



ENTREGABLE R5

“GESTIÓN Y TAREAS PARA HITUL”



11 de Mayo, 2015



Movilidad Inteligente: Wifi, Rutas y Contaminación
Proyecto I+D+i Ene-Oct, 2015. Nº GG13003IDII. OTRI-UMA # 8.06/5.47.4356.

Contenidos

1. Introducción	1
2. Análisis de competidores y ventajas sobre ellos	1
2.1 Competidores	1
2.2 Innovación de HITUL.....	3
3. Recursos necesarios.....	4
3.1 Recursos hardware	4
3.2 Recursos software.....	5
3.3 Recursos humanos.....	5
3.4 Otros recursos.....	6
4. Metodología	7
5. Tareas y actividades	7
6. Planificación.....	9
Referencias.....	11

1. Introducción

Como se ha mencionado en entregables anteriores (R1-R3), este proyecto tiene como objetivo principal el desarrollo de **dos aplicaciones**: una de apoyo para la gestión semafórica en la ciudad (HITUL) y un planificador de rutas inteligente (CTPATH). Este documento (**R5**) se centra en la descripción de las diferentes tareas y actividades que se han planificado para conseguir un desarrollo exitoso de la aplicación **HITUL**. Las tareas correspondientes para el desarrollo de la otra herramienta, CTPATH, serán descritas en el informe R4.

La descripción de estas **tareas** y su planificación a lo largo de la vida del proyecto se detallarán al final del presente informe, pero previamente es conveniente contextualizar y enmarcar el ámbito en el cual se va a desarrollar HITUL. Dicho contexto abarca los siguientes elementos: **(i)** qué herramientas similares existen en la actualidad y cómo nuestra herramienta se diferencia de ellas, **(ii)** qué elementos son necesarios para realizar de forma exitosa las tareas planificadas (aquí se incluyen tanto necesidades hardware/software como otro tipo de recursos: personas, informes relacionados, ...) y finalmente ya que nos enfrentamos a un desarrollo software **(iii)** qué metodología de la Ingeniería del Software se va a seguir para desarrollar el producto final.

2. Análisis de competidores y ventajas sobre ellos

Un primer elemento para **contextualizar** nuestra herramienta es un estudio sobre los sistemas ya existentes que tienen un propósito similar a HITUL. Este aspecto es fundamental ya que nuestro propósito no es replicar lo existente sino proporcionar nuevas funcionalidades innovadoras y útiles que distinga a HITUL sobre otros productos.

Como veremos más adelante (Sección 5), esto implicará la existencia y planificación de tareas dedicadas en exclusiva a la búsqueda, análisis y clasificación de los posibles competidores de nuestra herramienta. El resultado de esas actividades (y las equivalentes en CTPATH) se plasmará en **dos informes: R6** (Competidores y estado del arte) y **R7** (Ventajas sobre los competidores). El resultado obtenido de estas tareas afectará (incluso a medida que se realizan) al contenido de otras tareas y actividades.

En las siguientes subsecciones se mostrará un resumen de los principales competidores y qué aspectos innovadores aporta nuestra herramienta sobre ellos. Una descripción más extensa de estos puntos se realizará en los futuros documentos R6 y R7.

2.1 Competidores

Son varias las fuentes que pueden trabajar en el nicho de conocimiento de nuestro proyecto. Tanto entidades públicas como privadas están produciendo diversos productos de conocimiento: patentes, productos industriales, artículos científicos y aplicaciones finales para usuarios.

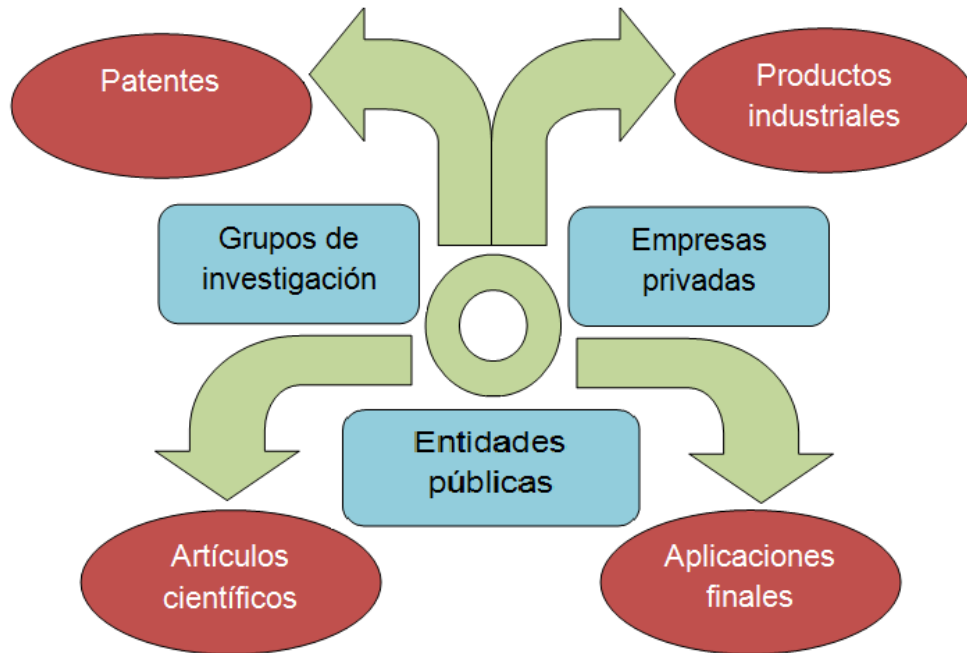


Fig. 1: Origen de aportaciones externas en el área de nuestro proyecto.

Los grupos de investigación generalmente están encuadrados dentro de las Universidades y principalmente se dedican a la generación de **artículos científicos y patentes**. Aunque también cada vez es más común que como fruto de la cooperación de entidades públicas (como universidades) y empresas privadas se desarrollen **productos industriales**. El papel de las empresas privadas es normalmente de apoyo financiero a proyectos de investigación y de esto surgen aplicaciones finales de usuario y productos industriales.

La mayoría de las **empresas** (como Omron [Om07], Cross Zlin [CZ15] o ATC [ATC15]) han fijado como principal objetivo la resolución de optimización de cruces de tráfico individuales, o a la sumo de coordinación de **varios cruces**. La idea a priori es evitar la congestión estableciendo una relación directa entre el plan semafórico y el resto de entidades implicadas. Pero esta finalidad queda reducida, en pro de obtener resultados inmediatos, a cruces individuales o a unos pocos cruces que serán coordinados de manera directa.

No obstante podemos citar tres excepciones a lo anteriormente expuesto: El planteamiento de Indra con su plataforma **HERMES** [IC15], **Schneider Electric** [SE15] con su apuesta por "Telvent SmartMobility™ Traffic" que intentan dar una respuesta de solución general a los problemas de movilidad en las ciudades y **Siemens** [Si15], que intenta dar soluciones a medida para diferentes ciudades. Estos sistemas generalmente abordan de una forma integral varios aspectos relacionados con la ciudad (movilidad, tráfico, contaminación, ...) y su principal objetivo es ofrecer esa información de forma conjunta para facilitar la toma de decisiones del gestor, pero ofreciendo una **automatización** de las decisiones muy limitada (al menos en el aspecto semafórico, que es el tratado en este documento).

Una respuesta más global a la optimización de tiempos de semáforos la podemos encontrar en los grupos de investigación de **centros universitarios** tales como los sistemas DATLCES [We08], GLOSA [BR+14] o POVA [ZL+13]. En general, estos centros usan el estándar de comunicación VANET y detectores clásicos, lazos, cámaras y RFID como recolectores de datos. Generalmente la toma de datos se realiza en puntos fijos y son sistemas **centralizados** de toma de decisiones.

En cuanto a los algoritmos utilizados para hacer frente a este problema podemos destacar que en general se han optado por soluciones basadas en la teoría de colas, estadística, lógica difusa, y conocimiento previo basado en la experiencia [We08], [GD+10], [AK+11]. Estas soluciones suelen estar muy limitadas en tiempo o memoria, así como requerir enormes simplificaciones sobre lo que es realmente una ciudad y su tráfico. Para resolver estos problemas y permitir escalabilidad han habido algunos movimientos iniciales previos como el uso de algoritmo metaheurísticos (en concreto PSO) que se ha aplicado en nuestro grupo de investigación para problemas similares [GOA13].

2.2 Innovación de HITUL

Algunas características que destacan de nuestro proyecto sobre la literatura e implementación que se han realizado sobre este nicho de conocimiento:

- **Grandes zonas urbanas:** La aplicación a áreas metropolitanas integrales es algo que se sale de lo clásico para las soluciones existentes en el mercado y la literatura científica, quienes se han centrado en pocos cruces o pequeñas zonas. Sólo esta aportación supone un gran reto científico, ya que las técnicas que permiten controlar unos pocos semáforos puede que no sean adecuadas para tratar toda una región. También implica un desafío en el manejo de los recursos hardware que pocos grupos científicos pueden abordar, ya que el número de semáforos y el tráfico a modelar es mucho mayor. En este proyecto tratamos de realizar el control de toda una ciudad como Málaga, en toda su extensión metropolitana.
- **Múltiples fuentes de recolección de datos:** Otra característica muy importante de este proyecto es su versatilidad en el uso de diferentes fuentes de información del tráfico. Se trata de utilizar la información recabada por los gestores en el formato que ellos ya usan, datos abiertos disponibles y también de recolectar de forma autónoma nuestros datos desde sensores instalados en las vías de la ciudad o de los propios usuarios que usen la aplicación CTPATH. En general estamos abordando todo lo posible: información pasada, información actual y posibles valores futuros estimados.
- **Múltiples objetivos que optimizar:** Nuestra aplicación permite la elección de diferentes objetivos que guíen al motor de optimización. Estos objetivos pueden ser tanto elementos más clásicos (número de paradas de los vehículos, tiempo de trayecto, ...) como más innovadores (emisiones, velocidad adecuada hacia el semáforo, ...). Además aplicaremos un enfoque usando dominancia de Pareto (no visto en trabajos

previos) que nos permite combinar esos objetivos para ofrecer al gestor una amplia variedad de soluciones óptimas que pueda adecuar a la situación actual de la ciudad.

- **Interfaz amigable para el gestor:** Un aspecto que consideramos bastante prioritario de nuestro sistema, es que sea amigable y fácil de utilizar por el gestor. Por ello nuestro sistema utilizará una GUI amigable que permite de forma sencilla y natural la selección de la zona, tipo de tráfico u objetivos. Además, la herramienta incorporará un mecanismo de visualización de planes semafóricos basado en Google Maps muy accesible para cualquier usuario. En este punto, otro elemento destacable y diferenciador es la capacidad de comparar diferentes planes semafóricos para analizar las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos.
- **Uso de técnicas metaheurísticas bio-inspiradas:** usar técnicas inspiradas en la naturaleza para programar un software que resuelva problemas de tráfico (semáforos, en este caso) resulta una alternativa innovadora, viable y adecuada para el ámbito del proyecto. Esto contrasta mucho con las técnicas clásicas usadas en la literatura, donde lo más común es encontrar soluciones basadas en teoría de colas, estadística, lógica difusa o estimaciones basadas en la experiencia previa de una persona.

3. Recursos necesarios

En este apartado se describirán los recursos necesarios para construir la aplicación. Estos recursos incluyen desarrolladores (arquitecto, programador, calidad...), software, hardware, informes, etc. El resumen aportado en este documento se puede completar con la información detallada que se ofrecerá en los entregables **R8** (“Análisis del hardware requerido”) y **R9** (“Análisis del software requerido”). También ya en el documento de descripción de forma técnica HITUL (R2) se explica la plataforma software utilizada para el desarrollo.

3.1 Recursos hardware

Para esta aplicación necesitamos, aparte de los equipos ofimáticos utilizados por los miembros del grupo para el desarrollo del paquete software, otros dos equipos: uno donde se desplegará el acceso a la aplicación y otra donde se llevará a cabo la labor del motor de optimización para la ciudad. Esta última actividad es una labor de gran complejidad y que consume una gran cantidad de recursos computacionales, por lo que el equipo requerido deberá tener unas **altas prestaciones**.

La máquina en la que se ejecutará la aplicación (servidor externo) a la que los gestores pueden solicitar y visualizar los planes estimados puede ser equivalente en un Intel Xeon E3-1220 v3 de cuatro núcleos. Intentaremos usar una máquina similar que tenemos en el grupo para ahorrar en este proyecto. Por otro lado, para los **cálculos internos** utilizaremos un multiprocesador compuesto de dos Intel Xeon E5-2670 v3 de 12 núcleos, que permitirá el cómputo de hasta 48 planes semafóricos diferentes en paralelo, lo que se ajusta perfectamente a las necesidades del proyecto. Por esta razón la compra y uso de esta máquina será vital y

directa en el proyecto, intentando usarla intensivamente durante el proyecto. El presupuesto no permite un gran sistema computacional, pero una máquina ajustada a los requisitos de cómputo y accesible para ser útil durante la vida del proyecto (y poco más, por usar componentes normales en informática).

En el **R8** se hará un análisis completo y pormenorizado de los recursos **hardware** considerados por HITUL.

3.2 Recursos software

Ya en el documento R2 se describió de forma bastante extensa las necesidades software de este proyecto, que incluían cuatro herramientas principales: **Git, Maven, Jenkins y Sonar**. Estas herramientas son la columna vertebral de nuestra infraestructura de desarrollo de software. Estas no son las únicas. Hay herramientas de apoyo (como IDEs, componentes de seguimiento de incidencias, etc.) para el desarrollo del software. Se utiliza principalmente el IDE para desarrollo en **java Eclipse** (<http://www.eclipse.org>).

Una característica de este IDE es su soporte para Git. Esto es de vital importancia en nuestro proyecto, ya que todo el software que desarrollemos se almacenará en repositorios Git. Las herramientas de desarrollo Java también soportan Maven.

Adicionalmente a estas herramientas para la construcción de nuestra infraestructura de desarrollo, se utilizan otro tipo de recurso software, entre los que podemos destacar: bases de datos como MySQL, bibliotecas software como jMetal o Hibernate, herramientas de análisis de datos como R o SPSS o de coordinación y cooperación como Trello o Google Drive. En el documento **R9** se analizarán en detalle todos esos elementos.

3.3 Recursos humanos

El equipo de personas que está involucrado en el desarrollo de este proyecto está formado por Enrique Alba, Francisco Chicano, Javier Ferrer, Gabriel Luque, Juan M. Molina, Daniel H. Stolfi, Jamal Toutouh, Gregorio Ambrosio (contacto con el ayuntamiento) y se ha planificado la contratación de tres personas más con dedicación exclusiva al proyecto, de los cuales actualmente ya se han incorporado dos: José Luis López y Christian Cintrano.

Este equipo es bastante heterogéneo, formado por plantilla de la UMA, personal en formación, personal del ayuntamiento y contratados con dedicación exclusiva al proyecto. Esta variedad **dificulta** en parte la coordinación ya que muchos deben compaginar la dedicación al proyecto con sus otras actividades docentes, investigadoras, burocráticas y formativas, pero por otro lado aporta una **diversidad** de visiones y habilidades muy diferentes que favorecerán el desarrollo de una aplicación útil e innovadora como HITUL.

El equipo humano ha sido dividido atendiendo a sus habilidades y las necesidades de las aplicaciones de la siguiente forma:

- Coordinación general y supervisión de ambas aplicaciones: Enrique Alba y Juan M. Molina.
- Equipo centrado en HITUL: Javier Ferrer y Gabriel Luque.
- Equipo centrado en CTPATH: Francisco Chicano, Daniel H. Stolfi y Jamal Toutouh.
- Apoyo a actividades específicas de las herramientas: José Luis López y Christian Cintrano.
- Apoyo y contacto con el ayuntamiento: Gregorio Ambrosio.

Con esta división nos aseguramos tener los conocimientos y habilidades para completar de forma exitosa este proyecto. Aunque algunos miembros se dediquen más a cierta herramienta, no quiere decir que se desvinculen de la otra, ya que siempre hay una sinergia y cooperación entre los dos paquetes software. Además, hay reuniones semanales donde participan todos los miembros aportando ideas, sugerencias y comentarios en todos los ámbitos del proyecto.

3.4 Otros recursos

Para la realización de este proyecto, además de los recursos mencionados anteriormente existe otros elementos a considerar. Quizás uno de los más importante son los documentos e informes de apoyo sobre temática específicas que se planificaron en las fases más tempranas del proyecto. Estos documentos están almacenados en una zona privada para el proyecto de **Google Drive**, donde todos los participantes pueden leer, cambiar y descargar los entregables y documentos de apoyo (logos, formularios base, software...).

Relacionados con HITUL, además del presente documento, ya se han desarrollado dos: R2 y R3. En R3 se describe la estructura y contenido de este tipo de informe y la interrelación existente entre ellos. R2 es uno de los documentos más importantes e influyentes para HITUL, ya que describe la especificación técnica del sistema, indicando las funcionalidades que se pretenden crear y aspectos de su arquitectura, modelado de datos e incluso sobre su interfaz.

Además de los documentos ya realizados, se han planteado los siguientes **documentos relacionados** con el paquete software HITUL:

- "R6: Competidores y estado del arte": en ese trabajo se incluye una descripción detallada y las características de herramientas y proyectos similares al propuesto.
- "R7: Ventajas sobre los competidores": en ese informe se muestran las características incluidas en nuestro sistema HITUL que no han sido consideradas por los competidores y que puedan son interesantes.
- "R8: Análisis del hardware necesario": este documento estudiará los requisitos de la plataforma hardware necesaria para desarrollar y desplegar el sistema HITUL.
- "R9: Análisis del software necesario": este informe analizará la plataforma software interna utilizada para desarrollar y desplegar el sistema descrito en esta propuesta.
- "R10: Informe Final": este informe incluirá una descripción completa del sistema HITUL implementado y nuestras experiencias probando este sistema.

4. Metodología

En este proyecto vamos a seguir una metodología **ágil** de desarrollo de software [Co15] [Ru12]. En concreto, se ha planteado la utilización de una variante de Scrum. En Scrum, las funcionalidades del software están representados por las historias de usuario que se implementan de forma incremental en los “sprints”. Un “sprint” suele durar una o dos semanas, donde el equipo de desarrollo se dedica a aplicar las historias de usuarios acordadas. Al inicio de cada sprint las historias de usuario se priorizan y algunas de ellas son seleccionadas para ser implementados en el sprint. Las seleccionadas se descomponen en tareas de desarrollo. Las tareas están incluidas en el “sprint backlog”, un tablero de “por hacer” (TODO) donde los desarrolladores pueden seleccionar sus tareas favoritas que desean implementar. Cada tarea pasa por **cuatro estados**: por hacer, en desarrollo, en pruebas, y completada. Una vez que un desarrollador termina una tarea (lo incluye en la tabla de completadas), se selecciona una nueva desde el tablero de “por hacer” y repite el proceso hasta que ese tablero de tareas pendientes está vacío, y así el sprint termina.

Debido a la naturaleza del equipo de investigación, donde algunos de los miembros tienen tareas docentes y de investigación además de las tareas de este proyecto, la duración de los sprints serán **flexibles** y las reuniones diarias de scrum no serán realmente diarias, sino que se planea hacerlas cada dos o tres días. **Adicionalmente**, una vez a la semana se reúnen todos los miembros del proyecto donde se muestra el avance del proyecto, se discute en grupo, se aportan ideas y se planifica la labor a realizar durante la siguiente. Hay un proceso de revisión histórica de avances, gestión de retrasos, previsión de problemas para el próximo sprint y petición de ideas o necesidades de cada componente del grupo.

5. Tareas y actividades

A continuación se describirán las tareas que se han considerado necesarias para la realización de HITUL. Junto a cada tarea y su descripción se indicarán las actividades más específicas que se han considerado necesarias para completar la tarea adecuadamente:

1. **Coordinación:** Una tarea esencial en todo proyecto es la coordinación, supervisión y otras actividades administrativas. Además esta tarea incluye todas aquellas actividades relacionadas divulgación, con la formación y reunión con otros grupos. Esta tarea se divide en las siguientes actividades:
 - 1.1. Reuniones dinámicas (*Stand-up Meetings*)
 - 1.2. Reuniones scrum
 - 1.3. Talleres y reuniones con personal especializado
 - 1.4. Tareas administrativas
 - 1.5. Publicidad y divulgación

2. **Definición de la especificación técnica:** Esta tarea se centra en la definición técnica de la herramienta HITUL y será una de las primeras en ser realizada. Las actividades

planificadas en esta tarea se muestran a continuación y darán como resultado un informe:

- 2.1. Especificación de la técnica de diseño del sistema HITUL
 - 2.2. Definición del plan de acción y lista de tareas
 - 2.3. Definición de la lista de documentos
 - 2.4. Análisis y especificación las necesidades de hardware/software
3. **Análisis del estado del arte y competidores:** Como se comentó en la Sección 2, un elemento prioritario es un análisis inicial de herramientas y proyectos relacionados, para ser capaz de identificar en qué aspectos debemos hacer énfasis en nuestra herramienta, para conseguir un sistema innovador. Para este análisis hemos planificado las siguientes actividades:
- 3.1. Identificar proyectos relacionados
 - 3.2. Identificar y calificar a grupos de investigación relacionados
 - 3.3. Identificar y calificar a herramientas relacionadas
 - 3.4. Escribir un documento posteriormente de análisis de competidores
 - 3.5. Escribir resumen de fortalezas y debilidades sobre competidores
4. **Generación de modelos realistas de la ciudad:** Nuestra herramienta tiene como objetivo incorporar realismo de los gestores de tráfico de Málaga. Para conseguir este objetivo los datos sobre los que trabajemos en nuestro sistema deben ser los más realistas posible. Por ello, nos planteamos recolectar datos de diferentes fuentes, conocer el reglamento específico en este dominio y cómo trabajan las entidades involucradas, tal como se describe en las siguientes actividades:
- 4.1. Recolectar información libre sobre la ciudad
 - 4.2. Conocer y describir las políticas actuales
 - 4.3. Información sobre la actual gestión de tráfico desde el Centro de Control de Tráfico
 - 4.4. Procesar los datos en bruto y mejorar los mapas
5. **Desarrollo de acercamientos algorítmicos:** Las tareas relacionadas con el desarrollo software las hemos dividido entre dos tareas. Esta primera está desarrollada con motor de optimización que tomará la información de las tareas anteriores y generará los planes semafóricos atendiendo a uno u varios objetivos.
- 5.1. Revisión de herramientas de la literatura acerca de soluciones para TLC
 - 5.2. Elección de un plataforma para optimización
 - 5.3. Crear un entorno de desarrollo de integración continua (GIT, Maven, Jenkins, Sonar, ...)
 - 5.4. Diseño e implementación de un nueva solución mono-objetivo
 - 5.5. Diseño e implementación de una nueva solución multi-objetivo
 - 5.6. Análisis de correlación de datos
 - 5.7. Validación de los algoritmos propuestos

6. **Desarrollo de servicios y aplicaciones:** Esta es la segunda tarea relacionada con el desarrollo software de la HITUL y se centra en la interacción entre el usuario y nuestro motor de optimización. Su objetivo principal es la creación de front-end fácil de utilizar para el gestor de tráfico y que permita aprovechar toda la potencia de los algoritmos desarrollados en la fase anterior.
 - 6.1. Diseño y especificación técnica de los servicios de aplicaciones:
 - 6.1.1. Análisis de los requisitos
 - 6.1.2. Diseño del modelo de datos
 - 6.1.3. Diseño de la arquitectura
 - 6.1.4. Implementación
 - 6.2. Publicación de mapa local con la situación de los semáforos usando API de Google Maps
 - 6.3. Gestionar los mapas interactivos de semáforos
 - 6.4. Página web de mantenimiento e implementación

7. **Publicación de datos:** Esta última tarea se centra en la liberación en formato de datos abiertos de los resultados obtenidos durante la elaboración de este proyecto.
 - 7.1. Definir estrategia de datos abiertos en coordinación con el Ayuntamiento de Málaga
 - 7.2. Automatización y publicación de herramientas resultantes
 - 7.3. Liberación y publicación de datos

6. Planificación

A continuación explicamos la planificación temporal de las tareas y actividades previamente identificadas. Debido a la **metodología ágil** utilizada (imprescindible para un proyecto software complejo, cambiante y que debe entregarse en pocos meses) se dificulta establecer plazos fijos para cada tarea, ya que muchas de ellas deben repetirse a lo largo del tiempo (refinamiento sucesivo). Por tanto, a continuación lo más procedente es dar una indicación a alto nivel de su ámbito temporal y cuándo está más activa la tarea:

1. **Coordinación:** Esta tarea estará viva a lo largo de todo el proyecto. Durante cada semana se realizará una reunión general de todos los miembros del grupo y se complementarán con reuniones especializadas del personal involucrado cada 2 ó 3 días. Las labores de divulgación, aunque se realizarán durante toda la vida del proyecto, tendrán más fuerza en la parte final cuando tengamos resultados específicos a los que dar publicidad.
2. **Definición de la especificación técnica:** Esta tarea se realizará en el primer trimestre del proyecto ya que el resto de la planificación depende de él, aunque el análisis específico de las necesidades Hw/Sw definitivas se aplazará hasta la parte final del proyecto (septiembre) cuando ya haya una versión del software bastante más definida y haya sido posible probar las diferentes opciones.
3. **Análisis del estado del arte y competidores:** El peso principal de esta tarea se centrará, al igual que la anterior, en los 3-4 primeros meses del proyecto.

4. **Generación de modelos realistas de la ciudad:** Esta tarea se realizará a dos niveles. Durante el primer periodo del proyecto (3-4 meses) se le dedicará una cantidad de recursos importantes para tener unos datos iniciales con los que poder realizar las tareas posteriores. Después, durante el resto del proyecto, se seguirá desarrollando esta tarea pero con menor intensidad, con el objetivo de corregir los errores detectados e incorporar la nueva información recibida.
5. **Desarrollo de acercamientos algorítmicos:** Esta tarea (y la próxima) están relacionadas con el desarrollo software de la herramienta. El inicio de esta tarea requiere que las tareas previas estén bastante avanzadas (especialmente las tareas 2 y 4). Por ello, esta tarea empezará a lo largo del tercer mes del proyecto y su finalización coincide con la terminación del proyecto.
6. **Desarrollo de servicios y aplicaciones:** Esta tarea está fuertemente vinculada a la tarea 5, realizándose en casi en paralelo a ella. Su inicio será unas semanas después de la tarea de desarrollo de algoritmos, ya que requiere tener ya algunos resultados aunque sean muy preliminares.
7. **Publicación de datos:** Esta tarea se realizará en la segunda mitad del proyecto, cuando ya haya resultados interesantes que publicar y se haya consensuado una política de publicación adecuada a todas las partes.

Referencias

- [AK+11] Abbas, M., Karsiti, M., Madzlan N., Samir B., **Traffic Light Control via VANET System Architecture**, *IEEE*, 23(5): 174-179, 2011.
- [ATC15] Aldridge Traffic Controllers, "SCATS", Australia, 2015, <http://www.scats.com.au/>
- [BR+14] Bodenheimer, R., Brauer, A., Eckhoff, D., German R., **Enabling GLOSA for Adaptive Traffic Lights**, *IEEE, Vehicular Networking Conference (VNC)*. Paderborn (Alemania): *IEEE*, Diciembre 2014, pp. 167 – 174.
- [Co15] Cobb, Charles G., **The Project Manager's Guide to Mastering Agile**, John Wiley & Sons, 2015
- [CZ15] CROSS Zin, "eDaptiva: Full-featured Urban Traffic Management Center", República Checa, 2015, <http://www.cross.cz/en/traffic-control/edaptiva.html>
- [IC15] Indra Company, "Gestión de Movilidad: Hermes", España, 2003
<http://www.indracompany.com/sector/smart-mobility/oferta/its-urbano/gestion-movilidad-hermes>
- [GD+10] Guerrero, J., Damián, P., Flores C., and Llamas, P., **Plataforma para Gestión de la Red de Semáforos de Zonas Urbanas**, *Sistemas, Cibernética e Informática*, 1(7): 12-18, 2010.
- [GOA13] Garcia-Nieto, J., Olivera, A. C., and Alba, E. (2013). **Optimal cycle program of traffic lights with particle swarm optimization**. *Evolutionary Computation, IEEE Transactions on*, 17(6), 823-839.
- [Om07] OMRON, Japón, 2007.
http://www.omron.com/about/csr/environ/eco_special/eco_products/sprout/
- [Ru12] Rubin, Kenneth S., **Essential Scrum: A Practical Guide to the Most Popular Agile Process**, Addison-Wesley Professional, 2012
- [SE15] Schneider Electric "Telvent SmartMobility Traffic", Alemania, 2015.
<http://www.schneiderelectric.es/sites/spain/es/soluciones/transportation/smartmobility-reduce-urban-traffic.page>
- [Si15] Siemens, "Siemens Traffic Solutions", España, 2015
https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/ic/logistica/aeropuertos_correos_trafico/trafico/Pages/Default.aspx
- [W08] Wen W., **A dynamic and automatic traffic light control expert system for solving the road congestion problem**. *Expert Systems with Applications*, 34: 2370–2381, 2008.
- [ZL+13] Zhu, Y., Liu X., Li, M., Zhang, Q., **POVA: Traffic Light Sensing with Probe Vehicles**, *IEEE*, 23(5): 1390-1400, 2013.