmo de Dijkstrat los pesos más pequeños son los prioritarios y los mayores menos prioritarios. No existe la posibilidad de calibración de los pesos para la optimización del cálculo de rutas. El algoritmo solo tiene en cuenta el orden de los pesos, no su magnitud. Teniendo en cuenta estas consideraciones sobre el algoritmo, se han establecido los siguientes pesos:

- Carriles-bici y vías ciclistas, peso “1”.
- Calles 30 y vías pacificadas, peso “1.5”
- Avenidas y calles 50, peso “2”

En la modalidad de cálculo de ruta rápida los pesos de todos los viales son iguales para que se tengan en igual consideración y de esta forma se muestre la ruta más corta entre origen y destino.

2.5. Desarrollo de aplicaciones con API de Google Maps

La representación de la ruta calculada se realiza sobre un mapa de Google Maps. Google Maps permite el uso libre de sus mapas para aplicaciones webs con la única condición de que estas sean de acceso libre y gratuito. Además del soporte del mapa, Google ofrece una completa API (Application Programming Interface) que ofrece multitud de eventos, aplicaciones y funciones para que los desarrolladores webs puedan crear sus propios mapas con las características deseadas. La documentación con todas las sentencias y códigos que ofrece la API se puede consultar en la siguiente dirección web <http://code.google.com/apis/maps/>. Las opciones que se desarrollaron en el anterior proyecto son el trazado de las polilíneas que representan la ruta calculada y la representación de símbolos de indicación de las instrucciones de circulación y símbolos de origen y destino de la ruta.

Para el presente proyecto se ha decidido desarrollar las siguientes aplicaciones mediante la API de Google Maps:

- Marcadores que indiquen la ubicación sobre el mapa de las tiendas y talleres de bicicletas, y despliegue de un cuadro de dialogo con información relativa a la tienda.
- Marcadores que indiquen la ubicación sobre el mapa de los aparcabicis públicos de Zaragoza, y despliegue de un cuadro de dialogo con información de su posición concreta.

El trabajo previo a la elaboración del código que desarrolle dichas aplicaciones ha sido la recopilación del listado de tiendas, talleres y aparcabicis de Zaragoza. Esta tarea se ha llevado a cabo con ayuda de la sección de movilidad dedicada a la bicicleta de la web del ayuntamiento de Zaragoza junto con un largo trabajo de campo recorriendo algunas calles para recabar la ubicación de estos elementos.

La información de tiendas y aparcabicis se ha almacenado en dos archivos XML. El procedimiento creado se basa en asociar un evento a una acción. Esto es, un “escuchador” que recoge la acción realizada por el usuario para ejecutar una función. En este caso, cuando el usuario selecciona una de las casillas de aparcabicis y/o tiendas se procede a la lectura de los archivos XML con la información, y con ella se crean las marcas. A su vez, un escuchador se encarga de leer los XML y de crear los cuadros de dialogo con el texto guardado en los XML cuando el usuario desencadena la acción pinchando sobre una de las marcas.

Los códigos creados con la API y los archivos XML se pueden consultar en los anexos del depósito electrónico en Zaguan.

2.6. Desarrollo página web

2.6.1. Contenidos

Uno de los objetivos marcados para este proyecto es hacer de la página web donde se aloja el calculador Bizitel un espacio donde además de planificar itinerarios ciclistas encontrar información importante sobre la bicicleta y la movilidad sostenible en Zaragoza.

Es por ello que junto con La Ciudad de las Bicis (centro social y de promoción de la bicicleta de Zaragoza) se han definido una serie de apartados y contenidos que debe tener la página web para cumplir con dicho objetivo. Estos son:

- **Proyecto Bizitel:** Contiene parte de la introducción de la memoria de este proyecto. Con ello se pretende introducir la herramienta, justificar y explicar la necesidad y los motivos por los cuales se ha desarrollado.
- **Instrucciones:** Contiene las instrucciones para usar el calculador y explicaciones sobre sus distintas opciones.
- **Noticias:** relacionadas con temas sobre la bicicleta y la movilidad urbana sostenible en Zaragoza. Los ciclistas urbanos pueden encontrar aquí información sobre eventos que tienen lugar en Zaragoza. Dado que ya existe una sección dedicada a noticias en la web de La Ciudad de las Bicis que se actualiza regularmente, para evitar la duplicidad de contenido y reducción del trabajo de mantenimiento, el apartado enlaza directamente con esa sección.
- **Sugerencias:** Sección dedicada a la comunicación y contacto con los usuarios de Bizitel. De esta forma se recoge su opinión, sugerencias y aportaciones sobre la aplicación. Con ello se pretende hacer partícipes a los usuarios en la corrección de aquellos errores que detecten en el calculador, en completar la información sobre aparcabicis y tiendas que no estén recogidos. Para ello se ha creado un formulario de contacto mediante la herramienta Google Docs. Todas las sugerencias enviadas son recogidas en una tabla donde se muestran ordenadamente los datos.
- **Mapas de transporte:** Además de ofrecer el cálculo de itinerarios es interesante ofrecer una sección dedicada a mapas que contienen información sobre medios de transporte sostenible. Se incluyen mapas de carriles bici de Zaragoza elaborados por el ayuntamiento; mapas de calles 30, itinerarios seguros e información de circulación segura elaborados por La Ciudad de Las Bicis; mapas de las líneas diurnas de los autobuses urbanos de Zaragoza; y mapa del tranvía de Zaragoza.
- **Enlaces:** a páginas web relacionadas con este proyecto y con temas de movilidad urbana. Hay enlaces con la Universidad de Zaragoza, el

Grupo de Investigación en Transporte y Logística, La Ciudad de las Bicis, Colectivo Pedalea, y ConBici.

2.6.2. Diseño

Una parte importante del desarrollo de la web ha consistido en el diseño de la imagen. Se ha valorado que la web debe tener una imagen y estructura sencillas.

El estilo de la imagen va en concordancia con la imagen corporativa de La Ciudad de las Bicis. Para los logotipos de Bizitel se ha utilizado la misma tipografía. Se ha optado por utilizar el color verde junto con el marrón para que se identifique con la idea de ecología de la bicicleta.

Se ha creado una estructura básica que resulta sencilla para navegar por los contenidos de la web y moverse entre las distintas secciones. Podemos definir su estructura en dos partes: parte estática y parte dinámica. En la parte estática encontramos la información y los enlaces que queremos que aparezcan permanentemente, mientras que en la dinámica se muestran los contenidos de cada una de las secciones.

La estructura por capas (divs) seguida es: Cabecera, banda de navegación, contenido, pie de página. Cabecera, banda de navegación y pie de página forman la parte estática de que se desea que siempre esté visible; y el contenido corresponde con la parte dinámica que cambia en cada una de las secciones.

En la cabecera de todas las hojas de la web se encuentra en lugar principal y visible el logotipo de Bizitel, que al pinchar siempre nos redirecciona a la página de inicio. Junto al logotipo se encuentra el símbolo de acceso a la herramienta del calculador.

En la banda de navegación se encuentran los botones de cada una de las secciones desde los cuales accedemos a cada una de ellas.

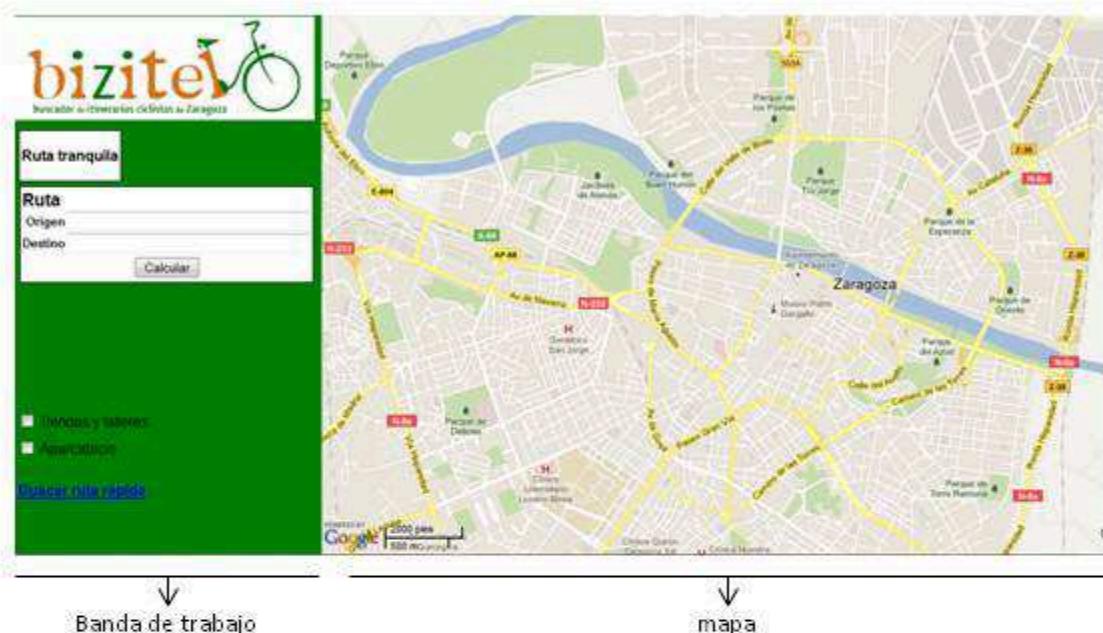
En el pie de página se muestran los logotipos corporativos de los agentes que han estado presentes en el desarrollo del proyecto. Estos son por un lado la Universidad de Zaragoza y GITEL como la parte académica, y por otro lado La Ciudad de Las Bicis y La Ciclería como impulsores. Desde sus respectivos logos se enlaza a sus páginas webs.

En el cuerpo central de la página se muestran los contenidos de cada una de las secciones. Desde un punto de vista estético se ha incluido una banda con fotografías dentro del cuerpo, relacionadas con el contenido de cada sección.



Estructura de la página web. Imagen nº2

La estructura del calculador dispone de otra estructura más acorde con los contenidos que se muestran. La estructura se divide en dos partes. En la izquierda se encuentran las casillas y botones de trabajo del calculador y en la derecha ocupando la mayor parte del espacio el mapa donde se han de mostrar todos los contenidos y la información de los itinerarios.



Estructura del calculador. Imagen nº3

2.6.3. Programación de la web

Una vez definidos los contenidos, la estructura y la imagen de la web, el siguiente paso consiste en plasmar esto mediante las herramientas informáticas. Para ello ha sido necesaria la aplicación de código HTML, hojas de estilo CSS, y código JavaScript.

Se ha optado por una programación de código en HTML por capas o “divs” frente a la programación por tablas. Las capas permiten una estructura de código más limpia y legible, además de una carga de la página más rápida. Esto es, en el código HTML se incluye la estructura y los contenidos mientras que el diseño de esa estructura y las características estéticas de los contenidos se definen aparte en una hoja de estilos CSS asociada.

Para la creación de la página web ha sido necesario aprender programación, lecciones de HTML y de hojas de estilo CSS. Todo ello se ha aprendido a través de la página web www.comocreartuweb.com, donde se puede encontrar un curso completo de creación de páginas web desde el diseño hasta el alojamiento y posicionamiento en internet.

El código fuente al completo en HTML, las hojas de estilo CSS utilizadas y todos los objetos de diseño empleados se incluyen en los anexos del depósito electrónico en Zaguan.

2.6.4. Modo de utilización del calculador

A continuación se describe el modo de utilización del calculador, es decir, cuales son los pasos que el usuario debe hacer para calcular una ruta, cómo funcionan y donde puede acceder a las utilidades que ofrece el calculador.

El acceso al calculador se realiza a través del icono del calculador que se encuentra en la esquina superior derecha de todas las páginas de la. Cuando entramos en primer lugar se abre una página donde se explican los dos tipos de ruta que podemos elegir, tranquila y rápida. Una vez elegido el tipo de ruta accedemos al calculador propiamente dicho. En la columna izquierda encontramos las casillas de origen y destino de la ruta, los botones de información de los aparcabici, talleres y tiendas; y el enlace para cambiar el tipo de ruta.

En las casillas de origen y destino hay que introducir el nombre de las calles objeto de nuestra búsqueda, pero también tenemos la opción de introducir el nombre de algunos lugares de interés que se han incluido en la base de datos. Se han considerado lugares de interés: Hospitales, Centros de Salud, Bibliotecas, Centros Cívicos y Culturales, Centros deportivos municipales y Facultades de la Universidad de Zaragoza. Una vez insertada la

ruta pinchamos en la casilla “calcular” y se muestra por pantalla un listado de las calles y lugares que más se aproximan a la búsqueda que hemos realizado. Seleccionamos los que corresponden con nuestra ruta y presionamos en “calcular” de nuevo. El algoritmo realiza los cálculos y muestra por pantalla la ruta gráfica en trazo rojo sobre el mapa junto con un indicador A en el origen y un indicador Z en el destino. Un cuadro en la izquierda muestra el listado de instrucciones de circulación que se deben realizar. Se puede seleccionar cada instrucción de circulación y se crea un indicador rojo sobre el mapa en el lugar donde se debe ejecutar dicha acción. Al pinchar sobre el indicador se expande un cuadro de dialogo con la instrucción de circulación. De esta forma se consigue referenciar la acción dentro de la ruta. Si accionamos las casillas de los apracabicis, tiendas y talleres, se muestra por pantalla los iconos de donde se sitúan cada uno de ellos. En morado las tiendas y talleres y en verde la posición de aparcabicis. Al pinchar sobre cada ícono aparece un cuadro de diálogo con información detallada. En el caso de tiendas y talleres, el nombre, dirección y página de enlace; en el de aparcabicis una descripción de su situación.

Bajo el cuadro de instrucciones hay una casilla, “mantener ruta”. Esta nos permite realizar una nueva ruta manteniendo la ya calculada y representa ambas sobre el mapa. La nueva ruta aparece en trazo azul. Se pueden consultar las instrucciones de circulación de cada ruta en el enlace sobre las instrucciones.

Sobre el mapa podemos realizar las acciones habituales de desplazarnos por él, hacer zoom en la ruta, y mostrar los modos de mapa híbrido y satélite.

2.6.5. Ruta tranquila y ruta rápida

Como ya se ha comentado, la ruta tranquila muestra el itinerario más seguro atendiendo a criterios de circulación ciclista priorizando el uso de carriles bici y calles pacificadas frente a las grandes avenidas. Por otro lado la ruta rápida muestra el itinerario más corto posible, y para ello considera por igual a todos los tipos de viales.

La ruta tranquila está recomendada para personas nuevas en la movilidad en bicicleta por la ciudad y para quienes quieran circular despacio. La ruta rápida se recomienda para personas habituadas a circular en bicicleta por la ciudad y en grandes avenidas y sepan cómo moverse en ellas.

A continuación se muestran un par de ejemplos de cada una de las rutas para ver las diferencias entre ambos trazados:

Itinerario desde el Centro Politécnico Superior al barrio de la Jota.



Ejemplo de ruta tranquila. Imagen nº4



Ejemplo de ruta rápida. Imagen nº5

En la ruta tranquila se puede comprobar cómo el itinerario discurre en su totalidad por carril bici. La ruta es por tanto muy segura y cómoda para el ciclista, aunque esto suponga un recorrido más largo. En la ruta rápida el itinerario es más directo y para ello opta por tomar calles y avenidas principales. Solo una vez llegado cerca del destino toma calles pacificadas. El resultado es una distancia menor en la ruta pero algo más complicada de circulación.

2.6.6. Posicionamiento y alojamiento

Una tarea importante una vez creada la web es el posicionamiento en la red. Esto es, llevar a cabo una serie de buenas prácticas y normas en el código de nuestra web para que sea fácilmente encontrado por los buscadores en internet.

Son varias las prácticas que podemos llevar a cabo para favorecer el posicionamiento de nuestra web. En este proyecto se han realizado las siguientes:

- Metatags: Son metatags elementos como el título, la descripción de cada página de la web o las palabras clave para ellas definidas. Son tenidas en cuenta por la mayoría de los buscadores para saber dónde colocar esas páginas y cuándo mostrarlas según la búsqueda que realice el usuario. Por ello para cada una de las páginas de la web se ha definido un título, una explicación del contenido, y un listado de palabras clave que la definen.
- Etiquetado y nombrado de las imágenes y enlaces de la web. Esto es asignar una etiqueta con palabras clave a las imágenes y enlaces para que los buscadores las tengan en cuenta.

Una vez realizadas estas tareas, es conveniente conocer si el código HTML y la hoja de estilos CSS cumplen con una serie de estándares que se consideran necesarios y adecuados para una web. La World Wide Web Consortium (W3C) es el organismo encargado de realizar esta tarea. En su web (www.w3.org) ofrece un validador de código HTML y de hojas de estilo CSS. Los códigos de la web de Bizitel cumplen con estos estándares.

El alojamiento de la web se ha llevado a cabo dentro del servidor de La Ciudad de las Bicis. Una vez creado el hosting en el servidor, se ha utilizado la herramienta FileZilla para transferir los archivos y se han exportado las bases de datos al gestor PhpmyAdmin del servidor. Se puede acceder a la web de Bizitel desde el enlace en la web de La Ciudad de las Bicis, o a través de la dirección <http://www.laciudaddelasbicis.com/bizitel> .

2.7. Presentación y puesta en servicio de la web Bizitel

El 22 de septiembre de 2011 se realizó la presentación pública de Bizitel en una rueda de prensa en La Ciudad de las Bicis. Se decidió esta fecha por tratarse del Día Mundial Sin Coches y estar enmarcado dentro de las actividades que realiza La Ciudad de las Bicis con motivo de la Semana Europea de la Movilidad del 19 al 25 de septiembre. En la mesa de la rueda de

prensa estuvieron presentes Emilio Larrodé Pellicer (director del proyecto y responsable del departamento de transportes de la UZ), Arturo Sancho Royo (responsable de La Ciudad de las Bicis, impulsora de este proyecto), y Daniel Gómez Ramos (estudiante de Ingeniería Industrial Superior y autor del proyecto). Contó con la presencia de numerosos medios de comunicación que recogieron la noticia en prensa escrita, radio y televisión. La repercusión de la noticia fue amplia. Quedó patente en 4 periódicos, 3 radios y en la televisión autonómica. Esta publicidad tuvo su reflejo en las visitas que se efectuaron en los primeros días a la página web, rondando las 1000 personas diarias.

Esa misma tarde se organizó una ruta en bicicleta por Zaragoza para hacer una prueba del calculador de Bizitel. La actividad consistió en formar dos grupos de ciclistas con la gente que acudió. Cada uno de los ellos realizó una de las rutas, tranquila y rápida. Entre todo el grupo se decidió un lugar de destino donde acabar la ruta. El lugar elegido fue el parque Palomar situado en la calle Rioja. Con esta actividad se pudo constatar las diferencias entre ambas rutas. A la actividad acudieron 32 personas.

Esta jornada de presentación y actividades tenía por objetivo dar a conocer y difundir Bizitel a la ciudadanía, con ánimo de lograr el objetivo último de que sea una herramienta de utilidad para los ciclistas urbanos de Zaragoza.

Con anterioridad, el día 19 de septiembre ya se presentó Bizitel a los alumnos del curso de Movilidad Segura en Bicicleta, para trabajadores de la DGA impartido por La Ciudad de Las Bicis, como parte del contenido del curso, enmarcado dentro de los actos de la Semana Europea de la Movilidad. La acogida de los participantes fue positiva.

3. CONCLUSIONES Y ANÁLISIS

3.1. Conclusiones

Como conclusiones a este proyecto se puede extraer que:

- La creación de un grafo propio de Zaragoza conlleva una elevada carga de trabajo, y el empleo de mucho tiempo.
- Sin embargo, un grafo propio permite ser dueño de toda la estructura del proyecto.
- Frente a otros sistemas, la ventaja que esto ofrece es, elaborar herramientas propias que permiten mantener actualizado el grafo de Zaragoza, y apostar por el desarrollo de aplicaciones locales.
- Las aplicaciones desarrolladas con la API de Google Maps son de gran ayuda para el usuario. Se han desarrollado 2 aplicaciones, situación de aparcabicis y situación de tiendas, pero las posibilidades de la API son

muy grandes. Se pueden crear muchas más aplicaciones que mejoren los contenidos de información activa al usuario.

- Para la web que alberga el calculador se ha pensado en un diseño y estructura sencillos pero muy prácticos para navegar entre los diversos contenidos.
- Los contenidos creados para la web son un buen complemento para el calculador. Dotan al trabajo de un mayor interés para el usuario y su actualización y renovación han de hacer atractiva la web para mantener el número de visitas inicial.

3.2. Análisis

La aplicación desarrollada pretende ser una ayuda para solucionar las necesidades de desplazamiento en la ciudad de los ciclistas urbanos, en especial a los nuevos usuarios que se han incorporado en los últimos años de auge de la bicicleta. Tomando esto como objetivo final, se puede considerar que se ha cumplido. Su utilidad es manifiesta ya que ayuda a planificar los desplazamientos en bicicleta por la ciudad de forma sencilla. También los datos de visitas de la web desde su implantación el 22 de septiembre lo avalan. 1000 visitas diarias los primeros días, y entorno a las 150 visitas de media desde entonces. Por todo ello resulta satisfactorio haber realizado un trabajo que tiene su utilidad y es usado por la ciudadanía.

Con la realización de este proyecto se cumple también un objetivo del PFC “Sistema web de información geográfica adaptado para el cálculo dinámico de rutas óptimas en entornos urbanos” desarrollado por Jorge Muñoz Nieto, y de la primera versión de Bizitel para el Actur elaborada por Alberto Fraile del Pozo, dado que se continúa el trabajo y el esfuerzo realizado por ambos para crear una herramienta más completa y con una aplicación para los usuarios de bicicletas.

El trabajo realizado a partir del PFC “Sistema web de información geográfica adaptado para el cálculo dinámico de rutas óptimas en entornos urbanos”, ha consistido en la adaptación del cálculo de rutas a las características de circulación de la bicicleta y desarrollar nuevas utilidades y contenidos, esto es:

- Completar el grafo de la ciudad, extendiéndolo a más distritos;
- Inserción de todo el callejero de Zaragoza, aristas, nodos y calles;
- definición e inserción de los pesos de los viales;
- Creación de nuevas aplicaciones con API Google Maps para el calculador;
- Diseño y desarrollo de la página web donde se aloja;
- creación de los contenidos de la web.

Con este trabajo realizado se ha conseguido cumplir con los objetivos y el alcance marcados al comienzo recogidos en la propuesta de proyecto fin de carrera. Esto es, terminar el trazado completo del grafo de la ciudad; creación de dos modalidades de rutas, tranquila y rápida; aplicación de información adicional sobre el mapa; creación de la web.

Ha quedado en el tintero la creación de un algoritmo que calcule la distancia de la ruta creada. No ha sido posible desarrollarlo por tiempo, aunque sí se comenzó el estudio de cómo crear el algoritmo aprendiendo nociones de geometría esférica.

Para finalizar por completo el mallado de toda la ciudad de Zaragoza, queda por crear el grafo de barrios como Santa Isabel, Valdespartera, y mejorar los trazados de Oliver y Valdefierro.

Al tratarse de un proyecto en activo, que respalda e impulsa una entidad interesada en el fomento de la bicicleta como La Ciudad de las Bicis, se espera poder dar solución a las tareas pendientes, dar solución a los problemas que se detecten, y mantener actualizado el estado y las incidencias de las calles, así como la incorporación de los viales de nueva creación. En este sentido el apartado de sugerencias de la web permite recibir fallos encontrados por los usuarios para su corrección. También son varias las sugerencias recibidas, y es intención de La Ciudad de las Bicis trabajar para mejorar el calculador.

Para desarrollar un proyecto cuya principal área de trabajo es la informática, ha sido necesario estudiar y aprender contenidos y herramientas informáticas que no se estudian dentro de la carrera de Ingeniería Industrial. La única asignatura relativa a temas informáticos es “Programación Informática” en el primer curso de titulación. Es por ello que en la realización de este proyecto se han aplicado pocos conocimientos técnicos adquiridos en la carrera. Por el contrario, y por el hecho de tener que aprender un área nueva de la técnica, sí se han desplegado cualidades y capacidades adquiridas en el transcurso de los años de carrera. Se puede decir que estas han sido, la capacidad de trabajo, la capacidad de aprendizaje de nuevas materias, aplicación de procedimientos técnicos para afrontar la resolución de problemas surgidos.

Los principales problemas que han acontecido durante el proyecto han surgido en el desarrollo de las aplicaciones de la API, en su inserción dentro del archivo del código fuente del calculador, y en parte del desarrollo web. Problemas en temas de jerarquización de variables, incompatibilidad de sentencias, que han requerido de tiempo y esfuerzo para su resolución.

Por otro lado, en el ámbito académico, la realización de este proyecto me ha dejado importantes conocimientos en el área de la informática tan imprescindibles hoy en día. Particularmente encuentro como muy interesantes

los conocimientos adquiridos en cuanto a la utilización y gestión de bases de datos, los conocimientos del uso de mapas y la creación de aplicaciones mediante la API, y como no, el diseño y desarrollo de páginas web (código HTML, CSS, Java). Son estos, conocimientos que espero sean de gran utilidad y valor en el desarrollo de mi carrera laboral en el futuro.

En lo personal, se puede decir que, haberme enfrentado a la realización de un trabajo tan extenso y completo (por todas las áreas que toca) me ha servido para desarrollar constancia en el trabajo, y superación de los problemas y de los días malos que siempre hay en cualquier trabajo.

El tiempo empleado en la elaboración de este proyecto ha sido aproximadamente de unas 1000 horas (o lo que es lo mismo 12 meses, 22 días de trabajo por mes, 4 horas diarias). El tiempo de trabajo indicado para la realización de un proyecto fin de carrera es de unas 400 horas. Gran parte del tiempo se ha dedicado a la inserción de los datos del grafo, ya que se trata de una tarea muy laboriosa.

4. BIBLIOGRAFÍA

Sitios web sobre programación

- <http://www.comocreartuweb.com>
- <http://www.desarrolloweb.com>
- <http://www.w3.org>

Documentación sobre la API de Google Maps

- <http://code.google.com/apis/maps/>
- <http://www.desarrolloweb.com/manuales/desarrollo-con-api-de-google-maps.html>

Información geográfica de la ciudad de Zaragoza

- <http://idezar.zaragoza.es/callejero/>
- <http://www.zaragoza.es/ciudad/viapublica/movilidad/bici/>
- <http://maps.google.es/>

Descarga del paquete de programas

- <http://www.apachefriends.org/es/xampp.html>
(Página de descarga del paquete de Xampp que contiene todas las utilidades informáticas para poder trabajar en el proyecto: servidor Apache, MySQL, PHP, PhpmyAdmin, Fillezilla) Xampp es un paquete de utilidades informáticas de software libre para desarrolladores.